

І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей,  
В. А. Мазур, В. І. Горщар, О. В. Конопльов,  
С. П. Паламарчук, О. І. Примак

# ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

*За редакцією  
доктора сільськогосподарських наук,  
професора І. Д. Примака*

*Рекомендовано  
Міністерством освіти і науки України  
як навчальний посібник для студентів  
вищих навчальних закладів*

Київ  
«Центр учбової літератури»  
2010

ББК 41.4я73  
УДК 631.95(075.8)  
Е 45

*Гриф надано  
Міністерством освіти і науки України  
(Лист № 1.4/18-Г-1147 від 21.05.2008)*

**Рецензенти:**

**Польовий А. М.** — доктор географічних наук, професор;  
**Бомба М. Я.** — доктор сільськогосподарських наук, професор;  
**Демидась Г. І.** — доктор сільськогосподарських наук, професор.

**Автори:**

**Примак І. Д.** — Білоцерківський національний аграрний університет;  
**Манько Ю. П., Рідей Н. М.** — Національний університет біоресурсів і природо-користування України;  
**Мазур В. А.** — Вінницький державний аграрний університет;  
**Горщар В. І., Конопльов О. В.** — Дніпропетровський державний аграрний університет;  
**Паламарчук С. П., Примак О. І.** — Національний університет біоресурсів і природокористування України.

Екологічні проблеми землеробства / І. Д. Примак, Ю. П. Манько, Н. М. Рідей, В. А. Мазур, В. І. Горщар, О. В. Конопльов, С. П. Паламарчук, О. І. Примак; За ред. І. Д. Примака — К.: Центр учбової літератури, 2010. — 456 с.

**ISBN 978-611-01-0047-2**

Висвітлено проблеми організації ефективного землекористування, екологічного моніторингу та ерозії ґрунтів, ефективного і безпечного контролю забур'яненості сільськогосподарських угідь, декальцинації і дегуміфікації, агрофізичної і фізико-хімічної деградації, безпечного застосування агрохімікатів та переуцільнення орних земель у сучасному землеробстві України. Викладений і всебічно обґрунтований комплекс взаємопов'язаних агротехнічних, меліоративних, запобіжних і організаційних заходів щодо усунення чи зменшення негативного впливу ґрунтових деградацій на продуктивність і сталість розвитку аграрного сектору економіки України. Акцентовано увагу на екологізації сільськогосподарської техніки, технологій механічного обробітку ґрунту і систем землеробства та наслідках глобального потепління клімату в рільництві.

ББК 41.4я73  
УДК 631.95(075.8)

ISBN 978-611-01-0047-2

© Примак І. Д., Манько Ю. П., Рідей Н. М. та ін., 2010  
© Центр учбової літератури, 2010

<i>ВСТУП</i> . . . . .	5
<b>1. Розширене відтворення родючості ґрунтів — вузлова екологічна проблема землеробства</b> . . . . .	20
1.1. Екологічна оцінка стану землекористування в Україні і сучасні підходи до використання земельних угідь . . . . .	20
1.2. Проблеми і наукові основи екологобезпечного землекористування . . . . .	51
1.3. Кислотна деградація (декальцинація) ґрунтів . . . . .	65
1.4. Дегуміфікація ґрунтів . . . . .	87
1.4.1. Поняття, причини та масштаби розвитку дегуміфікації ґрунтів . . . . .	87
1.4.2. Роль сівозміни в регулюванні вмісту органічної речовини в ґрунті. . . . .	96
1.4.3. Використання побічної продукції землеробства для поповнення органічної речовини в ґрунті . . . . .	105
1.5. Агрофізична деградація ґрунтів . . . . .	119
1.5.1. Структурний стан ґрунтів і шляхи його поліпшення . . . . .	120
1.5.2. Фізична будова ґрунту і шляхи її поліпшення . . . . .	133
1.5.3. Можливості мінімального і нульового обробітку ґрунту в землеробстві. . . . .	154
1.5.4. Екологізація землеробської техніки — запорука підвищення продуктивності рільництва і охорони ґрунтів. . . . .	174
1.6. Меліорація солонцевих ґрунтів . . . . .	209
<b>2. Захист ґрунтів від ерозії</b> . . . . .	224
2.1. Водна ерозія ґрунтів . . . . .	230
2.1.1. Сутність, форми прояву і види водної ерозії ґрунтів . . . . .	230
2.1.2. Фактори водної ерозії ґрунтів . . . . .	239
2.2. Вітрова ерозія (дефляція ) ґрунтів . . . . .	257
2.2.1. Сутність і види дефляції ґрунтів . . . . .	257
2.2.2. Фактори дефляції ґрунтів . . . . .	262

2.3. Оптимальна структура агроландшафтів — запорука істотного зменшення або припинення ерозійних процесів. . . . .	268
2.4. Контурно-меліоративна організація території в системах ґрунтозахисного землеробства . . . . .	273
2.5. Протиерозійні гідротехнічні споруди . . . . .	306
2.6. Меліорація яружних і схилових земель для їх сільськогосподарського використання . . . . .	316
<b>3. Екологічні проблеми зрошуваного землеробства. . . . .</b>	<b>320</b>
<b>4. Меліорація техногенно забруднених земель. . . . .</b>	<b>336</b>
<b>5. Проблема безпечного застосування агрохімікатів у землеробстві . .</b>	<b>341</b>
5.1. Екологічна оцінка агрохімічних засобів і шляхи можливого забруднення навколишнього середовища добривами . . . . .	341
5.2. Вплив агрохімічних засобів на евтрофікацію і якість природних вод. . . . .	364
5.3. Вплив агрохімічних засобів на забруднення атмосфери і стійкість рослин до хвороб і шкідників. . . . .	367
5.4. Екологічні функції агрохімії в землеробстві . . . . .	369
<b>6. Проблема ефективного і безпечного контролю забур'яненості сільськогосподарських угідь в землеробстві . . . . .</b>	<b>375</b>
<b>7. Екологізація систем землеробства . . . . .</b>	<b>420</b>
<b>8. Проблеми екологічного моніторингу ґрунтів у сучасному землеробстві України . . . . .</b>	<b>433</b>
<b>9. Екологічні наслідки глобального потепління клімату в землеробстві .</b>	<b>447</b>
<i>БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК . . . . .</i>	<i>453</i>

Земле моя, всеплодющая мати!  
Сил, що живуть у твоїй глибині,  
краплю, щоб в бою міцніше стояти,  
дай і мені.

*І. Я. Франко*

## **ВСТУП**

Запорукою успішної розбудови сильної Української Соборної Самостійної Національної держави, її економічного і соціального розвитку є втілення змісту Української національної ідеї на кожному відтинку суспільного життя.

Зміст національної ідеї в аграрному секторі економіки України обумовлений об'єктивними особливостями цієї галузі та потребами ефективного її використання для задоволення національних інтересів українського народу.

Унікальною особливістю галузі є енергетичний зв'язок її технологій з космосом, внаслідок якого підсумком виробничого процесу, зокрема в землеробстві, стає приріст енергії в продуктах урожаю щонайменше у 2—3 рази порівняно із затратами її людиною на вирощування цього урожаю. Цей підсумок виникає завдяки сонячній енергії, яка надходить із космосу і уможливило створення первинної додаткової вартості лише в галузі землеробства. Створена в землеробстві первинна абсолютна додаткова вартість потім використовується для одержання відносних додаткових вартостей у тваринництві, промисловості, розвитку інтелектуальної сфери суспільства тощо. Отже, первинним капіталом у суспільстві об'єктивно виступає створена в землеробстві додаткова вартість. Вона ж є і енергетикою прогресу людського суспільства. Ця особливість аграрного сектору економіки є підставою безумовної пріоритетності його розвитку для успішного функціонування економічного організму суспільства.

Ефективне стабільне створення первинної додаткової вартості в сільському господарстві відбувається за принципом генератора і акумулятора. Генератором виступає вільна праця людини — дбайливого господаря на землі, який подбає не лише про раціональне використання виробленої продукції, але і про накопичення енергії у вигляді

грунтового гумусу в ролі акумулятора в системі. Позитивний зв'язок між людським і гумусним факторами — безальтернативна підстава для інтенсивного розвитку сільського господарства. При цьому всі галузі економіки повинні обслуговувати прямо чи опосередковано потреби землі. Якщо надавати пріоритет промисловості за рахунок сільського господарства, тоді настає крах злагодженої економічної системи. В минулому столітті, нарощуючи промисловий потенціал, тоталітарна система в Україні «вбивала» живе — людей і гумус, забиваючи в селянина урожай і позбавляючи його зацікавленості і можливості розширеного відтворення ґрунтової родючості. У цих умовах не працював генератор, а відтак виснажувався акумулятор, падала родючість ґрунту, економічна міць суспільства, що було однією із причин краху тоталітарних держав.

Україна володіє неоціненним національним багатством — найродючішими ґрунтами, що становлять 70 % ґрунтового покриття країни. Займаючи 4 % світового суходолу, вона має 12 % світових площ чорноземних ґрунтів. Ця особливість визначає об'єктивний статус України як розвиненої аграрно-промислової держави. За біокліматичним потенціалом за належних технологій на українських ґрунтах можна отримувати в середньому 6—7 т/га зернових культур, 60—70 т/га цукрових буряків та відповідні урожаї інших культур. Фактично ці потенціальні можливості використовуються тепер на 30—50 % через порушення екологічної відповідності сучасних агротехнологій, нехтування вимог законів природи. Особливу тривогу викликає кризовий екологічний стан агроландшафтів в Україні, результатом якого є зниження родючості ґрунтів. Необхідні термінові системні заходи оптимізації природокористування, приведення природної системи до рівноваги.

Зовнішні дії людини на природу з певною силою стимулюють в ній процеси, які прагнуть повернути систему до рівноваги. Цей принцип вченого-еколога Ле-Шательє діє в певних межах антропогенного навантаження на природу. Існує поріг, вище якого принцип перестає працювати, і результати впливу людини посилюються, спричинюючи руйнування системи. Починаючи із середини ХХ століття, наприклад, сильно розбалансована людиною біота суші планети перестала підкорятися вимогам замкнутості біологічного циклу. Вона не лише не поглинає надлишку техногенної вуглекислоти в атмосфері, але і сама викидає її в атмосферу в кількості, що дорівнює половині викидів промисловості (Кирюшин В.И., 1996).

Природні процеси в силу більш повільних темпів саморегуляції порівняно із техногенними процесами і різниці рівнів організації природних і соціальних форм матерії не можуть забезпечити підтримки динамічної рівноваги біосфери і розвитку системи природа-суспільство. Функцію регулятора в цьому разі здатне виконати тільки суспільство як суб'єкт управління різними рівнями організації матерії,

причому таке суспільство, головною метою якого є не утилітарне виробництво матеріальних благ, а всебічний розвиток людини (Олейников Ю.В., 1988).

В епоху науково-технічної революції людина почала відтворювати на Землі процеси, до яких не пристосовані ні природа, ні вона сама. Механізм природокористування являє собою спосіб організації відтворення довкілля і об'єднує форми і методи економічного і правового впливу на взаємодію суспільства і природи.

Під природою чи біосферою фактично розуміють систему, перетворену людиною, позбавлену значною мірою здатності до саморегулювання. Протягом 4 млрд років біосфера розвивалась як саморегулююча система. Тепер настало розуміння необхідності повернути її до нормального стану. Шляхом до цього є реалізація концепції ноосфери, опрацьованої В.І. Вернадським (Україна), Тейяром де Карденом (Франція), Джоном Лавлоком (Англія) як історично неминучої стадії еволюційного розвитку біосфери, як оболонки Землі, в якій розумне людство саморегулюється.

До ХХ століття людина в основному використала властиві біосфері методи перетворення енергії і сировини і виробила дещо більше відходів порівняно з можливостями утилізації їх саморегулюючою біосферою. У ХХ столітті людина вже на багато порядків прискорила ці процеси і просторово сконцентрувала їх на невеликій площі. Вона порушила існуючу в долюдській біосфері рівновагу «простір — час». Людський розум досяг такої сили, що реально може впливати на хід еволюції двома шляхами: наступним розвитком, своїм розвитком або самознищенням. Аби не трапилось останнє, людина повинна змінити хід мислення і знайти шлях у ноосфері. Концепція ноосфери є науковим передбаченням однієї з можливих і для людства оптимальної альтернативи. Людство зайшло надто далеко у своєму впливі на біосферу. Потрібний перегляд всіх традиційних видів діяльності в плані їх відповідності законам збереження біосфери. Люди підійшли впритул до рівноважного стану біосфери, тому кількісне зростання кожного виду матеріальної діяльності приховує в собі загрозу небезпечних наслідків. Всі сучасні структури потреб людства мають бути узгоджені з можливостями біосфери. Мудрість біосфери є вищою ніж мудрість людини, бо вік її складає декілька мільярдів років, а культурному людству — не більше 10 тисяч років.

Людина побудувала виробництво як відкриту систему. Якщо це виробництво починає невпинно рости, то рано чи пізно воно входить у протиріччя із загальним принципом, на якому побудоване життя — принципом замкнутого циклу. Природа об'єднує величезні матеріальні і енергетичні ресурси для своєї стабілізації. Проте зруйнувати її так легко, як вбити могутнього коня краплею нікотину. Тому немає іншої альтернативи, ніж оберігати біосферу від додаткових потоків енергії

понад ті, які вона отримує із космосу, тому що її можна порівняти з термостатом, і рівноважний її стан можна підтримувати у суворо визначених енергетичних межах, яких треба чітко дотримуватись. Не можна також всю потребу суспільства в енергії будувати за рахунок вивільнення із речовин планети. Вже зараз важлива переважна переорієнтація на ефективну утилізацію космічної енергії, в тому числі і засобами галузі землеробства. А використовуючи речовини планети, не можна порушувати такий найважливіший принцип природи, як циклічність, за яким відходи одних видів діяльності стають сировиною для інших і так далі, як це відбувається у самій природі. З цим принципом має бути узгоджений зміст національних інтересів України в галузі землеробства, який полягає в досягненні продуктивності сільськогосподарських угідь, що відповідає її реальній ресурсній забезпеченості за умов розширеного відтворення родючості ґрунту, економічної доцільності і екологічної безпеки довкілля та виробленої продукції. Замість гасла максимуму продукції за будь-якої ціни, пріоритетом має бути оптимізація енергетичної, економічної та екологічної ситуацій на агроландшафтах. В умовах пріоритетної екологізації землеробства у ХХІ столітті визначальними стають ресурсно-енергетичні та екологічні обмеження. Чинниками продуктивності землеробства нині є з одного боку техногенні енергетичні інвестиції, а з іншого — екологічні можливості агроландшафтів. При цьому понаднормативне збільшення енергетичних техногенних інвестицій тепер розглядають як ознаку екологічної деградації середовища. Так, у разі витрат енергії 15—20 тис. МДж/га процеси деградації екологічного середовища набувають активного характеру. Саме до цієї межі наблизились індустріально-аграрні країни (Созінов А.А., Новиков О.Ф., 1985). На мінеральні добрива і пальне тут припадає до 80 % усіх енерговитрат в аграрних технологіях (Булаткін Г.А., Ларіонов В.В., 1993).

До сукупного агресурсного енергетичного потенціалу одного гектара агроландшафтів за вегетаційний сезон України відносять 36,1 тис. ГДж, в т.ч. енергія ФАР — 59 %, енергія ґрунту — 40 %.

Перспективи землеробства полягають у раціональному використанні енергії сонця. За оптимізації всіх факторів фотосинтезу теоретично можна досягти 10—15 % використання енергії ФАР замість 1—2 %, досягнутої у виробництві. На другому місці за величиною енергії агроландшафту — енергія ґрунту, зосереджена в гумусі. Гумус — загальнопланетарний акумулятор асимільованої сонячної енергії. Благотворуча людина забезпечує оптимально заряджений акумулятор. У середньому в Україні енергопотенціал орного шару оцінюють у 3 тис. ГДж/га, а всього гумусового профілю — 6,3 тис. ГДж/га (Бацула О.О., Головач Є.А., Дерев'яно Р.Г., 1987). Енергетичний еквівалент 1 т гумусу складає 23 тис. МДж. Домінантою стратегії сучасного землеробства є підвищення родючості ґрунту, яка є аргументом зрос-



тання продуктивності ріллі. Треба так використовувати природну родючість, щоб технології забезпечували розширене її відтворення. Тому природною основою землеробства є ландшафт, закономірності функціонування якого мають домінуюче значення щодо соціально-економічних мотивацій. З'явилося поняття «еколого-економічна родючість ґрунту», тобто розширено відтворена природна родючість на основі використання екологічно допустимих і економічно доцільних факторів інтенсифікації галузі. За цим поняттям інтенсифікація землеробства лише тоді прийнятна, коли вона не призводить до зменшення ефективності витрат енергії і родючості ґрунту. Енергоємність виробництва продукції рослинництва в Україні в 3—4 рази вища ніж в Західній Європі, витрата пального — в 2 рази більша від розвинених країн.

Пріоритетами сучасної аграрної науки є пошук способів збільшення ефективності використання і відтворення природних ресурсів, ресурсоенергоощадних, стійкість і екологічна безпека агроландшафтів, їх адаптація до природної саморегуляції біосфери.

Перспектива розвитку галузі землеробства полягає в його екологізації, змістом якої є використання заходів екологічної сумісності галузі з природними процесами, імітації природних механізмів регулювання енергообміну в плані стабілізації агроєкосистем.

Визначальними принципами стабільності землеробства є адаптивне різноманіття структури агроландшафтів, полікультури, самозабезпечення господарств внутрішніми ресурсами, зниження втрат енергії, підтримання ґрунту в захищеному рослинними рештками стані (мульчування), унормоване застосування мінеральних добрив і пестицидів.

Екологічна складова цього поєднання принципів полягає в забезпеченні екологічної безпеки агроландшафтів і вирощеної продукції.

Сучасний рівень забруднення природного середовища, виснаження природних ресурсів, збільшення стихійних лих і техногенних катастроф, які все частіше стають факторами ризику для життя та здоров'я людей і впливають на соціальну стабільність та економічний розвиток суспільства, вказують на зростаючу актуальність вирішення екологічних проблем в Україні.

Згідно з «Основними напрямками державної політики України у галузі охорони довкілля, використання природних ресурсів та забезпечення екологічної безпеки», затвердженими Постановою Верховної Ради України від 05.03.98 р. № 188, забезпечення екологічної безпеки в Україні, подолання наслідків Чорнобильської катастрофи, збереження генофонду українського народу є обов'язком держави. Сучасна кризова екологічна ситуація в Україні є результатом тривалого нехтування об'єктивними законами розвитку і відтворення природно-ресурсного комплексу країни, структурної деформації народного господарства на користь ресурсовидобувних, найбільш екологічно небезпечних, галузей народного господарства, ресурсоємних та енергоєм-

них технологій. Погіршенню стану навколишнього середовища в Україні сприяють недоліки природоохоронної політики, відсутність дієвих механізмів охорони і захисту природного середовища, а також поступова девальвація екологічних цінностей — заниження у свідомості громадян реальної вартості ресурсів природного середовища.

Керуючись основними ідеями і принципами, задекларованими на конференції ООН із проблем навколишнього середовища і розвитку (Ріо-де-Жанейро, 1992) та Всесвітньому саміті зі сталого розвитку (Йоганнесбург, 2002), деклараціями Європейського Союзу, міжнародними правовими актами, Україна оголосила про свій намір переходу на засади сталого розвитку. В контексті сучасних уявлень стратегічною метою сталого розвитку є досягнення і підтримання високого рівня життя населення, зменшення залежності від непоновлюваних природних ресурсів, збереження природного середовища та його біорізноманіття.

Збереженню навколишнього середовища, раціональному використанню природних ресурсів та забезпеченню переходу України на засади сталого розвитку мають сприяти, окрім іншого, підвищення екологічної свідомості населення, екологічна освіта та виховання підрастаючого покоління. У цьому контексті особливого значення набувають забезпечення доступу громадян до інформації про стан природного середовища, популяризація знань про нього як середовище існування людини, про історію, сучасне і майбутнє взаємин людського суспільства із природою.

Необхідно пам'ятати, що екологічна проблема — це є невирішене завдання, а не процес. Вона не може бути негативною або позитивною як ситуація, обставини, стан. Якщо йдеться про проблемну екоситуацію, то це є переважно конфліктна або кризова ситуація, її формують не екологічні проблеми, а стан компонентів геосистеми. Їх територіальні характеристики утворюють екологічні проблеми, а не навпаки.

Під екологічною проблемою В. А. Барановський та ін. (2006) розуміють будь-який невивчений або слабовивчений аспект взаємодії людини і навколишнього середовища, який потребує подальшого дослідження і вирішення.

Складна екоситуація у світі і Україні обумовлена недосконалою структурою народного господарства, нераціональним використанням природних ресурсів, а також невмілою діяльністю людини. Значною мірою на неї впливають і проблеми природного середовища. Можна назвати ряд глобальних екологічних проблем, що стосуються і України: стан озонового шару; забруднення світового океану, пов'язане з порушенням циркуляції і акумулюванням хімічних сполук; обезліснення; втрата видового складу живих ресурсів моря і суші, що призводить до збіднення біологічного різноманіття регіонів; деградація ґрунтів і поширення пустель; можливі зміни клімату, спричинені над-

звичайним забрудненням атмосфери тощо. Ці проблеми можуть мати глобальне, регіональне і локальне значення відповідно до ієрархії геосистем, яка має також три головних рівні — глобальний (географічна оболонка), регіональний (ландшафтні відміни різних рангів) і локальний (морфологічні одиниці у межах ландшафтів). Таким чином, коло екологічних проблем дуже широке.

Стосовно України ці проблеми мають також декілька рівнів: загальнодержавний, регіональний і локальний. До першого можна віднести забруднення окремих компонентів природи, розбалансування соціально-економічних функцій ландшафтів; неузгодженість розвитку різних видів меліорацій; нераціональне використання природних, перш за все, мінеральних ресурсів. До регіональних проблем належать нераціональні водогосподарські меліорації Полісся й півдня України; агрохімічні меліорації, відсутність науково обґрунтованого використання різноманітних ресурсів Карпат і Криму в умовах альтернативності. До локальних проблем можна віднести техногенні перевантаження природного середовища в населених пунктах і промислових центрах тощо. Серед цих проблем для території України основними є такі: зменшення запасів корисних копалин (вичерпання ресурсів, зниження їх якості і розмаїття, небезпека порушення середовища внаслідок добування корисних копалин тощо); зміна структури земельних ресурсів внаслідок вилучення земель під сільськогосподарські потреби і забудови, а також через розвиток негативних процесів у ландшафтах (ерозія, абразія, карст, суфозія, засолення, опустелювання, підтоплення, заболочення тощо); зниження родючості ґрунтів внаслідок дегуміфікації, декальцинації, алюмінізації, озалізнення, окарбоначення, підтоплення, забруднення важкими металами, пестицидами та іншими речовинами; зменшення запасів і забруднення поверхневих та підземних вод внаслідок посиленого водозабору, внесення забруднювальних речовин у водні об'єкти в процесі виробництва і ведення комунального господарства; забруднення атмосферного повітря і зміна його складу внаслідок промислових та інших викидів в атмосферу; скорочення розмаїття рослинного і тваринного світу та зміни в його генофонді; зменшення біологічної продуктивності ландшафтів; погіршення гігієнічних і санітарно-епідеміологічних умов життєдіяльності людини та існування живих організмів.

Названі проблеми є проявом наслідків суспільно-природної взаємодії, тому їх необхідно розглядати як важливі фактори формування екологічної ситуації на території України. Специфіка територіальної структури виробництва визначила ряд регіонів держави, де вона (внаслідок забруднення або порушення всіх компонентів) є надзвичайно складною. До територій з найбільш гострою екологічною ситуацією можна віднести зону, яка зазнала радіаційного забруднення внаслідок аварії на ЧАЕС, а також Донбас, Дніпровсько-Криворізько-Запорізький промисловий регіон, ку-

портно-рекреаційні зони в Криму і на північному узбережжі Чорного та Азовського морів, Придністров'я. На значній частині регіонів України особливої гостроти набули проблеми забруднення атмосферного повітря і природних вод, а також порушення земель під час гірничих розробок, які призводять до деградації ландшафтів (Донбас, Криворіжжя, Дніпропетровськ, Дніпродзержинськ), неправильного проведення гідротехнічної меліорації (осушення і зрошення). Навколо міст формуються ареали інтенсивного забруднення навколишнього середовища.

Однією з найбільш серйозних проблем в Україні є радіоактивне забруднення території. Усього забруднено вище норми близько 5,9 млн га земель, із них 3,5 — сільськогосподарські угіддя, 1,5 млн га — ліси.

Найвище забруднення мають Поліські області України, в яких, крім того, виникло ряд екологічних проблем, обумовлених осушенням та інтенсивним використанням земель у сільському господарстві. Це ґрунтова посуха й дефляція піщаних ґрунтів, швидка мінералізація ґумусу осушених торфоболотних ґрунтів, високе забруднення ґрунтів мінеральними добривами і пестицидами тощо. Внаслідок великомасштабних осушувальних робіт (на площі понад 2,5 млн га) у Поліссі склалася складна екоситуація, яка ще більше посилилась через аварію на Чорнобильській АЕС. Навколо осушених територій нині формується зона несприятливого екологічного впливу, що поширений в радіусі 2—3 км, перевищуючи у 4—5 разів площу осушення. На піщаних ґрунтах урожайність картоплі зменшилась на 18 %, льону — 22, озимого жита — на 27 % (Барановський В. А. та ін., 2006).

Рівень підґрунтових вод улітку знизився майже на один метр. Половина малих річок зв'язана з меліоративними системами, що призвело до внутрішнього перерозподілу їх стоку, а подекуди вода стала непридатною для споживання. Більш ніж удвоє скоротилася кількість болотних видів рослин, порушилися умови відтворення дикої фауни, зменшились площі мисливських угідь, скоротився вилов риби у 5 разів, на значних площах зникає ліс тощо.

Несприятлива екоситуація склалася уздовж магістралей автошляхів, де спостерігається сильне забруднення ґрунтів важкими металами, канцерогенами, нафтопродуктами. Ділянки впродовж магістралей нафто- і газопроводів належать до територій потенційного хімічного забруднення (можливі аварійні ситуації).

Територія Донецького вугільного басейну освоєна давно і дуже інтенсивно. Поєднання вугледобування і підприємств важкої промисловості призвело до формування складної екоситуації (забруднення атмосфери, комплексне порушення земель гірничими розробками тощо). Сільськогосподарські землі, які прилягають до промислових центрів (приміське господарство з високим рівнем хімізації), використовуються досить інтенсивно. Вони мають певні ознаки деградації (хімічне забруднення, дегуміфікація). Надзвичайно гостро стоїть проблема втра-

ти продуктивності земель через наступ ареалів промислової і міської забудови на сільськогосподарські землі.

Дніпровсько-Криворізько-Запорізький промисловий регіон характеризується одним з найбільш високих рівнів забруднення атмосфери, що є результатом сумарного впливу трьох промцентрів, які мають великі об'єми шкідливих викидів і розташовані недалеко один від одного. В зоні їх впливу знаходяться великі масиви цінних сільськогосподарських земель. Хімічне їх забруднення пов'язане не тільки з інтенсивною хімізацією землеробства, але і промисловим забрудненням навколишнього середовища.

У південнестеповій Україні (низовинні території узбережжя Чорного і Азовського морів) і прилеглих частин Кримського півострова внаслідок інтенсивного зрощення земель створилася критична екоситуація: підтоплення і вторинне засолення зрошуваних земель; активізація суфозійно-просадкових явищ на ділянках із супіщаними і суглинковими ґрунтами; загальне хімічне забруднення ґрунтів і води в результаті внесення великих доз мінеральних добрив і пестицидів тощо.

Природно-рекреаційні території, розташовані на Південному березі Криму (ПБК) і вздовж північного узбережжя Чорного та Азовського морів, протягом тривалого часу своєю унікальністю і лікувальними властивостями приваблюють велику кількість рекреантів. Нині ці території є зоною досить несприятливої екоситуації, створеної внаслідок забруднення морського узбережжя Чорного і Азовського морів, різкого зменшення водопостачання, зростаючого забруднення автотранспортом (Одеса, Миколаїв, Маріуполь та інші), що може призвести до подальшого погіршення екоситуації в цьому регіоні.

Остання змінює умови проживання населення, якість природних ресурсів тощо, що негативно впливає на стан виробництва і здоров'я людей. Наприклад, внаслідок її погіршення в Україні втрати національного продукту становлять 15—20 % і є одними з найбільших у світі. Це обумовлює актуальність і необхідність її дослідження (з метою поліпшення) методами різних наук, зокрема сільськогосподарськими, біологічними, географічними тощо.

Відомо, що серед матеріальних факторів, необхідних для життя людей, особливе місце належить землі. Вона є природною і незамінною основою будь-якого виробництва, з нею нерозривно пов'язаний розвиток людського суспільства. Без землі неможливе ніяке виробництво, неможливе й саме існування людини. «Праця — це батько багатства, земля — його мати», — писав у XVII ст. англійський вчений Уільям Петті. Планомірне і раціональне використання землі має винятково важливе значення в економіці суспільства, розвитку продуктивних сил і виробничих відносин.

У сільському господарстві земля є не лише матеріальною основою цієї галузі. Тут вона виступає активним учасником виробництва, виконуючи

ще дві функції: під час механічного обробітку та інших заходів, спрямованих на її поліпшення (удобрення, зрошення, осушення тощо), земля є предметом праці, на який людина діє в процесі виробництва, і знаряддям праці, за допомогою якого людина впливає на вирощуванні культури.

Виняткова роль землі як головного засобу виробництва в сільсько-господарстві зумовлена її особливостями, які істотно відрізняють її від інших засобів. Розглянемо основні з них.

Всі засоби виробництва, крім землі, є результатом попередньої людської праці; в міру розвитку продуктивних сил кількість їх збільшується, а якість поліпшується. Менш досконалі засоби замінюються новими, більш досконаліми і економічно вигідними. Земля є продуктом самої природи, площа її обмежена; її не можна ні збільшити в розмірах, ні заново створити, ні замінити будь-яким іншим засобом виробництва. Обмеженість і незамінність землі зумовлюють необхідність систематичного використання ділянок, незалежно від їх якостей, у незмінно повторюваному процесі виробництва.

Переважну більшість засобів виробництва (трактори, комбайни, фабричні верстати та ін.) можна використовувати в різних місцях, переміщуючи їх з місця на місце на різні відстані за потреби. Землю ж не можна переносити в інше місце (за винятком закритого ґрунту); її можна використовувати лише там, де вона створена природою.

Окремі ділянки землі є нерівноцінними за якістю і природною родючістю, що зумовлює необхідність диференційованого застосування агротехнічних заходів у землеробстві в різних природно-економічних зонах. Це потрібно враховувати також під час планування й розміщення сільськогосподарського виробництва і для оцінки результатів господарської діяльності землекористувачів.

Усі засоби виробництва у процесі використання зношуються і врешті-решт вибувають зовсім. Земля ж є вічним засобом виробництва. Вона не тільки не втрачає свої продуктивні якості, а, навпаки, за умови правильного використання весь час поліпшується, відтворює і підвищує продуктивність.

Саме на цих основних особливостях землі ґрунтується необхідність раціонального її використання, бережливого ставлення до неї.

Характер використання землі зумовлюється багатьма природними, технічними, економічними й іншими факторами. Проте вирішальна роль належить соціально-економічним умовам.

Територія України становить 60,4 млн га, поширюючись із заходу на схід: від 22-х до 40° східної довготи на 1300 км, а з півночі на південь — від 52-х до 45° північної широти — майже на 900 км. Розміщується вона у семи природно-сільськогосподарських зонах — Поліссі, Лісостепу, Степу, Посушливому Степу, Сухому Степу Східно-Європейської рівнини, а також гірських частинах Карпат і Кримського півострова (Носко Б.С., 1985).

Сільськогосподарські угіддя України становлять 69 % усієї земельної площі, а орні землі — 81 % загальної площі сільськогосподарських угідь (відповідно 42,7 і 32,8 млн га).

Ґрунтове покриття країни дуже різноманітне. Номенклатура ґрунтів, яка прийнята за великомасштабного ґрунтового обстеження, нараховує близько 650 видів, а з обліком різновидів — 4000 таксонометричних ґрунтових одиниць.

Найбільш поширені серед орних земель — чорноземи (типові, звичайні, південні), які становлять 60,6 %. Друге місце займають дерново-підзолисті ґрунти — 16,1 %, далі сірі лісові — 13,6, каштанові — 4,6 %. Разом ці ґрунти складають основний фонд орних земель країни.

Згідно з агроґрунтовим районуванням, проведеним на підставі великомасштабного ґрунтового обстеження, Україна чітко розподіляється на такі агроґрунтові зони: Українське Полісся — зона змішаних лісів, дерново-підзолистих типових і оглеєних ґрунтів; Лісостеп — зона чорноземів типових і сірих лісових ґрунтів (45 % чорноземів); Степ — зона чорноземів звичайних і південних, темно-каштанових і каштанових ґрунтів (82 % чорноземів); зона буроземних ґрунтів Українських Карпат; зона ґрунтів Гірського Криму.

Україна займає третину загальної території центральної Європи і є власницею майже 12 % світової площі чорноземів — найродючіших ґрунтів суходолу. Однак необґрунтована інтенсифікація землеробства в умовах екстенсивного розвитку сільськогосподарського виробництва та необґрунтований розвиток добувної промисловості за умов адміністративно-командного управління економікою призвели до того, що сучасний стан використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування. А воно ґрунтується на визначенні суспільної потреби у продуктах харчування, житлі, соціальних благах, екології довкілля. Однак і досі земля — єдиний природний ресурс, використання якого практично не лімітується. Ігнорування правил раціонального природокористування та конкретних особливостей регіонального розвитку агропромислового сектору — одна з основних причин кризового стану земельного фонду України та його використання.

Державний земельний кадастр України налічує 15,5 млн га особливо цінних продуктивних земель, з них чорноземи — одне з основних природних багатств держави — становлять 11,9 млн га (76,8 %). Разом з тим, незбалансоване внесення добрив, висока питомою частка посівів пророслих культур, низька частка багаторічних трав за високої розораності сільськогосподарських угідь (до 80 %), тривале екстенсивне використання чорноземів та інших земель зумовили прогресуючу деградацію ґрунтів.

Негативна дія сільськогосподарської техніки на ґрунти проявляється у погіршенні їх фізичних властивостей, водного, повітряного, теплового та поживного режимів.

Внаслідок ущільнення ґрунтів зменшується інфільтрація опадів, збільшується стік талих і дощових вод, спостерігається застій води в замкнених низинах. Все це підвищує потенційну загрозу прояву водної ерозії.

Однією з основних ознак деградації земель в Україні є їх ерозія. Щороку площа еродованих земель збільшується на 80—100 тис. га.

Завдяки ерозії щороку з полів виносяться сотні тисяч тонн поживних речовин, втрати яких компенсуються внесенням добрив тільки на 20—25 %. Найбільш уражені водною ерозією землі у південно-східному та центральному регіонах держави. Частка змитих сільсько-господарських угідь в Луганській області сягнула 84 %, Донецькій — 62, Одеській, Кіровоградській, Харківській — 49 %.

Інтенсивною яружною ерозією вражено 18 % території України (Хмельницька, Вінницька, Чернівецька, Одеська, Київська, Черкаська, Кіровоградська області та Автономна Республіка Крим). На 17 % території відбуваються процеси підтоплення (особливо у Поліссі). 80 % зрошуваних земель зазнають техногенного підтоплення, а вторинним засоленням уражено 11—25 % земель.

На 30 % території України активізувалися процеси карстоутворення, в тому числі на 27 % проявився відкритий карст. Найбільш уражені цими процесами території Волинської, Тернопільської, Вінницької, Миколаївської областей та Автономної Республіки Крим.

На 50 % освоєних площ схилів розвиваються зсуви, надто в Закарпатській, Івано-Франківській, Чернівецькій, Одеській, Харківській областях та Автономній Республіці Крим, де дією зсувів порушено 40—50 % території. У районах активної господарської діяльності (Прикарпаття, Крим, Донбас, Одеська, Дніпропетровська, Хмельницька та інші промислово-міські агломерації) зафіксовано 13,8 тис. зсувів і 2,5 тис. карстово-суфозійних об'єктів.

Характерними негативними явищами в районах розміщення об'єктів гірничодобувної промисловості є переосушення, засолення, зрушення гірських порід і просідання ґрунту над гірничими виробками. У Кривбасі величина просідання земної поверхні над гірничими виробками сягає 3—3,5 м, а в заплаві р. Самари та її притоків (Західний Донбас) — 2,7—5,6 м.

Техногенне втручання у природний розвиток Чорноморського та Азовського узбережжя повсюдно супроводжується активізацією абразії (руйнуванням берегів), відтак втратою землі та значними матеріальними збитками для цих територій, що мають високу екологічну й рекреаційну цінність.

Згідно з державним земельним кадастром України, серед сільсько-господарських угідь 1,8 млн га засоленних земель, 2,8 — солонцюватих, 11,8 — кислих, 2,2 — перезволожених, 2,0 — заболочених, 0,47 — кам'янистих та 12,8 млн га — змитих.



За даними Держземінспекції України, нині у структурі земельного фонду держави деградовані й малородючі ґрунти становлять близько 5 млн га, у тому числі понад 3 млн га ріллі. Крім того, понад 50 тис. га земель забруднені радіонуклідами і важкими металами. Площа сільськогосподарських угідь, що розташовані на схилах більше 5°, складає близько 1,3 млн га. Водній і вітровій ерозії піддаються близько 15 млн га сільськогосподарських угідь, у тому числі близько 11 млн га орних земель (Бредіхін О., 2007).

Найзагрозливіший стан сільськогосподарських угідь у Кіровоградській, Донецькій, Харківській, Луганській, Чернігівській і Полтавській областях та Автономній Республіці Крим. У Кіровоградській області, наприклад, із 2 млн га сільгоспугідь 1 млн га — змиті землі, а в Полтавській області з 2,2 млн га сільгоспугідь 0,7 млн га — засолені і солонцюваті, 0,9 млн га — кислі (Іщенко О.І., 2001).

Застосування мінеральних добрив із підвищенням норми їх внесення, особливо неочиснених, низької якості, а також захоплення агрохімікатами і пестицидами широкого спектру дії, значна частина яких повільно розкладається і має здатність до концентрації в живих організмах, зробило сільськогосподарське виробництво небезпечним для здоров'я людини. Отруйні речовини (канцерогенні, мутагенні, алергійні) нагромаджуються у продуктах харчування, ґрунтових водах у кількостях, які в десятки і сотні разів перевищують санітарно-допустимі норми.

Катастрофа 1986 р. на Чорнобильській атомній електростанції зумовила створення в Україні ситуації, що за своїм змістом наближається до глобальної екологічної кризи. Внаслідок катастрофи порушився сталий устрій та господарська діяльність у 77 районах України, а загальна площа найбільш забруднених сільськогосподарських угідь сягнула 4,6 млн га.

Шкідливий антропогенний вплив на земельні ресурси, розгул стихій, розбудження та посилення людиною, завдає ґрунтам величезної, часом непоправної шкоди. Це, насамперед, погіршення ґрунтової структури, механічне руйнування та ущільнення ґрунту, постійне збіднення на гумус та поживні речовини, водна та вітрова ерозії, забруднення ґрунту агрохімікатами, мастилом та паливом, важкими металами, радіонуклідами тощо.

Ситуація, яка склалася, зумовлена тим, що впродовж десятиріч екстенсивне використання земельних угідь, і особливо ріллі, не компенсувалося аналогічними заходами з відтворення родючості ґрунтів. У цьому полягає основна причина низької ефективності засобів, спрямованих на інтенсифікацію землеробства, а деградаційні процеси виснажують ґрунтові виробничі ресурси, відтак знижуються врожаї сільськогосподарських культур. На значних площах сільськогосподарських угідь досягнуто межі екологічної збалансованості ґрунтових екосистем і агрофітоценозів. Найбільше збитків ґрунтам завдають водна і вітрова ерозії, невідтворні

втрати гумусу й поживних речовин, засолення, висушення й перезволоження ґрунтів, забруднення промисловими відходами, викидами, отрутохімікатами, стилізація ґрунтів і опідзолювання.

Нинішній стан землеробства характеризується величезними втратами енергії, що міститься в органічній речовині ґрунту, і елементів живлення. З урахуванням дегуміфікації, втрати енергії в землеробстві майже втричі перевищують її відновлення за допомогою внесення органічних та мінеральних добрив.

Як природне тіло і як відкриту біокосну систему ґрунт слід оберігати від усіх чинників його деградації — водної, вітрової, іригаційної, пасовищної і техногенної ерозії, від забруднення радіонуклідами, важкими металами, пестицидами, промисловими чи побутовими стоками, від втрати родючості внаслідок дегуміфікації, декальцинації, агрофізичної та фізико-хімічної деградації, підтоплення, аридизації, засолення, осолонцювання, потенційного засмічення орного шару насінням і вегетативними органами розмноження бур'янів.

У світі панує думка, що нація, яка втратила ґрунт, приречена на загибель. Проте, на жаль, нації починають усвідомлювати це лише тоді, коли ґрунти вже істотно зруйновано чинниками деградації, і тоді на їх відновлення доводиться витратити колосальні матеріальні ресурси й зусилля. Попередити деградацію ґрунтів профілактичними заходами на два порядки дешевше, ніж відновлювати вже деградовані ґрунти. Але щоб це зробити, треба добре знати властивості ґрунтів, закономірності їх виникнення і розвитку, чинники їх деградації та способи її застереження.

В епоху науково-технічного прогресу дуже загострилась проблема відносин між людиною і природою. Впливаючи на природу, людина змінює вигляд планети, порушує біогеоценози, що склалися на ній, перетворює природні ландшафти. У наш час вже не можна знайти місця на Землі, де б не відчувався прямий чи опосередкований вплив природотворної діяльності людини.

З надр Землі щорічно вилучаються мільярди тонн вугілля, нафти, газу та інших корисних копалин, розсіюються хімічні елементи, порушується їх природне співвідношення у біосфері. У природне середовище в значних кількостях потрапляють шкідливі промислові відходи, пестициди, добрива та різні штучно синтезовані речовини, які загрожують зміною складу атмосфери, водойм, ґрунтів і всього живого. Людство здійснило небачене за масштабами вирубування лісів, розорювання велетенських цілинних масивів. Швидкими темпами зростають евтрофікація та забруднення прісних водойм, озер і річок. Все більше земельних угідь відходять під міську й шляхову забудову, нафтопроводи тощо.

Виконання поставлених перед галуззю землеробства перспектив її екологізації вимагають знання студентами магістратури основних законів екологічного землеробства:

1) закону рівнозначності і незамінності факторів життя рослин — наукова підстава зональності галузі;

2) закону мінімуму, оптимуму і максимуму — наукова основа екологічної нормативності раціонального землеробства;

3) закону сукупної дії факторів життя рослин — вимога системності галузі;

4) закону повернення поживних речовин у ґрунт для розширеного відтворення його родючості — наукова основа інтенсивного і стабільного ведення галузі землеробства.

Короткий аналіз сучасного стану галузі землеробства в Україні дозволяє виділити основні її екологічні проблеми: забезпечення розширеного відтворення родючості ґрунтів; захист ґрунтів від ерозії; проблема екологічно безпечного застосування агрохімікатів у землеробстві; екологічна оцінка раціонального землекористування; екологічне обґрунтування заходів та систем механічного обробітку ґрунту; екологізація систем землеробства; екологічний моніторинг агроландшафтів та використання його результатів у практиці землеробства.

Навчальна дисципліна «Екологічні проблеми землеробства» присвячена усвідомленню студентами магістратури екологічних проблем сучасної галузі землеробства, оволодінню методикою оцінювання екологічної ситуації на агроландшафтах та розроблення системи заходів її оптимізації.

У результаті вивчення дисципліни «Екологічні проблеми землеробства» студент *повинен знати*: закони екологічного землеробства; методику екологічного моніторингу в землеробстві; систему заходів розширеного відтворення родючості ґрунту; систему протиерозійних заходів у землеробстві; заходи екологічно безпечного застосування агрохімікатів; методику екологічного оцінювання сівозмін; методику екологічного оцінювання заходів і систем обробітку ґрунту; методику екологічного оцінювання системи землеробства, а також *уміти*: визначати основні екологічні проблеми в землеробстві конкретного господарства; складати систему заходів розширеного відтворення родючості ґрунту; складати систему протиерозійних заходів; оцінювати екотоксикологічний стан конкретного агроландшафту; обґрунтувати екологічно безпечне застосування агрохімікатів; складати систему сівозмін, орієнтовану на раціональне використання землі та екологічну безпеку території; обґрунтувати екологічно безпечну адаптивну систему обробітку ґрунту; складати ґрунтозахисну систему землеробства, адаптовану до конкретних умов; проводити екологічний моніторинг агроландшафту та використовувати його під час екологізації системи землеробства.

Окремі розділи написали: вступ, розділи 1, 2, 4 — І. Д. Примак, Ю. П. Манько, В. А. Мазур, Н. М. Рідей, О. І. Примак; розділ 5 — В. І. Горщар; розділ 6 — І. Д. Примак, Ю. П. Манько, В. І. Горщар; 7, 8 — О. В. Конопльов; розділи 3 і 9 — С. П. Паламарчук.

# РОЗШИРЕНЕ ВІДТВОРЕННЯ РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ — ВУЗЛОВА ЕКОЛОГІЧНА ПРОБЛЕМА ЗЕМЛЕРОБСТВА

1

## 1.1. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА СТАНУ ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ В УКРАЇНІ І СУЧАСНІ ПІДХОДИ ДО ВИКОРИСТАННЯ ЗЕМЕЛЬНИХ УГІДЬ

Земля як природний ресурс постійно зазнає природного й антропогенного впливу (рис. 1). Вплив природних чинників відбувається безперервно, але мінеральні та органічні речовини знаходяться у рівновазі, завдяки чому не порушується природний хід геологічних процесів.



Рис. 1. Основні чинники, що погіршують екологічну ситуацію на Землі

Антропогенний вплив на ґрунти спричинює їх деградацію, призводить до зниження продуктивності сільськогосподарських угідь. В Україні екологічні наслідки деградації ґрунтів і погіршення їх якості особливо загострилися у перехідному періоді від державної до ринкової економіки внаслідок використання земель як єдиного засобу існування в умовах виживання за рахунок природної родючості ґрунтів, без компенсації її витрат.

Виживання людей за умов глибокої економічної кризи часто здійснюється за рахунок нещадного виснаження природної родючості ґрунтів. За найоптимальнішими підрахунками, на створення одного сантиметра ґрунтової товщі природа затрачає близько 100 років, а щоб його втратити, інколи досить і однієї зливи.

Під деградацією ґрунтів слід розуміти погіршення властивостей, родючості і якості ґрунту, яке обумовлене зміною умов ґрунтоутворення внаслідок впливу природних або антропогенних чинників. У більш широкому розумінні поняття «деградація ґрунтів» охоплює як погіршення основних якісних показників родючості без помітних ознак руйнування або зникнення генетичних особливостей ґрунтів, так і фізичне руйнування ґрунтових горизонтів аж до втрати ґрунтом не лише своїх функцій як середовища існування, а й повного фізичного зникнення як біокосного природно-історичного тіла. Це негативне явище супроводжується зменшенням вмісту гумусу, руйнуванням структури та зниженням родючості ґрунтів. Деградація ґрунтів, а нерідко і повне їх виключення із сільськогосподарського використання, відбувається внаслідок процесів водної та вітрової ерозії, дегуміфікації, декальцинації, переущільнення сільськогосподарською технікою, нераціональної експлуатації зрошувальних систем, яка призводить до підтоплення і заболочування, вторинного засолення й осолонцювання ґрунтів; через порушення агротехніки, заростання бур'янами та чагарниками, незбалансоване застосування мінеральних добрив, забруднення токсичними речовинами, радіонуклідами, нерегульоване випасання худоби і т. д.

При цьому в ряді регіонів планети виникають досить серйозні стресові і навіть катастрофічні ситуації, які призводять до порушення екологічної рівноваги ґрунтового покриву.

За даними FAO (Продовольча і сільськогосподарська організація ООН), орні землі планети займають лише 10 % території суші, сіножаті та пасовища — 20 %. Решта 70 % ґрунтів не використовуються у сільському господарстві. Вони є низькопродуктивними угіддями, використання яких обмежується ґрунтово-кліматичними умовами, і розподіляються таким чином: 20 % площі суші розташовано в зонах з досить холодним кліматом, 20 % — із посушливим кліматом, 20 % — на дуже крутих схилах, 10 % — неглибокі ґрунти. Площа потенційно придатних для землеробства ґрунтів на земній кулі становить близько

2,7—3,2 млрд га, а обробіток здійснюється лише на 1,5 млрд га. Треба додати, що за останні 30—40 років з ріллі вилучено площі у 1,3 раза більші від тих, що зараз перебувають в її складі. Це спричинено руйнівною дією вказаних чинників деградації ґрунтів.

Розширене відтворення родючості ґрунтів і на цій основі підвищення врожайності сільськогосподарських культур можна здійснювати за рахунок оптимізації їх основних агрономічних властивостей.

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

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

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

Розроблені моделі є еталонами для відповідних типів ґрунтів, які допомагають оцінити реальний стан їх родючості і є основою раціонального застосування нових інтенсивних технологій і засобів хімізації (табл. 1, рис. 2).

Таблиця 1

**МОДЕЛЬ РОДЮЧОСТІ ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО  
ВАЖКОСУГЛИНКОВОГО (ЄФРЕМОВ В.В., 1982)**

Показники	Рівень родючості	
	середній	високий
Агрофізичні		
Щільність будови орного шару, г/см <sup>3</sup>	1,1—1,2	1,0—1,1
Загальна пористість орного шару, %	50—55	55—60
Вміст водотривких агрегатів (>0,25 мм) в орному шарі, %	40—50	50—60
Водопроникність у першу годину, мм	100—150	
Коефіцієнт поверхневого стоку	0,5	
Весняні запаси продуктивної вологи в шарі 0—100 см, мм	130—150	150—170
Запаси продуктивної вологи в орному шарі ґрунту перед сівбою озимих, мм	> 20	> 30

Закінчення табл. 1

Показники	Рівень родючості	
	середній	високий
Агрохімічні (шар ґрунту 0—25 см)		
Масова частка гумусу, %	5—7	
Запаси гумусу, т/га	140—180	
Вміст загального азоту, %	0,26—0,31	
Запаси загального азоту, т/га	7,5—8,2	
Азот, що легко гідролізується (метод Тюріна — Конової), мг/100 г ґрунту	5—8	8—11
Вміст фосфору рухомого (метод Чиркова), мг/100 г	8—12	12—16
Вміст калію обмінного (за методом Маслової), мг/100 г	15—20	20—25
pH (сольова суспензія)	5,6—6	
Гідролітична кислотність, ммоль/100 г ґрунту	3,3—3,7	
Ступінь насиченості основами, %	90—92	
Біологічні		
Нітрифікаційна здатність орного 0—25 см шару (N нітратний), мг/100 г	3—5	5—7

Розробка та вдосконалення моделей родючості є одним з основних елементів обґрунтованого планування розширеного відтворення родючості ґрунтів. Крім описової моделі родючості ґрунтів, більш високий рівень має розробка моделей родючості на основі застосування математичного апарату та комп'ютерів, коли встановлюється взаємозв'язок факторів і оптимальне їх поєднання.

Моделі родючості ґрунту мають стати основою для раціонального застосування агротехнічних заходів та засобів хімізації у сільськогосподарському виробництві. У свою чергу, агротехнічні заходи і засоби хімізації, меліорації та інші повинні сприяти поступовому наближенню властивостей ґрунту до їх оптимальних параметрів, які забезпечують високий рівень його родючості та врожайності сільськогосподарських культур.

Моделюванням родючості ґрунтів по суті створюються еталони для відповідних ґрунтів, порівняно з якими можна оцінювати їх реальну родючість.

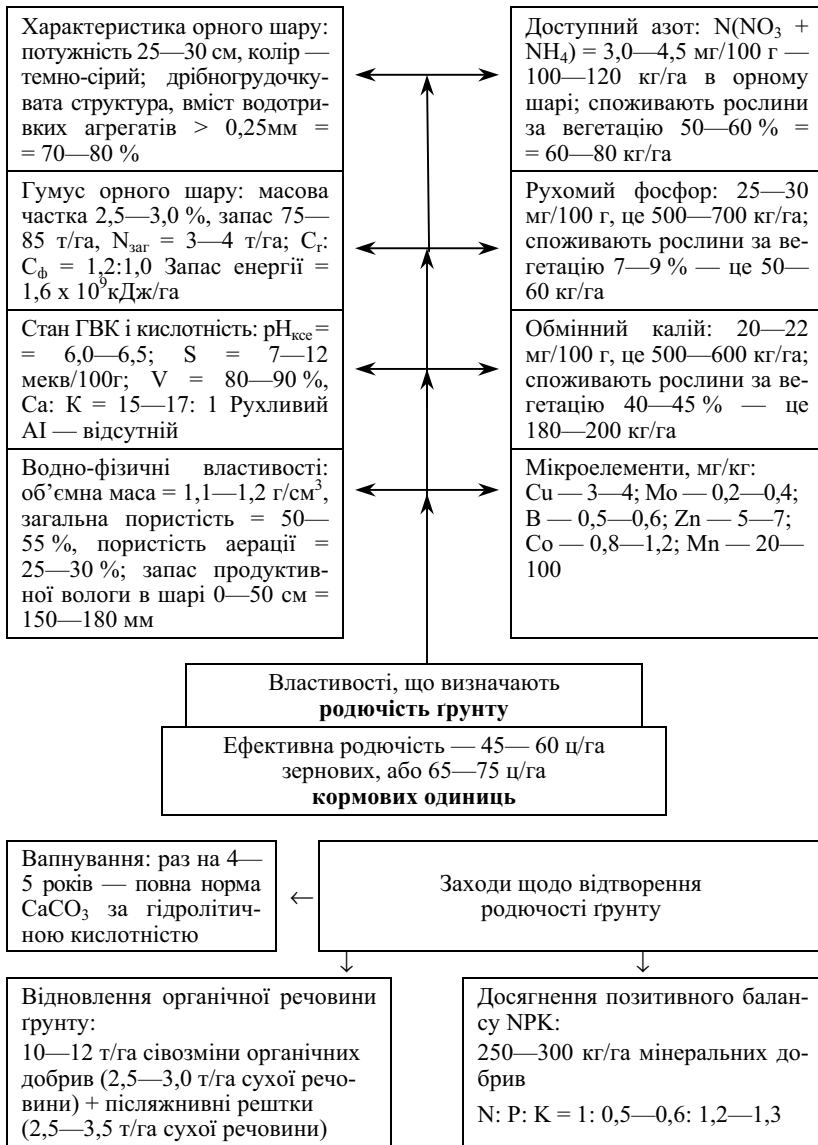


Рис. 2. Модель родючості дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів (Кулаковская Т.Н., 1978)



Вченими розроблена і система показників для контролю за родючістю ґрунтів (табл. 2).

Таблиця 2

**СИСТЕМА ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ КОНТРОЛЮ  
ЗА РОДЮЧІСТЮ ҐРУНТІВ**

Процес, режим	Показник
Баланс поживних речовин	Вміст елементів живлення у ґрунтах, добривах, культурах, насінні, атмосферних опадах, хімічних меліорантах. Надходження біологічного азоту (симбіотична і несимбіотична азотофікація). Надходження елементів живлення з пилом. Втрати елементів живлення з природними водами (горизонтальні та вертикальні токи), з твердим стоком (ерозія) та внаслідок дефляції
Баланс гумусу	Вміст гумусу у вихідних об'єктах та його періодичні зміни (під час закінчення ротачії). Вміст поживних речовин в органічних добривах; швидкість мінералізації та гуміфікації органічної речовини
Кислотно-лужний режим	$pH_{КСЬ}$ , $pH_{H_2O}$ , гідролітична кислотність, актуальна кислотність, лужність, ємність катіонного обміну, ступінь насичення основами
Сольовий режим	Вміст натрію, хлору, сульфатів, суми солей, електропровідність ґрунтових вод
Окиснювально-відновний режим	Динаміка окиснювально-відновних потенціалів
Фізичні та водні властивості	Щільність, пористість, вологість, різні показники водного режиму, температура, будова, гранулометричний склад, структура
Поживний режим	Вміст рухомих поживних речовин (макро- і мікроелементів)
Біологічна активність	Чисельність деяких видів мікроорганізмів, виділення $CO_2$ , активність ґрунтових ферментів, інтенсивність нітрифікації і розкладання целюлози
Санітарно-гігієнічний стан (забрудненість пестицидами, важкими металами, фтором та іншими токсикантами)	Нагромадження агелону, акрексу, актеліну, атразину, а також Pb, Cd, Hg, Ni, Sn, Fe, As, поліциклічних ароматичних вуглеводів та їх токсикантів
Ерозія і дефляція	Рівень еродованості

Слід зазначити, що вчені вже з'ясували головні причини, існування яких не дає змоги вважати землеробство України екологічнобезпечним, сталим і ефективним. Це зокрема:

— нераціональна структура сільськогосподарських угідь, посівних площ, розміщення культур без достатньо повного врахування ґрунтово-кліматичних умов, підвищений (майже у 2 рази проти оптимального) рівень розораності, включаючи частину схилів і заплав;

— дефіцитний баланс біофільних елементів (особливо С, Са, Р, К та ін.) внаслідок внесення невеликих доз гною і мінеральних добрив;

— недосконалий рівень ґрунтообробних технологій (підвищений проти допустимого рівня у 2—3 рази середній тиск сільськогосподарських машин і знарядь на ґрунти, дуже велика кількість механічних операцій, розтягування строків проведення оранки, сівби, міжрядних обробітків у часі та проведення їх за межами інтервалу оптимальної вологості ґрунту);

— дуже низький рівень захищеності орних земель агролісо-меліоративними, гідротехнічними та агротехнічними заходами і поширеність внаслідок цього їх різноманітних деградацій;

— високий рівень забур'яненості.

Так, параметри оптимальних і реальних ґрунтообробних технологій у середньому в Україні становлять відповідно: щорічне застосування органічних добрив — 10—12 і менше 5 т/га; щорічне застосування мінеральних добрив — 200—250 і менше 50 кг/га діючої речовини; кількість механічних операцій — 5—7 і 20—25 проходів машин протягом року під час вирощування просапних культур; якість виконання ґрунтообробних робіт — 10 і 3 бали; питомий тиск мобільних агрегатів на ґрунт — 0,5—1,0 і 1,5—2,5 кг/см<sup>2</sup> (Медведев В.В., 1997).

Засміченість орного шару ґрунту насінням бур'янів на занедбаних полях становить 1,1 млрд шт./га і більше, тому значна частина орних земель в найближчий період матиме значну забур'яненість (Івашенко О.О., 2003).

Відомо, що ґрунти є багатофункціональними системами, що мають важливе екологічне значення. Вони виконують функцію середовища існування, акумулятора і джерела речовини та енергії для організмів, проміжного ланцюга між біологічним і геологічним колообігами, захисного бар'єра й умови нормального функціонування біосфери в цілому тощо. Названі функції ґрунтів утворюють їх екологічний потенціал. Його складовою є агроекологічний потенціал, тобто здатність ґрунтів виконувати функцію сільськогосподарських угідь, створювати оптимальні умови для росту і розвитку сільськогосподарських рослин, а також підтримувати екологічну рівновагу в агроландшафтах і природному середовищі.

Сучасне сільськогосподарське виробництво характеризується невизначеністю у співвідношенні між сільськогосподарськими угіддями,

незбалансованістю біохімічних речовин і енергії в агроландшафтах, недосконалістю протиерозійних систем охорони ґрунтів та моніторингу земельних ресурсів. Назване зумовлює не тільки зниження родючості ґрунтів, але й порушення екологічної стійкості навколишнього середовища, зниження продуктивності сільськогосподарських угідь. Погіршуються також водно- і агрофізичні властивості ґрунтів. Особливо негативно впливають на стан агроландшафтів розораність сільськогосподарських угідь, несприятливі природно-антропогенні процеси, техногенні викиди промисловості, забрудненість радіонуклідами і пестицидами тощо.

Структура земель за їхнім цільовим призначенням свідчить про високе фонове (одне з найбільших у світі) антропогенне навантаження на довкілля. Найбільше впливає на стан довкілля сільськогосподарських угідь рілля, яка займає 54,1 % загальної території країни, землі під промисловою забудовою — 0,4 %, землі природного, оздоровчого, рекреаційного та культурного призначення — 4,3 %. Змінилося екологічно допустиме співвідношення між площами ріллі, природних угідь, лісових і водних ресурсів. Це негативно вплинуло на стійкість агроландшафту, посилилися ерозійні процеси. Фактична частка ріллі в Україні перевищує екологічну норму — 40 %, встановлену ще В.В. Докучаєвим, який в 1892 р. вирішив створити в південних степах чорноземної смуги Росії всупереч кліматичним рукотворні умови для отримання сталих урожаїв. Частка еродованих земель нині становить 57,4 % території, із них 32,0 % зазнають впливу вітрової ерозії, 22 — водної ерозії, а 3,4 % — сумісної дії водної та вітрової ерозії. Значної екологічної шкоди земельні та інші ресурси зазнають внаслідок забруднення викидами промисловості, відходами, а також недосконалого використання засобів хімізації в аграрному секторі.

Найбільш інтенсивними забруднювачами сільгоспугідь були хлорорганічні пестициди, а найвищий рівень забруднення ґрунтів спостерігався у Костянтинівці, Маріуполі та в Алчевську. У житловому фонді міст та селищ міського типу України щорічно нагромаджується близько 40 млн м<sup>3</sup> сміття, яке знешкоджується на 656 міських сміттєзвалищах та на 4-х сміттєспалювальних заводах, стан яких, на жаль, не відповідає сучасним вимогам (Шматько В.Г., Нікітін Ю.В., 2006).

Великої гостроти набрала проблема радіоактивних відходів. На атомних електростанціях накопичено тисячі тонн відпрацьованого ядерного палива, десятки тисяч кубометрів твердих і десятки мільйонів літрів рідких радіоактивних відходів. У промисловості, сільському господарстві, медицині та в наукових закладах існує більше ста тисяч закритих радіоактивних джерел. Понад 70 млн м<sup>3</sup> радіоактивних відходів зосереджено на сховищах підприємств уранової, гірничодобувної та переробної промисловості.

Загальна площа сільськогосподарських угідь, забруднених радіонуклідами, після Чорнобильської аварії складає 6,7 млн га. Складна

ситуація залишається на території Полісся, де спостерігаються масштабні показники забрудненості продукції землеробства (сіно — 2916 бк/кг, зелена маса — 2620, картопля — 144 бк/кг).

Незадовільно здійснюється відновлення використаних промисловістю земель. При цьому якість рекультивації низька, мало земель повертається у сільськогосподарське виробництво, а їхня родючість є майже наполовину нижчою від природної.

За даними обліку, площі земель лісового фонду у 2000 р. становили 10,8 млн га, із них вкритих лісовою рослинністю — 9,4 млн га. Таким чином, лісистість (відносно вкритої лісом загальної території країни) становить 15,6 %, що значно менше встановлених мінімальних екологічних стандартів — 22—25 %.

Ліси переважно виконують захисні водоохоронні та санітарно-гігієнічні функції. Однак вони інтенсивно експлуатуються, гинуть від промислових викидів та пожеж, внаслідок недбалого відведення земель під вирубку для різноманітного будівництва. Їх незадовільний стан зумовлений не лише рівнем та інтенсивністю антропогенного впливу, але й зростаючим техногенним навантаженням, що порушує природну стійкість і лісових екосистем. Протягом останнього десятиріччя антропогенний вплив на ліси проявлявся через вплив на насадження атмосферних забрудників, зміну гідрологічного режиму територій, рекреацію, пожежі, господарську діяльність тощо. На сьогодні вирубка лісового фонду перевищує його відновлення. Обсяги захисного лісорозведення не забезпечують повного заліснення непридатних для сільськогосподарського виробництва земель. Недостатніми залишаються обсяги робіт щодо створення полезахисних лісових смуг.

Викликає стурбованість інтенсивна експлуатація лісів, особливо в Карпатському та Поліському регіонах, де зосереджено відповідно 29 та 33 % запасів деревини.

Порушення природної стійкості лісів призводить до зростання уразливості насаджень, визначає подальше збереження напруженого санітарного стану лісів. Екстенсивне природокористування, нехтування екологічним обґрунтуванням під час визначення шляхів розвитку агропромислового та лісохімічного комплексів, регулювання стоку річок, осушення боліт та стихійний розвиток колективного садівництва призвели до зниження природного потенціалу майже 70 % цінних природних комплексів і ландшафтів України. Внаслідок цього процес деградації генетичного фонду живої природи спостерігається в усіх регіонах України.

Згідно з чинними нормами, розораність земель сільськогосподарських угідь на рівні 60—80 % вважається несприятливою, 25—60 — умовно сприятливою і менше 25 % — сприятливою. Оптимальну оцінку розораності земель мають незначні території, переважно в Українському Поліссі, гірських районах Карпат і Криму. Нині в Україні над-

звичайно високий рівень розораності території: тільки близько 8 % площі (5 млн га) знаходиться у природному стані (болота, озера, ріки, гори). Сільськогосподарська освоєність земельного фонду становить 72,2 % суші, зокрема розораність складає 57,3 %. Найвищу сільськогосподарську освоєність території мають землі Запорізької (88 %), Миколаївської (87 %), Кіровоградської (86 %), Дніпропетровської, Одеської (по 83 %) та Херсонської (82 %) областей. Дещо нижча вона в лісостепових областях, у півтора-два рази менша у Поліссі. Розораність земель в Україні є найвищою в світі. Для порівняння: у США розораність території становить 19 %, Франції і Німеччині — 33, Італії — 31, тобто має сприятливі та умовно сприятливі характеристики. Така висока розораність небажана з економічного й екологічного поглядів, адже вона різко знижує природний потенціал території, робить її одноманітною, а господарство — вузькоспеціалізованим (Барановський В. А. та ін., 2006).

Таким чином, сучасне використання земельних ресурсів України не відповідає вимогам раціонального природокористування, а саме: порушене екологічно допустиме співвідношення площ ріллі, природних кормових угідь, багаторічних насаджень. Це також негативно впливає на стійкість природних ландшафтів до техногенного навантаження.

За 1960—1996 рр. кількість випадків прояву небезпечних природно-антропогенних процесів (зсуви, ерозія, суфозія, дефляція, карст, селі, засолення, підтоплення, просідання тощо) зростає в середньому у 3—5 разів. На 80 % міських територій спостерігається прояв близько 20 видів небезпечних для населення природно-антропогенних процесів, серед яких найбільш загрозливими залишаються підтоплення, зсуви, абразія, карст. Найчастіше вони спостерігаються у Волинській, Тернопільській, Хмельницькій, Вінницькій, Одеській, Херсонській областях і Автономній Республіці Крим. У 2240 населених пунктах підтоплюється 800 тис. га земель, а у 200 відбуваються зсуви, карсти. В Івано-Франківській і Закарпатській областях, Автономній Республіці Крим на 70 % гірських водозаборів, переважно в низькогір'ї, поширені селеві процеси. В Україні ними уражено 3—25 % території.

Водною та вітровою ерозією в Україні охоплено понад 17,0 млн га сільськогосподарських угідь, або 40,9 % їх загальної площі. Найбільше еродовано ґрунтів у Донецькій (70,6 %), Луганській (62) і Одеській (56 %) областях. До еродованих земель відносять 4,7 млн га середньо- і сильнозмитих, у тому числі 68 тис. га таких, що повністю втратили гумусний шар. Загалом в Україні щорічне збільшення площі еродованих земель складає в середньому близько 80—120 тис. га. Економічні збитки тільки через ерозію ґрунтів перевищують 9,1 млрд гривень (Барановський В. А. та ін., 2006).

Ще більш небезпечною є яружно-лінійна ерозія ґрунтів. Лінійний розмив руйнує не тільки ґрунт, а й весь природний комплекс. У проце-

сі утворення яружно-балкових систем з обороту вилучаються великі площі сільськогосподарських земель. З розвитком ярів знижується рівень підґрунтових вод, землі стають непридатними для житлового, промислового і шляхового будівництва.

Одним з найбільших лих після ерозії ґрунтів є, мабуть, їх засолення, головна причина якого — незбалансоване зрошення. Ерозія та засолення призводять до опустелювання земель. На зрошуваних землях урожайність спочатку значно підвищилась, але згодом вони стали непридатними через «білу отруту». Так називають місцеві жителі сіль, якою заповнені всі пори ґрунту і його поверхня внаслідок випаровування поливних вод. Саме тому деградують і втрачають родючість зрошувані землі. Зокрема, на 80 % зрошуваних площ відбувається процес техногенного підтоплення; 14 % від загальної площі поливних земель піддаються ерозії; 5 — перезволожуються, 7,7 — мають підвищену кислотність; 11—25 % — зазнають вторинного засолення. До масового зрошення на значних територіях росли дикі трави і чагарники, за науково обґрунтованого поливу отримували високу врожайність з полів і садів. Нині через перезволоження, агрофізичну деградацію ґрунтів та їх засоленість гинуть дерева, поля, сади, виноградники. У найближчих до полів селах вода заливає льохи, значно погіршується стан питної води, особливо навколо Північно-Кримського, Каховського та Краснознам'янського каналів.

Незадовільний екологічний стан спостерігається також і на осушених ґрунтах Полісся. Так, 43,2 % площі земель осушувальної мережі мають підвищену кислотність; 7,6 — засолені; 10,7 — перезволожені; 12,8 — заболочені; 18,4 — зазнають вітрової і 4,6 % — водної ерозії.

Якщо узагальнити всі зміни, то майже на 22 % території України можна спостерігати сильно і дуже сильно деградовані та непридатні до повного використання ґрунти. Така ситуація значно погіршує умови проживання і виробничої діяльності населення, особливо негативно впливає на стан його здоров'я. Це вимагає вжиття негайних науково обґрунтованих заходів, спрямованих на підвищення родючості земель та одержання екологічно безпечних продуктів харчування.

Вирішення названої проблеми потребує переорієнтації поглядів суспільства на принципи і технології землеробства. Зокрема, галузь слід орієнтувати на динамічну рівновагу складових агроєкосистем в межах природно-сільськогосподарських районів. Першим кроком до цього є проведене Барановським В. А. та ін. (2006) агроєкологічне зонування території, яке може слугувати основою стратегії екологічно раціонального використання земель.

Території з умовно сприятливою і задовільною оцінкою агроєкологічного потенціалу належать до зони економічно доцільного та екологічно допустимого використання земель. Площі, віднесені до зони з умовно задовільною оцінкою агроєкологічного потенціалу, пропону-

ються для зони використання земель у режимі збереження. Під режимом збереження розуміють обмеження на форми та інтенсивність експлуатації земель для забезпечення природного розвитку ґрунтів в умовах, що виключають такий антропогенний вплив, який призводить до зміни їх функції. Це не консервація певних територій, а особлива форма експлуатації ґрунтів, спрямована на збереження їх біоресурсного потенціалу. На площах з погіршеним агроекологічним потенціалом ґрунтів пропонується виділити зону екологічно адаптативного використання земель. Під час організації землекористування тут необхідно враховувати придатність ґрунтів для конкретних агроценозів і сприяння їх екологічній реабілітації. Використання земель, яке може призвести до порушення ландшафтозберігаючих функцій ґрунтів і відповідно до неконтрольованих змін інших компонентів ландшафтів, не допускається. На базі зони екологічного лиха пропонується виділити зону використання земель у режимі відновлення. Під режимом відновлення розуміють тимчасове вилучення території з традиційного господарського обороту для реалізації особливих форм землекористування, мета яких — створення умов для реабілітації втрачених у зв'язку з антропогенною діяльністю функцій ґрунтового покриву. Землекористування треба організовувати таким чином, щоб надати ґрунтам тренд до відновлення їх екологічних функцій.

Відомо, що елементи з атомною масою понад 50 атомних одиниць належать до важких металів. Не всі вони створюють однакову небезпеку для живих організмів. За токсичністю, поширеністю, властивістю накопичуватись у харчових ланцюгах лише 12—15 елементів мають пріоритетне значення: ртуть, свинець, кадмій, миш'як, мідь, ванадій, олово, цинк, сурма, молібден, кобальт, нікель та деякі інші. Три елементи (ртуть, свинець, кадмій) вважаються найбільш шкідливими і підлягають першочерговому контролю в навколишньому середовищі. При цьому дія хімічних елементів на організм людини має вибірковий характер. Наприклад, кальцій, фтор, стронцій, кремній впливають на скелет; залізо, кобальт, ванадій, мідь — на кровотворення; йод — на роботу щитоподібної залози (табл. 3). Порушення оптимального вмісту в організмі людини цинку, магнію, хрому, ванадію понижує рівень холестерину в крові; з кадмієм пов'язані порушення кров'яного тиску і форми раку; дефіцит міді шкідливо діє на пластичність кровоносних судин, що врешті-решт впливає на поширення серцево-судинних захворювань. Вміст у навколишньому середовищі таких металів, як свинець, нікель, магній значною мірою зумовлює виникнення та поширення злоякісних пухлин. Організм людини дуже чутливо реагує на дефіцит або надлишок йоду. В першому випадку це призводить до зобних ендемій, у другому — до виникнення злоякісних пухлин. Абсолютно пряма залежність існує між вмістом фтору в природному середовищі і у людському організмі: дефіцит його спричинює карієс, а

надлишок — флюороз. У деяких випадках через порушення оптимального вмісту в організмі мікроелементів можуть розвиватися окремі серцево-судинні захворювання населення.

Рослинні ресурси України представлені вищими рослинами, грибами, мохами, лишайниками та водоростями, які використовуються для матеріальних та культурних потреб суспільства.

Вони включають понад 25 000 видів рослин, з яких вищих судинних рослин 4500 видів, мохоподібних — майже 800, лишайників — понад 1000, грибів — понад 15 000, водоростей — майже 4000 видів. Сучасна рослинність значною мірою трансформована в результаті господарської діяльності людей. У природному вигляді вона збереглася лише на 19 млн га.

Близько 250 видів рослин в Україні офіційно визнані лікарськими рослинами. У цілому близько 85 % лікарської сировини має природне походження. Нині лікарські рослини ростуть на площі, що становить менше 10 % території країни.

Тривале безконтрольне використання природних ресурсів, інтенсифікація господарського використання території з наявністю лікарських рослин, несприятлива екоситуація після аварії на Чорнобильській АЕС спричинили кризовий стан ресурсів більшості дикорослих рослин.

Загальний обсяг лісокористування в Україні становить 14,4 млн м<sup>3</sup>, у тому числі основного користування — 6,7 млн м<sup>3</sup>, що задовольняє потреби народного господарства лише на 25—27 %. У зв'язку з дефіцитом деревини щорічна потреба в її завезенні становить 30 млн м<sup>3</sup>.

Хибна практика планування екстенсивного лісокористування призвела до значного виснаження лісів, зниження загальної продуктивності їх ценозів, погіршення товарної структури лісового фонду.

Рослинність, як біотичний компонент, має важливе значення для функціонування екосистем і значною мірою визначає їх межі. Рослини не тільки чутливі до техногенних порушень навколишнього середовища, але і найбільш наочно характеризують зміни екоситуації у регіоні внаслідок антропогенного впливу (табл. 4).

Загалом в Україні разом із прилеглими акваторіями Чорного і Азовського морів нараховується понад 44 000 видів тварин, у тому числі майже 700 хребетних та понад 27 000 безхребетних.

Основними проблемами охорони природи і раціонального використання тваринного світу є його недостатня вивченість, відсутність достовірних даних щодо запасів промислових видів та обсягів використання, погіршення природних умов існування диких тварин через зростаючий антропогенний вплив та послаблення їх охорони від незаконного використання і знищення. Нині до Червоної книги України занесено 382 види тварин.



Таблиця 3

**ХАРАКТЕРИСТИКА БІОХІМІЧНИХ ЗОН ЗА ВМІСТОМ  
МІКРОЕЛЕМЕНТІВ У ҐРУНТАХ І РЕАКЦІЯМИ НА НИХ ЖИВИХ ОРГАНІЗМІВ**

Мікроелемент	Нижня порогова концентрація	Нормальний вміст	Верхня порогова концентрація
Кобальт	Менше 2—7: спричиняє акабальгози, лизухи, анемії, ендемічний зуб, авітамінози, посилення ендемії	7—30: в межах нормальної регуляції функцій	Більше 30: може пригнічуватись синтез вітаміну В <sub>12</sub>
Мідь	Менше 6—15: розвиток анемії, лизухи, захворювання кісткової системи, ендемічні атаксії за надлишку молібдену і сульфатів, вилягання, недозрівання хлібів, плодкових буряків	15—60	Більше 60: спостерігаються анемії, гемолітична жовтуха, ураження печінки, хлорози рослин, порушення окисних процесів у організмі
Марганець	До 400: захворювання кісткової системи, мोजливе поширення зубу; хлороз і некроз кукурудзи, жовтуха цукрових буряків	400—3000	Більше 3000: можливий токсичний вплив на рослини в умовах кислих ґрунтів, неврологічні симптоми, хронічна інтоксикація, виникнення лихоманки з кашлем та болями в суглобах
Цинк	До 30: у людини і тварини можлива затримка росту, ураження слизових оболонок, кісткового скелета, захворювання рослин (хлороз, дрібнолистість)	30—70	Більше 70: погіршення окисних процесів в організмі, морфологічна мінливість рослин
Молібден	До 1,5: захворювання рослин	1,5—4	Більше 4: ознаки подагри в людини, молібденовий токсикоз у тварин

Закінчення табл. 3

Мікроелемент	Нижня порогова концентрація	Нормальний вміст	Верхня порогова концентрація
Бор	Менше 6: захворювання рослин (відмирання точки росту стебла, кореня, загивання серцевини буряків, побуріння цвітної капусти)	6—30	Більше 30: борні ентерити у тварин і людей, захворювання рослин
Сурма	Не виявлено	До 600	600—1000: Хондро- і остеоїастрофії, «уровська хвороба», рахіти дітей, ламкість кісток, може бути настількова хондродистрофія; морфологічна мінливість рослин
Йод	Менше 5: за незбалансованості йоду з іншими елементами (кобальт, марганець, мідь) можуть поширюватися ендемічний зоб, ендемія	5—40	Більше 40: можливе послаблення синтезу йодних сполук щитоподібної залози

Таблиця 4

**СТАН РОСЛИННОСТІ ЯК ІНДИКАТОРА ЕКОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЇ  
(Барановський В. А. та ін., 2006)**

Показники	Екологічне лихо	Надзвичайна екоситуація	Відносно задовільна екоситуація
Зменшення біорізноманіття, % від норми	Більше 50	25—50	Менше 10
Щільність популяції виду індикатора антропогенного навантаження, %	Більше 50	20—50	Менше 20
Площі корінних асоціацій, % від загальної площі	Менше 5	Менше 30	Більше 80
Лісистість, % від оптимальної (зональної)	Менше 10	Менше 30	Більше 90
Запас деревини основних лісоутворювальних порід, % від нормального	Менше 30	30—60	Більше 80
Пошкодження дерев техногенними викидами, % від загальної площі	Більше 50	30—50	Менше 5
Пошкодження хвойних дерев техногенними викидами, %	Більше 50	30—50	Менше 5
Зникнення лісових культур, % від загальної площі лісокультурних рослин	Більше 70	50—70	Менше 5
Площа посівів, уражених шкідниками, % від загальної площі	Більше 50	20—50	Менше 10
Загибель посівів, % від загальної площі	Більше 30	15—30	Менше 5
Продуктивність пасовищної рослинності, % від потенційної	Менше 5	5—30	Більше 80
Зміна ареалів рідкісних видів	Зникнення	Розподіл і скорочення площі	Відсутність
Пошкодження рослинності заповідників	Зі зміною формацій	Зі зміною асоціацій	Фенотипові, але без зміни асоціацій
Площі зелених насаджень (на одну людину у великих містах і промислових центрах), % від норми	Менше 10	10—30	Більше 90

Як рослини, так і тварини є чутливими до екологічного стану регіонів, тому вони можуть бути його біоіндикаторами (табл. 5).

Таблиця 5

**СТАН ФАУНИ І ЗМІНИ ГЕНОФОНДУ ТВАРИН —  
ІНДИКАТОРІВ ЕКОЛОГІЧНОГО ПОТЕНЦІАЛУ ТЕРИТОРІЇ  
(БАРАНОВСЬКИЙ В.А. та ін., 2006)**

Показники	Екологічне лихо	Надзвичайна екоситуація	Відносно задовільна екоситуація
Зменшення біорізноманіття, % від вихідного	Більше 50	25—50	Менше 5
Щільність популяції виду — індикатора антропогенного навантаження, %	Більше 50	20—50	Менше 20
Зменшення чисельності (щільності) мисливсько-промислових видів тварин порівняно з нормою, разів	Більше 10	3—10	Менше 2

Критерії і показники стану тваринного світу розглядаються на рівні зооценозів і популяцій окремих видів тварин. Для проведення такої оцінки необов'язково використовувати дані для всієї фауни, а можна обмежитись аналізом характерних груп видів, про які є надійна інформація. Зміни господарсько цінних видів тварин оцінюються з використанням даних абсолютної чисельності в середньому за 10 років. Для оцінки змін щільності популяції видів (індикаторів антропогенного навантаження) необхідно враховувати, що популяції стійких видів будуть збільшувати свою чисельність, а чутливі до антропогенного навантаження — зменшувати її.

Основним предметом прикладної екологічної оцінки території на основі картографічного моделювання повинні бути не довільно вибрані точки, окремі ареали або штучні територіальні одиниці, а реальні, об'єктивно існуючі територіальні поєднання зі схожими екологічними умовами, створеними станом компонентів геосистеми. Йдеться про екологічний потенціал природних геосистем, тобто якість середовища існування людей, можливість забезпечення населення необхідними продуктами харчування, умовами праці та відпочинку (рекреаційними ресурсами) і лікування (кліматотерапія, бальнеологічні ресурси). Природні фактори створюють обов'язковий і загальний природні екологічні фони, забезпечують потреби людського організму в необхідних умовах існування — теплі, повітрі, світлі, воді, їжі тощо. У багатьох

випадках саме природні фактори відіграють важливу роль у формуванні життєвого середовища людини, а також створюють екстремальні екоситуації (землетруси, повені, селеві потоки, лавини тощо).

Комплексне оцінювальне картографування природних екологічних умов найкраще забезпечує ландшафтний або геосистемний підхід. Природне середовище розглядається як сукупність складних територіальних комплексів (природних ландшафтів, геосистем), які характеризуються різноманіттям ознак (критеріїв) екологічної оцінки і неможливістю практично знайти для них загальну одиницю вимірювання.

У структурі природного екологічного потенціалу геосистем одне з важливих місць належить клімату, насамперед тепло- і вологозабезпеченості. Вони мають не тільки універсальне і безпосереднє екологічне значення, але і визначають територіальну диференціацію багатьох інших екологічних показників, у тому числі біохімічних і біологічних. Від них залежить біологічна продуктивність, характер рослинності (зокрема наявність і відсутність лісів), поширення вогнищ природних захворювань тощо.

Особлива група показників пов'язана з водозабезпеченістю. Важливо враховувати не тільки достатність питної води, але і її якість — ступінь мінералізації, хімізації та бактеріологічний склад. У зв'язку з цим, важливе значення мають біохімічні умови — нестача або надлишок у природному середовищі (в тому числі у воді і ґрунті) таких важливих для життєзабезпечення хімічних елементів, як йод, фтор, кальцій, мідь, кобальт і багатьох інших.

Досить важливе екологічне значення для людини мають біотичні компоненти ландшафту — рослинність, тваринний світ, мікроорганізми. Загальновідома виняткова роль природного рослинного покриву як джерела кисню, засобів харчування, фітонцидів, лікувальних препаратів та його оздоровче, рекреаційне й естетичне значення. Серед рослин існує чимало шкідливих для людини видів (отруйних, алергенів). Важливою є також оцінка тваринного світу, серед якого відомі численні переносники збудників небезпечних природних захворювань людини, наприклад кліщового енцефаліту, чуми, туляремії та інших. Для багатьох ландшафтів типовий такий небезпечний екологічний фактор, як кровосисні комахи, отруйні тварини тощо.

Для визначення екологічного потенціалу природних геосистем важливе значення мають повторюваність стихійних природних явищ та інших екстремальних природних умов, а також санітарно-гігієнічні, медико-географічні, медико-екологічні, рекреаційні особливості природних геосистем.

Глибина техногенного впливу на ландшафти залежить від часу становлення виду природокористування в конкретному регіоні. На початковому етапі освоєння природних ресурсів ландшафт зазнає різних впливів, які у ряді випадків призводять до корінного його перетворен-

ня, особливо в зв'язку з меліорацією заболочених земель, гідротехнічним будівництвом, перетворенням лісових масивів в агроландшафти тощо.

Високий загальний фон ландшафтного перетворення території визначається, насамперед, значним землеробським освоєнням. Землеробський вплив, крім механічного (сільськогосподарські машини), включає хімічний (застосування мінеральних добрив, пестицидів тощо), фізичний (тепло, електроенергія, магнітне поле), біологічний (чергування культур, органічні добрива, бактеріальні препарати), а також проявляється через осушення і зрошення земель, контурне і смугове рільництво, терасування схилів, лісові насадження тощо. Землеробський вплив є одним із найбільш тривалих за часом. Вирішальними чинниками впливу тут є структура землекористування і посівів культур та технології вирощування рослин.

Землеробська освоєність України має добре виражені зональні зміни. У змішанолісовій зоні рілля становить близько 40 % земельного фонду, в Українських Карпатах — 16,8 %, гірському Криму — 21,4 %; лісостепові і степові масиви розорані на 75—80 % і більше. Розорювання степів, зникнення природних акумуляторів талих і дощових вод — блюдець, руйнація дернини, спроможної затримати сніг і воду та захистити ґрунт від ерозії і дефляції, втрата властивої цілинному чорнозему грудочкувато-зернистої структури зробило ці ландшафти ерозійно чутливими. Наслідком цього є посилення випаровування, збільшення нічного охолодження степу, зниження рівня ґрунтових вод, бурхливе і коротке весняне та дощове водопілля, зменшення запасів доступної для рослин вологи, збіднення водних джерел, посилення несприятливого вітрового режиму влітку і взимку. Якщо до розорювання степів вміст гумусу в ґрунті становив 8—10 %, то зараз — 4—5 %, що призвело до зниження родючості й стійкості ґрунтів до різних факторів руйнування. За останні 20 років чорноземи звичайні потужні Кіровоградської області втратили 1,6—2,5 % вмісту гумусу (Барановський В.А. та ін., 2006).

Вплив осушувальних меліорацій є найбільшим в зонах змішаних і широколистяних лісів, долинних комплексах північної частини Лісостепу. Так званий меліоративний болотний фонд оцінюється в 4465,9 тис. га. Осушувальні меліорації перетворюють структуру ландшафтів шляхом зміни рівнів ґрунтових і підґрунтових вод, характеру ґрунтоутворювальних процесів, рослинності і тваринного світу, стійкості ландшафтів до господарських навантажень. Осушувальні меліорації помітно впливають на болотні комплекси.

Вплив зрошувальних меліорацій найбільшою мірою позначається насамперед на зміні водно-теплового балансу, рівні ґрунтових вод, сольового режиму і прояві супутніх несприятливих процесів. Плями солонців перетворюються у солончакові відміни лучно-каштанових ґрунтів різно-

манітного ступеня засолення. Зрошення призводить до формування нового виду ландшафту, що набуває нових структурних рис, які характеризуються у перші роки більшою продуктивністю, ніж вихідний.

Лісомеліоративний вплив проявляється на еродованих територіях. Загальну площу лісозахисних насаджень в Україні передбачається довести до 711,5 тис. га у вигляді полезахисних і прибалкових лісосмуг, лісосмуг по схилах пасовищ, суцільного заліснення еродованих балкових гірських схилів, ярів, площ навколо водойм і каналів, пісків тощо. Лісомеліоративними заходами мають бути охоплені практично всі еродовані землі. Проте площа тільки чинних яруг складає 320 тис. га.

Пасовищні впливи виявляються в рівнинній частині Українських Карпат, насамперед на лучних ландшафтах. Випас безпосередньо впливає на рослини (ушкодження паростків і коренів), ґрунти (ущільнення, зміна водного режиму тощо), надходження поживних речовин, поширення насіння, зміну загальної фітомаси та її видового складу.

Промисловий вплив на ландшафт хоч і локальний, але відрізняється великою інтенсивністю, має тенденцію до збільшення. Загальна площа змінених ним ландшафтів складає 800 тис. га, в тому числі кар'єрів — більше 122 тис. га, відвалів і териконів — 38,6 тис. га, промислових площадок — 77,3 тис. га.

Вплив гірничорудної промисловості сприяє утворенню нових елементів у ландшафті — різних за площею, глибиною й обсягом відкритих кар'єрів, техногенного осідання ґрунту, утворених техногенною акумуляцією териконів, відвалів, шлакозвалищ тощо. Відмінною рисою їх є вилучені на поверхню токсичні породи. Рослинний покрив на них розвивається дуже повільно, біоценози характеризуються нестійкістю. За повної рекультивациі (усунення токсичних порід, створення ґрунтового покриву, поновлення фітоценозів і таким чином природного функціонування компонентів) формуються повторні ландшафти.

Будівельний вплив на ландшафти супроводжується зрізанням підвищених і засипанням понижених форм рельєфу, намівом ґрунтів, повною руйнацією рослинного і ґрунтового покриву. Підрізання схилів під час будівництва активізує ерозійні і зсувні процеси, що спричиняє необхідність проведення відповідних захисних заходів, які їх стабілізують. Це, у свою чергу, потребує впровадження в ландшафт нових техногенних елементів.

Водогосподарчий вплив на ландшафти виявляється у створенні нових, раніше відсутніх комплексів (водоймищ, каналів, випрямлених русел, просадково-антропогенних озер, заповнених улоговин техногенно-ерозійного походження тощо), у зміні гідрологічного, гідрохімічного режимів водойм, переформуванні ландшафтної структури прилеглих територій, впровадженні в ландшафти техногенних елементів.

Гідроенергетичний вплив призвів до помітних змін параметрів аквальних і прилеглих територіальних комплексів: утворилися во-

доймища, параметри яких визначаються як висотою гребель, так і ландшафтною структурою долин; змінився русловий режим, створилися передумови для розвитку таких процесів, як «цвітіння води», замулення тощо; змінюється ландшафтна структура прибережних територій внаслідок їх затоплення, переробки берегів, утворення болотних комплексів і підтоплення у смузі гідрогеологічного впливу; зазнає змін рослинність заплавлених ландшафтів у нижніх б'єфах водоймищ у зв'язку з відсутністю режиму долин; змінюються умови існування і відтворення риб та ведення рибного господарства. Водоймищами Дніпровського каскаду затоплено 686,8 тис. га; близько 30 % площі водоймищ являють собою мілководдя з глибинами до 2 м. Їх рекультивация шляхом будівництва захисних дамб, осушувально-зволожуючих систем і наступного освоєння сільським і рибним господарством призведе до утворення повторних ландшафтів із новими функціями.

Містобудівний вплив позначається на глибині підземних вод і вологості нижніх шарів атмосфери. Вертикальний профіль урбанізованого ландшафту визначається глибиною споживаного горизонту підземних вод і висотою промислових викидів в атмосферу. У цих межах розміщуються: ярус природних і намивних порід, на якому розташовані фундаменти будинків промислових підприємств, підземні комунікації; ярус наземних малоповерхових будівництв, доріг, зелених насаджень, водойм, міських шумів, що характеризуються найбільшою концентрацією викидів автомобільного транспорту, інтенсивним прогрівом поверхні; середньо- і високоповерховий яруси, у межах яких вплив згаданих чинників згасає, але відчутніше проявляється роль метеорологічних (вітрового режиму та інших).

Техногенне навантаження на ландшафти України формується в результаті забруднення природного середовища хімічною, металургійною і гірничодобувною галузями промисловості, атомними і тепловими електростанціями, цукровими заводами, автотранспортом, меліоративними системами тощо.

У Поліссі внаслідок осушувальних меліорацій інтенсифікувались процеси дефляції ґрунтів (близько 28 % території), зросли втрати родючого шару ґрунту за рахунок його змиву і мінералізації, а зменшення площі лісів і запасів торфу призвели до дисбалансу водного режиму не лише поверхневих вод, але й агроландшафтів, що позначилось і на врожайності сільськогосподарських культур.

У Лісостепу в результаті поширення лінійної і площинної водної ерозії зменшився гумусовий шар, зросла забрудненість ґрунтів залишковою кількістю пестицидів, промисловими токсикантами, перш за все, в результаті розроблення родовищ корисних копалин (нафти і газу). Виникнення техногенних ландшафтів на Поділлі вимагає взагалі розроблення нових сільськогосподарських технологій.



У Степу погіршення стану ґрунтів пов'язане, перш за все, з дефляційними процесами, забрудненням залишковими кількостями добрив і пестицидів, промисловими токсикантами, промисловими і тваринницькими стоками, захороненням промислових відходів (твердих і рідких, особливо в Донецько-Придніпровському регіоні), а також вторинним засоленням і заболочуванням, особливо на зрошуваних землях.

Таким чином, у наш час незмінених господарською діяльністю ландшафтів в Україні практично не залишилось. Малозмінені ландшафти становлять 15—20 % території, це головним чином вторинні лісові насадження, заболочені ділянки, території заповідників. За оцінками фахівців, для компенсації антропогенного впливу таких ландшафтів повинно бути від 40 до 60 % території країни.

Техногенна забрудненість ґрунтів залежить від їх типу, величини надходження промислових відходів, радіонуклідів, пестицидів і мінеральних добрив. Низькобуферні малогумусні дерново-підзолисті ґрунти можуть зазнавати значного впливу забруднювальних речовин. За умов кислого середовища вони трансформуються у більш рухомі сполуки, мігрують до нижчих шарів і ґрунтових вод. За нейтрального або лужного середовища на високобуферних ґрунтах (чорноземних, темнокаштанових) забруднювальні елементи, як правило, перебувають в пасивному стані та малодоступні для рослин формі.

Значної екологічної шкоди земельним ресурсам завдає забрудненість ґрунтів відходами промисловості. У містах джерелом забруднення ґрунтів важкими металами є підприємства чорної та кольорової металургії, легкої промисловості, ТЕЦ. Небезпека забруднення ґрунтів визначається не тільки вмістом важких металів, але й класом небезпечних окремих токсикантів.

Складний характер має забруднення ґрунтів хімічними засобами захисту рослин. Зменшення у кілька разів обсягів використання пестицидів в останні роки хоч і сприяло зниженню забруднення ґрунтів та сільськогосподарської продукції отрутохімікатами, але ситуації суттєво не змінило. Це обумовлено тим, що залишкова кількість пестицидів перебуває в ґрунті тривалий час. Чим більше пестицидне навантаження на ґрунти, тим вища їх шкідливість для населення. Пестициди можуть спричиняти інтоксикацію, алергійні реакції, зниження імунної реактивності, ураження нервової системи, патологічний стан печінки, серцево-судинної системи, онкологічні хвороби тощо.

Відомо, що 50 % загального приросту врожаю в землеробстві забезпечують мінеральні добрива, 25 % — технології вирощування. Однак не варто забувати, що неправильне використання мінеральних добрив — азотних, фосфорних, калійних, комплексних та інших — супроводжується небажаною побічною дією: забрудненням природного середовища, що пояснюється незбалансованим використанням доб-

рив, відхиленням від науково обґрунтованих норм їх внесення. Деякі види мінеральних добрив можуть сприяти підвищенню кислотності ґрунтів, накопиченню в них небезпечних залишків. Відомо, що рослини засвоюють лише 50 % азотних та 10—20 % фосфорних добрив, решта — вимиваються атмосферними опадами. За неправильного використання мінеральних добрив у природному середовищі може накопичуватися у підвищених кількостях азот, фосфор, калій. Це призводить до підкислення ґрунтового розчину, забруднення ґрунтових вод у результаті фільтрації добрив (особливо азотних), підвищення вмісту нітратів, сульфатів, хлоридів у підґрунтових водах, накопичення залишкових запасів нітратного азоту в продукції рослинництва, забруднення водосховищ, річок залишками добрив внаслідок процесів ерозії тощо, що завдає шкоди здоров'ю людей, тварин, рибному господарству.

Протягом останніх 30—40 років агроландшафти України постійно зазнавали різних видів радіаційної забрудненості: атмосферних викидів радіонуклідів внаслідок випробування ядерної зброї, відходів після переробки сировини на підприємствах ядерно-паливного циклу тощо. До 1986 р. радіаційна обстановка на її території визначалася переважно такими радіонуклідами, як калій-40, радій, торій і лише частково стронцієм-90 і цезієм-137. Перші три радіонукліди природного походження зумовлювали основний радіаційний фон на більшій частині території України в межах 7—14 мкр/год. І лише в окремих регіонах, особливо там, де граніти виходять на поверхню землі, він був у 6—8 разів вищий. Стосовно двох останніх радіонуклідів, то їх присутність у ґрунті зумовлювалась глобальними опадами внаслідок випробування ядерної зброї, їх розподіл на території був відносно рівномірним і перебував в межах 0,01—0,05 Кі/км<sup>2</sup>.

Внаслідок аварії на ЧАЕС у навколишнє середовище потрапило понад 50 мКі таких небезпечних радіонуклідів, як стронцій, цезій, плутоній, йод, що становить наближено (за оцінками МАГАТЕ) 3,5 % їх кількості в реакторі на час аварії. Радіоактивного забруднення у зв'язку з аварією і подальшим поширенням радіонуклідів зазнала територія площею понад 4,5 млн га сільгоспугідь.

Згідно з чинним законодавством території, забруднені цезієм-137, 134 до 1 Кі/км<sup>2</sup>, стронцієм-90 до 0,02 та плутонієм-239, 240 до 0,005 Кі/км<sup>2</sup>, вважаються умовно чистими. Ведення сільськогосподарського виробництва на них можливе без обмежень. За більшого забруднення необхідно застосовувати комплекс агрохімічних, агротехнічних і організаційних заходів для зменшення переходу радіонуклідів з ґрунту в рослини. Неможливе ведення сільськогосподарського виробництва в зоні безумовного відселення, де забруднення ґрунту цезієм-137, 134 перевищує 15 Кі/км<sup>2</sup>, стронцієм-90 — 3Кі/км<sup>2</sup> і плутонієм-239, 240 0,1 Кі/км<sup>2</sup>. Ця зона разом із зоною відчуження займає 3,9 тис. кв. км тери-

торії України, або 10,9 %, охоплює 168 населених пунктів, у яких проживало 48,9 тис. осіб.

Чорнобильська катастрофа створила надзвичайно небезпечну для здоров'я людей і навколишнього середовища радіаційну обстановку на значній території України.

Загальновідомо, що найбільше багатство нашої держави — це її земля, а українські ґрунти за природною родючістю є одними з найкращих у світі. Їх якісний склад надзвичайно різноманітний і налічує кілька десятків типів: від родючих чорноземів і південних каштанових до значно менш родючих сірих лісових і опідзолених та майже непридатних для аграрного виробництва піщаних та кам'янистих ґрунтів, тому використання землі значно диференційоване залежно від регіону, типу ґрунтового покриву та основних видів діяльності, які історично склалися в даній місцевості.

Загальна територія України складає 603,7 тис. км<sup>2</sup>, з них понад 71 % — сільськогосподарські угіддя, 15,6 — землі лісового фонду, 4 — водна поверхня, 4 — забудовані землі, 5,6 % — інші землі.

Забудована територія, а це понад 2,3 млн га, об'єднує як житлову, так і промислову забудову, а також дороги із твердим покриттям, трубопроводи та інші комунікації. Площа забудованої території неухильно зростає, що зумовлено суттєвою необхідністю забезпечення населення житлом, розвитком аграрного і промислового виробництва та комунікацій. Нерідко під забудову відводяться родючі землі.

Водна поверхня займає понад 2,4 млн га території України і складається з великої кількості озер, прісноводних водоймищ та понад 71 тис. великих і малих річок. Екологічний стан водних ресурсів в Україні визначається великою мірою станом малих річок, які формують гідрологічний режим ландшафтів та якісний склад води. Більшість річок протікають по рівнинній території, серед розораних полів. Багато з них перетворені на своєрідні каналізаційні системи для побутових і виробничих стоків підприємств. Багато джерел і струмків замулені і втрачені назавжди. Те ж саме стосується і озер та штучних водойм. Навіть національна перлина — Шацькі озера — поступово замулюються і перетворюються в болота.

Лише лісові насадження бережуть річки від виснаження. Ліси і лісосмуги вбирають практично всю вологу, яка стікає схилами, і спрямовують її вглиб до водоносних горизонтів, поновлюючи запаси ґрунтових вод і річок.

Площа лісового фонду України займає понад 10,7 млн га. При цьому лісистість, тобто вкриті лісовою рослинністю землі, становлять лише 9,4 млн га, або 15,6 % від загальної площі. Для такої держави як Україна цього явно замало. У середньому в світі лісистість досягає 29 %, а по Європі перевищує 41 %. Наші найближчі сусіди — Польща, Болгарія, Чехія наближаються до оптимального рівня лісистості — понад 30 %.

Оптимальним рівнем лісистості вважається такий, що забезпечує водний баланс території. За оптимальної лісистості формується стабільне середовище, найбільш повно проявляється комплекс корисних властивостей лісу, ефективно використовуються земельні ресурси. Науково обґрунтована лісистість для Полісся складає 34 %, а маємо 27 %, для Лісостепу відповідно 18 і 13 %, для Степу — 9 і 5 %, для Карпат — 45 і 42 % і для Криму 19 і 10 %.

Законом України «Про загальнодержавну програму формування національної екологічної мережі на 2000—2015 рр.» передбачено створення нових лісів на площі 1,7 млн га за рахунок заліснення неугідь і малопродуктивних сільськогосподарських земель та створення поєданих лісових смуг. Проте розрахунки свідчать, що навіть таке збільшення недостатнє для нашої країни. Необхідно довести площу лісів хоча б до рівня 25—27 %, тобто посадити додатково 2—2,5 млн га. Потенційними для заліснення передусім є непридатні для сільськогосподарського використання землі. Існуючі поєднані насадження на сьогодні займають площу всього 438 тис. га, причому майже половина з них знаходиться в критичному стані (особливо на півдні). Предметом особливої уваги має стати створення протиерозійних захисних лісових насаджень та поєданих лісових смуг. Площа неугідь, на яких можливе створення протиерозійних лісових насаджень в Україні, складає 1030 тис. га, в т.ч. пісків — 166 тис. га, ярів і балок — 142 тис. га, кам'янистих земель — 318 тис. га, інших — 404 тис. га.

Особливою значення набуває проблема збереження вже існуючих захисних насаджень. Фактична поєднана лісистість складає лише 1,4 % від загальної кількості лісів, тоді як за розрахунками вчених вона мінімально необхідна в межах 3—3,5 %. З наявних на сьогодні 438 тис. га площ поєданих смуг лише близько половини перебувають у відносно задовільному стані. Є випадки повного знищення лісових смуг. Найбільш гостро ця проблема постає у посушливих малолісистих регіонах України.

Важливою ланкою в діяльності людини є збереження і охорона особливо цінних земель, ценозів, ландшафтів та окремих природних об'єктів, яка визначається Законом України «Про природно-заповідний фонд України».

До природно-заповідного фонду (ПЗФ) відносять ділянки суші і водного простору, природні комплекси й об'єкти, які мають особливу екологічну, наукову, естетичну та народногосподарську цінність і призначені для збереження природного різноманіття, генофонду видів тварин і рослин, підтримання загального екологічного балансу і фонового моніторингу навколишнього природного середовища. Мережа природно-заповідного фонду України об'єднує 7010 територій та об'єктів загальною площею понад 2,5 млн га. На землях природно-заповідного фонду забезпечується режим охорони відповідно до зако-

нодавства — від повного невтручання людини в екобіоценози до певних обмежень господарської діяльності. Заповідники виконують водоохоронні, захисні, санітарно-гігієнічні та оздоровчі функції. Крім того, в них ведеться господарська та освітня діяльність, зокрема обмежене невиснажливе використання природних ресурсів, культивується екологічний туризм, екологічне виховання населення.

Аналіз показує, що існуюча мережа ПЗФ не повністю забезпечує вирішення актуальних завдань охорони природи та не відображує різноманітність земельних ресурсів України і тому потребує перегляду. Крім того, необхідність залучення об'єктів ПЗФ до мережі контрольних пунктів моніторингу земель вимагає докорінних змін у системі спостережень по об'єктах, доповнення їх обов'язковими загальними показниками. Формування мережі ПЗФ є пріоритетним напрямом екологічної політики.

До ґрунтів, які в першу чергу повинні бути захищені від антропогенних перетворень, віднесені: залишки цілинних земель як категорія «зникаючі, а також унікальні, рідкісні та раритетні». До зникаючих видів ґрунтів віднесено такі, які внаслідок великого антропогенного навантаження перетворені на сільськогосподарські угіддя і як природні тіла в своєму первинному стані збереглися лише на залишках екосистем, що залягають невеликими острівцями. До раритетних ґрунтів належать рідкісні за поширенням та унікальні за генезисом і властивостями ґрунти, які становлять велику наукову цінність.

Необхідно розширити буферні зони навколо заповідників та привести їх стан відповідно до міжнародних рекомендацій, за якими буферні зони повинні мати екосистеми, близькі до природних ядер резерватів.

Усі розглянуті категорії земель займають менше 30 % території країни.

Переважна її більшість — під сільськогосподарськими угіддями. Загальна площа їх складає 41,8 млн га, в тому числі понад 32 млн га ріллі. Розораність земель, що є найвищою у світі, становить 56,7 % до загальної території України. До речі, такого показника немає в жодній країні світу: у країнах Європейського Союзу він становить 25,6 %, а у високорозвинутих країнах у цілому 11,8 %. Поряд з потужним техногенним навантаженням висока розораність призвела до різкого порушення екологічної норми співвідношення в агроландшафтах між ріллею і природними комплексами (луки і пасовища, ліси, водойми) в структурі земельних угідь, а це в свою чергу — до прояву активних деградаційних процесів, що охопили майже всю площу землі в обробітку (понад 80 %), а заодно і природні біоценози.

Результатом перелічених порушень стали дефляція й виснаження ґрунтів, переущільнення, підкислення, заболочування, оглеєння, руйнація гідрографічної мережі, зникнення малих річок, замулення природних і штучних водойм, природне й техногенне опустелення, а в кі-

нцевому підсумку — загострення екологічних проблем, що вийшли вже за межі галузі сільського господарства й набули загальнодержавного значення.

Незважаючи на сучасне екстенсивне ведення землеробства, деградаційні процеси ґрунтового покриву України продовжують наростати у зв'язку із порушенням екологічних норм у співвідношенні між сільськогосподарськими угіддями; незбалансованістю біогеохімічних речовин і енергії в агроландшафтах; відсутністю моніторингу та недосконалістю протиерозійних заходів. Сучасний стан сільського господарства за ринкових умов господарювання вимагає кардинальних змін в організації виробництва сільськогосподарської продукції на основі нових підходів щодо систем землеробства і оптимізації структури землекористування.

Тому з метою оптимізації площі ріллі Національна програма захисту ґрунтів передбачає загальну площу землі в інтенсивному обробітку за рахунок деградованих земель зменшити як мінімум на 10 млн га порівняно з 1990 р. і трансформувати їх переважно в природні кормові угіддя та під заліснення.

Зменшення площі орних земель слід здійснювати з урахуванням як екологічних, так і економічних чинників, зокрема забезпечення стабільності виробництва продукції в обсягах сукупного (внутрішнього та зовнішнього) попиту з урахуванням особливостей ґрунтово-кліматичних зон (географічна взаємокомпенсація) і агроєкосистем (підбір культур у сівозміні), а не хаотичного виробництва неконтрольованих обсягів продукції, що постійно створюватиме ситуацію неконкурентного ринкового середовища з відповідними наслідками (значним коливанням ціни на сільськогосподарську продукцію і збитковістю виробництва).

Вилученню з інтенсивного обробітку і переведенню в інші категорії угідь підлягають: рілля на схилах 3° і більше; малопродуктивні землі (піщані ґрунти); розорані землі гідрографічної мережі.

Дослідженнями, проведеними Інститутом землеробства УААН в господарствах Обухівського району Київської області, встановлено, що переведення еродованих схилових земель у кормові угіддя, під постійне залуження та заліснення обумовили ріст показників родючості середньо- та сильнозмитих ґрунтів у 5—8 разів. Проте в регіонах з високою щільністю сільського населення і обмеженими земельними ресурсами не виключена можливість інтенсивного використання схилових земель різної крутизни.

Дискусійне питання щодо раціонального використання вже розпайованих земель в ерозійно небезпечних регіонах, на думку вчених, може вирішуватися декількома шляхами: перший — на основі добровільної згоди землевласників такі землі можна виділити в загальне користування під сіножаті і пасовища; другий — шляхом законодавчого

зобов'язання вести землеробство на таких землях, застосовуючи ґрунтозахисні протиерозійні технології вирощування сільськогосподарських культур за обов'язкового дотримання контурної організації території; і нарешті — третій шлях, що за сучасних фінансових труднощів маловірогідний в широких масштабах — це викуп у приватних власників таких земель для виведення їх із ріллі.

Після трансформації 10 млн га ріллі в кормові угіддя та під заліснення в інтенсивному обробітку залишиться понад 22 млн га найпродуктивніших земель, де необхідно сконцентрувати енергетичні й матеріальні ресурси для виробництва необхідної кількості якісної сільськогосподарської продукції згідно з потребами внутрішнього і зовнішнього ринків.

При цьому основним регулятором обсягів виробництва має бути обсяг платоспроможного попиту населення з урахуванням потреб у промисловій сировині та можливостей щодо експорту продукції.

На основі встановлених Інститутами землеробства і ґрунтознавства та агрохімії УААН потенціалів природної й ефективної родючості ґрунтів, на макрозональному рівні запропоновано спеціалізацію сільськогосподарського виробництва відповідно до сучасних умов, визначено 7 основних зон розміщення найпродуктивніших за врожайністю культур з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов їх вирощування, що забезпечить щорічний валовий збір зерна в Україні 45 млн т без добрив та 60 млн т на фоні добрив.

Безперечно, проблема оптимізації територіального розміщення конкурентоспроможного виробництва сільськогосподарської продукції за природно-економічними зонами потребує постійного уточнення залежно від ринкової кон'юнктури.

У цьому відношенні важливим також є ретельне використання розроблених орієнтовних зональних нормативів структури посівних площ основних груп культур, що дозволяє освоїти біологічні принципи під час організації польових, кормових, ґрунтозахисних, овочевих та інших сівозмін з високим ступенем використання біокліматичного потенціалу та реалізовувати ідею екологічної раціоналізації землеробства (Роїк М.В., 2003).

Основою цієї роботи є науково обґрунтований землеустрій і землепорядкування. Землеустрій, як важлива складова земельних відносин, виступає дійовим механізмом в організації використання землі як засобу виробництва і відповідною мірою регулює суспільні відносини щодо володіння, користування і розпорядження землею. Землеустрій, всупереч необхідності, почав втрачати державний характер, що призвело до серйозних негативних наслідків, пов'язаних із подальшим погіршенням стану і використання земель. Зниження ролі держави у здійсненні землепорядкування призвело до втрати функції планування використання і охорони земель як основної в системі управління

земельними ресурсами, що порушило комплексність у проведенні землевпорядних робіт.

Наділення земель селянським (фермерським) господарствам в багатьох випадках відбувалось значно меншими площами за ті, що дозволяють вести ефективне виробництво не на конкурсній основі; на значній відстані від господарських центрів і на угіддях низької якості.

Значно скоротились обсяги виконання основних видів робіт з підвищення родючості ґрунтів, корінного і поверхневого поліпшення кормових угідь, відновлення і реконструкції зрошуваних і осушуваних мереж, агрохімічного окультурення полів, проведення комплексу природоохоронних протиерозійних заходів. Наслідком цього стало порушення сівозмін, посилення розвитку процесів водної і вітрової ерозії, дефіцит інженерної та соціальної інфраструктури, що неодмінно призводить до недоліків в соціально-економічній сфері.

Об'єктивна дійсність обумовлює першочерговим завданням землеустрою прискорене завершення реструктуризації (трансформації) існуючих сільськогосподарських підприємств і створення на їх основі нових агроформувань ринкового типу та видачу їм відповідних правових документів.

Наявність значної частки деградованих і малопродуктивних орних земель обумовлює необхідність широкомасштабного здійснення землевпорядних робіт із консервації, регенерації та трансформації сільськогосподарських угідь в інші.

Для суттєвого поліпшення стану в організації використання і охорони земель вчені пропонують розробити Генеральну схему використання земель України на 15—20—річний термін, скорегувати і затвердити «Національну програму охорони земель», розробити на кожну область і АРК основні напрями використання земель та розпочати розробки схем землеустрою на кожний адміністративний район.

Ці землевпорядні розробки забезпечать науково обґрунтований міжгалузевий перерозподіл земель та динамічний розвиток відповідних галузей народного господарства в ринкових умовах, з визначенням на місцевості меж адміністративно-територіальних утворень, територій з особливим природоохоронним, рекреаційним, історико-культурним і заповідним режимами, меж населених пунктів; здійснення заходів щодо прогнозування та планування раціоналізації використання і охорони земель незалежно від форм власності і господарювання; розробку системи заходів щодо відтворення та охорони агроландшафтів, підвищення родючості ґрунтів, створення сприятливого навколишнього середовища.

Значну частину виведених з інтенсивного обробітку земель (близько 8 млн га) передбачається використати під постійне залуження. Це, в свою чергу, вимагає від науково-дослідних установ УААН прискорення досліджень з обґрунтуванням технологій прискореного викорис-



тання зонально адаптованих травостоїв з високою самовідновлюваною здатністю генофонду природних фітоценозів, масового переведення тварин на пасовищне утримання, а також заходів щодо поліпшення насінництва багаторічних трав, особливо стійких до витоптування, посухостійких та солевитривалих для створення лук і пасовищ, залуження еродованих схилів та використання засоленних земель у Степу.

Родючість ґрунтів залежить від вмісту в них гумусу. Щорічні втрати гумусу в середньому в країні складають 600—700 кг/га. Проте у разі збільшення обсягів застосування органічних добрив спостерігається суттєве зменшення втрат гумусу. Якщо на початку 80-х років минулого століття за рахунок внесення 6 т/га органічних добрив втрати гумусу компенсувалися на 50—60 %, на початку 90-х років за внесення 8,6 т/га — на 90 %, то в 1991—1995 рр. дефіцит гумусу збільшився в 2,5 рази, а станом на 2001 р. за внесення 1,3 т/га — майже в 5 разів (Роїк М.В., 2003).

Регулювати надходження органічної речовини в ґрунт можливо також впровадженням науково обґрунтованих сівозмін та використанням побічної продукції рослинництва. Потреба в органічних добривах за наявності в сівозміні 30 % просапних і 20 % багаторічних трав складає 4,2 т/га, а за 50 % просапних і 40 % зернових — 10 т/га. Ресурсом органічних добрив може бути заорювання соломи озимої пшениці, 1 т якої забезпечує накопичення 0,2 т/га гумусу (Роїк М.В., 2003).

Для стабілізації гумусного стану ґрунтів потрібно збільшити обсяги застосування органічних добрив, оптимізувати співвідношення площ під просапними культурами і культурами суцільної сівби, збільшити посівні площі багаторічних трав, мінімізувати обробіток ґрунту, проводити хімічну меліорацію (вапнування, гіпсування), що забезпечує закріплення гумусу на поверхні мінеральної частини ґрунту.

Маса сільськогосподарських машин за останні 30 років збільшилась на 40—60 %, а тракторів — у 2,3—3 рази. У зв'язку з цим, тиск ходових систем на ґрунт виріс і до останнього часу перевищував допустимий за агротехнічними умовами в кілька разів. На сівбі і ранньовесняних роботах він повинен складати до 50—80 кПа, на зораному полі — до 100 кПа і польових транспортних роботах — до 150 кПа.

Переуцільнення ґрунту відбувається не тільки в орному шарі, але і в підорному горизонті (на глибині 60—100 см), зберігаючи післядію протягом багатьох років. У зв'язку з тим, що максимальна глибина обробітку ґрунту не перевищує 30 см, процес зниження ефективною родючості під дією багаторазового ущільнення ходовими системами тракторів і сільгоспмашин носить кумулятивний характер. На ґрунтах, ущільнених ходовими системами тракторів, врожайність кукурудзи знижується на 45 %, цукрового буряку — на 50, соняшнику — на 35 %.

Застосування у виробництві гумово-металевих гусениць типу РМГ — 470 — 170, придатних для використання на гусеничних тракторах

ХТЗ-153, ХТЗ-180Р, ХТЗ-200 та інших, а для колісних шин більших типорозмірів, подвоєних шин, широкопрофільних шин наднизького тиску дозволяють знизити ущільнювальну дію на ґрунт на 90—95 %, витрати пального на 12—24 %.

Незважаючи на те, що ґрунтовий покрив України представлений на 67,7 % чорноземами, які вважаються достатньо родючими від природи, в дійсності вони не забезпечують високих і стійких урожаїв сільськогосподарських культур. Лімітуючим фактором залишається низька забезпеченість їх рухомими поживними речовинами. За даними суцільного агрохімічного обстеження земель сільськогосподарського призначення, ґрунти характеризуються середнім вмістом рухомих форм азоту. Для забезпечення відновлювального колообігу азоту в агроценозі потрібно щорічно вносити його з добривами в середньому 70 кг/га ріллі.

Забезпеченість ґрунтів фосфором значно гірша, ніж азотом. Площі орних земель з низьким та середнім вмістом рухомого фосфору складають понад 50 %. Дефіцит його у ґрунтах — в середньому 30 кг  $P_2O_5$  на 1 га ріллі.

Забезпеченість ґрунтів калієм значно краща, ніж азотом і фосфором. Площі орних земель з низьким та середнім вмістом обмінного калію складають 31 %. Ґрунти Полісся, особливо піщаного і супіщаного гранулометричного складу, мають переважно низьку забезпеченість калієм. Ґрунти Степу та південної частини Лісостепу характеризуються підвищенням та високим його вмістом. Для покращення калійного режиму опідзолених та дерново-підзолистих ґрунтів потрібно застосовувати калійні добрива в середньому в дозі 45 кг  $K_2O$  на 1 га ріллі. Для збереження родючості ґрунтів потрібно щорічно вносити з органічними та мінеральними добривами 4 млн т поживних речовин.

Ґрунти України значно диференціюються за вмістом мікроелементів. Чорноземи недостатньо містять рухомого цинку (0,2 мг/кг ґрунту), що знижує врожайність і якість кукурудзи, цукрових та кормових буряків. Недостатньо забезпечені міддю торфові, дерново-підзолисті та дерново-карбонатні ґрунти. Майже 8,2 млн га орних земель мають низький вміст рухомого кобальту (кислі ґрунти Полісся, опідзолені ґрунти Лісостепу, а також буроземно-підзолисті та гірсько-лучні ґрунти Карпат). Дефіцит молібдену спостерігається в чорноземах, дернових, дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтах. У сумі вони складають майже 15 млн га. Слабко забезпечені рухомими формами бору дерново-підзолисті та світло-сірі і сірі лісові ґрунти Полісся і Лісостепу. Для підвищення вмісту у ґрунтах мікроелементів потрібно налагодити виробництво мікродобрив та відновити виробництво складних добрив з домішками мікроелементів.

Одним з найважливіших напрямків поліпшення поживного режиму ґрунтів є широке застосування місцевих мінеральних добрив, особливо фосфоритів та зернистих фосфатів. На кислих ґрунтах зернисті фосфа-

ти не поступаються суперфосфату та є одночасно хорошими хімічними меліорантами.

Кислі ґрунти займають майже 4,5 млн га орних земель. Поширені вони переважно у Поліссі, Лісостепу, Прикарпатті і Закарпатті. Кисла реакція ґрунтового середовища в цих регіонах є лімітуючим фактором одержання високих врожаїв і призводить до погіршення його якості, а також негативно впливає на екологічний стан довкілля. Для нейтралізації кислої реакції на кислих ґрунтах необхідно проводити їх вапнування. За мінімальної норми вапна (2,5 т/га) щорічна потреба у вапнякових матеріалах складає 4 млн т.

Засолені та солонцеві ґрунти займають близько 2,7 млн га орної землі. Площа зрошуваних солонцеватих земель складає 700—800 тис. га, щорічна потреба в гіпсуванні солонцевих ґрунтів становить 160—200 тис. га, а потреба в гіпсових матеріалах — 1,1—1,3 млн т.

Внаслідок економічної кризи, порушення технологій використання меліорованих земель в умовах розпаювання землі та майна колективних господарств врожаї сільськогосподарських культур на зрошуваних землях знизилися до рівня богарних, продуктивність осушених земель зменшилась у 2—3 рази і меліоровані землі втратили роль страхового фонду держави. Відбуваються зміни структури посівних площ і сівозмін, що були у великих колективних господарствах здебільшого науково обґрунтованими. Теперішні землевласники на меліорованих землях переважно керуються принципом «сьогоденної вигоди».

Для подолання кризового стану потрібно вивести зі зрошення землі з негативним еколого-меліоративним станом, застосувати комплексну реконструкцію і модернізацію зрошувальних систем, впровадити прогресивні системи землеробства (сівозміни, обробіток ґрунту, хімічну меліорацію, удобрення, режими і засоби зрошення) та використовувати для зрошення воду лише 1-го класу. Рациональне використання осушених земель потребує проведення консервації деградованих осушених ґрунтів (350 тис. га), ренатуралізації частини екологічно значущих осушених торфових земель, реконструкції дренажної мережі (380 тис. га), створення культурних пасовищ та сіножатей (790 тис. га), проведення глибокого меліоративного розпушення поверхнево оглеєних ґрунтів (390 тис. га), впровадження локальної меліорації (500 тис. га).

## **1.2. ПРОБЛЕМИ І НАУКОВІ ОСНОВИ ЕКОЛОГОБЕЗПЕЧНОГО ЗЕМЛЕКОРИСТУВАННЯ**

В умовах широкомасштабного здійснення земельної реформи відбуваються значні перетворення, які змінюють організаційно-правові форми власності на землю, земельні відносини, організацію виробниц-

тва й управління, впливають на ефективність використання земельних ресурсів. Збільшилась кількість сільськогосподарських та інших землеволодінь і землекористувань, змінились межі й площі, організація території. Поява великої кількості нових користувачів і власників землі ускладнила регулювання земельних відносин, а непродумані зміни організації території сільгоспідприємств призвели до далекоземелля, черезсмузжя, вклинення та неправильного встановлення меж новостворених агроформувань.

Понад 19 тис. приватних підприємств не мають юридично сформованих, технічно оформлених і закріплених у натурі (на місцевості) меж землеволодінь та землекористувань. Це не дає їм змоги планувати господарську діяльність на землях, які знаходяться в їхній власності, постійному користуванні й в оренді. Стан землекористування ускладнюється ще й тим, що орендодавцями є громадяни та юридичні особи, місцеві ради; в оренду передаються земельні ділянки на різні строки.

Крім того, на частину земель, які використовуються новоствореними приватними підприємствами, немає правовстановлюючих документів, у тому числі на землі спільної власності колишніх недержавних сільськогосподарських підприємств, а також на частину земель колишньої колективної власності, права на які не посвідчені сертифікатами на право на земельну частку (пай), або місцезнаходження власників цих сертифікатів не встановлено (невитребувані паї).

Основні проблеми в землекористуванні, які не розв'язуються і стають хронічними, такі:

- відсутність державної стратегії у створенні сталого землекористування та охорони земель, порушення законів землеробства, екологічної рівноваги, зневажання концепцією сталого природокористування;
- відсутність дійових національних, галузевих і регіональних програм з охорони земель;
- нехтування технологіями раціонального використання земель;
- екстенсивність використання земель, забур'яненість полів, низька ефективність використання меліорованих земель, лук, пасовищ, заплавлених земель;
- відсутність протягом останніх 15 років конкретних кроків щодо раціоналізації землекористування: виведення ріллі, площа якої надмірна і не обґрунтована як з економічного, так і екологічного погляду; консервації деградованих земель; впровадження агролісомеліоративних заходів, гідротехнічних меліорацій, реконструкції осушувальних і зрошувальних систем, хімічних меліорацій; рекультивациі; розширення природно-заповідних територій; налагодження постійно діючої інформаційної системи про стан і динаміку ґрунтів (моніторинг) навіть у зонах із кризовим станом; впровадження ефективних екологічних важелів у землекористуванні, вдосконалення нормативно-правової бази; застосування стабільного й ефективного механізму фінансування за-

ходів з охорони земель; галузевого підходу до використання земель, закріплення землі за різними власниками; підвищення рівня керованості у землекористуванні. Перелічені проблеми стали основними причинами деградації ґрунтів та екологічних негараздів у землеробстві. Адже спочатку треба мати чіткі закони про охорону земель, навчитися їх виконувати, а потім змінювати форму власності на землю.

Через відсутність коштів Держкомземом України не проводиться передбачений Земельним кодексом України облік якості земель (останні дані за 1996 рік), не здійснюються їхній моніторинг, а також роботи з інвентаризації земель. Починаючи з 1992 р., колишнім Інститутом землеустрою УААН (нині ДП «Головний науково-дослідний та проєктний інститут землеустрою») майже повністю припинено роботи з обстеження ґрунтів, дані якого покладені в основу обліку якісного стану останніх.

В основу оцінки якості ґрунтів, що має велике значення для визначення ціни землі, було взято дані великомасштабного ґрунтового обстеження 1957—1961 рр. і дані коригування великомасштабного ґрунтового обстеження, яке проводилося до 1992 р. Нині ці матеріали дуже застаріли. У них відсутні відомості про зміни ґрунтів, що відбулися за останні 40—50 років: фізичні, хімічні, біологічні, тобто очевидні факти деградації (забруднення ґрунтів навколо індустриальних центрів, переущільнення підорних шарів практично всіх оброблюваних ґрунтів та ін.) не знайшли відображення в оцінках ґрунтів і визначенні їхньої ціни. Не вплинула екологічна інформація й на процес прискороного розпаювання земель у сільськогосподарських підприємствах.

Відсутність моніторингу ґрунтів на сьогодні може спричинити ще значніші негативні наслідки через посилення деградації останніх в умовах введеного нового землевпорядкування території. Тепер практично вся земля вже передана у власність новим користувачам, які не мають достатніх знань для раціонального землекористування, що призводить до очевидного ігнорування екологічних наслідків. Спостереження свідчать, що безконтрольне землекористування за цих умов спричиняє порушення сівозмін, засміченість, забруднення і виснаження ґрунтів у разі відсутності добрив, а частіше за недбалого господарювання. Відновлення таких земель потребує значних витрат коштів і часу.

Застарілість даних великомасштабного ґрунтового обстеження, а разом і карт ґрунтів, відсутність сучасної інформаційної бази стану останніх перешкоджають також формуванню дійового механізму державної земельної політики, який може бути створений лише на основі обстеження земельних ресурсів України за сучасною методологією з використанням новітніх технологій збирання, опрацювання та аналізу інформації.

З метою виправлення становища, що склалося, необхідно здійснити такі першочергові заходи: зменшити площі обробітку (нині відбу-

вається процес безсистемного виведення орних земель, а це є дуже негативне явище); у найближчі роки досягти хоча б простого відтворення родючості ґрунтів, насамперед щодо вмісту гумусу, азоту, фосфору й калію; відновити практику розробки щорічних планів підвищення родючості ґрунтів (від країни в цілому до конкретного поля) і вважати їх обов'язковою складовою бізнес-планів сільгоспідприємств незалежно від форми власності; для наукового забезпечення запобігання ерозії та деградації ґрунтів необхідно відновити і розширити дослідження зі створення у регіонах мережі базових моделей сільгоспідприємств; створити мережу ґрунтового моніторингу на базі органів Мінагрополітики і Держкомзему та науково-дослідних установ, надавши їй обов'язок періодичного контролю родючості ґрунтів у господарствах усіх форм власності і право пропонувати органам влади штрафні санкції у випадку її зниження; передбачити організацію Державної служби охорони ґрунтів при РНБО України; відновити роботи з обстеження ґрунтів (без чого неможливий облік їхнього якісного стану); розробити принципово нову методологію та технології обстеження і картографування ґрунтового покриву України на основі використання даних дистанційного зондування, географічних інформаційних систем та кількісних аналітичних систем контролю стану ґрунтів.

В умовах широкомасштабного здійснення земельної реформи роль землеустрою у реформованих сільгоспідприємствах зростає. Підтвердженням цього є прийняття Верховною Радою Закону України «Про землеустрій».

З огляду на зазначене вище, *необхідно*: скласти плани землекористувань новостворених сільськогосподарських підприємств у межах сільських рад; виконати роботи з інвентаризації земельних угідь, повнення ґрунтових і геоботанічних обстежень території реформованих сільгоспідприємств; виявити землі сільськогосподарського призначення, які використовуються нерационально власниками та землекористувачами і вжити заходів щодо їх перерозподілу; здійснити консолідацію земель резервного фонду та земель запасу в межах адміністративних районів з метою забезпечення ефективного їх використання шляхом передачі в оренду на конкурентних засадах; здійснити консервацію деградованих і малопродуктивних сільськогосподарських угідь; скласти проекти землеустрою з агроекологічним обґрунтуванням території новостворених сільськогосподарських підприємств; скласти плани обмежень (сервітутів) використання земель; провести розмежування земель з установленням меж території з особливим режимом використання (природоохоронні, рекреаційні та заповідні).

До основних недоліків практичного виконання землевпорядних робіт, пов'язаних із передачею земельних ділянок у власність громадянам, схемами поділу, проектами організації території, слід віднести наступне:

1. Не враховується організація території, яка була раніше передбачена проектами землеустрою, особливо на схилих землях. Має місце проектування й оформлення державними актами «смужок» завдовжки 0,8—1,5 км, завширшки 40—60 м, в інших випадках проектується неприйнятні за формою ділянки (трикутні, із вклиненням інших земель володінь, землекористувань, без паралельності довгих сторін, агротехнічно непридатні).

2. У деяких випадках у технічній документації з оформлення державних актів земельні ділянки в розмірі земельної частки (паю) формуються з дрібних «клаптиків» різної якості, що призведе до неефективного використання території.

3. Під час проектування схем поділу і розміщення земельних часток (паїв) не враховуються рельєф схилу та ландшафтні (контурномеліоративні) принципи проектування.

4. Під час формування земельних ділянок деградовані й непридатні угіддя за якістю ґрунтів не виділяються в масиви земель спільної власності (громадські пасовища). Майже не проводиться консервація малопродуктивних і деградованих угідь, які були виведені із земельних часток (паїв).

5. У значній кількості випадків частину сільськогосподарських угідь спільної власності, яку селяни відмовляються подрібнювати під час оформлення державних актів (сади, хмільники, зрошувані землі, виноградники), не долучають до персоналізованих земель, про що не роблять належної відмітки в державних актах та не приймаються відповідні рішення органами влади.

6. Незважаючи на актуальність, під час виконання землевпорядних робіт не формуються громадські пасовища для кожного (у разі потреби) населеного пункту, виходячи з відповідних обґрунтувань, за рахунок не лише земель запасу і резервного фонду, але й з урахуванням частини угідь, які персоналіфуються.

7. Не розв'язуються питання щодо власності на землі колишньої колективної власності, що не розпайовувалась, однак і не належить до «земель загального користування», передусім ставів, лісів, господарських дворів.

8. Геодезичні роботи здійснюються у переважній більшості в місцевій системі координат. Пункти згущення геодезичної мережі, як правило, не закладаються, прив'язка виконується до умовних, не визначених у натурі меж колишніх КСП.

Слід зазначити, що не на достатньо вимогливому рівні ведеться контроль виконаних робіт, зокрема: наявні випадки видачі технічної документації без проведення державної землевпорядної експертизи та розгляду проектною документації технічною радою; зазначені помилки в технічній документації, як правило, виправляються не повністю, що призводить до недоброякісної реалізації проектних рішень; здійснення

державної землевпорядної експертизи доручається фахівцям, які не мають належного досвіду та достатнього професійного рівня.

Важливою ланкою в системі екологізації землекористування є створення національної екологічної мережі. Необхідність її формування зумовлена положеннями міжнародного екологічного форуму Порядку денного XXI століття (Ріо-де-Жанейро, 1992 р.) і Програмою збереження біологічного та ландшафтного різноманіття України (1998 р.).

Біологічне й ландшафтне різноманіття є надбанням українського народу, його природною спадщиною і має слугувати не тільки нинішньому, але й прийдешнім поколінням. Відновлення природного стану на значній частині території країни є запорукою повернення умов етнічного відродження народу.

Створення екологічної мережі має забезпечити просторову цілісність територій із природними чи частково природними ландшафтами шляхом зосередження в певних ареалах (ядрах) та смугах (екологічних коридорах) об'єктів природно-заповідного фонду, ділянок оздоровчого призначення, лісів і лісосмуг, водоохоронних територій, агроландшафтів з екстенсивним господарюванням (сіножаті, пасовища), невикористовуваних земель із природним рослинним покривом та оточених буферними територіями з обмеженим природокористуванням, що пом'якшують вплив господарської діяльності на природні ландшафтні ядра. Це дасть змогу належним чином зберігати середовища існування всіх існуючих видів дикої флори і фауни та їхніх угруповань, підтримуючи біорізноманіття території країни.

Формування екологічної мережі є діяльністю щодо трансформації структури земельного фонду країни переведенням частини земель із господарського використання до категорій земель, зазначених у статті 60 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища», і відновленням (ренатуралізацією) на таких землях різноманітних видів природних ландшафтів, притаманного природному стану довкілля, що існувало до періоду господарського освоєння земель.

Екологічна мережа включає частину території країни, на якій збереглися незмінні або частково перетворені природні ландшафти. До таких територій зі складу земель країни слід віднести певну частину категорій земель відповідно до положень Земельного кодексу України: землі природоохоронного, оздоровчого, рекреаційного та історико-культурного призначення; землі лісового фонду; землі водного фонду; землі запасу (частково), а з категорій земельних угідь (видів використання земель) такі: ліси та інші лісовкриті площі (з них — ліси, лісосмуги, чагарники); відкриті заболочені землі; відкриті землі без рослинного покриву чи з частковим рослинним покривом; води (з них — річки, канали, озера, водосховища, лимани); радіоактивно забруднені землі (частково); сільськогосподарські угіддя (частково сіножаті, пасовища, багаторічні насадження).



Майже на 2/5 території країни існують тією чи іншою мірою окремі компоненти природних ландшафтів. У найменш зміненому вигляді збереглися природні ландшафти на землях під лісами, чагарниками, болотами, на відкритих землях (неугіддях), площа яких становить 19,65 % території країни. Але, якщо врахувати, що з лісів лише 44 % виконують захисні та природоохоронні функції, можна вважати, що близький до природного стан мають до 12,73 % території країни (Кривов В.М., 2008).

У найбільш захищеному становищі знаходяться природні комплекси в межах територій природно-заповідного фонду. На кінець 2004 р. природно-заповідний фонд України об'єднував території та об'єкти біосферних і природних заповідників, національних природних парків, регіональні ландшафтні парки, заказники, пам'ятки природи, заповідні урочища, ботанічні сади, дендрологічні та зоологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва загальною площею 2210 тис. га, або 3,7 % території країни. З цієї площі надано в землекористування установам природно-заповідного фонду близько 500 тис. га.

Території та об'єкти природно-заповідного фонду загальнодержавного значення знаходяться у віданні Міністерства внутрішніх справ, Міністерства освіти і науки, Міністерства охорони навколишнього середовища, Національної академії наук України, Української аграрної академії наук, інших центральних органів державної виконавчої влади, а місцевого значення — у віданні відповідних державних адміністрацій.

За останні роки відповідно до Програми розвитку заповідної справи в Україні, затвердженої Верховною Радою України у 1994 р., площа природно-заповідного фонду збільшилася вдвічі. Але частка площі природно-заповідного фонду в території нашої держави, представлена видів природних ландшафтів, рослинних угруповань у ньому, територіальна структура природоохоронних територій не повною мірою відповідають міжнародним стандартам, стратегії планування території країни. І найголовніше — в Україні внаслідок надмірної індустріалізації та розорювання ґрунтів значно погіршилися умови для територіальної єдності ділянок із природними ландшафтами, що утруднює або й унеможливає притаманні живій природі просторові процеси біологічного обміну на генетичному рівні.

Основною метою створення екологічної мережі України є визначення заходів щодо збільшення частки земельно-заповідного фонду країни з природними ландшафтами, достатньої для забезпечення їхнього різноманіття, близького до притаманного природному стану, й формування їхньої просторово єдиної територіальної системи, структурованої відповідно до забезпечення можливості природних шляхів міграцій та поширення видів рослин і тварин. При цьому національна екомережа має відповідати вимогам стосовно її функціонування у Всеєвропейській та Всесвітній екомережах.

До головних завдань щодо створення екологічної мережі належать: обґрунтування просторової структури екомережі з метою об'єднання природних середовищ існування популяцій видів дикої флори і фауни в територіально цілісну систему; забезпечення площі та просторової форми елементів екологічної мережі, що є достатньою для стабільного існування, вільного розселення й міграції видів рослин і тварин; визначення ділянок для формування складових національної екологічної мережі у вигляді екологічних ядер (вузлів), екологічних коридорів і буферних зон та їхнього місця в структурі земельних угідь різних категорій; захист складових екомережі від потенційних негативних факторів завдяки створенню буферних смуг навколо екологічних ядер і коридорів та запровадженню у них режиму обмеженого природокористування; здійснення на території екомережі природоохоронних заходів щодо забезпечення екологічно здорового довкілля, умов повноцінного відпочинку і проживання населення, його участі в природоохоронній діяльності; введення даних про ділянки елементів екомережі до складу державного земельного, лісового, водного, природно-заповідного кадастрів.

Екологічна мережа охоплюватиме природні та напівприродні території (акваторії) у межах країни, її внутрішніх морських вод і територіального моря, виключної (морської) економічної зони та континентального шельфу, протистоятиме фрагментації цих територій, сприятиме збереженню біологічного і ландшафтного різноманіття, підвищенню продуктивності ландшафтів, поліпшенню загального стану природного довкілля і загалом — збалансованому сталому суспільному розвитку держави.

До базових елементів екологічної мережі належать: природні ядра, буферні зони та екологічні коридори. У своїй неперервній єдності вони і створюють екомережу, яка функціонально об'єднує осередки біологічного та ландшафтного різноманіття в єдину систему національної екологічної мережі, сумісної з екомережами сусідніх держав.

Природні ядра (осередки), або ключові природні території, — це території, які багаті на біологічне й ландшафтне різноманіття і є типовими чи зникаючими природними або напівприродними середовищами існування чи середовищами існування зникаючих видів, їхніх угруповань, екосистем, ландшафтів, що визначені на виконання природоохоронного законодавства або міжнародних актів (конвенції, угоди, договори тощо). Вони є природоохоронними територіями, які відповідають умовам, визначеним національним природоохоронним законодавством чи міжнародними актами (конвенції, угоди, договори та ін.) й забезпечують збереження біологічного та ландшафтного різноманіття, особливо рідкісних і таких, що перебувають під загрозою зникнення, видів рослин, тварин, їхніх угруповань, екосистем та ландшафтів. Базою для створення природних ядер національного й мі-

сцевого значення є Закон «Про природно-заповідний фонд України» (1992 р.), Лісовий (1994 р.) і Водний (1995 р.) кодекси України. Природні ядра міжнародного та європейського значення створюються згідно з міжнародними правовими документами: в рамках Конвенції про водно-болотні угіддя, що мають міжнародне значення, головним чином як середовища існування водоплавної птиці (Рамсар, 1971 р.), — водно-болотні угіддя міжнародного значення; Конвенції про охорону світової культурної і природної спадщини (Париж, 1972 р.) — здобутки природної спадщини; Конвенції про охорону дикої флори і фауни та природних середовищ існування в Європі (Берн, 1979 р.) — території спеціального інтересу збереження (об'єднуються у Смарагдову мережу Європи). Європейське визнання природоохоронних територій досягається також через удостоєння Радою Європи Європейського диплома відповідно до Резолюції Комітету Міністрів Ради Європи (91) 16 від 17.06.1989 р. та їх занесення до спеціального переліку біогенетичних резерватів — Резолюція Ради Європи (73) 30 від 26.10.1973 р. Серед інших можливих правових документів (після їхньої ратифікації) — Конвенція про збереження мігруючих видів диких тварин (Бонн, 1979 р.) з угодами про кажанів, малих китоподібних та афровразійські міграційні шляхи, а також із прийняттям відповідних документів у межах Чорноморського співробітництва.

Екологічні коридори — це продовгуваті конфігурації території, що зв'язують між собою природні ядра і буферні зони. Екологічні коридори можуть бути суцільними, перервними та повітряними (шляхи міграцій птахів тощо), різної форми й протяжності, які можуть визначатися конкретними завданнями щодо забезпечення окремих функцій збереження певних видів тварин і рослин. Вони мають охоплювати максимальну кількість природних ланок, пролягати створеними самою природою шляхами й бути достатньої величини для забезпечення відповідних умов збереження певних видів дикої фауни та флори.

Екологічні коридори створюють для підтримання процесів розмноження й обміну генофондом, міграції та поширення видів, переживання ними несприятливих умов і забезпечення екологічної стабільності системи природних територій. Буферні зони встановлюють для захисту природних ядер від дії зовнішніх негативних чинників, створення сприятливих умов для їхнього розвитку та самовідновлення, оптимізації форм господарювання з метою збереження і збільшення існуючих та повернення втрачених природних цінностей. Екологічні коридори й буферні зони не є спеціальними природоохоронними об'єктами і до їхнього складу можуть входити інші природні території з обмеженим природокористуванням, зокрема землі водного фонду, лісовкриті площі, пасовища та сіножаті тощо. Збереження природних територій, екологічних коридорів і буферних зон забезпечується природоохоронним законодавством, згідно з яким встановлюються обме-

ження на використання окремих природних ресурсів. Межі екологічних коридорів та буферних зон і режим їх використання враховуються в усіх видах проектно-планувальної документації.

Екологічна мережа розширюватиметься за рахунок відновлення (ренатуралізації) територій, що вилучаються з інтенсивного господарського природокористування і повністю або частково деградованими землями. Особливо перспективними є природні території з малозміненними природними умовами, де можна швидко відновити їхній попередній природний стан.

Буферні зони — це зони з обмеженим природокористуванням між природними ядрами чи екологічними коридорами між ними та територіями інтенсивного господарського використання, їх організують для захисту природних ядер від дії зовнішніх негативних факторів, створюючи для них сприятливіше умови для розвитку й самовідновлення. Разом із тим, вони оптимізують форми господарювання з метою збереження існуючих і відновлення втрачених природних цінностей. Основне призначення буферних зон — пом'якшення впливу діяльності людини.

Головними завданнями екологічної мережі є такі:

— *Загальні завдання*: оптимізація стану екосистем та забезпечення екологічної цілісності природних масивів як природних ядер, формування екологічних коридорів і буферних зон; зміцнення мережі об'єктів (територій) природно-заповідного фонду за рахунок розширення існуючих, підвищення їхнього статусу охорони; резервування і наступне заповідання багатих на біологічне різноманіття природних територій, особливо багатовікових природних угруповань, приуслівих, гірських і байрачних лісів, цілинних земель, унікальних, типових та зникаючих екосистем і ландшафтів, середовищ існування рідкісних, уразливих та зникаючих видів тварин і рослин, їхніх угруповань, геологічних утворень, типів ґрунтів тощо; ренатуралізація (коли і де це доцільно та можливо) лісових, степових і водно-болотних екосистем; розробка й здійснення заходів щодо зменшення негативного впливу на природні масиви (акваторії) і смуги господарської діяльності; оптимізація ведення сільського, лісового, мисливського та рибного господарства з урахуванням умов існування видів місцевої дикої флори і фауни; запровадження генеральної схеми національної екомережі, розробка й запровадження схем обласної та районної екомережі; розширення можливостей щодо поширення (міграції), нагулу і відтворення видів дикої флори й фауни, особливо тих видів та їхніх угруповань, що занесені до Червоної й Зеленої книг України, а також переліків міжнародних конвенцій та угод, до яких приєдналася Україна; визначення видів, їхніх комплексів, природних середовищ існування, екосистем, ландшафтів і систем природних територій на виконання міжнародних конвенцій та угод, а також резолюцій міжнародних органі-

зацій, де Україна взяла на себе певні зобов'язання, й забезпечення належної їхньої охорони; організація моніторингу, ведення державного кадастру об'єктів (територій) природно-заповідного фонду та інших компонентів екологічної мережі; надання деяким територіям, районам та регіонам особливого природоохоронного статусу й відпрацювання там біологічних, екологічних, технологічних та соціальних елементів сталого розвитку; збалансоване використання окремих компонентів і ділянок екомережі (туризм, освіта, традиційне господарювання тощо); підвищення рівня виховання, освіти та поінформованості населення щодо значущості екологічної мережі, необхідності підтримки екологічної стабільності у регіоні та ролі екомережі в забезпеченні політики сталого суспільного розвитку; посилення відповідальності й участі місцевих органів влади та населення у збереженні природного довкілля; поліпшення соціальних і економічних умов населення й сприяння переходу до новітніх економічних і невиснажливих технологій господарювання.

◆ *Завдання у галузі охорони, використання та відтворення земельних ресурсів:* зниження ступеня розораності сільськогосподарських угідь і зменшення площ інших видів інтенсивного сільськогосподарського використання; обмеження інтенсивного використання екологічно уразливих земель впровадженням ґрунтозахисних систем землеробства з контурно-меліоративною організацією територій; впровадження у практику принципів екологічно збалансованого землекористування, рекомендацій щодо спеціального використання земель з урахуванням вимог до збереження, невиснажливого і збалансованого використання природних ресурсів.

◆ *Завдання у галузі охорони, використання й відтворення водних ресурсів:* екологічне оздоровлення природних територій та акваторій басейну річки Дніпра й поліпшення стану річкових і заплавних екосистем у межах басейнів річок Дністра, Південного та Західного Бугу, Сіверського Дінця, Дунаю, здійснення заходів щодо збереження всіх цінних водно-болотних угідь; розробка і реалізація заходів щодо збереження біологічного різноманіття Чорного та Азовського морів, створення мережі морських об'єктів/територій природно-заповідного фонду, ренатуралізація і поліпшення охорони прибережних захисних смуг та водоохоронних зон.

◆ *Завдання у галузі охорони, використання й відтворення рослинних ресурсів:* оздоровлення, збереження та відтворення міських зелених насаджень і лісів, які входять до складу зелених зон міст та інших населених пунктів; перехід до ландшафтного (екосистемного) підходу в органах державного управління, впровадження таких технологій лісокористування, що сприятимуть підтриманню цілісності й непорушності лісових масивів, природної різноманітності їхньої вікової структури і видового складу; здійснення заходів щодо збалансованого

використання степової, лучної та болотної рослинності; створення і удосконалення національної екологічної мережі.

Згідно з національним законодавством до національної (загальнодержавної) екологічної мережі можна віднести:

- території та об'єкти природно-заповідного фонду загальнодержавного значення як природні ядра: природні заповідники; біосферні заповідники; національні природні парки; заказники (ландшафтні, лісові, ботанічні, загальнозоологічні, орнітологічні, ентомологічні, іхтіологічні, гідрологічні, загальногеологічні, палеонтологічні та карстово-спелеологічні), пам'ятки природи; штучно створені об'єкти (ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва);

- території та об'єкти природно-заповідного фонду місцевого значення як буферні зони, або екологічні коридори національної екомережі: регіональні ландшафтні парки; заказники (ландшафтні, лісові, ботанічні, загальнозоологічні, орнітологічні, ентомологічні, іхтіологічні, гідрологічні, загальногеологічні, палеонтологічні та карстово-спелеологічні); пам'ятки природи; штучно створені об'єкти (ботанічні сади, дендрологічні парки, зоологічні парки, парки-пам'ятки садово-паркового мистецтва); заповідні урочища;

- обширні водні об'єкти (ділянки моря, озера, водосховища, річки) як природні ядра й буферні зони, а невеликі водні об'єкти витягнутої конфігурації (стави, канали) і ряд захищених земель водного фонду (водоохоронні зони, прибережні захисні смуги, смуги відведення, берегові смуги водних шляхів та зони санітарної охорони) як екологічні коридори;

- ліси I групи як природні центри — особливо цінні лісові масиви й ті, що мають особливе значення для захисту навколишнього природного середовища, ліси, які мають наукове або історичне значення включно з генетичними резерватами, лісоплодові насадження й субальпійські деревні та чагарникові угруповання; як буферні зони — ліси населених пунктів, ліси зелених зон навколо населених пунктів і промислових підприємств, ліси першого й другого поясів зон санітарної охорони джерел водопостачання, ліси округів санітарної охорони лікувально-оздоровчих територій; як екологічні коридори — лісові смуги вздовж водотоків і навколо водойм, протиерозійні, приполюснинні, захисні смуги вздовж залізниць та автомобільних доріг, державні захисні лісові смуги, степові переліски, полезахисні лісові смуги, захисні лісові насадження на смугах відводу автомобільних доріг;

- ліси II групи, насамперед, виконують буферну роль і є екокоридорами, і хоча вони експлуатаційні, проте мають екологічне значення; необхідно розробити такий механізм їхньої експлуатації, який би дав змогу постійно підтримувати їхні екологічні функції;

- курортні та лікувально-оздоровчі території з вираженими природними лікувальними факторами: мінеральні джерела, кліматичні й ін-

ші умови, сприятливі для лікування та оздоровлення людей, — як буферні смуги;

- рекреаційні землі для організованого масового відпочинку і туризму населення — як буферні смуги;

- інші природні та напівприродні території (залишки степової надеревної рослинності, луки-пасовища, піщаники, кам'яні розсипи, землі полігонів Міноборони), включаючи землі водного фонду, що є законодавчо незахищеними (острови, болота або частини боліт) — як буферні смуги та екологічні коридори;

- сільськогосподарські землі екстенсивного використання, в які переводиться частина орних земель на підставі екологічної і економічної недоцільності. Відповідно до здійснюваної земельної реформи із сільськогосподарського використання вилучаються економічно збиткові землі.

Особливе місце у створенні екологічної мережі України відводиться землевпорядкуванню (землеустрою) новостворених сільськогосподарських підприємств та агроформувань ринкового типу. Тільки за організації території сільгоспдприємств на екологоландшафтній основі або за проектами контурно-меліоративної організації території можлива консолідація всіх екологічних компонентів (екотопи, екологічні ніші, коридори та інші ресурсостабілізуючі компоненти), з яких і складатиметься майбутня екологічна мережа України.

Схема формування національної екологічної мережі полягає в просторовому розташуванні її територіальних елементів з метою утворення ареалів із переважанням у структурі земель природних ландшафтів, між якими простягаються смуги з домінуванням природних територій.

Базовими критеріями під час вибору елементів екомережі є науковий, правовий, технічний, організаційний і фінансово-економічний.

До серцевинних ареалів екомережі входять регіони зосередження існуючих та майбутніх природно-заповідних територій. Насамперед, до таких територій належать регіони Карпат, Кримських гір, Донецького кряжа, Подільської височини, Полісся, Причорномор'я тощо.

До основних комунікаційних елементів національної екологічної мережі України належать широтні екологічні коридори: Поліський (лісовий), Галицько-Слобожанський (лісостеповий), Південноукраїнський (степовий). Меридіональні екокоридори просторово зумовлюються долинами великих рік — Дністра, Західного Бугу, Південного Бугу, Дніпра та Сіверського Дінця, які не тільки об'єднують водні та заплавні комплекси, але й є також шляхами міграції численних рослин і тварин, особливо птахів.

Отже, елементи екомережі вищого рівня формуються трьома широтними смугами, чотирма меридіональними, двома гірськими ареалами. Окремим елементом екомережі слід вважати ланцюг прибережно-морських водних природних комплексів прибережних вод Азовського і Чорного морів, що оточують територію України з півдня.

Поліська (широколистяна) широтна смуга починається на кордоні із Польщею й Білоруссю. Природними ядрами її є район Шацьких озер і витoki річки Прип'яті, далі вона охоплює озерно-болотну частину Західного Полісся, суцільні масиви Центрального Полісся, зокрема Поліський заповідник і Овруцький кряж, та хвойнолісову частину Східного Полісся до кордону з Росією, де природним ядром є Старогутянські ліси.

Друга, лісостепова, широтна смуга бере початок на Розточчі, де природними ядрами її є Яворівський національний природний парк і Розтоцький заповідник, і від західноподільських лісів далі охоплює такі гряди, як Товтровий кряж, Волинська височина, Вороняки, Гологори, Кременецькі гори із рядом масивів широколистяних лісів, продовжуючись на схід через найбільш заліснену частину Північного Лісостепу на межі з найпівденнішою частиною Полісся до Києва, через Середнє Подніпров'я й уздовж долин річок Сейму, Росі, Псла і Ворскли до Харківсько-Сумського масиву широколистяних лісів, охоплюючи заплавні луки, лісові масиви, залишки степів, яри тощо.

Південна степова широтна смуга починається від Дунайського біосферного заповідника і тягнеться вздовж узбережжя на схід, охоплюючи водно-болотні угіддя дельт Дунаю, Дністра, Південного Бугу й Дніпра, Сіверського Дінця і ряду невеличких степових річок, а також ділянки степів уздовж Чорного та Азовського морів, заходячи в Степовий Крим. Через долину річки Південного Бугу вона з'єднується з центральноподільським природним масивом, а через долину Дніпра — з лісостеповою і поліською областями.

Національна екомережа буде тісно пов'язана через природні масиви з екомережами Росії (Східне Полісся, Старогутсько-Брянські ліси), Білорусі (об'єднуючими є Полісся, річка Дніпро з притокою Прип'яттю), Румунії (через Карпати), Польщі (Полісся), Словаччини (Карпати) та Молдови (р. Дністер і Прут).

Для формування збалансованої (сталой) системи природокористування в сільському господарстві та забезпечення розбудови екомережі необхідно: провести науково обґрунтовану трансформацію структури сільськогосподарських земель з метою формування збалансованого співвідношення між окремими компонентами агроєкосистем і забезпечення екологічної безпеки та рівноваги території, зокрема: збільшити частку сільськогосподарських угідь екстенсивного використання (сіножаті, пасовища) відповідно до науково обґрунтованих показників, які мають розроблятися з урахуванням регіональних і місцевих особливостей; зменшити площі орних земель до 37—41 % території країни виведенням із риллі схилів крутістю понад 3°, земель водоохоронних зон, деградованих, малопродуктивних та техногенно забруднених сільськогосподарських угідь; розширити площі полезахисних лісосмуг та інших захисних насаджень згідно з науково обґрунтованими показ-



никами, які мають розроблятися з урахуванням регіональних і місцевих особливостей; створити нові та розширити площі існуючих територій і об'єктів природно-заповідного фонду в межах сільськогосподарських угідь; створити умови для забезпечення неперервності природних ділянок у межах сільськогосподарських угідь; забезпечити широке впровадження новітніх екологічно збалансованих технологій у сільському господарстві та підтримку розвитку біологічного землеробства; розробити порядок і впровадити економічне стимулювання землевласників та землекористувачів щодо ведення екологічно збалансованої сільськогосподарської діяльності.

### 1.3. КИСЛОТНА ДЕГРАДАЦІЯ (ДЕКАЛЬЦИНАЦІЯ) ҐРУНТІВ

Зростаюча кислотність ґрунтового покриву — одна з найгостріших екологічних проблем сучасності та найближчого майбутнього. Процес підкислення ґрунтів набуває глобальних масштабів, спричиняючи негативні агро-геохімічні наслідки.

Особливо турбує 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 внесення в ґрунт органічних добрив, необґрунтовано інтенсивне застосування засобів хімізації в землеробстві. Отже, вторинне підкислення ґрунтів має переважно антропогенне походження. За даними ЮНЕСКО, в атмосферу щороку надходить  $10^9$  кислотних агентів газового та аерозольного характеру. Це насамперед сполуки сірки, азоту, вуглецю і хлору. За їх окиснення та конденсації утворюються сірчана, соляна, вугільна й азотна кислоти, що надходять до ґрунту з атмосферними опадами. 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.

**Кислотні дощі** — це опади з підвищеним вмістом кислот (сірчана, азотна) та інших хімічних сполук сірки та азоту (двоокис сірки тощо). Термін «кислотні дощі» вперше ввів британський учений Роберт Агнус Сміт. Джерелом кислотних дощів є гази, що значно змінюють свою концентрацію — сірководень та окиси азоту (окис і двоокис). Зазначені гази потрапляють в атмосферу природним шляхом та в результаті життєдіяльності людини. Отже, основу цих газів формують сірка і

азот. Сірка потрапляє в атмосферу в результаті руйнування біосфери, вулканічної діяльності, випаровування води з поверхні океанів. Азот надходить в атмосферу внаслідок ґрунтової емісії окисів азоту, грозових розрядів (що переводять молекулярний азот та кисень в оксиди азоту), горіння біомаси, спалювання природного палива, роботи двигунів внутрішнього згоряння, активності транспорту. Всі ці сполуки поширюються у вертикальних і горизонтальних напрямках. Слід зазначити, що з рухом угору від поверхні Землі температура повітря зменшується приблизно на  $0,6^{\circ}\text{C}$  через кожні 100 м. На висоті 8—10 км відбувається потепління; цей шар називають *тропопаузою*. Тут припиняється змішування забруднюючих речовин. Крім того, можливі горизонтальні пересування останніх — за допомогою вітру або за рахунок неупорядкованого руху повітря. Можна стверджувати про середні відстані (орієнтовано 1000 км), які можуть подолати молекули у процесі цих переміщень (Хорват Л., 1990). Під час вертикальних і горизонтальних переміщень забруднювальні речовини зазнають певних фізико-хімічних перетворень, що пов'язані з індукованими світлом хімічними реакціями. В основі таких реакцій лежить взаємодія двоокису сірки чи двоокису азоту з радикалом гідроксилу, в результаті чого утворюється сірчана або азотна кислота відповідно:  $\text{SO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{HSO}_3$ ;  $\text{HSO}_3 + \text{OH} \rightarrow \text{H}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NO}_2 + \text{OH} \rightarrow \text{HNO}_3$ . Кислотні сполуки сірки та азоту потрапляють на поверхню Землі внаслідок випадання опадів чи сухої седиментації. Вплив кислотних дощів на ґрунт та водойми призводить до зростання у них концентрації важких металів, оскільки зміни рН середовища впливають на їхню розчинність.

Важкі метали, що легко поглинаються, є токсичними для рослин. Оподи, які містять сполуки азоту, спочатку сприяють росту дерев, проте після перенасичення рослинності азотом збільшується вимивання нітратів, спостерігається підкислення ґрунту. Підвищення кислотності ґрунту гальмує надходження до рослин необхідних елементів (Ca, Mg, K), що зумовлює затримку росту і розвитку рослин. Можлива й безпосередня дія хімічних сполук, наявних в опадах, на рослини. Двоокис сірки адсорбується на поверхні листя, проникає в організм рослини, бере участь у хімічних реакціях з утворенням вільних радикалів. Внаслідок цього змінюється проникність мембран через окиснення жирних кислот, що впливає на процеси дихання та фотосинтезу. Підкислення ґрунту є причиною загибелі ґрунтових мікроорганізмів, які беруть участь у фіксації азоту. Чутливі до кислотності ґрунту гриби *Mikorrhiza*, що знаходяться в симбіотичному зв'язку з вищими рослинами та сприяють ефективнішому використанню поживних речовин, гинуть. А це призводить до загибелі рослин. Кислотні дощі спричиняють підкислення прісних вод, внаслідок чого гинуть водні організми. Цілком очевидним є вплив кислотних речовин (двоокису сірки, двоокису азоту, кислотних аерозольних часток) на живі органі-

зми у процесі дихання. Статистичними дослідженнями встановлена пряма залежність між концентрацією  $\text{SO}_2$  та кількістю захворювань дітей на несправжній круп і смертністю людей внаслідок хвороб дихальних шляхів.

За останні 50—60 років спостерігається загальнопланетарне підвищення кислотності дощових опадів. Сильне зростання цього показника зареєстровано в багатьох індустріальних районах Швеції, Норвегії, США та в Канаді. У цих країнах рН дощової води знизився з 6—6,5 до 5—4,6, а в окремі періоди — до 4—3,5. За свідченням В.А. Ковди (1989), у Підмосков'ї (Росія) спостерігались випадки, коли рН дощової води опускався до 3—2,6.

Взимку поблизу теплоелектростанцій та металургійних заводів може випадати кислотний сніг, який дає одразу 4—5—місячну дозу забруднення. Дія кислотних дощів на навколишнє середовище шкідлива і призводить до негативних наслідків: отруєння води озер, річок та ставків; загибелі лісів (особливо чутливих до кислотних дощів); вимивання з ґрунту кальцію, калію, магнію; зниження врожайності сільськогосподарських культур; загибелі насаджень в гірських районах, що спричиняє селеві потоки та зсуви; посилення корозії різних матеріалів і конструкцій; прискорення руйнування пам'яток архітектури (зокрема мармурових) і житлових будинків; збільшення числа захворювання людей.

Кислотні дощі стали дуже поширеним явищем, причому вони можуть випадати на відстані багатьох сотень і тисяч кілометрів від джерела первісного викидання речовин, що їх породжують.

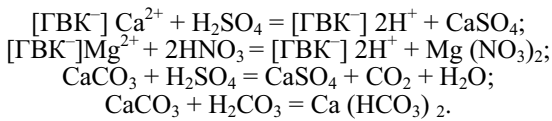
Кислотні дощі призвели до закиснення природного середовища на великих територіях Європи та Північної Америки. Тут показник кислотності опадів  $\text{pH} = 4,5$ , тоді як його звичайне значення 5,6—5,7.

Кислотні дощі залишають на листі дерев чорні плями, закислюють озера й ґрунти, змінюють їхній хімічний склад. Так, за останні десять років у Швеції з 90 тис. озер закислено 20 тис. у Канаді — 50 тис. Близько половини озер у Норвегії мертві, там загинула риба ( $\text{pH}=5$ ). Серйозно уражені кислотними дощами близько 1 млн га вічнозелених лісів у Центральній Європі, приблизно 100 тис. га цих лісів гинуть.

Процес закиснення опадів триває. Розрахунки показують, що за сталих концентрацій оксиду сірки  $80 \text{ мкг/м}^3$  і оксидів азоту  $50 \text{ мкг/м}^3$ , що відповідає гранично допустимим концентраціям цих речовин у більшості промислово розвинених країн, рН опадів становить 2,7. Якби такі дощі випадали постійно, то все живе загинуло б. Очевидно, це і є межею закислення (Шматько В.Г., Нікітін Ю.В., 2006).

Особливо висока кислотність вод виникає під час весняного сніготанення. Реакція таких вод може досягати  $\text{pH} 4—3,5$ . Кислі талі та дощові води, потрапляючи у ґрунт, спричинюють 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:



Відомо, що гідроліз однієї грам-молекули  $\text{NH}_4\text{NO}_3$  дає в результаті дві грам-молекули  $\text{HNO}_3$ . За нітрифікації однієї грам-молекули  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  утворюються дві грам-молекули азотної і одна грам-молекула сірчаної кислоти. З однієї грам-молекули  $\text{NH}_4\text{OH}$  за певних умов може утворитися одна грам-молекула азотної кислоти (Шикун М. К., 2004).

Тому темпи вапнування ґрунтів повинні перевищувати темпи внесення мінеральних добрив. У іншому випадку буде спостерігатися вторинне підкислення ґрунтів. Для глибокого розуміння причин і заходів профілактики декальцинації ґрунтів необхідно знати суть кислотності ґрунту і ступінь насичення його основами.

**Кислотність ґрунту.** Реакція ґрунту істотно впливає на розвиток рослин і ґрунтових мікроорганізмів, на швидкість і спрямованість хімічних і біохімічних процесів, що відбуваються в ньому. Засвоєння рослинами поживних речовин, діяльність ґрунтових мікроорганізмів, мінералізація органічних речовин, розкладання ґрунтових мінералів і розчинення важкорозчинних сполук, коагуляція і пептизація колоїдів та інші фізико-хімічні процеси великою мірою залежать від реакції ґрунту. Вона впливає на ефективність внесених у ґрунт добрив. Добрива, у свою чергу, можуть змінювати реакцію ґрунтового розчину, підкислювати або підлужувати його.

Реакція ґрунтового розчину залежить від співвідношення в ньому іонів водню ( $\text{H}^+$ ) і гідроксилу ( $\text{OH}^-$ ) (табл. 6). Концентрацію іонів водню в розчині прийнято виражати символом рН, що позначає від'ємний логарифм концентрації водневих іонів.

Таблиця 6

**ЗАЛЕЖНІСТЬ РЕАКЦІЇ ҐРУНТОВОГО РОЗЧИНУ  
ВІД КОНЦЕНТРАЦІЇ ІОНІВ ВОДНЮ І РН**

Реакція	рН	Концентрація $\text{H}^+$ -іонів, г-іон/дм <sup>3</sup>
Сильнокисла	3—4	$10^{-3}$ — $10^{-4}$
Кисла	4—5	$10^{-4}$ — $10^{-5}$
Слабокисла	5—6	$10^{-5}$ — $10^{-6}$
Нейтральна	7	$10^{-7}$
Слаболужна	7—8	$10^{-7}$ — $10^{-8}$
Лужна	8—9	$10^{-8}$ — $10^{-9}$
Сильнолужна	9—11	$10^{-9}$ — $10^{-11}$

У природних умовах реакція ґрунтового розчину коливається від рН 3—3,5 (у сфагнових торфах) до рН 9—10 (у солонцевих ґрунтах), але найчастіше вона не виходить за межі рН 4—8. Лужну реакцію розчину мають ґрунти сухих степів, напівпустель і пустель — південні чорноземи і каштанові ґрунти (рН 7,5), сіроземи (рН до 8,5) і солонці (рН 9 і більше).

Близька до нейтральної (рН 6,5—7) реакція ґрунтового розчину в звичайному і глибокому чорноземах. Вилугувані чорноземи і сірі лісові ґрунти мають слабокислу реакцію (рН 5,5—6,5), а дерново-підзолисті і деякі торф'яні ґрунти — кислу або сильнокислу (рН 4—5 і нижче).

Розрізняють наступні види ґрунтової кислотності: актуальну (або активну) кислотність і потенційну (приховану) кислотність, яка, в свою чергу, поділяється на обмінну і гідролітичну.

*Актуальна кислотність* — це кислотність ґрунтового розчину, обумовлена підвищеною концентрацією в ньому іонів  $H^+$  у порівнянні з іонами  $OH^-$ .

У ґрунті постійно утворюється вуглекислий газ. Під час розчинення вуглекислого газу в ґрунтовій воді утворюється  $H_2CO_3$ , що дисоціює на іони  $H^+$  і  $HCO_3^-$ . У результаті підвищується концентрація іонів водню в розчині, він підкислюється (табл. 7).

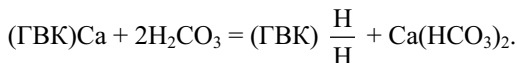
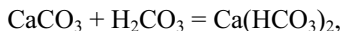
Таблиця 7

**ЗАЛЕЖНІСТЬ ВМІСТУ  $CO_2$  У ПОВІТРІ Й У ҐРУНТОВОМУ РОЗЧИНІ ВІД рН РОЗЧИНУ (за Каппеном)**

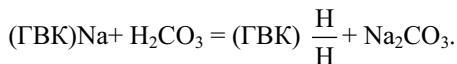
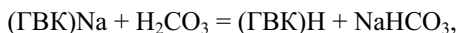
Вміст $CO_2$	рН розчину					
	5,7	5,2	4,9	4,7	4,5	3,9
У повітрі, % від об'єму	0,03	0,3	1,0	3,0	10,0	100
У розчині, мг/л	0,5	5,4	17,9	54,0	178,7	1787,0

Тому чим вищою є концентрація  $CO_2$  у ґрунтовому повітрі, тим більше його розчиняється в ґрунтовій воді, і тим сильніше підкислюється розчин.

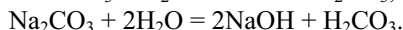
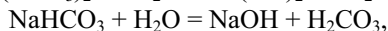
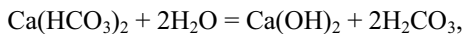
Однак вугільна кислота, що утворюється в ґрунтовому розчині, нейтралізується поглиненими основами (Ca, Mg, Na), а також карбонатами кальцію і магнію. За взаємодії вугільної кислоти з карбонатом кальцію або з ґрунтовим вбирним комплексом, насиченим кальцієм, утворюється розчинна сіль бікарбонату кальцію:



Якщо в ґрунті у поглиненому стані міститься натрій, то в розчині може утворитися бікарбонат, або карбонат натрію:



Вуглекислі солі кальцію і натрію в розчині зазнають гідролітичного розпаду, і утворюється дуже слабка вугільна кислота і сильні основи:



У розчині підвищується концентрація гідроксильних іонів, він підлогується. Особливо сильно підлогує розчин карбонат натрію, потім бікарбонат натрію і слабкіше — бікарбонати кальцію і магнію, тому в ґрунтах, що містять у поглиненому стані багато натрію (солонці, солончаки), у розчині утворюються вуглекислі солі натрію і ґрунтовий розчин стає лужним. Коли ж в ґрунті знаходяться карбонати кальцію і магнію, а серед поглинутих катіонів переважає кальцій (сіроземи, чорноземи), то в ґрунтовому розчині утворюється, головним чином, бікарбонат кальцію, який слабкіше підлогує ці ґрунти, і реакція розчину в них є слаболужною або ж нейтральною (рН 7—8).

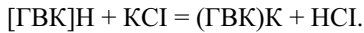
У тих ґрунтах, де в складі поглинутих катіонів поряд з кальцієм і магнієм є іони водню (вилугувані чорноземи, сірі лісові і дерново-підзолисті ґрунти), реакція ґрунтового розчину визначається вмістом у ньому одночасно вугільної кислоти і бікарбонату кальцію, а також розчинних органічних кислот та їхніх солей. Реакція розчинів у цих ґрунтах залежить від складу поглинутих катіонів і коливається в межах рН 5—7. Чим менше у вбирному комплексі катіонів кальцію і чим більше катіонів водню, тим менше в ґрунтовому розчині буде бікарбонату кальцію і більше вільної вугільної кислоти і тим нижче рН.

У кислих і сильнокислих дерново-підзолистих ґрунтах і торф'яноболотних ґрунтах, які містять у поглинутому стані мало кальцію і значну кількість іонів водню й алюмінію, ґрунтовий розчин, крім вугільної кислоти, підкислюють розчинні органічні кислоти, а також солі алюмінію, у результаті гідролізу яких утворюється кислота і слабка основа. За цього випадку відбувається підкислення ґрунтового розчину до рН 4,5 і нижче.

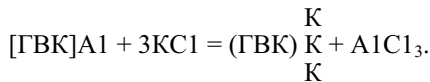
Таким чином, актуальна кислотність — це кислотність ґрунтового розчину, створена іонами водню, водорозчинними органічними кислотами і гідролітично кислими солями. Вона визначається вимірюванням рН водної суспензії або водної витяжки з ґрунту. Актуальна кислот-

ність безпосередньо впливає на розвиток рослин і ґрунтових мікроорганізмів.

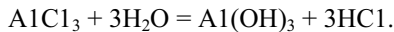
*Обмінна кислотність* — це потенційна (прихована) кислотність ґрунту, яка обумовлена наявністю іонів водню або алюмінію в поглинутому стані ґрунтового вбирного комплексу, що вилучаються з нього розчином нейтральної солі хлористого калію. Частина поглинених ґрунтом іонів водню може бути витіснена в розчин катіонами нейтральних солей. Так, якщо ґрунт обробити розчином КСl, то катіони калію поглинуться ґрунтом, а із вбирного комплексу перейдуть у розчин іони водню:



У результаті такого витіснення іонів водню ґрунтовий розчин підкислюється. Цей вид кислотності ґрунту називають *обмінним*. Крім поглинутого водню, у сильнокислих мінеральних ґрунтах знаходиться поглинутий алюміній, який також здатний переходити в розчин за взаємодії ґрунту з нейтральними солями:



У розчині хлористий алюміній зазнає гідролітичної дисоціації з утворенням слабкої основи і сильної кислоти:



Кислота, що утворюється під час витіснення з ґрунту алюмінію за обробки його розчином нейтральної солі, і обмінно-поглинутий водень, що переходить у сольову витяжку, складають обмінну кислотність ґрунту. Отже, обмінна кислотність — це кислотність, обумовлена обмінно-поглинутими іонами водню й іонами алюмінію, які вилучаються з ґрунту за обробки його розчином нейтральної солі.

Питання про природу обмінної кислотності і про те, які обмінно-поглинуті катіони — водню або алюмінію — переважають у кислих ґрунтах і створюють цю кислотність, багато років були дискусійними.

Тепер на основі численних досліджень можна вважати найбільш ймовірним, що у разі взаємодії кислих ґрунтів з розчинами нейтральних солей у сольову витяжку переходять іони як водню, так і алюмінію. Співвідношення між ними залежить від умов утворення ґрунтів, складу вбирного комплексу й інших причин. Так, органічні колоїди ґрунту містять переважно обмінно-поглинутий водень, а обмінна кислотність мінеральної фракції ґрунту обумовлюється і воднем, і алюмінієм, який переходить у сольову витяжку.

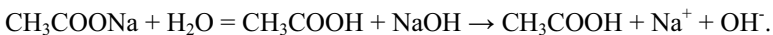
Обмінна кислотність характерна для дерново-підзолистих ґрунтів і червоноземів, а також для ґрунтів північної частини чорноземної зони.

У ґрунтах, що мають слабокислу реакцію водної витяжки, обмінна кислотність є незначною, а в лужних ґрунтах взагалі відсутня. Обмінна кислотність регулює реакцію ґрунтового розчину. За взаємодії твердої фази ґрунту з катіонами розчинних солей, що утворюються в результаті мінералізації органічних речовин, або з катіонами внесених у ґрунт мінеральних добрив, обмінно-поглинуті іони водню й алюмінію переходять у розчин і збільшують актуальну кислотність, а якщо ґрунтовий розчин нейтралізується, то завдяки обмінній кислотності він знову підкислюється.

Обмінна кислотність набуває особливо великого значення за внесення в ґрунт великих кількостей розчинних мінеральних добрив. Легко переходячи в активну форму і підкислюючи ґрунтовий розчин, іони водню негативно впливають на розвиток чутливих до кислотності рослин і ґрунтових мікроорганізмів. Особливо токсичний для багатьох рослин алюміній, який переходить в ґрунтовий розчин, тому за внесення в кислий ґрунт вапна, необхідно домагатися нейтралізації не тільки актуальної, але й обмінної кислотності.

Обмінну кислотність виражають величиною рН КСІ-витяжки або в міліграм-еквівалентах на 100 г ґрунту. У величину обмінної кислотності входить і актуальна кислотність. Отже, обмінна кислотність ґрунту завжди є більшою, ніж актуальна, а рН сольової витяжки — нижче, ніж рН водної витяжки, якщо ґрунт має обмінну кислотність.

*Гідролітична кислотність* — це потенційна (прихована) кислотність ґрунту, яка обумовлена наявністю іонів водню в поглинутому стані ґрунтового вбирного комплексу, що вилучаються з ґрунту розчином гідро-літично лужної солі оцтовокислого натрію. У разі обробки ґрунту розчином нейтральної солі не всі поглинуті іони водню переходять у розчин, тобто в цьому випадку не виявляється вся потенційна кислотність. Більш повно іони водню з ґрунтового вбирного комплексу можна витіснити, діючи на ґрунт нормальним розчином гідролітично лужної солі, наприклад оцтовокислого натрію ( $\text{CH}_3\text{COONa}$ ). У водному розчині ця сіль гідролітично розщеплюється й утворює слабодисоціюючу оцтову кислоту і сильну основу, тому розчин стає лужним (рН близько 8,2):



Лужна реакція розчину цієї солі і є головною причиною більш повного витіснення поглиненого водню з ґрунту.

За взаємодії розчину оцтовокислого натрію з ґрунтовым вбирним комплексом іони водню витісняються в розчин в обмін на катіони натрію і зв'язуються з рештою гідроксильних іонів, утворюються важкодисоціюючі молекули  $\text{H}_2\text{O}$ :





Чим більше іонів натрію поглине ґрунт і більше гідроксильних іонів буде зв'язано, тим більше в розчині утвориться оцтової кислоти. Кількість її можна визначити титруванням розчину лугом. Цей вид кислотності ґрунту, що виявляється за допомогою гідролітично лужної солі, одержав назву гідролітичної кислотності. Вона включає менш рухливу частину поглинутих іонів водню, які важче обмінюються на катіони ґрунтового розчину.

У ґрунтовому вбирному комплексі є іони водню, здатні до заміщення на основі за різних значень рН. Частина іонів водню, зв'язана з ґрунтовими колоїдами, здатна до обміну на основі за слабокислої реакції (рН 5,5—6) і може витіснятися з ґрунтового вбирного комплексу в розчин катіонами нейтральної солі. Ці іони водню (поряд з обмінно-поглинутими іонами алюмінію) обумовлюють обмінну кислотність ґрунту. Інша частина поглинутих іонів водню, яка важче дисоціюється, здатна обмінюватися на основі тільки за умов нейтрального і лужного середовищ. Ці іони водню важче заміщуються на основі, вони витісняються в розчин тільки гідролітично лужною сіллю.

Кислотність, що виявляється під час обробки ґрунту розчином  $\text{CH}_3\text{COONa}$ , є значно вищою, ніж обмінна. У цьому випадку визначається загальна кислотність ґрунту, що включає актуальну і всю потенційну кислотність — як обмінну, так і «власне гідролітичну» (яка не витісняється  $\text{KCl}$ , але витісняється 1n.розчином  $\text{CH}_3\text{COONa}$ ). Отже, під гідролітичною кислотністю ґрунту мається на увазі кислотність, що виявляється в розчині після обробки ґрунту оцтовокислим натрієм, і яка враховує всі іони водню, що містяться в ґрунті (як легкорухомі — обмінні, так і менш рухомі, здатні до заміни на основі лише за лужної реакції).

Гідролітичну кислотність виражають у міліграм-еквівалентах на 100 г ґрунту. Іноді результати визначення гідролітичної кислотності бувають меншими, ніж під час визначення обмінної кислотності. Це пов'язано з тим, що аніони оцтової кислоти сорбуються деякими ґрунтами, в яких переважають колоїди із сильно вираженими базоїдними властивостями (червоноземи), а натомість витісняються іони  $\text{OH}^-$ , у результаті чого кислотність ґрунтової витяжки зменшується. У подібних випадках, мабуть, звичайний метод визначення гідролітичної кислотності виявляється непридатним. Гідролітична кислотність у ґрунтах з'являється на самому початку збіднення їх основами. У разі подальшої втрати основ з'являється також обмінна й актуальна кислотність.

Чорноземи, за винятком південних, мають гідролітичну кислотність, хоч обмінної кислотності в них може й не бути. Якщо в ґрунті є обмінна кислотність, то вона входить як складова частина в кислотність гідролітичну. Вилугувані чорноземи, більш збіднені основами, характеризуються як гідролітичною, так і невеликою обмінною кисло-

тністю. Ще більш збіднені основами дерново-підзолисті ґрунти мають значну гідролітичну і сильно виражену обмінну кислотність, а також актуальну кислотність.

Оскільки гідролітична кислотність включає менш рухливу частину іонів водню, вона (за відсутності обмінної кислотності) є нешкідливою для рослин. Знання її величини дуже важливе для вирішення ряду практичних питань застосування добрив (вапнування, внесення фосфоритного борошна).

**Ступінь насиченості ґрунту основами.** Реакція ґрунтового розчину залежить не тільки від розмірів обмінної й гідролітичної кислотності, але і від ступеня насиченості ґрунту основами. Якщо величину гідролітичної кислотності ґрунту позначити буквою  $H$ , а сумарну кількість поглинутих основ (Ca, Mg, K, Na та ін.) — буквою  $S$ , то додавання їх дає загальну ємність поглинання ґрунту ( $T$ ) у мг·екв. на 100 г:

$$S + H = T.$$

Сума поглинутих основ ( $S$ ), виражена у відсотках від ємності поглинання ( $T$ ), називається *ступенем насиченості ґрунту основами* і позначається  $V$ :

$$V = \frac{S}{T} \cdot 100, \text{ або } V = \frac{S}{S + H} \cdot 100.$$

Ступінь насиченості показує, яка частина загальної ємності припадає на поглинуті основи і яка — на гідролітичну кислотність. Величина ступеня насиченості основами — важливий показник для характеристики поглинальної здатності і ступеня кислотності ґрунту (рис. 3).

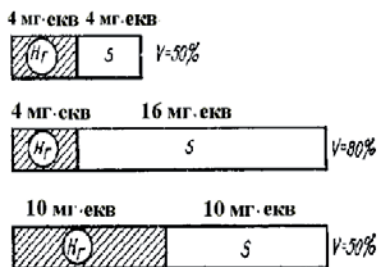


Рис. 3. Схема співвідношення між величиною ємності поглинання, гідролітичною кислотністю і ступенем насиченості основами

За ступенем насичення ґрунту основами визначають потребу у вапнуванні (табл. 8).

Таблиця 8

**СТУПІНЬ НАСИЧЕННЯ ОСНОВАМИ  
ТА ПОТРЕБА ҐРУНТІВ У ВАПНУВАННІ**

Ступінь насичення основами (V), %	Потреба у вапнуванні
40—50	У першу чергу
50—70	Вапнування обов'язкове
70—90	На Поліссі не потрібне, у Лісостепу обов'язкове
> 90	Не потрібне

Якщо гідролітична кислотність двох ґрунтів однакова і дорівнює 4 мг-екв на 100 г, але ємність поглинання першого ґрунту 8, а другого ґрунту — 20 мг-екв, то в першому ґрунті на 4 мг-екв гідролітичної кислотності припадає тільки 4 мг-екв поглинених основ, і ступінь насиченості його дорівнює 50 %, а в другому ґрунті на ті ж 4 мг-екв гідролітичної кислотності припадає 16 мг-екв поглинених основ, а ступінь насиченості основами дорівнює 80 %. Незважаючи на рівну величину гідролітичної кислотності, перший ґрунт із меншим ступенем насиченості основами буде відносно більш кислим. Його потреба в усуненні кислотності, наприклад, вапнуванням, сильніша, ніж другого ґрунту, в якого кислотність складає лише невелику частину (20 %) всієї ємності поглинання. Третій ґрунт для прикладу має такий же ступінь насиченості основами (50 %), як і перший, але ємність поглинання і гідролітична кислотність у них різні. Незважаючи на однаковий ступінь насиченості, третій ґрунт із більш високою гідролітичною кислотністю потребує більше вапна, щоб реакція цього ґрунту зрівнялася з реакцією першого ґрунту.

**Меліорація кислих ґрунтів.** На сильнокислих ґрунтах одержують низькі врожаї, а деякі рослини, найбільш чутливі до кислотності, зовсім не ростуть.

Кисла реакція ґрунтового розчину супроводжується надлишковим вмістом токсичних для рослин концентрацій рухомих форм алюмінію, марганцю, заліза і зниженням доступності молібдену. При цьому погіршується склад мікрофлори ґрунтів. За кислого середовища ґрунтового розчину гальмується надходження в рослини кальцію та магнію, дуже низька окупність мінеральних добрив, невисока якість продукції землеробства. Кисла реакція виникає в ґрунті і тоді, коли з нього вимиваються кальцій і магній, які у ґрунтовому вбирному комплексі замінюються на водень.

Значне вимивання кальцію і магнію спостерігається на легких ґрунтах з промивним водним режимом. Швидкість вимивання їх прискоро-

рюється за внесення мінеральних добрив, особливо фізіологічно кислих форм. Одним з таких добрив є сульфат амонію, за внесення якого іон амонію засвоюється рослинами, а в ґрунтовий розчин надходить іон водню. В результаті утворюється сірчана кислота. За даними Поліської дослідної станції, щорічно з дерново-підзолистого ґрунту вимивається 50—60 кг/га кальцію і 20—30 кг/га магнію. Крім того, рослини з врожаєм виносять приблизно 60—120 кг/га кальцію.

Для більш повного витіснення водню з ґрунтового вбирного комплексу дози вапна ( $\text{CaCO}_3$ ) встановлюють за гідролітичною кислотністю. Для цього цифрові показники в міліграм-еквівалентах кислоти на 100 г ґрунту множать на коефіцієнт 1,5, оскільки 1 мг-екв  $\text{H}^+$  на 100 г ґрунту відповідає 1,5 т/га  $\text{CaCO}_3$ . Наприклад, якщо гідролітична кислотність становить 4 мг-екв на 100 г ґрунту, то на 1 га треба внести  $4 \times 1,5 = 6$  т вапна. Для перерахунку інших вапняних матеріалів у  $\text{CaCO}_3$  застосовують коефіцієнт перерахунку, який становить для  $\text{MgCO}_3$  — 1,2;  $\text{MgO}$  — 2,5;  $\text{CaO}$  — 1,79;  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  — 1,35. Не на всіх ґрунтах і не під усі культури треба вносити вапняні матеріали, дози яких розраховані за повною гідролітичною кислотністю. Дози вапна, обчислені за величиною рН сольової витяжки, наведено в таблиці 9.

Таблиця 9

**ДОЗИ ВАПНА В ПЕРЕРАХУНКУ НА 100 %  $\text{CaCO}_3$ ,  
ЗАЛЕЖНО ВІД ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТІВ,  
Т/ГА (КОРАБЛЬОВА Л.І., 1954)**

Гранулометричний склад ґрунтів	рН сольової витяжки					
	до 4,5	4,6	4,8	5,0	5,1	5,4—5,5
Супіщаний і легкосуглинковий	5,0	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5
Середньосуглинковий	6,0	5,5	5,0	4,5	4,0	3,5
Важкосуглинковий	8,0	7,5	6,5	5,5	5,0	4,5

Вказані дози вапна нейтралізують обмінну кислотність і сприяють підвищенню урожайності сільськогосподарських культур приблизно протягом ротації сівозміни. Після закінчення ротації, з урахуванням показників рН, ґрунти знову вапнують.

Показник рН, за якого більшість культур нормально розвивається, становить близько 6,5. За такої реакції ґрунтового розчину коренева система добре засвоює поживні речовини і створюються задовільні умови для існування корисних ґрунтових мікроорганізмів (Петербургский А. В., 1989).

Всі основні сільськогосподарські культури щодо кислотності й потреби у вапнуванні умовно діляться на такі групи (Корабльова Л.І., 1954; Мазур Г.А., 1979):

1. Культури, що витримують підвищену кислотність ґрунту: картопля, люпин. Оптимальний рН для них — 4,5—6. Вони потребують вапнування за дуже кислої реакції ґрунтового розчину (нижче 4,5).

2. Культури, які витримують помірну кислотність ґрунтів і негативно реагують на підвищений вміст кальцію. Оптимальна реакція для них у межах рН від 5,5 до 6,5. До цієї групи можна віднести льон, овес, жито, гречку, гарбузи, кабачки, томати, кавуни, малину, агрус. Під них можна вносити невеликі дози вапна.

3. Культури, що потребують близької до нейтральної реакції ґрунтового розчину (рН 6,0—7): озима і яра пшениця, ячмінь, кукурудза, коношина, квасоля, горох, вика, стокос, диня, огірки, салат, яблуня, слива, вишня. Ґрунт під цими культурами вапнують помірними дозами.

4. Культури, що не витримують кислої реакції, добре ростуть на нейтральних і слаболужних ґрунтах (рН 6,8—7,5): буряки цукрові, столові і кормові, капуста, коноплі, гірчиця, рицина, люцерна, еспарцет, цибуля, часник, перець. Всі вони позитивно реагують на вапнування кислих ґрунтів підвищеними дозами.

Отже, серед показників фізико-хімічної вбирної здатності ґрунтів найбільше значення мають обмінно-вбирні катіони кальцію, магнію, натрію і водню, з якими пов'язане поняття актуальної і гідролітичної кислотності, суми увібраних основ і ступеня насичення ґрунтів основами. На основі цих та інших показників визначають шляхи хімічної меліорації кислих або засоленних ґрунтів.

За позитивною дією вапнування є найбільш тривалодіючим заходом агрохімічного впливу на родючість ґрунту. Повна доза вапна, що відповідає величині гідролітичної кислотності, в сівозміні діє протягом 10 і більше років. Підраховано, що 1 т вапна ( $\text{CaCO}_3$ ) зменшує значення рН на піщаних ґрунтах на 0,66, супіщаних — 0,27, легкосуглинкових — 0,18, витрати його для підвищення рН на 0,1 становлять відповідно 0,12—0,16, 0,35—0,40 і 0,50—0,60 т/га (Мазур Г.А., 1986). Найбільш високий ефект від застосування добрив і вапнування одержують на сильно- і середньокислих дерново-підзолистих ґрунтах.

Вапнування істотно впливає на нагромадження у ґрунті загального гумусу в орному й підорному шарах, поліпшується його якісний склад за рахунок підвищення вмісту гумінових кислот і зменшення фульвокислот, мікробний ценоз збільшується майже вдвічі (Грінченко Т.А., 1988).

Вапняні матеріали в сівозміні рекомендують вносити з таким розрахунком, щоб вони потрапили під культури з підвищеною чутливістю на другий або третій рік після вапнування. За цей час вапно повністю розчиняється, перемішується з ґрунтом і ліквідується кислотність ґрунтового розчину. Вапнування кислих ґрунтів підвищує продуктивність культур сівозміні в усіх ґрунтово-кліматичних зонах України.

За внесення мінеральних добрив на вапнованих ґрунтах сумарний урожай вищий, ніж сума врожаїв від кожного фактора, взятого окремо під час внесення їх на різні поля.

За поєднання гною з вапном завжди спостерігається підвищення сумарної дії обох факторів під час внесення на те саме поле порівняно із застосуванням тих же доз на різних полях. Це пояснюється тим, що гній і вапно діють загалом в одному напрямку, тобто поліпшують структурний стан ґрунтів, мікробіологічну діяльність і, крім того, гній містить багато кальцію. Мінеральні добрива доповнюють позитивну дію вапнування, а вапно, в свою чергу, знижує негативний вплив мінеральних добрив на ґрунт, тобто кожний фактор діє у своєму напрямку, що в цілому сприяє нормальному розвитку рослин.

Дія вапна на ґрунт багатогранна. Підвищення вмісту кальцію у ґрунтовому вбирному комплексі витісняє з нього не тільки шкідливий для рослин водень, а й інші, навіть корисні катіони, серед яких важливе значення має магній, що розчиняється і швидко вимивається за межі кореневмісного шару.

Особливої інтенсивності набуває цей процес у дерново-підзолистих піщаних і супіщаних ґрунтах. Загальний вміст магнію в них становить 0,15—0,18 % маси ґрунту, тоді як у суглинках і глинах валовий вміст його досягає 2,5 %.

Переважна частина магнієвих сполук у ґрунті (90—95 %) — це силікати магнію і алюмінію, які важко розчиняються у воді й слабо використовуються рослинами. Процес розкладання цих сполук відбувається повільно, і тому не може забезпечити потребу рослин у магнії.

Основним джерелом магнієвого живлення є обмінні його форми. Частина обмінного магнію від валових запасів його у ґрунті становить 5—10 %. Піщані й супіщані ґрунти Полісся мають 0,5—3 мг·екв (6—36 мг MgO) обмінного магнію в 1 кг ґрунту, що становить 30—180 кг/га MgO. На цих ґрунтах рослинам часто не вистачає магнію. Бідні на магній і деякі торфові ґрунти. Потреба в ньому рослин залежить від культури і рівня врожаїв. Багато магнію виносять такі культури, як буряки (60—70 кг/га) і картопля (40—60 кг/га). За існуючої системи удобрення баланс магнію в ґрунтах на сьогодні від'ємний і вміст у них поповнюється за рахунок внесення добрив. Свіжий гній містить 0,08—0,13 % MgO. З гноєм щорічно вноситься в ґрунт близько 10—15 кг/га окису магнію. Багаті на магній сиромелені калійні добрива, але основне калійне добриво — хлористий калій має дуже низький вміст магнію.

За нестачі магнію, особливо на легких ґрунтах, у рослинах уповільнюється утворення хлорофілу, до складу якого він входить. Значна частка магнію, що надходить у рослини, нагромаджується у насінні, плодах, бульбах під час досягання врожаю. Вміст магнію у зерні злакових культур становить 0,15—0,30 %, соломі — 0,10—0,25, а в бульбах картоплі й коренеплодах — 0,05—0,10 %. Дефіцит магнію спосте-

рігається за вмісту його в піщаних ґрунтах нижче 10 мг, супіщаних — 15 і в суглинкових — 20 мг/100 г ґрунту (за А-Л методом), а також за співвідношення між кальцієм і магнієм (в еквівалентах) більше 6,1 (Кулаковская Н.Т., 1984). Для поповнення втрат цього елемента на дерново-підзолистих ґрунтах треба щорічно в середньому вносити 50—70 кг/га MgO.

Однією з важливих умов науково обґрунтованого застосування кальцієвих і магнієвих добрив є досягнення оптимального співвідношення Ca: Mg. За вапнування може скластися несприятливе співвідношення, внаслідок чого засвоєння магнію рослинами погіршується.

Потреба сільського господарства в кальцієвих і магнієвих добривах дуже велика. Україна багата на породи, з яких одержують вапняні й магнієві добрива. До природних вапнуючих матеріалів належать вапнякові туфи, тверді вапняки, доломіти, мергель. Крім того, для вапнування придатні дефекат, доломітове борошно та ін. Кальцій вносять у ґрунт не тільки з вапняними матеріалами, але й у формі гіпсу. Сумісне внесення його і вапна значно підвищує ефект вапнування (Гринченко Т. А., 1973).

Застосовуючи вапняні добрива, треба пам'ятати про охорону навколишнього середовища від забруднення. До складу вапна входять деякі важкі метали, мг/кг: цинк — 10,83; мідь — 12,67; нікель — 26; свинець — 26,5; залізо — 48,53; кадмій — 0,25—13 мг/кг (Минеев В.Г., 1988, 2004).

Теоретичні розрахунки показують, що важкі метали в ґрунті можуть досягти ГДК через сотні, а деякі й тисячі років (Минеев В. Г., 2004), тому вважають, що відсутня небезпека забруднення ґрунтів важкими металами за внесення вапняних і магнієвих добрив. Крім того, треба мати на увазі, що невелика кількість цинку, міді й інших важких металів у вапняних добривах виступає як джерело мікроелементів (Дегодюк Е. Г. та ін., 1992). Але це не виключає необхідності контролю за вмістом важких металів у вапняних і магнієвих матеріалах, щоб уникнути забруднення ними ґрунтів і рослин.

Значення вапнування ґрунтів зростає з підвищенням доз внесення мінеральних добрив, особливо фізіологічно кислих форм, які можуть значно підкислювати ґрунт, особливо легкого гранулометричного складу. За активністю обміну макроелементів у геологічному колообігу агроландшафту Правобережного Лісостепу науковці розташували їх в такому спадаючому порядку:  $\text{Ca}^{2+} > \text{NO}_3^- > \text{Mg}^{2+} > \text{K}^+ > \text{NH}_4^+ > \text{HPO}_4^{2-}$  (Дегодюк Е. Г. та ін., 1992). Середні втрати кальцію із ґрунту внаслідок вимивання можуть досягати 260—300 кг/га і більше за рік.

Активна міграція кальцію і магнію в навколишнє середовище свідчить про необхідність регулювання цього процесу, який полягає, перш за все, в дотриманні екологічно врівноваженої структури посівних площ зі щорічним використанням проміжних посівів, впровадженні

контурно-меліоративної системи землеробства і науково обґрунтованої хімічної меліорації з дотриманням оптимального використання добрив.

У період інтенсивної хімізації (1965—1990 рр.), особливо за умов незбалансованого застосування мінеральних добрив, значно поширились процеси вторинного підкислення ґрунтів, навіть нейтральних за своєю природою чорноземів.

Широке розповсюдження цього явища в останні роки пов'язане із техногенним забрудненням ґрунтів, частішим випаданням кислотних атмосферних опадів, використанням фізіологічно кислих мінеральних добрив, особливо азотних, на нейтралізацію яких треба використовувати вапняні матеріали.

Вапнування кислих ґрунтів, безумовно, підвищує собівартість продукції землеробства. Водночас раціональне поєднання мінеральних (переважно азотних) добрив з перегноем, що є значним буфером кислотного рівноваги, усуває необхідність вапнування у великих дозах.

Вторинне підкислення ґрунтів проявляється також через посилення елювіальних (підзолистих) процесів після закладання дренажу на перезволожених ґрунтах і глибинної заробки свіжих органічних добрив у важкосуглинкові слабоаеровані та оглені горизонти ґрунту.

Природна кислотність може виникати через гідроліз алюмінію, який у відносно великій кількості знаходиться у земній корі, як один із головних структурних елементів переважної частини мінералів. Кисле середовище виникає також за умов розкладу свіжих рослинних решток, багатих на вуглеводи і бідних на азотовмісні сполуки. Таким чином, кисла реакція ґрунтового середовища зумовлена комплексом факторів, які пригнічують ріст і розвиток рослин, гальмують різноманітні фізіологічні і біохімічні процеси. Хоча сама по собі токсичність  $H^+$  іонів не є вирішальною в родючості ґрунту, але вплив низького значення рН на живлення рослин є дуже виразним. За даними зарубіжних вчених (Fageria N.K., Baligar V.C., Tdwards D.G., 1990), до факторів, що обмежують зростання культурних рослин, належать: токсичність водню, алюмінію і марганцю; дефіцит N, P, K, Ca, Mg і Zn; зниження активності мікроорганізмів.

За низьких значень рН дуже часто регламентуючим фактором урожаю є токсичність і дефіцит багатьох елементів. Низьке значення рН спричиняє підвищену розчинність хімічних елементів, деяких важких металів та радіонуклідів у ґрунтах, у тому числі Al, Sr, Mn та Fe. Підвищена концентрація рухомих форм названих елементів у ґрунті стає токсичною для переважної більшості культурних рослин. Іони  $H^+$  і катіони цих металів заміщують інші необхідні рослинам катіони на катіонообмінних місцях, через що такі важливі елементи як Ca, Mg і K вилучаються з ґрунтового вбирного комплексу, що призводить до утворення ненасичених на основи ґрунтів.



Висока кислотність ґрунтів значною мірою зумовлює їхні несприятливі агрофізичні властивості, зокрема безструктурність, злитість, низьку аерацію та фільтрацію.

Ґрунтова кислотність здебільшого залежить від генетичної природи самих ґрунтів та підґрунтя і проявляється за низького вмісту основних катіонів кальцію, магнію, калію, натрію в материнській породі, або через їх вилуговування із ґрунтового профілю в процесі ґрунтоутворення. На практиці вже доведено, що будь-яке зменшення кислотності є тимчасовим фактором. Через 3—5 років після вапнування ґрунт знову повертається до вихідного рівня кислотності, який йому генетично притаманний, і вимагає повторного вапнування. За даними наукових досліджень, кислі ґрунти України вимагають повторного вапнування через кожні 4—9 років залежно від генезису ґрунту та регіону його розповсюдження.

Більшість вчених (Трускавецький Р.С., Цапко Ю.Л., 2000) вважають, що утворення ґрунтової кислотності у багатьох випадках залежить від активності іонів водню, а не алюмінію. Останній безпосередньо не підкислює ґрунт, а справляє опосередкований вплив на формування кислотності ґрунту через гідроліз алюмінатів. Першоджерелом формування кислої реакції ґрунтів є біохімічні процеси, що відбуваються у ґрунтах. Присутність рухомого алюмінію у ґрунтовому розчині зумовлена уже наявною кислотністю, під впливом якої активізує свою токсичну дію алюміній безпосередньо на рослини. При цьому токсична дія алюмінію цілком регламентується як властивостями та складом ґрунтів, так і толерантністю культурних рослин до кислого середовища (табл. 10).

*Таблиця 10*

**СТІЙКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР  
ВІДНОСНО ТОКСИЧНОЇ ДІЇ У ҐРУНТІ АЛЮМІНІЮ**

Групи рослин	Стійкість	Культури
I	Сильна	Овес, тимофіївка
II	Середня	Люпин, картопля, кукурудза, просо
III	Слабка	Льон, горох, квасоля, гречка, ячмінь
IV	Дуже слабка	Буряк столовий та кормовий, конюшина, люцерна, озима та яра пшениця

За нинішніх кризових умов господарювання конче потрібні принципово нові підходи щодо вирішення проблеми меліорації кислих ґрунтів з обов'язковою розробкою і переходом на ресурсозберігаючі технології. В Інституті ґрунтознавства та агрохімії УААН розроблена ресурсо-

енергозберігаюча технологія локальної меліорації кислих ґрунтів або технологія «комфортних ґрунтових осередків». Суть цієї технології полягає в тому, що шляхом підбору адаптованих до кислого ґрунтового середовища сільськогосподарських культур, локального застосування органо мінеральних добрив комплексної дії та формування висококомфортних для розвитку кореневої системи рослин осередків у кореневмісному шарі ґрунту усувається необхідність здійснення коштовної хімічної меліорації за традиційною технологією та раніше встановленими нормативами. У результаті застосування технології локальної меліорації кислих ґрунтів у кореневмісному шарі ґрунту створюються гетерогенні за фізіологічними потребами рослин мікрозони щодо реакції ґрунту, трюфності, вологості, теплоємності, детоксикаційності тощо. Коренева система рослин залежно від їх біології сама знаходить найбільш комфортну для себе екологічну нішу в коренеосязному шарі ґрунту. Завдяки такій технології витрати енергетичних та матеріальних ресурсів на меліорацію кислих ґрунтів зменшуються у 3—4 рази.

Засновник українського ґрунтознавства О.Н. Соколовський (1956) відносив об'єм кореневмісного шару до одного із шести факторів родючості ґрунту. Проте конкретні дослідження щодо агроекологічної значимості об'єму кореневмісного шару ґрунту майже відсутні. Польовими дрібноділянковими і вегетаційними дослідженнями Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН встановлено, що з підвищенням рівня окультуреності ґрунту значення об'єму кореневмісного шару зменшується. Рослини здатні успішно розвиватись на пухких безплідних пісках за умови створення в кореневмісному шарі висококомфортних, невеликих за своїм об'ємом ґрунтових осередків.

Згідно із запропонованою вченими Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН технологією локальної меліорації, на межі оброблюваного (орного) і необроблюваного (підорного) шарів ґрунту створюються локальні висококомфортні для розвитку кореневої системи рослин стрічки діаметром 7—10 см із міжстрічковими відстанями 25—30 см. Високородючі ґрунтові стрічки формуються за допомогою комплексного меліоранту, який компонується з перегною, торфу, сапропелю та інших органічних добрив з високими адсорбційними та буферними характеристиками, з добавками мінеральних добрив і вапнякових матеріалів. Основна вимога щодо заготівлі комплексного меліоранту — це досягнення заданих оптимальних фізико-хімічних параметрів у невеликому об'ємі кореневмісного шару ґрунту, завдяки чому утворюється повна комфортність для розвитку рослин. Цей комплексний меліорант для створення стрічки на 1 га перемішується приблизно зі 150—180 т ґрунту, а не з 2500—3000, як це має місце за традиційними технологіями. За останніх умов для створення такого ж рівня комфортності, як і в локальних осередках, потрібно було б замість 15—20 т комплексного меліоранту вносити щонайменше 240—290 т,

тобто це є свідченням реальності створення оптимальних параметрів родючості малопродуктивних кислих ґрунтів, їх високої буферної (саморегульовальної) здатності за відносно короткої проміжок часу в умовах локальної меліорації ґрунтів за допомогою невеликих витрат удобрювальних ресурсів.

Проведені вченими (Трускавецький Р.С., Цапко Ю.Л., 2000) польові і лізиметричні дослідження на дерново-підзолистих супіщаних ґрунтах Полісся (Чернігівське НВО «Еліта») показали високу ефективність технології локальної меліорації, екологічні та економічні переваги якої перед традиційною технологією є надто високими. Перспективність локальної меліорації кислих ґрунтів є дуже обнадійливою і такою, що не має альтернативи. Якщо за традиційної технології (внесення 60 т/га торфу, 3—4 т/га вапна і  $N_{90}P_{90}K_{120}$  врозкид) в умовах виробничого досліді 1999 року було одержано 690 ц силосної маси кукурудзи, то на варіанті локальної меліорації (15 т/га насиченого на кальцій торфу +  $N_{90}P_{90}K_{120}$  локально в підорний шар) — 785 ц/га, тобто приріст урожаю становив 14 %. При цьому вимивання кальцію, елементів живлення рослин та органічних добрив з лізиметричними водами зменшувалося на 35—45 % порівняно з традиційною технологією. Для заготівлі комплексного меліоранту використовувалась амонійна форма азотного добрива для насичення торфу, зокрема вуглеамонійні солі (ВАС).

Розміщення стрічки на глибині 25—35 см дозволяє пролонгувати амонійне живлення рослин і суттєво загальмувати розвиток нітрифікаційних процесів, вимивання нітратів з дренажними водами, вторинне підкислення та декальцинацію ґрунту. За запропонованою технологією нормативи внесення вапна зменшуються у 6—8 разів (з 3—8 до 0,5—1,0 т/га), органічних добрив — з 12—15 до 4—5 т/га сівзміної площі, що дозволяє заощадити значні енергетичні та матеріальні ресурси на одержання одиниці урожаю.

Енергетична оцінка технологій показала, що загальні енергозатрати були майже в 2,6 рази менші, ніж за традиційною технологією, а коефіцієнт енергетичної ефективності підвищувався з 0,95 одиниць до 2,10.

Переваги технології локальної меліорації ґрунтів перед традиційними є всебічно обґрунтованими. Вони базуються: на підвищенні ефективності застосування добрив і меліорантів, подовженні терміну їх післядії, стабілізації ефективної родючості ґрунтів; створенні гетерогенного складу і властивостей кореневмісного шару ґрунтового середовища, що робить це середовище сприятливим для рослин з різними фізіологічними вимогами; поліпшенні водозабезпечення рослин у посушливі періоди вегетації та в екстремальні за погодними умовами роки; більш ефективному використанні добрив і меліорантів, місцевих удобрювальних ресурсів; істотній економії органічних і мінеральних добрив та вапна за збереження і навіть підвищення рівня продуктивності сівзміні; зменшенні непродуктивного вимивання поживних ре-

човин, насамперед кальцію та магнію, а через це й збереженні чистоти водотоків, річок, озер, водоймищ тощо; гальмуванні процесів нітрифікації-денітрифікації, утворення газоподібних сполук та їх випаровування, зменшенні вимивання азотних сполук та стабілізації азотного режиму ґрунту; пролонгації дії та післядії амонійного живлення рослин; підсиленні ефективності використання рослинами елементів живлення з місцевих удобрювальних мінеральних ресурсів (фосфоритів, сапропелів, глинистих мінералів тощо); підвищенні процесів накопичення органічних речовин та гумусоутворення в комфортних осередках ґрунту за рахунок їх високої біогенності; зменшенні накопичення в рослинах нітратів, важких металів та радіонуклідів, підвищенні якості продукції землеробства; додатковій акумуляції продуктивної вологи в комфортній зоні завдяки її високій вологоємності та зменшенні випаровування (Трускавецький Р.С., Цапко Ю.Л., 2000).

Окремою і дуже важливою складовою ресурсозберігаючих технологій є фітомеліорація. Вона включає підбір і розташування в сівозміні сільськогосподарських культур, що непогано розвиваються в кислому середовищі ґрунту, тобто більш толерантних як до високої кислотності, так і до токсичної дії алюмінію у ґрунті. Надалі треба утримуватися від вирощування на кислих ґрунтах відносно нестійких до кислої реакції таких культур, як: столові та кормові буряки, яра та озима пшениця, ячмінь тощо, більше уваги надавати вирощуванню льону, картоплі, озимому житу, люпину, сераделі тощо (табл. 11).

На кислих ґрунтах необхідно поширювати посіви бобових сидератів, які здатні утворювати білкові речовини з одного боку, а з іншого — накопичувати біологічний азот.

На сірих лісових ґрунтах та чорноземах опідзолених із близьким заляганням карбонатів (леси) дуже важливо до складу сівозмін вводити такі фітомеліоранти, як люцерна, конюшина, люпин тощо, здатні «перекачувати» кальцій з нижніх шарів ґрунту у верхні, поліпшуючи при цьому кальцієвий режим кореневмісного шару.

Отже, із викладеного вище видно, що для вирощування високих та сталих урожаїв на кислих ґрунтах необхідна хімічна меліорація останніх, основою якої є вапнування. Але на сучасному етапі сільськогосподарського виробництва слід позбавитись деяких застарілих положень, пояснень та догм щодо використання цього агрозаходу. Для України нова концепція меліорації кислих ґрунтів дозволить державі заощаджувати значні кошти, отримувати прибутки, не знижуючи урожай та якість продукції землеробства.

У стратегічному плані концепція хімічної меліорації кислих ґрунтів спрямовується на підвищення їх родючості, усунення негативних наслідків антропогенних навантажень, істотне зростання продуктивності землеробства, запровадження екологічно надійних ресурсозберігаючих технологій.

Таблиця 11

**ОПТИМАЛЬНА РЕАКЦІЯ ҐРУНТОВОГО РОЗЧИНУ І ВІДНОСНА СТІЙКІСТЬ КУЛЬТУРНИХ РОСЛИН ДО НИЗЬКИХ ЗНАЧЕНЬ pH**

Культура	Стійкість	pH	Культура	Стійкість	pH	
Рис	дуже сильна	4,0—6,0	Яра пшениця	середня	6,0—7,5	
Люпин		4,5—6,0	Турнепс		6,0—7,5	
Бруква		4,8—5,5	Кормові буряки		6,2—7,5	
Серадела		4,8—6,0	Помідори		6,3—6,7	
Картопля	сильна	5,0—5,5	Озима пшениця		6,3—7,5	
Тимофіївка		5,0—7,5	Отірки		6,4—7,0	
Овес		5,0—7,7	Цибуля		6,4—7,9	
Льон		5,5—6,5	Соя		слабка	6,5—7,1
Морква		5,5—7,0	Капуста			6,5—7,4
Озиме жито		5,5—7,5	Мак			6,8—7,2
Просо		5,5—7,5	Ячмінь	6,8—7,5		
Вика		5,7—6,4	Райграс	6,8—7,5		
Кукурудза		середня	6,0—7,0	Цукрові буряки		7,0—7,5
Соняшник			6,0—6,8	Люцерна		7,0—8,0
Цикорій	6,0—6,5		Коноплі	7,1—7,4		
Конюшина	6,0—7,0					
Горох	6,0—7,0					

Для цього необхідне: систематичне проведення об'єктивної діагностики потреб кислих ґрунтів у хімічній меліорації в масштабах країни, регіону, області, району, господарства, приділяючи особливу увагу генетичним властивостям ґрунтів; використання місцевих кальцієвмісних ресурсів; освоєння локальної технології меліорації ґрунтів; дотримання нормативів співвідношення між органічними і мінеральними добривами; застосування фізіологічно нейтральних мінеральних добрив; запобігання вторинному підкисленню ґрунтів шляхом збагачення кальцієм органічних і мінеральних добрив; збільшення площ посіву бобових культур з метою накопичення білкових сполук зі слаболужними властивостями, що сприяє нейтралізації кислотного середовища ґрунтів; розширення посівних площ під сільськогосподарські культури, що адаптовані до кислого середовища; у перспективі не виключено

і розширення посівів кальцієвмісних сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах за умови одержання нових сортів, здатних давати високий урожай і адаптованих до кислого ґрунтового середовища.

На порядку денному гостро стоїть питання реструктуризації заходів щодо меліорації та використання кислих ґрунтів України. Незначні площі дуже кислих ґрунтів доцільно вилучити з орного фонду земель і трансформувати їх під пасовища, заощаджуючи при цьому ресурси.

Таким чином, сучасна концепція хімічної меліорації ґрунтів являє собою комплекс енерго- і ресурсозберігаючих засобів регулювання кислотно-лужного середовища, екологічна та економічна ефективність яких сягає високих рівнів і забезпечує сталий соціально-економічний розвиток регіонів поширення кислих ґрунтів.

Нова концепція хімічної меліорації вимагає вирішення таких питань: створення спеціальної техніки для локального внесення меліоранту комплексної дії; поліпшення техніки заготівлі місцевих вапнякових матеріалів і досягнення їх подрібненням високої дисперсності меліоранта; створення нових сортів сільськогосподарських рослин, адаптованих до кислого середовища ґрунту і токсичного алюмінію, запровадження фітобіологічних засобів меліорації (багаторічні трави, сидерати тощо).

Реалізація концепції в масштабі України дозволить: зберегти від подальшої деградації (вторинного підкислення і алюмінізації) кислі ґрунти та підвищити їх родючість; заощадити державні кошти за рахунок впровадження ресурсозберігаючих технологій; одержувати сталі високі врожаї сільськогосподарських культур на кислих ґрунтах; створити додаткові робочі місця у зв'язку з налагодженням виробництва нової меліоративної техніки, освоєнням місцевих родовищ вапнякових матеріалів та інших кальцієвмісних сировинних ресурсів.

Окремо стоїть питання щодо розрахунків доз і норм вапнякових добрив для меліорації кислих ґрунтів у разі запровадження технології локальної меліорації. Для визначення потреби ґрунтів у вапнуванні треба виходити не тільки із показників кислотності, а передусім враховувати характер розвитку ґрунтоутворювального процесу. Визначення нормативів вапняних добрив для меліорації кислих ґрунтів за новою ресурсозберігаючою технологією проводиться на основі параметрів вихідного кальцієво-водневого потенціалу і величини зрушення, потрібної для доведення його до заданого (оптимального) рівня. Така методика повністю відкидає розрахунок потреб у вапнуванні за гідролітичною кислотністю на весь об'єм орного шару як теоретично необґрунтований. З метою підвищення післядії ресурсозберігаючої технології (перш за все на ґрунтах Полісся грубої гранулометрії) дуже важливо замість вапна до комплексного меліоранту включати карбонатну лесову породу як споріднену з високим потенційним запасом кальцієвих, калієвих та інших мінеральних сполук, у тому числі з багатим мікроелементним складом (Трускавецький Р.С, Цапко Ю.Л., 2000).

## 1.4. ДЕГУМІФІКАЦІЯ ҐРУНТІВ

### 1.4.1. Поняття, причини та масштаби розвитку дегуміфікації Ґрунтів

---

Серед 13 типів деградацій чорноземів, першим за значимістю і глобальністю називають дегуміфікацію (Крупенніков І.С.). Нині середньорічні втрати гумусу чорноземів в країні перевищують 1 т/га. Значна частина інших деградацій ґрунту прямо чи опосередковано зумовлена зниженням кількості гумусу.

Аналіз зміни (погіршення) гумусного стану ґрунтів слід проводити для визначення зворотних і незворотних деградацій. Перевищення мінералізації гумусу над його утворенням спричиняє дегуміфікацію ґрунтового профілю.

Слід зазначити, що за ерозійних або дефляційних процесів, коли втрати ґрунту перевищують темпи ґрунтоутворення, спроби компенсувати втрати гумусу за рахунок додаткового внесення органічних речовин приречені на невдачу. Родючість ґрунту прискорено знижується.

Здатність ґрунту створювати необхідні умови для розвитку сільськогосподарських культур та формування високих урожаїв нерозривно пов'язана із запасами в ньому органічних речовин, зокрема, гумусу. Відомо, що гумус зумовлює сприятливий поживний, водноповітряний і тепловий режими ґрунтів. Багаті на гумус ґрунти відзначаються більшою сталістю врожаїв, вирощувані на них сільськогосподарські культури стійкіші проти збудників хвороб та несприятливих факторів зовнішнього середовища і дають продукцію вищої якості. На таких ґрунтах зменшується загроза забруднення їх токсичними речовинами.

За Д. Шредером (1978), середній склад органічної речовини ґрунту такий: гумус — 85 %, рослинні рештки — 10 %, ґрунтова флора і фауна — 5 %. З усієї маси ґрунтової флори і фауни частка грибів і водоростей становить 40 %, бактерій і актиноміцетів — 40, дощових черв'яків — 12, макрофауни — 5 і мезо- та мікрофауни — 3 %.

В інтенсивних сівозмінах значення гумусу як регулятора родючості ґрунту значно зростає. Гумус, як основа біогенності ґрунту, його фізико-хімічної і біологічної ємності та буферності, значною мірою зумовлює трансформаційні можливості ґрунту, тобто здатність найефективніше сприймати, акумулювати внесені з добривами елементи живлення і рівномірно забезпечувати ними рослини, вирівнювати концентрацію і забезпечувати швидку утилізацію пестицидів та інших хімічних препаратів, а також пом'якшувати дію екстремальних погодних умов. Такі особливості гумусу сприяють підвищенню ефективності удобрення, хімічного захисту рослин та інших агрозаходів.

Слід зазначити, що існує пряма залежність між органічною речовиною, енергією ґрунту та врожаєм. Американські вчені Александер Л. Т. і Мідлтон Х. Е. (1955) так визначили роль органічних речовин: «... Вміст органічних речовин у ґрунті є показником його стану й фізичних властивостей так само, як температура тіла є показником стану хворого».

Встановлено, що навіть за повного забезпечення рослин мінеральним азотом урожай значною мірою (на 40—50 %) формується за рахунок власне ґрунтового азоту, що походить здебільшого з гумусових речовин ґрунту. Тому, якщо виключити повторне повернення в ґрунт цієї частини азоту у формі органічної речовини, то навіть за інтенсивного застосування мінеральних добрив баланс азоту й гумусу ґрунту буде неминуче від'ємним (Ликов О.М., 1984).

У природних фітоценозах процеси синтезу органічної речовини ґрунту завжди переважають над розкладом, відбувається нагромадження гумусу. Найбільше його містять чорноземи типові, де загальні запаси досягають 400—700 т/га. На північ і на південь від зони їх поширення запаси гумусу в ґрунтах зменшуються до 350—400 т/га у звичайних, 270—300 в чорноземах південних, 200 в каштанових ґрунтах і відповідно 300, 100—150 і 50 т/га в темно-сірих, сірих лісових та дерново-підзолистих ґрунтах.

Проблема дефіциту органічної речовини виникає після залучення ґрунтів у сільськогосподарське виробництво. Основні причини цього такі: відчуження значної частини фітомаси врожаю вирощуваних культур, внаслідок чого знижується рівень гуміфікації (за сучасної структури посівних площ з основною і побічною продукцією з поля виноситься 65—70 % створюваної культурами сівозміни органічної маси); посилення процесів мінералізації і збільшення інших втрат органічної речовини (вимивання, ерозія та ін.) через розпушування ґрунту та тривалий період, коли його поверхня залишається без рослинного покриву.

Концентрація посівів просапних культур у зв'язку з біологічними особливостями і технологією вирощування негативно впливає на колообіг органічних речовин, що призводить до порушення рівноваги процесів синтезу і розкладу в бік посилення останнього. Встановлено, що за збільшення на 10 % частки просапних культур у сівозміні щорічні втрати гумусу зростають на 0,2—0,4 т/га.

Втрати органічної речовини особливо збільшуються у ґрунтах з проривним режимом і активними процесами розкладу або вимивання, таких як дерново-підзолисті, сірі лісові, бурі, опідзолені та ін.

Стійкість родючості ґрунту дуже залежить від динамічної рівноваги між процесами гуміфікації та мінералізації органічної речовини. За цілиного ґрунтоутворення гуміфікація переважає над мінералізацією і відбувається поступове накопичення органічної речовини ґрунту, вміст якої за певних умов стабілізується.



Органічна речовина ґрунтів — це сукупність живої біомаси і органічних решток рослин, тварин, мікроорганізмів, продуктів їх метаболізму і специфічних новоутворюваних органічних речовин ґрунту — гумусу. В органічній речовині ґрунтів завжди присутня певна кількість решток відмерлих організмів, що знаходяться на різних стадіях розкладу, а також живі клітини мікроорганізмів і ґрунтова фауна.

Органічна речовина є дуже важливою складовою частиною ґрунту, яка відрізняє його від ґрунтоутворювальної породи. Утворення органічної речовини в ґрунті є наслідком життєдіяльності рослин, мікроорганізмів і ґрунтової фауни, а також внесення органічних добрив. Органічна речовина ґрунту представлена: живими організмами, що живуть в ґрунті або на його поверхні; відмерлими тілами рослин, тварин і мікроорганізмів; внесеними в ґрунт органічними добривами, які знаходяться на різних ступенях розкладання; продуктами життєдіяльності, які виділяють в ґрунт живі організми, що живуть в ньому; ґрунтовым перегноем.

Джерелом гумусу є органічні рештки вищих рослин, мікроорганізмів і тварин, що населяють ґрунт, а також внесені органічні добрива.

Під трав'янистою рослинністю основним джерелом утворення гумусу слугує коріння, маса якого в метровому шарі ґрунту становить у степових районах 8—28 т, на суходільних луках в зоні хвойних і змішаних лісів — 6—13 т на 1 га. Під багаторічними травами залежно від їх продуктивності і біологічних особливостей в метровому шарі ґрунту нагромаджується від 6—8 до 12—15 т/га. Найменше кореневих решток залишається під однорічними рослинами (3—5 т/га).

У ґрунтах під лісом основним джерелом формування гумусу є підстилка, кількість якої залежить від зони, складу, віку і густоти насаджень, а також від розвитку трав'янистого покриву. Коріння деревної рослинності — багаторічне і участь його в утворенні гумусу незначна. Кількість надземної маси під трав'янистою рослинністю коливається від 0,5 до 13 т/га. Крім того, більша частина її відчужується людиною, поїдається худобою, тому частка її у формуванні гумусу є теж незначною. Рештки зелених рослин під час розкладання використовуються мікроорганізмами і ґрунтовою фауною, частково перетворюються у вторинні форми органічних решток у ґрунті. Органічних решток ґрунтової фауни нагромаджується дуже мало — 100—200 кг/га сухої речовини.

Таким чином, первинним і основним джерелом органічних речовин, з яких утворюється гумус, є рештки зелених рослин у вигляді наземного опаду і коріння.

У ґрунтах різного типу характер розподілу органічних решток, що надходять в ґрунт, за їх профілем неоднаковий. У лісових ценозах основна частина первинної продукції надходить із наземним опадом, тоді як у трав'янистих — значною мірою з відмерлим корінням. Це віді-

грає важливу роль у подальшій трансформації рослинних решток і ґрунтоутворенні.

Більшість дослідників розглядають гумус як складний комплекс органічних речовин ґрунту, характерною і специфічною частиною якого є гумусові кислоти, які вступають у взаємодію з мінеральною частиною ґрунту і утворюють з її компонентами складні органомінеральні сполуки.

Найбільш сприятливим для нагромадження гумусу є поєднання в ґрунті оптимального гідротермічного і водно-повітряного режимів за деякого періодичного повторення висушування ґрунту. За цих умов відбувається поступовий розклад органічних решток, достатньо енергійна їх гуміфікація та закріплення гумусових речовин, що утворилися, мінеральною частиною ґрунту. Такий режим характерний для чорноземів.

За анаеробних умов (постійного надлишку вологи), а також низьких температур процеси гумусоутворення уповільнюються. Органічні рештки розкладаються за участю анаеробних бактерій. У складі проміжних продуктів розкладу багато низькомолекулярних органічних кислот і відновлених газоподібних продуктів ( $\text{CH}_4$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ), які уповільнюють життєдіяльність мікроорганізмів. Процес розкладу поступово згасає, гуміфікація відбувається слабо. Органічні рештки перетворюються на торф.

Для землеробства небажаним є як повний анаеробіоз, так і повний аеробіоз, коли рослинні рештки розкладаються дуже швидко, а продукти мінералізації вимиваються за межі ґрунтового профілю. Отже, для підтримання достатнього рівня родючості ґрунту необхідне поєднання як аеробного, так і анаеробного процесів, що можливо лише на структурних ґрунтах, де складається сприятливе співвідношення між водою і повітрям. У структурних ґрунтах у порах між агрономічно цінними агрегатами переважають аеробні процеси, всередині них — анаеробні.

На характер і швидкість гумусоутворення значний вплив чинять хімічний склад рослинних решток та шляхи їх надходження до ґрунту. Відомо, що під лісом на кожен гектар припадає значно більше рослинних решток, ніж у степу. Проте, в лісових ґрунтах значно менше гумусу, ніж у степових, що обумовлено характером надходження і хімічним складом рослинних решток. Так, якщо коріння дерев становить лише 15—20 % надземної маси, то співвідношення підземної маси трав'янистої рослинності і наземної досягає 4—6:1.

Рештки трав'янистої рослинності, особливо бобових рослин, що розкладаються безпосередньо в товщі ґрунту за наявності значної кількості лужних елементів, насамперед кальцію, утворюють гумус, який рівномірно розподілений між мінеральною частиною ґрунту. Такий же гумус може утворитись і в ґрунтах під листяними або змішаними лісами з інтенсивною діяльністю ґрунтової фауни.

Рештки деревної рослинності, бідної на білок, зольні елементи і багаті на лігнін воски і смоли потрапляють на поверхню ґрунту, головним чином, у вигляді наземного опаду. Вони розкладаються в умовах наскрізного промивання за участю грибів, з утворенням великої кількості органічних кислот, які в свою чергу сприяють інтенсивному вилуговуванню кальцію з ґрунту. Кисла реакція уповільнює розвиток процесів гуміфікації і на поверхні ґрунту утворює так званий грубий гумус, що містить багато напіврозкладених решток. Швидкість перебігу процесів розкладу органічних решток у ґрунтах залежить, насамперед, від їх хімічного складу.

Чим більше у рослинних рештках міститься сполук, що легко розщеплюються мікроорганізмами, чим менша величина співвідношення вуглецю до азоту (C:N), тим інтенсивніше відбувається процес їх мікробного розкладу.

На гумусоутворення значний вплив справляє гранулометричний склад ґрунтів та їх фізико-хімічні властивості. У ґрунтах легкого гранулометричного складу, особливо піщаних і супіщаних, органічні рештки розкладаються значно швидше, ніж у ґрунтах важкого гранулометричного складу. Більша кількість решток мінералізується повністю, частина продуктів розкладу вимивається за межі ґрунтового профілю. Новоутворені гумусові речовини майже не закріплюються на поверхні піщаних часток і досить швидко мінералізуються.

У суглинкових і глинистих ґрунтах інтенсивніше відбуваються процеси гуміфікації, новоутворені гумусові речовини утримуються на поверхні високодисперсних мінеральних колоїдів і поступово нагромаджуються в ґрунтах. Особлива роль у закріпленні гумусових речовин належить кальцію, який запобігає вимиванню гумусу з ґрунту, забезпечує сприятливі умови для розкладу рослинних решток та їх гуміфікації, а коли вони перетворюються на гумус, уповільнює його розклад. Зменшення насиченості ґрунтів кальцієм на Поліссі та в Степу призводить до несприятливих змін у ґрунтовому профілі, погіршує водний і повітряний режими ґрунтів.

Фізико-хімічні властивості ґрунту значною мірою залежать від наявності в ньому глинистих часток і органічних речовин. Роль гумусу у фізико-хімічних процесах визначається колоїдними властивостями гумусових речовин, які на 35—87 % зумовлюють ємність вбирання ґрунтів. Вбирна здатність гумусу в 8—10 разів вища, ніж мінеральних колоїдів (Соколовський О.Н., 1913).

Про високу вбирну здатність органічної частини ґрунту свідчить і велика вбирна здатність торфу (210 мг-екв і більше). У міру розкладу органічних решток вбирна здатність зростає. Ґрунтові колоїди є найбільш активною реакційно здатною і динамічною частиною ґрунту, що знаходиться в безперервній взаємодії з ґрунтовим розчином і повітрям. На вбирну здатність гумусу впливає висушування ґрунту, характер

зв'язаних з ним катіонів. Якісний склад обмінних катіонів залежить від генетичного типу і виду ґрунту та ступеня його окультурення. У чорноземах серед обмінних катіонів 80—90 % належить кальцію, і саме для них характерні найбільш сприятливі для більшості сільськогосподарських культур умови життєдіяльності рослин.

Малий вміст гумусу в дерново-підзолистих ґрунтах Полісся, особливості мінералогічного і гранулометричного складу твердої фази ґрунту зумовлюють низьку вбирну здатність колоїдного вбирного комплексу, в якому переважають водень і алюміній, а частка кальцію й магнію незначна.

Інтенсивна система землеробства супроводжується формуванням нових екологічних умов в ґрунтах, які істотно впливають на мікробіологічні процеси, від зміни спрямованості яких залежать процеси гумування.

Розклад органічних решток, що надходять в ґрунт, під дією біохімічної діяльності мікроорганізмів відбувається по двох основних напрямках: мінералізація до кінцевих продуктів з вивільненням мінеральних елементів, вуглекислого газу і води; розклад з проходженням стадії гуміфікації, який забезпечує синтез біологічно стійких органічних сполук гумусової природи. Обидва ці процеси мають важливе значення для життєдіяльності рослин. Розклад до кінцевих продуктів сприяє порівняно швидкому переходу закріплених в органічному субстраті елементів у мінеральні форми, які, використовуючись рослинами, залучаються в новий цикл біологічного колообігу речовин. Шлях мікробіологічного перетворення органічних решток через їх гуміфікацію здійснюється з незначною швидкістю і вимагає для повного завершення більш тривалого часу. Співвідношенням вказаних напрямків розкладу свіжої органічної речовини мікроорганізмами визначають, головним чином, інтенсивність процесів синтезу гумусу в ґрунтах.

Швидкість і специфіка розвитку мінералізаційних процесів у ґрунтах залежать від багатьох факторів, найважливіші з яких: хімічний склад органічного матеріалу, що розкладається; особливості ґрунтових і кліматичних умов; склад мікробних асоціацій та ін.

Органічний матеріал, що надходить в ґрунт, дуже неоднорідний. Він складається з білків і вуглеводів, що легко гідролізуються; речовин, які важко розкладаються: лігніну, ліпідів, восків, смол, фенольних сполук; містить різні пігменти, вітаміни, ферменти, низькомолекулярні органічні кислоти, а також зольні елементи. Вказані сполуки характеризуються неоднаковою стійкістю до мікробіологічного розкладу. Найбільш швидко в ґрунті мінералізуються вуглеводи, білки, водорозчинні органічні речовини і значно повільніше — різні фенольні сполуки, і особливо лігнін. У зв'язку з цим, одним із найважливіших критеріїв, що визначає швидкість розкладу органічних сполук мікроорганізмами, слід вважати наявність у складі речовин, що зазнають міне-

ралізації, циклічних і гетероциклічних угруповань. Такі показники, як відношення C:N, C:P та інші в складі органічних решток, на думку О.О. Берестецького та інших вчених-мікробіологів (1984), можуть бути визначальними лише за умов, коли органічна речовина виступає єдиним джерелом живлення мікроорганізмів. Це, звичайно, спостерігається у природних біогеоценозах, що сформувалися на ґрунтах, бідних на мінеральні форми поживних речовин. В умовах антропогенних ландшафтів, де високий рівень елементів мінерального живлення підтримується внесенням у ґрунт мінеральних добрив, провідна роль цих показників втрачається.

Велику роль у процесах трансформації свіжої органічної речовини відіграє характер зв'язку між легко- і важкодоступними мікроорганізмам біохімічними компонентами, що входять до складу органічних решток. Наприклад, клітковина, зв'язана з лігніном, розкладається значно повільніше, ніж клітковина, що знаходиться у вільному стані. Білки в ґрунтах зазнають більш швидкої мікробіологічної мінералізації порівняно з лігніно-протеїновими комплексами тощо. Значно знижується інтенсивність розкладу органічних решток, якщо до їх складу входять бактерицидні речовини типу танінів, терпенів і смол, токсичних для багатьох мікроорганізмів.

Стійкість органічних субстратів до мінералізації мікроорганізмами у ґрунті залежить від вмісту в них зольних елементів. Останні, будучи додатковим джерелом мінерального живлення мікроорганізмів, сприяють більш швидкій трансформації органічних решток у ґрунті. Водночас багатьом хімічним елементам (зокрема, полівалентним металам) властива здатність переводити органічні сполуки в їх органомінеральні похідні, які відзначаються більш високою стійкістю до мікробіологічного розкладу.

Швидкість перетворення свіжої органічної речовини значною мірою обумовлюється хімічним і мінералогічним складом ґрунтів. У ґрунтах, багатих вторинними мінералами (монтморилонітом, каолінітом, гідролудами та ін.), інтенсивність розкладу органічних решток, як правило, помітно знижується. Це пояснюється тим, що вторинні мінерали, адсорбуючи на своїй поверхні багато органічних сполук, перешкоджають їх подальшій мінералізації.

Стійкість до мікробіологічної мінералізації багатьох органічних речовин, що звільнюються із субстратів, які розкладаються, зростає і за їх взаємодії з різними мінеральними елементами. Ступінь стійкості до мікробіологічного розщеплювання органомінеральних комплексних сполук, що формуються, визначається міцністю хімічних зв'язків, що виникають. У зв'язку з цим, полівалентні метали (Fe, Al) мають більш високу здатність уповільнювати розкладення органічних сполук порівняно з двовалентними елементами. Особливо високою стійкістю до мікробіологічної мінералізації характеризуються складні хелатні ком-

плекси металів з органічною речовиною, розщеплення яких мікроорганізмами вимагає значних енергетичних витрат. Одновалентним катіонам, які беруть участь лише в реакціях обміну, не властива здатність підвищувати стійкість органічних сполук до розкладу. Рівень процесів мінералізації в ґрунтах залежить і від багатьох інших факторів: вологості, температури, аерації тощо.

Усі фактори, що визначають інтенсивність мінералізації органічних решток в ґрунтах, справляють істотний вплив і на процеси їх гуміфікації. Гуміфікація органічної маси в ґрунтах, як правило, пов'язана зі значним зменшенням вихідного матеріалу. В середньому 80—90 % органічних решток мінералізуються до кінцевих продуктів, і лише 10—20 % бере участь в утворенні гумусу, або нагромаджується в ґрунтах у формі стійких до розкладу сполук (Берестецкий О.А. и др., 1984).

Органічна складова частина гумусу являє собою складну систему різноманітних речовин, динамічність якої залежить від надходження до ґрунту рослинних решток і зміни їх під впливом різних груп мікроорганізмів та представників фауни.

Усю різноманітність органічних речовин ґрунту систематизують у дві групи. До першої належать продукти напіврозкладу і розкладу рослинних решток або життєдіяльності (обміну і ресинтезу) живого населення ґрунту. Вона представлена речовинами індивідуального характеру — білками, амінокислотами, вуглеводами, органічними кислотами різної природи, жирами, восками, лігніном та ін. Разом органічні сполуки неспецифічної природи в мінеральних ґрунтах становлять близько 10—15 % загального вмісту органічних речовин.

До другої групи належать специфічні сполуки — власне гумусові речовини, які в мінеральних ґрунтах становлять 85—90 % загального вмісту гумусу.

З початком сільськогосподарського використання ґрунтів динамічна рівновага (гуміфікація-мінералізація) зрушується у бік підсилення мінералізації, спостерігається зниження вмісту гумусу. Основними причинами цього явища є різке скорочення надходження рослинних решток у ґрунт, зміна їх якісного складу, підсилення мікробіологічної діяльності та перемішування поверхневого шару ґрунту з менш гумусованими нижніми шарами. Крім того, за недостатньої кількості свіжої органічної речовини в ґрунті гетеротрофна мікрофлора в процесі життєдіяльності починає використовувати гумус як джерело енергії, що спричиняє дегуміфікацію ґрунту.

Цей процес триває доти, поки не сформується мікробіологічний комплекс, що відповідає новим ґрунтовим умовам. Після цього між процесами гуміфікації і мінералізації знову настає динамічна рівновага, гумусний стан ґрунту стабілізується на новому, нижчому рівні. Значимо, що точна тривалість часу, необхідна для стабілізації, не встановлена.

Найбільш різкі зміни вмісту гумусу відбуваються в перші роки після розорювання цілини в орному шарі. Надалі зменшення запасів гумусу стає помітним по всьому профілю. Вказуючи на цю закономірність, Н.П. Кузнецов (1987) зазначив, що в чорноземах типових, опідзолених і вилугованих втрати гумусу після розорювання цілини дещо вищі, ніж у чорноземах звичайних і південних.

До розорювання цілинних земель вміст гумусу у верхньому шарі чорноземів типових Лівобережного Лісостепу України становив 10—11 %. Нині залишилось його третина або дещо більше. Свого часу В. В. Докучаєв (1883) називав чорнозем «царем ґрунтів», «вічним багатством руського народу, дорожчим від будь-якої корисної копалини», а «родючий чорнозем» «дорожчим від золота». Урожаї на чорноземах, які спочатку дивували уяву, з роками почали падати, траплялися й біди — повні неврожаї. Чорнозем виявився вередливішим, ніж думали, і підносить «сюрприз за сюрпризом».

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 органічних добрив — все це може спричинити істотне зниження вмісту гумусу.

За останні десятиріччя в багатьох країнах світу вміст і запаси гумусу в орних ґрунтах зменшились на 15—25 %, а в деяких випадках — на 50 % попереднього вмісту. Абсолютне зниження вмісту гумусу в ґрунті за 20—50 років його сільськогосподарського використання становило у середньому від 0,6 (дерново-підзолисті ґрунти) до 3,6 % (чорноземи типові), тобто 18—36 % початкового вмісту (Шикун М. К. та ін., 2004).

В Україні дегуміфікацією охоплено 39 млн га сільськогосподарських угідь.

За даними А.М. Грінченка та ін. (1984), 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. За умов гострої економічної кризи люди виживають за рахунок нещадної експлуатації природної родючості ґрунтів, що не може не відбитися на стані гумусу сільськогосподарських угідь України.

Зниження вмісту гумусу в ґрунтах супроводжується погіршенням його якості. У складі гумусу зменшується частка його рухомих форм, 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 слабко 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.

#### **1.4.2. Роль сівозміни в регулюванні вмісту органічної речовини в ґрунті**

---

Основним джерелом нагромадження органічних речовин у ґрунті, який обробляється, є культура польових рослин, їх кореневі та післязбиральні рештки. З рослинними рештками у типових сівозмінах в ґрунт надходить органічних речовин більше, ніж з органічними добривами. Деяке нагромадження органічної речовини в ґрунті відбувається уже під час вегетації рослин за рахунок регенерації кореневої системи, корневих виділень та посиленої діяльності мікроорганізмів. Отже, сільськогосподарські культури, як і взагалі рослини, є не лише «споживачами», а й активними «творцями» ґрунтової родючості.

Сільськогосподарські культури за їх здатністю нагромаджувати рослинні рештки можна поділити на три основні групи: багаторічні трави (бобові, злакові та їх сумішки), що нагромаджують найбільше корневих і післязбиральних решток — 50—80 ц/га і більше сухої маси, що в 1,3—1,5 рази більше сформованого врожаю; озимі жито й пшениця, які залишають рослинних решток 40—50 ц/га, що дорівнює врожаю або дещо менше його; ярі культури, які нагромаджують порівняно мало решток — 20—40 ц/га і менше. Серед них найменше органічної маси залишають просапні — кукурудза, картопля й коренеплідні культури, а також льон — 5—50 % маси рослин, яка відчужується з урожаєм.

Як показують досліді, проведені в основних ґрунтово-кліматичних зонах країни, зональні та ґрунтові умови не впливають істотно на нагромадження корневих і післязбиральних решток у кореневмісному шарі ґрунту, їх кількість визначається біологічними особливостями культур і рівнем урожаїв (табл. 12).

Слід зазначити, що рослинні рештки містять багато елементів живлення, які використовують наступні культури сівозміни, тому облік їх маси і наявності в них поживних речовин має важливе значення для вирішення багатьох інших важливих теоретичних і практичних питань: розробка систем удобрення, сівозмін та ін.

Слід зазначити, що у рештках бобових культур переважає коріння, особливо в багаторічних трав. Так, частка коріння еспарцету, конюшини, вико-вівса становить 70 % рослинних решток, гороху — 60, люпину — 40 %. Аналогічне співвідношення у деяких просапних культур — кукурудзи і цукрових буряків.



Таблиця 12

## БІОМАСА ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР, ц/га (Левин Ф.И., 1977)

Культура	Основна продукція	Побічна продукція (солома, бадилля)	Післяжнивні (післяжнівні) рештки	Кореневі рештки
Озиме жито	12—25	22—50	6,5—11	16—26
	26—40	51—65	11,1—13,8	28—37
Озима пшениця	10—25	20—45	6,5—12	15—28
	26—40	46—57	12,1—13,5	29—40
Ячмінь	10—20	15—24	6—9,5	14—22
	21—35	25—39	9,6—10,8	23—29
Овес	10—20	14—29	6—8,8	12—22
	21—35	31—42	9—11,2	24—30
Просо	12—20	12—34	6—9	10—22
	21—30	36—54	9,3—12	23—28
Кукурудза на зерно	10—35	30—60	6—12	15—34
Горох	5—20	11—30	4—6	10—20
	22—30	31—40	6,5—8	21—24
Гречка	5—15	13—30	5,5—8	11—22
	16—30	31—50	8,1—11	23—30
Соняшник	8—30	20—60	7—15	15—38
Картопля	50—200	8—27	3—9	8—20
	201—350	28—44	10—13	21—28
Цукрові буряки	100—200	12—26	1,5—3,0	10—17
	201—400	30—50	3—3,5	18—30
Льон	3—10	30—65	—	13—22
Коноплі	3—10	45—80	—	15—30
Кукурудза на силос	100—200	—	6,2—8,8	21—33
	201—350	—	9—12	33—45
Однорічні трави	10—40	—	8—14	18—42
Багаторічні трави	40—60	—	13—16	45—75

У соняшнику і картоплі, навпаки, стеблові та листові рештки втричі переважають масу коріння, тому приорювання гички картоплі, цукрових буряків та стеблових решток соняшнику поліпшує баланс органічних речовин ґрунту в спеціалізованих просапних сівозмінах.

У зернових культур (озима пшениця, жито, ячмінь) побічна продукція та післяжнивні рештки становлять 60—70 % загальної маси рослинних решток.

Нагромадження рослинних решток у ґрунтах зумовлюється конкретним складом, розміщенням та співвідношенням культур у сівозміні. Змінюючи співвідношення площі під різними культурами сівозміни, можна певною мірою регулювати надходження органічної речовини в ґрунт з рослинними рештками. Безперервне вирощування просапних культур без внесення органічних добрив неминуче призводить до зменшення природних запасів ґрунтового гумусу, тоді як беззмінна культура багаторічних трав сприяє нагромадженню органічної речовини і поповнює нестачу розчинних мінеральних сполук поживних елементів.

Незважаючи на те, що рослинні рештки становлять незначну частину (10—15 %) загальної кількості органічної речовини ґрунту, їм належить важлива роль у постачанні рослин елементами живлення. Вони більш легко піддаються мікробіологічному розкладу порівняно з гумусом і за своєю дією наближаються, а інколи і перевищують органічні добрива. Проте вплив їх на родючість ґрунту і урожайність наступних культур залежить від хімічного складу, особливо від співвідношення вуглецю і азоту.

За розкладання рослинних решток із широким співвідношенням C:N (понад 20:1) увесь азот, що міститься в них, використовується мікроорганізмами. Більше того, за недостатньої кількості його в матеріалі, що розкладається, бактерії споживають азот мінеральних сполук ґрунту, а також гумусу. У процесі розкладання органічної речовини з вузьким співвідношенням C:N частина азоту, який при цьому звільняється, також використовується мікроорганізмами, а інша частина залишається для живлення рослин та бере участь в процесах гуміфікації. За вмістом азоту в рослинних рештках культури можна розмістити в такій послідовності: багаторічні бобові трави > зернові бобові > коренеплідні > кукурудза > зернові. Кореневі і наземні рештки ярих зернових дещо багатші азотом порівняно з озимими на 0,1—0,15 %.

За даними Ф.І. Левіна (1972), з рослинними рештками різних культур в ґрунт повертається (від загальної кількості їх в урожаї) від 27 до 60,5 % азоту, від 18,5 до 51,7 % фосфору, від 16,7 до 48,1 % калію, від 27,6 до 54 % кальцію. За часткою азоту, що залишається в рослинних рештках, культури розміщуються в такий ряд: багаторічні бобові трави > однорічні трави > зернові > кукурудза > картопля.

Позитивний вплив сільськогосподарських культур на родючість ґрунту визначається не тільки кількістю, а й якістю рослинних решток,

зокрема вмістом азоту. Рештки бобових культур містять цього елемента 2—2,5 % і більше, а рештки злакових — лише 0,5—1,5 %. У перерахунку на гектар посіву з рештками багаторічних трав, зокрема конюшини, в ґрунті залишається від 90 до 200 кг азоту, люпину — 70, озимих пшениці і жита — 55, а з рештками просапних культур (кукурудзи, картоплі) — тільки 20—40 кг.

Слід нагадати, що значна частина азоту, який залишається у ґрунті з рештками бобових культур, засвоюється ними з повітря, тоді як після злакових культур в ґрунт надходить з рослинними рештками лише азот, який рослини з нього ж і використали.

Якісно кореневі рештки біологічно більш цінні, ніж стеблові, особливо багаторічних бобових трав. Надходження з рослинними рештками бобових трав великої кількості багатого азотом свіжого органічного матеріалу забезпечує підвищення біологічного потенціалу ґрунту, посилює в ньому процеси перетворення органічної речовини і формування гумусу, тому типові десятипільні сівозміни з 20 % і більше бобових трав у багатьох випадках забезпечують стабілізацію запасів гумусу в ґрунті.

За даними В.І. Матвєєвої (1977), розміри щорічної мінералізації гумусу в орному шарі дерново-підзолистих ґрунтів становлять, т/га: під зерновими і льоном — 0,7—0,9; картоплею — 1,3—1,5; цукровими буряками, кормовими коренеплодами та овочевими культурами — 1,5—1,7; кукурудзою на силос — 1,2—1,3; однорічними травами на сіно — 0,6—0,8 і силосними — 0,5—0,7. Орієнтовні параметри середньорічних втрат гумусу на чорноземах під просапними — 1,5—2,0 і у чорному парі — 2,0—2,5 т/га.

Для розрахунку новоутвореного гумусу з рослинних решток і гною використовують коефіцієнти їх гуміфікації. Вони являють собою частку вуглецю рослинних решток, що після їх трансформації надійшла до гумусу ґрунту. Коефіцієнти гуміфікації рослинних решток в орному шарі чорнозему типового становлять: для цукрових буряків — 0,10, озимої пшениці на зелений корм і картоплі — 0,13, соняшнику — 0,14, кукурудзи на силос — 0,17, озимої пшениці і кукурудзи на зерно — 0,20, ячменю — 0,22, гороху — 0,23, люцерни — 0,25, гною — 0,23 (Чесняк Г.Я., 1985).

Відповідною зміною складу культур сівозміни, зокрема застосуванням багаторічних трав, проміжних і сидеральних культур, можна звести втрати гумусу до мінімальної величини. При цьому слід відмітити, що застосування виключно мінеральних добрив навіть за найбільшого надходження в ґрунт рослинних решток не забезпечує повної компенсації азоту, що утворився за мінералізації органічної речовини ґрунту і винесеного з господарським врожаєм. Якщо виключити повторне повернення в ґрунт частини поживних речовин у формі гною та інших органічних добрив, то навіть за інтенсивного застосування мінеральних добрив баланс азоту і гумусу ґрунту буде неминуче від'ємним.

Внесення органічних добрив усіх видів, структура посівних площ у сівзміні, що враховує відтворення гумусу, і всі заходи, спрямовані на бережливе ставлення до ґрунтового гумусу та скорочення його непродуктивних втрат, — обов'язкові умови розширеного відтворення ґрунтової родючості і постійного підвищення продуктивності ріллі.

Розрахунки показали, що для зони Полісся у типовій 8-пільній сівзміні з трьома полями просапних культур і одним полем конюшини за внесення мінеральних добрив з розрахунку (NPK)<sub>30-40</sub> середньорічна мінералізація гумусу може досягати 1 т/га. Для поповнення такої кількості гумусу рослинних решток навіть у разі нагромадження їх до 4—5 т/га звичайно не вистачає. Внаслідок гуміфікації рослинних решток поповнення гумусу в ґрунті становитиме в кращому випадку лише 0,6 т/га. Таким чином, близько 0,4 т/га гумусу необхідно поповнювати за рахунок внесення органічних добрив. Для поповнення цієї кількості гумусу і підвищення родючості ґрунту необхідно вносити на 1 га площі сівзміни не менше як 9—10 т органічних добрив. У сівзмінах з більшим насиченням просапними культурами, особливо на легких піщаних і супіщаних ґрунтах, а також враховуючи втрати внаслідок ерозії ґрунту, норму внесення органічних добрив доцільно збільшувати.

У десятипільній зернопросапній сівзміні (просапних — 40 %, зернових — 50 % при одному полі конюшини) на чорноземі Лісостепу, де середньорічна мінералізація гумусу на неодобреному ґрунті досягає 0,9 т/га, а щорічне надходження рослинних решток не перевищує 3—5 т/га, з яких може утворитися лише 0,4—0,6 т/га гумусу, дефіцит його становить 0,4—0,5 т/га. Для відновлення цієї кількості гумусу необхідно вносити 7—8 т/га гною, а враховуючи втрати внаслідок ерозії, — до 12 т/га (Зубенко В.Ф. та ін., 1985).

За даними Уманського ДАУ, для усунення дефіциту органічної речовини чорнозему опідзоленого навіть у сівзмінах із високою часткою (до 60 %) просапних культур достатньо на 1 га ріллі вносити 9 т гною на фоні N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>. За такого рівня органічних і мінеральних добрив складається бездефіцитний баланс азоту (Ещенко В.Е., 1990).

Усім відоме значення ефективної родючості у підвищенні продуктивності чорноземних ґрунтів. Про це, зокрема, свідчить рівень урожайності культур, які вирощують у зоні поширення цих ґрунтів. Проте результати досліджень, що проводились Інститутом землеробства УААН протягом останніх 30 років на чорноземах типових Лівобережжя Лісостепу, показали, що в умовах сучасного землеробства зі зміною структури посівних площ в напрямі зменшення площ під бобовими та збільшення частки високоінтенсивних культур за інтенсивних технологій вирощування, тобто зі зростанням антропогенного навантаження спостерігається погіршення хімічних, фізичних та інших агрономічних властивостей чорноземних ґрунтів.

Свого часу систематичне застосування високих доз мінеральних добрив та інтенсивних технологій механічного обробітку стало причиною утворення у поверхневому шарі ґрунту високої концентрації поживних речовин, значного підвищення вмісту іонів водню та істотного зниження вмісту кальцію і магнію у вбирному комплексі чорнозему. За таких умов в багатьох випадках змінився притаманний чорноземам гуматний тип гуміфікації — він став гуматно-фульватним, за якого сформувався акумулятивно неповнорозвинений гумусовий профіль з ознаками деструктивного процесу гумусоутворення.

Із втрачанням зі складу гумусу чорноземів гуматів кальцію спостерігається зниження вмісту у поверхневому шарі ґрунту агрономічно цінної структури, її водотривкості, збільшується здатність ґрунту до запливання і кіркоутворення.

Високе насичення сівозмін кукурудзою та цукровими буряками створює труднощі у підтриманні зрівноваженого балансу азоту й гумусу, ускладнює водний режим ґрунту.

Науковцями Інституту землеробства УААН встановлено, що за вирощування у десятипільній сівозміні 20 % бобових трав, по 20 % озимої пшениці та ячменю, по 20 % цукрових буряків та кукурудзи на фоні внесення на 1 га ріллі 6—7 т гною у поєднанні з помірними (30—50 кг) дозами основних поживних речовин у ґрунті створюється зрівноважений або навіть додатний баланс гумусу й поживних речовин, фізико-хімічні властивості чорнозему перебувають у оптимальному режимі. За таких умов продуктивність сівозмін досить висока. Урожайність зернових становить 47—48 ц/га, збір кормових одиниць досягає 90—100, перетравного протеїну — 6—7 ц/га. Сівозміна забезпечує високий вихід органічних решток рослин — 35—45 ц/га.

Досліди наочно показують, наскільки важлива роль у регулюванні балансу гумусу належить багаторічним бобовим травам. Серед усіх культур, що вирощують у сівозмінах, лише вони забезпечують додатний баланс гумусу: за врожайності сіна 50—70 ц/га середньорічне нагромадження гумусу становить 1 т/га. Саме тому серед контрольних сівозмін (без фону добрив) сівозміни з високим вмістом бобових трав (20—25 %) і низьким — просапних культур (20—25 %) позитивно впливали на гумусний режим ґрунту: швидкість розкладання гумусу та величина його витрат тут виявилися найменшими (0,20—0,25 т/га на рік).

Коренева маса багаторічних трав у перший рік використання в 1,5 раза, а на другий рік — удвічі перевищує масу корених і післязливних решток однорічних зернових культур. За умов вирощування багаторічних трав гумус утворюється у разі послаблення аеробних процесів у результаті ущільнення ґрунту і обмеженого надходження кисню що насамперед посилює гуміфікацію рослинних решток.

З урахуванням того, що деякі польові культури після збирання можуть залишати значну кількість органічної маси в ґрунті, необхідно

впроваджувати такі сівозміни, в яких завдяки кореневим та наземним решткам досягається рівновага між процесами новоутворення гумусу та його мінералізації. У польових десятипільних сівозмінах лісостепо-вої зони, у структурі посівних площ яких 20 % становлять багаторічні трави, 50 — зернові культури звичайного рядкового способу сівби і 30 % — просапні, культури (у тому числі 10 % — цукрові буряки), за високих урожаїв сільськогосподарських культур забезпечується зрівноважений баланс гумусу. За збільшення насиченості сівозміни просапними культурами або введення чорного пару і вилучення з поля побічної продукції з врожаєм тільки за рахунок рослинних решток зрівноважений баланс гумусу не досягається. Він можливий без застосування органічних добрив лише тоді, коли на полі буде залишатися і заорюватися певна частина побічної продукції рослинництва.

Послідовне збільшення у структурі сівозмін частки високоінтенсивних просапних культур (цукрових буряків, кукурудзи) за одночасного зменшення або повного виключення бобових трав призводить до збільшення мінералізації гумусу та зростання його дефіциту до рівня 0,7—1 т/га за рік. За такого стану гумусового балансу стає найнижчою продуктивність чорноземів — урожайність озимої пшениці не перевищує 25 ц/га, цукрових буряків — 200—250, кукурудзи — 15—25 ц/га. У таких сівозмінах різко зростають витрати на покриття дефіциту гумусу й азоту в ґрунті за рахунок добрив. Зокрема, для забезпечення рівня продуктивності культур, що відповідає сівозмінам з бобовими травами, тут слід вносити на 1 га ріллі не менше 10 т гною у поєднанні з високими, на рівні 90—100 кг/га діючої речовини, нормами мінеральних добрив.

Дослідження (1962—1998) Інституту землеробства УААН показали, що рівень повернення в ґрунт із добривами поживних речовин, що забезпечує бездефіцитний або навіть додатний баланс, неоднаковий за різних ґрунтово-кліматичних умов і структури посівних площ сівозмін. Так, у сівозмінах без бобових культур компенсація витрат азоту ґрунту на врожай культур шляхом внесення добрив має становити в середньому не менше 100 %, у тому числі на піщаних ґрунтах Полісся, незалежно від ступеня їх окультурення — 120—150 %, а на чорноземах — 80—90 % (решта витрат азоту на чорноземах поповнюється завдяки несимбіотичній азотофіксації). Багаторічні бобові трави завдяки симбіотичній азотофіксації залучають до біологічного колообігу від 100 до 300 кг/га азоту повітря, з яких 75—200 кг є чистим прибутком для ґрунту. У дослідках Інституту землеробства УААН на Драбівській дослідній станції за введення у структуру посівів культур десятипільної сівозміни 25 % багаторічних трав, 25 — просапних і 50 % зернових колосових додатний баланс гумусу і азоту спостерігається за внесення на 1 га сівозмінної площі невеликих доз добрив (6 т гною +  $N_{50}P_{41}K_{50}$ ), що за азотом не перебільшує 54—57 % його загальних витрат у сіво-

зміні. Решта витрат азоту компенсується біологічним азотом бобових трав.

Отже, наявність бобових трав у сівозміні дає змогу на 20—40 % компенсувати витрати азоту і тим самим істотно зменшити рівень застосування мінерального азоту добрив, а насичення сівозміни бобовими культурами (включаючи проміжні посіви) є одним із засобів її біологізації.

Бездефіцитний баланс фосфору в системі ґрунт — рослина на бідних ґрунтах Полісся створюється за внесення його з добривами у кількості, що становить 200—250 % виносу урожаєм, а на чорноземних ґрунтах, залежно від вмісту в них рухомого фосфору, — 100—150 %.

Оптимальний рівень повернення в ґрунт із добривами калію має становити на поліських ґрунтах не менше 120—150 %, на чорноземах — 90—100 % від виносу урожаєм. Наведені дані є основою для розробки у кожному конкретному випадку науково обґрунтованої раціональної системи застосування добрив під культури сівозмін.

Основою регулювання вмісту органічної речовини, гумусу, азоту в ґрунті є насамперед дотримання сівозмін з оптимальним співвідношенням зернових, просапних культур, багаторічних бобових трав і внесенням добрив.

У разі, коли оптимальне співвідношення культур у сівозмінах порушується і збільшується частка культур, що створюють напружений баланс гумусу та азоту, основним фактором їх стабілізації стає внесення добрив, передусім органічних.

Межі оптимального вмісту гумусу для того чи іншого типу ґрунту визначаються, перш за все, його гранулометричним складом — чим більше колоїдальна частина ґрунту, тим вищий буде рівень гумусу. Так, природний його рівень у дерново-підзолистих піщаних ґрунтах не перевищує 0,5—0,6 %, супіщаних — 1—1,2, темно-сірих і сірих лісових ґрунтах — 2,7, чорноземах південних — 3,7, а в чорноземах типових — 5,3 і звичайних — 6,2 % (Дегодюк Е. Г., Бацула О. О., 1992).

Звичайний стан, до якого слід прагнути, — це збереження вмісту гумусу або його нарощування на 10—15 %, що забезпечує реально існуюча система удобрення в сівозміні. Як свідчить 55-річний досвід Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла УААН, за систематичного внесення добрив збільшення вмісту гумусу в ґрунті відбувалося в перші 10—15 років, потім протягом 40 років кількість його майже не змінювалася.

На величину гуміфікації істотний вплив справляє поєднання органічних і мінеральних добрив. Під час внесення рослинних решток і мінеральних добрив у нормах, за яких співвідношення С:N перебуває в межах 20—25 (як у перепрілому гної), коефіцієнт гуміфікації органічних речовин сягає 25—30 %, що в 3—4 рази більше, ніж за гуміфікації одних рослинних решток. Показник С:N необхідно враховувати за

складання систем удобрення як окремих культур, так і сівозмін. За од-нобічного внесення органічних добрив або мінерального азоту деякою мірою зрушується співвідношення C:N в ґрунтах, що призводить або до біологічної фіксації азоту (в разі застосування лише органічних до-брив), або до збільшення втрат азоту шляхом денітрифікації і нітрифі-кації (за внесення лише азоту з мінеральними добривами). Для макси-мального зменшення втрат азоту з мінеральних добрив необхідно вносити його із розрахунку не більше 5—10 кг діючої речовини на ко-жну тону підстилкового гною. Оптимізація співвідношення C:N дуже важлива для вирощування основних сільськогосподарських культур на сході країни, в зоні недостатнього зволоження. Внесення всієї рекоме-ндованої кількості азоту навесні та його застосування у підживлення ставить рослини у велику залежність від погодних умов. Перенесення частини цих добрив під основний обробіток залежно від кількості та якості післяжнивних решток, зв'язування його в органічній формі дасть змогу запобігти втратам азоту в результаті вимивання і денітри-фікації, істотно поліпшити живлення рослин у період вегетації, змен-шити залежність урожаю від несприятливих погодних умов.

На величину гуміфікації органічних добрив істотно впливає норма їх внесення у ґрунт. Зі збільшенням норм внесення проти рекомендо-ваних посилюється мінералізація органічної речовини за одночасного зниження інтенсивності гумусоутворення.

Посилення мінералізаційних процесів за внесення високих норм ор-ганічних добрив і як результат цього зменшення позитивного впливу на гу-мусний стан ґрунту може бути й наслідком нерівномірного внесення до-брив. Нерівномірний розподіл, локалізація великих грудок гною є причи-ною збільшення в цих місцях напруженості мінералізаційних процесів ор-ганічних речовин гною і відповідно зменшення процесів гуміфікації.

Процеси гумусоутворення значною мірою залежать від способів загор-тання органічних речовин у ґрунт. Так, за поверхневого загор-тання різко посилюються мінералізаційні процеси. В умовах загортан-ня гною на глибину 20—35 см (наприклад, двоярусним плугом) коефі-цієнт гуміфікації збільшується у 2,3—2,9 рази (табл. 13).

*Таблиця 13*

**ВПЛИВ НОРМ ВНЕСЕННЯ І ГЛИБИНИ ЗАГОРТАННЯ ГНОЮ  
НА НОВОУТВОРЕННЯ ГУМУСУ, кг гумусу на 1 т гною**

Норма внесення гною, т/га	Новоутворення гумусу по глибинах загор-тання гною, см		
	10	20	35
50	47	109	140
100	36	76	97



За безполицевого обробітку локалізація у поверхневому шарі ґрунту органічних добрив і рослинних решток значною мірою змінює порівняно з оранкою умови гуміфікації. При цьому просторово не збігаються зони надходження гумусоутворювачів із зонами їх ефективної гуміфікації. За внутрішньогрунтового надходження органічних речовин включення продуктів їх розкладу в гумусові речовини в 2—3 рази більше, ніж за поверхневого. У зв'язку з цим, Б.С. Носко, В. П. Патика, О.Г. Тараріко та ін. (1999) підкреслюють, що не тонкий шар ґрунту, якої б він не був гумусованості, має першочергове значення в досягненні високих урожаїв та їх стабілізації в різні за погодними умовами роки, а по можливості — глибший і добре гумусований кореневмісний шар, тобто для стабілізації гумусного стану ґрунтів найраціональнішим є поєднання мінімального обробітку з оптимальною глибиною загортання органічних добрив.

Таким чином, основою регулювання інтенсивності колообігу речовин у землеробстві є агротехнічні заходи, спрямовані на збільшення надходження в ґрунт органічних речовин у вигляді кореневих і наземних решток та внесення органічних добрив з одночасним створенням найсприятливіших умов для їх гуміфікації.

#### **1.4.3. Використання побічної продукції землеробства для поповнення органічної речовини в ґрунті**

---

У кінці 80-х років минулого століття за внесення на 1 га ріллі гною на рівні 7—9 т/га і щільності поголів'я тварин — 1 умовна голова на 1 га сільсько-господарських угідь питання застосування побічної продукції землеробства на добриво взагалі не існувало, оскільки майже вся нетоварна біомаса використовувалася на потреби тваринництва, в тому числі на корм і підстилку. Органічний вуглець надходив у ґрунт з гноєм, кореневими та післязбиральними (бадилля картоплі в Поліссі, стебла соняшнику в Лісостепу і Степу) рештками.

Проблема нетоварної частини урожаю й особливо соломи за умов різкого скорочення поголів'я сільськогосподарських тварин до недавнього часу здебільшого розв'язувалась шляхом її спалювання. При цьому переваги технологічного і фітосанітарного характеру супроводжувалися значними непродуктивними втратами органічного вуглецю як самої соломи, так і гумусу, що призводило до різкого посилення процесів дегуміфікації ґрунтів. Згідно з експертними оцінками у разі збереження такого стану в найближчі 5—7 років вміст гумусу в орному шарі знизиться від 3,2 до 2,8 %, що, без сумніву, призведе не лише до зниження обсягів виробництва продукції, а й безумовно стане причиною виникнення та посилення різних екологічних негараздів лока-

льного, регіонального і навіть глобального характеру (Тараріко Ю. О. та ін., 2004).

Відомо, що на початку 50—60 років ХХ ст. у зв'язку з поглибленням процесів спеціалізації, відсутністю ефективних агрохімікатів для захисту культурних рослин від хвороб, шкідників і бур'янів, а також надійних засобів механізації застосування рослинних решток переважна кількість соломи спалювалася, тому серед українських фахівців-аграріїв набула поширення думка про доцільність спалювання соломи.

Встановлено, що солома згорає на одному квадратному метрі за 30—40 с, при цьому температура на поверхні ґрунту може досягати 360 °С, на глибині 5 см — близько 50 °С. Вигорання органічної речовини ґрунту відбувається в шарі 0—5 см, а втрати води — в шарі 0—10 см. При цьому погіршуються водно-фізичні властивості ґрунту, зменшується його біологічна активність, а продукти термічної мінералізації швидко проникають за межі ґрунтового профілю.

Солома містить близько 15 % води і майже на 85 % складається з органічної речовини. Целюлоза, пентозани, геміцелюлоза і лігнін (до 80 %) є активним енергетичним матеріалом для мікроорганізмів ґрунту, а продукти їх деструкції — будівельним матеріалом для лабільного («поживного») гумусу. У середньому у складі рослинних решток кількість геміцелюлози становить 15—20 %, лігніну — 15—22 %. За вмісту 20—30 % лігніну процес розщеплення целюлози значно уповільнюється.

У середньому 1 т соломи містить 5 кг азоту, 2,5 кг фосфору, 8 кг калію, 350—400 кг органічного вуглецю, 25 г бору, 15 — міді, 150 — марганцю, 2 — молібдену, 200 — цинку і 0,5 г кобальту.

У зв'язку із широким співвідношенням у соломі С:N — 70—80:1, у процесі її розкладання мікроорганізми інтенсивно споживають мінеральний азот ґрунту.

За розкладання корених та післяжнивних решток зернових культур, у зв'язку з відносно низьким вмістом у їх складі азоту, процеси мінералізації переважають над процесами гуміфікації, оскільки безазотисті гумусові сполуки нестійкі і досить швидко мінералізуються.

Встановлено, що для корених решток озимої пшениці коефіцієнт гуміфікації знаходиться в межах 0,15—0,18, соломи — 0,10, гною — 0,2—0,3, а відношення С:N становить відповідно 35—40:1; 80:1; 25—35:1.

Узагальнення літературних джерел щодо дії мінеральних добрив на гумусний стан свідчить про те, що, по-перше, серед мінеральних добрив найпомітніше впливають на гумусний стан азотні добрива, по-друге, невеликі норми азотних добрив (30—40 кг/га), що сприяють розвитку мікроорганізмів, водночас зменшують вміст гумусу на 0,2—0,4 т/га. Наведені дані дають підстави передбачити збільшення коефіцієнтів гуміфікації соломи за рахунок балансування співвідношення вуглецю й азоту за внесення мінеральних добрив. За розкладу соломи до

грунту надходить не тільки певна кількість необхідних рослинам мінеральних сполук, але й значна кількість вуглекислого газу (до 25 % від загальної маси соломи), що використовується рослинами у процесі фотосинтезу, а також, сполучаючись з водою, утворює вугільну кислоту, яка сприяє переведенню у розчинну форму певної кількості поживних елементів ґрунту. Солома, відтак, поліпшує кореневе живлення і повітряний режим.

Загортання соломи позитивно впливає на процеси, що відбуваються у ґрунті, в тому числі й на збільшення запасів гумусу.

Оскільки вміст сухої органічної речовини в соломі становить 85 %, у підстилковому гної — 20, зеленому добриві — 10, рідкому гної — 3 %, то солома має важливе значення в регулюванні балансу органічної речовини, що надходить до ґрунту, особливо на віддалених від ферм полях, де гній практично не вноситься.

До негативних властивостей соломи слід віднести її депресивну дію на культуру, під яку вона вносила як добриво.

Встановлено, що крім широкого співвідношення С:N, інгібіторна дія пов'язана із присутністю в соломі розчинних форм органічних сполук: саліцилової і дегідростеаринової кислот і ваніліну. Водна витяжка зі свіжої соломи гальмує розвиток рослин. У соломі та продуктах її розкладу виявлено ряд похідних фенолу, які справляють токсичний вплив на рослини.

У ґрунті продукти розкладу соломи — ванілінова, кумарова і бензойна кислоти помітно інгібують ріст рослин. Фітотоксичний ефект продуктів розкладу проявляється в затримці росту коріння, порушенні обміну речовин, хлорозі. За розкладу соломи, крім фенольних сполук, утворюється ряд органічних кислот — мурашина, оцтова, молочна, масляна, щавелева, буштинова, валеріанова та інші, які також шкідливі для розвитку кореневих систем рослин.

Особливо багато шкідливих сполук накопичується за анаеробного розкладання соломи. В аеробних умовах і в ґрунтах з високою біологічною активністю токсичні сполуки розкладаються швидше.

Дослідами встановлено, що велике значення в усуненні депресивного ефекту соломи на рослини має азот. Його високі дози зводять до мінімуму депресивний вплив витяжки із соломи. Найкращий ефект спостерігається за внесення сульфату амонію за тиждень до загортання соломи. Детоксикація свіжої соломи відбувається за рахунок стимуляції азотом мікробіологічного комплексу ґрунту. При цьому умови розкладання соломи у ґрунті відіграють основну роль у характері нагромадження продуктів розкладу органічної речовини. Фітотоксичні сполуки, що утворилися, в аеробних умовах можуть швидше засвоюватися мікроорганізмами, або інактивуватися в результаті адсорбції на органічних чи мінеральних колоїдах, або нейтралізуватися іншими сполуками у процесі гуміфікації.

В анаеробних умовах токсичні речовини зберігаються більш тривалий час, особливо за невисоких температур і нестачі азоту. Мінеральні речовини, що містяться в соломі, також впливають на перебіг процесів розкладу, оскільки потреба мікроорганізмів у мінеральних речовинах подібна до потреби в них вищих рослин. Як правило, для нормального розкладу вміст зольних елементів у рослинних рештках достатній, а відтак вони, на відміну від азоту, навряд чи можуть лімітувати цей процес. За співвідношення вуглецю до фосфору 150—200:1 можливий безперешкодний розклад рослинних решток, тому за вмісту фосфору в них 0,2—0,3 % можна не побоюватися біологічного зв'язування фосфору ґрунту.

Розкладання рослинних решток у ґрунті проходить повільно і залежить від якості їх загорання і погодних умов. Встановлено, що за 2,5—4 місяці розкладається до 46 % соломи, за півтора-два роки — до 80 %, решта — пізніше.

За розкладання 1 т соломи у ґрунті вже через 3 місяці утворюється близько 50 кг гумусу, а через 2 роки утворення закінчується, досягаючи максимального значення 90—100 кг. Новоутворені гумусові речовини належать до класу так званого «поживного гумусу» — через 4 роки їх кількість зменшується до 70 кг.

Застосування подрібнених наземних решток культур і соломи без звуження співвідношення C:N до рівня підстилкового гною може спричинити розвиток рослин, під які вони зароблені, і знижувати їхню продуктивність. У соломі співвідношення C:N становить 80:1, у гної — 18:1.

Досягти звуження цього співвідношення можна трьома способами:

1) внесенням під час зароблення в ґрунт соломи мінерального азоту з розрахунку 8—10 кг діючої речовини на 1 т соломи чи подрібнених стебел;

2) сумісним застосуванням соломи і подрібнених стебел із безпідстилковим гноем, рідкою його фракцією, рідким пташиним послідом, надлишковим активним мулом, рідкими осадами стічних вод тощо, які вносять з розрахунку 6—8 т на 1 т соломи за концентрації в них загального азоту до 0,2 %, за меншої або більшої концентрації роблять відповідний перерахунок;

3) вирощуванням сидеральної культури в районах достатнього зволоження і на зрошуваних землях за неглибокої заробки соломи дискуванням або лушенням з наступним заорюванням усієї маси плугом під час зяблевого обробітку ґрунту.

В умовах енергетичної кризи в Україні другий і третій способи є найдоступнішими для виробництва.

У Поліссі та Лісостепу солому вносять під картоплю, цукрові буряки, кукурудзу, в Степу — кукурудзу і соняшник. У посушливих умовах недоцільно вносити солому під озимі культури.

Удобрення соломою та іншими рослинними рештками забезпечує підвищення в ґрунті гумусу, позитивно впливає на фізичні властивості ґрунту, його водний і повітряний режими. Ґрунт краще протистоїть водній і вітровій ерозії.

Принципове значення має спалювання стерні, найбільш поширене на півдні України. З одного боку, воно розглядається як засіб зменшення кількості бур'янів, кореневої гнилі, поліпшення якості основного обробітку ґрунту. З іншого, спалювання стерні — це втрата гумусу, зменшення популяції дощових черв'яків, шлях до більш швидкого пересихання поверхні ґрунту, підвищення загрози вітрової ерозії, забруднення атмосферного повітря.

Найдоцільнішим використанням подрібненої соломи в умовах фермерського чи присадибного господарства є пропускання її через корітник або свинарник на підстилку для одержання гною, а за відсутності тварин або на дачах — вигодовлення компостів.

Подрібнена солома є більш вологоємною порівняно з цілою, більш гігроскопічною, рівномірніше розподіляється в орному шарі ґрунту і стає доступнішою для мікрофлори.

Викладене вище дає підстави сформулювати такі основні агротехнічні вимоги до внесення соломи як добрива:

— солому на добриво варто вносити насамперед на збіднених, староорних ґрунтах, на полях, що знаходяться на відстані понад 5 км від тваринницьких ферм, а також за нестачі в господарстві гною;

— солому можна вносити під усі сільськогосподарські культури: просапні, кормові, зернові та зернобобові, проте найбільш повно солома використовується за умов загортання під основний обробіток ґрунту на полях, призначених для вирощування кукурудзи на зерно і зелений корм;

— рівномірність розподілу подрібненої соломи (довжина різки 5—10 см) має становити не менше 75 % безпосередньо за обмолоту зерна комбайнами;

— подрібнена солома може залишатися в полі протягом одного-двох тижнів після збиральних робіт, виконуючи роль мульчі, що захищає ґрунт від висушування;

— після розкидання соломи необхідно внести азотні добрива в дозі 10—12 кг діючої речовини на 1 т соломи, потім не пізніше, ніж через два дні поле має бути оброблене дисковою бороною на глибину 10—12 см;

— за напівпарового зяблевого обробітку рівномірно розподілену у полі солому разом з мінеральним добривом потрібно загорнути на глибину 20—22 см;

— після внесення соломи ґрунт готується під посів запланованих сільськогосподарських культур відповідно до прийнятих технологій.

Для більш повного (40—50 %) розкладання біомаси соломи потрібно, щоб термін від загортання її у ґрунт до сівби сільськогосподарсь-

ких культур становив не менше 6—8 місяців. За цієї умови уже в перший рік культурні рослини можуть використати до 15—25 % азоту, 20—30 фосфору і 25—40 % калію.

Використання соломи на добриво має велику екологічну значущість: утилізується величезна маса органічної речовини, що мінералізується в ґрунті, елементи продуктів напіврозкладу цілком поглинаються ґрунтовим комплексом; солома повторно долучається до колообігу мінерального й органічного живлення рослин для формування нової біомаси рослин і вирощування нового врожаю; розкладаючись у ґрунті протягом тривалого часу, солома не забруднює його високими концентраціями нітратного азоту, органічним фосфором і калієм; сталий баланс надходження до ґрунту і витрат елементів живлення рослин із соломи виключає вимивання рухомих елементів і винесення їх з поверхневим стоком у водойми; рівномірно розкидана у полі солома у спекотний літній день захищає ґрунт від пересихання і ущільнення; внесення соломи у ґрунт сприяє розвитку ґрунтової фауни, що виражається в підвищеній активності бактерій, дощових черв'яків та інших живих організмів, які сприяють поліпшенню агрохімічних і фізичних властивостей ґрунту; з ліквідацією скірт соломи погіршуються умови розмноження мишоподібних гризунів, поліпшується фітосанітарний стан поля (зменшується кількість насіння бур'янів і патогенної мікрофлори зернових культур).

Спалювання стерні допускається як виняток за масового ураження колосових культур кореневими гнилями і фузаріозом, що перевищує гранично допустиме значення. Рішення про це має приймати відповідна обласна чи районна комісія.

Вчені категорично проти масового спалювання соломи на полях. Навпаки, з огляду на це, вони навіть діляться досвідом раціонального використання соломи для підвищення родючості ґрунтів. Дослідження, проведені у 80—90-х роках у стаціонарному досліді Миронівського інституту пшениці ім. В. М. Ремесла з вивчення систем обробітку ґрунту, показали високу ефективність насичення сівозміни органічною речовиною у вигляді подрібненої соломи колосових попередників та її заробки під наступні ярі культури. Під час збирання врожаю озимої пшениці комбайнами «Сампо-500» солома подрібнювалась, рівномірно розтрушувалась і залишалась на полі майже до кінця жовтня. За цей проміжок часу (90—95 днів) проводився 3—4-разовий обробіток чорнозему дисковими боронами. Під впливом часу, атмосферних опадів і мікроорганізмів солома перетворювалась у напівперепрілу мульчовану масу, яку заорювали в ґрунт під наступний цукровий буряк. Агрохімічні та агрофізичні дослідження ґрунту підтвердили корисність цього заходу. Істотно підвищувались показники легкозасвоєваних форм азоту, покращувались водопроникність ґрунту, його щільність, в результаті — якісний обробіток ґрунту та ранні строки дозрівання його навесні.

Що стосується заробки соломи під повторну озиму пшеницю, то тут, як застерігають науковці, мають бути свої особливості: не можна заробляти свіжозібрану солому під озими колосові культури, бо часу для її розкладання обмаль, і очевидним тут є прояв токсичної дії продуктів її розкладу, перш за все, на сходях озимини, та їх негативний вплив надалі на ріст і розвиток культурних рослин. Збирати озиму пшеницю в полі, де передбачається повторний її посів, потрібно комбайнами із подрібнювачами у стислі строки, з одночасним вивезенням її з поля, або використувати подрібнену солому в господарських цілях за призначенням з можливим її тюкуванням (Русанов В., 2007).

С. Ю. Булигін (2007) підкреслює, що шкода, яку завдає спалювання соломи ґрунтам і навколишньому середовищу, очевидна, адже ґрунти збіднюються на органічні речовини, погіршується їхня якість, посилюється загроза ерозійної та дефляційної небезпеки. Це, як зауважує вчений, із погляду екології — один із найнебезпечніших агротехнічних заходів. В. Ф. Сайко (2006) відзначає, що мінеральними сполуками можна дещо збагатити ґрунт і за спалювання соломи, але саме у разі її залишення на поверхні чи заорюванні формуються агрономічно цінні агрофізичні властивості ґрунту — структура, водопроникність, вологоємність, будова. При цьому вирощувати озимі зернові після заорювання соломи колосового попередника не можна, оскільки період від збирання врожаю до сівби озимих недостатній для розкладання побічної продукції. Встановлено, що за розкладання соломи виділяються токсичні речовини типу фенольних кислот, змінюється співвідношення між бактеріями і грибами (на користь грибів), метаболіти яких кислого характеру пригнічують ріст сходів наступних культур. Взагалі причини поганого росту сходів, а відповідно й низької продуктивності рослин від короточасного розкладання соломи вивчені недостатньо.

Солома є важливим джерелом органічної речовини. З цією метою вона широко використовується як добриво в закордонній і вітчизняній землеробській практиці, особливо у господарствах, що спеціалізуються на виробництві зерна й забезпечують добру кормову базу для тваринництва. Наукові передумови використання соломи на добриво (Минеев В.Г., 2004):

1. Солома — джерело поживних елементів. Хімічний склад соломи досить широко змінюється залежно від ґрунтових і погодних умов. У середньому вона містить 0,5 % азоту, 0,25 — фосфору ( $P_2O_5$ ), 0,8 — калію ( $K_2O$ ) і 35—40 % вуглецю у формі різних органічних сполук. У соломі знаходиться корисна кількість сірки, кальцію, магнію, різних мікроелементів (бор, мідь, марганець, молібден, цинк, кобальт та ін.).

2. Солома — активний енергетичний матеріал для утворення гумусу й підвищення мікробіологічної активності ґрунту. За хімічним складом солома зернових культур характеризується досить високою

кількістю безазотистих речовин (целюлоза, геміцелюлоза, лігнін) і низьким вмістом азоту й мінеральних елементів. Широке співвідношення C:N у соломі (70—80) справляє дуже великий вплив на розкладання її в ґрунті. Він полягає в наступному. Солома є для мікрофлори ґрунту легкодоступним джерелом вуглецю. Целюлозорозкладаючі мікроорганізми відчувають порівняно високу потребу в азоті. З огляду на невелику кількість його в соломі, мікроорганізми споживають мінеральний азот із ґрунту, тобто відбувається процес іммобілізації азоту. Якщо азоту в ґрунті обмежена кількість, то гальмуються процеси розкладання соломи. Встановлено, що для нормального проходження процесів розкладання соломи відношення C:N має бути 20—30:1. Більш вузьке співвідношення цих елементів призводить до прискореної мінералізації азотистих сполук, а більш широке — підсилює процеси іммобілізації азоту.

Ефективність удобрення соломою помітно зростає за додаткового внесення азоту. Порівняльна оцінка удобрення соломою з компенсацією мінеральним азотом й гноєм показує їхню адекватну ефективність. Важливо при цьому, щоб із внесеною соломою й азотом досягалось оптимальне співвідношення C:N, що дорівнює 20:1.

За компостування соломи в аеробних умовах вихід гумусу склав 7,9 %, а за додавання до соломи мінерального азоту — 8,5 % від загальної маси соломи. Найбільш інтенсивно гумус утворюється в перші 4 місяці компостування, у період розкладання целюлози й геміцелюлози. Причому гумус накопичується в максимальній кількості в період найвищої чисельності мікроорганізмів, що вказує на причетність їх до утворення гумусу. У поєднанні з відповідним мінеральним удобренням, рідким гноєм або ж бобовими сидератами солома за впливом на вміст гумусу в ґрунті часто не поступається еквівалентній кількості гною (Минеев В. Г., 2004).

3. Застосування соломи на добриво поліпшує фізико-хімічні властивості ґрунту, зменшує втрати азоту, підвищує доступність фосфатів і біологічну активність ґрунту, у результаті чого поліпшуються умови живлення рослин. Позитивний вплив соломи на родючість ґрунту й урожай сільськогосподарських культур можливий за наявності необхідних умов для її розкладання. Так, швидкість мікробного розкладання соломи залежить від наявності в ґрунті джерел живлення для мікроорганізмів, їх чисельності, видового складу й активності, типу ґрунту, його окультуреності, температури, вологості, аерації тощо. Наприклад, розкладання соломи посилюється за внесення різних джерел азоту, додаткового внесення фосфору на бідних фосфором ґрунтах, застосування таких мікроелементів як марганець, молібден, бор, мідь тощо.

Встановлено також, що інтенсивність розкладання клітковини зростає від дерново-підзолистих ґрунтів до сірих лісових і чорноземів. Оптимальна температура розкладання клітковини становить 28—30°C,



а вологість ґрунту — 60—70 % від повної його вологоємності. Інтенсивність розкладання соломи у верхньому шарі ґрунту помітно вища, що пояснюється доброю аерацією ґрунту, а також значною численністю й різноманітністю видового складу мікроорганізмів.

Внесення соломи в ґрунт підсилює азотофіксуючу здатність і ферментативну активність ґрунту.

4. Часто в перший рік внесення соломи врожай злакових культур знижується. Це пояснюється наявністю в соломі й утворенням токсичних сполук у процесі її розкладання, а також погіршенням умов азотного живлення рослин у разі закріплення ґрунтового азоту мікроорганізмами у зв'язку із широким відношенням у соломі C: N.

Особливе значення удобрення соломою має для бобових культур, що фіксують молекулярний азот атмосфери. Більш високий ефект від соломи отримують за обробки насіння бобових нітрагіном, тому на площах, удобрених соломою, бажано розміщувати в першу чергу бобові або просапні культури. Завчасно внесена в ґрунт солома стимулює азотофіксуючу здатність бобових й істотно підвищує їх урожай. Живлення азотом просапних культур забезпечується внаслідок мобілізації азоту ґрунту за його міжрядних обробок.

5. Азот мінеральних добрив знижує депресуючу дію соломи на зернові культури. Імобілізований у присутності соломи азот мінеральних добрив характеризується більшою рухомістю, меншою стійкістю до кислотного гідролізу й мінералізується інтенсивніше, ніж азот, імобілізований без соломи, особливо азот гумусу. У післядії соломи підсилюються процеси мобілізації азоту в ґрунті, підвищується використання рослинами як іммобілізованого азоту добрив, так і азоту ґрунту, що й визначає позитивну її дію на врожай наступних культур.

Існує кілька способів використання соломи на добриво.

1. Подрібнену й розкидану по полю солому заорюють восени під час яблевого обробітку, або навесні в районах достатнього зволоження. Доцільно цей захід поєднувати із зеленим добривом. Це дозволяє у більшості випадків виключити внесення мінерального азотного добрива, а також створює сприятливі умови для утворення гумусу в ґрунті після заорювання соломи.

2. На ґрунтах важкого гранулометричного складу й за вологих кліматичних умов розкидану по полю солому не заорюють, а заробляють поверхнево лущильником, дисковою бороною або фрезою. Такий спосіб використання соломи за цих випадків дає кращий ефект порівняно із заорюванням її плугом. Там, де можливо, після поверхневої заробки соломи бажано посіяти проміжну післяжнивну, краще бобову культуру.

3. Солому використовують також як мульчу для боротьби з водною й вітровою ерозією ґрунту. Мульчування створює сприятливі умови для вбирання води ґрунтом, зменшує, а іноді й повністю усуває небезпеку поверхневого стоку, сприяє більш рівномірному розподілу води

по поверхні ґрунту, поліпшує структурний стан орного шару, послаблює випаровування вологи.

4. У разі залишення в полі стерні і соломи, у випадку заміни оранки безполицевим обробітком, на 40—60 % зменшується швидкість вітру над поверхнею ґрунту, внаслідок цього небезпека вітрової ерозії істотно зменшується, тому в районах, де спостерігається вітрова ерозія, обробіток ґрунту проводять безполицевим способом, заробляти солому в ґрунт не рекомендується.

5. На площах, удобрених соломою, бажано в першу чергу розмішувати бобові або просапні культури. За сівби на цих площах злакових культур доцільно внести азотні добрива з розрахунку 8—10 кг діючої речовини азоту на 1 т соломи. Внесений разом із соломою азот у загальній нормі мінеральних добрив не враховується, тому що він включається в загальний обіг азоту ґрунту й може відігравати певну роль лише за систематичного застосування соломи на добриво в сівозміні.

Норма додаткового внесення азоту із соломою може істотно різнитися й залежить від клімату, родючості ґрунту, виду соломи, зеленого добрива, виду культури, що висівається на цих площах. Достовірно встановлено, що депресивному впливу соломи на першу культуру можна запобігти, якщо внести таку кількість мінерального азоту, що забезпечить відношення C:N, що дорівнює 20:1.

6. Систематичне внесення високих норм азотних добрив у сівозміні, особливо за вирощування просапних культур, часто повністю задовольняє потребу в цьому елементі живлення як рослин, так і мікроорганізмів. У цьому випадку внесення додаткового азоту під час удобрення соломою може не дати позитивного ефекту. Водночас на ґрунтах, недостатньо окультурених, за удобрення соломою й сівби проміжної післяжнивної небобової культури норма азоту може бути підвищена до 15—20 кг діючої речовини на 1 т соломи.

7. Добрий ефект спостерігається у разі поєднання удобрення соломою й сидератом. При цьому можуть бути використані різні види зеленого добрива: самостійні посіви, післяжнивні або підсівні культури. Краща дія відзначається за використання на зелене добриво бобових культур, оскільки солома справляє позитивний вплив на ріст бобових і фіксацію ними азоту з атмосфери. Навіть за підсіву під злакову культуру конюшини й зяблевого заорювання її із соломою відпадає необхідність у внесенні мінерального азоту, тому що його досить накопичується бобовою рослиною. За використання небобової культури як післяжнивного зеленого добрива виникає необхідність у внесенні мінеральних азотних добрив. У всіх випадках добрий позитивний ефект отримують у разі поєднання соломи на добриво й сидерації за високої продуктивності культур, що висівають на зелене добриво.

Мінеральні азотні добрива можна замінити безпідстилковим рідким гноєм з розрахунку не менше 6—8 т на 1 т соломи. За такого по-

еднання це добриво буде діяти не гірше звичайного підстилкового гною.

Шляхом безпосереднього використання побічної продукції землеробства на добриво значно зменшуються трудові і матеріальні затрати господарства, оскільки забезпечується не просто вилучення з технології окремого робочого процесу, а скорочення цілої низки операцій в ланцюзі «солома-гній-грунт». Слід також враховувати, що систематичне науково обґрунтоване застосування малоцінної частини урожаю дає змогу істотно підвищити продуктивність посівів та активно регулювати вуглецевий баланс ґрунту. При цьому неправильне використання на добриво соломи пов'язане із певними ризиками, в тому числі з погіршенням азотного живлення рослин і пересушуванням ґрунту. Однією з основних умов за внесення в ґрунт соломи є дотримання оптимального співвідношення C:N в системі удобрення стосовно до конкретних ґрунтово-кліматичних умов, адже існує висока вірогідність не тільки відсутності позитивного ефекту, а й різкого зниження продуктивності посівів (Тараріко Ю. О. та ін., 2004).

Важливо, що використання соломи як органічного добрива прискорює малий біологічний колообіг, що дає можливість частково компенсувати дефіцит біогенних елементів, який мав поповнюватися за рахунок внесення мінеральних добрив; крім того, органічна речовина з високим вмістом вуглецю за внесення її в ґрунт сприяє інтенсифікації ґрунтової азотофіксації та зменшенню газоподібних втрат азоту.

На ґрунтах легкого гранулометричного складу внесення в ґрунт соломи запобігає втратам поживних речовин і особливо азоту від вимивання, а отже, і забрудненню ґрунтових вод нітратами.

На схилі землях рівномірно розподілена солома забезпечує підвищення протиерозійної стійкості поверхні ґрунту, значно знижує ерозійну дію злив. Розміщення подрібненої соломи у верхніх шарах зменшує глибину промерзання ґрунту, в результаті чого підвищується його поглинальна здатність, поліпшується водний режим, а на схилах скорочуються втрати вологи на поверхневий стік, особливо в період весняного сніготанення.

Використання рослинних решток, у тому числі соломи, як органічних добрив сприяє оптимізації умов існування ґрунтової мегафауни (розміром 2—20 см), зокрема дощовиків і хребетних (ховрахів, кротів), а відтак поліпшуються агрофізичні властивості ґрунтів. Разом з тим, необхідно відмітити високу агроекономічну й енергетичну ефективність використання соломи як органічного добрива. Порівняно зі скиртуванням скорочується кількість проходів агрегатів і відповідно знижується переуцільнення ґрунту, витрати пального за умови виключення технологічних операцій зі збирання соломи зменшуються на 15—30 %, а загальна енергоємність агротехнологій скорочується не менш як на 15 % (Тараріко Ю. О., 2004).

За даними В.Ф. Сайка (2003), приорані солома і стебла кукурудзи у два-три рази перевищують за ефективністю внесення гною. Наприклад, 3—4 т соломи рівнозначні 9 т гною. Солома містить низку важливих біогенних елементів, які за використання її як добрива повертаються у ґрунт. Досліди Інституту землеробства УААН показали, що в середньому на 1 га сівозмінної площі до ґрунту надходить 32,6—61,1 кг азоту, 12,4—24,5 — фосфору і 46,4—90,9 кг калію. Найбільше надходження біогенних елементів в ґрунт помічено за використання на добриво побічної продукції кукурудзи на зерно, найменше — сої. В досліджуваній зерновій сівозміні завдяки заорюванню соломи ґрунт збагатився гумусом на 7,6—13,1 ц у середньому на 1 га сівозмінної площі. Найбільше гумусу може утворюватися за заорювання побічної продукції кукурудзи на зерно та озимої пшениці після попередника гороху, а гичка буряків кормових, залишена в полі, формувала приріст урожаю ячменю 9 ц/га.

Таким чином, використання соломи на добриво обґрунтовується низкою міркувань агрономічного й організаційно-економічного характеру: забезпечення відтворення родючості ґрунту і підвищення урожайності сільськогосподарських культур, скорочення виробничих затрат та економія праці завдяки виключенню робіт зі збирання, перевезення, навантаження і розвантаження соломи, розкидання підстилки та видалення гною зі стійл, його навантаження й розвантаження, складування в бурти на зберігання і розподілу по полю.

Залежно від технічного оснащення господарств солому на добриво доцільно використовувати за двома основними технологічними схемами.

За першою схемою під час збирання урожаю зерновими комбайнами з подрібнювачами солома з половиною більш-менш рівномірно розподіляється по полю. За використання подрібненої соломи під проміжний сидерат поле після внесення мінеральних добрив обробляють важкою дисковою бороною. Солома, особливо за посушливих умов і високої температури, після збирання може бути використана як мульча на поверхні ґрунту. За цих умов перший обробіток проводять через 7—10 днів.

На забур'яненних полях і за умови необхідності збирання полови окремо на корм подрібнювачі переобладнуються за схемою розподілу соломи у полі та збирання полови у причіп. Встановлено, що 80 % насіння бур'янів під час збирання зернових культур потрапляє у ґрунт. Відокремлення полови від соломи дає змогу вилучити з поля основну масу насіння бур'янів. З метою запобігання засміченню насінням бур'янів корму для худоби, а отже і гною, половину слід піддавати термічній обробці (запарити) або включати до складу силосу, де насіння втрачає схожість.

За заробки соломи в ґрунт відразу після збирання колосових необхідно забезпечити її подрібнення до 50—100 мм з подальшим протя-

гом 1—2 днів внесенням азотних добрив. Після цього виконується обробіток ґрунту дисковими боронами. Агрегати повинні рухатись по діагоналі або впоперек напрямку посіву. За напівпарового обробітку орють на глибину 20—22 см, поліпшеного — 28—30 см в оптимальні агротехнічні строки.

За використання соломи як мульчі, особливо на схилових ерозійно небезпечних полях, розмір подрібнених соломин повинен бути в межах 150—200 мм. Після збирання урожаю поле негайно обробляють боронами БМШ-15, БМШ-20 на 5—6 см, з наступним обробітком культиватором-плоскорізом (КПШ-9, КПШ-11), або чизелем на глибину 8—12 см після проростання бур'янів. Після внесення мінеральних добрив проводять глибокий безполицевий обробіток ґрунту плоско різами ПГ-3 — 5, ПГ-3 — 100 або чизельними плугами ПЧ-4,5. На таких полях зазвичай найкраще висівати високостеблові просапні культури — кукурудзу і соняшник.

За другою схемою комбайни не обладнують подрібнювачами-розкидачами. А відтак на полі залишаються валки соломи. Після цього застосовують причіпні машини — підбирачі-подрібнювачі, що підбирають солому з валків, подрібнюють і розкидають по полю. Подальші операції не відрізняються від операцій першої схеми. Таким чином, існуючі технології обробітку ґрунту, вкритого значною кількістю рослинної біомаси, передбачають обов'язкове її подрібнення. Однак відомо, що подрібнення малоцінної частини урожаю пов'язано зі збільшенням виробничих затрат до 30 %, тому необхідно зважати, що у виробничих умовах солома досить часто залишається на полі у валках та у стоячому вигляді за високого зрізу.

Виникають також проблеми у разі залишення на полі значної кількості стеблової біомаси кукурудзи, соняшнику, інших культур, особливо за необхідності термінової підготовки ґрунту під сівбу наступної культури. У такому разі традиційна оранка здебільшого непридатна. Важкі дискові борони (БДВ-3, БДВ-7) часто також не забезпечують можливості якісного проведення сівби, навіть за обробітку в 2—3 сліди. Це вимагає розробки відповідних технологій обробітку ґрунту з використанням нових ґрунтообробних знарядь.

За можливості залишити на певний час побічну продукцію на поверхні ґрунту створюються оптимальні умови для розвитку бактерій та інших організмів (ногохвосток, кліщів, енхітрид), які здійснюють інтенсивний розклад органічного матеріалу. Випаровування води з поверхні поля, вкритого соломою, зменшується, а спільність і структура ґрунту поліпшуються. Це особливо важливо в посушливі роки і навесні, коли не вкритий зеленим килимом рослин ґрунт сильно перегрівается і сходи культур дуже потерпають від перегріву. Крім того, солом'яне покриття дає змогу довше обробляти ґрунт восени. Таку ж саму дію проявляє і поверхнево зароблена солома. Солом'яне покрит-

тя особливо ефективно для ґрунтів легкого і середнього гранулометричного складу.

За високої стерні одразу після збирання урожаю рекомендується провести коткування з метою запобігання висиханню соломи. Коткують упоперек напрямку дискування. Однак розв'язання проблеми ефективного використання нетоварної частини урожаю відповідно до конкретних ґрунтово-кліматичних умов вимагає проведення додаткових досліджень з опрацювання технологій заробки побічної продукції землеробства у ґрунт стосовно до способу збирання урожаю.

Як уже згадувалося, перевага поверхневої заробки соломи в ґрунт полягає, перш за все, в тому, що солома у верхній частині орного шару розкладається відносно швидко, а наявні бур'яни сильно пошкоджуються або знищуються. Насіння бур'янів і падалиця зернових культур проростають, що значною мірою запобігає розмноженню польових мишей, особливо за великої частки зернових у сівозміні.

Від негайного пріорювання соломи на велику глибину, за можливості, необхідно відмовитися. Доцільно відкласти глибоку оранку якомога пізніше з урахуванням наступної культури сівозміни для того, щоб солома як можна довше залишалась у найбільш населеному живого біотою верхньому шарі ґрунту чи на його поверхні. Проте необхідно зазначити, що і ранній глибокий обробіток (через чотири тижні після розкидання соломи) часто рівноцінний більш пізньому (жовтень — листопад), а інколи дає навіть кращі результати.

Узагальнюючи викладене вище, можна констатувати, що залежно від місцевих обставин треба віддавати перевагу тому чи іншому способу внесення соломи в ґрунт. За умов помірного зволоження і невеликого забур'янення полів доцільно заорювати солом'яне покриття в поєднанні з сівбою сидератів. За достатнього зволоження і сильного забур'янення, а також посушливих умов і небезпеки накопичення шкідників мілка заробка соломи в ґрунт буде більш надійним і кращим способом.

Удобрення небобових післяжнивних сидератів азотом не носить безпосередньо характеру компенсуючого азотного добрива, оскільки азот, поглинутий проміжною культурою, звільняється після її розкладення для наступної культури. Для позитивної дії поєднання соломи і зеленого добрива необхідно, щоб сидеральні культури швидко створили значну біомасу.

Для переходу до удобрення соломою не обов'язкова велика частка зернових у сівозміні, повна відсутність або лише невелике поголів'я худоби. Підприємства з великим поголів'ям худоби також можуть застосовувати удобрення соломою з економічних міркувань, переходячи на безпідстилке утримання худоби або використовуючи мінімум підстилки. В цьому разі екскременти тварин, як і раніше, можуть використовуватися для удобрення по соломі.

Як зазначалося, найкращими наступними культурами після удобрення соломною є просапні і бобові. Органічний вуглець соломи позитивно впливає на розвиток просапних культур і бобових тому, що під час проведення типового комплексу агротехнічних заходів різко посилюються процеси мінералізації як гумусових речовин, так і соломи. У результаті відносно більша частина тимчасово зв'язаного азоту стає знову доступним рослинам ще в період їхньої вегетації.

Відносно строків внесення компенсуючого азоту існують різні погляди. Ряд дослідників вважає, що на всіх ґрунтах бажано додаткову дозу азоту вносити відразу ж після збирання урожаю по соломі, щоб таким чином досягти прискорення розкладу протягом літа. Пропонується також, особливо на легких ґрунтах, вносити додатковий азот лише навесні з метою скорочення втрат цього елемента в осінньо-зимовий період.

Строк внесення азоту залежить від забезпеченості ґрунту поживними речовинами і його біологічної активності, а також від того, наскільки швидкий розклад соломи вимагається. Прискорення розкладу соломи за допомогою азоту залишається сумнівним, якщо інші фактори, що також впливають на розклад, знаходяться у мінімумі. Отже, на окультурених, родючих ґрунтах зі значним вмістом доступних поживних речовин і високим рівнем біологічної активності може бути запропонований варіант роздільного внесення соломи й азотних добрив, за якого малоцінну частину урожаю заробляють восени, а азот вносять навесні перед сівбою наступної культури. Відповідно на ґрунтах з низьким рівнем родючості і біологічної активності рекомендується вносити азотне добриво по соломі якомога раніше, щоб забезпечити достатній її розклад до сівби наступної культури (Тараріко Ю.О., 2004).

### **1.5. АГРОФІЗИЧНА ДЕГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ**

Відсутність достатньої кількості органічних добрив, порушення агротехнічних строків і якості проведення заходів обробітку ґрунту і значний механічний тиск на ґрунти призводить, насамперед, до їх фізичної деградації: переущільнення, втрати структури, погіршення будови, водо-, повітро- і коренепроникності. Це так звані старі, добре відомі явища. Поряд із ними формуються нові типи деградацій, які істотно знижують екологівідтворні й продуктивні функції ґрунтового покриву: зменшення глибини кореневмісного шару ґрунту внаслідок поступового нагромадження деформації у підорному шарі; звуження діапазону активної вологи (через підвищення рівноважної щільності будови ґрунту); погіршення технологічних параметрів орного шару внаслідок збільшення грудкуватості (причина — скорочення строку перебування ґрунту в стані фізичної спільності); погіршення водного

режиму орного шару (у результаті зменшення ємності шару, підсилення випаровування і внутрішньогрунтових низхідних потоків на межі із плужною підшоною); часті прояви посух і кіркоутворення внаслідок більшої контрастності режимів зволоження — висушування і втрати кальцію із вбирного комплексу на виораних ґрунтах.

Явища фізичної деградації ґрунтів в Україні набули такого поширення, що можна встановити неозброєним оком без спеціальних обстежень: грудкувата рілля утворюється навіть за обробітку поля плугом у стані фізичної спілості; багато прикладів, коли волога на полях застоюється після зливових опадів навіть інколи з весни до середини літа, а то й до осені; на поворотних, особливо ущільнених, смугах погано заробляється насіння під час сівби; кореневі системи культурних рослин переважно розвиваються у приповерхневих шарах ґрунту. Підвищена еродованість земель також є наслідком фізичної деградації ґрунтів.

Фізична деградація призвела до того, що орні землі втратили властиву природним ґрунтам стійкість до навантажень.

### **1.5.1. Структурний стан ґрунтів і шляхи його поліпшення**

---

Сприятливі фізичні властивості і режими ґрунтів — одна з неодмінних умов прояву ґрунтової родючості, отримання високих і сталих урожаїв сільськогосподарських культур.

Значення фізичних властивостей ґрунту для його родючості ніколи не підлягало сумніву. На сьогодні, за умов затяжної економічної і екологічної кризи, їх значення ще більше зростає. Одна з причин цього — все більший прояв фактів погіршення фізичних властивостей ґрунту в результаті різкого зменшення внесення органічних, мінеральних і бактеріальних добрив, меліорантів, спрощення технологій, порушення строків і якості виконання агрозаходів та науково обґрунтованих сівозмін, застосування важкої сільськогосподарської техніки тощо.

Друга причина — підтримання фізичних властивостей у сприятливому інтервалі значень є необхідною умовою отримання запланованої віддачі від добрив, меліорантів і води, вартість яких на сьогодні дуже висока.

Обидві названі причини обумовлюють необхідність постійного підтримання оптимального для рослин фізичного стану ґрунту. Особливо це актуально для чорноземів, де найбільш високий рівень інтенсифікації землеробства.

Початок фундаментальним дослідженням структурного стану ґрунту було покладено в кінці XIX ст. німецьким агрофізиком Е. Вольні (1846—1901). Він розглядав будову ґрунту, головним чином, як співвідношення в ньому агрегатів різної величини.



Родючість ґрунтів, особливо важких за гранулометричним складом, великою мірою залежить від структури, яка визначає їх повітряний, водний, поживний та інші режими (Качинський Н.А., 1965; Ревут І.Б., 1968).

Якщо врахувати, що структурні ґрунти не запливають, довше зберігають надану механічним обробітком будову, не переуцільнюються, вимагають менше тягових зусиль під час обробітку, більш стійкі до водної і вітрової ерозії, то стане зрозуміло, що хоча структура і родючість і не тотожні, але між ними існує тісна залежність, тому землероб повинен її зберігати і покращувати.

Кращим розміром частинок здебільшого вважають 0,25—3 мм для чорноземних і каштанових та 0,5—5 мм — для дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів. У районах достатнього зволоження структурні частинки в межах оптимальних розмірів (0,25—10 мм) повинні бути крупнішими, ніж у посушливих. Так, у посушливих і сухих степах із чорноземними і каштановими ґрунтами оптимальна будова забезпечується вмістом частинок розміром 0,25—2 мм. Більші розміри вони повинні мати і в районах поширення вітрової ерозії.

За сучасними поглядами, агрономічно цінні властивості ґрунту зумовлюються не тільки наявністю в ньому частинок діаметром 0,25—10 мм, тобто його макроструктурою (частинки діаметром понад 10 мм — це мега-, або брилиста структура), а й дрібніших (менше 0,25 мм), або його мікроструктурою. За розміром частинок мікроструктуру поділяють на грубу (частинки діаметром 0,25—0,01 мм) і тонку (частинки діаметром менше 0,01 мм).

Загальна пористість мікроструктурних ґрунтів, за підрахунками І.Б. Ревута (1972), становить близько 45 % від об'єму ґрунту, а щільність будови — 1,45—1,55 г/см<sup>3</sup>.

Відомо, що мікроструктурний склад властивий сіроземним ґрунтам Узбекистану, на яких вирощують високі врожаї бавовнику та інших культур, а також підзолистим, на яких одержують високі врожаї картоплі, льону тощо. Істотним недоліком мікроструктурних ґрунтів є їх здатність до ущільнення, внаслідок чого вони потребують більших затрат енергії на обробіток. Крім того, такі ґрунти більшою мірою зазнають вітрової та водної ерозії. Важливою властивістю структурного стану ґрунту є його водотривкість, тобто здатність протистояти розмивній (руйнівній) силі води. Водотривка структура під дією води або руйнується, або лише частково розпадається на мікроагрегати, як, наприклад, структура цілинних чорноземів. Неводотривка структура під дією води розпадається на складові її частинки. За підсихання безструктурного ґрунту на поверхні ріллі утворюється кірка.

Проте не всяка водотривка структура є агрономічно цінною. Якщо водотривкі структурні окремість складені нещільно, а отже, мають високу (>45 %) пористість, то вони легко сприймають воду, а в їх пори

вільно проникають кореневі волоски і мікроорганізми. Така структура є найбільш цінною. Якщо структурні окремоності мають щільне складення, то пористість їх дуже низька (30—40 %), а пори тонкі, в які ледве проникає вода і не проникають кореневі волоски та мікроорганізми. Водотривкість такої структури визначається тим, що вода проникає всередину агрегатів слабо і вони довго не зволожуються. Подібна структура спостерігається в ілювіальних горизонтах дерново-підзолистих ґрунтів, у солонцях і деяких інших ґрунтах. В агрономічному відношенні така структура не є цінною.

Розрізняють також водотривкість справжню і умовну. Справжню водотривкість ґрунтові агрегати мають у тому випадку, якщо вони в повітряно-сухому стані за швидкого занурення у воду не втрачають форми і не руйнуються до розмірів  $<0,25$  мм. Ґрунтові агрегати, яким не властива справжня водотривкість, можуть мати умовну водотривкість, якщо вони не розмиваються у воді, будучи капілярнозмоченими перед зануренням у воду.

У цілому ґрунт з оптимальною (відмінною) структурою містить понад 80 % повітряно-сухих агрегатів розміром 0,25—10 мм і понад 70 % маси ґрунту — водотривких; з доброю — відповідно 80—60 і 70—55 %; задовільною — 60—40 і 55—40; з незадовільною — 40—20 і 40—20 і з поганою структурою, коли повітряно-сухих та водотривких агрегатів менше 20 % (Долгов С.И., Бахтин П.У., 1980).

Основна роль у структуроутворенні належить біологічним факторам, тобто рослинності та організмам, що населяють ґрунт. Рослинність механічно ущільнює ґрунт, розділяє його на грудочки, а головне — бере участь в утворенні гумусу.

У землеробстві за вирощування будь-якої культури відбуваються два протилежних і в той же час взаємопов'язаних процеси: з одного боку синтез і нагромадження органічної речовини і створення структури ґрунту; з другого — розпад і розклад органічної речовини та руйнування структури. Інтенсивність цих процесів і визначає кінцеві результати. Чим інтенсивніше формується і повільніше руйнується органічна речовина ґрунту, тим більше утворюється водотривких агрегатів і вони довше зберігаються в ґрунті.

Найбільший позитивний вплив на структурний стан ґрунту справляють рослини з добре розвинутою кореневою системою і надземними органами, які суцільно покривають ґрунт — з весни до збирання врожаю, і не потребують механічного обробітку ґрунту в період вегетації. Цим вимогам повністю відповідають багаторічні бобові й злакові трави або їх сумішки, в яких маса кореневої системи і післяякісних рослинних решток є близькою до врожаю надземної частини, тому під впливом багаторічних трав за тієї чи іншої технології вирощування і різної врожайності створюються в більших чи менших розмірах водотривкі агрегати. За даними І.Б. Ревута (1964), в орному шарі чорнозе-

му вміст водотривких агрегатів становив 55,7 % до сівби багаторічних трав і 62,6 % — після їх збирання. М.А. Качинський (1963) зазначає, що багаторічні трави позитивно впливають на оструктуреність ґрунту лише за високих урожаїв порядку 40—50 ц/га сіна і більше, що буває за достатнього забезпечення їх вологою, поживними речовинами і нейтральної реакції ґрунту. Структуроутворювальний ефект травосіяння знаходиться в прямій залежності від висоти врожаю трав і розвитку кореневої системи, яка порівняно ідеально рівномірно пронизує кореневмісний шар ґрунту, надаючи ґрунтовим агрегатам водотривкої структури.

За високих урожаїв багаторічні трави (особливо бобово-злакові травосумішки і бобові) сильніше оструктурюють ґрунт, ніж однорічні сільськогосподарські культури. Це пояснюється тим, що їх рослинні рештки (4—18 т/га в орному шарі) містять значну кількість білків, вуглеводів та інших сполук, найбільш сприятливих для життєдіяльності мікроорганізмів і формування гумусових речовин. У корневих рештках більшості однорічних сільськогосподарських культур на час їх дозрівання знаходиться переважно клітковина, малопрдатна для гумусоутворення.

Утворення агрономічно цінної структури відбувається за участю колоїдних плівок, головним чином, органічного походження і меншою мірою — мінерального. Колоїди перегнійного типу утворюються за гуміфікації органічних речовин. Завдяки високій дисперсності і поверхневій активності вони пронизують масу ґрунту, взаємодіючи з сильними коагуляторами (кагіонами кальцію, заліза та ін.), утворюють плівку, яка зв'язує механічні елементи і мікроагрегати в макроагрегати. За даними П.В. Вершиніна (1958), для надання середньосуглинковому ґрунту водотривкої структури, необхідно від 1 до 1,5 % гумінових речовин від його маси, або 25—45 т для шару в 10 см на площі 1 га.

Встановлено, що чим довше ґрунт знаходиться під рослинним покривом і чим вищим є урожай культур, тим більше створюється структурних агрегатів. І навпаки, якщо ґрунт без рослин і піддається руйнівній дії води і вітру та інтенсивному механічному обробітці, то й оструктуреність його є гіршою.

Слід зазначити, що однією з основних причин погіршення структурного стану ґрунтів в Лісостепу і північному Степу є те, що значна кількість рідких опадів тут надходить на поля весною і рано влітку за відсутності розвинутого рослинного покриву. Оголений ґрунт швидко руйнується дощем, перш за все тому, що зазнає дії дощових крапель, які розбивають ґрунтові агрегати. Під час дощу швидкість падіння крапель досягає приблизно 10 м/с. На полях із сільськогосподарськими культурами удари дощових крапель сприймає їх рослинний покрив. Крім того, руйнування структури ґрунту в цей період посилюється і тому, що його агрегати під слабозривнутими рослинами недостатньо скріплені їхніми корневими системами.

З метою запобігання і зниження руйнування структури ґрунту важливо мати на полі хоча б невеликий зелений рослинний покрив з площею листя 20—25 тис. м<sup>2</sup>/га і більше. Надійний захисний зелений килим створюють зернові культури — озима пшениця, ячмінь, а із сидератів — капуста, отава райграсу, багаторічні трави (підсіяні під основну культуру). Озимі зернові, які добре ростуть восени і весною за нестачі тепла, витримують приморозки і захищають ґрунт від руйнівної дії дощу та вітру. Найбільш ерозійно небезпечними культурами відносно структурного стану ґрунту є просапні — картопля і кукурудза на зерно. Цукрові буряки з квітня до червня мають низьку величину цього показника, а в наступні місяці в зв'язку з наростанням потужної листової поверхні він збільшується на тривалій період (до жовтня).

У Степу найбільший розвиток листової поверхні культур спостерігається: у стоколосу і озимого жита — в першій половині травня; озимої пшениці й люцерни — в кінці травня; в однорічних трав і зерносумішок — на початку червня; соняшнику і кукурудзи — у липні; у цукрових і кормових буряків — у серпні.

У Степу дощі часто випадають у вигляді злив. За один-два дні тут може випасти вся середньомісячна норма опадів, яка складає 40—50 мм. Ґрунт, звичайно, не встигає ввібрати таку велику кількість води, надлишок її стікає по схилах, що спричиняє погіршення структурного стану ґрунту.

Якщо до початку зливого періоду озимі й багаторічні трави майже повністю вкривають своєю надземною масою поверхню ґрунту, то у кукурудзи, сорго, цукрового буряку та інших культур період максимального розвитку запізнюється на 1,5—2 місяці, до початку зливових дощів ґрунт під ними знаходиться як і в парі, під прямою дією дощових крапель, що призводить до руйнування структури ґрунту.

Небезпека погіршення оструктуреності ґрунту від злив обумовлюється, перш за все, інтенсивністю дощів. Затяжні дощі, навіть шаром понад 50 мм, як правило, не створюють стоку. Водночас зливовий дощ шаром 10—12 мм та інтенсивністю 5—7 мм/хв може призвести до інтенсивного стоку, змиву, розмиву і руйнування структури ґрунту. При цьому кількість ґрунтових часток, відокремлених дощовими краплями або піднятих у повітря, може сягати від 10 до 100 т/га (Пабат І.А., 1992). Краплі дощу сприяють також ущільненню ґрунту і прошовуванню дрібних часток у пори, що є на поверхні. Ущільнена поверхня ґрунту обмежує інфільтрацію води і посилює поверхневе стікання. Потім, у міру висихання ґрунту утворюється щільна тверда кірка, яка утруднює появу сходів і розвиток рослин.

За сильних зливових опадів спостерігається руйнування структури і в більш глибоких шарах ґрунту. Це відбувається внаслідок швидкого проникнення води в ґрунт і одночасного змочування агрегатів з усіх боків. При цьому повітря, що знаходиться в порах агрегатів, защемлю-

ється. Вода, втягуючись усередину агрегата, стискує повітря, збільшуючи його тиск на стінки пор. Коли цей тиск перевищить сили зчиплення між мікроагрегатами і частинками, відбувається кавітація, розрив агрегата. Це явище можна ілюструвати елементарним дослідом. Якщо в чашку Петрі з водою швидко занурити декілька агрегатів, то можна помітити швидкий розпад їх і виділення бульбашок повітря. Ті ж самі агрегати, але попередньо змочені водою з одного боку, у разі занурення у воду істотно не змінюються. У виробничих умовах дія цієї причини проявляється за поливу сухого ґрунту суцільним затопленням, що призводить до сильного руйнування структури.

Разом з дошовою водою в ґрунт надходить аміак і вуглекислота. Амоній вступає в обмінні реакції, витісняючи із ГВК кальцій, що спричиняє часткове руйнування агрономічно цінної структури ґрунту і втрату водотривкості макроагрегатів. Вугільна кислота також призводить до заміни у ГВК іонів кальцію і до руйнування макроагрегатів. Ця фізико-хімічна дія води особливо розповсюджується на верхню половину орного шару в районах достатнього і надмірного зволоження, де переважають ґрунти з ГВК, ненасиченим двовалентними катіонами і з пониженою концентрацією ґрунтового розчину.

Вплив рослинного покриву на структурний стан ґрунту — різнобічний. Перш за все, коренева система рослин скріплює ґрунтові частинки і цим запобігає розмиву і змиву ґрунту. Багато рослинних угруповань мають значно розвинутішу кореневу масу порівняно з надземною. Це різноманітні трав'янисті угруповання: степові, лучні, гірсько-лучні. Так, на типових чорноземах зелена маса становить в сухому стані 3—4 т/га, а коренева маса — близько 20 т/га. Отже, маса коріння перевищує масу надземної частини в 5—6 разів. У сухому степу це перевищення досягає 10—12 разів, а на гірських луках — майже 100 разів. На гірських луках потужна коренева система утворює своєрідний панцир, який запобігає розмиванню, зносу і руйнуванню ґрунту, тому знищення природної рослинності в горах шляхом випасання худоби спричинює катастрофічно швидке погіршення структурного стану ґрунту.

У сільськогосподарських культур, за виключенням багаторічних трав, співвідношення між надземною і кореневою масою інше. Так, у зернових культур за урожайності зерна 3 т/га надземна маса становить 6 т/га, а підземна — не більше 2—3 т/га. Внаслідок цього коренева система більшості зернових і зернобобових культур не здатна ефективно захищати ґрунт від руйнування його водою і вітром. Тим більше цього не можна очікувати на полях, зайнятих просапними культурами (Голчельников Ю.С., 1990).

Слід відмітити, що вчення про структуру ґрунту, шляхи її утворення і руйнування, значення для родючості і продуктивності полів створили П.А. Костичев (1886) і В.Р. Вільямс (1939). Останній зазначив

роль вищих рослин і мікроорганізмів в утворенні структури, механізм руйнування і відновлення структури, значення її для родючості ґрунту. Проте В.Р. Вільямс (1939) надмірно переоцінював значення ґрунтової структури, зводячи до неї майже всі завдання землеробства: «Перше завдання — створити грудочкувату структуру ґрунту і підтримувати її протягом всього періоду споживання сільськогосподарськими рослинами поживи. ... Друге завдання землеробства — періодично відновлювати тривкість структури ґрунту». Навіть необхідність виробництва і застосування добрив він ставив у залежність від надання ґрунтам країни структурного стану шляхом впровадження травопільних сівозмін і травопільної системи землеробства. Проте сучасники В.Р. Вільямса, зокрема К.К. Гедройц (1926), М.М. Тулайков (1933), Д.М. Прянишников (1937) та інші вчені не розділяли таких поглядів на значення структури ґрунту в землеробстві. Так, К.К. Гедройц (1926) вказував на те, що багато в трактівці академіка В.Р. Вільямса про структуру є суб'єктивним, «значною мірою уможлиблюючого характеру». Разом з тим, ще в 1894 р. О.О. Ізмаїльський встановив, що під однорічними культурами під час їх вегетації теж відбувається покращення структурного стану ґрунту. Проте факти позитивного впливу однорічних рослин на структуру в період їх росту в полі ще не означають, що за їх вирощування з року в рік покращується оструктуреність ґрунту. Якщо в період вегетації процес утворення агрегатів переважає над їх руйнуванням, то в період, коли поле не зайняте рослинами, тобто ранньою весною, восени і взимку, переважно відбувається руйнування структури. У підсумку протягом року під однорічними культурами без внесення великих доз органічних добрив вміст водотривких агрегатів, як правило, зменшується.

Т.С. Мальцев (1953) у статті «Творчо вирішувати питання підвищення культури землеробства» висунув тезу про те, що однорічні культури збагачують ґрунт органічною речовиною і поліпшують структурний стан ґрунту, «якщо для відмирання і розкладання їх корених і післяжнивних решток будуть створені умови, близькі до тих, в яких звичайно відбуваються ці процеси в посівах багаторічних трав або в звичайних умовах природи». Для створення таких умов він запропонував п'ятипільну сівозміну з наступним чергуванням культур: пар — зернові — зернові — однорічні бобові — зернові, в якій у паровому полі проводиться глибокий безполицевий обробіток, а на решті полів — поверхневий обробіток дисковими лушпильниками.

На структуру ґрунту значний вплив чинять однорічні бобово-злакові травосумішки, але через короткий період вегетації їх ефект у структуроутворенні менший, ніж багаторічних трав. Серед зернових культур велику здатність до утворення структури ґрунту мають озимі, в яких триваліший період вегетації, більш розвинена коренева система, ніж у ярих культур, вони добре захищають ґрунт восени і весною від руйнівної си-

ли вітру, атмосферних опадів та талих вод. Просапні культури, за винятком кукурудзи, яка має добре розвинену кореневу систему, менше впливають на структурний стан ґрунту. Погіршення оструктуреності ґрунту під просапними культурами раніше обумовлювалось аеробним процесом розкладу органічної речовини. Сучасні дослідження свідчать, що значне погіршення структурного стану ґрунту під просапними культурами обумовлене малою кількістю рослинних решток у ґрунті після їх збирання та більш інтенсивним механічним обробітком ґрунту.

Таким чином, у процесі вирощування культурних рослин спостерігається два різних явища: збільшення кількості водотривких агрегатів під час росту багаторічних трав; руйнування, поступове зниження вмісту їх у ґрунті під час вирощування однорічних культур. Інтенсивність руйнування водотривких агрегатів залежить від особливостей технології вирощування однорічних рослин і суми та характеру опадів від збирання попередника до сівби культури.

Щоб посилити першій процес — нагромадження органічної речовини і підвищення вмісту водотривких агрегатів в ґрунті, необхідно вирощувати більш високі врожаї багаторічних трав. Для зменшення руйнування структурних агрегатів, підтримання та деякого відновлення структури ґрунту за вирощування однорічних культур, треба прагнути: по-перше, щоб і однорічні культури залишали в ґрунті більше рослинних решток; по-друге, щоб ґрунт був закритий рослинами якомога триваліший проміжок часу протягом року шляхом введення в культуру проміжних і ущільнених посівів, а також культур суцільного способу сівби; по-третє, забезпечити мінімальну механічну дію ходовими системами і робочими органами машин, знярядь, комбінованих і збиральних агрегатів на ґрунт.

Схематично польові культури в порядку зменшення позитивного впливу на структуроутворення можна поставити в такий ряд: багаторічні бобові трави — однорічні бобово-злакові сумішки — озимі зернові — ярі зернові й зернобобові — кукурудза та інші просапні культури (Лебедь Є.М., Андрусенко І.І., Пабат І.А., 1992).

С.А. Воробйов (1979) польові культури в порядку спадної здатності до сприяння структуроутворенню ставить у такий ряд: багаторічні бобово-злакові травосумішки, багаторічні бобові трави — однорічні бобово-злакові сумішки — озимі зернові культури — кукурудза — ярі зернові і зернові бобові — льон — картопля, коренеплоди. Вчений зазначає при цьому, що цей ряд повторює закономірність, встановлену ним раніше за кількістю органічної речовини, що залишається в ґрунті після збирання сільськогосподарських культур. Це ще раз свідчить, як наголошує науковець, про пряму залежність структуроутворення від маси рослинних решток тієї чи іншої рослини і зворотню (за деякими винятками) — від інтенсивності механічного обробітку ґрунту під час вирощування цих культур.

Слід пам'ятати також, як вказує Н.А. Качинський (1963), що бобові трави, особливо конюшина і люцерна, є кальцефілами. Концентруючи кальцій у корінні і стеблах, вони у разі заорювання скиби збагачують ним орний шар, що дуже важливо на кислих ґрунтах. Ступінь повернення кальцію в ґрунт з післяукісними рештками буде залежати від кількості відчужених з поля продуктів урожаю у вигляді сіна або зеленого корму.

Після культур суцільного способу сівби структурний стан ґрунту, як правило, є кращим, ніж після просапних культур. Внаслідок цього оструктуреність ґрунту в сівозмінах з високим насиченням їх просапними культурами змінюється в гірший бік. Виходячи з цього, складаючи схеми сівозмін, потрібно стежити за тим, щоб не допускати чергування просапних культур більш як три роки на одному й тому ж полі (Лебедь Є.М. та ін., 1992).

Діяльність дощових черв'яків в оструктурюванні ґрунтів давно відома. На це звернув увагу ще в ХІХ ст. Ч. Дарвін. Частинки ґрунту, проходячи через шлунковий тракт дощових черв'яків, ущільнюються і виходять з організму у вигляді невеликих (2—5 мм) грудочок-капролітів. Цим грудочкам властива висока водотривкість. Структура ґрунту, створена дощовими черв'яками, за формою легко відрізняється — поверхня агрегатів має «оплавлений характер». Колоїдні продукти життєдіяльності й автолізу мікроорганізмів є цементуючими речовинами в ґрунті і сприяють структуроутворенню. З дією біологічних факторів пов'язана і певна сезонна відновлюваність структури в ґрунтах.

Як видно з розгляду факторів структуроутворення, їх розподіл певною мірою умовний, оскільки окремі фактори можуть виконувати різну роль за характером явищ, які вони спричиняють. Наприклад, коренева система рослин виступає і як біологічний фактор (джерело гумусу), і як фізико-механічний (ущільнення і розпушення). Проморожування і відтаювання, змінюючи тиск, виступають як фізико-механічний фактор, а коагулюючі колоїди певною мірою впливають і на дію фізико-хімічних факторів. Сукупна дія факторів структуроутворення нерозривно пов'язана із природними умовами ґрунтоутворення.

В останні роки в багатьох країнах розгорнулися дослідження з використання штучних структуроутворювачів типу клеючих речовин — гумінових кислот, торф'яного клею, бітумів, синтетичних полімерів. Вишукуються такі структуроутворювачі, які будучи внесеними в ґрунт у невеликій дозі (1—2 ц/га), покращували б структурний стан його верхнього шару, усуваючи можливість утворення кірки.

У свій час були запропоновані різні полімерні препарати-структуроутворювачі: К-1, К-6, К-4, ПАА та ін. (Ревут І.Б., 1972). Механізм дії полімерних структуроутворювачів полягає в коагулюючій дії на ґрунтові частинки з негативним зарядом, утворенні ниткоподібних молекул, що зв'язують ґрунтові частинки в мікроагрегати. Адсорбція



полімеру на поверхні ґрунтових частинок і утворення валентних зв'язків відіграє головну роль в утворенні макроагрегатів. Дія існування створеної таким чином структури ґрунту триває протягом 3—6 років.

Слід відмітити, що ряд зарубіжних високорозвинутих країн для покращення водно-фізичних властивостей ґрунтів успішно застосовує полімерні матеріали. Високий агротехнічний ефект від їх застосування отриманий і на важких вилугуваних чорноземах та сірих лісових супіщаних ґрунтах у дослідях російських вчених (Кузин Е.Н., Блиохватов А.Ф., Ильвачев Ю.А., 1999). У разі внесення в ґрунт поліакриламідного сополімеру вміст водотривких агрегатів у чорноземі й сірому лісовому ґрунті зростав відповідно на 9,4 і 4,9 %, коефіцієнт структурності — 0,33 і 0,12; загальна пористість і пористість аерації підвищилися на 4,6 і 3,1 %, а об'ємна маса зменшилась на 0,12—0,18 г/см<sup>3</sup>. Використання поліакриламідного сополімеру забезпечило підвищення врожайності редису, перцю і цибулі на перо на чорноземі відповідно на 58,4 і 24 %, а на сірому лісовому ґрунті — на 50,5 і 26 %.

На жаль, дія одного і того ж препарату на різних ґрунтах є різною і залежить від реакції ґрунтового розчину. До того ж, незважаючи на високу структуроутворювальну дію і значне підвищення врожайів на оброблених полімерними препаратами ґрунтах, через високу вартість застосування їх економічно окупається лише за меліорації ґрунтів, боротьби з водною і вітровою ерозією та за вирощування цінних культур.

До агротехнічних заходів оструктурування ґрунтів належать також: вапнування кислих ґрунтів, гіпсування солонців і солонцюватих ґрунтів, внесення органічних, мінеральних і сидеральних добрив.

Великий вплив на формування ґрунтової структури має обробіток ґрунту сільськогосподарськими знаряддями. При цьому може спостерігатися або утворення структури або ж її руйнування. Залежно від кількості та якості органічної речовини, гранулометричного складу ґрунту, застосовуваного знаряддя, вологості ґрунту та інших умов, за яких проводиться механічний обробіток, може поліпшуватись або погіршуватись структурний стан ґрунту. Навіть на одній і тій же ґрунтовій відміні застосуванням одного знаряддя обробітку можна отримати структурну ріллю, брилисту або злитну.

Працями Д.Г. Віленського (1945), П.В. Вершиніна (1958) та інших дослідників встановлено, що за оптимальної вологості структуроутворення (кришіння) обробіток ґрунту сприяє утворенню агрономічно цінних агрегатів із пористістю, характерною природним агрегатам.

За обробітку перезволоженого або сухого ґрунту його структура руйнується тим сильніше, чим більше відхилення фактичної вологості ґрунту від оптимальної у стані фізичної його стиглості.

На староорних розпилених чорноземах нерідко підорний шар є більш оструктуреним, ніж орний. У цьому випадку корисна глибока

оранка з винесенням на поверхню крупки (зернистої структури) підорного шару.

Важливе значення у структуроутворенні належить фізико-хімічним факторам — коагуляції і цементуючій дії ґрунтових колоїдів. Водотривкості ґрунтові агрегати набувають у результаті скріплення виділених кореннями рослин, обробіткою чи іншими чинниками механічних елементів і мікроагрегатів колоїдними речовинами (органічними і мінеральними). Але щоб окремі, скріплені колоїдами, не розпливалися під дією води, ті колоїди повинні бути незворотно скоагульованими. Такими коагуляторами в ґрунтах частіше всього є дво- і тривалентні катіони кальцію, магнію, заліза і алюмінію.

Таким чином, якщо ґрунтові колоїди насичуються дво- і тривалентними катіонами, то можуть утворюватися водотривкі окремі, що не розмиваються водою. За наявності одновалентних катіонів (натрію та інших) незворотної коагуляції не відбувається і водотривка структура не утворюється.

Найбільш міцно скріплюють ґрунтові окремі органічні колоїди, зокрема гумати кальцію. Велике значення в утворенні водотривкої структури належить і мінеральним колоїдам. Проте ґрунтовим агрегатам, що утворилися за участю тільки мінеральних колоїдів, без гумусових речовин, не властива водотривка структура.

Із високодисперсних матеріалів найбільше значення у створенні водотривкої структури мають глинисті мінерали і мінерали гідроокисів заліза та алюмінію. Найбільш водотривка структура утворюється у разі взаємодії гумінових кислот з мінералами монтморилітової групи і гідролітами, і менш водотривка — за взаємодії з кварцем, аморфною кремнієвою кислотою і каолінітом. Мінерали гідроокисів заліза і алюмінію відіграють важливу роль в оструктурюванні червоноземів.

На сьогодні розроблені нормативи охорони ґрунтової структури (Медведев В.В., 2008), які об'єднані в технологічні, технічні і організаційні групи.

Запропоновані нормативні документи стосуються основних технологічних операцій, пов'язаних з сівозміною, механічним обробіткою і внесенням добрив — основних заходів щодо підтримання належного структурного стану ґрунтів.

Для підтримання рівня оструктуреності, характерного даних ґрунтовій відміні, в сівозміні не повинно бути більше просапних культур, ніж це рекомендується для природної зони — не вище 20 % в Поліссі, 25—35 % — в Лісостепу і 15—20 % — в Степу. Вказані обмеження викладені в останніх рекомендаціях (Наукові основи... Полісся,... Лісостепу,... Степу, 2004), розроблених на основі тривалих стаціонарних польових дослідів наукових установ УААН і аграрних вищих навчальних закладів.

Згідно з рекомендаціями, в типовій десятипільній польовій сівозміні Лісостепу допускається мати до 30 % цукрових буряків, 20 % ку-

курудзи і 10 % соняшнику, тобто всього до 60 % просапних культур за нормального зволоження. З погіршенням зволоження частка цукрових буряків знижується до 20 %, кукурудзи і соняшнику — залишається на тому ж рівні (Наукові основи... в Лісостепу, 2004).

Приблизно таке ж співвідношення просапних культур і культур звичайного рядкового способу сівби рекомендується і в Степу, хоча тут цукрові буряки практично не вирощуються, проте частка кукурудзи може зрости до 40—50 %, а в спеціалізованих сівозмінах і до 70—80 % (Наукові основи... в Степу, 2004).

Таким чином, з рекомендацій випливає, що просапна культура повертається на попереднє поле вирощування через рік, або ж вирощується повторно декілька років підряд в одному й тому ж полі. Цю систему не можна назвати ґрунто- і структурозберігаючою, оскільки, як зазначають В.В. Медведєв (2008), Є.М. Лебедь, І.І. Андрусенко, І.А. Пабат (1992), просапна культура повинна повертатися на попереднє місце вирощування не раніше ніж через 2—3 роки.

На жаль, заслуговує критики, як вказує В.В. Медведєв (2008), і рекомендована структура сівозмін для Полісся (Наукові основи... Полісся..., 2004). В цій зоні, де роль багаторічних трав для підвищення родючості ґрунтів і особливо створення бездефіцитного балансу гумусу важко переоцінити, їх частка, згідно з рекомендаціями, повинна становити лише 10—15 %. Для підтримання і без того невисокої оструктуреності дерново-підзолистих ґрунтів з урахуванням мізерних доз внесення гною в останні роки, цього, на думку вченого, явно недостатньо.

Виходячи із міркувань охорони ґрунтової структури, науковець пропонує відмовитися від чистого пару повсюдно, де є можливість використати інші засоби, зокрема зайнятий пар. Він застерігає ні в якому разі не послаблювати увагу до сівозмін, щоб не погіршити структурний стан ґрунтів.

З метою охорони ґрунтової структури технологія механічного обробітку має бути такою, щоб загальне навантаження мобільних МТА і транспортних засобів у процесі вирощування і збирання культури не перевищувало 100 ткм/га на рік (Медведєв В.В., 2008).

Для підтримання рівня оструктуреності, характерного для тієї чи іншої ґрунтової відміни, необхідно забезпечити бездефіцитний баланс гумусу, уникнути застосування підвищених доз азотних і калійних добрив. Не слід допускати внесення підвищених доз мінеральних добрив в запас. Структура ґрунтів краще всього зберігається за умови комплексного внесення гною і повного азотно-фосфорного-калійного удобрення в незначних і помірних дозах.

Основна технічна вимога до підтримання структурного стану ґрунтів — недопущення на полі технічних засобів з вищим питомим тиском, ніж це передбачено державним стандартом України (Євтенко В.Г. та ін., 2007). Одним із критеріїв, що використовується для обґрунту-

вання стандарту, є кришіння ущільненого ґрунту, тобто вихід брил. Оскільки брили за кришіння утворюються навіть після незначного ущільнення, тому весною (коли брили взагалі повинні бути усунені із посівного шару) величина допустимого тиску на ґрунт є найбільш жорсткою. За вологості фізичної сплості, коли слід здійснювати передпосівний механічний обробіток ґрунту і сівбу ранніх ярих культур, і щільності складення  $0,9\text{—}1,0\text{ г/см}^3$  максимальний тиск не повинен перевищувати 60 кПа. Якщо ця вимога буде дотримуватися, збереження агрономічно цінної структури гарантується. Вказаний параметр стандарту зберігати достатньо складно (за більш низької вологості і більш високої вихідної щільності складення вимоги стандарту істотно знижені). У вітчизняному землеробстві весною необґрунтовано широко використовуються колісні трактори замість гусеничних, практично відсутні трактори зі здвоєними і тим більше зтроєними шинами, а пневматичні шини низького тиску, що виготовляються Дніпропетровським заводом «Дніпрошина» спеціально для проведення весняних польових заходів механічного обробітку ґрунту, в основному експортуються за кордон.

Не менш важливо, як наголошує В.В. Медведєв (2008), використати ще один технологічний норматив (який після перевірки пропонується трансформувати у стандарт), призначений для робочих органів ґрунтообробних машин і агрегатів. Вчений стверджує, що розклинючий тиск робочого органу не повинен перевищувати сили зчіплення агрегату агрономічно цінного розміру. Цей параметр залежно від генезису ґрунтів, їх гранулометричного складу і вологості під час обробітку змінюються в межах від декількох кПа до декількох десятків кПа, тоді як розклинючий тиск робочого органу, як правило, на порядок вищий. Перевищення особливо помітне у випадку, коли кут атаки робочого органу і кількість його робочих площин зростає. Попередні розрахунки В.В. Медведєва (2008) переконують в необхідності впровадження такого нормативу з метою охорони структури ґрунтів за їх механічного обробітку.

Механічний обробіток необхідно проводити тільки за рівня зволоження ґрунту, що відповідає його фізичній сплості. П.У. Бахтін (1969) визначає величину оптимального кришіння для суглинкового ґрунту в 0,7 НВ, що в абсолютному обчисленні від маси сухого ґрунту становить близько 20 %. Проте, як зазначає В.В. Медведєв (2008), ґрунт задовільно кришиться без утворення брил і пилу в інтервалі зволоження між верхньою і нижньою межами пластичності, тобто в інтервалі вологості між 16 і 24 %. Це достатньо широкий інтервал, що забезпечує можливість за високої організації робіт провести механічний обробіток, не виходячи за межі вказаного діапазону. Тільки за умов, коли період перебування ґрунту за цього рівня зволоження скорочений, як це буває за швидкого наростання додатних температур весною, виника-

ють організаційні труднощі щодо виконання всіх видів весняних польових робіт відразу на великій площі в стислі строки. За цих випадків у сільськогосподарському підприємстві повинен бути відповідний набір техніки, кваліфіковані механізатори, чіткий графік переміщення техніки відповідно до настання фізичної спілості в різних полях і готовності до цілодобового проведення робіт.

У щоденний ужиток повинні ввійти нові організаційні елементи, виконання яких зменшить навантаження на орні землі і буде сприяти збереженню їх структури. Це маршрутизація руху машинно-тракторних агрегатів і збирально-транспортної техніки. Маршрутизація повинна усунути всі зайві проходи техніки по полю, передбачити проведення операцій, пов'язаних із завантаженням добривами і розвантаженням бункерів комбайнів тільки на краю полів, виключити роботу в полі великовантажних автомобілів.

### **1.5.2. Фізична будова ґрунту і шляхи її поліпшення**

---

Значно повніше фізичний стан ґрунту характеризує його будова, під якою розуміють співвідношення об'ємів твердої фази його і різних видів пор, виражене у відсотках до об'єму ґрунтового зразка, взятого в порушеному стані. Будова відіграє надзвичайно важливу роль в житті рослин, оскільки вона визначає середовище, де знаходиться вода, повітря, поживні речовини, мікроорганізми і коренева система рослин.

Будова ґрунту характеризується багатьма показниками. Найбільш часто про будову ґрунту судять за її щільністю, що вимірюється об'ємною масою. Остання впливає на розвиток кореневої системи рослин як через пряму дію шляхом механічної перешкоди, так і непрямо, змінюючи шпаруватість ґрунту.

Реакція рослин на об'ємну масу ґрунту пояснюється також впливом останньої на водний і повітряний режими, рухомість ґрунтового розчину, ефективність мінеральних добрив, тепловий режим ґрунту та інші показники.

За оптимальної щільності будови створюється сприятливе співвідношення між твердою, рідкою і газоподібною фазами ґрунту, забезпечується найбільш ефективне використання вологи за посушливих умов, нормальні умови для розвитку кореневої системи рослин, необхідний контакт між ґрунтом і насінням.

Слід мати на увазі, що дані оптимальної об'ємної маси ґрунту для різних культур не є в повному розумінні константами. Вони змінюються під дією кліматичних факторів і агротехнічних заходів, що застосовуються під час вирощування культур. За високого зволоження оптимум у межах встановленого діапазону зміщується до більш низь-

ких значень щільності будови, а за недостатнього зволоження — до більш високих. Фізична суть цієї закономірності пов'язана з умовами випаровування води, її рухом у ґрунті, аерацією. За високого вмісту води, близького до НВ, швидкість її пересування зменшується в пухких ґрунтах і збільшується в ущільнених, а необхідний рівень аерації підтримується лише за рахунок некапілярних проміжків. За низького вмісту води, близького до значення вологості розриву капілярних зв'язків, аерація не є лімітуючим фактором. Втрати води на фізичне випаровування в цьому разі зі щільного ґрунту значно менші, ніж із розпушеного, і, перш за все, за рахунок зниження рівня конвекційно-дифузних процесів її пересування в пароподібному стані.

Оцінка ступеня сприятливості ґрунтових умов за показниками щільності будови більш об'єктивна для ярих культур, а для озимих культур помітну роль відіграють умови перезимівлі (Пабат І.А., 1992).

За оптимальних умов для сходів і подальшого росту рослин озими на високоущільнених ґрунтах можуть загинути від притертої льодової кірки після зимових відлиг. За даними Інституту землеробства УААН, за зміни щільності будови дерново-підзолистого супіщаного ґрунту від пухкого до сильноущільненого загинуть озимих у зими з льодяною кіркою зростала від 29 до 42 % (Малієнко А.М., 1989).

За зведеними даними науково-дослідних установ України, оптимальна щільність будови орного шару в умовах середнього за зволоженням року становить, г/см<sup>3</sup>: на дерново-підзолистих ґрунтах важкого і середнього гранулометричного складу — для зернових колосових — 1,22, кукурудзи — 1,15, соняшнику — 1,08, кормових бобів — 1,21, картоплі — 1,11, цукрових буряків — 1,25; на дерново-підзолистих ґрунтах легкосуглинкового і супіщаного гранулометричного складу — для зернових колосових — 1,27, кукурудзи і кормових бобів — 1,22, цукрових буряків, льону і гороху — 1,20; на чорноземах типових і сірих лісових ґрунтах важко- і середньосуглинкового гранулометричного складу — для зернових колосових і гороху — 1,21, кукурудзи — 1,15, кормових бобів — 1,0, цукрових буряків — 1,14, картоплі — 1,1, гречки — 1,25; на чорноземах типових і сірих лісових ґрунтах легкосуглинкового гранулометричного складу — для зернових колосових — 1,23, кормових бобів — 1,12, цукрових буряків і кукурудзи — 1,25, вико-вівсяної сумішки — 1,35; на чорноземах звичайних і південних, каштанових ґрунтах важкосуглинкового гранулометричного складу — для зернових колосових і кукурудзи — 1,19, цукрових буряків — 1,16 і соняшнику — 1,23 (Круть В.М., Медведєв В.В., Грабак Н.Х., Озеранський Л.А., 1986).

Для ґрунтів легкого гранулометричного складу оптимальна об'ємна маса є вищою і діапазон її дещо ширший, ніж для ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складу. Чим важчий ґрунт за гранулометричним складом, тим меншою є його оптимальна щільність будови.

За ступенем ущільнення ґрунти поділяють на дуже пухкі, пухкі, середньопухкі, щільні та дуже щільні (табл. 14).

Таблиця 14

**ХАРАКТЕРИСТИКА СКЛАДЕННЯ ҐРУНТУ ЗА ОБ'ЄМНОЮ МАСОЮ ( $g/cm^3$ ) І ЗАГАЛЬНОЮ ПОРИСТІСТЮ (%)**  
(Гнатенко О.Ф., Крикунов В.Г., Петренко Л.Р., 1997)

Шар ґрунту, см	Об'ємна маса ( $d_0$ ) і загальна пористість ( $V_2$ )	Ступінь ущільнення ґрунту					Щільність твердої фази ґрунту
		дуже пухкий	пухкий	середньо-пухкий	щільний	дуже щільний	
Для ґрунтів з умістом гумусу до 4 %							
0—20	$d_0$	< 1,0	1,0—1,2	1,2—1,4	1,4—1,5	> 1,5	2,60
	$V_2$	> 60	60—53	53—47	47—43	< 43	
20—50	$d_0$	< 1,2	1,2—1,35	1,35—1,48	1,48—1,6	> 1,6	2,65
	$V_2$	> 55	55—50	50—45	45—40	< 40	
50—100	$d_0$	< 1,35	1,35—1,5	1,5—1,6	1,6—1,67	> 1,67	2,70
	$V_2$	> 50	50—45	45—41	41—38	< 38	
Для ґрунтів з умістом гумусу понад 4 %							
0—20	$d_0$	< 0,95	0,95—1,1	1,1—1,2	1,2—1,3	> 1,3	2,50
	$V_2$	> 62	62—56	56—52	52—48	< 48	
20—50	$d_0$	< 1,1	1,1—1,2	1,2—1,3	1,3—1,4	> 1,4	2,60
	$V_2$	> 58	58—54	54—50	50—46	< 46	
50—100	$d_0$	< 1,25	1,25—1,32	1,32—1,4	1,4—1,5	> 1,5	2,70
	$V_2$	> 54	54—51	51—48	48—44	< 44	

Оптимальна щільність будови для різних шарів (глибин) ґрунту неоднакова. Найменш щільним має бути верхній мульчуючий шар глибиною до 4—5 см, який захищає ґрунт від випаровування вологи з його поверхні та вкриває висіяне насіння. Більш ущільненим повинен бути власне посівний шар, який є ложем для насіння більшості культур, опорою для сошників сівалок, екраном, що запобігає дифузним втратам пароподібної вологи з нижньої частини орного шару.

Щільність будови підорних шарів, як правило, вища об'ємної маси орного шару ґрунту. В.Ф. Трушин (1964) встановив, що найкращі умови для зернових культур створюються за середньої об'ємної маси посівного шару  $1,05 \text{ г/см}^3$ , що лежить нижче до глибини 12 см —  $1,05—1,20 \text{ г/см}^3$ . І. А. Пабат (1992) відмічає, що найсприятливіші умови вирощування основних сільськогосподарських культур створюються, коли щільність будови ґрунту в шарі 0—5 см становить  $0,85—1 \text{ г/см}^3$ , 5—10 см —  $0,9—1,1$  та в шарі 10—30 см —  $1,1—1,25 \text{ г/см}^3$ , а проєктивне покриття поверхні ґрунту живою або мертвою рослинністю — не менше 70 %.

Вченими Інституту агрохімії і ґрунтознавства УААН доведено, що зернові культури пред'являють неоднакові вимоги до агрофізичних властивостей ґрунтів в окремих частинах кореневмісного шару. Оптимальні значення структурного стану ґрунту необхідно диференціювати для поверхневого і насінневого шарів, а значення щільності будови — для поверхневого, наднасінневого, насінневого, піднасінневого і, можливо, підорного шарів. Оптимізація агрофізичних властивостей чорноземів, із погляду вчених, у цьому випадку полягає у створенні і підтриманні сприятливої щільності будови і структурного стану в названих шарах ґрунту.

В. В. Медведєв (1988) вказує, що є всі підстави стверджувати, що оптимізація агрофізичних властивостей ґрунтів повинна здійснюватися і в горизонтальному напрямку під час вирощування просапних культур. За даними Інституту агрохімії і ґрунтознавства УААН, картопля вимагає різної щільності будови ґрунту в рядку і міжрядді. У першому випадку її вимоги достатньо високі, у другому — малі.

Вченими отримані два рівні оптимізації агрофізичних і агрохімічних параметрів чорноземів для вирощування зернових колосових культур (Медведєв В.В., 1988). Перший — без диференціації структурного стану і щільності будови у глибині оброблюваного шару ґрунтів і другий — з диференціацією (табл. 15). У першому випадку мова йде про середню або достатньо добру розробку орного шару і надання останньому середньої щільності будови, що майже можливо за обробітку існуючими знаряддями. В другому — про задоволення вимог рослин і отримання максимального врожаю та найвищої віддачі від мінеральних добрив. Останнє, очевидно, можна досягти тільки за допомогою принципово нових комбінованих ґрунтооброблювальних і посівних машин. Представлена модель, як зазначає В.В. Медведєв (1988), не є остаточною, оскільки достатньо не досліджена в усіх аспектах.

Результати досліджень дали змогу вченим Інституту агрохімії і ґрунтознавства УААН сформулювати такі основні агротехнічні вимоги до технологій і технічних засобів механічного обробітку за вирощування зернових колосових культур на чорноземних ґрунтах середнього і важкого гранулометричного складів:



Таблиця 15

**НОМІНАЛЬНА МОДЕЛЬ КОРЕНЕВМІСНОГО ШАРУ  
ЧОРНОЗЕМУ ТИПОВОГО ВАЖКОСУГЛИНКОВОГО  
З ОПТИМАЛЬНИМИ АГРОФІЗИЧНИМИ І АГРОХІМІЧНИМИ  
ПАРАМЕТРАМИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ЗЕРНОВИХ  
КОЛОСОВИХ КУЛЬТУР**

Параметр	Діапазон значень
Структурний стан орного шару перед сівбою:	
— за співвідношенням агрегатів різних розмірів — за переважаючим розміром агрегатів:	За сприятливих умов зволоження і мінерального живлення: 20—5 мм — до 25 %; 5—0,25 мм — до 60 %; < 0,25 мм — до 15 %
без диференціації (в орному або посівному шарі)	За несприятливих умов зволоження і недостатньої кількості елементів живлення: 20—5 мм — 10—15 %; 5—2 мм — 20 %; 2—0,25 мм — 45—60 %; < 0,25 мм — до 15 %
з диференціацією на:	За сприятливих умов — 20—0,25 мм; за несприятливих умов — 5—0,25 мм
— поверхневий шар (0—4 см)	20—5 мм;
— насіннєвий шар (4—8 см)	5—2 (0,25) мм з коливаннями залежно від розміру насіння
Щільність будови орного шару перед сівбою (г/см <sup>3</sup> ): — без диференціації  — з диференціацією на: поверхневий шар (0—4 см)  наднасіннєвий ущільнений про- шарок (4—5—6 см); піднасіннєвий шар (8—30 см) підорний шар (30—50 см)	1,1—1,3 (за недостатнього зволоження і підвищеної дози добрив)  1,0—1,3 (вплив щільності будови на урожай неістотний) 1,2—1,3;  1,1—1,2 (за підвищеної дози добрив) 1,1—1,3 (вплив щільності будови на урожай неістотний)
Доза мінеральних добрив	N <sub>90—120</sub> P <sub>90—120</sub> K <sub>45—60</sub>
Глибина заробки мінеральних добрив, см	Оптимальна — 5—15, допустима — 0—30
Вміст вологи в ґрунті	Від 0,7 до 1,0 НВ

— покращення структурного стану поверхневого і особливо насінневого шарів, яке передбачає значне збільшення вмісту в посівному (поверхневий + насінневий) шарі агрегатів розміром від 20 до 0,25 мм з переважанням фракції від 20 до 5 мм у поверхневому, і від 5 до 0,25 мм — у насінневому шарах, усунення агрегатів розміром понад 20 і менше 0,25 (1) мм із поверхневого шару; вміст пилу (фракції менше 0,25) у насінневому шарі допускається в межах не більше 15 %;

— покращення щільності будови орного шару, яке передбачає створення в ньому об'ємної маси в межах 1,1—1,3 г/см<sup>3</sup>, утворення ущільненого до 1,2—1,3 г/см<sup>3</sup> наднасінного прошарку, дещо менш пухкого насінневого і піднасінного шарів (1,1—1,2 г/см<sup>3</sup>); об'ємна маса поверхневого і підорного шарів допускається в широких межах, але не більше 1,3 і не менше 1,0 г/см<sup>3</sup>.

За умови високої культури землеробства агрофізичні властивості чорноземів наближаються, як зазначає В.В. Медведєв (1988), до вимог зернових, але істотно відхиляються від вимог просапних і дрібнонасісних культур.

Узагальнення отриманого експериментального матеріалу дозволило вченим розробити діагностичні критерії рівнів окультуреності чорноземів щодо основних агрофізичних властивостей і мікрморфологічних показників (табл. 16), які можуть бути використані для вирішення різних питань контролю і управління — моніторингу — фізичного стану чорноземів у виробничих умовах.

Отримані урожайні дані показали, що виділені рівні окультуреності чорноземів є контрастними і легко відрізняються. Отже, вибрані критерії характеризують антропогенні процеси в реальних умовах і можуть бути використані у разі розробки відповідних заходів щодо управління агрофізичними показниками родючості чорноземів.

У загальному вигляді ці заходи залежно від рівня окультуреності чорноземів полягають в наступному:

— за високого рівня окультуреності — заходи спрямовані на збереження агрофізичних властивостей і включають мінімізацію механічного обробітку (заміна оранки поверхневим обробітком під озиму пшеницю після кукурудзи на силос, гороху або безпліцевим — плоскорізним, чизельним тощо обробітком під окремі культури сівозміни, суміщення операцій, зменшення глибини і кількості міжрядних обробітків у посівах просапних культур, покращення організації виконання механізованих польових робіт та ін.); систематичне застосування гною в дозах, що забезпечують бездефіцитний баланс органічної речовини (орієнтовно по 20—30 т/га 1 раз у 4—5 років); на зрошуваних землях — суворо нормативна подача поливної води, обробіток ґрунту активними робочими органами, зменшення питомого тиску машинно-тракторних агрегатів на ґрунт;

— за середнього рівня окультуреності — заходи спрямовані на поліпшення агрофізичних властивостей і культури землеробства, зокре-

ма, систематичне внесення підвищених доз органічних добрив; впровадження сівозмін зі значною часткою бобових культур суцільного способу сівби, всіх елементів мінімізації механічного обробітку, використання кальційумісних речовин;

— за низького рівня окультуреності — те ж + одноразове внесення великих доз органічних добрив (до 80 т/га).

*Таблиця 16*

**ДІАГНОСТИЧНІ КРИТЕРІЇ РІВНІВ ОКУЛЬТУРЕНОСТІ  
ЧОРНОЗЕМІВ ЗА АГРОФІЗИЧНИМИ І  
МІКРОМОРФОЛОГІЧНИМИ ПОКАЗНИКАМИ  
В ОРНОМУ ШАРІ (Медведев В.В., 1988)**

Рівень окультуреності	Вміст агрегатів, %		Рівноважна об'ємна маса, г/см <sup>3</sup>	Водопроникність, мм/год (середнє за 6 годин спостережень)	Співвідношення міжвнутрішньо-агрегатних пор	Вміст у порах неагретованого матеріалу розміром менше 0,05 мм, %
	повітряно-сухих (розміром від 10 до 0,25 мм)	водотривких (розміром понад 0,25 мм)				
Високий	70—80	45—55	1,1—1,2	60—90	1,0—1,3	10—20
Середній	60—70	35—45	1,2—1,3	30—60	1,3—1,8	20—30
Низький	<60	< 35	> 1,3	< 30	> 1,8	> 30

Заходи щодо покращення агрофізичних властивостей чорноземів мають найбільше значення в умовах зрошення і багаторазових проходів машинно-тракторних агрегатів. Зрошення і багаторазовий механічний обробіток погіршують агрофізичні показники родючості чорноземів навіть за умов високої культури землеробства і на технічно досконалих зрошуваних масивах. Основний зміст заходів полягає в покращенні організації виконання механізованих польових робіт і впровадженні нових технічних засобів для обробітку ґрунтів.

Великі резерви поліпшення агрофізичних властивостей ґрунтів криються в застосуванні органічних добрив і кальційумісних сполук. Вони є головними факторами у вирішенні проблеми поліпшення структурного стану і будови ґрунтів.

Покращують агрофізичні показники родючості ґрунтів і науково обґрунтовані сівозміни, зокрема зернотрав'яні, травопільні, плодозмінні. Як зазначав Д.М. Прянишников (1953), Європа лише за допомогою плодозміни подвоїла за 100 років урожай зернових — із 7—8 до 14—15 ц/га. Крім того, плодозміні, як вказував ще О. В. Советов (1867), властива велика гнучкість.

Обов'язковими заходами покращення агрофізичних властивостей є вапнування кислих і гіпсування солонцевих ґрунтів, внесення всіх видів органічних добрив, травосіяння, захист від ерозії і мінімізація механічного обробітку ґрунтів.

Виконані в 30—60—ті роки ХХ ст. дослідження показали, що під впливом мінеральних добрив фізичні властивості різних ґрунтів змінюються. Деякі дослідники констатують погіршення структурно-агрегатного складу, водопроникності, збільшення показника вологості в'янення. Негативна дія добрив посилюється за підвищення доз, тривалості строку внесення, особливо фізіологічно кислих форм або одновалентних катіонів. Ряд вчених вважає, що внесені в ґрунт мінеральні добрива істотно не змінюють водно-фізичні властивості ґрунтів. І, нарешті, є дані про позитивний вплив мінеральних добрив на водно-фізичні властивості ґрунтів, який пояснюється додатковим надходженням рослинних решток і поліпшенням гумусового балансу ґрунту.

У дослідгах Інституту агрохімії і ґрунтознавства УААН за внесення мінеральних добрив (аміачна селітра, суперфосфат, калійні солі та ін.) не відмічено великих змін водно-фізичних властивостей чорноземів типових і звичайних. Незначне зниження водопроникності відбувалося під дією дуже високих доз мінеральних добрив з обов'язковою участю азотного компоненту ( $N_{960}P_{960}K_{380}$ ). Проте тільки для окремих варіантів отримана різниця виявилась статистично істотною. Не було відмінностей і у співвідношенні різних категорій вологи — за низьких (гігроскопічність, максимальна гігроскопічність, вологість в'янення), середніх (вологість розриву капілярів) і високих (найменша і повна вологоємність) рівнів зволоження.

Отже, як відзначає В.В. Медведєв (1988), чорноземи (типовий і звичайний) у разі застосування підвищених доз мінеральних добрив проявляють високу стійкість, що доводить незмінність фізичних характеристик твердої фази, складення, ґрунтово-гідрологічних констант і водопроникності. У чорноземі південному стійкість структурного складу є дещо нижчою.

Негативні зміни фізичних властивостей чорноземів можуть відбуватися в перші роки після одноразового внесення дуже високих доз повного мінерального удобрення або тільки азотного. Через 2—3 роки негативна післядія мінеральних добрив на ґрунт усувається (очевидно, за рахунок вбирання їх рослинами, розпаду, відтоку за межі кореневисного шару і т. д.). Незворотно закріплена ґрунтом частина добрив, яка сприяє підвищенню вмісту ґрунтових поживних речовин, мабуть, є не такою великою, щоб спричинити стійкі зміни в колоїдному комплексі чорнозему, тому вчені вважають, що роль мінеральних добрив у загальній проблемі оптимізації умов життя рослин на чорноземах є значною. Покращуючи режим живлення, мінеральні добрива не дають залишкових ефектів (у крайньому разі на чорноземах типових і зви-

чайних) щодо до комплексу агрофізичних показників родючості ґрунтів (Медведев В.В., 1988).

Що стосується впливу гною на фізичні властивості ґрунтів, то в літературі до недавнього часу не було суперечливих міркувань. Вважалося, що гній чинить позитивний вплив. За його внесення відмічалось підвищення вмісту органічної речовини і, як наслідок, збільшення розмірів і покращення водотривкості макро- і мікроструктури, водоутримувальної здатності, доступності ґрунтової вологи, зростання швидкості інфільтрації, пористості, покращення реологічних властивостей.

За даними ряду дослідників, гній значно помітніше покращує фізичні властивості на ґрунтах середнього і важкого гранулометричного складу, ніж на легких ґрунтах (Вільямс В.Р., 1939). В останньому випадку його позитивний вплив, на думку деяких вчених, виявляється тільки за внесення у великих дозах. Меліоруючий вплив гною на ґрунт зростає зі збільшенням в його складі волокнистих матеріалів (Хафес, 1974).

Поліпшувальна дія гною на ґрунт є настільки універсальною, що рівень окультуреності ґрунтів віддавна оцінювався за кількістю внесених органічних добрив (Францессон В.А., 1934). Роль органічних добрив в умовах висококомеханізованого сільського господарства значна, перш за все, в аспекті підтримання агрофізичних властивостей ґрунтів у сприятливому інтервалі значень.

За даними Д.У. Кука (1970), гній не тільки «допомагає» обробітку ґрунту, полегшуючи руйнування брил, але і сприяє усуненню негативної дії несвоєчасної і неякісної оранки.

Тимчасом, у деяких працях описана і негативна дія гною на ґрунт. Одним з перших, хто відмітив цей факт, був Н.І. Саввінов (1936), який встановив залежність між дією гною на ґрунт і реакцією рослини. В його досліді гній позитивно діяв тільки за сприятливої реакції рослини.

На сьогодні в землеробстві розвинутих країн спостерігається збільшення доз внесення гною, зниження в деяких випадках його якості, зростання в складі гною одновалентних катіонів, що призводить до погіршення агрофізичних властивостей ґрунтів. Зарубіжні дослідники відмічають, що високі дози гною негативно діють на схожість ряду культур (Андріано, 1973), знижують стійкість ґрунтових агрегатів до руйнівної дії дощових крапель, що пов'язано із полегшенням їх розпаду і зменшенням щільності. Встановлено, що сильно угноєні ґрунти значно більше ущільнюються під дією важких машин, ніж менш угноєні (Бокел, 1963).

Із викладеного вище випливає, що гній чинить на ґрунт двоїсту дію. Його кінцевий результат залежить від багатьох причин, головними з яких є тип ґрунту, його гранулометричний склад, дози і якість внесеної органічної речовини.

Отримані вченими Інституту агрохімії і ґрунтознавства УААН результати досліджень дали змогу визначити особливості дії гною на чорнозем

середнього гранулометричного складу. До найбільш важливих із них належить здатність гною знижувати рівноважну щільність будови ґрунту і окремих агрегатів, підвищувати водотривкість ґрунтової структури, посилювати водопроникність і поліпшувати мікробудову ґрунту. Ці позитивні зміни дають підставу розглядати гній як засіб усунення несприятливого впливу на чорнозем інтенсивного механічного обробітку.

На думку В.В. Медведєва (1988), тільки в умовах додатного і, можливо, бездефіцитного балансу гумусу фізичні властивості ґрунтів після внесення гною поліпшуються. Якщо гній не може запобігти зниженню вмісту органічної речовини в ґрунтах, покращення фізичних властивостей не спостерігається (Шенявский А.Л., 1973).

Значний вплив на агрофізичні властивості ґрунту справляє зрошення. Досягнення очікуваного ефекту від зрошувальної меліорації можливе в тому випадку, якщо покращення вологозабезпеченості рослин не супроводжується погіршенням властивостей і режимів ґрунтів.

Дослідженнями П.В. Вершиніна (1959) на чорноземних і чернокаштанових ґрунтах встановлено, що багаторазові поливи руйнують структуру ґрунту, ущільнюють її (особливо на кінець вегетаційного періоду). Несприятливі зміни в газообміні ґрунту (нагромаджується вуглекислота, розвиваються умови анаеробіозису), який погіршує живлення рослин, призводять до зниження врожаю, незважаючи на повне забезпечення рослин водою.

Л.Г. Пекаторос (1956) на слабосолонцюватих чорноземах Херсонської області встановив посилення їх солонцюватості під дією гідрокарбонатів зрошуваних вод.

М.Ф. Буданов та ін. (1960) у чорноземах звичайних Запорізької області після зрошення також відмічали тимчасове осолонцювання, запливання і утворення кірки, хоча в цілому водно-фізичні властивості ґрунтів тут після 20 років зрошення залишались сприятливими. Для усунення осолонцювання рекомендуються кислі форми добрив і невеликі дози гіпсу.

П.В. Захарчук та інші дослідники (1971) встановили, що за 6 років зрошення водою із Краснознам'янського зрошувального каналу в південних чорноземах ущільнився орний шар (з 1,38—1,42 до 1,48—1,52 г/см<sup>3</sup>), зменшилась пористість (з 45—46 до 40—42 %), капілярна і повна вологоємність, різко знизилась водопроникність (з 45 до 16,5 мм вологи за першу годину спостережень).

І.М. Гоголев та ін. (1972), а потім С.П. Позняк та ін. (1975) констатують погіршення водопоглинаючої здатності, фільтраційних властивостей, повітряного режиму, появу соди і закисних форм заліза, значні зміни морфологічних ознак, дисперсності у чорноземах південних на Інгулецькій, Татарбунарській, Нижньодністровській та інших зрошуваних системах України.

М.Г. Зборищук та ін. (1980) провели дослідження фізичних властивостей чорноземів в Ростовській і Одеській областях, які зрошувались понад 10—12 років. Вони підтвердили наявність в ґрунтах істотних

змін: збільшення щільності, погіршення структури і будови. Тільки на фоні високої агротехніки і правильної організації поливів відмічалась деяка стабілізація фізичних властивостей. Аналогічні висновки зробили П.І. Кукоба та ін. (1979), досліджуючи ділянки, де застосовували нетривале зрошення на чорноземах типових Харківської області.

Дані різних досліджень показують, що деградація фізичних властивостей ґрунтів широко розповсюджена в Україні. Великий вплив на процес погіршення фізичних властивостей ґрунтів за зрошення справляють хімічні властивості зрошуваної води: наявність у ній навіть невеликих кількостей сполук колоїдного кремнезему, карбонатів натрію і магнію, хлористих і сірчаноокислих солей спричиняє негативну післядію, наростання осолонцювання (Ковда В.А., 1971).

Важливими причинами розвитку несприятливих фізичних явищ і процесів у ґрунтах під час зрошення є недостатньо високий рівень культури землеробства, а також невеликі обсяги застосування хімічних меліорантів для ґрунтів і поливних вод, засолення, заболочування. Особливо несприятливі інтенсивні способи подачі поливної води.

За даними Інституту агрохімії і ґрунтознавства УААН, тривало зрошувані чорноземи характеризуються більш високими показниками липкості як у нижній, так і у верхній межі пластичності порівняно з незрошуваним ґрунтом. Внаслідок цього діапазон вологості ґрунту, за якого проявляється липкість, під час зрошення більший, що ускладнює обробіток таких ґрунтів. Показники твердості, опору ґрунту, зсуву і розриву свідчать про те, що за рівних умов зволоження затрати енергії на обробіток зрошуваного ґрунту вищі, ніж незрошуваного.

Істотна особливість зрошуваного ґрунту в порівнянні з незрошуваним полягає у виразному виявленні пластичної деформації, яка є причиною підвищеної консолідації ґрунтової маси. Так, за даними В.В. Медведєва (1988), щільність окремих структурних агрегатів розміром 5—3 мм на цій лінії становила 1,50, ріллі — 1,60, під час зрошення — 1,68 г/см<sup>3</sup>. Відповідні показники для фракції розміром 2—1 мм: 1,57; 1,70 і 1,76 г/см<sup>3</sup>; для фракції 0,5—0,25: 1,62; 1,75 і 1,86 г/см<sup>3</sup>. Наростання пластичних деформацій покращує взаємну орієнтацію кристалічних доменів, одночасно підвищується щільність упаковки агрегатів у ґрунті, що спричиняє розвиток процесів злитоутворення на зрошуваних ґрунтах.

Отримані вченими Інституту агрохімії і ґрунтознавства УААН результати досліджень підтвердили, що тривале зрошення може істотно змінити фізичні і фізико-механічні властивості ґрунтів (у негатовий бік). Очевидно, як зазначають вчені, основна причина цього — різні види деформації ґрунту під впливом сільськогосподарської техніки, які більшою мірою проявляються в умовах зрошення, ніж на незрошуваних землях. Механічна дія крапель поливної води під час дощування, затиснутого повітря за поливів по смугах, борознах і затоплення, очевидно, накладається на дію машин.

Щоб знизити негативний вплив тривалого зрошення на фізичні і фізико-механічні властивості, необхідно зменшити консолідацію ґрунту і зняти залишкову пластичну деформацію, застосувавши з цією метою інтенсивні заходи кришіння.

Вчені вважають, що зрошування чорноземів прісними водами слід розвивати, оскільки проблема розширеного відтворення їх родючості не буде вирішена без усунення існуючого в них дефіциту доступної вологи. Зрошення чорноземів повинно супроводжуватися внесенням підвищених доз мінеральних і органічних добрив, хімічних меліорантів, проводитись малими дозами за ощадливого режиму подачі води, в сівзмінах обов'язковий посів багаторічних трав. Інакше кажучи, зрошення необхідно розвивати тільки на фоні високої культури землеробства із застосуванням профілактичних запобіжних заходів для ґрунту і води, які зменшують його негативну післядію.

Цікаво, що чорноземні ґрунти виявляють найменшу стійкість до механічного навантаження як у природних, так і особливо в антропогенних (під час розорювання) умовах. Причина цього явища, на думку В.В. Медведєва (1997), полягає в тому, що чорноземні ґрунти, як більш гумусовані, мають підвищену здатність до пластичних деформацій. Важливо також, що деформація чорнозему в дослідях Інституту агрохімії і ґрунтознавства УААН не завершилася навіть за тиску 150 кПа, тоді як дерново-підзолисті ґрунти досягають максимальної деформації за середніх навантажень.

Підвищена ущільненість призводить до погіршення інших агрономічно та екологічно важливих властивостей ґрунту. В дослідях Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН середні параметри властивостей типових чорноземів у цілинних і староорних ґрунтах (шар 0—30 см) становили відповідно: рівноважна щільність — 1,13 і 1,27 г/см<sup>3</sup>, вміст агрономічно цінних (10—0,25 мм) сухих агрегатів — 80 і 66 %, вміст водотривких (> 0,25 мм) агрегатів — 53 і 31 %, водопроникність за 6 годин спостережень за рівноважної щільності будови ґрунту — 71 і 55 мм/год, вміст гумусу — 4,8 і 4,2 %, рН<sub>KCl</sub> — 5,9 і 5,3, щорічні втрати ґрунту внаслідок водної ерозії — 0 і 12,8 т/га. Таким чином, результати досліджень свідчать, що зі зростанням ущільнення погіршується структурний стан чорноземів, знижується їх водопроникність. До цього слід додати, що в староорних чорноземних ґрунтах істотно зменшується гумусованість, підвищується кислотність, посилюється схильність до водної ерозії, гальмується хід процесів, пов'язаних із синтезом новоутворених органічних речовин (Медведєв В.В., 1997).

Отже, фізичну деградацію, й особливо ущільнення, треба враховувати в системі заходів щодо охорони ґрунтів і взагалі в концепції сталого землекористування. В Україні увагу до фізичної деградації обов'язково треба посилити, бо тут діє цілий ряд об'єктивних ґрунтово-кліматичних і господарських факторів, які сприяють розвитку ущі-



льнення. Це переважно середній і важкий гранулометричний склад ґрунтів; досить висока (наближена до фізичної спілості) вологість під-посівного шару зраного восени поля у весняний період; значні величини питомого опору ґрунту, що обмежує можливості суміщення ґрунтообробних операцій, внесення добрив і сівби. На цьому, в цілому несприятливому фоні, в країні працює величезна кількість енергонасичених важких машин і знарядь, не знайшов широкого впровадження мінімальний механічний обробіток ґрунту, занижені дози гною (фактор, який сприяє підсиленню антидеградаційної здатності ґрунту).

Усунення деградації ґрунту — найважливіший етап, без реалізації якого не можна навіть вести мову про стале землекористування і сталий розвиток країни.

З появою важких енергонасичених тракторів масою понад 4—8 т (МТЗ-82, Т-150К), особливо в зрощуваних умовах, інтерес до змін агрофізичних властивостей ґрунтів зріс, оскільки такі трактори негативно впливали на ґрунт. Причин, що спричиняють негативний вплив техніки на структурний стан і будову ґрунту та урожайність сільськогосподарських культур, виявлено дві. По-перше — неконтрольоване зростання маси машинно-тракторних агрегатів (МТА) і явна недосконалість організації ведення механізованих польових робіт. Крім того, за розробки використовуваних нині у виробництві конструкцій МТА і технологій вирощування сільськогосподарських культур можливі негативні наслідки ущільнення ґрунту не враховувались.

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва призвела до збільшення кількості заходів, пов'язаних з роботою МТА у полі. Так, у процесі вирощування зернових культур необхідно виконати близько 8—15 окремих заходів, просапних — 20—25.

Виявилось, що трактори практично всіх типів ущільнюють ґрунт на значну глибину. Колеса важких МТА у разі проходження по розпушеному і зволоженому ґрунту занадто його ущільнюють. Ущільненню сприяє буксування і вібрація рушіїв, високий тиск у шинах, вузькі відстані між опорами ходових систем (що, зокрема, істотно збільшує загальну площу ущільнення поля) та ін.

Несприятливі фактори ущільнення негативно впливають, насамперед, на водно-фізичні властивості ґрунту: зростає об'ємна маса і твердість — за різними даними до глибини 30—120 см, знижується швидкість надходження в ґрунт атмосферної вологи, зменшується її доступність і різко погіршуються умови розвитку кореневих систем рослин. Дослідженнями встановлено, що збільшення або зменшення об'ємної маси ґрунту від оптимальної на 0,1—0,3 г/см<sup>3</sup> призводить до зниження врожаю на 20—40 %.

Багаторазові циклічні рухи МТА по полю призводять до того, що площа, яка покривається колесами тракторів, перевищує площу самого поля. Так, без врахування збирально-транспортних робіт під час ви-

рощування озимої пшениці площа, яка покривається гусеницями і колесами тракторів на 1 га, досягає у середньому 22—26 тис. м<sup>2</sup>, вирощування кукурудзи — 18—30, цукрових буряків — 30—32 тис. м<sup>2</sup>.

Проте кількість проходів по одному і тому ж місцю поля неоднакова. Під час вирощування озимої пшениці понад 30 % площі поля зазнає дворазової дії ходовими системами тракторів, 20 — шестиразової і 2 % — восьмиразової. Не ущільнюється лише 10 % площі поля. Поворотні смуги зазнають дії коліс і гусениць машин до 20 разів протягом одного року (Кушнарєв А.С., Кочєв В.И., 1989).

Дія ходових систем тракторів на ґрунт залежить від типу рушіїв (гусеничний, колісний) і маси трактора. Під час роботи тракторів МТЗ-80, ДТ-75М, Т-70С ущільнювальна дія розповсюджується на глибину до 45 см, Т-150К і К-700 — на 50—70 см. Інколи ущільнення від дії ходових систем тракторів Т-150К і К-700 розповсюджується на всю глибину до 1—1,2 м. При цьому істотно збільшується об'ємна маса орного і підорного шарів, досягаючи 1,35—1,45 г/см<sup>3</sup>, зменшується загальна пористість на 23—25 %. У багатьох ґрунтово-кліматичних зонах щільність ґрунту не самовідновлюється і в наступні роки.

Ущільнення ґрунту в першу чергу пов'язане зі зміною порогового простору, причому цей процес починається з деформації крупних некапілярних пор. Найбільш цінними для фізичних властивостей ґрунту є пори розмірами 100—300 мк і більше, які слугують для транспортування і перерозподілу великої кількості води, швидкого і глибокого проникнення в ґрунт повітря. Волога, що міститься в порах розміром менше 10 мк, малодоступна рослинам. Ущільнення ґрунтів призводить до зменшення пор розміром понад 10 мк. Так, за ущільнення ґрунту від 1,25 до 1,62 г/см<sup>3</sup> загальна пористість зменшується від 52 до 39 %. У разі об'ємної маси 1,32 г/см<sup>3</sup> пори розміром понад 300 мк становлять всього 2—3 % від об'єму ґрунту. За ущільнення до 1,5 г/см<sup>3</sup> кількість пор понад 10 мк зменшується до 6 %, але в 1,5 раза збільшується об'єм пор розміром менше 3 мк (Кушнарєв А.С., Кочєв В.И., 1989). Це призводить до того, що внаслідок ущільнення ґрунту за однакової вагової вологості скорочується кількість доступної рослинам вологи і збільшується вміст недоступної води в мікропорах. З другого боку, зменшується повітроємність ґрунту. Навіть після поливу запас доступної вологи в активному шарі ґрунту на ущільнених ділянках на 250—300 м<sup>3</sup>/га нижчий, ніж на неущільнених. Крім того, водопроникність ущільненого ходовими системами тракторів ґрунту зменшується в 2—4 рази і більше.

Ущільнення ґрунту погіршує повітрообмін, поживний і температурний режими, знижує біологічну активність ґрунту. Інтенсивність виділення з ущільненого ґрунту СО<sub>2</sub> зменшується в 1,2—1,6 рази. Основною формою азоту в ущільненому ґрунті (до 95 %) протягом вегетаційного періоду рослин є амонійний, що пов'язано з погіршенням повітряного режиму.

Температура ґрунту по сліду трактора відрізняється від температури ґрунту поза слідом протягом доби. Ущільнений ґрунт у ранкові години має меншу температуру, ніж неущільнений, в денні прогрівається сильніше, а у вечірні години — швидше охолоджується. Амплітуда коливань температури вища в ущільненому ґрунті, ніж в неущільненому.

Збільшення твердості ґрунту внаслідок ущільнення перешкоджає проходженню зародкового корінця і погіршує аерацію в період підвищеної вологості, що знижує схожість насіння. Коріння на ущільнених ділянках деформовані і концентруються в прошарках з пониженою щільністю ґрунту, що знижує урожайність культур. У щільний ґрунт коріння рослин проникає слабо, до 80 % його знаходиться в шарі 7—10 см.

Ущільнення ґрунту ходовими системами спричиняє брилоутворення. На ущільнених ділянках суглинкових і глинистих ґрунтів під час оранки утворюються брили діаметром 60—70 см і масою 35—40 кг. Істотно погіршується кришіння під час підготовки такого зораного ґрунту під посів культур. Якщо на неущільнених ділянках міститься 12—15 % грудок розміром понад 10 мм, то на ущільнених колесами трактора К-700А таких грудок у верхньому шарі — 38—45 %.

Оранка і наступний обробіток попередньо ущільненого ґрунту хоч і дає можливість знизити його об'ємну масу до  $0,9\text{—}1\text{ г/см}^3$ , але супроводжується утворенням брил. Одночасно з цим відмічається зростання затрат енергії на обробіток. Так, по слідах гусеничних тракторів опір оранці зростає на 16—25 %, важких колісних тракторів і автомобілів — на 46—65, транспортних агрегатів — на 72—90 %. Для одержання приблизно рівних показників кришіння ґрунту в колії, утвореній колесом Т-150К, і за її межами необхідно прикласти зусилля руйнування більше ніж в 10 разів. Унаслідок ущільнення ґрунту, як показують результати досліджень, знижується урожай кукурудзи на зерно і зелену масу до 30 %, озимої пшениці до 27, цукрових буряків до 15, ячменю до 24, картоплі до 25 % (Кушнарев А. С., Кочев В. Й., 1989).

Зниження негативного впливу ходових систем мобільних агрегатів на ґрунт може бути одержано шляхом впровадження у практику комплексу організаційних заходів, що забезпечують їх рух за заздалегідь наміченими маршрутами. При цьому більшість технологічних операцій виконується під час руху тракторів по одних і тих же коліях — завчасно визначених і фіксованих на період вирощування сільськогосподарської культури маршрутах.

Для зменшення площі ущільнення поля слід по можливості віддавати перевагу тракторам великого тягового класу, які під час агрегативання із широкозахватними знаряддями набагато зменшують кількість проходів по полю. Так, під час культивування ґрунту МТЗ-82 ущільнює  $1650\text{ м}^2/\text{га}$ , а Т-150К — удвічі менше. Такого ж результату можна добитися під час виконання інших заходів. Не слід здійснювати проходи енергонасичених тракторів по перезволоженому ґрунту.

Застосування маршрутизації руху МТА дає можливість зменшити площу ущільнення поля під час вирощування головних сільськогосподарських культур (озимої пшениці, цукрових буряків, кукурудзи) в 1,7—2,7 рази. Маршрутизація руху тракторів забезпечує усунення зайвих проходів по полю, поліпшує організацію ведення польових робіт, знижує витрати палива і підвищує продуктивність сільськогосподарських культур.

Незважаючи на те, що маршрутизація — достатньо простий і ефективний засіб зниження негативного впливу МТА на ґрунт, її впровадження пов'язане з рядом труднощів, які пояснюються різною шириною захвату знарядь для передпосівного обробітку і сівби культур. Так, паровий культиватор КПС-4 має ширину захвату 4 м, зернова сівалка СЗ-3,6 — 3,6 м. За здійснення маршрутизації вказаний культиватор не буде використовуватися на ширину захвату, рівну 0,4 м, тому для широкого впровадження маршрутизації необхідно передбачити такий комплекс машин, який мав би однакову ширину захвату, або зробити захват деяких знарядь (борін, котків та ін.) кратним ширині захвату базових машин (наприклад, сівалок). Те й інше не потребує значних затрат, оскільки конструкції машин при цьому не змінюються, а змінюється тільки ширина їх захвату. У разі виконання цих умов маршрутизація МТА буде здійснюватися під час вирощування будь-якої культури автоматично, тобто МТА будуть пересуватися тільки по постійних коліях. Тоді площа ущільнення поля зменшиться, локалізується у постійних коліях і простіше усунеться у разі періодичного їх глибокого розпушування.

Маршрутизацію руху МТА доцільно впроваджувати насамперед під час проведення весняно-літніх робіт, бо на цей період припадає 70 % проходів тракторів по полю. Крім того, у весняний період вологість ґрунту, як правило, вища і відповідно збільшується його ущільнення. Під час виконання різних робіт рух агрегатів по полю виконується вздовж поля, поперек його і по діагоналі. Питома маса таких рухів відповідно становить 68, 24 і 8 %. Інститут цукрових буряків УААН для поліпшення вирівняності поверхні поля рекомендує всі наступні заходи після оранки проводити під кутом 20—25° до напрямку попереднього обробітку. Проте така рекомендація виключає можливість застосування маршрутизації руху агрегатів по одних і тих же коліях, тому у разі впровадження маршрутизації у виробництво всі роботи слід виконувати в одному напрямку, а для поліпшення вирівняності поля поздовжні й поперечні проходи проводити під кутом 65—70° один до одного.

Рух тракторів по одних і тих же слідах можна здійснити тільки у випадку рівності або кратності робочої ширини захвату застосовуваних агрегатів. Для вирощування цукрових буряків найбільше (36 %) застосовують агрегати з робочою шириною захвату 5,4 м, яку можна

вважати базовою. Боронувальні агрегати у складі тракторів Т-150 і Т-70С зі зчіпками СГ-21 і СП-11 необхідно укомплектувати додатковими ланками борін, і тоді робоча ширина захвату буде 21,6 і 10,8 м. Робоча ширина захвату агрегату для вирівнювання ґрунту може бути зменшена за рахунок збільшення перекриття у разі суміжних проходів до 10,8 м. Суцільне обприскування здійснюється трактором МТЗ-80 з машиною ПОУ, робоча ширина захвату якої зменшується до 10,8 м відключенням крайніх розпилювачів штанги. Після такого коригування робочої ширини агрегатів усі проходи тракторів у весняно-літній період під час вирощування цукрових буряків будуть здійснюватися по одних і тих же коліях.

Першим заходом підготовки ґрунту до сівби у весняний період є боронування, яке проводять у поперечному напрямку до основного обробітку. Під час підготовки агрегату до роботи його потрібно обладнати маркерами і слідпоказчиками, які забезпечують рух наступного шлейфувального агрегату з шириною захвату 10,8 м по тих же слідах. За величину вильоти маркера боронувального агрегату зручно взяти відстань від правого рушія трактора до диска маркера, оскільки водити трактор по сліду маркера найзручніше правим рушієм. Правий і лівий вильоти маркера (відповідно  $M_{\text{пр}}$  і  $M_{\text{лів}}$ ) визначають за такими формулами:

$$M_{\text{пр}} = B_p - B_r = 21,6 - 1,4 = 20,2 \text{ м};$$

$$M_{\text{лів}} = B_p + B_r = 21,6 + 1,4 = 23 \text{ м},$$

де  $B_p$  — робоча ширина захвату агрегату, м;  $B_r$  — відстань між серединами передніх коліс, м.

Маркери будуть виступати за межі агрегату приблизно на 11 м, що утруднює використання загальноприйнятої конструкції. Для усунення цього недоліку в боронувальному агрегаті доцільно застосовувати пінні маркери. Схему розміщення слідпоказчиків на боронувальному агрегаті показано на рис. 4.

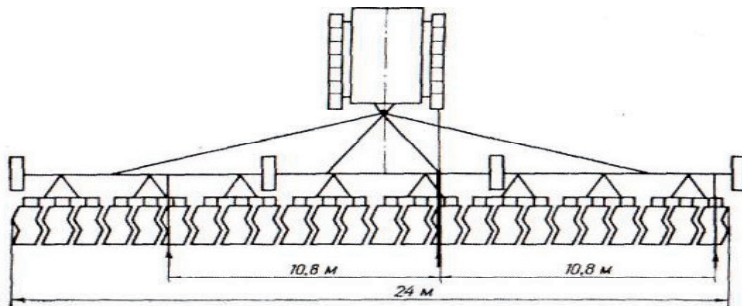


Рис. 4. Схема боронування агрегату зі слідпоказчиками

Конструкція слідпокажчиків повинна забезпечувати утворення в ґрунті такої глибини борозенки, щоб після проведення поздовжнього боронування вона залишилася орієнтиром механізатору під час проведення наступного агротехнічного заходу, виконуваного в поперечному напрямку. За повторного боронування поля у поздовжньому напрямку бічні слідпокажчики з агрегату знімають. На агрегатах із шириною захвату 10,8 м встановлюють три слідпокажчики на відстані 5,4 м один від одного. Решту агрегатів з шириною захвату 5,4 м обладнують одним слідпокажчиком, який встановлюють за правим рушієм трактора.

Рух тракторів по одних і тих же коліях можливий тільки за умови суворого дотримання основної вимоги — всі проходи агрегату по одному й тому ж сліду необхідно виконувати в одному напрямку, оскільки у випадку різної ширини захвату різних агрегатів утруднюється організація робіт. У такому випадку застосовують спеціальний спосіб руху агрегату. На рис. 5 показана траєкторія руху агрегату по полю шириною захвату 21,6 і 10,8 м. Боронувальний агрегат переміщується по полю човниковим способом, а шлейфувальний — з перекриттям.

Ефективність інтенсивної технології вирощування зернових культур істотно підвищується у разі зниження ущільнювальної дії ходових мобільних агрегатів на ґрунт шляхом розповсюдження маршрутизації руху на всі заходи обробітку ґрунту у весняно-літній період. Для цього ширину захвату всіх агрегатів потрібно узгодити з шириною захвату посівного агрегату, яка становить 10,8 м. Боронувальний агрегат можна комплектувати на базі трактора Т-150 зі зчіпкою СГ-21 і робочою шириною захвату 21,6 м. Агрегат для культивування складається із трактора Т-150, зчіпки СП-16 і трьох культиваторів КПС-4. Збільшуючи перекриття під час суміжних проходів культиваторного агрегату, робоча ширина його захвату повинна бути 10,8 м. Аналогічним способом підбирають агрегати під час використання інших тракторів, а також для вирощування інших сільськогосподарських культур.

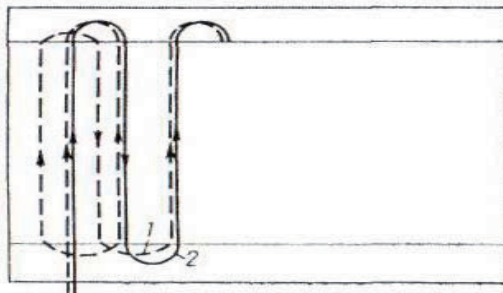


Рис. 5. Траєкторія руху агрегату  
(1 — шлейфувального, 2 — боронопрямувального)

Досвід показав, що впровадження маршрутизації полегшується, коли спочатку складають спеціальні маршрутні карти руху МТА для кожного поля. Надалі у міру освоєння механізаторами технології маршрутизації потреба в них відпадає.

Локалізація ущільнення за рахунок маршрутизації руху сільськогосподарських машин — ефективний спосіб зниження негативної дії їх ходових систем на ґрунт. Правильне складання агрегатів і зменшення кількості проходів по полю забезпечує мінімальне ущільнення ґрунту.

Технологічні карти вирощування сільськогосподарських культур потрібно складати з урахуванням наявності в господарстві тракторів і можливостей їх використання для проведення тих чи інших заходів, а також кількості проходів агрегатів по полю, особливо по розпушеному і вологому ґрунту. В них має бути передбачено мінімізацію руху по полях навантажених самохідних шасі, автомобілів, питомий тиск яких на ґрунт, як відомо, перевищує відповідні показники навіть в енергонасичених тракторів.

Для запобігання ущільнення ґрунту рекомендується здвоювати колеса тракторів або збільшувати їх ширину; знижувати тиск у шинах; використовувати машини із пониженою масою; зменшувати кількість проходів тракторів та інших агрегатів по полю за рахунок суміщення операцій і використання широкозахватних і комбінованих агрегатів та гербіцидів; відмовитися від щорічних енергоємних заходів обробітку (оранки та інше); вилучення з роботи колісних тракторів, особливо на фізично неспілих ґрунтах.

Найбільше ущільнюється ґрунт на операціях передпосівного обробітку і сівби, особливо ходовими системами колісних тракторів, після проходження яких глибина колії досягає 6—8 см і більше. Колія погіршує рельєф поля, збільшує поверхню випаровування, посилює строкатість властивостей і режимів, утруднює проведення подальших польових робіт. На коліях зменшується глибина загорання насіння, а кількість незагорненого зростає. Спостереження показують, що за надмірної вологості насіння швидше сходить на ущільненому ходовими системами ґрунті, а за нестачі вологи воно або зовсім не сходить, або ж сходить зі значним запізненням, а незагорнене насіння знищується птахами і гризунами.

За наявності глибоких слідів необхідно проводити їх розпушування і присипання під час вирівнювання, однак розпушування ущільненого ґрунту супроводжується утворенням великих брил і крупних фракцій ґрунту, що знижує якість загорання насіння, тому доцільним є поєднання операцій підготовки ґрунту і сівби за один прохід агрегата. По можливості треба намагатись агрегатувати сівалку з трактором так, щоб її сошники не йшли по слідах гусениць. Так, під час агрегування сівалок ССТ-12Б, ССТ-12А, ССТ-18Б із трактором Т-70С для сівби цукрових буряків, щоб два сошники не проходили по сліду гусениць, начіпний пристрій сівалки зміщують на рамі від центра вліво на 225 мм.

Не слід допускати виходу в поле ґрунтообробних і посівних агрегатів до настання фізичної спільності ґрунту (табл. 17).

Таблиця 17

**МЕЖІ ВОЛОГОСТІ (%) ОСНОВНИХ ҐРУНТІВ  
СЕРЕДНЬОСУГЛИНКОВОГО СКЛАДУ ДЛЯ ЇХ МЕХАНІЧНОГО  
ОБРОБІТКУ (за А.Ф. Проніним; Рекомендації по зниженню  
уплотнюючого впливу ходових систем мобільної  
сельськогосподарської техніки на ґрунт, 1987)**

Ґрунти	Гранично допустимі*	Агротехнічно допустимі за якістю обробітку ґрунту	Оптимальні за якістю і опором обробітку ґрунту
Дерново-підзолисті	11—22	12—21	15—18
Сірі лісові	14—24	15—23	17—18
Чорноземи	13—25	15—24	15—18
Каштанові	12—24	13—23	14—16
Каштанові солонцюваті	12—21	13—20	16—17

\* Нижня гранично допустима межа зумовлена високим брилоутворенням ґрунту під час обробітку, а верхня — залипанням робочих органів.

Чим вища вологість і нижча щільність ґрунту, тим меншим повинен бути тиск ходових систем трактора на ґрунт. Допустимий тиск ходових систем тракторів на чорноземних ґрунтах наведений в табл. 18.

Таблиця 18

**ДОПУСТИМИЙ ТИСК ХОДОВИХ СИСТЕМ ТРАКТОРІВ НА  
ЧОРНОЗЕМ ТИПОВИЙ ВАЖКОСУГЛИНКОВИЙ ЗАЛЕЖНО ВІД  
ВОЛОГОСТІ І ЩІЛЬНОСТІ, МПА (Рекомендації по зниженню  
уплотнюючого впливу ходових систем мобільної  
сельськогосподарської техніки на ґрунт, 1988)**

Вологість, %	Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>			
	1,0	1,1	1,2	1,3
24	0,05	0,08	0,11	0,14
20	0,07	0,11	0,14	0,19
16	0,08	0,13	0,16	0,22
12	0,10	0,15	0,19	0,27

\* Нижня гранично допустима межа зумовлена високим брилоутворенням ґрунту під час обробітку, а верхня — залипанням робочих органів.



Вибираючи трактори для виконання тих чи інших робіт, треба враховувати їх технічні характеристики. Так, на сівбі ярих культур широко використовують трактори Т-70С і МТЗ-82. Середній тиск на ґрунт першого — 0,042 МПа, другого — 0,1 МПа.

Ущільнення ґрунту залежить від типу рушіїв тракторів. Так, середній тиск на ґрунт трактора Т-150К становить 0,123 МПа, а того ж трактора, але на гусеничному ході — 0,052 МПа, тому застосування гусеничних тракторів Т-150 замість колісних Т-150К на пухких і вологих ґрунтах знижує руйнівну дію ходових систем на структуру ґрунту, зменшує його ущільнення та ерозію в 1,5—1,8 рази, поліпшує якість виконуваних робіт і підвищує урожайність сільськогосподарських культур.

За рекомендаціями вчених, допустимі навантаження на вологий ґрунт (0,6 НВ) за ранньовесняного боронування повинні становити 0,3—0,4 кг/см<sup>2</sup>, у період передпосівного обробітку — 0,5—0,6, а за зяблевого обробітку — не вище 1—1,5 кг/см<sup>2</sup>.

Встановлено, що для умов нашої країни за основного обробітку типових важкосуглинкових чорноземів тиск ходових систем тракторних агрегатів не повинен перевищувати 0,08—0,1 МПа, а під час сівби та в умовах зрошення — 0,04—0,06 МПа; дерново-підзолистих суглинкових ґрунтів за вологості 25—30 % — 0,075 МПа; 17—21 % — 0,125 МПа; 8—12 % — 0,15 МПа.

Для зниження ущільнювальної дії ходових систем на ґрунт, підвищення тягово-зчіпних якостей і прохідності на колісні трактори ставлять більш широкі шини, або здвоєні колеса.

Тиск ходових систем на ґрунт значною мірою залежить від вертикального навантаження і внутрішнього тиску повітря в шинах. Чим менший тиск повітря в шинах (в допустимих межах), тим більша площа контакту з опорною поверхнею і менший тиск на ґрунт. Так, за постійного вертикального навантаження 14 кН, зі зменшенням тиску повітря в шинах 12—38, з діагональним розташуванням корда від 0,14 до 0,08 МПа радіальна деформація шини збільшується від 47 до 68 мм, а тиск на ґрунт зменшується від 0,14 до 0,1 МПа, або в 1,4 раза, а для шин з радіальним розміщенням корда за цих же умов тиск на ґрунт знижується в 1,8 раза.

Важливою умовою зниження ущільнення ґрунту ходовими системами МТА є вибір оптимального складу агрегатів, навантажувальних і швидкісних режимів їх роботи. Аналіз роботи агрегатів показує, що частка ріллі, яка ущільнюється рушіями тракторів, становить 75—90 %, а опорними колесами робочих машин-знарядь — 10—25 %. Отже, треба намагатися, насамперед, зменшити кількість проходів саме тракторів.

У цілому шляхи істотного зниження ущільнювальної дії рушіїв МТА на ґрунт можна звести до таких:

1. Проведення польових робіт у найсприятливіші для розпушування ґрунту періоди. Суворе дотримання технологічної дисципліни.

2. Широке застосування за вологості ґрунту до 0,6 НВ гусеничних тракторів типу ДТ-75, Т-150, середній тиск на ґрунт яких не перевищує 0,050—0,055 МПа.

3. Проведення ранньовесняного боронування ґрунту вологістю 0,6—0,8 НВ тракторами із розширеними гусеницями, тиск яких на ґрунт не перевищує 0,025 МПа.

4. Виключення використання колісних тракторів Т-150К і К-701 за ранньовесняного обробітку ґрунту, крім операцій обробітку ґрунту на багаторічних травах. На випадок застосування цих тракторів у складі агрегатів під час підготовки ґрунту до сівби або проведення польових робіт навесні за вологості ґрунту до 0,5—0,6 НВ необхідно знизити тиск у шинах тракторів Т-150К до 0,1 МПа.

5. Установка на трактор Т-150К здвоєних ходових коліс з пониже-ним тиском повітря в шинах переднього і заднього мостів відповідно 0,08 і 0,06 МПа, що дає можливість використовувати трактор за вологості ґрунту 0,7—0,8 НВ.

6. Використання енергонасичених тракторів насамперед для оранки і глибокого розпушування (за вологості ґрунту до 0,5—0,6 НВ).

7. Використання на весняно-польових роботах (за вологості ґрунту до 0,7 НВ) тракторів типу МТЗ на напівгусеничному ході забезпечує зниження в 1,8—2 рази тиску на ґрунт і підвищення тягових властивостей трактора.

8. Застосування широкопрофільних шин з низьким внутрішнім тиском повітря (за вологості ґрунту до 0,8 НВ).

9. Застосування за інтенсивної технології вирощування зернових культур систем машин, які забезпечують рух агрегатів по технологічних коліях.

10. Поєднання операцій, які виконуються за один прохід агрегату, що зменшує додаткові енерговитрати, пов'язані з розпушуванням сліду після проходу ходових систем тракторів і робочих машин.

Застосування цих заходів сприяє значному зменшенню негативної дії рушіїв МТА на ґрунт і втрат врожаю сільськогосподарських культур.

### **1.5.3. Можливості мінімального і нульового обробітку ґрунту в землеробстві**

---

Розрахунки свідчать, що ґрунт, який складається із первинних елементів, теоретично може ущільнюватися до 1,8—2,0 г/см<sup>3</sup>; мікроагрегати ґрунту «самоущільнюються» до 1,5—1,6 г/см<sup>3</sup>; макроагрегатні ґрунти мають верхню межу ущільнення 1,1—1,2 г/см<sup>3</sup>. Отже, залежно від вмісту в ґрунті макроагрегатів самоущільнення ґрунту, або так звана «рівноважна щільність будови ґрунту», змінюється в широких межах. Сіроземи і багато відмін підзолистих, солонцюватих, каштанових

ґрунтів самоущільнюються до об'ємної маси 1,4—1,6 г/см<sup>3</sup> і вище. Решта ґрунтів має меншу здатність ущільнюватися.

Тому у світовому землеробстві почався крутий поворот від практики багаторазових обробітків ґрунту до їх можливого скорочення аж до повної відмови від них. З'явилися ідеї так званого «мінімального» і навіть «нульового» або хімічного обробітку.

Мінімальним вважають такий обробіток ґрунту, який забезпечує зниження енергетичних затрат шляхом зменшення кількості і глибини обробітків, поєднання операцій в одному робочому процесі або зменшення оброблюваної поверхні поля. За «нульового» обробітку насіння рослин спеціальними сівалками висівається в необроблений ґрунт, а бур'яни знищуються гербіцидами, які і обумовлюють його іншу назву — «хімічний».

Вперше мінімальний обробіток був випробуваний у США, а потім почав поширюватися в Канаді, Англії та інших країнах. Нині мінімальний і «нульовий» обробіток ґрунту широко вивчається і впроваджується в багатьох країнах. У багатьох дослідках в Україні щодо виявлення можливостей мінімізації обробітку ґрунту були одержані позитивні результати.

В екологічному землеробстві мінімізацію обробітку слід розглядати як важливу умову збереження потенціальної і підвищення ефективної його родючості, а також захисту ґрунту від ерозії, поліпшення гумусового балансу і будови ґрунту, зменшення непродуктивних втрат поживних речовин і вологи. Крім того, вона забезпечує скорочення строків виконання польових робіт.

У нашій країні визначилися такі основні напрямки мінімізації обробітку: зменшення кількості та глибини зяблевого, передпосівного і міжрядного обробітків ґрунту в сівозміні за використання гербіцидів для контролювання бур'янів; заміна глибоких обробітків поверхневими і мілкими, особливо під час підготовки ґрунту під озими культури, з використанням широкозахватних плоскорізів, важких борін, луцильників, фрез, які забезпечують високоякісний обробіток за один прохід агрегату; поєднання декількох технологічних операцій і заходів в одному робочому процесі способом застосування комбінованих ґрунтообробних та посівних агрегатів; зменшення оброблюваної поверхні поля методом впровадження смугового (колійного) передпосівного обробітку під час вирощування просапних культур і використання гербіцидів.

Мінімальний обробіток ґрунту, в першу чергу, слід застосовувати на чорноземних і каштанових та інших типах добре окультурених ґрунтів зі сприятливими для рослин агрофізичними властивостями, а також на чистих від бур'янів полях або за систематичного використання гербіцидів.

Найважливіші та загальні для всіх зон країни умови ефективного застосування мінімального обробітку ґрунту — високий рівень агротехніки, чітка технологічна дисципліна на полях, проведення всіх польових робіт в оптимальні строки і високоякісно, широке використання системи ефекти-

вних заходів захисту рослин, застосування добрив із врахуванням запланованого урожаю і висока технічна оснащеність господарства.

Теоретичною основою мінімізації обробітку є нові положення сільськогосподарської науки про вплив людини і природних факторів на ґрунтові процеси, родючість ґрунту та вимоги культурних рослин до ґрунтового середовища. Наукою встановлено, що надмірна інтенсивність обробітку прискорює розклад гумусу в ґрунті, призводить до збільшення втрат поживних речовин, розпилювання ґрунту, зростання загрози ерозії. Неоднаково реагують на щільність будови ґрунту окремі культури. Краще переносять підвищену щільність зернові, гірше — просапні культури, особливо корене- та бульбоплоди.

Під дією зовнішніх умов розпушений ґрунт через певний час ущільнюється, а надмірно ущільнений саморозпушується, тобто набуває такого стану, коли його об'ємна маса стає сталою, властивою лише даному ґрунту (рівноважною). Величина її залежить від гранулометричного складу ґрунту, вмісту в ньому гумусу тощо. Для чорноземів рівноважна об'ємна маса в середньому становить 1,1—1,25 г/см<sup>3</sup>; суглинкових дерново-підзолистих ґрунтів — 1,35—1,4; супіщаних і піщаних — 1,5—1,6 г/см<sup>3</sup>. Чим менша різниця між оптимальною і рівноважною об'ємною масою ґрунту, тим менш інтенсивний обробіток треба застосовувати (табл. 19). До таких ґрунтів належать чорноземи з добрими фізико-хімічними показниками, окультурені суглинкові ґрунти з вмістом гумусу понад 3,5 % і ґрунти легкого гранулометричного складу. Важкі за гранулометричним складом безструктурні ґрунти, рівноважна об'ємна маса яких перевищує оптимальну, слід обробляти частіше.

Таблиця 19

**РІВНОВАЖНА І ОПТИМАЛЬНА ДЛЯ ПОЛЬОВИХ КУЛЬТУР  
ЩІЛЬНІСТЬ БУДОВИ ҐРУНТУ, г/см<sup>3</sup>**

Ґрунт	Гранулометричний склад	Рівноважна об'ємна маса	Оптимальна об'ємна маса для польових культур	
			зернових	просапних
Дерново-підзолистий	піщаний	1,50—1,60	1,40—1,50	1,25—1,35
	супіщаний	1,30—1,40	1,20—1,35	1,10—1,30
	суглинковий	1,35—1,50	1,10—1,30	1,00—1,20
Сірий лісовий	важкоглинистий	1,30—1,40	1,15—1,25	1,00—1,20
Чорнозем	суглинковий і легкоглинистий	1,00—1,30	1,15—1,30	1,00—1,30
Каштановий	суглинковий	1,20—1,45	1,10—1,30	1,00—1,30
Сірозем	суглинковий	1,50—1,60	1,30—1,40	1,20—1,40

Велике значення в теорії механічного обробітку має швидкість переходу ґрунту з наданого йому стану до рівноважного, а також критична щільність будови ґрунту, за якої починають складатися несприятливі умови для рослин. Саме вона, очевидно, буде найоб'єктивнішим показником необхідності обробітку ґрунту, якщо не буде інших причин (поширення бур'янів тощо).

Для визначення критичної щільності будови ґрунту В.П. Гордієнко (1981) запропонував таку формулу:

$$P_k = \frac{85d}{W_d + 100},$$

де  $P_k$  — критична щільність будови ґрунту,  $\text{г/см}^3$ ;  $d$  — питома маса (щільність твердої фази) ґрунту,  $\text{г/см}^3$ ;  $W$  — вологість, % від маси абсолютно сухого ґрунту.

Цєю формулою можна користуватися для розрахунків критичної щільності будови за будь-якої вологості та будь-яких ґрунтів.

Ряд вчених (Овсинский И., 1899; Щербак И.Е., 1974; Моргун Ф.Т., 1981; Шикун Н.К., Назаренко Г.В., 1990; Шикун М.К., Антоненко С.С., Андрієнко В.О. та ін., 1998) вказують на необхідність повсюдної відмови від полицевого обробітку і переходу на безполицевий обробіток. Протягом 1975—1985 рр. під адміністративним тиском впровадження так званого «безплужного» обробітку ґрунту стало масовим явищем в господарствах Полтавської області.

Між тим, дослідженнями багатьох наукових установ встановлено, що зяблевий безполицевий обробіток неоднозначно впливає на показники і умови родючості ґрунту. З одного боку, він забезпечує високий ґрунтозахисний ефект, сприяє деякому поліпшенню водного режиму ґрунту і скороченню енерговитрат; з другого — створює несприятливу диференціацію за родючістю оброблюваного шару, ущільнює і підкислює ґрунт, погіршує його фізичні властивості та загальний фітосанітарний стан ґрунту і посівів. За узагальненими даними більш як 50 польових дослідів, проведених у 1975—1985 рр., у 40 з них збільшення забур'яненості було значним, нерідко в 2—3 рази більшим, ніж по оранці. Невипадково у США здійснення безполицевого обробітку обов'язково супроводжується застосуванням системи відповідних гербіцидів (Круть В. М., Танчик С. П., 2002).

Сучасному землеробству найбільш повно відповідає система диференційованого основного обробітку, яка органічно поєднує в сівозміні чергування різноглибинних полицевих і безполицевих способів обробітку залежно від ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей вирощуваних культур.

Слід відмітити, що в жодній країні світу безполицевий обробіток не застосовується на всій площі ріллі. Найбільше він поширений в зе-

рнових провінціях Канади, США, Австралії, у посушливих районах Росії і України. Для країн Західної Європи характерні диференційовані системи обробітку з перевагою полицевого, а безполицевий, в основному чизельний обробіток, тут використовується під час підготовки ґрунту під озими і ярі зернові культури після просапних. У всіх без винятку країнах, де має поширення безполицевий обробіток, його застосування поєднується з використанням гербіцидів для захисту посівів від бур'янів.

Апробація польярних за засобами і глибиною заходів зяблевого обробітку за подальшої інтенсифікації землеробства в переважній більшості дослідів показала хибність уявлень про «чудодійність» безплужних технологій обробітку ґрунту. Систематичне застосування останніх поглиблює пошарову строкатість родючості, погіршує фітосанітарний стан ґрунту тощо. Відомі також й істотні вади систематичного полицевого зяблевого обробітку (прискорена мінералізація органічних речовин, низький виробіток, підвищена енергоємність) (Коломієць М.В., 1998).

Неоднакова реакція польових культур на диференціацію орного шару ґрунту за умовами і елементами його родючості за безполицевого обробітку вкотре переконує у доцільності раціонального поєднання (чергування) різних способів обробітку в сівзміні, включаючи, із певними застереженнями, навіть технологію «прямої сівби» зернових колосових. З'ясовано, наприклад, що озима пшениця після багаторічних трав краще сприймає відносно однорідну за основними показниками родючості будову оброблюваного шару ґрунту. Під час вирощування кормових буряків, кукурудзи (на зелений корм і силос) доцільніший гетерогенний їх розподіл. Індиферентними в цьому відношенні є цукрові буряки та кукурудза на зерно, які на сірих лісових ґрунтах Лісостепу за сприятливих умов формують однаково високий урожай незалежно від способу обробітку в межах біологічно необхідної глибини його здійснення. Звідси зрозуміло є ілюзорність спроб уніфікації окремого способу чи заходу, не кажучи вже про зональність систем обробітку ґрунту. Цілком очевидно, що, принаймні в недалекому майбутньому, обійтися без оранки нереально. Логіка тут зрозуміла: кожен спосіб обробітку за конкретних обставин має водночас позитивні і негативні моменти впливу (Коломієць М. В., 1998). Інститут землеробства УААН рекомендує на сірих лісових ґрунтах Лісостепу в типовій зернопросапній сівзміні таку систему ресурсозберігаючого основного обробітку ґрунту: 1—ше поле — конюшина; 2 — озима пшениця — дискування (5—6 см), оранка (16—18 см) з коткуванням услід за збиранням; за посушливих умов — мілкий (до 12 см), краще полицевий обробіток; 3 — цукрові буряки — перехресне лущення (4—5 см) з боронуванням, 1—2 мілких обробітки (8—12 см) з вирівнюванням та ущільненням поверхні, пізньоосіннє чизельне розпушування (35—38 см); 4 — кукурудза на зелений корм і силос — мілкий (10—16 см)

м); 4 — кукурудза на зелений корм і силос — мілкий (10—16 см) пізньоосінній обробіток чизельними, дисковими або плоскорізними знаряддями; 5 — озима пшениця — поверхнево-мілкий (6—10 см) обробіток, переважно дисковими боронами; 6 — кукурудза на зерно — післязбиральний обробіток аналогічний полю № 3, пізньоосіннє чизелювання (32—35 см); 7 — горох — дискування (6—8 см), пізньоосіння оранка чи безполицевий обробіток (18—22 см); 8 — озима пшениця — поверхневий (до 8 см) обробіток будь-яким типом широкозахватних знарядь з вирівнюванням та ущільненням поверхні поля; 9 — цукрові буряки — післязбиральний обробіток аналогічний полю № 3, пізньоосіннє чизелювання (42—45 см); 10 — ярі колосові з підсівом багаторічних трав — мілкий (до 16 см) пізньоосінній обробіток чизельними, дисковими або плоскорізними знаряддями.

Вчені Національного університету біоресурсів і природокористування України на чорноземах типових середньосуглинкових в аналогічній типовій десятипільній сівозміні рекомендують застосовувати систему полицево-плоскорізного або полицево-чизельного обробітку. Полицево-плоскорізний обробіток передбачає 2 оранки ярусним плугом ПНЯ-4—40 під цукрові буряки, 2 поверхневих обробітки під озиму пшеницю після гороху і кукурудзи на силос та плоскорізний обробіток під решту культур. Система полицево-чизельного обробітку аналогічна полицево-плоскорізному, але замість плоскорізу використовують чизель (Манько Ю.П., 1991).

Обробіток ґрунту в Україні, як центральна ланка землеробства, мав тривалий і складний розвиток.

Територія України належить до одного з ранніх осередків зародження мотижного, а згодом плужного землеробства. Виникнення останнього датується 2,5—2-ма тисячами років до Різдва Христового, тобто 4—4,5 тисячами років тому. Перехід у зазначені часи від мотижного до плужного землеробства з використанням примітивних дерев'яних плугів і тяглової сили тварин знаменував собою прогрес, який в історії людства важко переоцінити. Сучасні досліді з копіями дерев'яних плугів, виготовлених на основі археологічних матеріалів, свідчать про підвищення продуктивності праці порівняно до мотижного обробітку у 50 разів. Таким чином, становлення плужного обробітку ґрунту було чи не однією з найбільших і найвагоміших подій в історії людства, яка прискорила формування ранніх цивілізацій, їх основою було виробництво зерна (Сайко В. Ф., Малієнко А. М., 2007).

Історичний період становлення плужного обробітку ґрунту майже до останніх часів характеризується домінуванням цього типу обробітку у землеробстві і поступовим удосконаленням відповідних знарядь і технологій.

Нині землеробство увійшло в наступний період кардинальних змін. Найпереконливішими і найпомітнішими серед них є освоєння техно-

логій «прямої» сівби («нульовий» обробіток, no-till системи) та поява генетично модифікованих культурних рослин. Ці досягнення наукової думки і практики достатньо обґрунтовано відносять до найвагоміших надбань біологічної, агрономічної та інженерної наук другої половини двадцятого сторіччя.

Сутність таких технологічних систем полягає у заміні низки заходів механічного обробітку ґрунту лише на одну технологічну операцію, здійснену складним агрегатом, який поєднує смуговий або суцільний обробіток на глибину заробки насіння, здебільшого у поєднанні з локальним внесенням добрив, із сівбою на попередньо необробленому полі. Бур'яни контролюються при цьому виключно за допомогою гербіцидів. Основну роль серед них виконують системні препарати суцільної дії з класу гліфосатів. Вони є найбільш екологічно сприятливими, оскільки після прояву токсичної дії швидко знешкоджуються в процесі біологічного розкладу ґрунтовими мікроорганізмами.

Технічні засоби no-till систем представлені на ринку України безліччю марок та їхніх модифікацій. Головними постачальниками такої техніки є США (Джон Дір), Канада (Флексі-Койл), Німеччина (Хорш), Швеція (Ведерстад). Останнім часом з'явилися на ринку комплекси з Аргентини. Попри значну номенклатуру no-till систем їх можна поділити на дві основні групи. Сівалки-культиватори (Флексі-Койл, Хорш), до складу яких входить важкий культиватор з регулюванням глибини обробітку від 3—4 до 16—18 см і сівалковий блок. У системі культиватор може від'єднуватись від сівалкового блоку і виконувати свої функції окремо. Бункер сівалкового блоку розділено на дві частини для насіння і добрив. Під час роботи насіння і добрива найчастіше в одному потоці пневматичною системою подаються під 40-сантиметрову лапу. Комплекс виконує: передпосівний обробіток, сівбу, внесення добрив, коткування. За бажанням замовників на сівалковий блок встановлюється пристрій для протруювання насіння в потоці повітря під час руху від бункера до висіваючого апарата.

Сівалки з роздільними пристроями розпушують вузьку смугу ґрунту для висіву насіння дисковим сошником. Це сівалки Грейт-Плейнс і Кінзе фірми Джон Дір, сівалкові комплекси фірми Ведерстад (Швеція). Комплекс операцій є аналогічним до сівалок-культиваторів, але у цьому типі знарядь потоки насіння і добрив розділяються — останні загортаються в ґрунт на 5 см у сторону і глибше від насіння. Недоліком порівняно до першої схеми є звужений діапазон використання техніки.

Продуктивність окремих знарядь і системи no-till в цілому залежить від ширини захвату і потужності трактора. Нині на світовому ринку присутні від однорядних знарядь на тягу коня і буйвола до комплексів із шириною захвату 18—25 м. Найпоширенішими для про-



сапних культур є 8—12—рядні знаряддя (5,6—8,4 м); для суцільної сівби — комплекси із шириною захвату 10—12 м. Звичайна продуктивність агрегатів — 0,8 га на 1 м захвату на годину.

Усі, без винятку, комплекси no-till технологій передбачають одночасне із сівбою внесення мінеральних добрив. Пневматичні системи таких машин здатні подавати у сошники до 800 кг/га сипучого матеріалу (насіння і добрива).

Поширення таких технологій в Україні, як і в інших країнах, зумовлюється рядом обставин: подальшою урбанізацією суспільства, що супроводжується скороченням чисельності працездатного сільського населення, можливістю обмеження і припинення всіх основних чинників антропогенної деградації ґрунтів, підвищенням їхньої родючості за рахунок створення умов накопичення гумусу, з'ясуванням особливої ролі ґрунтового покриву в регулюванні циклу вуглецю на планеті. Останнім часом з'явилась низка публікацій, що свідчать про можливість за умов запровадження на значних площах ріллі раціональних технологій обробітку ґрунту досягти вилучення з атмосфери мільйонів тонн CO<sub>2</sub> шляхом зв'язування його органічною речовиною ґрунту.

За даними американських вчених, якщо взяти втрати ґрунту у чорному парі за 100 %, то за вирощування кукурудзи за загальноприйнятими технологіями з механічним обробітком вони становитимуть 60 %, а за технологіями з мінімальним обробітком знижуються до 10 %. Водночас за вирощування багаторічних трав короткочасного використання вони становлять 2 %, а за тривалого залуження — 0,4 % (Тарарико А. Г., 1993).

Таким чином, позитивний вплив сівозмінного фактора у стримуванні ерозії значно вагоміший, ніж обробітку ґрунту. Значна увага до мінімального обробітку ґрунту визначається рядом особливостей функціонування агропромислового комплексу США: історією розвитку, жорсткою конкуренцією на внутрішньому і зовнішньому ринках сільськогосподарської продукції, значною ціною машин, знарядь, кваліфікованої робочої сили та її нечисленністю і відносно низькою ціною агрохімікатів, зокрема гербіцидів та інших засобів захисту рослин.

За цих умов формується вкрай звужена спеціалізація виробництва на сімейних фермах, обмежуються можливості у боротьбі з ерозією за використання найбільш ефективного, дешевого і відносно простого сівозмінного фактора. Стратегія боротьби з ерозією в таких господарствах розроблялась для вузькоспеціалізованих сівозмін з високим ступенем насиченості кукурудзою і соєю. Саме з цим пов'язані розробки і застосування численних та різноманітних технологій мінімального обробітку ґрунту, які допускали за певних додаткових умов вирощувати просапні культури, дотримуючись допустимих рівнів твердого стоку.

У цьому ж напрямі діють економічні й організаційні фактори, перш за все обмежені людські ресурси у землеробній галузі, їхня висока ці-

на, вузька регіональна спеціалізація виробництва. На таку стратегію зорієнтована сільськогосподарська наука, промисловість, державна служба впровадження США (Малієнко А. М., 2001). Аналізуючи зарубіжний досвід, особливо США, слід завжди бути уважним до реальних цілей їхніх наукових пошуків. Наприклад, середина і кінець 80-х років минулого сторіччя були у США періодом різкої зміни поколінь гербіцидів. Грунтові препарати замінювались досконалішими — післясходової і подвійної (грунтової і післясходової) дії. Вони були менш токсичними для людей і навколишнього середовища, потребували мінімальних доз застосування (грами на гектар замість кілограмів). У цей же період на складах провідних хімічних фірм і концернів США накопичилось 130 тис. т нереалізованих гербіцидів попереднього «покоління». Активний їх збут в інші країни став на певний час основою маркетингової політики хімічних корпорацій і об'єктом підтримки урядових структур США. Пропаганда крайніх варіантів мінімального оборітку була також одним із засобів збуту відповідних препаратів.

Певний інтерес має географія застосування мінімального оборітку, у тому числі no-till систем. Найбільш широкого поширення вони набули у промислово розвинених країнах європейської колонізації (США, Канаді, Австралії), де склалась організація сільськогосподарського виробництва на основі сімейних ферм, а також в Аргентині і Бразилії — країнах зі значним впливом крупних аграрних латифундій.

До цієї групи країн примикає Англія, де мінімізація оборітку ґрунту, у тому числі «пряма» сімба, набули широкого виробничого запровадження за вирощування зернових колосових.

Одночасно у землеробстві континентальної частини Західної Європи мінімізація оборітку ґрунту не розвинулась далі застосування поверхневого під зернові колосові після просапних попередників, хоча дослідження з цих питань велись і проводяться досить інтенсивно.

Наприкінці дев'яностих років минулого сторіччя розораність сільськогосподарських угідь в Україні сягнула 82 %, у деяких областях (Вінницькій, Тернопільській, Кіровоградській) — понад 90, а в окремих районах цей показник піднявся до 96 %. Ступінь освоєння всього земельного фонду в Україні становив більше 60 %, порівняно з 12 % у США.

Розвиток ерозійних процесів призвів до щорічних втрат ґрунту близько 600 млн т, у тому числі понад 20 млн т гумусу, третини поживних речовин, 16 млрд кубічних метрів води. Це при тому, що лише кожен п'ятий житель України споживає воду відповідної якості. Щорічна площа зростання деградованих ґрунтів сягнула 80 тис. га (Сайко В. Ф., 1997).

Небезпечна ситуація, що склалась, поставила на порядок денний розширення досліджень і здійснення практичних заходів щодо розробки і впровадження технологій ґрунтозахисного оборітку з використанням комплексу безполіцевих, зокрема плоскорізних знарядь.

Розроблені зональні системи обробітку ґрунту були пристосовані до умов України і не копіювали прийняті в США і Канаді, оскільки інтенсивність землеробства в нашій країні за аналогічного рівня опадів на близьких за генезисом ґрунтах була значно вищою.

У процесі освоєння ґрунтозахисних систем землеробства в Україні слід визначити велику подвижницьку роботу Ф. Т. Моргуна, М. К. Шикуди, які творчо розвинули безполлицеву систему обробітку ґрунту, розпочату І. Є. Овсінським, котра втілилась в систему біологічного землеробства, впроваджену С.С. Антонцем в ПСП «Агроєкологія» Полтавської області.

За умов, що склались, обробіток ґрунту — це далеко не єдина ланка системи землеробства, що вимагає вдосконалення. Для зміни ситуації необхідні радикальні, а часом і неординарні заходи, в яких головним має бути комплексний підхід із системою організаційних науково обґрунтованих заходів з урахуванням соціальних, економічних, матеріально-технічних і екологічних умов.

У числі першочергових заходів необхідно скоротити площу земель в обробітку на 10—12 млн га і перевести її в природні кормові угіддя та під заліснення. За розрахунками вчених, в Україні площу луків необхідно збільшити у 2,7, а лісів — у 1,8 рази.

У Сполучених Штатах до подібних кроків вдавались двічі: у 1933 і 1981—1983 рр. Останнього разу площу ріллі окремим законом конгресу було зменшено на 26,4 млн га.

Нині класичний плужний обробіток, у так би мовити чистому вигляді, в Україні ніде не запроваджується. Звичайно це диференційований обробіток у сівозмінах, коли під окремі культури здійснюється оранка, дисковий, плоскорізний, чизельний обробітки у межах від 6—8 до 40—45 см.

Порівняльне вивчення усіх систем обробітку ґрунту свідчить про майже однаковий їх вплив на формування урожайності польових культур. Відміни між ними знаходяться у межах 2 %. Нині, коли живлення рослин регулюється головним чином застосуванням добрив і регуляторів росту рослин, а захист від бур'янів хвороб та шкідників покладено на пестициди, роль обробітку ґрунту значно змінилась. Вона змістилась у сторону організаційних проблем, зокрема підвищення продуктивності праці, охорони ґрунтів від ерозії і дефляції, раціонального використання водних ресурсів, поліпшення рекреаційних властивостей ландшафтів (Сайко В. Ф., Малієнко А. М., 2007).

Другою передумовою необхідності зональної і територіальної диференціації обробітку є наявність на території України чотирьох зон і дев'яти ґрунтово-кліматичних підзон, 23 найменувань номенклатури ґрунтів і 1147 їх видів. Уже за цих причин жоден зі способів обробітку ґрунту на території України не може бути шаблоном, тим більше за відсутності стабільності землекористування.

Іншим системоутворювальним чинником є наявність в Україні принаймні чотирьох соціально-організаційних господарських структур: парцелярного землеробства сільських населених пунктів, різних форм колективних підприємств, фермерських господарств та крупних капіталістичних товарних підприємств на орендованих землях. Кожна з цих структур займає певне місце в агроландшафтах, має певну структуру посівів і технологій вирощування культур — від примітивних кінноручних до найсучасніших енерго- та наукоємних.

Зі 32.451.900 га ріллі у власності, у громадян (без фермерських господарств) знаходиться 10889 тис. га, або по 0,44 га на одного користувача. У розпорядженні фермерських господарств перебуває 3367 тис. га. На одного користувача припадає 72,3 га. На цій площі майже без винятку в оглядовій перспективі застосовуватиметься плужний обробіток. Лише 5915 тис. га належить 1684 землекористувачам і на кожного з них припадає 3512 га. Лише 41 господарство обробляє 422 292 га, або в середньому 10300 га (Сайко В. Ф., Малієнко А. М., 2007).

З урахуванням переважно застарілої матеріально-технічної бази, вкрай низького фінансового забезпечення більшості господарств, порушеної стабільності у землекористуванні у найближчому майбутньому відчутних змін у сформованих нині системах обробітку ґрунту не відбудеться. Безпосередньо підвищаться темпи його мінімізації переважно на основі використання вітчизняної техніки та інтегрованої системи захисту рослин.

Частка класичних багатоопераційних технологій обробітку ґрунту з використанням полицевих плугів за всіх відомих їхніх недоліків буде зберігатись ще досить тривалий час. Нині близько 0,5 млрд га землі у світі обробляється за допомогою полицевих знарядь.

У США у 2003 р. розпочато випуск напівначипного керованого плуга з полицею для обертання скиби. Сучасні багатокорпусні плуги в агрегаті з потужними тракторами є досить високопродуктивними знаряддями. Світовим рекордсменом — 20-корпусним плугом американської фірми «Gregory Besson» — за світловий день було зорано 432 га.

Нині у Європі численними фірмами випускаються і знаходять покупців багато плугів різних типів та модифікацій, розробляються нові досконаліші конструкції. Плуги використовуватимуться надалі хоч би й тому, що цих знарядь у господарствах поки що найбільше. Заміна їх на новітні комплекси вимагає значних фінансових ресурсів, а тому і часу. Не останню роль при цьому відіграє певний аграрний консерватизм і звичка до користування добре освоєними, перевіреними часом, технологіями.

Зональні особливості застосування технологій мінімального обробітку визначаються особливостями ґрунтового покриву. Такий обробіток є перспективним і відносно просто запроваджується на оструктурених добре дренажних ґрунтах, зокрема чорноземах. За посушливих

умов він має більші переваги, оскільки мульчування поверхні після-збиральними рештками забезпечує збереження до 25—50 мм вологи.

На суглинкових та глинистих ґрунтах із середньою дренажістю мінімальний безполицевий обробіток виправдовує себе під час вирощування озимих колосових і менше задовольняє вимоги ярих культур.

Суглинкові, особливо важкосуглинкові ґрунти на слабодренуваних територіях, а також дерново-підзолисті безструктурні ґрунти легкого гранулометричного складу є малоприсадибними для запровадження «прямої» сівби.

Враховуючи це, у Великій Британії земельні угіддя розділені на три категорії, по яких за технологіями «нульового» обробітку можна вирощувати озимі та ярі культури, лише озимі і території несприятливі за ґрунтовими умовами для технологій такого типу.

З огляду на ці принципи розподілу для запровадження мінімального обробітку як системи, перспективними в Україні будуть зона Степу, значна частина Правобережного Лісостепу. Західна частина Лісостепу і Полісся залишаться, на думку В. Ф. Сайка і А. М. Малієнка (2007), ще на тривалий час зонами переважно диференційованого обробітку з домінуванням оранки та дискових знарядь. Системи мінімального обробітку запроваджуватимуться тут лише фрагментарно окремими господарствами.

Окрім ґрунтово-кліматичних умов і вологозабезпеченості територій, зони України значно відрізняються між собою за щільністю проживання сільського населення, землезабезпеченістю одного працюючого, одного господарства, часткою дрібнотоварних або нетоварних господарств і сільського населення (табл. 20).

Висока частка сільського населення в поліських і особливо західних областях (52 %) свідчить про аграрність цих територій зі значною питомою вагою дрібних господарських формувань і присадибного господарства. Тільки цей чинник може внаслідок розвитку промислового великотоварного виробництва сільськогосподарської продукції, запровадження працеощадних технологій, включаючи мінімальний обробіток і зокрема no-till технологій.

У свою чергу, в зоні Степу вони можуть мати значні перспективи поширення. Розвиток працеощадних технологій — це, очевидно, природний шлях розвитку систем обробітку для таких областей, як Донецька, Луганська, Дніпропетрівська, Запорізька з часткою сільського населення відповідно 9,7; 13,6; 16,6 і 23,8 %. Саме в цих областях утворилось згадане вище 41 господарство (десятитисячники), де умови організації товарного виробництва зерна складаються таким чином, що у лічені дні як восени, так і навесні можна «піймати» вологу і засіяти колосальні за обсягами площі. Саме тут, у першу чергу, стають у нагоді технології мінімального обробітку ґрунту, включаючи «пряму» сівбу.

Таблиця 20

**ПОКАЗНИКИ ЗЕМЛЕЗАБЕЗПЕЧЕНОСТІ У ПРИРОДНО-КЛИМАТИЧНИХ ЗОНАХ УКРАЇНИ**  
(Сайко В. Ф., Малієнко А. М., 2007)

Зони	Області	Частка сільського населення, %	Гектарів орних земель на		
			сільського жителя	працюючого у сільському господарстві	підприємство
Західні райони і Полісся	Закарпатська	52	0,91	4,0	1902
	Івано-Франківська				
	Чернівецька Львівська				
	Тернопільська				
	Волинська				
	Житомирська				
	Чернігівська				
Лісостеп	Хмельницька	43	1,90	5,3	2853
	Вінницька				
	Черкаська				
	Київська				
	Сумська				
	Полтавська				
Степ	АР Крим,	23	3,22	7,24	4605
	Одеська				
	Кіровоградська				
	Миколаївська				
	Херсонська, Харківська				
	Донецька				
	Дніпропетровська				
	Луганська, Запорізька				

У зоні Лісостепу, за великої протяжності із заходу на схід, формується ряд провінцій з різко відмінними ґрунтово-кліматичними умовами.

У зв'язку зі спеціалізацією господарств Лісостепу на виробництві зерна і коренеплодів цукрових буряків, тут, за прогнозами вчених, зберігатимуться диференційовані полицево-безполицеві системи обробітку ґрунту у сівзмінах зі значною часткою оранки. Якщо з будь-яких причин буде підірвано галузь буряківництва, що за наявних умов цілком вірогідно, то відповідно посилюватиметься зернове виробництво і певне зрушення у бік технологій мінімального обробітку цілком можливе.

Виходячи з таких міркувань, вчені Інституту землеробства УААН прогнозують у найближчому майбутньому застосування оранки на 10—15 млн га. На іншій частині орних земель приблизно з такою ж загальною площею здійснюватиметься безполицевий, у тому числі мінімальний, комбінований обробіток із застосуванням важких культиваторів і дискових знарядь, що за один прохід готують ґрунт до стану, придатного до сівби сільськогосподарських культур. На основі таких знарядь, особливо важких культиваторів і потужних тракторів, можливо здійснювати поступовий перехід до сівби без попереднього механічного обробітку ґрунту. Значну частку сучасних знарядь для «прямої» сівби представляють собою важкі культиватори, до яких приєднуються сівалочні блоки. При цьому культиватори можуть використовуватись як самостійні знаряддя.

Характерне для сучасного етапу розвитку землеробства звуження виробничої спеціалізації господарств і дуже висока вартість якісної ґрунтообробної техніки формує в окремих господарствах відповідно обмеження їх номенклатури з використанням у кінцевому «принципу єдиного знаряддя», коли луцення, основний і передпосівний обробітки, догляд за парами, а в окремих випадках і сівба здійснюватимуться на основі одного комплексного знаряддя чи агрегата.

Нині канадський фермер на чотириріпільну зернову сівзміну має у розпорядженні лише три сільськогосподарських машини: важкий культиватор із сівалочним блоком, обприскувач і комбайн. У цьому напрямі поступово рухається і наше степове господарство. В інших зонах подібне спрощення машинного парку припустиме скоріше як виняток.

На сьогодні, як відомо, no-till системи в ідеальному вигляді запроваджуються у Агро-Союзі Дніпропетровської області. Дійсно, ситуація на ринку енергоносіїв, матеріалів і робочої сили змінилась кардинально і відбувається активний пошук технологій, які б відповідали сучасним реаліям. У 2003 р. тут було встановлено світовий рекорд. За добу посівним комплексом HORSH було засіяно з одночасним внесенням гранульованих добрив 571,9 га ячменю ярого.

Як і будь-яка інша глобальна технологічна система, одночасно пов'язана з природними, технічними і соціально-економічними чин-

никами, «нульвий» обробіток поряд з низкою незаперечних переваг має і негативні сторони. Аналіз досить обширної сучасної літератури і певного власного досвіду дав можливість Сайку В. Ф. і Малієнку А. М. (2007) окреслити їх число та співвідношення.

**Переваги no-till систем:** істотне (у 3—5 разів) підвищення продуктивності праці; можливість здійснення сівби польових культур у найкращі агротехнічні строки; скорочення витрат на оплату праці у 1,6 раза, придбання техніки — 1,5 і паливе — у 2,2 рази, а з урахуванням витрат на добрива, вапно, гербіциди та інсектициди, робочу силу, сушіння; економія сукупних прямих витрат становить, за даними зарубіжних країн, 12 %; зниження рівня евтрофікації водойм завдяки обмеженню потрапляння в них елементів, що спричиняють бурхливий розвиток водоростей; захист ґрунтів від ерозії, дефляції і антропогенного переущільнення; можливість значного підвищення вмісту в ґрунті органічної речовини і гумусу; за умов достатнього зволоження підвищення коефіцієнтів використання елементів живлення рослин з мінеральних добрив, у першу чергу, фосфору (особливо за помірних доз внесення) завдяки локалізації добрив і кореневої системи у найбільш біологічно активному поверхневому шарі; зменшення втрат води на фізичне випаровування; збагачення ґрунтів на мікро- і мезофауну, зокрема на дощові черв'яки; зменшення емісії CO<sub>2</sub> в атмосферу внаслідок зниження витрат пального у річному циклі польових робіт; можливість вилучення CO<sub>2</sub> з атмосфери і закріплення його у формі органічної речовини ґрунту; можливість за певних умов (але далеко не завжди) підвищення урожайності польових культур і зниження собівартості продукції землеробства; вирівнювання поверхні полів, унаслідок чого покращуються умови праці механізаторів і функціонування технічних засобів та зниження вібраційних навантажень на організм людини і метал.

**Негативні ознаки no-till систем:** за наявності на поверхні поля післязбиральних решток культур, особливо кукурудзи, спостерігається зниження температури ґрунту навесні на 2,8—5,0 °С, що потребує посиленого фосфорного живлення рослин і зміщення строків сівби ярих; можливість перезволоження орного шару ґрунтів з малою водопроникністю, що супроводжується різким зниженням їхньої біологічної активності і потребує підвищення доз азоту на 25—30 кг; погіршення умов роботи дренажних систем на осушуваних землях; зростає негативний вплив мікропонижень («блюдець»), особливо за формування притертої льодової кірки на озимих (під «блюдцями» в Лісостепу знаходиться 14 % території, Поліссі — до 20 %); можливість зниження польової схожості насіння внаслідок локалізації післязбиральних решток в посівному шарі, тому необхідно норми висіву підвищувати на 15—25 %; контроль забур'яненості посівів є складнішим і дорожчим, ніж за загальноприйнятого обробітку на 15—100 % залежно від куль-



тури і виду сівозміни; знижується ефективність ґрунтових гербіцидів у зв'язку з утриманням частини препаратів на післязбиральних рештках, а також посиленої детоксифікації діючих речовин у біологічно активному поверхневому шарі, а іноді і внаслідок підкислення верхнього (0—10 см) шару ґрунту; посилюється ризик появи резистентних до гербіцидів популяцій бур'янової флори; створюються напружені умови для підтримки сприятливого фітосанітарного стану посівів, що пов'язано з наявністю на поверхні ґрунту рослинних решток; ускладнюється боротьба з мишоподібними гризунами; за посушливих умов можливий недобір урожаю і зниження якості зерна пшениці озимої з причин збіднення на поживні речовини нижньої половини орного шару та їх позиційної недоступності за пересихання верхнього (0—10 см) шару; за великої кількості на поверхні ґрунту рослинних решток знижується ефективність підживлень азотом розкидним методом (за потрапляння карбаміду на поверхню решток втрачається 1/3 азоту); за тривалого агрохімічного «навантаження» на поверхневий шар ускладнюється підтримка оптимальних фізико-хімічних параметрів родючості ґрунту, а їх корекція шляхом хімічної меліорації має здійснюватись меншими дозами вапна й удвічі частіше, ніж за традиційного обробітку; за значної виснаженості ґрунтів середнього і важкого гранулометричного складу і залишення їх без обробітку у перші роки запровадження no-till системи спостерігається явище сезонної цементації зі значним підвищенням щільності будови ґрунту та різким зниженням продуктивності агрофітоценозів (відновлення оптимальних параметрів щільності ґрунту відбувається поступово протягом 3—4-х років); висока ціна основного технічного засобу для «нульового» обробітку ґрунту — сівалок безпосередньої сівби, тому заміна наявної ґрунтообробної і посівної техніки, що здебільшого відпрацювала амортизаційні строки, є серйозною фінансовою проблемою для будь-якого господарства (ціна різних комплексів з різною шириною захвату і комплектом коливається у межах від 30 до 300 тис. у. о.); запровадження технологій «нульового» обробітку ґрунту вимагає вищої кваліфікації агрономічного і технічного персоналу; різка зміна технологій вирощування польових культур на значних площах може супроводжуватися загостренням проблем сільського безробіття; посіви за no-till технологій можуть протягом певного часу бути пожежонебезпечними, особливо, коли поля не є «закритими зонами», як у фермерів США і Канади, а вільними для доступу будь-кого.

Як відомо, формування і розвиток no-till систем розпочались у Великій Британії після винаходу у 1955 р. біпіридилових гербіцидів суцільної дії, які могли знищувати всі бур'яни, а також створення сівалки для сівби без попереднього обробітку ґрунту. Теоретичним підґрунтям були висновки авторитетного науковця Е. Рассела (1955), який роль обробітку ґрунту здебільшого зводив до контролю за-

бур'яненості. Проте, першими зуміли скористатися цими винаходами американці. Батьком no-till систем визнано фермера Гаррі Янга. У 1962 р. він першим у світі застосував англійську сівалку «прямої» сівби на своїй фермі. Відсутність плужного обробітку повністю компенсувалась застосуванням гербіцидів.

Нині у всьому світі площа ріллі становить 1 млрд 317 млн га. Статистика з поширення no-till систем ведеться з 1982 р. Зведені дані обсягів використання «нульового» обробітку в усіх країнах світу за 2004—2005 рр. склали сумарно 95 млн 480 тис. га. Таким чином, площа, на якій запроваджено no-till системи, становить 6,8 % від світової. З цієї площі на шість країн: США, Канаду, Бразилію, Аргентину, Австралію, Парагвай припадає 94,7 %. На всі інші країни світу — відповідно 5,3 %. Частка європейського континенту, включаючи і східну його частину, не перевищує 2,5—3 %. Щорічно площа під no-till системами зростає на 1 млн га.

Кожна країна, в якій «нульовий» обробіток запроваджується у значних обсягах, має свої власні головні аргументи. Для США — це підвищення продуктивності праці і ґрунтоохоронне значення «нульового» обробітку. Для Канади, де виробництво зерна зосереджено у степових провінціях, вагомим чинником є збереження вологи. Те ж слід відмітити для землеробства західних провінцій Австралії. Для тропіків Бразилії, де під рілля освоюються значні площі тропічних лісів і роль ґрунту фактично виконує лісова підстилка, що раптово «згорає» у разі введення в інтенсивну культуру, збереження ґрунтового покриву є серйозною державною проблемою, а основним шляхом її вирішення є запровадження «нульового» обробітку. Оцінюючи поширення no-till систем на Європейському континенті, де безперечним лідером є Велика Британія, головним аргументом на користь запровадження «нульового» обробітку визначається можливість підвищення продуктивності праці на підготовці ґрунту і сібві озимих та ярих колосових у 4 рази.

Відносно економії енергії в ланці обробітку ґрунту, то вона дійсно є вагомою. Але якщо оцінити енерговитрати на повні технологічні цикли вирощування польових культур в інтенсивному землеробстві, то виявляється, що частка обробітку ґрунту в економії енергоносіїв дещо скромніша. Ті 25—40 %, що інколи приписуються обробітку ґрунту (Озеранський Л. А., 1986; Гордієнко В. П. та ін., 1998), є, насамперед, наслідком неповного обліку інших витратних складових. Розрахунки Сайка В. Ф. і Малієнка А. М. (2007) свідчать, що у сумі прямих експлуатаційних витрат енергії обробіток ґрунту не перевищує 10—12 %. За включення в обрахунки енергетичних еквівалентів застосування добрив (до 60 %) і пестицидів (6—8 %) частка обробітку ґрунту не перевищуватиме 5—8 %.

За наявності певних специфічних передумов запровадження no-till систем у різних країнах спільним для всіх них є прагнення різкого під-

вищення продуктивності праці на значних територіях за незначних трудових ресурсів.

Звертаючись до зарубіжного досвіду, зокрема такої країни як США, неможливо не зупинитись на проблемі зростання пестицидного навантаження в агроландшафтах, наявність якого є незаперечною.

У США вигоди від мінімального і «нульового» обробітку ґрунту зробили фермерів заручниками цих технологій. За відсутності оранки кількість бур'янів, комахоподібних шкідників, хвороб, що локалізуються і розмножуються в залишеній стерні, значно збільшується. За таких обставин фермерам доводиться вносити вдвічі більше пестицидів, ніж раніше. Держава активно стимулює виробництво продовольства, яке використовує як важливий експортний ресурс і «політичну зброю». Але в кінці останнього десятиріччя громадськість США непередуману хімізацію стала розцінювати як катастрофічну. Рівень хімічного забруднення ґрунтів і особливо водних ресурсів характеризується вченими як «...найбільша помилка, якої американська нація припустилась за останні десятиріччя, подібно до сільськогосподарського Чорнобиля США» (Сайко В. Ф., Малієнко А. М., 2007).

Отруєння агрохімікатами щорічно зазнають до 300 тис. осіб. Багато науковців визнають, що результати бездумної гонитви за прибутками проявляються зростанням онкологічних захворювань, у першу чергу, у сім'ях фермерів. Дослідженнями, проведеними у штаті Канзас, встановлено, що використання гербіцидів групи 2,4—Д у 6 разів збільшує захворюваність фермерів на рак і у 8 разів тих, хто безпосередньо готує суміші та вносить їх на поля. Рівень диоксину в новонароджених дітей виявся у 27 разів вищим від тієї кількості, яка вважається за безпечну для накопичення протягом усього життя людини.

Неприємним є й те, що деякі хлорорганічні пестициди за токсичністю у 100 разів перевищують сумнозвісний ДДТ. Заборонені у США гербіциди продовжують експортуватись в інші країни.

Така ситуація склалась у розвиненій країні, де екологічне навантаження здійснюється на 12 % території. Чого ж тоді чекати в Україні, коли подібний екологічний стрес накласти на 60 % території — землі в обробітку. До того ж в Україні в сільській місцевості проживає не 3—4, а 32 % населення. В окремих областях частка сільського населення перевищує 50 % (Вінницька, Закарпатська, Івано-Франківська, Рівненська, Чернівецька), у половині — в середньому 40 %.

Необхідно додати ще ряд особливостей України, що можуть значною мірою обмежувати можливість, доцільність, обсяги і темпи запровадження систем «нульового» обробітку ґрунту: система no-till — це не шлях виходу з бідності, а наслідок; за сталою звичкою, прищепленою ще за радянських часів, наші виробники сільськогосподарської продукції налаштовані на поступальний ріст валового виробництва зерна, а за впровадження no-till систем урожайність в перші п'ять років

знижується на 10 %; гліфосатумісні гербіциди типу раундап в Україні значно дорожчі, ніж в Європі і США, де вони датуються державою, а тому без зниження цін на них широкомасштабне впровадження ресурсозберігаючого землеробства в Україні не є можливим; в Україні відсутні власні енергонасичені трактори, що відповідають агротехнічним вимогам, немає їх і в Росії.

Питомий тиск на ґрунт тракторів Т-150 і К-700 у 2,5 рази перевищує нормативний (0,6 кг/см<sup>2</sup>). До того ж потужність двигуна першого є надто низькою.

Вплив рушіїв важкої техніки призводить до антропогенного ущільнення орних земель та зниження урожаю. Найбільш негативно впливають на ґрунти транспортні засоби і важкі збиральні комплекси. Пов'язане зі збирально-транспортними роботами ущільнення ґрунту, як правило, перевищує глибину звичайного обробітку, що вимагає періодичного чизельного розпушування або щільовання на глибину до 50 см. Фактично для впровадження no-till систем увесь комплекс технічних засобів необхідно закуповувати за кордоном.

Значимо, що надії на всесильність будь-якого гербіциду, покладеного в основу окремої землеробської технологічної системи, є примарними. Нині резистентність бур'янів до гербіцидів стала гострою всесвітньою проблемою. Вона чітко визначилась в Аргентині, де в поєднанні генетично модифікованої сої з'явилися і поширюються стійкі до раундапу популяції бур'янів. Ті ж самі проблеми виявлені і в Австралії. Там у разі оренди земель обов'язковою процедурою є обстеження їх на наявність резистентних до гербіцидів форм бур'янів. За їх виявлення оренда землі здешевлюється.

Для впровадження no-till-технологій на 10 000 га необхідно мати один трактор потужністю 500 к.с. з комбінованим посівним комплексом шириною захвату 18—25 м, три-чотири зернових комбайни і один обприскувач із продуктивністю 1 тис. га за добу. Для обслуговування цього комплексу безпосередньо у полі необхідно 15 працівників. Характерно, що ефективність no-till систем оцінюють саме за використанням таких комплексів, їх в Україні може застосовувати лише 41 господарство.

Слід також зауважити, що за використання такої техніки не можна вийти в поле без електронної карти і приладів глобального позиціонування системи супутникової навігації GPS з керуючим механізмом. За ширини захвату агрегату 18—25 м його неможливо вести паралельно попередньому проходу. У цьому разі механічний маркер замінюється системою супутникового зв'язку. Все це коштує дорого, до дрібниць — зарубіжне, без їхнього сервісного обслуговування не діятиме, і країна потрапить у довільну залежність (Сайко В. Ф., Малієнко А. М., 2007).

Це все необхідно враховувати, оскільки заміна наявної ґрунтообробної і посівної техніки, яка діюча, хоча й відпрацювала агротехнічні строки, є фінансовою проблемою для будь-якого господарства.

Різка зміна технологій вирощування польових культур на значних, особливо густо заселених територіях, як правило, супроводжується загостренням проблем сільського безробіття. Прикладів цьому є достатньо.

Типовим «сценарієм» оренди землі сільських громад крупними фінансовими структурами є ліквідація тваринницької галузі і переведення землеробства на працюючі технології вирощування польових культур на зразок поширених у США і Канаді. У результаті подібної перебудови роботи у таких структурах одержує у кращих випадках 10 % наявного працездатного населення. При цьому оплату безробітних на депресивних сільських територіях бере на себе держава, а точніше пересічні громадяни, також не обтяжені надто високою оплатою праці. Подібні явища уже стали гострою державною проблемою, яка поки що не знайшла свого позитивного вирішення.

Таким чином, суто технологічні проблеми, які обіцяють лише позитивні наслідки, можуть мати і соціально-економічні складові. Останні можуть частково або ж повністю нівелювати очікувані переваги, якщо дивитись на них не з погляду інтересів окремої промислової фірми чи фінансової структури, а виходячи із загальнодержавних позицій.

Ці ж самі проблеми можуть виявитися у галузі сільськогосподарського машинобудування. Тільки у цьому разі соціальні «катастрофи» локалізуються у містах і, особливо, невеликих районних центрах.

Слід зазначити, що в Україні не стабілізувалося землекористування, знизилася культура землеробства. До цього часу не сформована такою стала кон'юнктура на ринку сільськогосподарської продукції, що порушує стабільність землекористування. Нині важко сформувати стабільну структуру посівних площ або сівозміни. За таких умов різко збільшуються або скорочуються площі ріллі під цукровим буряком, кукурудзою, виникають ідеї до розширення площ під ріпаком до 3 млн га і взагалі значного розширення посівів «енергетичних» культур, не оцінюючи того, що такі заходи призведуть до подорожчання продовольчого кошика мінімум удвічі.

Мінімізація обробітку ґрунту, як окрема система, не є чинником, що зумовлює підвищення продуктивності землеробства і його енергетичної ефективності. Порівняння коефіцієнтів енергетичної ефективності — КЕЕ (співвідношення між енергією в одержаному урожаї і витраченої невідновлюваної у технічному циклі його вирощування) свідчить, що цей показник за вирощування пшениці озимої і ячменю в Україні вищий ніж у США, де запровадження систем мінімального обробітку набуло найбільшого поширення (Сайко В. Ф., Малієнко А. М., 2007).

На основі аналізу всіх чинників, у тому числі, соціальних і демографічних, вченими зроблено висновок, що в оглядовій перспективі no-till системи можуть бути поширеними в Україні на площі 600—700 тис. га максимум до 1 млн га.

#### 1.5.4. Екологізація землеробської техніки — запорука підвищення продуктивності рільництва і охорони ґрунтів

---

Спеціально вивчаючи динаміку щільності будови ґрунту, В.В. Медведєв та ін. (2004) встановили, що, незважаючи на застосовувані способи обробітку, протягом значної частини вегетаційного періоду щільність, навіть чорноземного ґрунту, нерідко виходить за межі оптимальних параметрів. Застосовувані ґрунтообробні знаряддя не тільки «не вмюють» створювати потрібної щільності, але не здатні навіть і підтримати її в часі. Втім, останнього завдання в землеробстві ніколи й не ставили.

Вчені переконані, що безумовні успіхи землеробської механіки, не супроводжувалися б численними негативними наслідками для ґрунту (переуцільнення, розпорошення, водна й вітрова ерозія і, взагалі, зниження стійкості як компонента навколишнього середовища), якби фізико-механічний напрям у ґрунтознавстві й землеробстві дістав повноцінного розвитку.

Вітчизняні ґрунтознавці відзначають тривожні тенденції, що з'явилися у конструкції і характеристиках нової техніки — тракторів, ґрунтообробних знарядь, машин для сівби й удобрення, комбайнів, засобів для внесення пестицидів та інших автомобільно-транспортних засобів: повсюдна заміна гусеничних ходових систем на колісні; збільшення ширини захвату (з 4—6 до 18—24 м і більше) машинно-тракторних агрегатів: збільшення сили тяги на гаку, що виявилось найбільш простим способом агрегування сільськогосподарських машин великої маси; збільшення швидкості руху з 4—5 до 9—15 км/год під час виконання технологічних операцій; зростання частки комбінованих (переважно важких) ґрунтообробних і посівних машин; поява нових технічних засобів, за допомогою яких можливі більш глибокі обробітки (до 0,5—0,7 і навіть до 1,0 м), щільювання, кротування, плантажування, інтенсивне розпушування, вирівнювання поверхні, створення спеціального мікрорельєфу, перемішування й змішування окремих шарів ґрунту; домінування багатоперіодичних технологій, у результаті чого, наприклад, під час вирощування цукрових буряків, кількість операцій, не враховуючи збирально-транспортних, доведено до 20—25.

Відзначені тенденції декому (і дотепер) здаються цілком виправданими й економічно обґрунтованими. Адже більшість перерахованих новацій були наслідком необхідності підвищити продуктивність праці в землеробстві через відтік сільських трудівників у міста. Це спостерігалось протягом майже усього періоду соціалістичного господарювання. Оснащення сільськогосподарських підприємств технічними засобами дозволяло

впроваджувати нові («прогресивні», «індустріальні» й інші) технології, у стислий термін виконувати операції і, зрештою, забезпечувати більш-менш успішний розвиток аграрного сектору економіки.

Одночасно зростали маса МТА (з 1,5 до 3—5, а якщо врахувати масу нових комбайнів з повним бункером, і до 18—20 т) і потужність тракторів (з 75 до 150 і навіть 300 кінських сил). Вилучали з виробництва застарілі марки машин і агрегатів і поступово формувалася система машин. Селу стали постачати не розрізнені машини й знаряддя, а комплексні засоби механізації й автоматизації із поліпшеними техніко-економічними характеристиками, сучасним компонованням і високими ергономічними показниками, що значно поліпшило умови праці механізаторів.

Звичайно, технічний прогрес в землеробстві величезний. На цьому досить сприятливому тлі результати досліджень, що свідчать про можливе переущільнення, розпилення і деградацію ґрунтів внаслідок надмірно інтенсивного обробітку переважно важкою технікою, сприймалися байдуже або не сприймалися зовсім. Голос ґрунтознавців довгий час не був почутим. Хоча, заради об'єктивності, варто згадати, що ще Н.А. Качинський в 1924 році вказав на небезпечність безконтрольного збільшення маси МТА. Більше того, є згадка про аналогічні застереження, висловлені німецькими дослідниками ще на стику 19 і 20 століть, тобто, більше 100 років тому (W.R.Gill et al., 1967).

Але поступово тривожні тенденції посилення негативного впливу на ґрунт МТА і несприятливій зміні властивостей ґрунтів внаслідок цього все-таки стали помічати. Бурхливий потік публікацій на цю тему, блискучі публіцистичні твори, наприклад, Э. Фолкнера (1959) і багатьох інших робили свою справу. Поступово стали формуватися альтернативні погляди на обробіток і ґрунтообробні машини. Починаючи з 60-х років 20 століття, з'явилися перші праці про мінімальні, дещо пізніше — нульові технології обробітку і відповідні технічні засоби. Приблизно в цей же час, після спалаху вітрової ерозії в Північному Казахстані в результаті масового розорювання цілинних земель, були розроблені ґрунтозахисні безполіцевої технології обробітку ґрунту з набором нових технічних засобів для сівби і вирощування культур. Ці технології знайшли широке поширення і не тільки у вітроерозійнонебезпечних регіонах.

Найзначнішою спробою ґрунтознавців обмежити негативний вплив на ґрунт мобільних сільськогосподарських засобів було введення стандарту припустимого питомого тиску МТА на ґрунт (Русанов В.Л. та ін., 1986). Стандарт досить жорстко обмежував тиск на ґрунт, особливо у весняний період, під час передпосівних операцій і сівби, коли ґрунт найбільш піддатливий до ущільнення, і воно може поширюватися глибше посівного шару, пригнічувати ріст коренів, знижувати доступність рослинам поживних речовин і води, викликаючи зменшення врожаю. Як було встановлено дослідженнями розробників стандарту, розущільнення ґрунтів в разі перевищення певних параметрів щільно-

сті відбувається досить повільно, висока щільність стабілізується на багато років. Дотримання положень стандарту вимагало значних зусиль від конструкторів і агротехнологів. Зокрема, потрібно було різко обмежити застосування на полях у весняний період енергоємної колісної техніки (наприклад, таких тракторів як Т-150К і навіть МТЗ-82) або зовсім відмовитися від неї у цей час. Без будь-якого перебільшення, як зазначають В.В. Мелведев, Т.М. Лактіонова (2008), цей стандарт був революційною розробкою, що вперше у світі істотно й рішуче сприяла охороні ґрунтів. Вона була позитивно сприйнята ґрунтознавцями і навіть помічена за рубежом [F.C.J.Tijink et al., 2001; J. Hakansson, 2005].

Отже, цілком зрозуміло, що вплив ходових систем МТА й робочих органів ґрунтообробних машин на ґрунт варто обмежувати. Потрібно стримувати прагнення інженерів конструювати переважно потужні енергонасичені трактори, і створення агротехнологами багатоопераційних технологій, що характеризуються більшим числом проходів техніки по полях. Сучасні МТА й технології не повинні призводити до погіршення фундаментальних властивостей ґрунтів, а саме: здатності протистояти навантаженню, структурної стійкості, здатності до відновлювання характерних параметрів властивостей ґрунту. Інакше ґрунт незворотно деградує. Але й без обробітку також не можна. Адже механічний обробіток існує стільки, скільки існує землеробство. Впродовж багатьох тисяч років його мета залишалася практично незмінною, але в останні кілька десятиліть способи й знаряддя обробітку значно інтенсифікувалися. Насамперед, інтенсифікація торкнулася частоти й глибини механічного впливу па ґрунт.

У цих умовах агрономічні вимоги необхідно розглядати як деякий компроміс між необхідністю обробітку ґрунту і необхідністю проведення його у певних рамках. Це стримувальний важіль щодо подальшого посилення інтенсифікації механічного обробітку ґрунту. Не можна і надалі: нарощувати масу машин, обробляти ґрунт за несприятливої його вологості, використовувати уніфікований набір машин і знарядь у принципово різних ґрунтово-кліматичних умовах. З іншого боку, не слід обробляти ґрунт там, де у цьому немає потреби. В Україні, на відміну від країн з розвиненим землеробством, домінує дуже інтенсивний механічний обробіток, незважаючи на скромні енергетичні можливості сільського господарства. А між тим, у світі, навіть у країнах зі сприятливими економічними результатами, домінуючу роль посідають енерго- і ґрунтозберезувальні екологічнобезпечні технології. Україна, як держава з великими аграрними амбіціями, не повинна проходити повз ці тенденції.

Гармонізація взаємин між ґрунтом і технікою можлива, якщо маса машин буде не вище нормативного допустимого навантаження, розклинювальні зусилля робочого органу — не вище сили зчеплення структур-



ного агрегату агрономічно корисного розміру, а обробіток буде здійснюватися з урахуванням реологічного стану ґрунту у цей час. Тоді, напевно, не виникне залишкової (незворотньої) деформації, розпилення або утворення брил. Але ще важливіше, щоб інженери-конструктори сільськогосподарської техніки та її користувачі знали й враховували надзвичайно велику розмаїтість ґрунтів як об'єкта механічного обробітку.

Конструювання й експлуатація ходових систем МТА і ґрунтообробної техніки повинні здійснюватися відповідно до ґрунтово-кліматичних умов. Із властивостей ґрунтів, перш за все, потребують урахування гранулометричний і макроагрегатний склад, щільність будови, питомий опір і вологість в момент обробітку, тому що саме ці властивості визначають технологічні умови обробітку і якість останнього.

Параметри перелічених властивостей В.В. Медведев, Т.М. Лактіонова (2008) поділили на 5 класів: 1 — сприятливі, 2 — середні, 3 — середньоважкі, 4 — важкі й 5 — дуже важкі умови обробітку ґрунту. Клас «сприятливі умови» розглядали як еталонний.

Під «умовами» вчені розуміють перш за все комплекс властивостей ґрунтів, що описують їх як об'єкт обробітку (фізико-механічні, технологічні і реологічні властивості, що обумовлюють параметри міцності, липкості та якість кришіння) і меншою мірою їх агрономічний та екологічний стан.

Науковці вивчили вплив деяких властивостей ґрунту на формування технологічних умов на орних землях України, площу яких прийняли за 30 млн га (100 %) (табл. 21).

Серед гранулометричних фракцій, що важливі для оцінки ґрунтово-технологічних умов, — фракція піску, яка впливає на абразивні властивості, фракція фізичної глини (<0,01 мм) і фракція мулу (<0,001 мм). Обидві останні фракції формують параметри фізичних і фізико-механічних властивостей ґрунтів.

Важкі і дуже важкі ґрунтово-технологічні умови охоплюють майже всі сухостепові регіони, приблизно 50 % площі орних земель. Особливо складні умови тут формуються під час проведення основного обробітку, коли вологість ґрунтів, як правило, нижче фізичної спільності, й високоякісно зорати вдається лише в окремі роки. У цьому регіоні витрати на механізовані польові роботи найбільші.

Щільність будови орних ґрунтів перед проведенням основного обробітку на значних просторах Лісостепу й Північного Степу не перевищує 1,25 г/см<sup>3</sup>. Це дозволяє оцінювати ці ґрунти як сприятливі в технологічному розумінні. У межах цих територій, у зв'язку з ерозією (Вінницький «острів» темно- і ясно-сірих змитих ґрунтів) або оглеєнням (Передкарпаття), щільність будови зростає, а ґрунтово-технологічні властивості відповідно погіршуються. У зоні Сухого Степу ґрунтово-технологічні властивості ріллі також погіршуються у зв'язку із проявами осолонцювання.

Таблиця 21

## РОЗПОДІЛ ОРНИХ ЗЕМЕЛЬ УКРАЇНИ ЗА ДЕЯКИМИ ВЛАСТИВОСТЯМИ ҐРУНТІВ (Медведєв В.В., Лактіонова Т.М., 2008)

Класи ґрунтово-технологічних умов	Ґранулометрична фракція <0,001 мм		Рівноважна щільність будови		Питомий опір ґрунтів під час оранки	
	Вміст мулу в орному шарі, %	Площа ґрунтів млн га	Щільність будови у шарі 0—50 см, г/см <sup>3</sup>	Площа ґрунтів млн га	Питомий опір, кг/см <sup>2</sup>	Площа ґрунтів млн га
1	2	4	5	7	8	10
1	<10	2,82	<1,25	42,3	<0,45	5,4
2	10—20	6,01	1,26—1,35	29,9	0,46—0,50	5,8
3	20—30	5,89	1,36—1,45	13,4	0,51—0,55	18,0
4	30—40	34,8	1,46—1,55	7,1	0,56—0,60	40,4
5	>40	14,8	>1,55	7,2	>0,60	30,3
	відсутні дані	1,4	0,41			

Продовження табл. 21

Класи ґрунтово-технологічних умов	Сума макроагрегатів 0,25—10 мм		Вміст брил розміром більше 10 мм, %		Брилісткість	
	Вміст макроагрегатів, %	Площа ґрунтів млн га	Вміст брил розміром більше 10 мм, %	Площа ґрунтів млн га	Вміст брил розміром більше 10 мм, %	Площа ґрунтів млн га
1	11	12	13	14	15	16
1	>70,0	28,8	8,65	<10	5,9	1,76
2	70—60	42,1	12,64	11—30	71,7	21,50
3	60—50	17,8	5,30	31—50	10,9	3,29
4	50—40	0,5	0,15	51—70	1,1	0,32
5	<40	0,8	0,25	безструктурні ґрунти	9,6	2,89
	безструктурні ґрунти відсутні дані	9,3	2,78	немає даних	0,7	0,23

Специфічну найгіршу оцінку за щільністю будови отримали ґрунти Полісся, а також території з легким гранулометричним складом, що до певної міри суперечить сприятливій оцінці легких ґрунтів за параметрами питомого опору під час обробітку й зчеплення, які є мінімальними. Однак, через практично повну відсутність процесів агрегації, рівноважна щільність у легких ґрунтах максимальна, і також максимальна абразивна здатність. Неглибоке (нерідко в межах оброблюваного шару) залягання оглеєння або ілювіального горизонту також ускладнює проведення ґрунтообробних операцій.

Але набагато важливіша інша обставина. Обробіток у Поліссі досить короткочасно впливає на властивості верхнього шару ґрунту. Період його релаксації після механічного розпушування дуже короткий, потенціал оптимізації фізичних властивостей мінімальний (знову ж таки внаслідок легкого гранулометричного складу, ненасиченості на кальцій і низької гумусованості). Тому ґрунти тут постійно переушільнені (рівноважна щільність у межах  $1,50 \text{ г/см}^3$  пригнічує ріст кореневих систем більшості польових культур), а завдання механічного обробітку й технічних засобів зовсім інші порівняно з тими, що покладені на нього у лісостеповій і степовій зонах.

Основна закономірність зміни питомого опору ґрунтів у географічному просторі України полягає в поступовому підвищенні параметрів цього показника з північного заходу на південний схід (синхронно зростання вмісту у складі ґрунтів фракції фізичної глини). Остання обставина є визначальною, хоча не можна абсолютизувати цю закономірність, знаючи, як інші чинники (оструктуреність, солонцюватість і зволоження) її коригують.

У межах зони Полісся (дерново-підзолистих ґрунтів) питомий опір піщаних різновидів переважно становить  $0,35\text{—}0,40$ , супіщаних —  $0,40\text{—}0,45$  і супіщано-суглинкових —  $0,45\text{—}0,50 \text{ кг/см}^2$ . У лісостеповій і степовій зонах України величини питомого опору чорноземних ґрунтів такі: легкосуглинкових різновидів —  $0,50\text{—}0,55$ , середньосуглинкових —  $0,55\text{—}0,60$ , важкосуглинкових —  $0,60\text{—}0,70$ , легкоглинистих —  $0,70\text{—}0,80$  і середньо- і важкоглинистих — більше  $0,80 \text{ кг/см}^2$ .

Відомо, що вміст у ґрунті агрономічно корисної фракції розміром  $0,25\text{—}10 \text{ мм}$  визначає якість кришіння його під час обробітку. Чорноземи типові південної частини Лісостепу і чорноземи звичайні північного Степу важкосуглинкового гранулометричного складу В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова (2008) визнають найкращими і в агрономічному, й у технологічному розумінні. У цих ґрунтах вміст фракції агрегатів агрономічно корисного розміру після обробітку становить не менше 70 %, що точно відповідає еталонному параметру і досягається обробітком пасивним робочим органом за вологості, близької або навіть трохи нижчої за вологість фізичної спілості (тобто, за досить широкого діапазону зволоження). У цих ґрунтах є навіть деякий резерв

для подальшого поліпшення структурного стану оброблюваного шару, якщо обробіток проводити тільки за вологості оптимального кришіння (за більш вузького діапазону зволоження), за підвищеної швидкості або за допомогою активного робочого органу. Всі ці заходи, згідно із висновками з досліджень П.У. Бахтіна (1969), здатні поліпшити кришіння ґрунтів.

Водночас чорноземи типові, опідзолені й темно-сірі ґрунти легко-суглинкового гранулометричного складу в північній і північно-західній частинах Лісостепу (у перехідній до Полісся смузі) після обробітку мають набагато гірші показники кришіння в агрономічному розумінні (40—50 %).

Якщо прийняти брилистість у 30 % за граничну величину, вище якої характеристики якості ріллі істотно погіршуються (внаслідок, насамперед, посилення непродуктивного випаровування вологи), то виявляється, що таких ґрунтів в Україні 12 %, або близько 3,5 млн га. Тут імовірність утворення брил під час обробітку досить висока. Це значить, що на ґрунтах, віднесених до третього класу ґрунтово-технологічних умов, одержати високу якість ріллі після звичайного плужного обробітку досить проблематично. У південному Сухому Степу слід побоюватися несприятливих наслідків від утворення брил більше, ніж від розпилення і вітрової ерозії. Вітрова ерозія тут — це епізодичне явище, відзначається не щороку й тільки на окремих, не захищених сніговим або рослинним покривом агрофонах, а утворення брил спостерігається щорічно, супроводжуючи не тільки глибокий, але й будь-який обробіток. Підвищена здатність солонцюватих аридних орних ґрунтів утворювати брили під час обробітку повинна бути врахована як у технологіях, так і в конструкції технічних засобів.

Восени зволоженість оброблюваного шару, порівняно з весняним періодом, помітно погіршується, від чого площа ріллі з можливим високоякісним глибоким основним обробітком, зменшується. Практично, це є реальним лише в західній провінції Лісостепу, усього на 14 % ріллі, на іншій частині орних земель України ґрунтово-технологічні умови для традиційної оранки незадовільні. Саме тому там, де її проводять, так багато брил на полях. Для агрономів-практиків це добре відомо і майже кожний з них має свій власний досвід вирішення проблеми можливого утворення брил. Як правило, оранка або переноситься на пізніший строк, або, якщо ж і виконується, то починається з лущення. Але, ймовірно, ліпше було б обмежуватися лише поверхневим обробітком, не піддаючи ґрунт додатковій деформації.

У дійсності ж в будь-якому ґрунті складним чином взаємодіють різноманітні й по-різному спрямовані властивості, які в цілому формують суперечливі й не завжди чіткі ґрунтово-технологічні умови. Наприклад, у легких ґрунтах підвищена абразивна здатність поєднується зі здатністю цих ґрунтів легко піддаватися розпушуванню. У ґрунтах

важкого гранулометричного складу виражена реологічна активність (зміни фізико-механічних властивостей зі зміною вологості) може викликати значні відхилення у величинах характеристик міцності і питомого опору ґрунту за межами фізичної спільності. Саме тому тільки комплексна синтезована оцінка, що одночасно враховує кілька властивостей ґрунтів, може наблизити нас до реальної оцінки ґрунтово-технологічних умов.

Тому вченими складені зведені (синтезовані) карти ґрунтово-технологічних умов, а також карти, за допомогою яких можливо окреслити регіони, де є небезпека переущільнення, підвищеної зношуваності знярядь та розпилення ґрунтів.

Згідно зі зведеною картою ґрунтово-технологічних умов із 30 млн га ріллі 8,5 % належать до сприятливого класу, 15,8 — середнього, 24,2 — середньоважкого, 18,2 — важкого, 22,6 — дуже важкого, а для 10,7 % — відсутні дані (рис. 6).

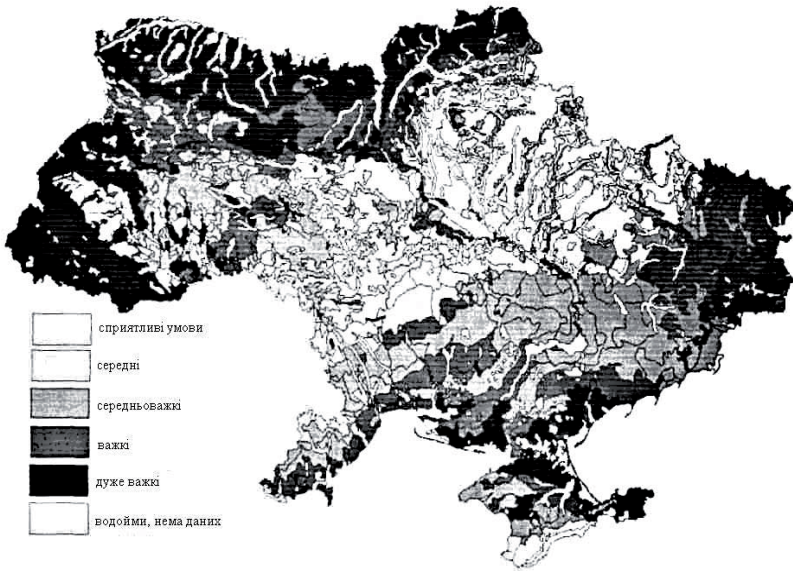


Рис 6. Зведена карта ґрунтово-технологічних умов на орних землях України (Медведев В.В., Лактіонова Т.М., 2008)

Зведена карта відбиває ряд просторових закономірностей зміни ґрунтово-технологічних умов на орних землях України. Оптимальні умови для обробітку й одержання найкращої якості ріллі спостеріга-

ються на відносно невеликій (8,5 %, або 2,56 млн га) площі Центрального й Лівобережного Лісостепу, де домінують чорноземи типові й опідзолені легко- та середньосуглинкового складу, помірно гумусовані, з високим потенціалом і фактичним рівнем агрегації. Помірно виражені показники міцності маси ґрунту (всі види опору — зсув, розклинювання, стиснення, роздавлювання тощо, а також зчіплення і тертя) (Медведев В.В., Лактіонова Т.Н., 2007), й досить тривалій період з вологістю фізичної спілості дозволяють обробляти їх у період найкращого кришіння з мінімальними витратами енергії. Більше того, тут є всі можливості мінімізувати обробіток і навіть повністю відмовитися від нього, тобто тим самим мінімізувати механічне навантаження на ґрунт і захистити його від фізичної деградації. У цьому випадку небезпека переущільнення, розпилення й утворення брил усувається. Крім того, тут практично відсутні чинники, що ускладнюють обробіток (щебенуватість, солонцюватість і оглеєність). Інакше кажучи, на цій території відзначається гармонійне поєднання чинників, що обумовлюють енергетичну (і, ймовірно, економічну) вигідність механічного обробітку з одночасними сприятливими екологічними й агрономічними наслідками (Медведев В.В., 2007).

Однак, поряд з високою оцінкою цієї частини ріллі, доводиться констатувати, що в Україні цілком достатньо інших, менш цінних територій. Навіть у Поліссі, де домінують ґрунти легкого гранулометричного складу, обробіток яких не створює жодних істотних труднощів, ґрунтово-технологічні умови, проте, вченими оцінено як важкі й дуже важкі. Причина — у надзвичайно високій рівноважній щільності будови, дуже низькому потенціалі й фактичному рівні агрегації, існуванні небезпеки розпилення і досить частій присутності в поверхневому шарі оглеєності.

Строкатами є ґрунтово-технологічні умови в Степу, особливо на півдні і сході зони. У цілому можливості для ошадливого і якісного обробітку ґрунтів у цій зоні є незрівнянно гіршими, ніж у Лісостепу.

Викладену інформацію про ґрунтово-технологічні умови на орних землях України доповнимо прогнозними даними вчених про небезпеку прояву переущільнення, розпилення ґрунтів і абразії (спрацювання) робочих органів ґрунтообробних знарядь.

Переущільнення орних ґрунтів — найнебезпечніше явище, є наслідком інтенсивного механічного обробітку і визнане у всіх країнах з розвинутою землеробською діяльністю. Тепер, у силу популярності цієї проблеми, процес переущільнення досить непогано вивчено, у тому числі й в Україні. Серед ґрунтових факторів, що обумовлюють переущільнення, найактивніше впливають гранулометричний склад, а також параметри вологості й щільності будови, що складаються безпосередньо перед проведенням обробітку. Характеристики застосовуваних ходових систем, склад МТА, що залежить від культури й техно-

логії її вирощування, дуже різноманітні і врахувати цю розмаїтість досить складно. Тому запропонований вченими прогноз і відповідну карту точніше назвати картою схильності ґрунтів до переущільнення. На думку В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової (2008), саме такий підхід дозволить, уточнивши території з найбільш уразливими ґрунтами, розробити відповідні профілактичні заходи й вимоги до технологій і технічних засобів, що обмежують або усувають це небезпечне явище.

Вихідні положення, віднайдені у численних експериментах, є такими: небезпека переущільнення практично не загрожує ґрунтам легкого гранулометричного складу, з високими параметрами вихідної щільності й зниженою вологістю. Навпаки, високою схильністю характеризуються глинисті ґрунти, з низькою рівноважною щільністю і вологістю, що дорівнює або вище вологості фізичної спільності. Але запропонована науковцями диференціація ґрунтово-технологічних особливостей між класами (табл. 22) певною мірою умовна. Умовна тому, що, коли ґрунт, навіть легкого гранулометричного складу, зазнає надмірного тиску (наприклад, навесні, коли ущільнення спричинюється передпосівним обробітком, сівбою і внесенням добрив однією комбінованою машиною з питомим тиском вище  $1,0 \text{ кгс/см}^2$ ), то він також здатний до переущільнення. Аналогічним є вплив весняного обробітку на ґрунт важкого гранулометричного складу, що може переущільнити його майже незворотно, принаймні, на декілька років (Медведєв В.В., 2007).

Таблиця 22

**ВИХІДНА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИНТЕЗОВАНОЇ  
КАРТИ ПРОГНОЗУ ПЕРЕУЩІЛНЕННЯ ҐРУНТІВ  
(Медведєв В. В., Лактіонова Т. М., 2008)**

Класи ґрунтово-технологічних умов небезпеки переущільнення ґрунтів під час обробітку	Коди класів	Враховані фактори		
		гранулометричний склад	вологість ґрунту під час весняного і осіннього обробітків, у частках від фізичної стиглості	рівноважна щільність будови ґрунту в оброблюваному шарі, $\text{г/см}^3$
Відсутня	1	Піщані, глинисто-піщані і супіщані	<0,7	>1,55
Слабка	2	Легкосуглинкові	0,7—0,8	1,46—1,55
Помірна	3	Середньосуглинкові	0,8—0,9	1,36—1,45
Висока	4	Важкосуглинкові	0,9—1,0	1,26—1,35
Надто висока	5	Глинисті	>1,0	<1,25

Зі збільшенням у складі орного шару дрібнодисперсних компонентів, підвищенням вологості в момент обробітку й зниженням рівноважної щільності будови схильність ґрунтів до переущільнення посилюється. Слід наголосити ще раз: мова йде про схильність, але аж ніяк не про фактичне переущільнення, тому що останнє може трапитися на будь-якому ґрунті, якщо не буде дотримано багато інших умов. Наприклад, якщо передпосівний обробіток буде виконуватися важкими тракторами і за підвищеної вологості, тому представлену вченими карту варто сприймати як попередження, як рекомендацію особливо уважного планування технологій і складання МТА в уразливих регіонах. І така обережність не завадить майже на 22 млн га ріллі. Із 30 млн га орних земель під час обробітку небезпека переущільнення відсутня на 2,9 % площі ріллі, слабка — на 12,2, помірна — 9,3, висока — 57,3, надто висока — 15,5, відсутні дані для 2,7 % ріллі (Медведєв В.В., Лактіонова Т.М., 2008).

Для побудови синтезованої карти небезпеки розпилення ріллі під час обробітку вчені використовували дані вмісту пилу за результатами структурного й гранулометричного аналізів, а також дані вологості ґрунту під час обробітку й відомості про наявність солонцюватості ґрунтів, яка є активним дезінтегратором у ґрунті, тобто, фактором, що підсилює небезпеку розпилення ґрунту під час обробітку (табл. 23).

Таблиця 23

**ВИХІДНА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИНТЕЗОВАНОЇ КАРТИ НЕБЕЗПЕКИ РОЗПИЛЕННЯ ҐРУНТУ ПІД ЧАС ОБРОБІТКУ**

Класи ґрунто-технологічних умов небезпеки розпилення ґрунту під час обробітку	Коди класів	Враховані фактори			
		вміст фракції >0,05 мм у гранулометричному складі, %	вміст фракції <0,25 мм у макроструктурному складі, %	вологість оброблюваного шару ґрунту під час весняного і осіннього обробітків, у частках від фізичної стиглості	Солонцюватість ґрунтів
Відсутня	1	<5	<5	>1,0	Без ознак
Слабка	2	5—15	6—10	1,0—0,9	Слабкий ступінь
Помірна	3	15—25	11—15	0,9—0,8	Середній ступінь
Висока	4	25—35	16—20	0,8—0,7	Сильний ступінь
Надто висока	5	>35	>20	<0,7	Сильний ступінь



Найбільш висока небезпека розпилення ґрунтів під час обробітку присутня в усіх слабообструктурених ґрунтах, тобто ґрунтах, збагачених гранулометричними фракціями крупного пилю, які важко залучаються в мікро- і макроагрегати, у ґрунтах з недостатнім вмістом органічних речовин, у ґрунтах з явними ознаками солонцюватості, а також у ґрунтах, обробіток яких виконують за недостатнього зволоження. Зауважимо, що всі ґрунти з переліченими ознаками зазнають інтенсивного механічного обробітку і в разі його подальшої інтенсифікації небезпека розпилення може зрости. Площі з високою і дуже високою небезпекою розпилення ґрунту досить значні — понад 10 млн га.

Таблиця 24

**ВИХІДНА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИНТЕЗОВАНОЇ  
КАРТИ СПРАЦЮВАННЯ (АБРАЗІЇ) РОБОЧИХ ОРГАНІВ  
ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН**

Класи ґрунтово-технологічних умов, що визначають ступінь абразії робочих органів ґрунтообробних машин	Коди класів	Враховані фактори				
		вміст фракції >0,25 мм у гранулометричному складі ґрунту, %	питомий опір ґрунту під час основного обробітку, кг/см <sup>2</sup>	вологість під час обробітку, частка від фізичної стиглості	наявність щєбеню	наявність ознак солонцюватості
Відсутня	1	<5	<0,45	>1,0	без ознак	Без ознак
Слабка	2	5—15	0,46—0,50	1,0—0,9	щєбенюваті	Слабкий ступінь
Помірна	3	15—25	0,51—0,55	0,9—0,8	те саме	Середній ступінь
Висока	4	25—35	0,56—0,60	0,8—0,7	те саме	Сильний ступінь
Надто висока	5	>35	>0,60	<0,7	те саме	Те саме

Під час взаємодії робочого органу ґрунтообробної машини із ґрунтом неминуче виникає абразія, у результаті якої поступово зношуються знаряддя, а в ґрунті накопичуються часточки металу. Основною причиною абразії є наявні в ґрунті піщані й крупнопилуваті елементи. Вони практично не залучаються в мікро- і макроагрегати,

мають високу твердість (тому що переважно представлені кварцем), шорсткувату поверхню і підвищену абразивну здатність. Вміст у ґрунті гранулометричної фракції  $>0,25$  мм вказує на його потенційну абразивну здатність. У реальних умовах цей процес може бути посилений за наявності в орному шарі щебеню і гравію, і послаблений за обробітку ґрунту у стані фізичної спілості. В останньому випадку волога виступає як змащення, що зменшує зношування. Під час побудови синтезованої карти В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова (2008) спробували врахувати згадані фактори і, крім того, ще й питомий опір (інтегральний показник, що оцінює енергетичні параметри взаємодії робочого органу із ґрунтом), а також такий важливий чинник як солонцюватість (табл. 24).

Найменше виражений процес абразії в Лісостепу, де сприятливо поєднуються мінімальний вміст неагрегованих піщаних часток, помірні величини питомого опору ґрунтів і, як правило, близька до фізичної спілості, вологість ґрунту під час обробітку. Таких територій в Україні майже 30 %, або близько 10 млн га.

Але й у цій зоні, особливо на її периферії (у крайніх східній і західній частинах), є чимало земель, де абразивність зростає головним чином через підвищення питомого опору ґрунту. Максимально виражена абразія в Поліссі, а також у зоні Південного Сухого Степу, хоча строкатість оцінок і в цих зонах досить висока.

Використовуючи інформацію про гранулометричний склад, рівноважну щільність будови і вміст у ґрунті агрономічно корисних агрегатів, науковці оцінили придатність ґрунтів до проведення мінімального й нульового обробітку (табл. 25). Було обрано простий принцип: чим кращі агрофізичні параметри ґрунту, тим більше можливостей для мінімізації його обробітку. Вчені стверджують, що найкращі ґрунти з оптимальними параметрами структурного стану й щільністю будови зосереджені в Лісостепу. Це переважно чорноземи типові середньосуглинкового гранулометричного складу. Потенційні умови для формування сприятливих режимів тут, безсумнівно, кращі. За сприятливих умов зволоження й виконання інших елементів високої культури землеробства високі й сталі врожаї найбільш імовірні на цій території.

З погіршенням ключових параметрів будови ґрунту потенційні умови для скорочення обробітку теж погіршуються, а на площі 6,4 млн га ріллі (21,3 % орних земель), за підрахунками вчених, мінімізація практично неможлива. З 30 млн га орних земель нульовий обробіток можливий на 5,49 млн га (18,3 % ріллі), мінімальний — 13,01 млн га (43,4 %), звичайна зональна технологія з максимальним насиченням елементами мінімізації — 4,22 млн га (14,1 %) і звичайна зональна технологія з елементами мінімізації — 0,38 млн га (1,3 %).

Таблиця 25

**ВИХІДНА ІНФОРМАЦІЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ СИНТЕЗОВАНОЇ  
КАРТИ ҐРУНТОВО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ УМОВ ДЛЯ  
МІНІМАЛЬНОГО І НУЛЬОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**  
(Медведєв В.В., Лактіонова Т.М., 2008)

Класи ґрунто-технологічних умов, що визначають можливий ступінь мінімізації обробітку	Коди класів	Враховані фактори		
		гранулометричний склад	вміст агрономічно корисних структурних агрегатів розміром 10—0,25 мм, %	рівноважна щільність ґрунту в оброблюваному шарі, г/см <sup>3</sup>
Нульовий обробіток	1	Легкосуглинкові, середньосуглинкові	>70	<1,25
Мінімальний обробіток	2	Легкосуглинкові, середньосуглинкові	70—60	1,26—1,35
Звичайна зональна технологія з максимальним насиченням елементами мінімізації	3	Легкосуглинкові, середньосуглинкові	60—50	1,36—1,45
Звичайна зональна технологія з елементами мінімізації	4	Супіщані, важкосуглинкові	50—40	1,46—1,55
Звичайна зональна технологія	5	Піщані, глинисто-піщані, глинисті	<40	>1,55

Підсумовуючи результати багаторічних досліджень, науковці зробили наступні висновки:

— ґрунто-технологічні умови на орних землях України досить різноманітні, переважають площі із кращими — першим і другим — класами, однак і площі із гіршими ґрунто-технологічними умовами (4 і 5-й класи) також досить багато;

— за реологічними характеристиками (пластичністю, залипанням у вологому і брилістю в сухому стані) ґрунти Полісся можна, імовірно, назвати зовсім пасивними, тому що перехід з текучого у твердий стан

здійснюється досить швидко й у дуже вузьких межах пластичності, майже не проявляється липкість, низька деформація (через високу вихідну рівноважну щільність будови). Ці ґрунти, через поверхневе оглеєння, в разі швидкого наростання температур навесні схильні утворювати кірку. Підвищена кількість атмосферних опадів, наявність знижень у рельєфі і часте неглибоке залягання ущільнених ілювіальних шарів спричиняють поверхневе оглеєння, що також не сприяє якісному обробітку. Тому, незважаючи на низькі величини питомого опору, вважати властивості ґрунтів Полісся сприятливими для обробітку не можна;

— властивості ґрунтів Лісостепу в цілому більш сприятливі в технологічному розумінні. Незважаючи на відчутний негативний вплив показників міцності їх маси і реологічних характеристик, оптимальність структурного складу й гармонійність порогового простору пом'якшують негативні ґрунтово-технологічні умови. Поліпшенню останніх також сприяє досить тривалий період, перебування ґрунту в стані фізичної спілості. Це основна умова енергетично вигідного, екологічно безпечного й агрономічно ефективного механічного обробітку, що у Лісостепу, за деякими винятками, проявляється найпомітніше;

— ґрунти Степу — найбільш важкі в розглянутому аспекті. Головна причина — підвищені параметри міцності їх маси, що ускладнюється посушливими умовами під час проведення обробітку й деякими особливостями оброблюваного шару (насамперед, осолонцюванням).

Усереднені характеристики фізичних і фізико-механічних властивостей орного шару найбільш розповсюджених чорноземних ґрунтів середньо- і важкосуглинкового гранулометричного складу за стану зволоження, який приблизно відповідає вологості оптимального кришіння, наступні: діапазон вологості фізичної спілості — 17—22 % від маси абсолютно сухого ґрунту; вміст агрономічно цінних агрегатів (10—0,25 мм) — 65—75 %; вміст брил (>10 мм) — 10—20 %; вміст пилу (<0,25 мм) — < 15 %; рівноважна щільність будови — 1,1—1,3 г/см<sup>3</sup>; твердість (за плоского наконечника) — 5—15 кгс/см<sup>2</sup>; опір зсуву за рівноважного ущільнення і навантаження 0,5 кг/см<sup>2</sup> становить < 1,0 кг/см<sup>2</sup>, 1,0 — 1,0—3,0 і 2,0 кг/см<sup>2</sup> — > 3,0 кг/см<sup>2</sup>; коефіцієнт внутрішнього тертя — 0,2—0,5; коефіцієнт тертя «ґрунт — метал» за питомого навантаження 0,5 кг/см<sup>2</sup> — <0,5(1,0); зчеплення — < 1,0 кг/см<sup>2</sup>; прилипання — 0,5—4,0 г/см<sup>2</sup>.

У будь-яких ґрунтово-кліматичних умовах під час вирощування кожної сільськогосподарської культури не повинна бути перевищеною межа допустимого ущільнення ґрунту. У зоні Полісся цей показник становить 1,71, у Лісостепу — 1,25, у Степу — 1,42 г/см<sup>3</sup>. Маючи певний практичний досвід спостереження за його динамікою у виробничих умовах, В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова (2008) констатують, що для умов Полісся — це досить м'який критерій, дотримання якого не є

надто складним завданням. Щільність будови, вища за  $1,7 \text{ г/см}^3$ , зустрічається в цій зоні лише в піщаних або сильно оглеєних ґрунтах, які в ріллі, як правило, не використовуються. У Степу й особливо в Лісо-степу — ситуація дещо інша, тому що в складі ріллі є багато ґрунтів, рівноважна щільність яких перевищує зазначені межі. Тому саме тут найчастіше перед землеробом постає завдання — забезпечити рівень ущільнення, що відповідає вимогам сільськогосподарських культур. В.В. Медведєв та ін. (2004) узагальнили матеріали досліджень про оптимальну щільність будови ґрунтів для більшості польових культур (крім садових і овочевих) і зробили висновки, які можна використати для обґрунтування агровимог до ґрунтообробних машин стосовно щільності будови:

— оскільки різниця у величині оптимальних параметрів щільності будови ґрунту для різних сільськогосподарських культур становить  $0,10\text{—}0,25 \text{ г/см}^3$ , ґрунтообробні робочі органи й технологія вирощування польових культур повинні відповідати виконанню цих агровимог, дозволяючи оперативню контролювати цей параметр і, в разі потреби, впливати на нього протягом вегетації;

— щільність будови ґрунту найсильніше впливає у перші дні після сівби на проростання насіння і формування коренів 1-го і 2-го порядків. У міру розвитку коріння вплив щільності слабшає, залишаючись, втім, достовірним аж до збирання врожаю культур. Регулювання щільності ґрунту є доцільним у період передпосівного обробітку й у період формування рівноважної щільності, особливо, якщо цей період короткий, а сама рівноважна щільність перевищує оптимальні для рослин величини;

— польові культури по-різному реагують на диференціацію кореневмісного шару за щільністю по вертикалі (зернові — позитивно, просапні — негативно). Просапні культури до того ж висувають підвищені вимоги до щільності ґрунту в рядку й дуже низькі вимоги до аналогічного показника в міжряддях. Це означає, що ґрунтообробні робочі органи повинні мати можливість диференціювати щільність будови в межах кореневмісного шару як по вертикалі, так і по горизонталі. І це ж, одночасно, означає, що існує можливість повної відмови від міжрядних розпушувань під час вегетації просапних культур, звичайно, з оглядом на агрофізичні і фітосанітарні умови;

— розподіл параметрів щільності будови по вертикалі орного шару перед сівбою ярих культур вказує на наявність двох піків — безпосередньо в піднасіновеому шарі й у плужній підшві. Якщо гранично допустимі параметри перевищено, це впливає на властивості ґрунтів і врожайність та вимагає оптимізації за допомогою відповідних ґрунтообробних робочих органів. Певної географічної приуроченості відзначених піків значень щільності в кореневмісному шарі встановити не вдалося. Їхнє виникнення, найімовірніше, залежить від погодних умов,

способу попереднього обробітку (в піднасіньовому шарі — найчастіше за постійного поверхневого обробітку) і застосування важких МТА. На жаль, сучасні технології вирощування польових культур фактично не передбачають проведення розпушування піднасіньового шару після сівби культури (за винятком двофазного обробітку, що рекомендує А.М. Малієнко (1997) на дерново-підзолистих ґрунтах), а відносно усунення плужної підшови чинні технології обмежуються лише профілактикою;

— ущільнений піднасіньовий прошарок, за умови якщо він не переущільнений, не заважає росту коріння і не тільки не впливає негативно на надходження вологи, але й істотно обмежує її непродуктивне випаровування. Більше того, у модельних польових дослідах на чорноземах, де цей прошарок формували спеціально, виявлено його позитивну роль. Було зроблено висновок про корисність формування такої будови кореневмісного шару. Варто підкреслити, що нові дані про оптимальні параметри щільності піднасіньового шару ґрунту та їхній вплив на властивості, режими ґрунтів і врожай культур дозволяють істотно переглянути колишні уявлення про щільність ґрунту, що укладаються в традиційний постулат агровимог до неї: «Насіння варто покласти на щільне ложе й прикрити пухким шаром вологого ґрунту», що існував з незапам'ятних часів і по суті зберігся дотепер.

Таким чином, деякі нові дані про вплив щільності будови й диференціації її параметрів в орному й кореневмісному шарах на ріст і розвиток польових культур дозволяють порушити питання про корисність застосування принципово нових конструкцій ґрунтообробних робочих органів і створення нових агротехнологій. В Україні це може бути актуальним для ґрунтів з досить високою гумусованістю, агрономічно корисною структурою й середнім чи важким гранулометричним складом.

У процесі основного, передпосівного й міжрядного обробітків ґрунт зазнає кришіння, якість якого змінюється в широких межах. Той самий ґрунт, залежно від конструктивних особливостей робочих органів, вологості під час обробітку й багатьох інших причин, кришиться по-різному. Оброблений шар ґрунту набуває різної будови — від брилистої, зовсім неприйнятної в агрономічному розумінні, до оптимальної, коли він складається зі структурних грудочок агрономічно корисного розміру. Серед причин різного кришіння головною є широке варіювання в орних ґрунтах України факторів агрегації — вмісту тонкодисперсних органічної і мінеральної частин, а також полівалентних катіонів, які обумовлюють різні характеристики структурного складу ріллі. Отже, будова різних ґрунтів після оранки, культивування й боронування має бути різною. Водночас агровимоги до цих видів обробітку не диференційовано залежно від регіональних особливостей. Зовсім безпідставно передбачається, що незалежно від ґрунтово-кліматичних умов кришіння повинно бути якісним.

У чинних агровимогах якість кришіння визначається, на жаль, лише за кількістю брил розміром більше 4—6 см. Наприклад, оранка за-слуговує найвищій оцінці, коли брилами зайнято не більше 10 % поверхні ґрунту. Для культивування критерії дещо ускладнюються, однак присутність брил допускається, хоча й обмежується 5 штуками на 1 м<sup>2</sup>. І лише після боронування брили такого розміру не допускаються (Методика..., 1968; Саакян Д.Г., 1973; Заїка П.М., 2001). Вказані модулі відповідають найвищій оцінці. За більш поблажливого ставлення до якості польових робіт брилистість вважається цілком нормальним наслідком обробітку.

У фізиці ґрунтів, де за агрономічно корисний прийнято зовсім інший розмір структурних окремоностей — від 10 до 0,25 мм, такі спрощені оцінки неприйнятні, особливо під час оцінювання якості передпосівного обробітку. Після численних досліджень і здобутих доказів вирішального впливу структурного складу на всі режими ґрунтів, ріст коріння, ефективність добрив, урожай і взагалі рівень родючості ґрунту, прийшов час висунути дещо інші агровимоги до кришіння ґрунту. В основу варто покласти висновки досліджень класиків агроґрунтознавства (В.Р. Вільямса, П.А. Костичева, К.К. Гедройца, Н.А. Качинського, О.Н. Соколовського та інших) про агрономічно цінну структуру. Найважливішою агровимогою до передпосівного обробітку слід вважати, щоб насіння, яке проростатиме, найбільшою мірою «відчуло» переваги структурного ґрунту.

Зважаючи на літературні й власні дані, В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова (2008) сформулювали агровимоги до кришіння ґрунтів у підготовці насінневого шару:

— зусилля, з яким робочий орган ґрунтообробної машини впливає на ґрунт, має вимірюватися і не повинно перевищувати сумарний опір зрушенню, внутрішньому тертю і зчепленню агрегату агрономічно корисного розміру. Орієнтовні параметри вказаних показників потребують уточнення стосовно до основних ґрунтів країни. З дотриманням цієї вимоги ґрунт не буде надмірно подрібнюватися, структурний агрегат агрономічно корисного розміру збереже свою будову й внутрішню пористість, що має велике значення для забезпечення кореневої системи рослин вологою й елементами живлення;

— зусилля, з яким робочий орган впливає на ґрунт, повинно диференціюватися залежно від вологості ґрунту під час обробітку, а об'єктивніше, від величини опору кришіння, що виникає за такого зволоження. Більше того, кришіння ґрунтів повинно стати важливим регіональним параметром, тому що розмір агрономічно корисного агрегату, як це добре відомо ще з праць К.К. Гедройца (1926), Н.А. Качинського (1956), П.В. Вершиніна (1959), залежить від рівня зволоження. Чим посушливіші кліматичні умови, тим меншим повинен бути розмір агрегатів і відповідно більш інтенсивним кришіння. Але, зви-

чайно, збільшення зусиль на подолання сумарних сил опору ґрунтових агрегатів в аридних умовах не повинно спричинювати розпилення поверхневого шару ґрунту;

— у посівному шарі або, принаймні, у тій його частині, що безпосередньо прилягає до насіння, необхідно по можливості зосереджувати агрономічно корисні агрегати, причому їхній розмір не повинен перевищувати розміри насіння більше, ніж у 3 рази. У такому разі буде досягнуто щільний контакт насіння з ґрунтом, а, отже, швидке проростання і розвиток кореневої системи. Вимоги до параметрів кришіння поверхневого шару менш жорсткі — допускають наявність агрегатів більшого розміру, але кількість брил все ж повинна бути мінімальною;

— кількість агрономічно корисних агрегатів, яку можливо й бажано нагромадити в наднасінному шарі ґрунту, установлюється, виходячи з регіональної величини фактичної агрегації орного ґрунту. Так, у Лісостепу для чорнозему типового середньосуглинкового і важкосуглинкового цей показник повинен становити відповідно 60 і 70 %; для темно-каштанового важкосуглинкового ґрунту — до 50 %, а їхній верхній граничний розмір бажано зменшити до 7(5) мм.

Реалізація запропонованих вимог до кришіння дозволить значно поліпшити структурний склад насінневого шару й тим самим поліпшити умови розвитку рослин у найбільш важливий період. Суть вимог полягає в тому, щоб позбутися великих фракцій структурних окремостей, тобто підсилити інтенсивність кришіння, і в той же час не допустити розпилення ґрунту. Імовірно, виконання цієї вимоги стане можливим після того, як в землеробській механіці процедура вимірювання й регулювання інтенсивності кришіння стане звичайною рутинною практикою. Цілком імовірно, що стануть в нагоді нові підходи до кришіння; не виключається, що виявиться перспективним поєднання знарядь активного й пасивного типу, пошук технічних засобів для посилення інтенсивності кришіння в існуючих знаряддях (за рахунок додавання нових різальних площин), розробка знарядь зі змінним кутом атаки робочих органів та інші нововведення.

Теоретично добре відомо, що глибина обробітку ґрунту залежить від вимог культури, попередника, кліматичних умов, рельєфу і засміченості поля, а також властивостей ґрунту. У реальних виробничих умовах технологія й глибина обробітку, як правило, звичайно визначаються особливостями вирощуваної культури й є майже однаковими на всіх ґрунтах, за винятком територій з особливо несприятливими властивостями (наприклад, для схилів, або за близького залягання ілювіального горизонту, коли глибина обробітку зменшується). Зважаючи на об'єктивні властивості ґрунтів, можна зменшити глибину основного обробітку. В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова (2008) вбачають цілком актуальним і обґрунтованим зменшення глибини основного обробітку на всіх ґрунтах, де ґрунтово-технологічні умови сприятливі. Звичайно, це твер-



дження може суперечити регіональним рекомендаціям, що базуються на результатах досліджень ефективності різної глибини обробітку під сільськогосподарські культури, які проводилися обласними дослідними станціями. Хоча вчені не ставлять під сумнів результати цих дослідів, проте звертають увагу на те, що прирости врожаю від поглиблення оранки в більшості випадків невеликі, часто нестабільні в часі, дуже залежать від якості дотримання інших елементів технології і, головне, дуже рідко враховують екологічну ефективність, яка з поглибленням і підвищенням інтенсивності обробітку аж ніяк не зростає.

Тому великий загал вчених переконані, що домінуюча в Україні тенденція проведення основного глибокого обробітку не менше ніж під половину культур 10-пільної сівозміни навіть на найкращих ґрунтах — чорноземах типових — не обґрунтована ні економічно, ні, тим більше, екологічно. Виробничники часто посилаються на брак фінансових ресурсів для впровадження повноцінних мінімальних технологій, однак, не довго розмірковуючи, йдуть на значні витрати, яких вимагає проведення глибокого обробітку. Імовірно, тут проявляється не тільки невміння зробити точні економічні розрахунки, але й недалекоглядність, наслідком якої буде розвиток деградації ґрунтів і недоодержання продукції в майбутньому.

У процесі обробітку ґрунт потерпає від деформацій, в першу чергу, стиснення й зрушення. На ґрунт діють як ходові системи, так і робочі органи машин. Безпосередньо під колесом має місце деформація перпендикулярно поверхні ґрунту («нормальна»), на периферії колеса — під кутом (тангенціальна). Робочі органи, що подібні клину, залежно від його геометричної форми, спочатку розрізають ґрунт, а потім піднімають його на робочу грань (на цьому етапі відбуваються деформації згинання й скручування) і, нарешті, цей процес завершується деформацією кришіння. Від величини кутів атаки й кількості робочих поверхонь клина залежить інтенсивність деформації ґрунту. Чим більший кут атаки й більше робочих поверхонь, тим інтенсивніше кришиться ґрунт. Звичайно, результати такої взаємодії визначаються властивостями ґрунту, його вологістю і великою кількістю інших факторів, які потрібно враховувати для того, щоб обробітком був створений шар ґрунту оптимальної щільності й структурного складу без зайвих (руйнівних) деформацій. Складність полягає не тільки у великій кількості задіяних у цьому процесі факторів і об'єктивних труднощів досягнення із цієї причини оптимального результату, але й у часовій мінливості параметрів самого ґрунту і його просторовій строкатості. Це якоюсь мірою пояснює, чому і дотепер вимоги до сільськогосподарської ґрунтообробної техніки ґрунтознавці й землероби сформулювали лише в узагальненому вигляді (фактично такий напрям досліджень поки ще не розвинено), а сама техніка недостатньо враховує розмаїтість ґрунтово-кліматичних умов.

В.В. Медведєв (2007) вважає, що агрономі до техніки мають базуватися на результатах глибокого дослідження явищ деформації і внутрішньогрунтового зчеплення. Робочий орган ґрунтообробної машини, виконуючи основне завдання зі створення оптимальних для рослин параметрів структурного стану і щільності будови ґрунту, повинен перебороти сили зчеплення, не допускаючи розпилення й переущільнення ґрунту. Якщо обробіток буде проводитися в період, коли ґрунт знаходиться в стані фізичної спільності, тобто тоді, коли сили зчеплення мінімальні, а небезпека переущільнення велика, то вплив робочих органів на ґрунт повинен бути дуже помірним. У цьому є суть обґрунтування нових мінімалізованих технологій і технічних засобів, які завойовують усе більше прихильників у світі й до яких варто прислухатися і в Україні. Звичайно, при цьому виникає багато питань, зокрема, знищення бур'янів і внесення добрив, відповідальність за які також покладається на ґрунтообробні технічні засоби. У світі активно шукають (і вже знайдено) нові підходи до вирішення цих питань, не пов'язані із застосуванням інтенсивних заходів обробітку. Рослинні рештки і нетоварну продукцію рослинництва після збирання урожаю подрібнюють і залишають в полі, що усуває необхідність застосування гною, мінеральні добрива вносять одночасно із сівбою, а бур'яни контролюють фітоценотичними, біологічними, хімічними заходами.

Отже, головний зміст принципово нових агрономі полягає у визначенні сил зчеплення (з урахуванням їхньої реальної динаміки залежно від ґрунтового-кліматичних і агротехнічних умов) і межі допустимої деформації ґрунту.

Сили зчеплення під час обробітку визначаються сумою опору, необхідного для зрушення (розрізування ґрунту), подолання внутрішнього тертя й внутрішньогрунтового зчеплення грудок (властиво етапу кришіння). Для подолання опору суми сил зчеплення достатньо лише клена й однієї його робочої поверхні, однак конструктори, на погляд В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової (2008), використовують великий кут атаки й декілька робочих поверхонь у клена, маючи на меті цим самим благі цілі — підсилити кришіння й одержати сприятливий структурний склад після проходження знаряддя. Звичайно, це виправдано на ґрунтах, що характеризуються значними силами зчеплення, але є зовсім зайвим для ґрунтів, де такі сили невеликі. Оскільки факторів, що визначають конкретний параметр сили зчеплення незліченна кількість, а діапазон відповідного показника широкий (від нуля в піщаних ґрунтах до  $100 \text{ кг/см}^2$  і вище в солонцюватому глинистому ґрунті за низької вологості), то виникає завдання налагодження систематичних вимірювань сили зчеплення у географічному плані. На жаль, ґрунтознавці це завдання дотепер не вирішили й, вочевидь, не зможуть вирішити найближчим часом. Причини звичайні — відсутність приладів для масових вимірювань і брак фінансування для організації експедиційних ро-

біт. Тому залишається сподіватись лише на наявні обмежені дані й розрахунок, ґрунтуючись на деяких інших більш доступних даних, частково наведених вище.

Відомо, що залежність фізико-механічних властивостей міцності маси ґрунту від вологості має вигляд гіперболи, а від вмісту в ґрунті дрібнодисперсних часток — майже лінійний характер (Бахтін П.У., 1969). Максимальні значення опору зрушенню — до 8—9 кг/см<sup>2</sup> — виявляються за низької вологості (за якої ґрунт взагалі не обробляють), зі збільшенням вологості вони швидко знижуються, досягаючи значень менше 1 кг/см<sup>2</sup> за вологості, близької до фізичної спілості, і далі зі збільшенням вологості не змінюються. Якщо обробіток більшості орних ґрунтів України буде проводитися за вологості фізичної спілості, інтенсивний вплив на них з метою поліпшення кришіння не потрібен. Сумарні сили опору цілком можна перебороти за допомогою помірно активних робочих органів. До того ж, важливо зауважити, що сили зчеплення, обумовлені зв'язками, які з'єднують елементарні ґрунтові частки в мікроагрегати, переборювати не потрібно. Інакше кажучи, загальне навантаження на ґрунт у процесі кришіння може бути ще меншим. Гіперболічний зв'язок між опором зрушенню й вологістю ґрунтів означає, що навіть найменше відхилення від цього стану у бік висушення призводить до багаторазового збільшення опору зрушенню. Отже, дотримання основного агротехнічного правила — обробляти ґрунт тільки в стані фізичної спілості — є не тільки енерго- і ґрунтозбережувальним заходом у технології, але й принципово важливим положенням у конструюванні ґрунтообробної техніки.

Ще більш складна ситуація з конструюванням техніки, що не утворює пластичної деформації. Ґрунтовий покрив України, в складі якого понад 60 % чорноземів, має високу схильність орних земель до ущільнення під дією навіть невеликого навантаження через порівняно низьку початкову щільність верхнього гумусованого шару навесні. До того ж, у цей час і вологість ґрунтів близька до фізичної спілості, тому землеробській галузі потрібні легкі мобільні агрегати, здатні виконувати роботу, порівнянну з можливостями важких енергонасичених засобів. Інакше кажучи, конструктори повинні домогтися багаторазового збільшення потужності (сили тяги на гаку) на одиницю маси агрегату.

На необхідність кардинального й швидкого вирішення питання зменшення питомого тиску на ґрунт, і запобігання тим самим незворотній деформації руйнівного типу, спрямований і стандарт допустимого тиску, нещодавно прийнятий в Україні (Євтенко В.Г. та ін., 2007). Під час обґрунтування стандарту одним з вихідних положень було те, що вплив на ґрунт не повинен порушувати його природної здатності відновлювати характерні (модальні) параметри, властиві даному ґрунту протягом короткого періоду (принаймні, після кількох циклів об'ємних змін або в результаті проникнення кореневих систем рос-

лин). Інакше кажучи, помірне ущільнення ґрунту є цілком допустимим, але тільки до того моменту, поки воно не обмежує надходження в ущільнений шар води і повітря та ріст і біологічну діяльність кореневої системи. Встановлені відповідні параметри для основних ґрунтів. Найбільш відповідальний період, коли ґрунт вимагає дотримання допустимих параметрів тиску — весна, час передпосівного обробітку й сівби. Якщо цього не зробити, неминучими є обмеження для росту й розвитку рослин протягом усього вегетаційного періоду, зниження врожаю і реальна небезпека акумулювання деформацій в часі.

Відомий німецький дослідник фізико-механічних властивостей ґрунтів R. Horn (2000) встановив, що чорноземні ґрунти середнього й важкосуглинкового складу (гумусовані й оструктурені) належать до ґрунтів з дуже низьким, низьким і середнім передкомпресійним тиском (означає внутрішньоґрунтові структурні зв'язки), тобто до ґрунтів, процес ущільнення в яких навіть під дією тиску в 30—90 кПа може змінитися консолідацією (деформацією), вихід з якої утруднено.

Оскільки найбільш негативні наслідки дії на ґрунт проявляються від підвищеної маси МТА, потрібно, насамперед, увести обмеження на питомий тиск ходових систем. Цей аспект взаємодії МТА із ґрунтом уже давно одержав широку популярність: ще у 80-х роках минулого століття вперше розпочато роботи в цьому напрямку. У результаті було обґрунтовано вимоги до питомого тиску МТА, які в узагальненому вигляді можна сформулювати так:

— під час проведення основного обробітку ґрунту, збирання врожаю й інших польових робіт (транспортних, з внесення добрив або засобів захисту рослин), коли використовуються машини з найбільшою масою, переущільнення не повинне проникати глибше орного шару, де процеси розущільнення уповільнені, або й не відбуваються зовсім і тим самим створюються умови для акумуляції переущільнення в активній частині кореневмісного шару. Недотримання цієї агроформи може призвести до зменшення потужності кореневмісного шару, погіршення водного режиму рослин, особливо в умовах посухи, і зростання ризику зниження врожаю;

— під час проведення будь-яких польових робіт ущільнення орного або посівного шарів має бути таким, щоб до початку сівби культури щільність ґрунту була у межах допустимої для цієї культури. Це значить, що помірне переущільнення ґрунту допустиме, але воно не повинне порушувати (перевищувати) здатність ґрунту до саморозущільнення. Наприклад, добре відомо, що чорнозем середнього гранулометричного складу, ущільнений до  $1,30\text{—}1,35\text{ г/см}^3$ , здатний розущільнитися до рівноважної щільності, що становить приблизно  $1,15\text{ г/см}^3$ , досить швидко, усього після декількох циклів зволоження й висушування. Але той самий чорнозем, ущільнений до  $1,40\text{—}1,45\text{ г/см}^3$ , не розущільнюється протягом декількох років. І зрозуміло чому. Адже в

переуцільнених ґрунтах важко пересувається волога, погано розвивається коренева система, уповільнені біологічні процеси, тобто пригніченими є всі ті агенти, які сприяють об'ємним змінам і розуцільненню;

— під час проведення будь-яких польових робіт не повинно відбуватися інтенсивного руйнування (розтирання, розпорошення, розпилення) структурних агрегатів, після чого їхнє відновлення утруднене й навіть якщо й відбувається, то супроводжується зниженням внутрішньоагрегатної пористості. У результаті різко погіршується агрономічна якість ґрунту як середовища для рослин, тому що саме в цих порах зазвичай здійснюється живлення рослин водою і мінеральними речовинами. Згубне руйнування структури відбувається за обробітку перезволоженого ґрунту, в процесі буксування ходових систем і навіть в разі обробітку недостатньо зволоженого ґрунту за використання особливо важких МТА або шин з ґрунтозачепами, у місцях контакту яких із ґрунтом виникають помітні деформації;

— обробіток переуцільненого ґрунту, як правило, супроводжується підвищеним виходом агрономічно шкідливих брил і додатковими енергетичними витратами.

Усі перераховані агрономічні можна виконати за питомого тиску на ґрунт МТА не вище певної допустимої величини, за якої у ґрунті після проведення заходу механічного обробітку буде зберігатися достатня кількість повітря, не буде порушуватися здатність ґрунту до кришіння, вбирання вологи атмосферних опадів (без утворення стоку й ерозії), і до саморозуцільнення, не будуть, нарешті, істотно підвищуватися витрати на наступний обробіток. Звичайно, величина допустимого тиску залежить, насамперед, від властивостей самого ґрунту, його гумусованості, гранулометричного складу, якості дрібнодисперсної частини. Після проведення серії модельних досліджень і узагальнення літературних даних В.В. Медведєв та ін. (2004) одержали шукані величини допустимого ущільнення.

Виявилось, що у важко- і середньосуглинкових ґрунтах із вмістом гумусу 4,5—5,5 % допустимим є ущільнення 1,15—1,25 г/см<sup>3</sup>. Такі параметри характерні для типових, звичайних і опідзолених чорноземів, а також лучно-чорноземних ґрунтів. Ці ґрунти особливо чутливі до переуцільнення і тому використовувати МТА на них слід особливо обережно.

За вмісту гумусу 3,5—4,5 % (темно сірі, сірі, темно-каштанові й каштанові ґрунти), параметри допустимої щільності перебувають у межах 1,29—1,42 г/см<sup>3</sup>.

У світло-сірих і дерново-підзолистих ґрунтах легкосуглинкового гранулометричного складу із вмістом гумусу в оброблюваному шарі 2,5—3,5 % величина припустимого ущільнення підвищується до 1,47—1,52 г/см<sup>3</sup>.

Нарешті, у супіщаному й глинисто-піщаному дерново-підзолистому ґрунті шуканий параметр щільності найбільш високий — 1,58—1,71 г/см<sup>3</sup>.

Відповідно до названих параметрів допустимого ущільнення було знайдено (використовуючи залежності між питомим тиском МТА й ущільненням ґрунту) величини допустимого питомого тиску — від найбільш до найменш жорстких, які й склали основу відповідного стандарту (табл. 26).

Таблиця 26

**МАКСИМАЛЬНИЙ ДОПУСТИМИЙ ТИСК ХОДОВИХ СИСТЕМ МТА НА ҐРУНТИ СЕРЕДНЬОГО І ВАЖКОГО ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ЗАЛЕЖНО ВІД ЩІЛЬНОСТІ І ВОЛОГОСТІ ҐРУНТУ, КПА (Євтенко В.Г. та ін., 2007)**

Вологість ґрунту в шарі 0—30 см, частки від найменшої вологості (НВ)	Максимально допустимий тиск за щільності будови ґрунтів (г/см <sup>3</sup> ) у шарі 0—10 см			
	весною		влітку і восени	
	<0,9	0,9—1,0	1,1—1,2	1,2—1,3 (рівноважна)
>0,9	40	50	60	80
0,9—0,7	50	60	80	100
0,7—0,6	60	100	120	140
0,6—0,5	80	120	140	180
0,5—0,4	120	160	180	210

Аналізуючи представлені норми, варто звернути увагу на неприпустимість використання ходових систем з питомим тиском, що перевищує зазначені в таблиці величини, особливо навесні, за пухкої і помірно щільної будови оброблюваною шару, а також у всіх випадках з вологістю ґрунту, що дорівнює або вища за фізичну сплість. У деяких випадках тиск на ґрунт повинен бути ще нижчим. Так, на необроблених ґрунтах із травостоєм і вологістю більш ніж 0,9 НВ тиск ходових систем на ґрунт повинен бути у весняний період від 20 до 40 кПа, у літньо-осінній період — від 40 до 60 кПа. Під час міжрядного обробітку посівів просапних культур, наприклад, цукрових буряків, тиск не повинен перевищувати 60 кПа в одному міжрядді. У цих випадках дотримуватися норм складніше технологічно, оскільки більшість наявних вітчизняних мобільних засобів мають більш високий питомий тиск. У західних країнах (Канада, північні штати США, країни північної і центральної Європи) звичайно вдаються до здвоювання й навіть до зстроювання коліс або до використання пневматичних широких шин низького тиску. У такому разі виконується навіть найбільш жорстка вимога стандарту (до речі, у Швеції, Німеччині й деяких інших країнах існують або обговорюються аналогічні параметри допустимого пито-

мого тиску; Hakansson I., 2005; Tijink et al. F.G.J., 2001). Між іншим, в Україні є досвід використання тракторів із широкою ходовою частиною, а пневматичні шини виробляють і навіть експортують.

Слід зазначити, що наведені в таблиці 22 норми відповідають суглинковим і глинистим ґрунтам переважно Степу й Лісостепу України. Для супіщаних і піщаних ґрунтів Полісся й аналогічних за гранулометричним складом ґрунтів інших природних зон України норми збільшуються на 20 %.

Для сільськогосподарської мобільної техніки, що використовується на ґрунтах з вологістю менше 0,4 НВ, норми допустимого питомого тиску збільшують на 25 і 15 % за умов навантаження на одиничний колісний рушій не більше відповідно 8 і 16 кН і на 10 % за умови навантаження на одиничний гусеничний рушій менше ніж 16 кН.

Для техніки із тяговими ходовими системами норми припустимого питомого тиску збільшують на 10 %, і, навпаки, за умови буксування рушіїв (у коліс не більше 10—12 %, у гусениць із гумовим протектором — не більше 4—6 %) норми зменшують на 10 %.

Для одиничної сільськогосподарської мобільної техніки (трактор, комбайн, самохідне шасі, автомобілі), а також для МТА, технологічна частина яких має власні рушії, норми допустимого тиску для всіх технологічних проходів ( $N$ ) змінюються залежно від того, скільки рушіїв проходить по тому самому сліду — ( $Nk$ ), а також від того, яка загальна довжина їхнього контакту із ґрунтом — ( $Iri$ ). Якщо  $N = 2$ , норму зменшують на 5 %,  $N = 3$  зменшують на 10 %,  $N = 4$  — на 15 %,  $N = 5$  — на 20 % і т.д. Якщо  $N = 1$ , навпаки, збільшують на 10 %.

Кількість технологічних проходів сільськогосподарської техніки розраховують за формулою:

$$N = Nk + \sum Iri,$$

де  $N$  — кількість технологічних проходів сільськогосподарської мобільної техніки;  $Nk$  — кількість одиничних колісних рушіїв у складі агрегату, що пересувається по одному й тому ж сліду, шт.;  $Iri$  — приведена довжина опорної поверхні гусениці, колеса  $i$ -го (конкретного) рушія, м;  $\sum Iri$  — величина, що дорівнює сумі приведених довжин —  $Iri$  опорних поверхонь всіх одиничних гусеничних рушіїв, або одиничних коліс, які пересуваються в складі агрегату по тому самому сліду.

Визначаючи  $N$ , не враховують рушії, навантаження яких становить менше 20 % від максимального навантаження на будь-який одиничний рушій агрегату.

Для колісних рушіїв, які мають шини з малюнком протектора з висупами не більше 25 мм, норми збільшують на 15 %.

Варто зауважити, що стандарт регламентує дію на ґрунт будь-якої техніки, наприклад, вантажних автомобілів, які іноді супроводжують виконання деяких польових робіт (внесення добрив, сівба, збирання

врожаю). Їхній питомий тиск на ґрунт в 2—3 рази перевищує аналогічні параметри МТА. Це означає, що така техніка взагалі не повинна з'являтися на полях, і під час виконання технологічних операцій на це слід зважувати, і всі допоміжні операції здійснювати на краях полів.

Практична значущість стандарту полягає в тому, що він гарантує захист орних ґрунтів, запобігає їхній фізичній деградації в процесі інтенсивного використання. Найбільш жорсткі вимоги випали на найцінніші в агрономічному розумінні ґрунти — чорноземи типові. Важливо підкреслити, що ці ґрунти характеризуються найбільшим потенціалом і фактичним рівнем агрегації, тут немає необхідності в інтенсивному розпушуванні і перспективними є мінімальні й нульові технології обробітку. І все це тому, що це найкращі в Україні ґрунти. Науковці закликають інженерів-механіків й агрономів з розумінням сприйняти нові агровимоги, їх цілком обґрунтований жорсткий рівень і прикласти максимум зусиль до напрацювання відповідних конструкторських і технологічних рішень, що реально усувають небезпеку переущільнення цих найцінніших ґрунтів.

Разом з тим, дотримання стандарту допустимого питомого тиску рівною мірою важливе й для ґрунтів з погіршеними ґрунтово-технологічними умовами, інакше такі орні землі можуть погіршитися ще більше. Деякі відхилення від стандарту, як показано вище, допустимі лише на ґрунтах легкого гранулометричного складу й практично на всіх орних землях за вологості під час обробітку нижче фізичної спілості. За цього випадку можливі всі види польових робіт, крім глибокої оранки і використання широкозахватних машин, поєднаних з енергоємними тракторами.

Останніми десятиліттями, завдяки вітчизняним виробникам і виходу на ринок України закордонних компаній, асортимент МТА для обробітку ґрунтів значно розширився. І все ж таки, як наголошують вчені, ґрунтово-технологічні умови на орних землях України настільки строкаті, що використовуваний набір машин і, особливо, їхні функційні можливості недостатні. Це призводить, зокрема, до того, що обробіток ґрунтів проводять, як правило, без урахування їхніх фізико-механічних і реологічних показників. З огляду на це, вчені-ґрунтознавці висувають перед сільськогосподарським машинобудуванням ряд завдань, вирішення яких є запорукою усунення деградації орних земель: виробництво потужного трактора з допустимим питомим тиском на ґрунт, за допомогою якого можна було б виконувати роботи в будь-яких ґрунтово-технологічних умовах, у тому числі й на найкращих чорноземних ґрунтах, які дуже схильні до переущільнення. Саме в цьому напрямі повинні зосередити зусилля інженери-конструктори, саме цей напрям агрономи і науковці визнають пріоритетним. За допомогою такого трактора можна було б виконувати весь цикл весняних передпосівних операцій і сівбу без переущільнення піднасіневого



й більш глибоких шарів на найцінніших ґрунтах країни. Це надзвичайно важливо, адже потенційна небезпека переуцільнення орних ґрунтів України є об'єктивно прогнозованою на площі більше ніж 20 млн га;

— не менш важливим є інше завдання — забезпечити технікою впровадження нульової технології обробітку, доцільність якого теоретично й практично доведено. Нульову технологію на сьогодні у світі розглядають як дієву альтернативу класичній системі полицевого обробітку, яка призвела до широкого поширення фізичної деградації. Стрімке поширення нульової технології на американському, азійському й інших континентах пояснюється її безсумнівними економічними й набагато більшими екологічними перевагами й вимагає уваги до неї в Україні агротехнологів та інженерів-механіків. Як показує ґрунтово-технологічне районування, перспективи нульової технології в Україні очевидні, її впровадження за належного технічного забезпечення може бути ефективним на мільйонах гектарів. Однак, незважаючи на це, практичне просування її в нашій країні є дуже скромним. Така ситуація, на думку вчених-ґрунтознавців, є наслідком пасивності українських підприємств сільськогосподарського машинобудування. Наприклад, експериментальні сівалки для прямої сівби були створені в Кіровограді більше 20 років тому, але у виробництві їх і дотепер немає;

— збільшити і розширити парк комплексу знарядь для мінімального обробітку ґрунту, особливо механізмів, що необхідні для поєднання операцій з передпосівної підготовки ґрунту, сівби й внесення добрив;

— ґрунтово-технологічні умови на орних землях України такі, що вимагають акцентувати увагу не тільки на проблемі мінімізації впливу техніки на ґрунти або його коригування відповідно до міцностних параметрів ґрунту, але й вимагають інтенсифікації впливу. Насамперед, це стосується південного Сухого Степу, де багато видів механічних операцій і, особливо, основний обробіток, проводяться за вологості нижче фізичної спільності, тобто за високої міцності ґрунтів, що супроводжується додатковими витратами й неякісним розпушуванням. Подібна ситуація виникає на ґрунтах поверхнево оглеєних, щепенуватих, а також в разі плантажної оранки або глибокого меліоративного розпушування, де потрібна потужна техніка, що характеризується слабким зношуванням. Звичайно, інтенсифікація обробітку в цих випадках не повинна супроводжуватися підвищенням питомого тиску (і маси МТА) на ґрунт і його розпиленням;

— комплекс МТА має бути поповнений принципово новою ґрунтообробною технікою, здатною працювати «на замовлення», тобто виконувати директиву, задану їй користувачем, наприклад, відносно необхідної щільності будови ґрунту у піднасіневому шарі (це є

найважливішим параметром для успішного старту культури), структурного складу й навіть співвідношення окремих фракцій структурних агрегатів у насінневому шарі (табл. 27). Грунтообробні машини повинні мати технічні можливості для змінення технології обробітку залежно від умов, що складаються, насамперед, від вологості й щільності будови. Звичайно, це будуть машини нового покоління, машини, які отримали назву «розумних» (intelligence machines) і набули широкого поширення, наприклад, у точному землеробстві, за своє «вміння» змінювати норму внесення добрива залежно від строкатості вмісту елементів живлення в ґрунті, або дозу гербіциду залежно від стану посівів. Очевидно, тільки після впровадження таких машин стане реальним забезпечення оптимізації умов для рослин з одночасним збереженням ґрунту від деградації;

— повсякденна практика обробітку ґрунтів вимагає оперативного контролювання строкатості ґрунтово-технологічних умов на ріллі. Безумовно, це питання є дуже актуальним саме для поліпшення архаїчної практики обробітку ґрунту. По суті, агроном нині, як і багато століть назад, позбавлений можливості (а вірніше, не має приладів) точно встановити навіть стан фізичної спілості, не кажучи вже про вологість, щільність будови або структурний стан ґрунту перед початком обробітку. Як правило, вибір глибини, способу, заходу й знаряддя обробітку агроном здійснює, виходячи із загальних регіональних рекомендацій і, головним чином, із власного досвіду. Звичайно, звідси виникає багато проблем з якістю обробленого шару ґрунту, що позбавляє задоволення вимоги рослини до земних факторів життя у кореневмісному шарі.

Викладені вище пропозиції, що стосуються розширення парку комплексу МТА, мають на меті не тільки поліпшити взаємини ґрунтообробних машин із ґрунтом, зменшити ймовірність негативних наслідків непомірного впливу МТА на ґрунт, але й, певною мірою, оптимізувати умови життя рослин в оброблюваному шарі. Звичайно, перераховані питання не вичерпують проблеми, але, здається, визначають шляхи подальшого напрямку в удосконалюванні ґрунтообробної техніки.

Численні екологічні негаразди, пов'язані із забрудненням ґрунтів, атмосферного повітря, поверхневих і підґрунтових вод, сільськогосподарської продукції, які вже давно перебувають у центрі уваги агросфери, не повинні затьмарювати інші, не менш важливі екологічні проблеми, пов'язані з нерациональним застосуванням технічних засобів і технологій обробітку. В останніх законодавчих актах (земельному кодексі, законі про охорону ґрунтів та інших) ці проблеми навіть не згадуються, за винятком переуцільнення ґрунтів.

Таблиця 27

**ВИМОГИ ОСНОВНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ, КУЛЬТУР  
ДО ПАРАМЕТРІВ КОРЕНЕВМІСНОГО ШАРУ ҐРУНТІВ (Медведєв В.В. та ін., 2006)**

Критерії, їх параметри, одиниці виміру	Озима пшениця	Озиме жито	Овес	Ячмінь ярій	Курку-рудза на зерно	Цукровий буряк	Соєвий насіння	Картопля	Льон	
										Ґрунтові критерії
Глибина кореневмісного (гумусованого) шару, см	65	60		65		70	65	55	40	
Рівновагова щільність складення ґрунту, (г/см <sup>3</sup> ) в шарі 0—50 см	1,10—1,35	1,10—1,45		1,05—1,35	1,05—1,30	1,00—1,30	1,10—1,35	1,10—1,45	1,20—1,40	
У тому числі в наднасіньовому шарі	Не вище 1,20 — для дрібнасіньових культур і не вище 1,30 — для крупнонасіньових культур									
У піднасіньовому шарі	Не вище 1,30 — для суглинкових і не вище 1,40—1,45 — для супіщаних ґрунтів									
Вміст агрономічно цінних агрегатів (10—0,25 мм) в насінньовому шарі, %	60—70									
Вміст агрегатів 5—20 мм в наднасіньовому шарі, %	60—80 — за сприятливого зволоження, не більше 40 — за недостатнього зволоження									
Вміст фізичної глини (<0,01 мм) в орному шарі, %	30—45		45—60		30—45		45—60		30	
pH орного шару	6,8	6,4	6,0	6,7	6,8		6,7		5,8	
Питомий опір ґрунтів за оранки, кгс/см <sup>2</sup>	Не вище 0,50									
Твердість орного шару, кгс/см <sup>2</sup>	Не вище 20 — для зернових культур, не вище 10 — для коренеплодів, не вище 5 — для бульбоплодів									

Критерії, їх параметри, одиниці виміру	Озима пшениця	Озиме жито	Овес	Ячмінь ярий	Куку-рудза на зерно	Цукровий буряк	Соняшник	Картопля	Льон	
										Не менше 50 в орному шарі
Вміст мінерального азоту перед сівною культурою в орному шарі, кг/га		17,5				20				17,5
Те ж фосфору, мг/100 г ґрунту		15				18				15
ґрунтово-кліматичні критерії										
Запаси продуктивної вологи в шарі 0—20 см перед сівною ранніх ярих культур, мм	Не менше 30		Не менше 30		Не менше 40		Не менше 30		Не менше 40	
	Не менше 120		160		Не менше 120		140		120	
Запаси продуктивної вологи в шарі 0—100 см під час цвітіння і формування генеративних органів культур	1200—2000		800—1600		2200—3200		2000—2800		2000—2700	
	1600—2000		1200—1600		2600—3200		2480—2800		2300—2700	
Сума активних вище 10 °С температур, для культур з коротким вегетаційним періодом, °С	9,0		16,5		10,5		17,5		10,0	
Те ж для культур з тривалим вегетаційним періодом	18,0		22,0		21,5		18,0		16,0	
Температура повітря під час сходів ранніх ярих культур, °С	1,05		1,25		0,95		1,35		1,65	
Те ж під час формування генеративних органів	1,05		1,25		0,95		1,35		1,65	
Гідротермічний коефіцієнт за період з температурою повітря вище 10 °С	1,05		1,25		0,95		1,35		1,65	

Дослідники вже давно звернули увагу на те, що зміни морфологічної будови профілю ґрунтів (щільність, структура, пористість тощо), водного, поживного, повітряного і теплового режимів, що склалися під дією систематичної оранки настільки істотні, що надають право розглядати ґрунти, перетворені в результаті обробітку як самостійні утворення, що є результатом новітнього етапу їх антропогенної еволюції (Медведев В.В. та ін., 2004). Причому цей етап еволюції характеризується загостренням екологічної ситуації і потребує її коригування.

Екологізація технічної політики в землеробстві означає пошук шляхів гармонізації взаємин між сільськогосподарською ґрунтообробною технікою і ґрунтом, кардинальну зміну колишньої концепції конструювання МТА, що сприяла фізичній деградації орних ґрунтів. Інженери-механіки визнають, що традиційні методи створення й експлуатації МТА себе вичерпали і економічно, й екологічно (Булгаков В.М. та ін., 2007). Саме вони сприяли тому, що використовувані в землеробстві технічні засоби і технології перевищили деякий енергетичний поріг, після чого в орних ґрунтах відбулися незворотні зміни, і вони втратили свою здатність підтримувати властиві їм природні модальні параметри. Це результат непомірного збільшення питомого тиску МТА й практично нічим не обмеженої кількості їхніх проходів по полях. За цих умов вплив МТА виявився вищим від здатності ґрунтів протистояти навантаженню і порушенню їхньої структурної зв'язності, тому сутність нової екологічної політики в землеробстві повинна означати приведення впливу МТА на ґрунт у відповідність зі здатністю самого ґрунту витримувати навантаження без незворотних змін.

На практиці це повинно підкріплюватися нормативами. Однак, крім стандарту допустимого питомого тиску, інших обмежувальних документів подібного рівня немає. Та й стандарт наразі ще не є повноцінним керівним документом, тому що він реально може впливати лише на ту техніку, яка розробляється, або буде розроблятися, тим часом як на полях на сьогодні працює (і, мабуть, буде працювати ще багато років) величезна кількість механізмів, питомий тиск яких на ґрунт перевищує стандарт.

Крім того, згаданий стандарт регулює лише величину вертикально прикладеного навантаження (середнього навантаження), а інші види деформації, що виникають у ґрунті під час проходження МТА, не тільки не регулюються, але навіть не вимірюються. Зокрема, в разі буксування, під впливом ґрунтозачепів шин комбайнів, за роботи у вологих умовах виникають деформації, після яких ґрунт тривалий час не може відновитися. Адже максимальний тиск, що розвивається колісною технікою внаслідок його нерівномірного розподілу по опорних поверхнях, досягає 500 і вище кПа. Ще вище — до 800—1000 кПа — контактні тиски, що створюються на лемеші плуга й інших робочих органів, які працюють за принципом плоского клина (Кушнар'єв А.С.,

1987). Саме внаслідок таких тисків йде формування плужної підшви й дуже щільних грудок ґрунту. Одночасно, як зазначають В.В. Медведєв, Т.М. Лактіонова (2008), порушується структурна зв'язність і суттєво зменшується внутрішньоагрегатна пористість. Надалі, після висушування, грубо зім'ятий ґрунт розтріскується на окремі дуже щільні грудки, відновлення яких у повноцінні агрегати, через відсутність внутрішньоагрегатної пористості, уповільнюється, або не відбувається зовсім. Адже, як добре відомо, процес утворення агрономічно корисних макроагрегатів може відбуватися за активної участі вологи, мікроорганізмів, корневих систем і об'ємних змін ґрунту в процесі зволоження — висушування. Якщо ж у щільні грудки не надійде волога, то й процес їхньої трансформації в агрономічно корисні агрегати стане неможливим.

Отже, на думку вчених, потрібні додаткові й дуже жорсткі обмеження, що виключають глибокі деформації й обробіток перезволоженого ґрунту.

Потрібно обов'язково виключити обробіток, особливо глибокий осінній, надто сухого ґрунту, оскільки для того, щоб винесені на поверхню брили протягом зимового періоду розпалися, потрібно не менше 5—6 циклів замерзання — розмерзання, що відбувається далеко не скрізь (Медведєв В.В., 2007). Вкрай несприятливим є глибокий обробіток (культивація або оранка) навесні за посушливої погоди. Брили, що утворюються при цьому, внаслідок швидкого наростання температур, можуть протягом буквально 1—2 днів настільки зцементуватися, що подрібнити їх буде неможливо, і це завадить якості сівби й розвитку рослин протягом всієї вегетації.

У реальну практику вивчення ґрунтів повинні увійти такі показники, як опір зрушенню, коефіцієнт тертя й структурна зв'язність. Зональне нормування параметрів цих показників буде сприяти екологізації землеробської галузі. Кожний інженер-механік і агротехнолог повинен знати, що перевищувати їх не можна ні за яких обставин. Ймовірність порушень є найбільшою під час обробітку ґрунту за межами діапазону фізичної спільності. Це означає, що вказаний діапазон вологості також повинен увійти в перелік обов'язкових контрольованих величин, дотримання яких повинне стати об'єктом агрономічного і екологічного контролю.

З огляду на зростаючу самостійність землекористувача й у недалекому майбутньому повноцінну приватну власність на землю, екологічні вимоги повинні підкріплюватися простими економічними критеріями. Наприклад, якщо землекористувач навесні під час передпосівного обробітку чорнозему типового важкосуглинкового під посів цукрових буряків допустив переущільнення піднасінного шару з 1,15 до 1,30 г/см<sup>3</sup>, він повинен знати, що тим самим він погіршив стартові умови розвитку кореневої системи і може втратити не менше 10—15 % урожаю.

Державній службі контролю стану ґрунтів також слід мати чіткі критерії і механізми компенсації втрат або заохочення власних вкла-

день землекористувача в підтримку або підвищення родючості ґрунтів. Наприклад, якщо в результаті п'яти років господарювання землекористувач допустив погіршення якості ґрунтів, він повинен бути за це покараним, якщо ж його ґрунти покращилися, значить він вносив добрива й здійснював інші заходи охорони родючості, і тому його витрати за цей строк частково треба йому повернути. Іншу частину витрат він зможе повернути собі сам за рахунок реалізації додаткової продукції. Такі або подібні заходи вже давно обговорюються. Вони прості й зрозумілі, а їхню важливість важко переоцінити тому, що саме вони будуть сприяти реальній екологізації землекористування. Цілком зрозуміло, що для екологізації землекористування, крім критеріїв і нормативів, потрібні ще й засоби контролю.

Оптимізація взаємодій у системі «ґрунт-ґрунтообробна техніка» у перспективі може бути досягнута, на думку ґрунтознавців-агрофізиків, завдяки більш досконалим способам діагностики стану орного шару, застосуванню принципово нових технічних засобів, здатних виконувати операції будь-якої складності без негативних наслідків для оброблюваного шару, а також здатних диференціювати технологію обробітку, насамперед, відповідно до ґрунтово-технологічних умов і, перш за все, — фізико-механічних характеристик міцності орних ґрунтів. Розглянемо ці напрями докладніше.

*Перспективні способи фізико-механічної діагностики орного шару.* Об'єктивна складність полягає в тому, що потрібно вимірювати мало популярні й недостатньо досліджені фізико-механічні й технологічні властивості, причому здійснювати це необхідно в масовому порядку й безпосередньо перед обробітком або одночасно з ним. Вирішення цих завдань, на думку В.В. Медведєва, Т.М. Лактіонової (2008), може бути знайдене в активізації науково-дослідних і виробничих робіт у таких напрямках:

— пошук інтегрального індикатора міцності маси оброблюваного шару. За індикатор варто брати твердість. В.В.Медведєв (2007) достатньо повно обґрунтував використання профільних 1-D (одновимірних), 2-D (двовимірних) і 3-D (тривимірних) твердограмм для характеристики просторових особливостей міцності ґрунту і вибору відповідних способу і глибини обробітку всього або тільки частини поля. Прототипом створеного твердоміра, що працює в режимі on-line, може слугувати комбінація з різних твердомірів, що випускаються в Голландії і США, а також розроблених у Словаччині, Швеції й Україні;

— пошук вимірювальних засобів для визначення сумарних внутрішньоґрунтових сил опору деформуючому зусиллю робочого органу ґрунтообробної машини. Поєднане і експресне вимірювання сил, що виникають і взаємодіють у процесі обробітку, дозволить створити нормативну базу й використовувати її в автоматизованих системах

управління, що виключають у ґрунтах можливість пластичних деформацій незворотного типу;

— формалізація зв'язків між сумарними силами внутрішньогрунтового опору й твердістю ґрунтів з одночасним урахуванням вологості ґрунтів у момент обробітку;

— пошук адекватних педотрансферних моделей зв'язку між характеристикою міцності ґрунту (твердістю) і найпоширенішою її масовою характеристикою — щільністю будови. Надійна модель відкриє можливість використання дистанційного (радіолокаційного або електромагнітного) контролю характеристик міцності за допомогою визначення щільності будови. Перспективи використання цих дистанційних засобів для вимірювання щільності ґрунтів уже досить добре продемонстровані (Гічка М.М., 2005; R.J. Godwin et al., 2002; D.J. Reinert et al., 2006).

В остаточному підсумку, залежно від параметрів твердості в оброблюваному шарі у вертикальному й горизонтальному напрямках, що складаються безпосередньо перед проведенням обробітку, повинні вибиратися знаряддя, кількість їхніх проходів, глибина й інші технологічні особливості механічного обробітку.

*Застосування принципово нових технічних засобів.* У перспективі реальне застосування машин і робочих органів, здатних змінювати інтенсивність обробітку ґрунту залежно від ґрунтово-технологічних умов. Найімовірніше, це будуть комбіновані машини нового покоління, оснащені сенсорними приладами, зі змінними, за потреби в процесі обробітку, робочими органами, або органами, здатними якісно кришити ґрунт без утворення брил і пилу, не створюючи підвищеного питомого тиску. Наприклад, це можуть бути робочі органи зі змінними кутами атаки ріжучої поверхні, або швидкістю обертання роторного робочого органу, або з досить складною поверхнею, що збільшує кришіння ґрунту, або машини, що поєднують активні й пасивні робочі органи, чи містять нові конструктивні елементи для сепарації структурних грудочок. Нові комбіновані машини, за необхідності, повинні мати широку ходову систему, що забезпечує понижений питомий тиск, або бути виготовленими з легких і міцних матеріалів.

Нарешті, цілком реальним є створення комбінованих машин, що поєднують діагностику стану оброблюваного шару ґрунту з технологією обробітку, яка вибирається відповідно до результатів діагностики. Перші такі машини вже створені деякими фірмами в рамках точного землеробства і успішно пройшли випробування [А.М. Mouazen et al., 2006; J.Navrankova et al., 2006]. Вони обладнані відповідною діагностичною апаратурою (наприклад, твердоміром, або спектрофотометром, які навішують на чизель або плуг), бортовим комп'ютером, що акумулює та обробляє інформацію й видає її у вигляді карти поля з даними просторової строкатості основних параметрів родючості ґрунту. Такі машини обладнані робочими органами, здатними диференці-



ювати агротехнологію, у тому числі обробіток. Це і є «розумні» машини (intelligence machines), що вже приходять на поля країн з розвиненим аграрним сектором економіки і рано чи пізно прийдуть на зміну застарілим машинам і технологіям в Україні (Медведев В.В., 2007).

*Автоматизований агроменеджмент технологій обробітку ґрунтів.* Постановка завдання, пов'язаного з науково обґрунтованим вирішенням питань раціонального вибору технологій обробітку ґрунтів в автоматизованому режимі не здається передчасною. Справді, для того, щоб формалізувати завдання й приступити до його виконання, принаймні, у дослідному варіанті, вчені мають майже всю необхідну вихідну інформацію:

— ґрунтово-технологічну оцінку природно-сільськогосподарського району, що характеризує ґрунт як об'єкт обробітку і дозволяє уникнути можливих ризиків від неадекватних його способів і технологій;

— результати стаціонарних дослідів з вивчення ефективності способів, глибини, заходів і знарядь, що дозволяють установити найбільш ефективні регіональні елементи й поєднання комбінованої технології обробітку;

— вимірювальну апаратуру для діагностики стану оброблюваного шару. Ще років десять тому вирішення цього питання здавалося надзвичайно важким, однак на сьогодні є широкий вибір технічних і програмних засобів, ціни на які поступово знижуються й стають доступними для рентабельного підприємства й у будь-якому разі не повинні бути причиною невідворотних перепон для організації наукових випробувань у базових господарствах;

— нормативну базу й педотрансферні моделі — це база даних і набір можливих експертних рішень з урахуванням еколого-економічних наслідків, що допомагає землекористувачеві орієнтуватися в складній і часом суперечливій інформації про еколого-економічну ефективність різних способів і знарядь обробітку ґрунту.

Вирішивши перераховані завдання, агроном, поза всякими сумнівами, перетвориться на сучасного менеджера, здатного вирішувати завдання будь-якої складності й завжди знаходити оптимальні екологічно обґрунтовані й економічно вигідні рішення. У цій якісно новій інформаційній системі знайдуть своє місце й інженери-конструктори.

## 1.6. МЕЛІОРАЦІЯ СОЛОНЦЕВИХ ҐРУНТІВ

У земельному фонді України солонці та солонцюваті ґрунти займають загальну площу близько 4 млн га, у тому числі орні землі — 2,7 млн га. Солонцеві ґрунти розповсюджені в основному у двох ґрунтово-кліматичних зонах — в Лісостепу (частково Чернігівське Полісся) і в Степу (переважно Сухий Степ). З геоструктурного погляду вони

розташовані біля великих тектонічних западин — Дніпровсько-Донецької (Лівобережний Лісостеп та Полісся) і Причорноморської (Сухий Степ).

Відповідно до сучасної ґрунтово-меліоративної класифікації на території України залежно від регіону поширення та ступеня зволоження визначають такі основні підтипи солонців: чорноземні, лучно-чорноземні, чорноземно-лучні, лучні, каштанові, лучно-каштанові, каштаново-лучні.

За потужністю надсолонцевого шару (см) їх підрозділяють на види: кіркові (до 2), мілкі (2—5), середні (5—15), глибокі (більше 15 см). За глибиною (см) сольового шару розрізняють солончакові (0—30), солончакуваті (30—80), глибокосолончакуваті (80—150) ґрунти.

Ґрунти з низьким вмістом обмінного натрію, але з вираженими візуальними ознаками фізичної солонцюватості віднесено до виду залишково солонцюватих.

Найбільшу площу серед солонцевих ґрунтів в Україні займають темно-каштанові й лучні солонцюваті ґрунти. Солонці не утворюють суцільних масивів, а залягають окремими плямами серед родючих чорноземів лучних і темно-каштанових ґрунтів, що різко знижує продуктивність агроландшафту. Несприятливі агрономічні властивості — сильне запливання у разі зволоження й повільне підсихання — перешкоджають їх обробітку, затримують строки сівби на всьому полі. На солонцевих комплексах швидко настає дефіцит вологи. Культурні рослини розвиваються на солонцях погано і навіть у сприятливі щодо зволоження роки врожайність на них у 2—3 рази нижча, ніж на зональних несолонцюватих ґрунтах. У посушливі роки вона знижується до нуля. За оцінки родючості ґрунтів в балах (Кузьмічов В.П., 1970) бонітети чорноземів типових у 4 рази більші, ніж солонців лучних, власне для озимої пшениці вони складають відповідно 79 й 22 бали, тому наявність солонцюватих ґрунтів і солонців у ґрунтовому покриві розглядається як негативне явище.

У зоні Лісостепу солонцеві ґрунти поширені в основному в заплавах і низьких терасах рік Дніпра, Десни, Псла, Сули та ін. Поява їх у ґрунтовому покриві пов'язана із впливом близько розташованих ґрунтових вод, з підвищеним вмістом содового або солей хлоридно-сульфатного хімізму засолення.

У північній частині Дніпровсько-Донецької западини дренажність дуже слабка, ґрунтові води залягають близько до поверхні (1—1,5 м). Це створює в ґрунті випітний водний режим з активним процесом соленакопичення. Утворені тут за участю содово-засолених ґрунтових вод ґрунти відносять до содових солончаків (Самбур Г.Н., 1963) або до поверхнево-солонцевих солонців і чорноземно-лучних поверхнево-солонцюватих ґрунтів (Носко Б.С., 1964; Гринь Г.С., 1969).

У верхньому шарі таких ґрунтів накопичується сода, яка спричиняє інтенсивне осолонцювання верхнього горизонту. В останньому спосте-

рігається високий вміст обмінного натрію, а також висока лужність (рН 8—10). Характерною рисою таких ґрунтів є відсутність або слабка вираженість ознак перерозподілу рухомих речовин щодо профілю солонця, слабка диференціація на елювіальний та ілювіальний горизонти.

У солонці чорноземно-лучному кірковому содово-солончаковому елювіальний горизонт майже не виражений (шар 1 см). Він замінюється потужним ілювіальним шаром, де рН складає 9,2, а увібраний натрій — 19,2 % від ємності обміну. У верхньому шарі кількість фракцій фізичної глини більша, ніж у залеглому нижче, що не властиво солонцям і пояснюється диспергуючим впливом розчинів соди, які підіймаються до поверхні. Така ж, але менш виражена тенденція перерозподілу речовин спостерігається в чорноземно-лучних поверхнево-солонцюватих ґрунтах.

У південному Лісостепу солонцеутворення дещо відрізняється від північного Лісостепу, що відбивається на складі і властивостях солонцевих ґрунтів. Тут природна дренажність поліпшується, ґрунтові води залягають на глибині 2—3 м. У хімічному складі ґрунтових вод переважають нейтральні солі (хлориди, сульфати), сода утримується в незначній кількості. Сезонна динаміка рівня ґрунтових вод досягає 1 м, тому ґрунти зазнають різноманітного їх впливу, періоди засолення змінюються розсоленням. У цих умовах формуються в основному чорноземно-лучні й лучно-чорноземні глибокосолонцюваті ґрунти в комплексі із солонцями середніми та глибокими (15—30 %). Ґрунтовий профіль різко диференційований на елювіальний та ілювіальний горизонти, причому в останньому зростає вміст фракції фізичної глини та ємність поглинання. Такі ґрунти належать до глибокосолонцюватих.

Сучасна тенденція розвитку солонцевих ґрунтів південного Лісостепу в цілому спрямована у бік розсолення та розсолонцювання за посиленої природної дренажності на підвищених ділянках терас, де утворюються чорноземи типові залишково солонцюваті. На низьких ділянках річкових терас за підйому рівня ґрунтових вод, що пов'язаний з будівництвом каскаду водоймищ на Дніпрі, місцями можливий розвиток солонцевих ґрунтів у бік реградації (повернення до стадії засолення) і посилення солонцюватості.

У зоні Степу солонцеві ґрунти розвиваються в більш різноманітних умовах, ніж у зоні Лісостепу. Слабка природна дренажність із близьким заляганням ґрунтових вод характерна тут лише для приосьової частини Причорноморської западини — Кримського Присивашся і тераси — дельти Дніпра. Інша, підвищена частина території, є краще дренажною, ґрунтові води залягають глибше 10 м і не впливають на ґрунтоутворення, тому гідроморфні й напівгідроморфні солонцеві ґрунти обмежено поширені в зоні Сухого Степу, тоді як переважна частина Причорноморського подолу зайнята автоморфними, переважно темно-каштановими солонцюватими ґрунтами.

У найменш дренажній частині Кримського Присивашся з рівнем ґрунтових вод до 1,5—2 м за капілярно-ґрунтового зволоження формуються солончаки і солончакові солонці.

У міру віддалення від узбережжя і зниження рівня ґрунтових вод до 7—8 м у ґрунтах створюється плівково-капілярне зволоження. Тут розвиваються солонці лучно-степові та їх комплекси з лучно-каштановими й темно-каштановими солонцюватими ґрунтами.

На високих околицях Присивашся й Причорномор'я, де ґрунтові води залягають глибше 8 м, поширені темно-каштанові солонцюваті ґрунти, південні чорноземи, солонці степові та їх комплекси.

Для більшої частини солонцевих ґрунтів Причорномор'я характерний переважно важкий гранулометричний склад — важкосуглинковий, легкоглинистий. Профіль солонців розвинутий за елювіально-ілювіальним типом. В ілювіальному горизонті збільшується вміст фізичної глини, ємність обміну й кількість обмінного натрію. Вони мають несприятливі водно-фізичні властивості, низьку водопроницність, сильно ущільнені (об'ємна маса в шарі 0—20 см  $1,4—1,5 \text{ г/см}^3$ ).

Найвищий вміст обмінного натрію (19,8—27,6 % від ємності обміну) спостерігається у солонців лучних, які розвиваються під впливом близько залеглих до поверхні мінералізованих ґрунтових вод, а також у солонців на морських відкладеннях (третинних глинах). Кількість обмінного натрію в лучно-степових і степових солонцях зменшується, а в темно-каштанових солонцюватих ґрунтах становить усього 2—3 % від ємності обміну.

Верхня частина профілю ґрунтів, яка не пов'язана з близьким заляганням ґрунтових вод, опрісна, перший сольовий горизонт залягає на різній глибині — в солонцях ближче до поверхні (30—70 см), у темно-каштанових ґрунтах, чорноземах — глибше (100—120 см). При цьому змінюється й хімізм солей: у солонцях солончакових та солончаках тип засолення переважно хлоридний, сульфатно-хлоридний, у солонцях солончакуватих та глибокосолончакуватих — хлоридно-сульфатний і сульфатний, у темно-каштанових солонцюватих ґрунтах і чорноземах південних — сульфатний.

Під впливом антропогенних факторів, зокрема зрошення, солонцевий процес зазнав істотних змін. Можна виділити чотири основних напрями його розвитку: іригаційне розсолення, іригаційне осолонцювання, іригаційна реградація та іригаційна деградація (Новикова Г.В., 1984).

Іригаційне розсолення відбувається внаслідок поливу прісною гідрокарбонатно-кальцієвою водою з відношенням  $a\text{Na}/\sqrt{a\text{Ca}}$  нижчим, ніж у ґрунті, й відносно глибокого залягання ґрунтових вод. У цих умовах відбувається розсолення ґрунтів, а водночас їхнє розсолонцювання за рахунок кальцію зрошувальних вод і карбонатів ґрунту. За використання мінералізованих зрошувальних вод, що мають відно-

шення натрію до кальцію більше, ніж у ґрунтах, а також за підйому рівня мінералізованих ґрунтових вод спостерігається іригаційне вторинне осолонцювання ґрунтів.

Іригаційна реградація солонців (повернення їх до солончакової стадії розвитку) відбувається за умов підйому іригаційно-ґрунтових вод вище критичного рівня (1,5—2 м) та їх мінералізації понад 3 г/л, а також за від'ємного водного й додатного сольового балансів. По суті, процеси, що відбуваються в цьому випадку, можна кваліфікувати як вторинне засолення.

За використання солонцевих ґрунтів під посіви затоплюваного рису спостерігається іригаційна деградація цих земель. Вона супроводжується руйнуванням алюмосилікатної частини ґрунтів, міграцією вниз по профілю гумусових речовин, що призводить до різкого зниження родючості.

Підвищити продуктивність богарних і зрошуваних солонцевих ґрунтів неможливо без їх меліорації. Під час розробки та вибору заходів меліорації необхідно враховувати не тільки властивості, але й генезис галогенних ґрунтів.

Наявність плям солонців на значній частині ріллі обмежує можливість освоєння сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, знижує ефективність використання несолонцюватих зональних ґрунтів, що переважають в комплексах.

Нині меліоративне поліпшення солонцевих ґрунтів здійснюється в трьох основних напрямках, що сформувалися ще в 50-х роках ХХ ст.: хімічна меліорація, покращення солонців за рахунок внутрішньоґрунтових запасів кальцієвих солей і меліорація за допомогою глибокого обробітку.

Із заходів хімічної меліорації в більшості країн СНД і за кордоном найбільший розвиток одержало гіпсування. Ця проблема розглядається в двох аспектах: як основний захід меліорації глибокогіпсових та глибококарбонатних солонців і як допоміжний захід комплексної меліорації середньо- та багатонатрієвих висококарбонатних солонців. В останньому випадку гіпс використовується з метою усунення кірки та інтенсифікації само меліорації за рахунок ґрунтових запасів карбонату кальцію.

Теоретичною основою гіпсування є концепція К.К. Гедройца (1922) щодо провідної ролі іона натрію в солонцевому процесі ґрунтоутворення. Дія гіпсу виявляється в тому, що внесений кальцій витісняє в ГВК обмінний натрій, внаслідок чого зменшується рухомість ґрунтових колоїдів (гумусу, глини, заліза та ін.) і створюються умови для окультурення ґрунту. З внесенням гіпсу в солонцевий ґрунт поліпшуються його агрономічні властивості, знижується лужність, підвищується доступність для рослин азоту, фосфору та калію, зменшується токсичність рухомих форм заліза й алюмінію, активізуються мікробіо-

логічні процеси, підвищується врожайність культур. Якщо у ґрунті незначний вміст увібраного натрію та високий — магнію, гіпсування знижує можливість утворення токсичних гуматів магнію й поліпшує умови кальцієвого живлення рослин.

Ефективність гіпсування підвищується за внесення органічних і мінеральних добрив. Внесення органічної речовини посилює біологічну активність солонців, збільшує виділення вуглекислоти, яка сприяє кращому розчиненню ґрунтових карбонатів, а отже, більш швидкому заміщенню обмінного натрію кальцієм.

Позитивна дія гіпсу проявляється лише тоді, коли ґрунтові води залягають глибше 1,2—1,5 м. У протилежному випадку продукти обмінних реакцій (сірчанокислий натрій та ін.) не виносяться вниз по ґрунтовому профілю й розсолонцювання не відбувається.

Як показали багаторічні дослідження О.М. Грінченка (1954), О.М. Можейка (1962), Г.М. Самбура (1963), Н.П. Грабовського (1998) та сільськогосподарська практика, найбільш ефективно гіпсування на содових солонцях і солонцюватих чорноземах Лісостепу України, де випадає значна кількість опадів. За даними О.М. Грінченка (1954), у разі застосування гіпсу в поєднанні з органічними й мінеральними добривами відбувається не тільки поліпшення властивостей солонців, але й змінюється їх морфологічна будова. Зокрема, через 17 років після одноразового гіпсування в солонці утворився культурний орний шар потужністю до 30 см, внаслідок чого за цей період післядії приріст врожаю зернових культур в середньому склав 8,8 ц/га, цукрового буряку — 80—90, сіна багаторічних трав — 31 ц/га.

У Степу в умовах незрошеного землеробства ефективність гіпсування на солонцях нейтрального засолення дещо нижча, ніж у Лісостепу й не завжди воно виправдане економічно. Це пояснюється нестачею вологи в ґрунті і, отже, низькою розчинністю гіпсу та нагромадженням продуктів обмінних реакцій ( $\text{Na}_2\text{SO}_4$  та ін.) у корене-вмісному шарі (Можейко А.М., 1936; Антипов-Каратаєв І.Н., 1953 та ін.). Гіпсування в цій зоні більш доцільне за проведення додаткових заходів з вологонакопичення і, особливо, за зрошення, що забезпечує промивний режим верхнього шару ґрунту.

З огляду на теорію генезису та меліорації солонців, розробленої К.К. Гедройцем (1922), у практиці меліорації широко поширений метод розрахунку необхідної кількості меліоранту за вмістом обмінного натрію в ГВК, який вимагає еквівалентної заміни катіоном кальцію.

І.Н. Антипов-Каратаєв (1953) вважав, що немає необхідності повністю витіснити обмінний натрій з ГВК, оскільки в ньому близько 5—10 % складає «неактивний» натрій. Присутність такої кількості увібраного натрію не справляє негативного впливу на властивості солонцю.

О.Н. Соколовський (1941), а за ним О.М. Грінченко (1954) рекомендують дози гіпсу розраховувати за кількістю кальцію, поглинутого солонцевим ґрунтом з насиченого розчину оцтовокислого кальцію.

Ряд дослідників — Л.Я. Мамаєва (1966), Б. М. Лактіонов (1962), Н.П. Панов (1972) та ін. — пропонують коагуляційно-пептизаційний метод, основою якого є визначення дози меліоранту за порогом коагуляції високодисперсної фракції ґрунту. W.R. Schonover (1956) запропонував розраховувати дози гіпсу за кількістю кальцію, поглинутого солонцевим ґрунтом з насиченого розчину гіпсу.

Доцільність використання того чи іншого способу розрахунку кальцієвмісних меліорантів визначається властивостями й генезисом солонцевих ґрунтів. Для солонців лісостепової зони України та лучних солонців Степу, які в своїй більшості містять багато натрію, норму гіпсу рекомендується визначати за його вмістом у ГВК. (Балюк С.А. та ін., 2000).

Для малонатрієвих солонців півдня України такий розрахунок принципово неприйнятний, і замість нього розрахунок здійснюють за допоглинанням кальцію солонцевим ґрунтом, або коагуляційно-пептизаційним методом.

На солонцюватих чорноземах України О.М. Грінченко (1954) пропонує локальне (рядкове) внесення малих доз (2—4 ц/га) гіпсу за сівби. Теоретичною основою такого заходу є забезпечення фітоекологічних умов у зоні коренезнаходження культурних рослин за рахунок зниження лужності й поліпшення поживного режиму та життєдіяльності корисної мікрофлори.

В останні роки як меліоранти солонцевих ґрунтів широко використовуються промислові відходи (фосфогіпс, сірчаноокисле залізо, сірчана кислота, дефекат цукрових заводів, хлористий кальцій та ін.), серед яких першочергового значення набуває фосфогіпс.

Цей меліорант є відходом промислового виробництва фосфорної кислоти та інших видів продукції хімічної промисловості й складається в основному з двоводного гіпсу (80—92 %). Вміст у фосфогіпсі кальцію становить 36—38 % (у перерахунку на суху речовину), сірки — більше 20 %. До його складу входять 1—3,5 % фосфорної кислоти, у тому числі 0,3—1,2 % водорозчинної.

Високий ефект застосування фосфогіпсу на солонцевих ґрунтах підтверджується численними виробничими дослідями, проведеними в Україні, країнах СНД, США, Індії, Іспанії, Румунії.

Встановлено, що меліоративна дія цього меліоранту на склад і властивості солонцевих ґрунтів аналогічна гіпсу, але позитивний ефект більш виражений. Це пояснюється присутністю в ньому значної кількості водорозчинного фосфору. Водночас використання фосфогіпсу вимагає контролю за забрудненням ґрунтів фтором і стронцієм, вміст яких, згідно з технічними вимогами, не повинен перевищувати 0,3 і 0,5 % відповідно.

У степовій зоні на малонатрієвих солонцях найбільш доцільно застосовувати механічний спосіб меліорації, основою якого є глибока оранка. У процесі проведення глибокої обробітки (триярусний, плантажний) руйнується щільний солонцевий горизонт і до орного шару залучаються природні меліоранти — солі кальцію підсолонцевих горизонтів, що сприяє «самомеліорації» ґрунтів. Певною мірою цей метод альтернативний традиційному гіпсуванню і є більш економічним, оскільки усуваються витрати на доставку і внесення кальцієвмісних меліорантів.

Глибока меліоративна оранка ефективна на солонцевих ґрунтах, де карбонати (або гіпсоносні горизонти) знаходяться на порівняно невеликій глибині, доступній для обробітки. Глибина оранки залежить від глибини залягання цих горизонтів і від потужності солонцевого горизонту.

На лучно-степових та степових солонцевих комплексах України найбільш ефективною є плантажна оранка на глибину 55—60 см. У випадку меншої глибини оранки на поверхню ґрунту виноситься нижня частина солонцевого горизонту, в якому відсутні солі-меліоранти, тому властивості ґрунту не поліпшуються, а навіть погіршуються.

У процесі глибокої плантажної оранки відбувається механічне руйнування щільного солонцевого горизонту, перемішування шарів горизонтів, деяке розбавлення маси солонцевого горизонту масою карбонатного, що сприяє зниженню солонцюватості й поліпшенню агрономічних властивостей ґрунтів, у першу чергу водопроникності та повітряного режиму.

Позитивна дія гіпсування простежується 5—6 років, а меліоративної плантажної оранки — впродовж 15—20 років.

Меліорація солонців-солончаків з близьким (1,5—2,0 м) заляганням ґрунтових вод можлива тільки у разі застосування комплексу заходів, що включають дренаж, внесення хімічних меліорантів, підвищених доз органічних та мінеральних добрив, посів соле- і солонцестійких культур.

Із запропонованих ученими способів меліорації солонцевих ґрунтів широке впровадження у практику вітчизняного землеробства отримали два заходи — гіпсування та плантажна оранка, якими на сьогодні уже меліоровано близько 2 млн га.

В останні роки роботи з хімічної меліорації солонцевих ґрунтів необрунтовано припинились через відсутність державних коштів. Це призвело до посилення деградації солонцевих ґрунтів і зниження урожайності сільськогосподарських культур.

Виникла необхідність аналізу екологічного стану солонцевих ґрунтів і розробки нової концепції їх меліорації, спричиненої кількома причинами: появою нових теоретичних поглядів на природу солонцевого процесу; економічною кризою, внаслідок чого широкомасштабна



меліорація за державний рахунок стала неможливою; зниженням виробництва меліорантів, добрив, меліоративної техніки; диспаритетом цін на сільськогосподарську та промислову продукцію; реформуванням земельних відносин; виведенням земель з ріллі (8—10 млн га); відродженням заплавлених ландшафтів, луків, на яких солонцеві комплекси широко розповсюджені.

У сучасних умовах меліорація солонцевих ґрунтів повинна розглядатися як важлива складова частина адаптивно-ландшафтного землеробства, що забезпечує створення високопродуктивних екологічно збалансованих агроландшафтів. Її мета та ж сама, що й раніше, — витіснення обмінного натрію з ГВК та заміна його кальцієм, що докорінно поліпшує агрофізичні властивості солонців та підвищує їх продуктивність. Водночас, в умовах ринкової економіки та земельної реформи наукові підходи до раціонального використання солонцевих територій і розробки заходів їх меліоративного поліпшення повинні базуватися на принципово нових еколого-економічних принципах. Нова концепція меліорації солонцевих ґрунтів включає наступні принципи (Балюк С.А. та ін., 2000).

Диференціація заходів меліорації та систем землеробства здійснюється з урахуванням ступеня солонцюватості, складу, властивостей і генезису солонцевих ґрунтів, податливості їх меліоративному поліпшенню. Виділено 5 груп (категорій) солонцевих земель, що потребують певних меліоративних заходів та різних систем їх використання (табл. 28).

Найбільш родючими серед солонцевих ґрунтів є залишковосолонцюваті південні чорноземи та темно-каштанові ґрунти в комплексі із солонцями (до 10 %). Ця категорія солонцевих земель (І група) в сучасних умовах не потребує проведення корінної меліорації, а вимагає пристосованих агротехнічних заходів з підвищення їх родючості: застосування органічних та мінеральних добрив, вологонагромаджувальних заходів, за можливістю — зрошення, підбір солонцестійких культур. Ці ґрунти доцільно використовувати для більш вимогливих до родючості культур у польових зернопаропросапних сівозмінах.

Доброю здатністю до самоеліорації за допомогою плантажної оранки відрізняються солонцеві ґрунти Херсонського та Кримського Присивашся (степові та лучно-степові комплекси лучно-каштанових і темно-каштанових солонцюватих ґрунтів у комплексі з солонцями солончакуватими до 25 %) з неглибоким (40—50 см) заляганням карбонатів.

На плантажованих солонцевих землях завдяки винесенню на поверхню природного підґрунта з високим вмістом кальцієвих сполук потреба в гіпсуванні відпадає. Такий довготривалої дії захід (10—15 і більше років) істотно поліпшує агрономічні властивості ґрунтів, забезпечує нагромадження в ґрунті додаткової вологи, знижує забур'яненість. Позитивна роль цього заходу проявляється також у можливості наступного застосування безполицевого обробітку, що попереджує дефляцію ґрунтів.

**ТИПОЛОГІЯ ПОЛІПШЕННЯ СОЛОНЦЕВИХ ҐРУНТІВ ЗА ЇХ АГРОЕКОЛОГІЧНОЮ ОЦІНКОЮ  
І ПОДАТЛИВІСТЮ ЩОДО МЕЛІОРАЦІЇ (Балюк С.А. та ін., 2000)**

Категорія земель	Ґрунти, умови їх розвитку та генезису	Рекомендовані заходи меліорації	Ступінь податливості до меліорації	Сільськогосподарське використання
I. Найбільш висока	Степові і лучно-степові комплекси: чорноземи південні залишкові-солонцюваті, темно-каштанові залишкові-солонцюваті, такі ж ґрунти з плямами солонців до 10 %. Ґрунти розсолені, слабка фізична солонцюватість	Не потребують корінної меліорації. Потрібні агротехнічні заходи: внесення добрив, підбір солонцестійких культур, обробіток ґрунту	Дуже добра	Польові і кормові сівозміни
II. Висока	Степові і лучно-степові солонцеві комплекси: темно-каштанові та лучно-каштанові солонцюваті, солонці солонцюваті. Підрунтові води на глибині 3–7 м й нижче 7 м. Переважають процеси розсолонення та розсолонювання. Карбонатний горизонт залягає близько до поверхні (40—50 см)	Плантажна оранка на глибину 60 см	Добра	Польові, кормові та рисово-доцернаві сівозміни
III. Задовільна	Степові солонцеві комплекси на третинних глинах (Керченський півострів); чорноземи солонцюваті та солонці на третинних глинах	Хімічна меліорація. Плантажна оранка на глибину 60 см	Слабка Середня	Польові сівозміни, а за наявності плям солонців більш 30 % — поліпшені сівожаті та пасовища

IV. Низька	<p>Лучно-чорноземні, глибоко солонцюваті ґрунти, солонці солончакуваті і солончакові (Лісостеп) та каштаново-лучні і лучно-каштанові солонцюваті (в комплексі з солонцями). Характерна підвищена гідроморфність (ґрунтові води на глибині 2,5—3 м), сильна солонцюватість</p>	Хімічна меліорація. Фітомеліорація	Дуже погана	<p>Польові, кормові сівозміни, а за наявності плям солонців більш 30 % — поліпшені сіножагі та пасовища, сімба соле- та солонцюватих культур</p>
V. Дуже низька (кризова)	<p>Лучні солонцюваті та лучно-болотні ґрунти Полісся і Лісостепу: лучні і лучно-чорноземні поверхнево-солонцюваті содово-солончакуваті, лучні солонці, содово-солончакуваті. Ґрунтові води залягають на глибині 1—2 м, содовий хімізм — сильно виражене оглеєння</p>	Фітомеліорація	Надзвичайно погана	<p>Поліпшені сіножагі та пасовища, виведення із рілля</p>

З метою попередження негативних екологічних наслідків за проведення плантажної оранки слід обов'язково враховувати глибину залягання та вміст карбонатів і дотримуватись наукових рекомендацій щодо технології її проведення.

На лучно-степових солонцевих ґрунтах з глибоким заляганням карбонатів (глибше 50 см) необхідна хімічна меліорація за рахунок внесення меліорантів, що містять кальцій з еколого-токсикологічною їх оцінкою. Залежно від кон'юнктури ринку та спеціалізації господарства, меліоровані землі цієї групи землекористувач може використовувати в польових, кормових або спеціальних (рисових) сівозмінах.

Незначну піддатливість до хімічної меліорації й середню до плантажної оранки мають солонцеві ґрунти, що розвиваються на сильно засолених третинних глинах Керченського півострова (III група земель). Ґрунти цієї групи внаслідок дуже несприятливих агрофізичних властивостей і можливої реставрації солонцюватості через високу засоленість порід мало піддаються меліоративному поліпшенню тому можуть бути обмежено придатні для сільськогосподарського використання в меліоративних польових і кормових сівозмінах. Земельні масиви з великою комплексністю, де плями солонців займають 25—30 % і більше, доцільно використовувати під сіножаті та пасовища.

Дуже важко піддаються меліорації лучно-чорноземні і лучно-каштанові ґрунти та їх комплекси з солонцями солончакуватими й солончаковими (IV група земель). Ці ґрунти обмежено придатні для сільськогосподарського використання. На солонцевих комплексах з плямами солонців до 25 % ефективна хімічна меліорація, після якої ці землі можна використовувати для вирощування польових і кормових культур. У разі значної концентрації плям солонців (25—50 %) їх краще відводити під сіножаті та пасовища. Покращення їх продуктивності можливе за рахунок фітомеліорації — підбору рослин, що адаптовані до несприятливих агрономічних властивостей солонцевих ґрунтів.

Дослідники солонцевих ґрунтів вважають, що рослинність, яка здатна окультурити та підвищити родючість ґрунтів має бути солонцестійкою, а за недостатнього зволоження і посухостійкою. Меліоративний вплив таких рослин, з погляду ґрунтоутворення в бік розсолонення та розсолонцювання, багатогранний. Перш за все, добре розвинена рослинність виключає фізичне випаровування з поверхні ґрунту й знижує рівень ґрунтових вод. Внаслідок цього послаблюється капілярне переміщення солей у верхні шари ґрунту. Рослинність підкислює реакцію середовища за рахунок кислих кореневих виділень у процесі життєдіяльності в обмін на елементи живлення. Під впливом рослин-фітомеліорантів вміст обмінного натрію зменшується, активізуються мікробіологічні процеси завдяки збагаченню ґрунтів органічними речовинами.

Високий меліоративний ефект рослин проявляється лише за раціонального підбору культур і оптимальних технологій їх вирощування. За теперішнього часу розроблені різні регіональні шкали та групування культур за соле- та солонцестійкістю. Тим самим створені вихідні передумови для вирішення цієї проблеми. За даними Чапко П.П. (1984), кращими культурами-фітомеліорантами для заплавних солонцевих та засолених ґрунтів є цукровий та кормовий буряк, сорго цукрове, буркун білий, просо, суданська трава, люцерна, вівсяниця лучна, стоколос безостий. Землекористувачу важливо знайти оптимальне співвідношення культур і правильно скласти сівозміну.

П'ята група земель (лучно-чорноземні і лучні солонцеві ґрунти та їх комплекси із солонцями солончакуватими й солончаковими) практично не піддається звичайним заходам меліорації. Докорінне їх поліпшення можливе тільки за проведення комплексних високозатратних заходів (дренаж, внесення хімічних меліорантів і добрив, сімба соле- та солонцестійких культур). З економічного та екологічного поглядів ці землі більш вигідно використовувати як природні кормові угіддя. Це дасть змогу не лише кількісно розв'язати проблему виробництва продукції тваринництва, але й значно поліпшити її якість та здешевити корм.

Солонцеві землі, які помилково були розорані та мають дуже низьку продуктивність, рекомендується використовувати під залуження соле- та солонцестійкими травами або трансформувати в екологістабілізувальні угіддя.

Важливим принципом нової концепції хімічної меліорації є ресурсо- та енергозбереження. Це досягається декількома заходами: пріоритетним проведенням хімічної меліорації на більш родючих солонцевих ґрунтах, які добре піддаються меліоративному поліпшенню (I–III групи солонцевих земель), оскільки мають вищу біопродуктивність; використанням для хімічної меліорації різних відходів промисловості (фосфогіпс, дефекат, вапняк, сірчаноокисле залізо та ін.) з екологічно-токсикологічною їх оцінкою. При цьому землекористувач не несе витрат на їх виробництво, а тільки на транспортування та внесення, тобто енергоємність заходів знижується. Вирішується також проблема утилізації цих відходів і охорона навколишнього середовища; внесенням хімічних меліорантів разом з поливною водою, малих доз гіпсу (2–4 ц/га) в рядки, а також вибіркове гіпсування плям солонців на землях, де комплексність складає не більше 30 %; економічно та екологічно виправданою нормативною дозою фосфогіпсу (гіпсу) є: для солонців Лісостепу — 8–10 т/га, для лучно-чорноземних солонцюватих ґрунтів — 3–4 т/га, для солонцюватих ґрунтів Степу — 4–6 т/га.

Ефективне використання меліорованих різними методами солонців можливе тільки за високої культури землеробства: правильна сівозмі-

на, система обробітку ґрунту, вологонакопичувальні заходи, внесення добрив, знищення бур'янів, хвороб та шкідників. Важливим принципом технології є адаптація рекомендованих меліоративних заходів до різних форм організації праці (індивідуальна, сімейна, колективна), до виробничо-ресурсного потенціалу виробника, рівня інтенсифікації агропромислового комплексу.

В умовах земельної реформи у разі передачі солонцевих земель у приватну власність землекористувач повинен спочатку дати оцінку еколого-меліоративного стану своєї ділянки. Для цього вченими пропонується комплекс інтегрованих меліоративних показників, що забезпечують необхідну інформацію про стан родючості солонцевих ґрунтів і вибір заходів щодо її поліпшення шляхом усунення або зміни лімітуючих параметрів властивостей і режимів, а також через спеціалізацію господарства (табл. 29).

Таблиця 29

**ПАРАМЕТРИ ПОКАЗНИКІВ АГРОНОМІЧНОЇ ОЦІНКИ  
СОЛОНЦЕВИХ ҐРУНТІВ УКРАЇНИ (Балюк С.А. та ін., 2000)**

Показники	Ступінь проявлення	Параметри оцінки	
		чорнозем- них ґрунтів	темно- каштанових ґрунтів
Обмінний натрій, % від ємності вбирання	Несолонцюваті	< 5	< 3
	Слабосолонцюваті	5—10	3—5
	Середньосолонцюваті	10—15	5—10
	Сильносолонцюваті	15—20	10—15
	Солонці	> 20	> 15
aNa/√aCa	Несолонцюваті	< 1	< 1
	Слабосолонцюваті	1—3	1—3
	Середньосолонцюваті	3—5	3—5
	Сильносолонцюваті	5—7	5—7
	Солонці	> 7	> 7
Ступінь ілювіюваності профілю, %	Несолонцюваті	Відсутня	< 3,8
	Слабосолонцюваті		3,8—11,5
	Середньосолонцюваті		11,5—19,2
	Сильносолонцюваті		19,2—26,9
	Солонці		> 26,9
Допоглинання кальцію (увібралось кальцію, мекв/100 г ґрунту)	Низьке	—	1—3
	Середнє		3—5
	Сильне		> 5

Закінчення табл. 29

Показники	Ступінь проявлення	Параметри оцінки	
		чорноземних ґрунтів	темно-каштанових ґрунтів
Глибина залягання сольового горизонту, см	Високосолончакуваті	5—30	5—30
	Солончакуваті	30—80	30—80
	Глибocosолончакуваті	80—150	80—150
	Незасолені	> 150	> 150
Ступінь засолення, %	Незасолені	< 0,15	> 0,2
	Слабозасолені	0,1—0,2	0,2—0,4
	Середньозасолені	0,2—0,4	0,4—0,6
	Сильнозасолені	0,4—0,6	0,6—0,9
	Солончаки	> 0,6	> 0,9
Кислотно-лужна рівновага	Нейтральна	6,0—7,0	
	Слаболужна	7,0—7,5	
	Лужна	7,5—8,0	
	Сильнолужна	> 8,0	
Ступінь гідроморфізму (глибина залягання ґрунтових вод)	Заболочені	1—2	
	Слабозаболочені	2—3	
	Напівгідроморфні	3—5	
	Автоморфні	> 5	
Глибина залягання карбонатів, см	Неглибока	40—50	
	Глибока	глибше 50	
Об'ємна маса, г/см <sup>3</sup>	Низька	0,9—1,1	
	Середня	1,1—1,35	
	Підвищена	1,35—1,50	
	Висока	> 1,50	
Загальна пористість, %	Дуже низька	< 15	
	Низька	20—30	
	Середня	30—40	
	Висока	40—50	
	Дуже висока	> 50	
Запаси рухомих (мінеральних) форм азоту в шарі ґрунту 0—25 см, кг/га	Дуже низькі	< 30	
	Низькі	31—40	
	Середні	41—50	
	Підвищені	51—70	
	Високі	71—100	
	Дуже високі	> 100	

Якщо спеціалізація господарства вже склалася, але в процесі обстеження ґрунтів виявлено її невідповідність існуючому еколого-меліоративному стану, постає необхідність в її коригуванні.

Руйнування ґрунту внаслідок ерозії виявляється в різних формах: змиву, розмиву, видування, перенесення ґрунтових часток, утворення промоїн і ярів, пилових бур та ін. Ці явища поширені на дуже великих площах у всьому світі. Водної ерозії зазнає 31, а вітрової — 34 % суші.

В Україні понад 15 млн га земель є еродованими, і ерозія продовжує наступати далі на кожний п'ятий гектар з тих, які поки що не зазнали її. Проте, втрати гумусу на цих землях вже досягли 25—35 %.

За підрахунками вчених, на землях схилів крутизною понад 1° (їх у складі ріллі близько 52 %) в Україні без користі для врожаю, а зі шкодою для навколишнього середовища і самого ґрунту втрачається до 60 % талих і зливових вод, з якими виносяться в річки, озера і ставки від 15 до 25 % біогенних речовин, добрив і пестицидів. Ростуть старі і виникають нові яри, що погіршує екологічний стан агроландшафтів.

Термін «ерозія ґрунтів» донедавна використовували в широкому розумінні як будь-яке руйнування (деструкція) і знесення верхньої частини ґрунту, незалежно від того, чим воно спричинюється, водою, вітром чи іншими чинниками.

У вузькому розумінні водна ерозія — це змивання і розмивання ґрунту поверхневим тимчасовим водним стоком. Крім водної ерозії, існують ще такі види деструкції ґрунтів, як дефляція, суфозія, карст, соліфлюкція, абразія, фізичне, технічне руйнування тощо.

*Дефляція* (вітрова ерозія) — це руйнування ґрунту і перенесення дрібнозему вітром. Необхідна умова її прояву — наявність вітру зі швидкістю, достатньою для перенесення ґрунтових частинок. Максимальний прояв дефляції спостерігається під час ураганних вітрів, коли в повітря підіймається велика маса пиловатих частинок. Дефляція займає друге місце після водної ерозії щодо негативного впливу на ґрунтовий покрив і призводить до зниження родючості ґрунтів на великих територіях. У зв'язку з цим, дефляцію вивчають як один із видів ерозії.

*Суфозія* — це руйнування ґрунтового покриву внаслідок осідання у процесі розчинення і винесення з ґрунту та підстилаючої породи гіпсу



й карбонатів. Через локальність осідань під час суфозій на поверхні ґрунту утворюються мікропониження глибиною від 10—20 до 100 см.

*Карст* — це руйнування ґрунтового покриву внаслідок осідань, зумовлених вилугуванням вапняків, що підстилають ґрунт, з утворенням у них пустот. Карстування вапняків призводить до утворення на поверхні ґрунтів карстових вирв глибиною 1—5 м, що супроводжується руйнуванням ґрунтового покриву.

У степовій зоні на зрошуваних землях поширилась іригаційна ерозія. Вона зумовлена штучною подачею на поля додаткової до атмосферних опадів кількості води і безпосереднім впливом на ґрунтові агрегати енергії крапель, утворених дощувальними машинами. Фізичну ерозію ґрунту викликає нераціональний його обробіток, руйнування важкими агрегатами.

Водною і вітровою ерозією щороку в Україні вноситься в середньому 15 т/га, а на всій території — 740 млн т родючого ґрунту, що містить близько 24 млн т гумусу, 0,7 млн т рухомого фосфору та інші елементи живлення. Основною причиною такого становища є надмірна розораність земель (81 % усіх сільськогосподарських угідь, або близько 58 % усієї території земельного фонду). Екологічні нормативи в землекористуванні становлять: розораність території — 40—45 %, співвідношення екологічно сталих угідь (сіножаті, пасовища, ліси) до ріллі — не менше одиниці.

Ерозійні процеси, руйнуючи ґрунти, впливають, насамперед, на забезпеченість їх органічною речовиною. Так, уміст гумусу в слабоеродованих чорноземах зменшується на 5—10 %, середньоеродованих — 25—30 і сильноеродованих — на 35—40 %, порівняно з їх повнопрофільними аналогами. У таких ґрунтах у гумусі орного шару міститься відносно більша кількість фульвокислот і менша — гумінових, знижується його біогенність, що погіршує умови росту і розвитку сільськогосподарських культур, а продуктивність еродованих ґрунтів знижується на 10—40 % залежно від ступеня еродованості. У виробничих умовах Полісся середньорічні втрати гумусу під впливом ерозії становлять 2,4 млн т, у Лісостепу — 11, у Степу — 10,3 млн т.

Шкода, якої завдає вітрова ерозія сільському господарству нашої країни, виявляється переважно у видуванні, засіканні та засипанні посівів озимих культур, а також у вилученні з поверхневого шару частини ґрунтового матеріалу, що призводить до значних втрат гумусу і поживних речовин, а в кінцевому підсумку — до зниження родючості ґрунтів.

Більшість ґрунтового матеріалу, який видувається вітром, відкладається біля різних механічних перепон і в інших місцях, де швидкість вітру різко знижується і послаблюється його підймальна сила. Найдрібніші частинки, які піднімаються на значну висоту, переносяться на великі відстані і повністю вилучаються з даної території.

М.І. Долгілевич (1981) визначив щорічні втрати ґрунтів від вітрової ерозії за максимальних швидкостей вітру, які спостерігаються у Степу України раз на 5 років. Найбільшими є вони на Нижньодніпровському піщаному масиві. За швидкостей вітру 22—24 м/с і тривалості пилових бур понад 20 годин на рік втрачається понад 140 т/га дрібнозему. На чорноземах звичайних карбонатних Приазовської височини, на чорноземах звичайних супіщаних і легкосуглинкових Середнього Придніпров'я, на сході Донбасу, на чорноземах слаборозвинених карбонатних західних районів Криму за такої ж швидкості вітру і тривалості пилових бур від 6 до 20 годин на рік втрачається 10—20 т/га ґрунту. У більш північних і західних районах ці втрати не перевищують 2—10 т/га на рік. На Поліссі і в Лісостепу втрати становили 2—5 т/га за низької швидкості вітру.

Вітрова ерозія призводить до видування ґрунту і засипання дрібноземом садів, виноградників, зрошувальних каналів, лісосмуг і лісів.

На більшій частині території країни (понад 12 млн га) переважає водна ерозія ґрунтів, яка виявляється як у разі танення снігу, так і під час злив. Внаслідок змивання водою безповоротно втрачаються з полів найродючіші ґрунти і вимивається в річки та моря велика кількість елементів живлення рослин.

Збільшення площ ріллі і посівів сільськогосподарських культур тривалий час було єдиним, хоч і згубним для майбутнього способом збільшення валових зборів продукції землеробства. У деяких областях України, зокрема у Вінницькій, Тернопільській, Черкаській, Кіровоградській та інших, всупереч національним потребам розорано понад 90 % сільськогосподарських угідь, тоді як у колишньому СРСР площа ріллі становила 37 %, у Франції — 48, ФРН — 32, Англії — 25, США — 20 % сільськогосподарських угідь.

Високий рівень розораності території України зумовив не тільки наростання екологічного ризику, а і соціальної напруженості в країні. Система використання земельних ресурсів землі перебуває в критичному стані. Системи землеробства не відповідають виробничим відносинам, що змінюються, а також економічній, екологічній та енергетичній доцільності.

На думку вчених, першочерговим заходом на сьогодні має бути вилучення з обробітку як мінімум 10 млн га землі і переведення її з ріллі у природні кормові угіддя, у тому числі 6—7 млн га — під постійне залуження і близько 2 млн га — під заліснення. Внаслідок цього розораність сільськогосподарських угідь в Україні все ще не відповідатиме екологічній нормі, становитиме 56,8 % і буде найбільш високою в Європі і втричі більшою, ніж у США.

Інтенсивні водна ерозія і дефляція ґрунтів почалися одночасно із сільськогосподарською діяльністю людини. Знищення лісів, розорювання ґрунтів без дотримання певних правил, невміле випасання худоби також призводять до змивання, розмивання та видування ґрунту.

Інтенсивна ерозія ґрунтів почалася одночасно з їх розорюванням. Під час оранки знищувалася переплетена кореневою системою дернина, яка, неначе килим, захищала ґрунт від зовнішнього впливу різних факторів. Позбавлені цього захисту, орні землі швидко руйнувалися, утворювалися промоїни, яри. Перші землероби не бачили зв'язку між своєю господарською діяльністю та згубними наслідками, до яких вона призводила. Вони випалювали і викорчувували ліси (підсічно-вогнева і лісопильна системи землеробства), розорювали і неграмотно використовували цілинні і перелогові землі (заліжна і перелогова системи землеробства). Проте, й пізніше, за капіталістичного способу виробництва, коли стали зрозумілими руйнівні наслідки хижацького використання землі, воно тривало, оскільки було спрямоване на отримання максимальних прибутків.

Великої інтенсивності досягли процеси водної ерозії у другій половині XIX ст. у США. Тут були розорані практично всі придатні під зернові культури землі. Ерозія охопила всю територію Великих рівнин Північної Америки, набувши катастрофічних розмірів у першій половині XX ст.

Шкода, якої завдає ерозія сільському господарству, виявляється не тільки в руйнуванні ґрунтів, а й у винесенні з них поживних речовин — азоту, калію, фосфору, кальцію, магнію та ін. Ґрунтовий покрив світу внаслідок ерозії втрачає в 60 разів більше елементів живлення рослин, ніж їх надходить із добривами. Продуктивність еродованих ґрунтів знижується на 35—70 %.

Ерозія ґрунтів є поширеною на всіх континентах. Найінтенсивніше освоєння земель, яке супроводжувалось знищенням лісової і степової рослинності, спостерігалось в останні 100—200 років. За цей час з користування вибуло близько 2 млрд га, або 10—20 млн га щорічно, переважно від водної ерозії та дефляції.

Ерозія ґрунтів є лихом для сільськогосподарського виробництва у багатьох районах степової зони України, де еродовано понад 30 % площі чорноземів, понад 30 — ріллі і 50 % — пасовищ.

На півдні України серйозної шкоди завдає дефляція, яка з величезною силою розвивається в окремі роки, спричиняючи пилові бурі. У березні — квітні 1960 р. внаслідок пилової бурі, що охопила Північний Кавказ і південь України, був знесений шар ґрунту 7—10 см, а протягом трьох днів з цієї території було перенесено 25 км<sup>3</sup> ґрунту.

Ерозія і дефляція істотно погіршують не тільки ґрунти, а й увесь екологічний стан регіонів та екологічні умови Землі в цілому.

Унаслідок руйнування ґрунтового покриву знижується біологічна продуктивність біосфери, відбуваються несприятливі зміни в колообігу хімічних елементів та їх балансі, порушується рівновага, що склалася в біосфері.

У деяких випадках ерозія є головним фактором забруднення поверхневих вод. З ерозійними стоками у воду надходить 90 % глинистих фракцій, 79 — азоту, 53 — фосфору, 98 % бактерій.

Слід зважати на те, що найбільша екологічна шкода від ерозії виявляється не в забрудненні гідросфери, а в зниженні біологічної продуктивності суші. Це ослаблює функціонування основного механізму біосфери (системи рослинність — ґрунтовий покрив), що підтримує біогеохімічні цикли Землі, у тому числі цикли, які визначають сприятливе співвідношення кисню й оксиду вуглецю в атмосфері. Для запобігання можливим негативним змінам у біосфері треба охороняти покрив від руйнування, вживати заходів до того, щоб він був вкритий трав'яною, чагарниковою і деревною рослинністю.

Слід зазначити, що давні землеробські цивілізації (Китай, Індія) вже мали певні уявлення про ерозію, її причини та методи боротьби з цим явищем. У Росії та Україні початок розвитку наукових уявлень про ерозію і способи захисту від неї, тобто початок наукового вчення про ерозію пов'язаний з ім'ям Ломоносова М.В. (1711—1765), а також професорів Московського університету Афоніна М.І. (1739—1810) і Болотова А.Т. (1738—1833), які ще на початку XIX ст. показали, яких великих збитків завдає ерозія, і запропонували заходи запобігання змиву ґрунту. У середині XIX ст. широко проводилось картографування змитих ґрунтів і ярів, вивчались закономірності ерозії, збирались дані про вплив змиву ґрунтів на врожайність сільськогосподарських культур.

Значні дослідження з вивчення ерозії ґрунтів провів наприкінці XIX ст. Тихобразов П.П., який запропонував такі заходи захисту ґрунтів від ерозії, як земляні вали на полях для затримання талих вод, нарізування полів і оранку вздовж горизонталей. У працях російських учених кінця XIX ст. вже були запропоновані кількісні оцінки ерозії. Водночас розвивалися наукові уявлення про дефляцію ґрунтів та способи боротьби з нею. Перші відомості про неї стосуються часів Київської Русі.

У Росії виникла й успішно розвивалася агролісомеліорація як галузь знання, що ставила за мету захист ґрунтів та сільськогосподарських рослин від ерозії і посухи.

Перша державна спроба організації штучного лісорозведення в степу була зроблена ще за Петра I в 1696 р. поблизу Таганрога, де був закладений дубовий ліс, який зберігся до наших днів.

З початку XIX ст. степовим лісонасадженням було надано державного значення, щовесни до насадження лісу залучалися тисячі селян. Почалася організація дослідної справи щодо створення лісових масивів у степу та розробки наукових основ степового лісорозведення. У кращих поміщицьких господарствах були зроблені спроби створити протиерозійні полезахисні смуги, розроблялися способи їх розміщення, садіння і догляду. Так, в одному з маєтків Тульської губернії великих успіхів у галузі лісорозведення досяг Шатілов І.М., який у 1821 р. почав вирощувати ліс у місцевості, посіченій балками і ярами. Ці ви-

долинко-балкові насадження відіграли велику протиерозійну роль. Син Шатілова, Шатілов І.І., вирощував не тільки видолинко-балкові ліси, а й інші насадження, що збереглися до наших днів.

Початком організованого степового лісорозведення слід вважати створення в 1843—1844 рр. Великоанадольського та Бердянського дослідних лісництв. Керівником першого з них був В.Є. Графф, який не тільки посадив 144 десятини лісу і створив дендрарій, а й організував школу лісівників. У 70—80—тих роках ХІХ ст. у Росії було відкрито 30 степових лісництв і лісових дач.

Великий ґрунтознавець Докучаєв В.В. (1892) в праці «Наши степи прежде и теперь» запропонував струнку і всеохоплюючу систему заходів захисту ґрунтів від водної ерозії, дефляції, посухи та підвищення родючості українських чорноземів і визначив місце лісових насаджень у системі цих заходів. Його система охоплювала регулювання стоку рік і влаштування ставків у степу, створення певного співвідношення між площами ріллі, луків і лісу, проведення протиерозійних заходів обробітку ґрунту, що забезпечують якнайповніше використання вологи, застосування сортів дерев, пристосованих до місцевих ґрунтово-кліматичних умов. Для того, щоб показати можливості запропонованого комплексу заходів, Докучаєв В.В. організував три дослідних сільськогосподарських дільниці — Кам'яно-степову, Старобільську та Маріупольську. Лісові насадження на цих сільськогосподарських ділянках створювали для захисту посівів від вітрів, бур та суховіїв, накопичення і регулювання потужності снігового покриву, запобігання ерозії ґрунтів та поліпшення мікроклімату. Докучаєв В.В. вважав, що належний захист сільськогосподарських угідь від ерозії може бути забезпечений лише тоді, коли лісові насадження займатимуть від 10 до 20 % загальної площі, а площа ріллі не перевищуватиме екологічного допуску — 40 %.

П.А. Костичев (1845—1895) в курсі публічних лекцій у Петербурзькому сільськогосподарському музеї, який під назвою «О борьбе с засухой в черноземной области посредством обработки полей и накопления на них снега» увійшов у класику агрономії, виклав чітку і всім доступну систему заходів боротьби із посухою, що і через понад століття залишається актуальною.

О.О. Ізмаїльський (1893) в праці «Как высохла наша степь» для боротьби з посухою на півдні України рекомендує глибоку оранку, підтримання поверхні ґрунту в розпушеному стані, залісення ярів, облаштування загат, а для запобігання твердого стоку — терасування схилів, снігозатримання, створення куліс із кукурудзи або серед посівів низьких злаків.

У розвитку полезахисного лісорозведення винятково велика роль належить українському вченому-агроному Висоцькому Г.М., який, зокрема, провів велику наукову й організаційну роботу з реалізації доку-

чаєвської програми на Маріупольській дослідній ділянці, узагальнивши великий досвід, і довів, що масове лісорозведення в Степу можливе тільки на чорноземах.

У 1923 р. поблизу міста Новосілля Орловської області була створена перша у світі дослідно-яружна станція, організатором і першим керівником якої був Козьменко А.С. У 30-х роках дослідження ерозії ґрунтів і розробку методів захисту від неї, що координувались Ґрунтовим інститутом ім. В.В. Докучаєва, широко проводили в багатьох регіонах колишнього СРСР під керівництвом А.М. Панкова, а потім академіка С.С.Соболева, який зробив великий внесок у розвиток науки про ерозію. У 50-х роках вивчення ерозійної проблеми тривало в Інституті географії Академії наук СРСР під керівництвом Д.Л. Арманда і С.І. Сільвестрова, де були підготовлені такі фундаментальні праці, як «Районирование территории СССР по основным факторам эрозии» і «Региональные системы противоэрозионных мероприятий».

Новий етап розвитку науки про ерозію відзначається інтенсивним виробничим проведенням протиерозійних заходів у виробництві. Це період освоєння цілинних і перелогових земель, здійснений у 50-х роках. Розорювання цілини, проведене з порушенням ґрунтозахисних заходів землеробства, призвело до бурхливого розвитку ерозії, особливо дефляції ґрунтів, і зумовило необхідність проведення різних заходів боротьби з цими явищами. Розвитку деструкції ґрунтів сприяло також застосування важкої техніки, зрошення, яке призвело до руйнування ґрунтової структури і виникнення ерозії.

Нині координатором наукових досліджень в Україні з питань ерозії і дефляції ґрунтів та заходів боротьби з ними є Інститут ґрунтознавства і агрохімії ім. О.Н. Соколовського УААН (м. Харків).

На сучасному етапі для досліджень характерна розробка теоретичних основ ерозієзнавства, математичних підходів до вирішення проблеми пізнання закономірностей розвитку ерозії та розробки методів її запобігання.

## **2.1. ВОДНА ЕРОЗІЯ ҐРУНТІВ**

### **2.1.1. Сутність, форми прояву і види водної ерозії ґрунтів**

---

Водна ерозія ґрунтів — це руйнування їх під дією поверхневих водних потоків. Вона відбувається внаслідок розмивання поверхні ґрунтів, переходу зміщених частинок у завислий стан і перенесення їх на інші ділянки. У місцях, де швидкість потоку знижується, мінеральні

частинки осідають, утворюючи перевідкладені пролювіальні й делювіальні наноси та намиті ґрунти.

Явище змивання ґрунтів пов'язане з відривом від поверхневого шару окремих частинок і цілих агрегатів. Механізм його можна уявити як взаємодію еродуючої сили стоку  $F_{\text{ер}}$ , що діє на частинку із силою зчеплення частинки з ґрунтом  $F_{\text{зч}}$ . Еродуюча сила потоку залежить від швидкості потоку  $V$ , товщини шару води  $h$  і відношення маси частинки  $m$  до площі її поперечного перерізу  $S$ :

$$F_{\text{ер}} = a \left( F_{\text{зч}} \cdot V \cdot h \cdot \frac{m}{S} \right).$$

Сила  $F_{\text{ер}}$  зростає зі збільшенням  $V$  і  $h$  та зі зменшенням  $\frac{m}{S}$ . Сила зчеплення ґрунтової частинки  $F_{\text{зч}}$ , у свою чергу, залежить від щільності частинки  $\rho$  та міцності її зв'язку з іншими частинками  $F_{\text{зв}}$ , яка залежить від вмісту в ґрунті колоїдів і багатьох інших факторів:

$$F_{\text{зч}} = f(\rho \cdot F_{\text{зв}}).$$

У поширених рівняннях для визначення розмиваючої сили потоку товщина шару води, як правило, не зазначається. Однак, очевидно, що сила бокового тиску на частинку в приземному шарі води за однієї й тієї ж швидкості зростає зі збільшенням рухомої маси води.

Ерозія відбувається тоді, коли  $F_{\text{ер}}$  стає більшою за  $F_{\text{зч}}$ . Швидкість водного потоку, за якої починається відривання твердих частинок від поверхні ґрунту, називається *критичною швидкістю потоку*  $V_{\text{кр}}$ .

За однієї й тієї ж щільності сумарний поперечний переріз частинок на одиницю об'єму зростає зі зменшенням їх розмірів, тому критична швидкість потоку менша на ґрунтах із дрібнішими мікроагрегатами та гранулометричними частинками, ніж на ґрунтах із крупними частинками.

Отже, інтенсивність відриву поверхневим стоком ґрунтових частинок і агрегатів залежить від текстури і гранулометричного складу ґрунтів та ґрунтотворних порід і від того, наскільки донні швидкості поверхневого стоку перевищують критичні (нерозмивні) значення для даного ґрунту.

Крім зазначених факторів, на інтенсивність відриву частинок від ґрунту значною мірою впливає турбулентність потоку, пов'язана з нерівностями поверхні ґрунтів. У турбулентному потоці частинки, які відірвалися, інтенсивніше піднімаються до поверхні потоку і переносяться далі.

Види ерозії ґрунтів спеціалісти розглядають з двох позицій: за характером впливу на ґрунт, тобто за формою прояву, і за походженням води, що надходить на ґрунт.

За формою прояву розрізняють ерозію поверхневу (площинну), або змив ґрунту; струменеву; розмивання ґрунту, або яружну ерозію. Результати прояву цих форм ерозії можна бачити на окремих масивах земель, проте вони часто спостерігаються і сумісно.

Поверхнева (площинна) ерозія спостерігається на вирівняних схилах, що характеризуються рівномірним розподілом стоку. Вона призводить до рівномірного по території змиву ґрунту. Внаслідок площинної ерозії відбувається «зрізання» верхніх родючих шарів і вкорочення профілю ґрунтів.

Інтенсивність ерозії ( $Q$ ) вимірюють за втратою ґрунтом його маси ( $m$ ) з одиниці площі ( $S$ ) за одиницю часу ( $t$ ) і виражають у тоннах на гектар (т/га), або міліметрах за рік (мм/рік):

$$Q = \frac{m}{St}$$

У цих одиницях вимірюють також швидкість ґрунтоутворення, тому порівняння швидкості ерозії та швидкості ґрунтоутворення вказує на ступінь ерозійної загрози ґрунтам. Ерозійно загрозливими ґрунти вважають тоді, коли швидкість ерозії перевищує швидкість розвитку ґрунтового профілю ґрунтя. Якщо швидкість ерозії ґрунтів менша за швидкість ґрунтоутворення, ґрунти не є ерозійно загрозливими, а ерозію називають нормальною.

Швидкість збільшення гумусового профілю за формування різних ґрунтів є неоднаковою, проте за середню вважають 0,2 мм/рік. Виходячи з цього, за інтенсивності ерозії, яка не перевищує 0,2 мм/рік, або 2—3 т/га за рік, її вважають нормальною і не беруть до уваги. У разі втрати ґрунтів 3—6 т/га за рік ерозію відносять до слабкої, 6—12 — до середньої, а за знесення дрібнозему понад 12 т/га за рік — до сильної.

Струменева ерозія виникає тоді, коли по схилу стік перерозподіляється й утворює струмені різної інтенсивності, які призводять до утворення промоїн і баур глибиною до 0,5—1 м, тобто до струменевої ерозії відносять розмивання ґрунту з утворенням мілких негативних форм рельєфу, які усуваються механічним обробітком ґрунту. Вони не мають поздовжнього профілю і повторюють профіль поверхні схилу.

Струменева ерозія завдає великих збитків сільськогосподарському виробництву, оскільки не тільки призводить до змиву родючого гумусового горизонту, а й руйнує поверхню ріллі, що утруднює проведення механічного обробітку ґрунту. Якщо не проводити захисту, ця форма ерозії переростає в яружну.

Яружна ерозія — це форма лінійної ерозії, за якої промоїни досягають глибини понад 1 м і за їх наявності поля неможливо обробляти механізмами. На відміну від струменевої ерозії, яри мають свій поздовжній профіль що відрізняється від профілю поверхні, на якому вони



утворилися. Ця ерозія завдає землеробству дуже великих збитків. Яри особливо шкідливі тим, що руйнують поверхню ландшафту і виводять із сільськогосподарського користування землі не тільки на місці самих ярів, а й на територіях, які до них прилягають. У світі щорічні втрати ґрунтів від утворення ярів становлять 3 млн га.

У розвитку ярів можна виділити 4 стадії: 1) промоїни, або баюри; 2) врізання висячого яру вершиною; 3) вироблення профілю рівноваги; 4) затухання розвитку. Протягом розвитку одного яру можна спостерігати різні стадії, при цьому кожній стадії розвитку поздовжнього профілю відповідає певна форма поперечного профілю рельєфу.

За положенням у рельєфі яри поділяють на берегові (схилів) і донні, розміщені відповідно на схилах і по дну балок. Виділяють також яри первинні, що вперше прорізують поверхню схилів, і вторинні, які прорізують і поглиблюють дно балок. Якщо в донний яр впадають гирла берегових, або схилових, ярів, утворюються яружні системи.

Яри можна групувати за площею водозбірного басейну, висотою вершинного перепаду, глибиною, ступенем ураження ними території.

Ступінь ураження території ярами виражають у відсотках площі, безпосередньо зайнятої ярами: за сумарною протяжністю ярів, що вимірюється довжиною яружної мережі на 1 км<sup>2</sup>; за щільністю ярів, що вимірюється кількістю їх на 1 км<sup>2</sup>; за розчленованістю схилів ярами, яка визначається середньою відстанню між двома ярами; за об'ємом ярів, який обчислюють у метрах кубічних на 1 км<sup>2</sup> (м<sup>3</sup>/км<sup>2</sup>). Визначаючи ступінь ураження території ярами, треба враховувати тільки яри, а не яружно-балкову систему в цілому.

М.М. Заславський (1983) запропонував таку шкалу для складання картограм сумарної протяжності яружної мережі: менше 0,1 км/км<sup>2</sup>; 0,1—0,25; 0,25—0,5; 0,5—0,7; понад 0,7 км/км<sup>2</sup>.

Розчленованість схилових земель за середньою відстанню між двома ярами може бути: слабкою — понад 1000 м; середньою — 500—1000; сильною — 250—500; дуже сильною — менше 250 м.

Річну інтенсивність лінійної ерозії оцінюють за такими показниками: за об'ємом ґрунту, винесеного з промоїн і ярів, тобто за річним збільшенням об'єму всіх промоїн і ярів на даній території; за приростом площі, зайнятої промоїнами і ярами; за збільшенням їх загальної протяжності.

Загальнодержавна класифікація ярів за їх розмірами (глибиною, довжиною, інтенсивністю росту) відсутня. У різних районах використовують різні класифікації, які відповідають особливостям розвитку місцевої яружної мережі. У регіонах, де переважають неглибокі яри, ті з них, глибина яких досягає 10 м, вважаються глибокими, тоді як у районах поширення лесів, де зустрічаються яри глибиною до 100 м і більше, такі яри вважаються неглибокими.

У районах з невисокою інтенсивністю росту ярів річний приріст 2 м вважається досить інтенсивним, тоді як на зрошуваних ґрунтах, які сформувалися на лесах, де яри можуть рости зі швидкістю 200 м за рік, інтенсивність росту 2 м вважається незначною.

Ерозія ґрунтів є історичним наслідком неправильного господарського використання землі без урахування природних умов та загальних закономірностей водного режиму. У природних умовах процес змивання мало помітний, оскільки існує стійка рівновага між поверхневим стоком і рельєфом місцевості, тобто змив ґрунту балансується ґрунтоутворенням (Арманд Д.А., 1966).

Нині господарська, особливо землеробська, діяльність людей повністю визначає розвиток та інтенсивність ерозійних процесів. Ерозія завжди була супутником нерационального землеробства, а також тваринництва. Інтенсивна ерозія, яка спостерігається на сьогодні, зумовлена переважно діяльністю людини, тому її називають антропогенною. Крім антропогенної, виділяють геологічну ерозію, яка відбувається на нерозораних територіях більш повільними темпами.

Антропогенна ерозія виникла з розвитком скотарства і, особливо, з початком розвитку землеробства, коли природний рослинний покрив випасався худобою або знищувався повністю, а ґрунт розорювався.

Водна ерозія ґрунтів виникає за наявності стоку, тобто для її прояву необхідними умовами є поява на поверхні ґрунту шару води і нахил, який забезпечує її стік. Залежно від походження води для появи стоку на поверхні ґрунту, розрізняють три види ерозії: від талих вод, зливову та іригаційну. Кожен із цих видів ерозії може спричинювати як площинну, так і струменеву та яружну ерозію.

Ерозія від талих вод — це змив ґрунту водами, які надходять під час танення снігу. Вона характеризується великою тривалістю процесу, охоплює значні території, проте, як правило, відзначається невеликою інтенсивністю, оскільки в період танення снігу ґрунт більшу частину часу перебуває в мерзлому стані і не піддається знесенню.

Незважаючи на відносно малу інтенсивність ерозії від талих вод з розрахунку на одиницю об'єму стоку, в цілому за певних природних умов (особливо на зораних восени полях і посівах озимих) вона може досягати значних розмірів і завдавати великих збитків землеробству.

Злилова ерозія — це змив ґрунту водами, які залишаються на поверхні після випадання дощів. Тривалість її впливу на ґрунт вимірюється годинами і хвилинами. Проте, маса змитого ґрунту при цьому, як правило, більша, ніж у разі танення снігу і досягає 10—100 т/га за рік.

За зливової ерозії ґрунти руйнуються з двох причин: внаслідок змивання і розмивання потоками стікаючих по поверхні вод, які не встигли увібратися ґрунтом і через руйнування ґрунтових агрегатів краплинами дощу. Потужність розмивного потоку поверхневих вод

залежить від інтенсивності дощу та його тривалості, а також від довжини схилу й інших факторів, які розглядатимуться далі.

Руйнівна дія дощу на ґрунтові агрегати визначається кількістю крапель, яка надходить за одиницю часу, та їх розмірами. Чим крупніша крапля, тим більшу швидкість і кінетичну енергію вона має і тим більше руйнування спричинює. За удару крапля руйнує ґрунтовий агрегат, частинки ґрунту разом з бризками потрапляють у струминки води на поверхні ґрунту і виносяться ними з поля. Ерозійна роль дощу велика, оскільки дощові краплі під час злив мають велику енергію.

Бризки від дощових крапель, які вдаряються об ґрунт, разом з мінеральними частинками піднімаються на висоту 40—60 см. Крім того, крупні краплі створюють турбулентність тимчасових потоків і збільшують їх транспортну і «риночу» здатність.

Інтенсивність зливових дощів є дуже мінливою в часі. Спочатку вона, як правило, порівняно невелика, тому майже вся вода витрачається на зволоження ґрунту і заповнення нерівного мікрорельєфу. Максимум дощових струмків формується здебільшого центральною частиною зливого дощу з найбільшою інтенсивністю. Дощі характеризуються кількістю опадів ( $x$ ) і тривалістю випадання ( $t$ ). Відношення

$\frac{x}{t}$  характеризує середню інтенсивність дощу ( $i$ ). Дощі з інтенсивністю понад 0,3 мм/хв називають зливами. Коефіцієнт стоку ( $X$ ) — це відношення висоти шару стікаючої води ( $h$ ) до висоти води опадів ( $H$ ):

$$X = \frac{h}{H}.$$

Тригаційна ерозія виникає після зрошення. Залежно від способу зрошення, її поділяють на підвиди: ерозія у разі поливу по борознах, смугах, чеках і дощуванням.

За різних способів поливу маса знесеного ґрунту істотно відрізняється.

Найменша ерозія спостерігається за поливу дощуванням і по чеках, а найбільша — по борознах, коли інтенсивність її може бути набагато більшою, ніж за дощової ерозії, або ерозії від танення снігу, тому полив по борознах намагаються замінити дощуванням, яке у разі правильної організації дає мінімальний стік. Ерозія в сухі сезони за такого способу поливу взагалі може не виникати. Вона буває лише у разі неправильного поливу, коли швидкість надходження води на ґрунт перевищує швидкість її вбирання ґрунтом (водопроникність), яка зменшується в міру набухання ґрунтових колоїдів і руйнування агрономічно цінних агрегатів.

Динаміка швидкості вбирання води ґрунтом залежить не тільки від властивостей ґрунту, а й від типу дощувальних машин, оскільки кожна з них дає різну інтенсивність дощу і різного розміру краплі і справляє різну руйнівну дію на ґрунтові агрегати (рис. 7).

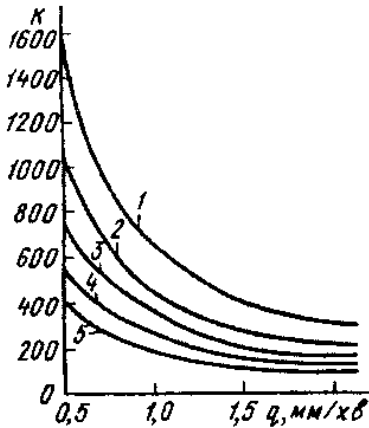


Рис. 7. Залежність коефіцієнта вбирання води (K) суглинковим ґрунтом у разі поливу дощуванням від діаметра крапель (d) та інтенсивності дощу (q): 1 — d = 0,5 мм; 2 — d = 1 мм; 3 — d = 2 мм; 4 — d = 2,5 мм; 5 — d = 3 мм.

Стік утворюється тому, що ґрунти вбирають не всю воду, яка подається під час дощування. Запобігти зазначеним негативним явищам на дуже поширених слабоструктурених ґрунтах чорноземного і каштанового типів можна тільки застосуванням ґрунтозахисної технології поливу, яка передбачає використання ерозійно допустимих поливних норм, проведення агротехнічних заходів, спрямованих на збільшення вбирної здатності ґрунтів, дотримання оптимальних строків поливу.

Щоб запобігти ерозії ґрунтів під час дощування на зрошуваних землях, визначають параметри безнапірного вбирання води ґрунтом методом експериментального дощування в польових умовах, і на їх основі — ерозійно допустимі поливні норми, динаміку ерозійно допустимих поливних норм протягом зрошувального періоду (вводять коефіцієнти, які враховують рослинний покрив, схил місцевості, щільність будови ґрунту та ін.).

Маючи розраховану інтегральну криву дефіциту водного балансу для конкретної культури, побудовану за загальноприйнятою методикою, і розрахунковий календарний графік зміни ерозійно гранично допустимих поливних норм, проєктують безпечний режим зрошення.

Збільшення вбирної здатності ґрунтів (а отже, ерозійно гранично допустимих поливних норм) досягають введенням у систему основного обробітку ґрунту безполицевого розпушування його культиватором КПП-250, чизелями ПЧ-2,5 і ПЧ-4,5 або глибокорозпушувачем ГУН-4 на глибину 30—35 см, передполивних культивацій просапних і овочевих культур, внесенням високих (до 100—200 т/га) норм органічних добрив.

Не кожний дощ спричиняє поверхневий стік. Він утворюється лише тоді, коли інтенсивність дощу ( $q$ ) перевищує інтенсивність вбирання води ґрунтом ( $K$ ), яка змінюється з часом ( $t$ ) у міру випадання дощу і насичення ґрунту вологою. Цю зміну описують формулою О.М. Костякова:

$$K_t = K_0 \left( \frac{t}{t_0} \right)^\alpha,$$

де  $K_t$  — інтенсивність вбирання води ґрунтом через інтервал часу  $t$ , що минув від початку дощу, мм/хв;  $K_0$  — початкова інтенсивність вбирання, мм/хв;  $\alpha$  — емпіричний коефіцієнт.

У природі можуть спостерігатися три варіанти дії інтенсивності дощу ( $q$ , мм/хв) на стік. Перший варіант: стік може утворитися на початку дощу. Це трапляється, коли інтенсивність початкового вбирання води ґрунтом менша за інтенсивність дощу ( $K_t < q$ ). Другий варіант: стік утворюється через деякий час після початку дощу. Він характерний для проміжку часу, коли швидкість вбирання знижується до величини інтенсивності дощу ( $K_t = q$ ). Третій варіант: стік не утворюється. Таке можливе у разі малої інтенсивності дощу, коли швидкість вбирання не знижується до рівня інтенсивності дощу ( $K_t > q$ ).

Найчастіше спостерігається другий варіант, коли стік утворюється через деякий час після початку дощу, тобто після насичення ґрунту вологою і зниження його вбирної здатності.

Поглинання води ґрунтом — це складний процес, який залежить від його будови, початкової його вологості і характеру надходження води в нього.

У сухому стані ґрунт пронизують тріщини, ходи черв'яків і комах. Перші порції води швидко проникають у такі пустоти, утворюючи «провальне» зволоження. Наступні порції води проникають некапілярними ( $>0,1$  мм) і капілярними ( $\leq 0,1$  мм) шпаринами і поступово надходять углиб ґрунту. Швидкість капілярного вбирання у різних ґрунтів неоднакова і значно менша, ніж швидкість провального зволоження ґрунтів.

Після заповнення великих щілин і капілярів подальше надходження води у ґрунт змушує капілярну вологу рухатися. Утворюється суцільний фронтальний низхідний потік води, інтенсивність якого зале-

жить від багатьох факторів, пов'язаних із властивостями ґрунтів та технологіями їх механічного обробітку. Як правило, ґрунтова товща має меншу об'ємну масу, ніж ґрунтоутворювальна порода. Вона характеризується доброю водотривкою структурою, містить багато вертикальних тріщин і шпарин. У зв'язку з цим, до повного насичення щілин і пустот ґрунтової товщі вода вбирається швидко, після чого її вбирання різко знижується.

Вбирна здатність ґрунту залежить не тільки від його властивостей, а й від параметрів дощу — його інтенсивності (див. рис. 7), тривалості і розмірів крапель (табл. 30).

Очевидно, що чим інтенсивніший і триваліший дощ, тим менша вбирна здатність ґрунту. Вона знижується зі збільшенням розміру крапель, що пояснюється руйнівною їх дією. Краплі більших розмірів розбивають ґрунтові агрегати інтенсивніше і тим самим сприяють більш швидкому їх руйнуванню та заповненню дрібноземом міжагрегатного простору верхнього шару ґрунту, тому іригатори змушені створювати конструкції дощувальних машин, які забезпечують менший розмір крапель. Якщо перші конструкції машин створювали дощ з діаметром крапель 2—2,5 мм, то останні — 1,0 мм і менше.

*Таблиця 30*

**ОСНОВНІ ПАРАМЕТРИ ДОЩУ, СТВОРЮВАНОГО  
ДОЩУВАЛЬНОЮ ТЕХНІКОЮ, ДЛЯ СУГЛИНКОВИХ  
ҐРУНТІВ ЗА ШВИДКОСТІ ВІТРУ 3—5 м/с**

Марка дощувальних машин, режим роботи	Інтенсив- ність дощу, мм/хв	Середній діа- метр крапель, мм	Допустима норма поли- ву, м <sup>3</sup> /га
«Кубань»	1,1	1,0	390
ДДА-100МА, насадка вгору, дов- жина б'єфа — 400 м	1,0	1,5	300
ДДА-100МА, насадки вниз, дов- жина б'єфа — 400 м	1,2	2,5	150
«Фрегат» без урахування кутів	1,05	1,1	380
«Днепр» з урахуванням кутів	1,0	1,5	500
«Волжанка»	0,58	1,5	525
Шлейф Метельського — 20/600	0,55	1,65	520
КСИД-10	0,12	1,5	340
ДДН-70	1,85	2,0	120
ДДН-100	1,7	2,25	115

За дощування машиною «Фрегат» (малі розміри крапель і низька інтенсивність дощу) швидкість вбирання води ґрунтом зростає в 2—3,5 рази, порівняно з дощувальними машинами, що дають дощ із крупнішими краплями.

Найсприятливішим для ґрунтів є дрібнодисперсне дощування, за якого інтенсивність енергії руйнування краплями води ґрунту є мінімальною, а приземний шар повітря додатково зволожується.

Ерозію ґрунтів спричинюють потоки води, кожний з яких рухається по руслу певної форми. Різні русла можуть пропускати за одиницю часу різну кількість води, яка визначається швидкістю її руху в руслі. Остання залежить від нахилу русла, шорсткості його поверхні, форми поперечного перерізу і ступеня звивистості. Всі ці показники враховують під час визначення руслових потоків та розробки протиерозійних заходів.

### 2.1.2. Фактори водної ерозії ґрунтів

---

Ступінь розвитку водної ерозії на тій чи іншій території залежить від природних і антропогенних факторів, до яких належать: клімат, рельєф, рослинний покрив, тваринний світ, властивості ґрунтів і ґрунтотворних порід, господарська діяльність людини, соціально-економічні умови.

**Клімат.** Небезпека прояву ерозійних процесів зумовлюється, насамперед, інтенсивністю дощових опадів. Дощі у вигляді мряки навіть величиною понад 50 мм можуть не утворювати стоку, тоді як зливи силою 10—12 мм й інтенсивністю 5—7 мм/хв можуть сприяти інтенсивному стоку, змиванню та розмиванню ґрунту. При цьому загальна маса ґрунтових частинок, відокремлених дощовими краплями і піднятих у повітря, може сягати від 10 до 100 т/га. Краплі дощу ущільнюють поверхню ґрунту, чим різко знижують його інфільтрацію. Сукупний вплив дощових крапель на відрив частинок ґрунту, транспортну здатність струмків та інфільтрацію ґрунтів зумовлює високу еродуючу дію води, яка стікає зі схилів. Якщо не враховувати енергію дощових крапель, змивання ґрунту у разі доброї його водопроникності може бути зменшене у 100 і більше разів (Заславский М.Н., 1984). Зливи завдають великої шкоди ґрунту і тоді, коли спричинюють невеликий змив, особливо на полях під чорним паром. Діючи силою удару крапель на всю поверхню ґрунту, вони зумовлюють вимивання насамперед дрібного пилу (частинок з діаметром 0,005—0,001 мм) і мулу (частинок розміром менше 0,001 мм), в яких зосереджена найцінніша частина ґрунту — оксиди заліза, алюмінію, марганцю, каолін, гумусові речовини, фосфати тощо. Дрібному пилу, і особливо мулу, властиві пластичність, липкість і здатність набрякати, а мулу і незначною мі-

рою ґрунту — коагуляція, що дуже важливо під час оцінювання структуротворної ролі зазначених факторів. Прямо впливають на зменшення зливого стоку ступінь щільності поверхневого шару ґрунту, особливо з водотривкою структурою, і вираженість нано- та мікрорельєфу; густина рослинного покриву і наявність мульчі, а опосередковано — нахил поверхні, розмір і енергія краплин, що падають. На ґрунтах з водотривкою структурою наявність пухкого шару товщиною 6—8 см забезпечує повніше вбирання опадів, а на ґрунтах, схильних до запливання, пухкий шар функціонує недовго, тому його вбирання здатність знижується, що призводить до швидкого формування стоку і посилення змиву.

Прояву водної ерозії сприяють великі розміри полів, введення чистих парів, використання важкої сільськогосподарської техніки, велике насичення сівозмін просапними культурами, перевага в системі механічного обробітку ґрунту оранки, за якої рослинні рештки загортаються в ґрунт і його поверхня залишається тривалий час незахищеною.

Головними природними факторами, що зумовлюють розмір стоку талих вод, є крутизна схилу, зволоження ґрунту, запаси снігу перед його таненням і глибина промерзання ґрунту. Стік формується за обов'язкового поєднання цих факторів.

Не вбирає воду мерзлий ґрунт, вологість якого вища НВ, коли його поверхня вирівняна і має дрібногрудочкувату структуру. Основною перешкодою при цьому є найбільш зволожений і ущільнений верхній шар ґрунту товщиною 5—7 см. Він насичується водою за рахунок як капілярного руху її з нижніх шарів до поверхні замерзання, так і дощів, які часто випадають у Степу на мерзлий ґрунт, або танення снігу за відлиг. Внаслідок різкого коливання температур удень і вночі навесні вологість замерзаючого шару ґрунту може підвищитись за одну ніч на 15—20 %. Причому, більш інтенсивно, нерідко з утворенням льодяної кірки на ущільненій ріллі і менш інтенсивно на розпушеному ґрунті, який навіть у разі сильного насичення кригою може зберігати досить високу водопроникність. Керувати цим процесом найбільш доцільно, створивши ще восени орний шар крупнопористої будови, в якому вода більше нагромаджується в підорному шарі і менше — у верхньому.

На ґрунт і стік талих вод помітно впливає сніговий покрив. За швидкого нагромадження його з початку зими, помірного і слабого зволоження ґрунту з осені останній менше промерзає і краще вбирає воду. В нестійкі зими, коли сніг часто тоне, а відлиги нерідко чергуються з дощами, можливості ґрунту і проведення агротехнічних заходів щодо затримання вологи переважно вичерпуються ще взимку. Навесні більшість снігових вод у таких випадках стікає по схилу, спричинюючи посилений змив, тому для запобігання йому слід не тільки створювати сприятливі умови для більшого вбирання води ґрунтом, а



й застосовувати таку систему вирощування культур, яка формувала б поверхню ґрунту, стійку проти розмиву водою. Восени це краще вирішується за зяблевого обробітку з мульчуванням, який за глибокого розпушування одночасно забезпечує максимальне вбирання води ґрунтом і стікання її лишків по стійкій поверхні. Такий обробіток є найдоцільнішим заходом затримування снігу. Для цього важливо зберегти стерню у стоячому положенні. Цей захід особливо ефективний у Степу, де сніговий покрив є неглибоким, а випадання снігу чергується з повним його таненням.

На схилах часто основною причиною сильного змиву ґрунту є нерівномірне залягання снігу. Він здувається більше, а часто повністю з нижньої частини східних, південно-східних та південних схилів. У такому разі під час танення снігу вода, що надходить зверху на оголений ґрунт, внизу інтенсивно розмиває його, що є особливо небезпечним за розміщення озимих та багаторічних трав зверху схилу, а зябу — внизу. Сніг на полях протягом зими майже ніколи не лежить рівним шаром, оскільки під впливом вітру він переміщується і нагромаджується у вигляді заметів.

Товщина снігового покриву на схилах за інших однакових умов більше залежить від їх форми та експозиції. На увігнутому схилі вона біля підніжжя, у долині часто в кілька разів більша, ніж на вершині схилу або його вододілі.

На випуклих, особливо вітроударних, схилах снігу менше внизу і більше вгорі. Найменш стійким сніговий покрив є на південних і східних схилах. Навесні сніг на них сходить рано, тому мікроклімат більш континентальний, і ґрунт сильніше зазнає дії водної та вітрової ерозії.

Нерівномірне, як і прискорене, танення снігу дренує сніговий покрив, знижує шар води в ньому, концентрує її у місцях вимоїн, де вода нагрівається, прориває перемички снігу і концентрованим струменем стікає зі схилів. У разі нерівномірного снігового покриву сніг тане швидше, що є дуже небажаним не тільки з огляду на можливість розвитку ерозійних процесів, а й для нагромадження вологи. Мерзлий ґрунт має низьку водопроникність, і у разі швидкого танення снігу більшість води витрачається на стік, прискорюючи змивання ґрунту.

Ф.Т. Моргун, М.К. Шикуча, О.Г. Тарарико (1988) довели, що в Ліссостепу ерозійно небезпечні опади з добовою сумою понад 10 мм випадають порівняно часто. Найбільше їх випадає на заході зони, найменше — на сході. Аналіз кількості днів з ерозійно загрозливими опадами по сезонах показав, що найбільше дощів випадає влітку (58 % — більше 10 мм, 66 % — понад 20 мм), значно менше навесні і восени (відповідно 23 і 19 % — понад 10 мм і 16 та 18 % — понад 20 мм).

Стік талих і зливових вод є тією енергетичною силою, яка руйнує ґрунт і транспортує змулений у воді дрібнозем. Величина середньорі-

чного поверхневого стоку залежить від зони і становить: у Лісостепу — 50—70 мм і більше; в північному та центральному Степу — 30—50; південному — 10—30 мм.

Ерозійна небезпека від опадів є неоднаковою на території Лісостепу. У правобережній частині зони вона вища, ніж у лівобережній. Особливо висока вона в регіоні, що охоплює центральну частину Правобережного Лісостепу. Західна низовинна частина Лівобережного Лісостепу (старовинні тераси Дніпра) характеризується найменшою ерозійною небезпечкою дощових опадів, а далі на схід, у районі відрогів Середньоруської височини, вона зростає.

Ерозійна сила зливових опадів, що визначається їх енергетичною характеристикою, на території України має певні особливості. Збільшення чи зменшення енергії опадів в окремих районах пов'язане переважно із впливом рельєфу. Так, райони Прикарпаття, де енергетичні характеристики опадів підвищені, перебувають під впливом місцевого циклогенезу, зумовленого орографічними та особливими термічними умовами.

У рівнинній частині Лісостепу й Степу ерозійна дія опадів пов'язана переважно з холодними фронтами, які відзначаються високою активністю. На Лівобережжі України загострення холодних фронтів відбувається під впливом Донецького кряжа, Приазовської та відрогів Середньоруської височин, тому на фоні зменшення сумарної кінетичної енергії опадів за теплий період із заходу до південного сходу й півдня енергія зливових опадів за добу в Степу, наприклад, з вірогідністю повторення раз на 10 років (10 % забезпеченість) є не нижчою, ніж у Лісостепу і на Поліссі.

Запаси води в сніговому покриві на початку весняного танення снігу, які значною мірою визначають величину стоку талих вод і вологозабезпеченість ґрунту у весняний період, становлять у середньому 20—40 мм з відхиленнями від 10 мм у південному Степу до 70 мм і більше — на Поліссі. Висота снігового покриву і запаси води в ньому зменшуються з північного заходу на південний схід.

Велику роль у розвитку ерозії ґрунтів у Лісостепу та північному Степу відіграє та обставина, що значна кількість рідких опадів тут на ґрунт надходить навесні та рано влітку за відсутності розвиненого рослинного покриву. Оголений ґрунт швидко руйнується дощем передусім тому, що зазнає дії дощових крапель, які розбивають ґрунтові агрегати і призводять до значного погіршення структурного стану ґрунту. На ділянках із рослинністю удари дощових крапель пом'якшуються рослинним покривом. Крім того, інтенсивність ерозії в цей час велика ще й тому, що агрегати ґрунту під слаборозвиненими рослинами недостатньо скріплені їх кореневою системою.

У Степу дощі часто випадають у вигляді злив. За один-два дні тут може випадати середньомісячна норма опадів, яка становить 40—50 мм. Ґрунт, звичайно, не встигає увібрати таку велику кількість води, і над-

лишок її починає стікати по схилах. Так, за інтенсивності дощу 0,25; 0,5; 1,0 і 2 мм/хв стік води на сірому лісовому ґрунті становив відповідно 5, 19, 56 і 61 % від кількості опадів, а змив ґрунту — 0,22; 0,75; 6,6 і 35 т/га (Толчельников Ю.С., 1990).

На інтенсивність ерозії сильно впливає розмір дощових крапель, який залежить від інтенсивності дощу (рис. 7).

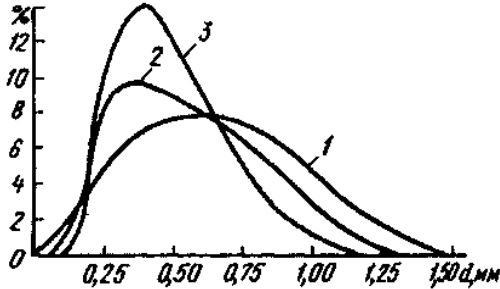


Рис. 7. Розподіл крапель (в %) за діаметром у разі випадання дощів різної інтенсивності: 1 — 65—115 мм/год; 2 — 115—165 мм/год; 3 — понад 165 мм/год.

Діаметр крапель затяжних опадів становить 1—1,5 а зливових — 3—5 мм. Маса останніх у 5—15 разів, а швидкість у приземному шарі повітря є удвічі більшими. Отже, сила удару крапель за зливових опадів у 10—30 разів більша, ніж затяжних. Крім того, швидкість падіння крапель, а отже їх руйнівна сила зростає до певних меж зі збільшенням діаметра крапель (рис. 8).

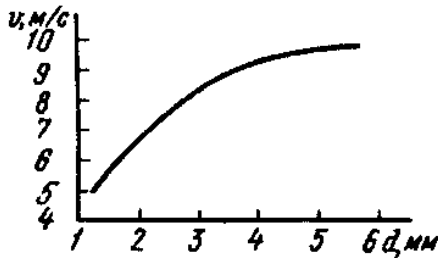


Рис. 8. Залежність кінцевої (приземної) швидкості дощу від діаметра крапель

Таким чином, водна ерозія ґрунтів зумовлюється руйнівною енергією опадів, їх стоком, а також станом поверхні ґрунту.

гетична характеристика зливових опадів на території України (160—2500 Дж/м<sup>2</sup>) така, що навіть цілинні ґрунти, якщо вони позбавлені рослинності, не здатні протистояти такій енергії руйнування. Краплі зливових опадів вибивають ґрунтові частинки й агрегати на висоту до 1 м і на відстань 1—4 м. Енергія крапельного руйнування значно вища за енергію відриву і перенесення ґрунтового матеріалу стоком. Маса винесеного ґрунтового матеріалу може досягати 25—130 т/га і більше.

Слід зазначити, що добре протиерозійне покриття ґрунту створюють зернові культури — озима пшениця, ячмінь. Найбільш ерозійно небезпечними культурами є просапні — картопля й кукурудза на зерно. Ерозійна небезпечність цукрових буряків із квітня до червня низька, а в наступні місяці у зв'язку з наростанням потужної листкової поверхні підвищується на тривалий період (до жовтня).

Для проектування протиерозійних заходів важливим показником поряд із сумарними величинами є характеристики окремих дощів. Внутрішньорічний розподіл ерозійно небезпечних дощів (інтенсивністю понад 10 мм/год) неоднаковий за фізико-географічними провінціями. Найвищим значення цього показника є в Західноукраїнській фізико-географічній провінції, коли дощі в цей період є ерозійно найнебезпечнішими. Найбільша кількість їх припадає на перші й останні місяці теплого періоду року, коли захищеність ґрунтів сільськогосподарськими культурами є низькою. Значно менше ерозійно небезпечних дощів випадає в Середньоруській фізико-географічній провінції — від 0,1 в перші і останні місяці теплого періоду року до 1,5 у червні-липні; найбільше у Західноукраїнській провінції — 9 (за квітень-жовтень). Проміжне місце за цим показником займають Дністровсько-Дніпровська та Лівобережно-Дніпровська провінції, де за квітень-жовтень випадає в середньому відповідно 7,5 і 6,3 ерозійно небезпечних дощів. Ерозійно найнебезпечніші поодинокі зливи спостерігаються в Полтавській області і в підвищеній частині правобережного Лісостепу (Моргун Ф.Т., Шикула Н.К., Тарарико А.Г., 1988).

**Рельєф.** Від особливостей рельєфу залежить значною мірою інтенсивність водної ерозії, розмір і швидкість поверхневого стоку, а отже — швидкість руйнування і знесення ґрунту. Перш ніж розглядати вплив рельєфу на ерозію ґрунтів, зазначимо, що інтенсивність її, під якою розуміють кількість ґрунтового матеріалу, який змивається за одиницю часу ( $t$ ), зростає зі збільшенням швидкості потоку ( $V$ ). У разі малої швидкості потік не справляє відчутної руйнівної дії на ґрунт (рис. 9). Ерозія в цьому випадку є незначною і дорівнює допустимій або нормальній.

Швидкість течії води, за якої починається її руйнівна дія на ґрунт, називається *критичною швидкістю* ( $v_{\text{кр}}$ ). Для змиву частинок різного розміру існує своя критична швидкість.

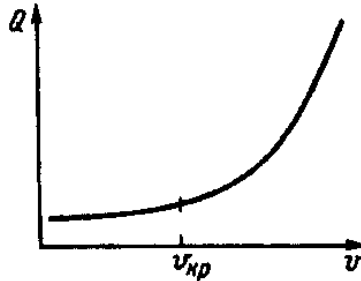


Рис. 9. Залежність інтенсивності змиву ґрунту  $Q$  від швидкості потоку  $V$

Критична швидкість потоку води або вітру для частинок діаметром  $d$  виражається рівнянням:

$$V_{\text{кр}} = \frac{1}{K} \sqrt{\frac{d(j - j_0)}{j_0}} \cdot q,$$

де  $K$  — емпіричний коефіцієнт;  $d$  — діаметр частинок;  $j$  — щільність частинок;  $j_0$  — щільність середовища, що рухається;  $q$  — сила гравітації.

Особливості рельєфу по-різному впливають на швидкість потоку та інтенсивність ерозії. Найбільше швидкість потоку залежить від крутизни схилу  $\alpha$ , зі збільшенням якої швидкість потоку різко зростає (рис. 10).

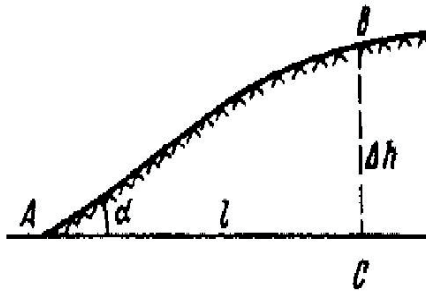


Рис. 10. Залежність крутизни схилу  $\alpha$  від перевищення місцевості  $h$  на одиницю довжини  $L$

Крутизну схилу виражають співвідношенням різниці висоти двох точок  $A$  і  $B$  схилу  $\Delta h$  і горизонтальної проекції  $AC$  відстані між ними ( $L$ ).

Крутизну середніх і крутих схилів звичайно виражають у градусах. На місцевості крутизну схилів визначають за допомогою екліметрів, а в камеральних умовах — за висотою перерізу горизонталей і відстанню між ними.

Малі кути схилу характеризуються також співвідношенням перевищення (у метрах) на кілометр відстані  $h$ , тобто виражають у тисячних частках довжини схилу.

За крутизною схили, які використовуються в землеробстві, поділяють на пологі, спадисті, круті та обривисті.

На вирівняних ділянках земної поверхні кути схилу малі — менше  $1^\circ$ , на пологих схилах —  $1\text{—}2^\circ$ , спадистих —  $2\text{—}5^\circ$ , крутих —  $5\text{—}10^\circ$ . Ділянки схилів із крутизною понад  $10^\circ$  вважаються дуже крутими. Такі схили без проведення спеціальних меліоративних заходів у сільському господарстві не використовують.

Ерозійні процеси безпосередньо залежать від крутизни схилів. Крутизна схилів передусім визначає ступінь змитості ґрунтів (табл. 31).

Таблиця 31

**СТУПІНЬ ЗМИТОСТІ ҐРУНТІВ ЗАЛЕЖНО  
ВІД КРУТИЗНИ СХИЛУ**

Характеристика схилів	Крутизна, градус	Можливий ступінь змитості
Рівні ділянки	До 1	—
Пологі схили	1—2	Слабкий
Спадні	2—5	Середній
Круті	5—10	Сильний

Про ступінь загрози ерозії ґрунтів певного природного масиву в цілому дає уявлення коефіцієнт (густота) ерозійної розчленованості території:

$$K = \frac{\alpha}{S},$$

де  $\alpha$  — довжина всіх ярів і балок певної території, м;  $S$  — площа масиву,  $\text{м}^2$ .

За коефіцієнтом ерозійної розчленованості можна визначити характер рельєфу місцевості, найдоцільніше її використання та необхідні протиерозійні заходи. За густотою розчленування територію поділяють на райони: розчленовані слабо ( $K < 0,5$ ), середньо ( $K = 0,5 - 1$ ) і сильно ( $K > 1$ ).

Математично виразити залежність інтенсивності ерозії від нахилу можна формулою:

$$Q = KI^n,$$

де  $Q$  — інтенсивність ерозії, т/га за рік;  $K$  — коефіцієнт пропорційності;  $I$  — нахил,  $\text{tg } \alpha$ ;  $n$  — емпіричний показник.

За крутизною схилів визначають систему протиерозійних заходів і спосіб використання території. Орієнтовно залежність ступеня прояву ерозії і способу використання території від крутизни схилів можна охарактеризувати так:

а) до  $1^\circ$  — ґрунт не зазнає змиву, ділянки його не потребують ніяких протиерозійних заходів; можна використовувати їх під будь-які культури;

б)  $1\text{—}3^\circ$  — можливий слабкий змив ґрунтів, для їх захисту від ерозії оранку слід проводити упоперек схилів, а під пар і зяб — безполіцевий обробіток;

в)  $3\text{—}5^\circ$  — спостерігається середній змив ґрунтів; доцільно впроваджувати ґрунтозахисні сівозміни кормового напрямку з великим насиченням багаторічними травами;

г) від  $5$  до  $8^\circ$  — можливий сильний змив ґрунтів; такі ділянки обмежено використовують у сільському господарстві, необхідним є залуження на бровках балок і ярів;

д) понад  $8^\circ$  — ґрунти сильно змиваються, їх вважають неорнопридатними, вони підлягають залуженню та закріпленню в окремих місцях штучними спорудами;

е) понад  $15^\circ$  — не використовують у сільському господарстві без проведення спеціальних заходів.

На ерозію ґрунтів впливає не тільки крутизна схилу, а і його довжина (рис. 11). За великої довжини схилу на його нижню частину припадає більше поверхневих вод, ніж на верхню і середню частини, і ґрунти довгих схилів еродуються значно сильніше, ніж ґрунти коротких схилів за тієї ж крутизни. Саме з цієї причини виникають яружна ерозія, зсуви та обвали в нижній частині схилів пагорбкуватих територій та міжгірських понижень. Залежність інтенсивності ерозії  $Q$  від довжини схилів виражається рівнянням:

$$Q = K(L)^m,$$

де  $K$  — коефіцієнт пропорційності;  $L$  — довжина схилу;  $m$  — емпіричний коефіцієнт, який дорівнює  $1\text{—}2,5$ .

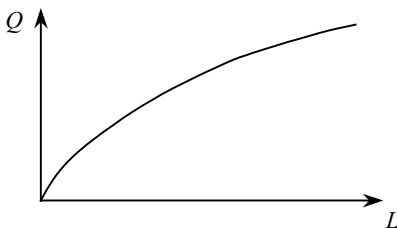


Рис. 11. Залежність інтенсивності ерозії  $Q$  від довжини схилу  $L$

Залежність інтенсивності ерозії від довжини схилу особливо відчутно спостерігається в гірських районах, де долини мають довгі схили. Навіть за середньої інтенсивності дощу (за добу випадає 20—30 мм) внаслідок стоку з довгого схилу на його нижню частину надходить велика кількість води, яка може призвести до катастрофічних наслідків. У гірських районах невеликі річки після дощу середньої інтенсивності тривалістю понад добу перетворюються на вируючі каламутні потоки, які несуть змитий зі схилів ґрунт, викорчувані з корінням чагарники й дерева і розливаються по вулицях селищ та міст. Такі явища в гірських районах виникають тому, що на довгих схилах утворюються великі водозбірні площі, з яких у долини надходять величезні маси води. За рівнинних умов на коротких схилах такі великі водозбори не утворюються, тому біля підошов схилів нагромаджується значно менше води.

Довжина схилів визначає розмір водозбірної площі, а отже — площі, з якої зноситься дрібнозем, та кількість осадового матеріалу, який надходить на заплаву. За однакової крутизни схилів зі збільшенням площі водозбору кількість матеріалу, що надходить з нього, різко зростає.

Слід зазначити, що збільшення довжини схилу, коли ґрунт не мерзлий, сприяє зростанню його реальної водопроникності та поглинанню води в цілому. З просуванням вниз по схилу товщина шару води, яка стікає, і площа затоплення поступово збільшуються, внаслідок чого зростає інтенсивність вбирання води, зменшується об'єм стоку. Ця закономірність чітко виявляється на добре водопроникному ґрунті. На ущільненому (багаторічні трави й озимі) та вирівняному (паровий і напівпаровий обробіток) ґрунті вплив довжини схилу на вбирання води незначний або його зовсім немає. Таке ж значення має і крутизна схилу. З'ясування цієї закономірності має важливе практичне значення, оскільки вона показує, що на ущільнених фонах небезпека ерозії на довгих схилах є більшою і меншою — на коротких. На рівнині її, звичайно, не враховують і застосовують агротехніку, яка посилює втрати снігових вод із поверхневим стоком. За напівпарового обробітку зябу (оранка чи безполицевий обробіток з наступними боронуваннями і культивуваннями) втрати води на стік на будь-якому схилі досягають 70—90 %. На полях зі схилами крутизною до 1° (відносно рівних) поверхневий стік талих вод має меншу швидкість, але розширюється і захоплює більшу поверхню ґрунту. За певних умов змив у цьому разі може бути значно більшим, ніж на схилі або елементі його крутизною 5—7°, що і підтверджується дослідженнями.

Отже, поширення еродованих ґрунтів тісно пов'язане із крутизною, довжиною та експозицією схилів. Так, всебічний аналіз ґрунтових карт, складений філіями Інституту «Укрземпроект», показав, що зі збі-



льшенням крутизни схилів ступінь еродованості ґрунтів зростає, а відносний відсоток слабоеродованих ґрунтів є найбільшим на схилах крутизною 1—3 і 3—5°.

На схилах крутизною понад 5° нееродованих ґрунтів практично немає, а кількість середньо- та сильноеродованих різко зростає. Отже, і коефіцієнт еродованості ґрунтового покриву зі збільшенням крутизни схилів підвищується. Однак, довжина і крутизна схилів перебувають у зворотній залежності. Якщо, наприклад, схили крутизною до 1° мають середню довжину близько 628 м, то схили крутизною понад 12° — 123 м, тобто коротші у 5 разів.

Зі збільшенням довжини схилу шар води, що утворюється внаслідок випадання інтенсивних дощів або танення снігу, стає з нагромадженням води потужнішим і набуває великої швидкості під час стікання, через що відбувається інтенсивне змивання та розмивання ґрунту.

В умовах Степу і Лісостепу між довжиною схилів та кількістю еродованих ґрунтів існує чіткий зворотний зв'язок (Шелякін М.М., Джамаль В.А., 1986).

В Україні найбільш еродованими за кількістю і за ступенем еродованості є короткі схили (до 200 м). Зі збільшенням довжини схилів до 400 м кількість еродованих ґрунтів і коефіцієнт еродованості зменшуються і надалі практично не змінюються. Отже, зі збільшенням довжини схилів зменшується крутизна їх, тому М.М. Шелякін, В.А. Джамаль (1986) роблять висновок про те, що на інтенсивність ерозійних процесів впливає насамперед крутизна схилів.

В умовах Степу й Лісостепу найбільше зазнають ерозії схили північної, найменше — західної експозицій. Схили південної та східної експозицій еродуються однаково (Шелякін М.М., Джамаль В.А., 1986).

На еродованість ґрунтів України експозиція схилу впливає менше, ніж крутизна та довжина, тому за ступенем впливу на інтенсивність ерозії в напрямку його зменшення геоморфологічні показники можна розмістити у такому порядку: крутизна > довжина > експозиція.

На інтенсивність ерозії впливає також форма схилів, яка буває прямою, випуклою та ввігнутою (рис.12). Це пов'язано з утворенням внаслідок ерозійних процесів форм зі стійким ерозійним профілем. Останній у розрізі має ввігнуту форму, а його основа знаходиться на площині базису ерозії. Оскільки профіль випуклих схилів більш віддалений від стійкого ерозійного профілю, такі схили зазнають більш сильного ерозійного впливу. Знесення ґрунтів і гірських порід триває не безмежно. Максимальна глибина ерозійних урізів не може бути нижчою за певний рівень — базис ерозії.

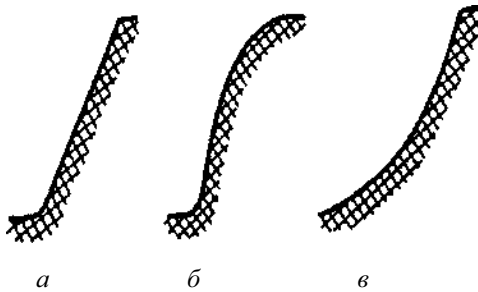


Рис. 12. **Форма схилів:** *а* — пряма; *б* — випукла; *в* — увігнута

Базисом ерозії називається горизонтальна поверхня, на рівні якої припиняється ерозія, тобто нижче якої води поверхневого стоку не опускаються. Базис ерозії збігається з рівнем водної поверхні водоприймача, розміщеного в нижній частині схилу, або якої-небудь западини, не заповненої водою. Такі западини часто трапляються в сухих районах.

Розрізняють місцевий і загальний базиси ерозії. Місцевим базисом є найбільш понижені елементи місцевості, наприклад, для яру, що відкривається в долину річки, базисом ерозії є рівень води в ній. Загальним базисом ерозії є рівень Світового океану.

Перевищення вододільного простору над рівнем базису ерозії називається *глибиною базису ерозії*. Чим глибший базис ерозії, тим більша швидкість потоку і сильніша ерозія ґрунтів.

Інтенсивність ерозії залежить також від експозиції схилу, яка впливає на швидкість ерозії ґрунтів, оскільки ґрунти схилів різної експозиції отримують різну кількість сонячної теплоти. Внаслідок цього у них неоднакові зволоження, тепловий режим, амплітуда температурних коливань, швидкість вивітрювання і склад природного рослинного покриву. Через це на схилах різної експозиції швидкість ерозії ґрунтів неоднакова, яка в Північній півкулі є більшою на схилах південної експозиції. Найбільше експозиція схилів впливає на ерозію ґрунтів навесні, коли на південних схилах сніг сходить швидше і талі води, рухаючись по оголеному талому ґрунту, спричинюють його ерозію. Ґрунти схилів північної експозиції в цей час ще перебувають у мерзломому стані, прикриті снігом, тому не зазнають ерозії.

Із факторів змиву мерзлого ґрунту найважливішими є температура, швидкість руху і турбулентність води, що стікає. Чим тепліша вода, тим менша її в'язкість, більша швидкість руху і дія на відтаювання ґрунту. Особливо небезпечні в цьому відношенні дощі в Степу, які часто випадають узимку і навесні на сильно зволожений і мерзлий ґрунт. Каламутність води, що стікає по язбу і слабо розвинених посівах, за температури дощу 8—10 °С може сягати 400 г/л і більше. Керувати

цим процесом певною мірою можна, застосовуючи мульчування ґрунту. На ґрунті з мульчею і добре розвиненими озимими посівами потік води розпадається на малі струмки. В'язкість у разі доторкання її до підстилаючої поверхні, де під мульчею холодніше, підвищується, а завдяки механічному гальмуванню втрачається швидкість її руху. В результаті помітно підвищується кольматуюча дія фону, а змив ґрунту за межі поля зменшується в 5 разів і більше.

Стійкість ґрунту проти площинного змиву талими водами вища тоді, коли мульча менше змішується з ґрунтом і нею покрита більша поверхня поля. Для зменшення інтенсивності лінійної ерозії ґрунт розпушують восени на глибину 20 см і більше. При цьому більшість води просочується у ґрунт, і енергія водного потоку послаблюється (Ломакін М.М., 1988).

Підрахунки показують, що для змиву 1 т ґрунту по зябу відкритої ріллі потрібно в 4—7 разів менше води, ніж із посівів озимої пшениці, і більш як у 20 разів — з багаторічних трав. З 1 т незарегульованих талих вод, за даними Інституту зернового господарства УААН, змивається 129 кг ґрунту по зябу, 16—33 кг — з посівів озимих, 6 кг — із посівів багаторічних трав (Пабат І.А., 1992).

**Рослинний покрив** відіграє дуже важливу роль у захисті ґрунтів від ерозії. Вплив його на швидкість ерозії різнобічний. Коренева система рослин передусім скріплює структурні елементи ґрунту і цим перешкоджає його розмиванню і змиванню. У багатьох природних рослинних угруповань (степових, лучних, гірсько-лучних) коренева система розвинена значно більше, ніж надземна частина. На типових чорноземах, наприклад, зелена маса у сухому стані становить 3—4 т/га, а коренева — близько 20 т/га, тобто маса коріння перевищує масу надземної частини в 5—6 разів. У Сухому Степу це перевищення досягає 10—12, а на гірських луках — майже 100 разів. На гірських луках потужна коренева система рослин утворює своєрідний панцир, який запобігає розмиванню і знесенню ґрунту, тому знищення природної рослинності в горах, внаслідок випасання худоби, призводить до катастрофічно швидкого руйнування і знесення ґрунту.

У сільськогосподарських культур (крім багаторічних трав) співвідношення між надземною і кореневою масами інше. У зернових за врожайності зерна 3 т/га надземна маса становить 6 т/га, а підземна — 2—3 т/га. Через це коренева система більшості зернових і зернобобових не може ефективно захищати ґрунт від ерозії. Тим більше, цього не можна очікувати на ділянках, зайнятих просапними культурами, та на парових полях.

Завдяки кореневим системам рослин збільшується пористість і фільтраційна здатність ґрунтів. У ґрунтах, густо пронизаних корінням, краще вбирається волога, зменшується ерозія. За рахунок корневих систем щільність дернини в 1,2—1,7 раз менша, ніж решти гумусового горизонту.

У природних рослинних угрупованнях поверхня ґрунту покрита шаром напіврозкладеного опалого листя. Це лісова підстилка або степова повсть. Вони мають добру водопроникність і вологоємність, тому під пологом лісу або в цілному степу не утворюється поверхневий стік. Під час розорювання ґрунтів цей фактор зниження ерозії зникає. Опале листя і стебла рослин збільшують шорсткість поверхні ґрунтів, завдяки чому підвищується вбирна здатність їх і зменшується ерозія. Крім того, рослинність, прикриваючи поверхню ґрунту, є фізичним захистом від руйнівної дії дощових крапель.

Відомо, що знищення тропічних лісів та розорювання ґрунтів спричинюють надзвичайно швидке руйнування ґрунтового покриву тропіків внаслідок ерозії. Місцеве населення для боротьби з цим явищем здавна застосовує особливу систему вирощування польових культур, використовуючи властивість лісу захищати ґрунт. Корисні культури (наприклад, кукурудзу) вони вирощують на невеликих ділянках — між куртинами, що залишаються після вирубування лісу, або між посадженими деревними рослинами, наприклад, бананами.

Сільськогосподарські культури по-різному захищають ґрунт від водної ерозії. Найменшу ґрунтозахисну дію мають просапні культури, найвищу — багаторічні трави. Пшениця озима і жито озиме краще захищають ґрунт від ерозії, ніж ярі ячмінь і овес.

Чим краще розвинена надземна маса рослин, тим вища їх ґрунтозахисна дія, оскільки густий рослинний покрив послаблює руйнівну дію крапель дощу на ґрунт. Крім того, у разі більшої надземної маси в однієї і тієї ж культури більша маса коріння, завдяки якій дрібні грудочки ґрунту набувають водотривкої структури. Таким чином, у разі забезпечення земними і по можливості космічними факторами життя в оптимальній кількості культури не тільки формують високу продуктивність, а й захищають ґрунт від ерозії.

**Тваринний світ** може істотно впливати на протиерозійну стійкість ґрунтів. В одних умовах вони посилюють ерозію, в інших — істотно зменшують її. Наприклад, у районах напівпустель і сухих степів колишнього СРСР різке збільшення стада сайгаків після введення закону про їх охорону призвело до посиленого розвитку ярів на цій території внаслідок поїдання ними природної рослинності. У багатьох районах Каракумів до таких же наслідків призводить надмірне навантаження на пасовища за збільшення поголів'я овець. Зменшенню ерозійних процесів сприяють землерийкові — ховрахи, байбаки, які розпушують ґрунт і створюють нори та пагорбки. Дощові черв'яки також зменшують ерозію, збільшуючи фільтраційну здатність ґрунтів та поліпшуючи його структурний стан і будову.

**Властивості ґрунтів.** Здатність ґрунтів протистояти ерозії називається *протиерозійною стійкістю* і є величиною, зворотною еродованості: чим вона вища, тим менша швидкість ерозії. На території України найбільшу протиерозійну стійкість мають чорноземи. Ця здатність ґрунтів за-

лежить від багатьох їх властивостей і насамперед — від гранулометричного складу. Ґрунти різного гранулометричного складу починають зазнавати розмивання за різної швидкості потоку, тобто критична швидкість потоку (мінімальна швидкість, за якої частинки починають відриватися від ґрунту) для різних ґрунтів є неоднаковою. Найменша вона у ґрунтів, багатих на пилуваті частинки розміром 0,001—0,05 мм.

Залежність протиерозійної стійкості ґрунтів від їх гранулометричного складу є складною, багатогранною і недостатньо дослідженою. Здавалося б, зі зменшенням розміру частинок ґрунту має збільшуватися інтенсивність ерозії, оскільки питома поверхня частинок, що зазнає бокового натиску води, при цьому зростає. Насправді ж, як правило, спостерігається протилежне: зі збільшенням розмірів частинок ґрунту його протиерозійна стійкість знижується. Пояснюється це тим, що на ерозійні процеси більшою мірою, ніж розмір частинок, впливає міцність зв'язки між частинками і фільтраційна здатність ґрунтів. Чим сильніше частинки зв'язані між собою і чим вища водотривкість агрегатів, тим більшу протиерозійну стійкість мають ґрунти.

Фільтраційна здатність ґрунтів різного гранулометричного складу неоднакова: у піщаних ґрунтів вона у багато разів вища, ніж у безструктурних глинистих і суглинкових. Проте, за доброго окультурення глинистих ґрунтів вони набувають водотривкої структури і достатньо високої фільтраційної здатності. В цілому ж легкі ґрунти більшою мірою зазнають ерозії. Особливо інтенсивно розвивається на них ярусна ерозія (яри, промоїни, баюри).

Від гранулометричного складу залежать також ерозійні форми мікрорельєфу. На супісках і пісках внаслідок ерозії утворюються крутостінні V-подібні промоїни і яри, на глинистих і суглинкових відкладах — пологі коритоподібні улоговини, які майже непомітно переходять у плоскі нееродовані ділянки. На лесах внаслідок вертикальної пористості і тріщинуватості формуються ящикоподібні яри з прямовисними стінками і плоским дном.

Протиерозійна стійкість ґрунтів дуже залежить від їх структури. Фільтраційна здатність ґрунтів з дрібнозернистою структурою в 10—30 разів вища, ніж безструктурних ґрунтів, тому протиерозійна стійкість структурних ґрунтів у багато разів вища. Проте, структура ґрунтів залежить від їх гранулометричного складу. Залежність протиерозійної стійкості ґрунтів від їх структури і гранулометричного складу можна виразити рівнянням, з якого видно, що коефіцієнт протиерозійної стійкості ( $K$ ) прямо пропорційний коефіцієнту гранулометричної структурності  $G$  і обернено пропорційний коефіцієнту дисперсної ґрунтової структури:

$$K = \frac{G \cdot 100}{Q} . ,$$

де  $G$  — коефіцієнт гранулометричної структурності (Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А., 1986), який дорівнює відношенню вмісту частинок діаметром менше 0,001 мм до вмісту частинок більш крупних фракцій за механічного аналізу ґрунтів (Качинський Н.А., 1965);  $Q$  — коефіцієнт дисперсності, який визначають за відношенням вмісту частинок діаметром менше 0,001 мм за мікроагрегатного аналізу до вмісту частинок такого ж розміру за механічного аналізу.

Противерозійна стійкість ґрунтів підвищується зі збільшенням у них вмісту гумусу, оскільки від нього залежить ступінь їх оструктуреності. Найвищий вміст гумусу й оструктуреність чорноземів забезпечують їм найбільшу ерозійну стійкість, порівняно з іншими типами ґрунтів.

Істотно впливає на швидкість ерозії ґрунтів склад увібраних основ. У разі переважання в ньому катіонів кальцію збільшується водотривкість агрегатів і знижується еродованість ґрунтів. Наявність у складі поглинутих основ великої кількості катіонів натрію і магнію спричинює солонцюватість ґрунтів, посилює струменеву і площинну ерозію, призводить до формування продовгуватих улоговин, що утворюються за повільного стікання розмоклої тістоподібної маси. Це явище пояснюється тим, що під час дощу солонцевий горизонт сильно набухає, втрачає здатність фільтрувати воду і через відсутність у ньому водотривких агрегатів швидко переходить у розріджений текучий стан, зазнаючи інтенсивної площинної ерозії.

За вмісту в ґрунті легкорозчинних солей також знижується його противерозійна стійкість. У разі висихання ґрунтів солі випадають з розчину у вигляді кристалів, приєднуючи велику кількість молекул води і розсовуючи ґрунтові частинки, розпушують ґрунтову масу. За випадання дощів солі розчиняються у воді, поверхневий шар переходить у розпушений, нестійкий проти ерозії стан. На відміну від солонцевих «текучих» ґрунтів, засолені ґрунти зазнають розмивної ерозії, яка утворює промоїни і яри з вертикальними стінами.

На противерозійну стійкість ґрунтів впливає також їх вологість. Структура сухих ґрунтів більш тривка, ніж вологих, тому повторні опади ерозійно більш небезпечні, ніж перші. Сила їх дії зростає ще й тому, що вологі ґрунти менше здатні вбирати й утримувати вологу і зумовлюють більш інтенсивний стік.

**Соціально-економічні умови.** Ерозія земель — це історичний наслідок неправильного господарського їх використання без урахування природних умов та загальних закономірностей водного режиму ґрунтів. У природних умовах сам процес змиву є малопомітним, оскільки існує стійка рівновага між поверхневим стоком і рельєфом місцевості, тобто змив ґрунту балансується ґрунтоутворенням (Арманд Д.А., 1966).

Нині господарська, особливо землеробська, діяльність людей повністю визначає розвиток та інтенсивність ерозійних процесів. Ерозія завжди була супутником нераціонального землеробства і тваринництва. Розвиток

ерозійних процесів у всіх без винятку регіонах нерозривно пов'язаний із землеробством, тобто з господарською діяльністю людей.

Від недооцінки згубної дії ерозії у свій час гинули давні цивілізації. Вирубування лісів у передгірних і гірських районах, надмірне випасання худоби, розорювання цілинних земель завжди супроводжувалось інтенсивним розвитком ерозії. Месопотамія, Мала і Середня Азія, Великі рівнини Америки — ось приклади спустошливої ерозії внаслідок неправильної господарської діяльності людей.

До розорювання степових просторів трав'яниста рослинність перешкоджала бурхливому розвитку ерозійних процесів. Племена хозарів, печенігів, половців, татар кочували по степових просторах і не займалися землеробством. Після падіння Кримського ханства зникла небезпека їх спустошливих набігів і степи почали поступово заселятися. Освоєнню степових просторів, інтенсивному їх розорюванню особливо сприяло скасування кріпосного права.

Розвиток капіталізму в Росії наприкінці XIX — на початку XX ст. викликав швидке зростання виробництва зерна. Зростання чисельності промислових робітників і населення міст підвищило попит на сільськогосподарську продукцію. Великий попит на світовому ринку на українську пшеницю і близькість морських портів (Одеса, Маріуполь) зумовили збільшення її посівних площ. Землі розорювалися надзвичайно швидкими темпами. Особливо цьому сприяла столипінська реформа 1906 р.

Розорювання земель призвело до зростання масштабів антропогенної ерозії (як площинної, так і лінійної), диференціації земель за родючістю. Почали розвиватися яри, збільшилась кількість кам'янисто-щебенистих ґрунтів і виходів щільних порід. Розорані круті схили перетворилися на малопродатні землі.

Після 1917 р. сталися значні зміни в системі землекористування. Важливими заходами запобігання ерозії були впровадження сівозмін і правильна організація території. Оснащення колгоспів і радгоспів технікою дало змогу поглибити орний шар, належно обробляти чисті пари. Все це збільшувало вологоємність чорноземів, зменшувало коефіцієнт схилового стоку і змиву ґрунтів. Ці заходи, а також широке застосування добрив, сімба сортовим насінням значно підвищили урожайність сільськогосподарських культур, що сприяло зниженню інтенсивності ерозії завдяки більш густому стеблостоя рослин. Зниженню ерозії сприяв також обробіток ґрунту впоперек схилів.

З 1930 р. робляться спроби спинити дію ерозії лісомеліоративними заходами. Проте, без поєднання з агротехнічними протиерозійними заходами вони часто не давали належного ефекту. У 1940 р. почали проводити агротехнічні протиерозійні заходи. Оранка вздовж схилу, яка сприяє змиванню ґрунтів, була заборонена в законодавчому порядку. Для боротьби з ерозією розширюються площі під багаторічними

ми травами, проводиться снігозатримання, збільшується глибина оранки. Проте, одночасно з усуненням традиційних причин ерозії з розвитком потужного індустріального «соціалістичного» сільського господарства з'явилися нові. У великих «соціалістичних» сільськогосподарських підприємствах організацію території часто пристосовували до механічного обробітку полів важкою технікою, і неповною мірою враховували умови стоку та загрозу розвитку ерозії. У багатьох господарствах землевпорядкуванням займалися малокваліфіковані працівники, які намагалися створити передусім кращі умови для більш продуктивної роботи сільськогосподарських машин. У результаті цього поля в господарствах розбивали на ділянки однакового розміру — 100 га, які часто розміщували не тільки на рівних природороздільних просторах, а й на пересіченій місцевості. Межі таких полів нарізали, як правило, прямолінійно, без урахування рельєфу, стоку та ерозії. Уздовж цих меж створювали полезахисні лісові смуги. Прямолінійність меж полів, лісосмуг та інших елементів організації території в багатьох господарствах була основним принципом землевпорядкування. Через це територія господарств була покрита мережею різних прямолінійних рубежів, які в багатьох випадках сприяли розвитку ерозійних процесів.

Вимога механізаторів нарізати максимально великі ділянки призводила до включення в рілля площ, які не підлягали розорюванню (схилів, верхів'їв балок та ін.).

Нині практично вся територія лісостепової і степової зон нашої країни розорана і є придатною для сільськогосподарського виробництва. Розораність чорноземів в Україні перевищує 85 %, а в деяких областях — 89—90 %. Розорані також чорноземи на схилах крутизною 15° і більше, а агротехніка лишається попередньою, як і для схилів крутизною менше 8°.

Протигрозійні агротехнічні заходи, розроблені для схилів крутизною 5—6°, не захищають ґрунт від змивання на більш крутих схилах. Наприклад, 80 % споруджених на схилах крутизною 6—8° наорних валів-терас руйнуються стоком талих вод. Внаслідок цього на полях через кожні 50—100 м утворюються промоїни глибиною від 0,3 до 1 м. Інколи лісосмуги та інші прямолінійні елементи організації території в господарствах розміщені під різними кутами до напрямку схилу з нахилами уздовж цих схилів до 27° і більше.

Обробіток ґрунту і сівба сільськогосподарських культур проводяться, як правило, уздовж довгих меж полів. За розміщенням меж полів визначають напрям обробітку ґрунту і довжину робочих ходів, від яких залежить стік і ерозія. На зораному полі більшість зайвої води стікає в борозни, утворені на межі полів під час оранки. Доведено, що швидкість потоку по борознах у 2—3 рази вища, ніж на рівному схилі такої ж крутизни, а ерозійна енергія потоку в 6—7 разів вища, ніж на ділянках, які не мають борозен.

Розміщення довгих меж полів під кутом до напрямку схилу робить неможливим або нераціональним обробіток ґрунту впоперек схилу. За



такого планування полів гребені меншою мірою впливають на стік і вбирання води ґрунтом. Зі збільшенням довжини гону вздовж схилу або під кутом до нього зростає площа водозбору борозен, а отже — й об'єм води, яка протікає по борознах, і руйнівна сила потоку.

Полезахисні лісосмуги за нарізання 100-гектарних полів також інколи розміщували без урахування форм рельєфу і напряму вітрів. У чорноземній зоні країни через розміщення лісових смуг під кутом до напряму схилу потоки води, що утворюються від танення кучугур снігу на узліссях, надходять не в лісосмугу, а рухаються вздовж неї і скидаються в балки та яри. Нарізування великих полів на розчленованому рельєфі призводить до місцевої концентрації стоку штучними рубежами (лісосмуги, дороги, межі полів), що сприяє розвитку ерозії. У таких випадках розмивання і змивання ґрунту часто буває там, де в природних умовах розподіл і скидання стоку не викликають ерозії. Наприклад, яри утворювалися в байрачних лісах у місцях скидання потоків води, які збиралися по межах лісосмуги придорожніми канавами.

Посилення ерозії ґрунтів сприяє їх надмірно інтенсивний механічний обробіток, застосування важкої ґрунтообробної, меліоративної і збиральної техніки, порушення оптимальних строків обробітку ґрунту, що призводить до погіршення його структурного стану, переущільнення, злитності, зменшення фільтраційної здатності і біологічної активності. Ерозія посилюється також у разі порушення оптимальної структури посівних площ сільськогосподарських культур і науково обґрунтованих сівозмін.

Господарська діяльність людини дуже позначилась на розвитку ерозійних процесів в Україні. Внаслідок неправильного використання землі утворились яри, які сильно дреноують місцевість і змінюють рослинність, що призводить до погіршення її ґрунтозахисних властивостей і посилює ерозійні процеси. Проте, було б неправильним твердження, що господарська діяльність людей сприяє лише розвитку ерозійних процесів. Адже спрямованим агротехнічним впливом на ґрунт, регулюванням рослинного покриву, правильною протиерозійною організацією території люди можуть припинити ерозію і значно підвищити родючість еродованих земель. Отже, господарська діяльність може і повинна бути спрямована на організацію захисту ґрунтів від ерозії. Вона є основним фактором припинення дії ерозійних процесів.

## **2.2. ВІТРОВА ЕРОЗІЯ (ДЕФЛЯЦІЯ) ҐРУНТІВ**

### **2.2.1. Сутність і види дефляції ґрунтів**

Дефляція — це руйнування і знесення ґрунтів вітром. Вона відбувається тоді, коли швидкість вітру досягає значення, за якого руйнівна сила перевищує силу протидефляційної стійкості ґрунту. Максималь-

ний прояв дефляції спостерігається під час ураганних вітрів, коли в повітря піднімається велика маса пилоподібних частинок. Дефляція є другим за масштабами після водної ерозії негативним впливом на ґрунтовий покрив, що призводить до знищення родючих ґрунтів на величезних територіях.

Розрізняють дефляцію двох видів — повсякденну і пилові (чорні) бурі.

Повсякденна дефляція виникає у разі малих швидкостей вітру (5—10 м/с), відбувається непомітно, проте є не менше шкідливою, оскільки повільно й постійно руйнує і виснажує ґрунт. Вона спричинює оголення насіння, заробленого в ґрунт, пошкодження молодих сходів рослин. Повсякденна дефляція особливо часто спостерігається на вітроударних схилах, позбавлених рослинності.

Пілові бурі — найбільш активний і шкідливий вид дефляції. Вони призводять до сильного руйнування ґрунтового покриву. За короткий строк пилові бурі, що спричинюються сильним вітром (швидкістю понад 12—15 м/с), можуть поширитися на велику територію, знищити посіви на сотнях тисяч гектарів, знести значну частину ґрунту. Прояву пилових бур завжди передує тривала повсякденна дефляція. Пілові бурі не можуть виникнути над вітростійкою поверхнею — вони є лише показником ступеня руйнування ґрунту за час, що передував пиловій бурі. Інакше кажучи, пилові бурі є не причиною, а наслідком руйнування ґрунту. Проте, виникнувши, вони самі стають фактором великої руйнівної сили.

Рух частинок ґрунту під час вітру починається під впливом взаємодії динамічних і статичних сил, які виникають за обтікання їх поверхні повітряним потоком. Коли потік повітря рухається на кулясту частинку, яка вільно лежить на поверхні ґрунту, то на неї діє кілька сил: гравітації, лобового натиску повітря, атмосферного тиску, зчеплення, підймальна. Якщо сумарне значення сил гравітації, атмосферного тиску і сили зчеплення приблизно дорівнює силі лобового напору повітря, частинка починає рухатися, ковзати по поверхні. Якщо сума сил гравітації, атмосферного тиску і зчеплення менша за підймальну силу, вона піднімається в повітря.

Підймальна сила частинки виникає внаслідок того, що в межах висоти, яка дорівнює діаметру частинки, швидкість руху повітря різна. Потік, що надходить під нижню частину кулястої грудочки, через шорсткість поверхні ґрунту має меншу швидкість і більшу щільність. Внаслідок цього над частинкою утворюється зона пониженого тиску, а під частинкою — підвищеного. Виникає підймальна сила, що діє на частинку (рис. 13).

Мінімальна швидкість вітру, за якої починається відрив, піднімання і перенесення в повітряному потоці частинок ґрунту, називається *критичною (граничною) швидкістю вітру*.

Найлегше по поверхні переміщуються ґрунтові агрегати діаметром 0,1—0,5 мм, які під впливом вітру набирають руху з частотою обертання

200—1000 хв<sup>-1</sup>. Агрегати діаметром від 0,6 до 1 мм пересуваються, перекочуються, труться між собою, вдаряються, руйнуються, і кількість грудочок, ерозійно найактивніших (розміром 0,1—0,5 мм), збільшується.

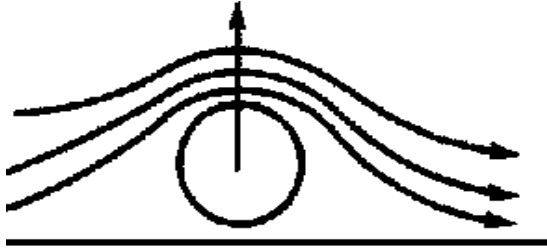


Рис. 13. Схема дії повітряного потоку на ґрунтову частку

Для пересування повітряно-сухих агрегатів чорнозему карбонатно-легкосуглинкового з діаметром понад 1 мм потрібна швидкість вітру більше 11 м/с на висоті 15 см. Швидкість повітряного потоку, за якої починають пересуватися ґрунтові агрегати діаметром 0,25; 0,25—0,5; 0,5—1; 1—2; 2—3 і 3—5 мм, становить відповідно 3,8; 5,3; 6,8; 11,2; 13,1 і 17,6 м/с (Бараев А.И., Зайцева А.А., 1975).

На граничну швидкість вітру, а отже, і на інтенсивність дефляції впливає багато факторів: кліматичні умови, гранулометричний склад ґрунту, щільність мінеральних частинок (питома маса твердої фази), сила зчеплення між частинками, захищеність поверхні ґрунтів, господарська діяльність людини. Залежність критичної швидкості вітру або швидкості дефляції ґрунтів від розміру мінеральних частинок (гранулометричного складу) ґрунтів є складною, оскільки, крім прямого впливу розміру частинок на опірність ґрунту дефляції, існує багато опосередкованих взаємозалежностей, які можуть призводити до протилежного ефекту. Зупинимося спочатку на суто фізичних закономірностях залежності критичної швидкості вітру від ряду факторів.

Критична швидкість вітру (м/с) за М.І. Долгілевичем (1978) виражається рівнянням:

$$V_{K_p} = \sqrt{\frac{1,05d(j - P)g + 1,57P_o + 1,57K_o P_{зч}}{K_p}},$$

де  $d$  — діаметр частинок, м;  $j$  — щільність частинок, г/см<sup>3</sup>;  $P$  — щільність повітря, г/см<sup>3</sup>;  $g$  — сила гравітації, 9,8 м/с<sup>2</sup>;  $P_o$  — атмосферний тиск, г/см<sup>2</sup>;  $P_{зч}$  — сила зчеплення частинок, г/см<sup>2</sup>;  $K_o$  і  $K_p$  — коефіцієнти, які визначаються експериментально.

Більш простою є формула У. Чепіла, за якою обчислюють критичну швидкість вітру (м/с):

$$V_{K_p} = \sqrt{dR},$$

де  $d$  — питома маса частинок;  $R$  — діаметр частинок.

Наведена формула справедлива для ґрунтових частинок діаметром понад 0,05 мм. Для частинок діаметром менше 0,05 мм ця залежність має інший вигляд, а саме: зі зменшенням діаметра частинок критична швидкість вітру знову починає зростати (рис. 13). Це явище пов'язане зі збільшенням сил зчеплення між дрібними частинками.

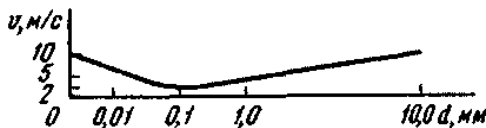


Рис. 14. Залежність критичної швидкості вітру на висоті 100 см від діаметра частинок ґрунту

Частинки ґрунту діаметром до 1 мм вважаються ерозійно небезпечними, а понад 1 мм — вітростійкими, ґрунтозахисними. Стійкість ґрунту проти вітрової ерозії можна оцінити за грудочкуватістю поверхні, тобто за кількістю вітростійких агрегатів. За вмісту їх до 50 % від маси повітряно-сухого ґрунту виникає процес видування, що дає підстави вважати цей ступінь грудочкуватості критичним, тобто ерозійно небезпечним. Поріг стійкості ґрунту проти вітрової ерозії, якщо на його поверхні немає післяжнивних решток, настає за ступеня грудочкуватості в межах 50—55 % і співвідношення у верхньому шарі ґрунту ґрунтозахисних та ерозійно небезпечних агрегатів 1:1.

За даними О.І. Барасєва (1977), кількість стерні, необхідної для захисту ґрунту від вітрової ерозії, залежить від вмісту агрегатів діаметром понад 1 мм у шарі ґрунту 0—5 см (табл. 32)

Таблиця 32

**КІЛЬКІСТЬ СТЕРНІ, НЕОБХІДНОЇ ДЛЯ ЗАХИСТУ ҐРУНТУ ВІД ДЕФЛЯЦІЇ, ЗАЛЕЖНО ВІД СТУПЕНЯ РОЗПОРОШЕНОСТІ ВЕРХНЬОГО ШАРУ (Барасєв О. І., 1977)**

Вміст агрегатів діаметром понад 1 мм у шарі ґрунту 0—5 см, %	Кількість стернинок на 1 м <sup>2</sup> , шт.
50	75—100
40	150—200
30	250—300
20	Понад 300

Отже, дефляція залежить від ступеня розпорошення верхнього шару ґрунту і швидкості вітру. Сильне розпорошення верхнього 5-сантиметрового шару ґрунту, як правило, спричинюється надмірно інтенсивним механічним обробіткою і подрібненням ґрунтових частинок ходовими системами тракторів, комбайнів та автомобілів під час проведення польових робіт.

Слід зазначити, що дефляційна стійкість частинок залежить не тільки від їх розміру, а й від щільності, яку визначають за їх мінералогічним складом (табл. 33).

*Таблиця 33*

**КРИТИЧНА ШВИДКІСТЬ ВІТРУ ДЛЯ МІНЕРАЛІВ З РІЗНОЮ ЩІЛЬНОСТЮ (діаметр частинок — 0,25 мм)**

Мінерал	Щільність, г/см <sup>3</sup>	Критична швидкість вітру, м/с
Гіпс	2,30	3,7
Польові шпати	2,60	4,0
Кварц	2,65	4,0
Слюди	2,85	4,2
Рогова обманка	3,17	4,4

Мінерали, які переважають у ґрунтах (кварц і польові шпати), за щільністю різняться незначною мірою, тому під час розрахунків ці відмінності не беруть до уваги, а за критичну швидкість вітру для мінеральної маси ґрунтів беруть 4 м/с.

Доведено, що дефляційна стійкість частинок залежить і від вмісту в ґрунті органічної речовини — гумусу, щільність якого значно менша, ніж мінералів. Через це швидкість дефляції ґрунтів з дуже високим вмістом гумусу може зростати. Особливо швидко руйнуються вітром осушені торф'яники, які після розорювання інтенсивно розвіюються.

Дефляція на торф'яних ґрунтах Полісся виявляється навесні й на початку літа, рідко — восени. Сприяють їй сильні вітри, мала кількість опадів, низька відносна вологість повітря, слабо розвинений покрив сільськогосподарських культур. Вітрова ерозія починається за швидкості вітру на висоті флюгера 8 м/с і більше; такі вітри переважають навесні і восени. Дефляція звичайно має локальний характер: виявляється на окремих полях. Проте, у разі більш сильних вітрів виникають пилові бурі, що охоплюють великі території і тривають протягом декількох діб. Більшість ґрунтових частинок має діаметр до 1 мм. Причому, 90 % дрібнозему, який виноситься з полів, переміщується на висоті до 40 см від поверхні ґрунту.

Частіше зазнають дефляції поля просапних культур, меншою мірою — ярих зернових і ще менше — озимих. Багаторічні трави надійно захи-

щастюють ґрунт від дефляції. У сівозміні, де озимі займають три поля, ярі зернові — два, трави — два і просапні культури — три, середній щорічний винос торфу становить близько 1 т/га (Толчельников Ю.С., 1990).

## 2.2.2. Фактори дефляції ґрунтів

Ступінь розвитку дефляції ґрунтів залежить від багатьох факторів (рис. 15), серед яких одним з основних є **клімат**. Залежність вітрової ерозії ґрунтів від клімату простежується дуже чітко і пов'язана з кількістю опадів (зі зволоженням ґрунтів) і температурою, які в сукупності визначають ступінь посушливості клімату. Зі зростанням посушливості клімату і зменшенням зволоженості території інтенсивність дефляції ґрунтів підвищується.

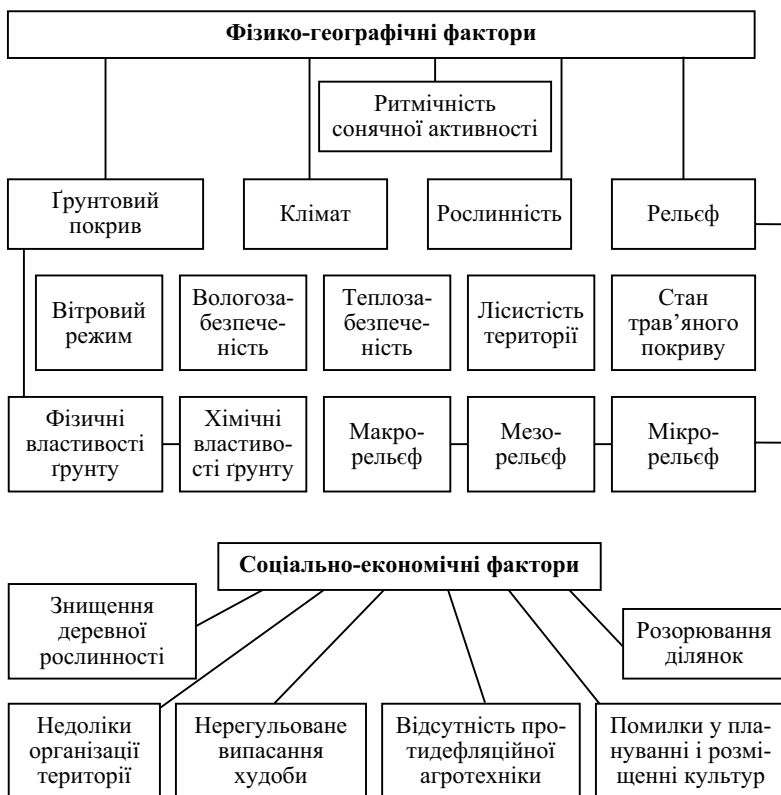


Рис. 15. Основні фактори розвитку дефляції ґрунтів

Отже, дефляція ґрунтів має зональний характер. Показником зволоженості території є індекс зволоженості  $K_3$  — відношення кількості атмосферних опадів ( $P$ ) до випаровуваності ( $E$ ), тобто  $K_3 = \frac{P}{E}$ . Величина обернена зволоженості, називається *індексом сухості*, тобто  $RK_c = \frac{E}{P}$ .

За значенням індексу зволоженості виділяють такі пояси потенційно можливої вітрової ерозії:  $K_3 \geq 1$  — пояс, де не буває дефляції;  $K_3 = 1 - 0,3$  — пояс можливої дефляції;  $K_3 \leq 0,3$  — пояс сильно вираженої дефляції.

Дефляція значною мірою залежить від швидкості вітру. Кліматичний фактор (КФ) дефляції ґрунтів у цілому (температура, вологість, швидкість вітру) характеризується таким рівнянням:

$$\text{КФ} = \frac{34,483V^3}{(P - E)^2},$$

де  $V$  — швидкість вітру;  $(P - E)$  — зволоженість території, що дорівнює різниці між кількістю опадів  $P$  і випаровуванням  $E$ .

У лісостеповій зоні ця різниця  $(P - E)$  невелика, тому нею інколи нехтують, обчислюючи дію кліматичного фактора ерозії за формулою:

$$\text{КФ} = 34,483V^3.$$

Швидкість вітру є одним з найбільш сильних факторів дефляції ґрунтів. Оскільки кінетична енергія вітру прямо пропорційна кубу його швидкості, дефляційна робота вітру за його швидкості, наприклад 4 м/с, перевищуватиме роботу вітру зі швидкістю 2 м/с не в 2, а у 8 разів.

Залежність кількості перемішуваного ґрунту  $Q$  (г/см) від швидкості вітру, за У. Чепілом, вираховується за формулою:

$$Q = C \frac{P}{g} V^3,$$

де  $C$  — константа даного ґрунту, яка залежить від його гранулометричного складу і структурного стану та шорсткості поверхні;  $P$  — щільність повітря, г/см<sup>3</sup>;  $g$  — сила гравітації, см/с<sup>2</sup>;  $V$  — швидкість вітру, см/с.

Отже, зі збільшенням швидкості вітру після досягнення нею критичного значення руйнівна енергія зростає надзвичайно швидко.

Масове переміщення вітром дрібнозему, що зноситься з ґрунту, називається вітропіщаним потоком еолового матеріалу. Більшість мате-

ріалу (до 90 %) переноситься в приземному шарі повітря на висоті до 10 см. Кількість перенесеного вітром матеріалу зменшується зі збільшенням висоти. Вміст у повітрі мінеральних частинок називається *несучою здатністю вітропіщаного потоку*.

У міру віддалення від краю дефлюючого поля вітропіщаний потік дедалі більше насичується дрібноземом. Таке насичення не безмежне, а відбувається до певного значення. Максимальне насичення вітропіщаного потоку, як зазначає Ю. С. Толчельніков (1990), становить 36,2 т/га за годину. Це значення є постійним для кожного типу ґрунту. Після досягнення насичення вітропіщаного потоку матеріал випадає в осад, тому на дефльованому полі ділянки знесення ґрунту чергуються з ділянками наносів. Відстань, на якій відбуваються насичення і розвантаження піщаного потоку, для ґрунтів різного гранулометричного складу є різною і становить: для глинистих — 2000 м, важкосуглинкових — 1500, середньосуглинкових — 1000, легкосуглинкових — 500, супіщаних — 250 м.

Еоловий матеріал у межах вітропіщаного потоку переміщується по-різному. Розрізняють 5 типів переміщення частинок ґрунту, що відповідають певним формам дефляції: ефлюкція — пересування середньопилуватих частинок (0,1—0,5 мм) волочинням та стрибкоподібно; екструзія — пересування більш крупних частинок (агрегатів) перекошуванням за рахунок ударів (бомбардування) дрібними частинками; дотрузія — зсування, зісковзування з підвищених мікроділянок (бріл, валиків, гребенів); ефляція — пересування за рахунок підіймання в повітря; абразія — руйнування грудочок від ударів більш дрібними частинками.

**Рельєф.** На відміну від водної ерозії, дефляція спостерігається як на схилах, так і на рівних ділянках. Аналізуючи вплив рельєфу на дефляцію, слід розглядати його макро-, мезо- і мікроформи.

Добре відомий переважанням західних і східних вітрів Армавірський коридор, в якому потоки повітря досягають величезної швидкості, викликаючи дефляцію. Він має вигляд рівнини, яка простягається між Ставропольською височиною і Донецьким кряжем. Подібні явища спостерігаються і у великих річкових долинах, розташованих між високими берегами.

У гірських масивах можлива зміна напрямку вітрів протягом доби: вдень вітер дме у бік гір, уночі — вниз із гірських схилів. Це явище (гірсько-долинні вітри) також стимулює дефляцію ґрунтів.

Мезорельєф (підвищення від 1—5 до 30—50 м) істотно впливає на дефляцію ґрунтів різних ділянок окремих полів. Він зумовлює більш інтенсивну дефляцію вітроударних схилів, які характеризуються різким збільшенням розвіваючої сили вітрового потоку, і меншу дефляцію на завітряних схилах, де швидкість і несуча здатність вітру зменшуються і відбувається відкладання еолового матеріалу. Особливо



сильна дефлююча дія вітрового потоку на ґрунти виявляється на верхніх частинах схилів та вершинах пагорбів і бровках річкових долин.

Вплив рельєфу на повітряний потік підпорядкований законам аеродинаміки, згідно з якими форми мезо-, мікро-, і нанорельєфу є елементами шорсткості, які справляють гальмівну дію на повітряний потік, тому швидкість вітру біля поверхні ґрунтів нижча, ніж на деякій відстані від неї.

Зміни швидкості вітру зі збільшенням висоти над кожним елементом рельєфу різні. Мікронерівності впливають на повітряний потік на невеликій висоті, тоді як великі перешкоди спричиняють зміни швидкості великих шарів повітряного потоку.

Мікрорельєф, лісосмуги та інші перешкоди впливають на приземний шар повітряного потоку, посилюючи швидкість вітру і його несучу здатність в напрямі вершини схилу і зменшуючи униз по схилу. Це пояснюється зменшенням діаметру повітряного потоку, що рухається до верхньої частини схилу, і зростанням його під час руху вниз по схилу. Через це навітряні схили, особливо їх верхні частини, виявляються сильно дефльованими, а завітряні — не порушені дефляційними процесами.

З цієї ж причини в районах горбисто-улоговинних пісків вітровий потік, що піднімає частинки піску з днищ улоговин видування, із дедалі зростаючою силою піднімає їх по схилу до вершини пагорбів, а досягнувши її, змінює напрямок на горизонтальний і знову збільшує свій діаметр. Внаслідок цього вітер тут різко втрачає швидкість і несучу здатність та розвантажує піщаний матеріал на вершині пагорба і верхній частині завітряного схилу. Цим явищем пояснюється наявність горбисто-улоговинного рельєфу, елементи якого не тільки руйнуються, а й безперервно ростуть. Зі збільшенням швидкості вітру у верхній частині навітряного схилу дефльованість ґрунтів зростає від підніжжя пагорба до його вершини, тоді як здатність ґрунтів до водної ерозії в цьому напрямі зменшується. Більш сильна дефльованість вершин мезорельєфу пояснюється також меншою вологістю на них ґрунтів і зрідженістю рослинного покриву.

Мікрорельєф і нанорельєф, незважаючи на малі розміри їх елементів, істотно впливають на дефляцію ґрунтів. Їх дія на дефляцію пов'язана із впливом на швидкість вітру в приземному шарі повітря. Взаємодія їх із повітряним потоком подібна до впливу інших елементів шорсткості поверхні: агрегатів ґрунтової структури, стерні, сходів рослин та ін. Біля поверхні гребенистої ріллі швидкість вітру в 3,5 рази нижча, ніж поблизу приоткочованого ґрунту. Внаслідок зниження швидкості вітрового потоку елементами поверхні ріллі (гребені, мікроборозни та ін.) дефляція ґрунтів, на яких були проведені спеціальні заходи механічного обробітку, різко зменшується.

Елементи мікрорельєфу чинять опір вітровому потоку, що призводить до утворення із завітряної сторони вихорів, які з часом розсіюються. Внаслідок цього частина кінетичної енергії повітряного потоку

після взаємодії з виступами мікро- і нанорельєфу (гребені, брили, грудки) переходить у теплову, частина її витрачається на роботу, пов'язану з відривом і переміщенням частинок ґрунту в мікроборозни між гребенями на зораному полі.

Роль мікро- і нанорельєфу, створюваного полицевими знаряддями (оранкою), в захисті ґрунтів від дефляції полягає в осадженні дрібнозему, що переноситься по полю. Це явище спостерігається, коли швидкість повітряного потоку поблизу вершин гребеня ріллі чи іншого виступу лише дещо перевищує критичну силу опору ґрунту дефляції. Коли критична енергія опору ґрунту дефляції лише дещо перевищує критичну силу повітряного потоку, дрібнозем з вершин гребенів ріллі надходить у пониження між ними й осідає там.

У цьому випадку дефляційне перенесення матеріалу з ріллі не відбувається. За сильного вітру гребені ріллі не можуть протистояти розбиваючій силі вітру і захистити ґрунт від перенесення матеріалу. Дрібнозем не осідає між гребенями ріллі, і в разі їх руйнування зноситься з поля, тобто відбувається дефляція ґрунтів.

Водна ерозія і дефляція часто виявляються на одних і тих самих масивах ріллі, особливо на підвищених ділянках — бровках долин, випуклих частинах схилів. Це пояснюється не тільки великою вітродарною силою повітряного потоку, який ущільнюється на схилах підвищень, а й більшою податливістю еродованих ґрунтів дефляції. Саме з цим явищем пов'язаний той факт, що незважаючи на велику розмивну силу потоку води в нижніх частинах довгих схилів, найбільш еродованими ґрунти бувають на вершинах підвищених форм рельєфу.

Найпотужнішим протиерозійним фактором є **рослиність**. На ґрунтах, покритих цілинною рослинністю, дефляції практично не буває. Позитивний вплив рослинності виявляється в тому, що вона знижує швидкість вітру в приземному шарі повітря, очищає повітряний потік від мінеральних частинок і позбавляє їх бомбардувальної енергії, скріплює ґрунт корінням. Деревна рослинність запобігає дефляції повністю, трав'яниста — різко знижує. Деревні насадження охороняють ґрунт від дефляції не тільки на території їх розміщення, а й знижуючи швидкість вітру на деякій відстані від місця росту. З урахуванням цього й формуються системи полезахисних лісосмуг.

Захисна дія трав'янистої рослинності поширюється на меншу відстань, ніж деревних насаджень. Головне полезахисне призначення полів із посівами трав полягає в запобіганні дефляції ґрунтів на зайнятій ними території. Чим густіший трав'янистий покрив, чим потужніша коренева система трав і більша їх висота, тим краще трави захищають ґрунт від дефляції.

**Властивості ґрунтів.** Доведено, що швидкість дефляції ґрунтів залежить від багатьох факторів, пов'язаних із властивостями самих ґрунтів, і насамперед від тих, які впливають на їх вітростійкість.

Вітростійкість ґрунтів — це властивість, зворотна дефлюваності (схильності до дефляції). Вона характеризується критичною швидкістю вітру, за якої починається перенесення ґрунтових частинок, а також кількістю еолового матеріалу, що переноситься у вітропіщаному потоці за одиницю часу. Вітростійкість поверхні ґрунту визначають за формулою:

$$Q = 10^{a-bK-cS},$$

де  $Q$  — еродованість, г за 5 хвилин експозиції;  $K$  — грудочкуватість шару 0—5 см;  $S$  — кількість умовної стерні, екз/м<sup>2</sup>;  $a, b, c$  — коефіцієнти регресії, значення яких знаходяться в таких межах:  $a$  — 3,2—4;  $b$  — 0,02—0,04;  $c$  — 0,002—0,005.

Вітростійкість ґрунтів пов'язана, передусім, з їх гранулометричним складом і структурним станом, вмістом карбонатів, складом вбирних основ, солонцюватістю. Вітростійкість різних фракцій гранулометричного складу є неоднаковою. Підвищення вмісту мулу (частинок розміром 0,001—0,0001 мм) збільшує водотривкість агрегатів і вітростійкість ґрунтів, середньо- і крупнопилюваті фракції помітно не впливають на вітростійкість, а пісок (частинки розміром 1—0,05 мм) справляє на неї негативну дію (рис. 16).

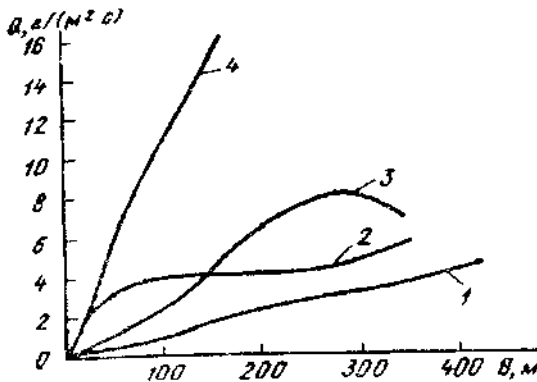


Рис. 16. Інтенсивність видування ґрунтів  $Q$  різного гранулометричного складу залежно від ширини дефлюючого поля  $B$ : 1 — важка глина; 2 — легкий суглинок; 3 — важкий суглинок; 4 — супісок

У стійкості ґрунтів проти дефляції головну роль відіграють грудочкуватість верхнього (0—5 см) шару, міцність стійких проти видування агрегатів розміром понад 1 мм і кількість умовної стерні на поверхні. Для бі-

льшості ґрунтів за вмісту у верхньому (0—5 см) шарі грудочок діаметром більш як 1 мм понад 60 % від його сухої маси останні досить стійкі проти видування і сильно дефлюють, якщо їх менше 50 %.

Слід зазначити, що після зяблевого обробітку грудочкуватість верхнього шару більшості суглинкових ґрунтів становить 60—80 %. Наприкінці зими і навесні під впливом змін погоди (промерзання, відтаювання, зволоження, висушування) агрегати ґрунту швидко руйнуються до дефляційно небезпечних розмірів і грудочкуватість знижується до 30—40 %. За таких умов для запобігання видуванню ґрунту потрібно на кожний відсоток зниження грудочкуватості верхнього шару мати додатково 8—10 шт./м<sup>2</sup> умовної стерні. З практичного погляду це має становити не менше як 200 шт./м<sup>2</sup>, або 0,4—0,5 кг/м<sup>2</sup> післяжнивних решток зернових колосових, 0,75—1,20 кг/м<sup>2</sup> соняшнику чи кукурудзи (Пабат І.А., 1992).

Склад увібраних основ також значною мірою впливає на протиерозійну стійкість ґрунтів. Ґрунти з вбирним комплексом, який насичений катіонами кальцію, характеризується середньою опірністю вітру. Ґрунти, вбирний комплекс яких насичений катіонами натрію, мають велику здатність до набухання у вологому стані і до утворення зливої брилистої структури за наступного висушування. Такі солонцюваті ґрунти більш дефляційно стійкі, проте малостійкі проти водної ерозії.

Уміст легкорозчинних солей у ґрунті зменшує стійкість його проти дефляції. Наприклад, легкорозчинна сіль Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>·10H<sub>2</sub>O у разі кристалізації приєднує 10 молекул води. Кристали таких солей різко збільшуються в об'ємі і сильно розсуюють частинки ґрунту, поверхня якого стає розпушеною, податливою до дефляції. Жителям південних районів країни добре відоме явище, коли на місці пухких солончаків утворюються глибокі засолені котловини — шори.

Інтенсивність дефляції залежить і від вмісту вологи у ґрунті. Найбільш інтенсивної дефляції зазнають сухі ґрунти, вологість яких близька до величини максимальної гігроскопічності. У разі збільшення вологості дефльованість ґрунтів знижується, а за досягнення ґрунтом вологості, що відповідає найменшій (польовій) вологоємності (НВ), дефляція практично припиняється.

### **2.3. ОПТИМАЛЬНА СТРУКТУРА АГРОЛАНДШАФТІВ — ЗАПОРУКА ІСТОТНОГО ЗМЕНШЕННЯ АБО ПРИПИНЕННЯ ЕРОЗІЙНИХ ПРОЦЕСІВ**

Нестійкість і недостатня продуктивність сучасного землеробства є наслідком ряду невирішених економічних і екологічних проблем. Порушення збалансованості окремих елементів агроландшафтів, у т.ч. співвідношення площ ріллі, природних угідь, лісових і водних ресур-

сів, ускладнення соціально-економічної ситуації призвело до суттєвої деградації агроландшафтів і ґрунтового покриву. Ущільнення ґрунтів, вторинні геохімічні аномалії, втрати гумусу і порушення балансу біогенних елементів стали розповсюдженим явищем. Особливо небезпечних розмірів досягли водна і вітрова ерозія. Сучасні щорічні втрати продукції землеробства тільки від ерозії перевищують 9—12 млн т зернових одиниць з ймовірною вартістю 10 млрд \$, що реально загрожує життєзабезпеченню українського народу.

Отже, потрібні негайні заходи з удосконалення сучасного стану агроландшафтів, введення ґрунтозахисних, заснованих на екологічних принципах і адаптованих до конкретних природних і соціально-економічних умов, систем землеробства.

Під агроландшафтами слід розуміти природно-господарські територіальні системи сільськогосподарського призначення. Вони складаються з географічної оболонки, що в свою чергу є сукупністю природних елементів з різним ступенем антропогенного навантаження, в т.ч. орних сільськогосподарських угідь (Швебс Г.І., 1993).

Агроландшафт — це антропогенний територіальний комплекс, в якому природна рослинність на більшій його частині замінена агрофітоценозами (посівами, багаторічними насадженнями) і може розглядатися також як пейзаж сільської місцевості (Жарінов В.І., Довгань С.В., 2008).

Сучасні агроландшафти створені з різних елементів агроєкосистем, у т.ч. ріллі, сіножатей, пасовищ, багаторічних насаджень, незначних за площею ареалів лісів, чагарників, природних лук, боліт, торфовищ, а також доріг, комунікацій і споруд. Вони складають структуру агроландшафту і екологічне різноманіття, які обумовлюють його стабільність і продуктивність.

Природні системи здатні до саморегуляції, вони спроможні зберігати себе і повертатись у стан рівноваги із середовищем після незначних втручань природних або антропогенних факторів.

Склад і співвідношення елементів сучасного агроландшафту різко погіршилися. На сьогоднішній день не порушених господарською діяльністю природних ландшафтів майже не залишилось. Збільшилась розораність, особливо схилів земель, зменшились площі природних кормових угідь, заповідно-охоронних територій. Водночас значно збільшився рівень урбанізованих та індустріальних територій.

Екологічну сталість ландшафту визначають: оптимальний водний режим, управління його витратними статтями, особливо поверхневим стоком під час екстремальних періодів, водовіддача; стабільна родючість ґрунтів, попередження їх деградації, в першу чергу процесів ерозії; оптимальна структура земельних угідь; умови для існування різноманіття природної флори і фауни.

Порушують сталість ландшафту: висока розораність земельних угідь, що обумовлює не тільки прискорення ерозійних процесів, але й

деградацію ґрунтів; погіршення стану водних ресурсів; ерозійні процеси, які руйнують не тільки ґрунти, а й довкілля в цілому; нераціональне використання схилкових земель, що прилягають до гідрографічної мережі; від'ємний баланс органічної речовини і біогенних елементів; техногенне надходження ксенобіотиків; понаднормативне урбанізаційне і рекреаційне навантаження.

Головна проблема, що має бути вирішена на шляху формування екологічно сталих агроландшафтів, — це зниження або припинення процесів ерозії.

Серед усіх видів деградації ґрунтів ерозія є основною і найбільш масштабною причиною зниження продуктивності земельних ресурсів.

Основними факторами, що спричиняють посилення інтенсивності ерозійних процесів, є: високий рівень розораності сільськогосподарських угідь; прямолінійна організація території схилкових земель; велика питома вага в структурі посівних площ просапних культур, у т.ч. на еродованих землях, нехтування їх руйнуючої дії на ґрунт; відсутність ґрунтозахисних технологій. Ерозія обумовлює ґрунтову посуху, втрати гумусу і поживних елементів, загалом зниження енергетичного потенціалу ґрунту і зменшення врожаїв на 15—20 % — на слабоеродованих ґрунтах, 30—40 % — на середньозмитих і в 2—2,5 рази — на сильноеродованих ґрунтових відмінах.

Основним критерієм оптимального співвідношення сільськогосподарських угідь в ландшафтах є висока продуктивність агроценозів за мінімальних витрат матеріально-енергетичних ресурсів, попередження ерозійних процесів та забруднення ґрунтових і поверхневих вод продуктами ерозії.

Найбільш ефективно впливають на формування екологічно сталих ландшафтів захисні лісосмуги, особливо сполучені із природними лісами, вони покращують розподіл опадів на полях, зменшують поверхневий стік талих і зливових вод, сприяють зниженню інтенсивності водної ерозії та дефляції.

Крім лісових насаджень, для комплексної екологізації агроландшафтів велике значення мають трав'янисті ценози (сіножаті, луки, пасовища). Чергування розораних та нерозораних смуг або окремих ділянок дає змогу попередити ерозію ґрунту, покращити екологічний стан території.

Для відновлення родючості деградованих, малорозвинених і малопродуктивних сильноеродованих земель, у т.ч. розораних заплавних, доцільно вивести їх з обробітку під природні угіддя. Зменшення розораності агроландшафтів буде сприяти зниженню інтенсивності ерозійних процесів, суттєвому покращенню водного балансу території, підвищенню ефективності ґрунтоводоохоронних заходів, зменшенню втрат азоту, фосфору і калію, відновленню біорізноманіття і збереженню природного біогенофонду.

Крім цього, це дозволить зконцентрувати матеріально-енергетичні ресурси на високородючих землях, де від їх застосування буде досягнутий максимально можливий економічний ефект.

Екологічна збалансованість агроландшафту визначається системою землекористування. В умовах здійснення земельної реформи ця обставина набуває особливого значення.

Під час реформування земельних відносин необхідно дотримуватись плану створення контурно-смугової або мозаїчної структури ландшафту. Особливо це стосується територій з високою потенційною небезпечкою прояву ерозійних процесів. Реалізація цього плану можлива тільки на принципах ландшафтного контурно-меліоративного землеробства і диференційованого використання земельних ресурсів (рис. 17).

Основними особливостями такого підходу є: протиерозійна контурна організація території з урахуванням структури природних комплексів і меж між землями різного типу використання, а також закріплення їх на місцевості системою луколісомеліоративних заходів (лісосмугами, валами, буферними смугами з багаторічних трав); пріоритет природоохоронної організації території агроландшафту над адміністративними та господарськими межами; підрозділ земель за типом їх використання на три еколого-технологічних групи (ЕТГ); пріоритет ґрунтозахисних технологій вирощування культур; створення польової гідрографічної мережі.

За традиційних систем землеробства велика увага приділялась підвищенню родючості малопродуктивних, у т.ч. еродованих ґрунтів. Наприклад, рекомендувалось на схилових землях збільшувати дозу органічних і мінеральних добрив на 50—60 %. За контурно-меліоративного землеробства (КМЗ), максимум органічних і мінеральних добрив вноситься на землях з родючими повнопрофільними ґрунтами (перша ЕТГ земель).

Для оцінки ерозійної ситуації в агроландшафтах визначається показник еродованості ґрунтового покриву в цілому для тієї чи іншої території.

За збільшення крутості схилів в цілому в Україні еродованість ґрунтів зростає. Схили крутістю більше  $3^\circ$  вже еродовані більше ніж на 80 %. При цьому середньобагаторічні втрати гумусу на них перевищують 10 т/га. Ніяка інтенсивність ґрунтотворчого процесу не зможе компенсувати таку велику втрату ґрунту (Тараріко О.Г. та ін., 1998).

Для вирішення проблеми захисту ґрунтів від ерозії, стійкості землеробства і його екологічної збалансованості необхідно дотримуватись раціонального співвідношення угідь в агроландшафті. Існують екологічні норми земле користування: розораність території — 40—45 %, співвідношення екологічно сталих угідь (сіножаті, пасовища, ліси) до ріллі — не менше одиниці. Але для кожного конкретного випадку структуру угідь визначають на засадах економічної доцільності і екологічної допустимості.

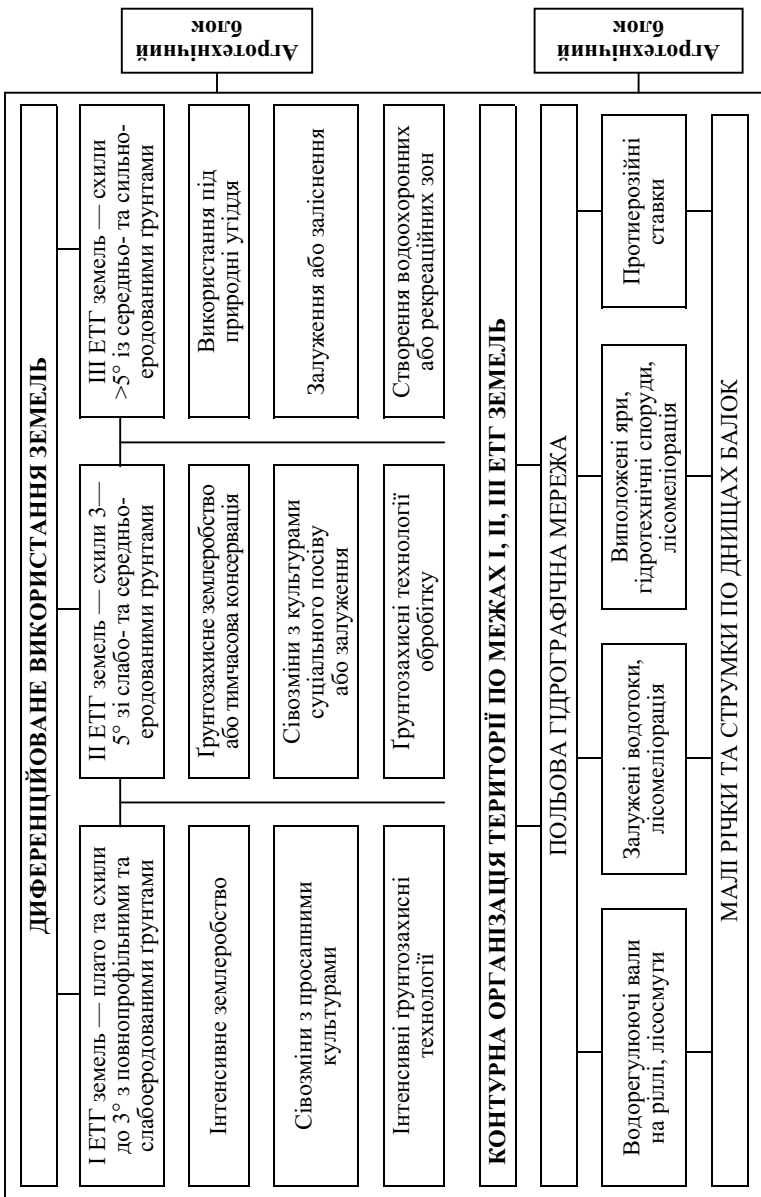


Рис. 17. Основні принципи і ланки ґрунтозахисної контурно-меліоративної системи землеробства (Гараріко О. Г. та ін., 1998)



Для формування ерозійно стійких агроландшафтів необхідно знати ерозійно-гідрологічну ситуацію конкретної місцевості: еродованість ґрунтового покриву, кількісні показники всіх факторів ерозії з урахуванням їх імовірного проявлення, інтенсивність втрат ґрунту.

Нормальна ерозійна ситуація відзначається тим, що інтенсивність ерозії компенсується інтенсивністю ґрунтоутворчого процесу. В цьому випадку є підстави для констатації, що ерозії ґрунту немає.

#### **2.4. КОНТУРНО-МЕЛІОРАТИВНА ОРГАНІЗАЦІЯ ТЕРИТОРІЇ У СИСТЕМАХ ҐРУНТОЗАХИСНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Проектування і розміщення лінійних рубежів — просторової основи ґрунтозахисного упорядкування агроландшафтів — обумовлюються типом і підтипом схилів.

Для проектування контурної організації території вченими запропонована класифікація форм рельєфу. В її основу покладено морфологічні ознаки, що характеризуються поздовжнім і загальним поперечним профілями та станом їх поверхні (рис. 18).

Виділяють такі типи і підтипи схилів:

*Поперечнопрямий тип* має єдиний характер поперечного профілю — прямий. Експозиція всього схилу, як правило, однакова. За характером крутизни у поздовжньому напрямку виділяють два підтипи — поздовжньоввігнутий і поздовжньоопуклий.

*Поперечноопуклий тип* має зростаючу крутизну поперечних скатів від водорозділу до основи, і через опуклість поперечного профілю схил в різних своїх частинах має різну експозицію. Цей тип схилу складається із трьох підтипів: поздовжньопрямого, поздовжньоввігнутого і поздовжньоопуклого.

*Поперечноввігнутий тип* являє собою велике привершинне пониження — водозбори верхів'я балок і ярів. Схили цього типу мають дві і більше експозицій і є найбільш ерозійно небезпечними. Цей тип схилу складається із трьох підтипів: поздовжньопрямого, поздовжньоввігнутого і поздовжньоопуклого.

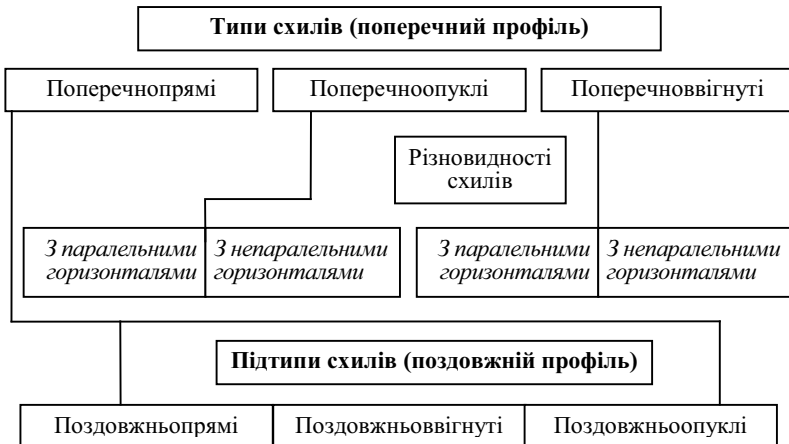
Поперечноопуклий і поперечноввігнутий типи схилів підрозділяються на такі різновидності: з паралельними горизонталями і з непаралельними горизонталями, з однаковою крутизною схилу, з наростаючою крутизною поперечних схилів від водорозділу до їх основи, зі зменшувальною крутизною поперечних схилів від водорозділів до основ.

Під час проектування лінійних рубежів за контурної організації території враховується просторове поєднання і взаємозв'язок різних типів форм рельєфу. Найбільший вплив на розвиток ерозійних процесів

має поперечний профіль, від якого залежить концентрація стоку. Форми поздовжнього профілю схилів по-різному впливають на величину ерозійних процесів. Для визначення величини змиву зі схилів форма поздовжнього профілю враховується через коефіцієнти: поздовжньопрямий схил — 1,0; поздовжньоопуклий — 0,75—0,80; поздовжньоввігнутий — 1,20—1,25.

Основними морфологічними параметрами схилів, зміна яких відбивається на інтенсивності змиву ґрунтів, є крутизна, довжина, форма і експозиція.

Підходи до організації території за різних форм рельєфу різні. На простих схилах поперечнопрямого і поздовжньопрямого профілей, опуклої або ввігнутої форми розміщення меж полів і робочих ділянок проектується прямолінійно. На схилах поперечноопуклого і поперечноввігнутого типів з їх підтипами за різного просторового поєднання і взаємодії форм рельєфу межі лінійних рубежів проектується контурно.



**Рис. 18. Класифікація схилів для протиерозійного проектування** (Лопырев М.И., Рябов Е.И., 1989)

За контурного розміщення меж полів і робочих ділянок враховуються тип схилів і радіуси поворотів технологічних агрегатів.

У разі розміщення контурних рубежів витримуються умови їх паралельності з дотриманням допустимих відхилень від напрямку горизонталей, величина яких залежить від крутизни схилів, кількості опадів, ерозійної стійкості ґрунтів і агрофону. Протяжність і ухил рубежів не повинні створювати умов для накопичення розмиваючої маси води і перевищення допустимої швидкості стоку.

На схилах з рівномірним одностороннім зниженням межі полів, лісосмуги, дороги, вали та інші лінійні рубежі розміщуються прямолінійно з відхиленням від напрямку горизонталей не більше 5°, а в районах з надмірним зволоженням відхилення допускаються від 5 до 10°.

На розсіюваних схилах, які знижуються в різні сторони, а також на вбирних межі розташовуються криволінійно, по контуру з виправленням на улоговинах. При цьому величини допустимої поздовжньої крутизни не повинні перевищувати критичних значень і узгоджуватися з радіусами поворотів робочих агрегатів.

За наявності групи невеликих ярів і улоговин, які вклинюються в основний масив, вони, як правило, відрізаються від основної частини схилового водозбору одним загальним водорегулюючим валом.

Контурно-меліоративна організація території проектується в межах землекористування підприємств з урахуванням організації території прилеглих землекористувань, які мають сумісні єдині водозбірні площі басейнів малих річок, балок і малих водозборів.

Вона виконує такі завдання:

— забезпечує підвищення захисних функцій існуючих сільськогосподарських ландшафтів у водозбірних басейнах в межах землекористування у взаємодії з існуючими елементами організації території на водозбірних площах прилеглих землекористувань з тим, щоб не погіршити їх захисні протиерозійні властивості;

— максимально враховує наявні існуючі рубежі (дороги з твердим покриттям, залізниці, земляні вали різних типів), які суттєво впливають на перерозподіл поверхневого стоку талих і зливових вод на водозбірних площах і не підлягають реконструкції в процесі проектування;

— визначає лінійні рубежі для розміщення полезахисних і водорегульованих лісових смуг, протиерозійних валів різних типів, водоохоронних захисних прибережних смуг, що виконують захисні протиерозійні функції і будуть входити до єдиної регіональної системи протиерозійних заходів довгострокової дії з тривалим строком окупності;

— створює оптимальні умови взаємодії різних елементів ґрунтозахисної системи землеробства щодо забезпечення зниження втрат ґрунту від ерозії, зменшення втрат вологи через поверхневий стік і підвищення продуктивності агрофітоценозів.

Основною контурної організації території є диференційоване використання земельних угідь залежно від її ґрунтово-ландшафтних умов і ґрунтозахисної здатності сільськогосподарських культур. Під час проектування проводиться диференціація або групування земель за типом використання. Лінійні рубежі розміщуються поперек схилів у напрямку наближення до горизонталей місцевості. Контурні рубежі фіксуються на місцевості різними засобами постійного упорядкування території (валами різних типів, лісосмугами, буферними смугами з багаторічних трав тощо). При цьому враховується існуюча гідрографі-

чна мережа, яка виконує функції водотоків для безпечного скидання надлишку талих і зливових вод (залужені улоговини, днища балок, штучні споруди) в річки, ставки, водоймища, озера і у разі необхідності плануються додаткові водорегульовальні заходи.

Проектування контурної організації території здійснюють в наступній послідовності: виділяють еколого-технологічні групи (ЕТГ) і підгрупи земель; визначають і розміщують площі сівозмін, ділянки постійного залуження, багаторічні насадження і природні кормові угіддя; за необхідності в землекористуваннях з багатоконтурними, в основному дрібноконтурними земельними ділянками зі строкатими ґрунтами і різними ухилами ділянок, землі під сівозміни можуть не виділятися, а визначаються ерозійно-безпечні і ерозійно-небезпечні площі, з урахуванням яких передбачається проектування плодозміни без групування їх у поля сівозмін; розташовують заходи постійної дії протиерозійного упорядкування території (лісосмуги, дорожня мережа, земляні гідротехнічні споруди, залужені водотоки, охоронні прибережні захисні смуги); за необхідності проводять внутрішньопольову організацію території, визначають робочі і технологічні ділянки всередині полів; визначають ділянки, на яких необхідно провести заходи щодо відновлення родючості ґрунтів.

Орні землі розподіляють на три основні ЕТГ. Оптимальна структура посівних площ по групах земель в зональному розрізі наведена у таблицях 34 і 35.

*Перша ЕТГ* об'єднує повнопрофільні і слабоеродовані ґрунти, розташовані на рівнинах і схилах до  $3^\circ$  характер рельєфу і якісний стан ґрунтового покриву яких дозволяє вирощувати всі культури, включаючи і просапні.

У межах першої ЕТГ виділяються дві технологічні підгрупи:

I-а — рівнинні землі (схили до  $1^\circ$ ), на яких не має обмежень у виборі напрямку механічного обробітку ґрунту і сівби;

I-б — схиліві землі (крутизна  $1-3^\circ$ ) і ділянки з ухилами до  $1^\circ$  в середній і нижній частинах водозбору у Степу і Лісостепу з великими водозбірними площами, на яких обов'язковий механічний обробіток ґрунту і сівба сільськогосподарських культур поперек схилів, або контурно з допустимим ухилом до горизонталей місцевості. На таких землях поля сівозмін поздовжніми сторонами і лісосмугами на них розміщуються поперек схилу або контурно.

У Степу і Лісостепу, де має місце і водна, і вітрова ерозія ґрунтів, на землях першої ЕТГ перевага надається захисту земель від водної ерозії, тому поздовжні сторони полів і лісосмуги на них розміщуються поперек схилів. Заходи проти вітрової ерозії посилюються ґрунтозахисним обробітком, сівбою кулісних культур поперек основного напрямку шкідливих вітрів.

Таблиця 34

ОПТИМАЛЬНО ДОПУСТИМІ МЕЖІ НАСИЩЕННЯ СІВОЗМІН ОКРЕМИМИ КУЛЬТУРАМИ  
І ЧИСТИМИ ПАРАМИ НА ПЕРШІЙ ЕТТ ЗЕМЕЛЬ, % (Львівськ О.Г. та ін., 1998)

Культури	Ґрунтово-кліматичні зони, підзони і райони												
	Степ					Лісостеп, підзони зволоження					Полісся, ґрунти		
	півден- ний, пів- денно- східний	західний	центральний	північний	перехідний	недостатньо- волого	несвітлого	достатньо- волого	дерново- лісовий	літній	карпатський		
Зернові — всього в т.ч. озимі	50—70	50—70	50—70	60—70	60—70	50—60	50—60	50—60	40—60	50—60	50—60		
	30—50	30—50	30—50	40—60	40—60	30—40	30—40	30—40	30—40	30—40	30—40		
Ярі — всього з них зернові — кукурудза	20—40	30—40	30—40	20—30	20—30	20—30	20—30	20—30	20—30	20—30	20—30		
	5—10	10—15	10—15	5—10	5—10	10—15	10—20	10—20	10—20	7—14	3—10		
	10—15	10—20	10—20	8—10	8—10	10—30	10—30	10—30	10—30	—	10—20		
Технічні — всього в т.ч.: пшаві буряки — соняшник	15—20	15—20	25—30	15—20	15—20	15—30	20—30	20—30	20—30	20—30	8—12		
	5—10	10—20	15—25	—	—	10—20	15—30	20—30	20—30	—	3—10		
	10—12	10—15	10—15	13—18	13—18	10—15	3—5	—	—	—	—		
Льон-довгунець, — інші технічні	—	—	—	—	—	—	—	7—14	10—18	—	5—7		
	3—8	3—8	3—8	5—10	5—10	3—5	6—10	6—8	3—5	—	7—10		
Кормові — всього в т.ч. багаторічні трави	20—40	20—40	20—40	20—30	20—30	20—30	25—40	30—50	20—50	20—30	30—60		
	5—20	5—20	5—20	5—15	5—15	5—15	5—20	10—25	15—25	—	15—30		
Просапні — всього в т.ч.: буряки цукрові — буряки кормові — кукурудза на зерно і силос	50—60	50—60	50—60	40—50	40—50	50—70	40—70	40—70	40—50	40—50	40—50		
	5—10	5—15	10—20	—	—	15—20	20—30	20—30	3—10	—	3—10		
	10—12	10—18	10—15	13—18	13—18	10—15	3—5	—	—	—	—		
	20—40	30—40	30—40	20—30	20—30	30—60	30—50	30—50	20—30	15—30	15—30		
Овочі і картопля	5—23	5—23	5—23	6—25	6—25	5—30	8—30	5—30	10—40	20—40	20—50		
Чисті пари	10—15	8—10	9—10	7—7	7—7	—	—	—	—	—	—		
Проміжні посіви — післяукісні та післяживні на корм, зерно і добриво	5—10	5—10	5—10	5—10	5—10	10—20	15—25	20—40	20—40	20—30	30—40		

Примітка: інтервали показані залежно від частки земель із крутизною 0—1 і 2—3°

**ОПТИМАЛЬНО ДОПУСТИМИ МЕЖИ НАСИЩЕННЯ СІВОЗМІН РІЗНИМИ КУЛЬТУРАМИ НА ДРУГІЙ ЕТГ ЗЕМЕЛЬ (3—5%), % (Тараріко О.Г. та ін., 1998)**

Культури	Ґрунтово-кліматичні зони, підзони і райони											
	Степ					Лісостеп, підзони зволоження					Поліся, ґрунти	
	південно-східний	західний	центральний і північний	передгірські райони Криму	недостатнього	несійкого	достатнього	дерново-лізолисті та інші	легкі піщані	Карпати		
Зернові — всього в т.ч. озимі	14—50	14—50	14—50	14—50	20—50	20—50	20—50	20—50	20—50	20—50	30—90	
	20—35	20—35	20—35	20—35	20—35	20—35	20—35	20—35	20—35	20—35	20—40	
Ярі — всього у т.ч.: з них ячмінь і овес — просо (міжсмуговий посів) — гречка (міжсмуговий посів)	10—15	10—15	10—15	10—15	10—15	10—15	10—15	10—15	10—15	10—15	10—20	
	14—20	14—20	14—20	14—20	8—10	8—10	8—10	15—20	15—20	15—20	10—20	
	5—7	5—7	5—7	—	5—7	5—7	5—7	—	—	—	—	
	5—7	5—7	5—7	—	5—7	5—7	5—7	—	—	—	—	
Технічні всього	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	5—7	
Картопля і овочі (міжсмуговий посів)	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	3—5	5—7	
Кормові — всього У т.ч. багаторічні трави — кукурудза з бобовим на корм (міжсмуговий посів) — озимі на корм — однорічні трави на корм	40—76	40—76	40—76	40—76	47—76	47—76	47—76	47—66	50—70	50—70	50—70	
	30—60	34—60	34—60	34—60	30—70	30—70	25—65	30—48	—	—	30—50	
	5—7	5—7	5—7	5—7	5—6	5—6	5—6	5—7	10—15	10—15	10—15	
	10—20	10—20	10—20	10—20	10—20	10—20	10—20	10—20	10—20	10—20	10—20	
	10—20	10—20	10—20	10—20	14—20	14—20	14—20	14—20	14—20	14—20	30—40	

**Примітка:** інтервали насичення сівозмін культурами показані залежно від земель частки із крутизною 3—5 і 5—7°

З метою забезпечення захисту ґрунтів від водної ерозії поперек схилів на чистих парах проектується буферні смуги, а поперек основного напрямку шкідливих вітрів, які збігаються з напрямком схилу, створюють куліси, захисна дія яких проявляється здебільшого в осінньо-зимовий та ранньо-весняний періоди, тобто в період найбільш вірогідного прояву пилових бур.

*Друга ЕТГ* включає землі, які розташовані на схилах від 2—3 до 5°, з повнопрофільними слабо- і середньозмитими ґрунтами.

На землях другої ЕТГ розміщуються ґрунтозахисні сівозміни, насичені культурами, що мають високу ґрунтозахисну здатність. Розміщення чистого пару і просапних культур на землях другої ЕТГ забороняється.

Для диференціації протиерозійних заходів, включаючи і агротехнічні, та коригування ґрунтозахисних сівозмін (за ступенем насиченості багаторічними травами), землі другої ЕТГ поділяються на дві підгрупи:

П-а — землі з крутизною схилів 3—5° без чітко сформованих улоговин. Рекомендується тимчасово вивести з обробітку під залуження (довготривалі високоінтенсивні сіножаті).

П-б — землі з крутизною схилів 3—5, пересічені улоговинами. Рекомендується вивести з обробітку на постійно, з подальшим штучним або природним залуженням чи залісненням.

*Третя ЕТГ* включає схилі землі з крутизною більше 5°, а також землі з малорозвиненими ґрунтами на елювії твердих порід, піску та ін., з малопродуктивними, але низькопродуктивними ґрунтами, які виводяться з обробітку на постійно з подальшим залуженням або залісненням.

Після завершення еколого-технологічного групування за необхідності на межі між I і II групами земель виділяють рубезі першого порядку, які можуть збігатись із межами водоохоронних зон річок і водойм.

Лінійні стокорегулювальні рубезі першого порядку встановлюються, починаючи від вершин водозборів, і розраховуються таким чином, щоб позбутися переливання через них талих і зливових вод та формування лавиноподібного стоку у періоди екстремальної водовіддачі. Це досягається конструкцією споруд, які передбачають безпечний відвід надлишку води, виключають можливість прориву споруд (валів-терас різних типів, поєднаних із залуженими водотоками, канавами, лісомеліоративними заходами).

За необхідності посилення захисної ролі рубезів першого порядку проектується додаткові лінійні рубезі другого порядку, які, як правило, розміщуються паралельно до рубезів першого порядку.

Під час проектування слід прагнути до паралельності меж полів і робочих ділянок. Відхилення лінійних рубезів як першого, так і другого порядків від горизонталей можливе в межах встановлених допус-

ків, обумовлених крутизною, протяжністю і експозицією схилу, кількістю опадів, ерозійною стійкістю ґрунтів і агрофоном.

Радіуси кривизни меж мають бути зручними для поворотів усіх машинно-тракторних агрегатів і бути не меншими: на землях зі схилами до  $3^\circ$  — 60 м, на схилах від  $3$  до  $5^\circ$  — 30 м, на схилах понад  $5^\circ$  — 15 м.

У випадках, коли зміна існуючих прямолінійних меж полів пов'язана з необхідністю ліквідації лісосмуг, доріг з твердим покриттям, удосконалення структури землекористування з позиції підвищення протиерозійної стійкості території здійснюється шляхом поліпшення його внутрішньопольової організації і більш широкого застосування ґрунтозахисних технологій.

Якщо під час проектування полів і робочих ділянок на площах з непаралельними горизонталям їх сторонами або через інші причини утворюються дрібні, незручні для обробітки ділянки, то вони заліснюються за умови прилягання їх до лісових площ, захисних лісових насаджень, лісосмуг або залужуються.

За значної яристості території, групи невеликих ярів і улоговин, які вклинюються в основний масив по краях полів, як правило, відмежовуються від основної частини схилового водозбору одним загальним водорегулювальним валом. Території, уражені ярами, як правило, підлягають залісненню.

За необхідності на землях I і II ЕТГ закріплення контурних рубежів проводиться стокорегулювальними спорудами у вигляді різних типів валів, у т.ч. валів-доріг, валів-терас, валів-каналів, нагірних каналів.

Розташування водорегулювальних земляних і гідротехнічних споруд поперек схилів проводиться залежно від розрахункових і допустимих нерозмиваючих швидкостей стікання води від зливи, досягаючи 25 % забезпеченості у відповідності з «Методическими рекомендациями по определению расстойный между стокорегулирующими рубежами при проектировании КМЗ. (К.: УкрНДИ землеустройства, 1987).

На схилах із частим розташуванням улоговин, які не можуть бути усі обладнані під залужені водотоки, доцільно між лінійними водорегулюючими гідротехнічними спорудами розмішувати додаткові споруди в улоговинах — земляні перемички та загати із залуженими водообходами.

В окремих випадках для створення прямолінійності (паралельності) ділянок розрахункові швидкості можуть перевищувати допустимі на 10 %, але в такому разі дана ділянка не повинна займати більше 20 % від загальної площі між стокорегулювальними спорудами.

Залужені водотоки та інші водовідвідні споруди розраховуються на пропуск води від зливи 10 % забезпеченості.

Якщо допустима пропускна здатність одного задернованого водотоку не забезпечує скидання максимальної розрахункової кількості води від зливи 10 % забезпеченості, то будуються здвоєні водотоки,



які розділяються між собою валиками, але з таким розрахунком, щоб через них не переливалася вода із сусідніх водотоків, що є однією з необхідних умов стабільної роботи цих споруд. Проте більше чотирьох здвоєних водотоків будувати в одному місці недоцільно.

В умовах строкатості ґрунтового покриву Полісся першочергове значення має не рельєф, особливо на рівних територіях, а агроекологічне угруповання орних земель з урахуванням біологічних особливостей окремих культур.

Контурна організація території передбачає розміщення плодово-ягідних насаджень і виноградників на схилах до  $20^0$ , а в передгірських районах — до  $25^0$ .

На схилах крутизною  $2—3^0$  квартали розміщуються прямолінійно поперек схилу, створюючи сприятливі умови для освітлення, провітрювання, захисту насаджень від шкідливих вітрів.

На схилах крутизною від  $3$  до  $5^0$  квартали і ряди насаджень в них розміщуються прямолінійними відрізками поперек схилу, а за крутизни від  $5$  до  $10^0$  — контурно, паралельно напрямку горизонталей. Допускається відхилення від горизонталей до  $3^0$  за крутизною на протязі не більше 60 м. Кут повороту контурних рядів має бути не меншим  $150^0$ , а радіус кривизни — не менше 15 м. На схилах більше  $10^0$  сади і виноградники створюються на ступінчастих терасах.

Передбачається розділення водозбору на ряд контурних смуг по горизонталях, у межах яких надалі розміщуються квартали, клітки карти садів і виноградників.

Контурні смуги залежно від їх призначення закріплюються на місцевості водовідвідними валами, валами-канавами, які суміщуються з лісосмугами і магістральними або міжквартальними дорогами.

Ширина контурних смуг визначається на розрахунковій основі і залежить від кліматичних, ґрунтових, геологічних умов, ухилу і експозиції схилів, кількості і характеру опадів.

*Способи винесення і закріплення лінійних рубежів на місцевості.* Лінійні елементи проекту контурно-меліоративної організації території виносяться в натуру в повному обсязі протягом календарного року. Контурні межі виносяться інструментальними методами згідно зі спеціальною нормативно-технічною документацією.

У комплексі робіт з перенесення проекту на території проводиться закріплення проектних ліній межовими знаками встановленого зразка. Постійні знаки встановлюються тільки на початку або в кінці проектних ліній в місцях ймовірного їх довгострокового зберігання. Криво-лінійні місця проектних ліній закріплюються тимчасовими знаками на період виконання комплексу робіт, за їх виносом і закріпленням.

Лінійні рубежі (захисні лісосмуги, вали-тераси, вали-дороги та їх поєднання, буферні смуги з багаторічних трав) відмежовуються в натурі на їх запроєктовану ширину шляхом проорювання борозни з верх-

нього боку по схилу і наорювання валика трьома проходами всклад полицевими знаряддями з нижнього боку. Для запобігання лінійної ерозії вздовж борозен з ухилом більше 0,01 роблять зміни глибини верхньої борозни, вимілюючи полицеве знаряддя через 50—100 метрів.

До розробки робочих проектів на будівництво гідротехнічних протиерозійних споруд, створення захисних лісових насаджень по лінійних рубежах створюються тимчасові буферні смуги з багаторічних трав. Постійні і тимчасові буферні смуги на місці запроєктованих лінійних рубежів створюються в період перенесення проектів у натуру.

Землі, зайняті під буферні смуги, включаються зі складу ріллі і переводяться в сіножаті. Після здійснення проектних заходів вони переводяться до складу відповідних угідь згідно з їх класифікацією, визначеною земельно-кадастровою документацією.

Тимчасові буферні смуги є осью лінією під час здійснення топографічних зйомок для розробки робочих проектів будівництва гідротехнічних протиерозійних споруд. Місцезнаходження лінійних елементів у натурі може уточнюватися і незначною мірою змінюватися під час проектування та будівництва протиерозійних гідротехнічних споруд.

*Смугове розміщення культур* застосовують з метою захисту ґрунтів від водної і вітрової ерозії. У першому випадку культури сіють смугами впоперек схилів протяжністю понад 150—200 м і крутизною більше 2°. Протидефляційні смуги розміщують перпендикулярно до пануючих вітрів, або з допустимим кутом до них за умови відхилення від напрямку горизонталей до 2°. У разі смугового розміщення посівів польові роботи проводять контурно, що різко знижує стік і змив ґрунту.

Смуги поділяються на протистоківі і протидефляційні.

Протистоківі (проти водної ерозії) смуги розміщуються перпендикулярно до основного напрямку переміщення по схилу рідкого стоку, або з допустимим доступним відхиленням від напрямку горизонталей. Такі смуги можуть бути: паралельні — поперек загального схилу, але не чітко по горизонталях; контурні — чітко по горизонталях; контурно-паралельні — чітко паралельні, в основному вздовж горизонталей з допустимим відхиленням від них; контурно-паралельні із залуженням основних улоговин (водотоків). Межі смуг розміщують вздовж горизонталей, за винятком улоговин, які залужуються багаторічними травами. Протидефляційні (противітрові) смуги розміщуються перпендикулярно або з відхиленням до 30—35° до напрямку пануючих вітрів, що створюють пилові бурі.

Усі види смуг, крім протидефляційних, створюються для запобігання як водної, так і сумісної дії — водної і вітрової ерозії ґрунтів. На складному, пересіченому улоговинами рельєфі, для запобігання дії водної і вітрової ерозії проводиться контурно-смугове розміщення посівів із залуженням улоговин. Смугове розміщення посівів проводиться у двох модифікаціях: смуги однорічних трав чергуються зі смугами з

багаторічних трав; смуги із густопокривних культур чергуються з ерозійно нестійкими агрофонами, або з посівами просапних культур.

В умовах нестійкого і недостатнього зволоження смуги розміщують уздовж горизонталей. Відхилення робочих проходів допускаються не більше  $0,5^{\circ}$ . В зоні надмірного зволоження вони повинні забезпечувати надійне щодо ерозії відведення стоку, яке досягається розміщенням меж смуг з кутом не більше  $2\text{—}3^{\circ}$  до напрямку горизонталей.

Під час складання сівозмін зі смуговим розміщенням посівів необхідно, щоб у кожному полі були буферні смуги, покриті рослинністю або стернею культур суцільного посіву. Під час складання схем чергування культур у смугах, крім дотримання правил плодозміни і розміщення культур по найбільш сприятливих попередниках, слід дотримуватись чергування агрофонів за порами року (табл. 36)

*Таблиця 36*

**ЧЕРГУВАННЯ КУЛЬТУР АГРОФОНІВ ЗА СМУГОВОГО РОЗМІЩЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР**

Варіант	Пора року	
	Осінь-весна	Літо
1	Зяб Багаторічні трави	Пар, просапні Багаторічні трави
2	Зяб Озимі	Просапні, пар Озимі
3	Зяб Зяб зі збереженням стерні	Просапні, ярі звичайної рядкової сівби Ярі звичайної рядкової сівби, пар
4	Озимі Багаторічні трави	Озимі Багаторічні трави

Ширина смуг встановлюється з урахуванням крутизни схилу агрофону, гранулометричного складу ґрунту і кратності проходів посівних агрегатів (табл. 37).

В основу визначення оптимальної структури посівних площ у системі контурно-меліоративної організації території покладені принципи екологічної та економічної доцільності, максимального використання ґрунтово-кліматичних факторів.

Оптимізація структури посівних площ є основним, найбільш дешевим і екологічним засобом підвищення продуктивності агроєкосистем. Склад і стан рослинного покриву істотно впливають на розвиток ерозійних процесів. При цьому захищеність ґрунту різними культурами залежить від біомаси рослин і змінюється відповідно до фаз їх розвитку.

Таблиця 37

**ШИРИНА ПОСІВНИХ І БУФЕРНИХ СМУГ ЗАЛЕЖНО  
ВІД КРУТИЗНИ СХИЛУ, АГРОФОНУ  
ТА ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ҐРУНТУ**

Крутизна схилу °	Ширина посівних смуг (м) під час чергування						Ширина буферних смуг (м) під час чергування культур суцільного посіву із:		
	багаторічних трав із:				озимих і ярих зернових суцільного посіву із:		чорним паром	кукурудзою	
	чистим паром	просапними	ярами зерновими	озимими зерновими	чистим паром	просапними		на зерно	на силос
Суглинкові ґрунти									
1	75,6	75,6	75,6	151,2	75,6	75,6	11,2	11,2	11,2
2	75,6	75,6	75,6	151,2	75,6	75,6	11,2	11,2	11,2
3	67,2	75,6	75,6	151,2	75,6	75,6	11,2	11,2	11,2
4	50,4	67,2	72,0	151,2	42,0	58,8	14,4	14,4	14,4
5	—	50,4	72,0	115,2	—	42,0	—	14,4	14,4
6	—	33,6	50,4	86,4	—	—	—	18,0	18,0
Супіщані ґрунти									
1	75,6	75,6	75,6	151,2	67,2	75,6	14,4	14,4	14,4
2	75,6	75,6	75,6	151,2	67,2	75,6	14,4	14,4	14,4
3	58,8	75,6	72,0	151,2	50,2	67,2	18,0	14,4	14,4
4	42,0	50,4	72,0	122,6	33,6	50,4	21,6	18,0	18,0
5	—	42,0	57,6	93,6	—	33,6	—	21,6	18,0
6	—	33,6	43,2	72,0	—	25,2	—	—	21,6

За травень — вересень середнє проєктивне покриття багаторічних трав, озимини і просапних культур відповідно дорівнює 100, 49 і 51 %. У середньому проєктивне покриття просапних таке саме, як і озимих, але в травні воно у 8, у червні — в 4, у липні в 2 рази менше. Багаторічні трави і озимі культури захищають ґрунт і в період весняного сніготанення (Тараріко О.Г. та ін.; 1998).

Набором культур, різних за своїми ґрунтозахисними властивостями, можна регулювати процес ерозії, продуктивності і родючості ґрунту, створювати найбільш раціональну для конкретних умов структуру посівних площ, спрямовану на всебічне використання енергетичного потенціалу ґрунту і рослин. Під час розробки системи сівозмін поряд з урахуванням спеціалізації господарства, рельєфу, співвідношення різних технологічних груп земель потрібно виходити з умов обов'язкового відтворення ґрунтової родючості за рахунок технологічних засобів, природних чи антропогенних ресурсів відповідно до конкретних можливостей кожного господарства.

Диференційований підхід до використання земельних ресурсів і створення умов для формування протиерозійно впорядкованих агроландшафтів досягається шляхом заміни прямолінійної організації території на контурну, а також поглибленої адаптації структури посівних площ і сівозмін до ґрунтово-ландшафтних факторів. Здійснюється це за рахунок локалізації інтенсивного землеробства тільки на повнопрофільних і слабозмитих високородючих ґрунтах плато і схилів до 2—3° (I ЕТГ), ґрунтозахисного землеробства із застосуванням біологічних принципів на схилах 3—5° (II ЕТГ) зі слабо- та середньородючими ґрунтами і виведення зі складу ріллі сильноеродованих земель із крутизною понад 5° (III ЕТГ).

На землях першої ЕТГ розміщують зернопарові, зернопаропросапні, зернопросапні, плодозмінні, просапні сівозміни, насичені інтенсивними культурами. На цій частині агроландшафту за необхідності застосовують інтенсивні технології для досягнення максимальної продуктивності сільськогосподарських культур з мінімальним ризиком для навколишнього середовища.

Проектування сівозмін базується на розроблених місцевими науковими установами відомих принципах оптимального набору і чергування культур з урахуванням їх розміщення по оптимальних попередниках та періоду повернення культур на попереднє місце вирощування (табл. 38). Загальним принципом формування системи сівозмін кожної ЕТГ є спроможність попереджувати ерозійні процеси, відновлювати родючість ґрунту, зокрема підтримувати бездефіцитний баланс гумусу для досягнення високої продуктивності агрофітоценозів.

У разі втрат гумусу, які не компенсуються природним шляхом, його запаси поповнюються за рахунок усіх наявних у господарствах органічних добрив і побічної продукції землеробства. За невиконання цієї умови змінюється набір культур у сівозміні в напрямку зменшення питомої ваги просапних культур і збільшення багаторічних трав. Цей принцип дає можливість запобігти деградації ґрунтів і повинен розповсюджуватися на всі системи землеробства за будь-якої форми землекористування — від окремого поля, сівозміни до району, області і держави. Не може бути рентабельним і екологічно збалансованим виробництво, якщо деградують ґрунти.

Таблиця 38

**ОПТИМАЛЬНА ПЕРІОДИЧНІСТЬ ПОВЕРНЕННЯ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР  
НА ПОПЕРЕДНЄ МІСЦЕ ВИРОЩУВАННЯ (КІЛЬКІСТЬ РОКІВ)  
(Тараріко О.Г. та ін., 1998)**

Культури	Ґрунтово-кліматичні зони і підзони України				Поліся
	Степ		Лісостеп, підзони зволоження		
	південний і південно-східний	центрально-західний і північний	недостатнього і нестійкого	достатнього	
Озима пшениця	1	1	1	2	2
Озиме жито	1	1	1	1	1
Озимий ячмінь	1	1	1	2	2
Кукурудза	1	1	1	1	1
Ярий ячмінь	1	1	1	2	2
Овес	1	2	1	1	1
Просо	2	2	2	3	3
Гречка	1	1	1	1	1
Горох, вика, чина	3	3	3	3	3
Люпин на зерно	—	—	—	6—7	6—7
Рис	1	1	1	—	—
Цукрові буряки	3—4	3—4	3—4	2—3	2
Соняшник	7—8	5—6	5—6	5—6	—
Льон-довгунець	—	—	—	4—5	4—5
Коноплі	—	—	1	1	—
Картопля	1—2	1—2	1—2	1—2	1—2
Конюшина	—	—	3	3—4	3—4
Люцерна	3	3	3	3	3
Еспарцет	2—3	2—3	2—3	2—3	—
Суданська трава	3	3	3	3	3
Сорго	3	3	3	3	3
Злакові багаторічні трави	3	3	3	3—4	3—4
Люпино-вівсяна сумішка на корм	—	—	—	5—6	5—6

**Примітка:** 1. За внесення під оранку 30—60 т/га ґною — картопля, кукурудза і коноплі можуть вирощуватися без зниження врожайності на одному і тому ж самому полі протягом 3—5 років. 2. У колонці з двома цифрами: друга — оптимальна, перша — допустима

На землях другої ЕТГ зі слабо- і середньородованими ґрунтами проєктуються ґрунтозахисні зернотрав'яні сівозміни з насиченням багаторічними травами (залежно від рельєфу до 40—60 %), однорічними травами, зерновими колосовими. Землеробство на цих землях базується на біологічних принципах захисту від ерозії, а відтворення гумусу ґрунту здійснюється переважно за рахунок багаторічних трав.

Землі третьої ЕТГ із сильноородованими ґрунтами виводяться під природні кормові угіддя або заліснення.

Ефективним біотехнологічним засобом захисту ґрунтів від водної та вітрової ерозії є проміжні посіви. Науково обґрунтоване і добре організоване застосування проміжних посівів, особливо в зоні Полісся і підзоні достатнього зволоження Лісостепу та в умовах зрошення, помітно підвищує протиерозійну ефективність і продуктивність сівозміни.

Основою планування рівня урожайності в різних зонах можуть слугувати дані зональних науково-дослідних установ, одержані за середніх норм органічних і мінеральних добрив, що застосовуються у більшості господарств.

Для кожної ЕТГ земель у різних зонах розробляються відповідні сівозміни різної інтенсивності та ґрунтозахисної ефективності.

Під час проєктування сівозмін у великих господарствах тваринницького напрямку з метою ресурсо- та енергозбереження доцільне введення полів із тривалим використанням багаторічних трав, зокрема, вивідних полів люцерни, не тільки в кормових, зернотрав'яних, але й в інтенсивних польових сівозмінах. Це дає можливість уникнути витрат, пов'язаних зі щорічним обробітком ґрунту і сівою трав, обумовити свободу маневру під час сівби озимих культур, зменшити витрати дефіцитного насіння, причому без зниження продуктивності ріллі використовуються цінні агротехнічні, економічні та фітосанітарні переваги багаторічних трав. Крім того, такий підхід сприяє вирішенню проблеми зниження розораності території.

**Ґрунтозахисні сівозміни** — це сівозміни, в яких набір, розміщення та чергування сільськогосподарських культур забезпечують захист ґрунтів від водної (на 65—70 %) та вітрової ерозії, створюються умови для підвищення родючості еродованих і ерозійно небезпечних земель, забезпечується підвищення врожаїв сільськогосподарських культур. Впровадження їх поєднується з контурно-меліоративною організацією території, яка включає, зокрема, спорудження різних водорегулювальних систем, смугове розміщення посівів, залуження відповідно до змитості ґрунту, крутості схилу та ґрунтозахисної ефективності культур.

Сільськогосподарські культури за їх реакцією на ступінь еродованості ґрунту поділяють на три групи: дуже, середньо- та малочутливі. До першої групи належать буряки, баштанні культури, соняшник, коноплі, картопля, озима та яра пшениця, просо і кукурудза; до другої — ячмінь, гречка, зернобобові, однорічні трави; до третьої — овес, озиме

жито, багаторічні трави. Урожай культур першої групи на мало-, середньо- та дуже змитих ґрунтах зменшується відповідно на 10—30, 30—70, 60—90 %; другої — на 5—15, 20—55, 40—70 %, третьої — на 5—10, 15—40, 25—55 % порівняно із продуктивністю цих культур на незмитих ґрунтах вододілу (Здоровцев І.П., Шевцов А.Е., 1982).

Залежно від протидії ерозійним процесам, сільськогосподарські культури забезпечують різну ґрунтозахисну ефективність. Так, багаторічні трави й озими мають найбільший коефіцієнт ефективності — 0,95—0,82, однорічні трави та ранні ярі зернові й зернобобові — 0,50—0,42, просапні — 0,47—0,14, чорний пар зовсім не захищає ґрунт від ерозії (табл. 40).

Для оцінки екологічної стійкості агроландшафтів запропоновані відповідні математичні моделі.

Так, ця стійкість знаходить вираження у коефіцієнті екологічної стійкості ( $K_{ec}$ ) агроландшафту:

$$K_{ec} = \frac{\sum_{n=1} S_i \cdot K_{ey} \cdot K_p}{S},$$

де  $S_i$  — площа окремих видів угідь, га;

$K_{ey}$  — екологічна стійкість окремих угідь, балів;

$K_p$  — коефіцієнти екологічної стійкості рельєфу, балів (табл. 39).

Таблиця 39

**НОРМАТИВНА ВЕЛИЧИНА КОЕФІЦІЄНТА  
ЕКОЛОГІЧНОЇ СТІЙКОСТІ  $K_p$ , балів**

Клас земель за ерозійною небезпекою	Крутизна схилу	Рілля, сади	Сіножаті	Ліс
I	< 1	1	—	1,0
II	1—2	0,8	—	1,0
III	2—3	0,7	—	1,0
IV	3—5	0,6	—	1,0
V	5—7	0,5	—	1,0
VI	< 7	—	1,0	1,0
VII	7—15	—	0,7	1,0
VIII	15—20	—	0,6	1,0
IX	> 20	—	0,5	1,0

Нормативна величина  $K_{ey}$ , балів: ліс — 0,9—0,7; сіножаті рівнинні — 0,8; сіножаті, вкриті ярами — 0,2; сади — 0,5; рілля у ґрунтозахис-



них сівозмінах — 0,35; рілля в польовій сівозміні без просапних — 0,25; рілля у польовій сівозміні із просапними — 0,15.

Оцінку екологічної стійкості агроландшафтів проводять за величиною коефіцієнта екологічної стійкості. За  $K_{ec}$  1—0,9; 0,8—0,5 і менше 0,5 стійкість агроландшафту відповідно висока, середня і низька.

Найтриваліший за часом і надійний захист ґрунтів забезпечують багаторічні трави. Добре розвинені озимі культури (із куцистістю не менше 3) захищають ґрунт від ерозії із середини осені до підняття зябу після збирання врожаю. Ярі зернові звичайної рядкової сівби захищають ґрунт з другої половини весни до обробітку зябу. Після культур звичайної рядкової сівби протиерозійний фон зберігається за плоскорізного обробітку, внаслідок чого збільшується фітомеліоративна дія рослин.

Просапні культури до змикання міжрядь мало захищають ґрунт від ерозії, а в другій половині літа, коли в рослин добре розвинена листкова поверхня, ґрунтозахисний вплив їх посилюється (табл. 40).

*Таблиця 40*

**ГРУНТОЗАХИСНА ЕФЕКТИВНІСТЬ  
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗАЛЕЖНО  
ВІД КРУТОСТІ СХИЛУ**

Сільськогосподарські культури та агрофон	Ґрунтозахисна ефективність, % за різної крутості схилу, градусів		
	3	6	9
Багаторічні трави	95	94	84
Озимі на зерно	82	77	68
Коноплі, ярий ячмінь на зерно	50	46	41
Однорічні трави, горох	47	42	37
Цукрові буряки	47	–	–
Просо, овес	42	36	32
Гречка	39	35	31
Соняшник	37	34	–
Кукурудза на зерно і силос	35	32	–
Картопля	32	28	–
Пар чорний	0	0	0
Стерня озимих культур	51	45	39
Стерня ярих звичайної рядкової сівби	25	23	21

У дослідях Хмельницької сільськогосподарської дослідної станції на схилі з крутістю 6—8<sup>0</sup> змив ґрунту становив під покривом багаторічних трав першого року використання 1,1 т/га, озимої пшениці — 8,9, а кукурудзи — 53,2 т/га. Під багаторічними травами другого та третього років використання змиву ґрунту майже не було. Ґрунтозахисна ефективність культур зменшується зі збільшенням крутості схилів.

Ґрунтозахисну ефективність сівозміни визначають за допомогою формули:

$$\Gamma_{зс} = (Зк_1 \times Пв_1) + (Зк_2 \times Пв_2) + \dots + Зк_n \times Пв_n / 100,$$

де  $\Gamma_{зс}$  — ґрунтозахисна ефективність сівозміни, %;  $Зк$  — ґрунтозахисна ефективність культури (1, 2 ...  $n$ ) у сівозміні, %;  $Пв$  — питома частка культури (1, 2 ...  $n$ ) у сівозміні, %.

Зі збільшенням ступеня змитості ґрунту продуктивність сільськогосподарських культур знижується. Це залежить і від реакції культур на ступінь еродованості ґрунту. Так, озимі, горох і ячмінь добре ростуть на малозмитих ґрунтах, але різко зменшують урожай на середньо- та дуже змитих і лише еспарцет та люцерна тут найменше знижують його.

Під час підбору культур для ґрунтозахисних сівозмін особливу увагу треба звертати на те, як та чи інша культура задовольняє потреби спеціалізації господарства, забезпечує захист ґрунтів від ерозії, сприяє підвищенню родючості еродованих ґрунтів, впливає на роботу машинно-тракторних агрегатів під час сівби, догляду за посівами та збирання врожаю.

Нормальна робота машинно-тракторних агрегатів, а також сприятливі умови для росту і розвитку рослин складаються, якщо цукрові буряки розміщують на схилах до 3<sup>0</sup>, кукурудзу на зерно — до 7—8, кукурудзу на силос і соняшник — до 8, ярі та озимі культури звичайної рядкової сівби на зерно — до 9—10, озимі на зелений корм — до 11—12<sup>0</sup>. Крутіші схили доцільно засівати багаторічними травами. При цьому високу продуктивність та ґрунтозахисну ефективність забезпечують травопільні сівозміни, де багаторічні трави становлять близько 50—60 % посівної площі, тобто вони є основою ґрунтозахисних сівозмін.

У ґрунтозахисних сівозмінах у районах з достатнім зволоженням треба висівати переважно конюшину, у районах з нестійким — доцільно сіяти еспарцет або люцерну. Проте найпродуктивніші й забезпечують великий ґрунтозахисний ефект сумішки багаторічних трав, які складаються з двох бобових компонентів. Багаторічні трави, крім великої ґрунтозахисної ефективності, є добрим попередником озимих, особливо в роки з достатнім зволоженням.

У ґрунтозахисних сівозмінах добре вдається озима пшениця, яка за продуктивністю і ґрунтозахисною ефективністю займає друге місце після трав, тому для одержання високих її урожаїв розміщення після

кращих попередників має першорядне значення. Осиму пшеницю, крім розміщення після багаторічних трав, треба сіяти і після однорічних трав, а також кукурудзи на силос ранніх строків збирання.

У ґрунтозахисних сівозмінах кукурудзу доцільно висівати після озимої пшениці, а також після багаторічних трав дво- і трирічного використання. Введення в сівозміну, особливо з короткою ротацією, кукурудзи відіграє і фітосанітарну функцію, сприяє нормалізації умов розвитку та росту бобових трав за невеликого періоду повернення їх на попереднє місце вирощування.

Ярі ранні звичайної рядкової сівби (ячмінь, однорічні трави) використовують у ґрунтозахисній сівозміні як покривні культури багаторічних трав. Варто зазначити, що кращих результатів досягають за підсіву їх під однорічні трави. Ґрунтозахисні сівозміни в основному мають кормовий напрям, тому в господарствах, які спеціалізуються на виробництві яловичини чи молока, впроваджують сівозміни, де кормова група становить не менше 75—80 % площі. Коли ж господарства спеціалізуються з виробництва свинини чи продуктів птахівництва, зернова група сівозміни без різкого зменшення ґрунтозахисної дії може бути доведена до 60 % площі посіву.

Подальше збільшення частки зернових у разі скорочення площі багаторічних трав не забезпечує належного захисту ґрунту, росту продуктивності сівозміни та розширеного відтворення родючості ґрунту.

Природо-сільськогосподарські зони України відрізняються ґрунтово-кліматичними умовами. У Степу — недостатня родючість змитих ґрунтів, часті посухи, а місцями через солонцюватість та засоленість ґрунтів створюються несприятливі умови для вирощування сільськогосподарських культур. На схилах, де частина води втрачається зі стоком, менш сприятливі умови, ніж у інших природних зонах України. Основою ґрунтозахисних сівозмін у Степу є багаторічні трави. На родючих ґрунтах тут можна вирощувати такі бобові трави, як люцерну, на інших — еспарцет звичайний і піщаний (останній урожайніший). Зі злакових — стоколос безостий, райграс високий, пирій безкореневищний, а у південних районах — житняк посухостійкий. На південних схилах схожість насіння багаторічних трав у 1,5—2 рази менша, ніж на північних.

У цій зоні рекомендуються такі орієнтовні схеми ґрунтозахисних сівозмін: 1, 2 — багаторічні трави, 3 — кукурудза на зелений корм, 4 — озима пшениця, 5 — ярі зернові з підсівом багаторічних трав; 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озиме жито, 4 — кукурудза на зелений корм та ранній силос, 5 — озима пшениця + післязжнивна сівба багаторічних трав. На дуже еродованих ґрунтах вирощують культури звичайної рядкової сівби в сівозміні: 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озиме жито або однорічні трави на зелений корм, 4 — озимина, 5 — ярі з підсівом багаторічних трав.

Науковцями Інституту землеробства УААН і Миколаївської зональної дослідної станції з кормовиробництва рекомендовані для господарств Степу такі схеми ґрунтозахисних сівозмін: I. 1—3 — багаторічні трави, 4 — кукурудза на зелений корм, 5 — озима пшениця на зерно, 6 — ячмінно-горохова сумішка на зелений корм з підсівом багаторічних трав (люцерна + стоколос безостий); II. 1—3 — багаторічні трави, 4 — озима пшениця на зерно, 5 — однорічні трави (вико-вівсяна сумішка) на зелений корм, 6 — ярі зернові з підсівом багаторічних трав; III. 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озима пшениця на зерно, 4 — кукурудза молочно-воскової стиглості (смугове розміщення), 5 — озиме жито на зелений корм або на зерно, 6 — ячмінь з підсівом багаторічних трав; IV. 1—3 — багаторічні трави, 4 — озиме жито або однорічні трави на зелений корм, 5 — озима пшениця на зерно, 6 — ярі з підсівом багаторічних трав; V. 1 — еспарцет на зелений корм, 2 — озима пшениця на зерно, 3 — кукурудза молочно-воскової стиглості (смугове розміщення), 4 — озиме жито на зелений корм, 5 — озима пшениця на зерно, 6 — ячмінь на зерно з підсівом еспарцету (Бойко П.І., Кім Б.М., Омельченко Г.В., 1991).

У Лісостепу ґрунтозахисні сівозміни розміщують на середньо- та дуже змитих ґрунтах, які мають невелику родючість, на схилах, що перевищують 5°. Для них підбирають культури, які сприяють продуктивнішому використанню цих земель та підвищенню їх родючості.

За даними Інституту землеробства УААН, тут найпродуктивнішою є травосумішка, що складається з люцерни (30 %), конюшини (10 %) та стоколосу безостого (30 %).

У сівозмінах, де передбачене дворічне використання трав, доцільніше висівати бобові (конюшина + люцерна), які забезпечують більші, ніж злакові сумішки, урожаї зеленої маси, а також зерна наступної озимої пшениці.

У цій зоні з однорічних культур найпродуктивнішими є озима пшениця, озиме жито, просо, однорічні трави (вико-вівсяні сумішки), а із просапних високоврожайною є кукурудза.

Для Лісостепу можна рекомендувати такі ґрунтозахисні сівозміни: I. 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озима пшениця, 4 — горох, 5 — озима пшениця, 6 — ячмінь з підсівом багаторічних трав; II. 1—3 — багаторічні трави, 4 — кукурудза на зерно, 5 — горох, 6 — озима пшениця, 7 — овес або ячмінь з підсівом багаторічних трав; на дуже змитих ґрунтах: III. 1—4 — багаторічні трави, 5 — кукурудза на зелений корм, 6 — озима пшениця або жито, 7 — овес з підсівом багаторічних трав.

У районах достатнього зволоження багаторічні трави висівають у сумішці: конюшину зі злаковими травами і люцерну з еспарцетом, а в районах нестійкого й недостатнього зволоження ефективні сумішки люцерни з еспарцетом та злаковими травами.

У гірських районах Карпат на дерново-буроземних змитих ґрунтах сумішки конюшини лучної (30 %), лядвенцю рогатого (40 %) та рай-

грасу високого (30 %), а також конюшини лучної (40 %), лядвенцю рогатого (30 %) та тимофіївки лучної (30 %) мають найбільшу продуктивність та ґрунтозахисну ефективність. Після багаторічних трав дво-, трирічного використання однорічні культури в перші два-три роки дають задовільні врожаї. Серед культур звичайної рядкової сівби у практиці гірськокарпатського землеробства найпоширеніші посіви озимих (зокрема жита), а серед ярих — вівса. Сумішки багаторічних трав підсавають під ці культури. Ранню картоплю тут теж доцільно вводити у ґрунтозахисні сівозміни та використовувати як попередник озимих чи ярих культур. Льон-довгунець, як попередник озимої пшениці, за протиерозійною ефективністю стоїть в одному ряду з конюшиною.

У гірських районах Карпат можна впроваджувати такі польові ґрунтозахисні сівозміни: I. 1, 2 — багаторічні трави, 3 — картопля, 4 — бобові, 5 — озимина і овес із підсівом багаторічних трав; II. 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озиме жито, 4 — картопля, 5 — ярі зернові з підсівом сумішки трав конюшини лучної, лядвенцю рогатого та райграсу високого або тимофіївки лучної. У лукопасовищних сівозмінах застосовують сумішки конюшини лучної і повзучої (білої) з тимофіївкою та кострицею.

На Поліссі водна ерозія найбільшої шкоди завдає на крупнопилуватих легкосуглинкових сірих лісових ґрунтах, які розповсюджені на «лесових островах». Дерново-середньопідзолисті супіщані ґрунти також досить інтенсивно еродуються, тому боротьба з ерозією ґрунтів Полісся — дуже важлива справа. Але тут майже не виділяють спеціальних ґрунтозахисних сівозмін тому, що схили на Поліссі, як правило, короткі й пологі.

На схилах південного Полісся та в перехідній його частині (до Лісостепу), де рельєф більш розчленований і дає змогу виділити окремі поля для ґрунтозахисної сівозміни, їх насичують багаторічними травами до 40 %, зокрема конюшиною та її сумішками з кострицею лучною чи стоколосом безостим. Щоб забезпечити нормальну густоту травостою, доцільно широко впроваджувати післяукісні та післяжнивні посіви багаторічних трав та їх сумішок. Особливої уваги заслуговують рекомендації Придеснянської станції щодо використання люпину в боротьбі з ерозією на сірих лісових крупнопилуватих ґрунтах, на яких доцільно залишати посіви люпину або його стерню до весни для боротьби зі змивом ґрунтів талими водами; ущільнювати зернові просяні культури люпином для боротьби зі зливою та вітровою ерозією; впроваджувати післяукісні посіви люпину для боротьби з ерозією в період між вегетацією основних культур.

На легкосуглинкових опідзолених змитих ґрунтах Полісся вводять сумішки конюшини зі злаковими травами, а також сіють люпин за такого чергування: 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озимі + післяжнивні,

4 — картопля (смугами між люпином), 5 — озимі та ярі з підсівом сумішки багаторічних трав.

Ґрунтозахисні сівозміни Степу, Лісостепу, гірських районів Карпат та Полісся необхідно будувати тільки зі смуговим розміщенням культур у їх полях.

Ефективність розміщення сільськогосподарських культур смугами значною мірою залежить від ширини смуг, крутості схилу, гранулометричного складу ґрунту та інших факторів. Ширина смуг має бути однаковою по всій довжині й забезпечувати ефективне використання сучасних машин і знарядь. Так, на парах буферні смуги створюються з одно- і багаторічних трав, висіяних під покрив попередників чорного пару, а також із посівів озимої пшениці й озимого жита, ярого ячменю і гороху. На схилах крутістю 1—2° буферні смуги розміщуються через 50—70 м в один-два проходи сівалки, а за крутості 2—3° через 30—50 м у два-три проходи сівалки. Схили крутістю понад 3° не рекомендується відводити під чорний пар.

Смуги, зайняті культурами, які добре захищають ґрунт від ерозійних процесів, називають буферними. Їх у полях просапних культур на схилах, що зазнають слабкої ерозії (до 3°), роблять шириною 4—6 м з відстанню між ними 50—60 м. На схилах 3—7°, де ерозія виявляється сильніше, ширину смуг збільшують до 8—10, а відстань між ними зменшують до 30—40 м.

На полях, де поширена вітрова ерозія, ширина смуг на важких ґрунтах не повинна перевищувати 100—120 м, на середньосуглинкових ґрунтах і ґрунтах, які містять у верхньому шарі понад 4 % карбонатів, — 75, а на легких ґрунтах — 50 м.

**Ґрунтозахисні сівозміни на осушених землях.** У поліській та лісостеповій зонах торфові осушені ґрунти широко використовуються під посів майже усіх сільськогосподарських культур. Проте ці ґрунти поширені переважно у знижених місцях (на улоговинах вододілів, староріччях, притерасних пониженнях), куди стікаються холодні маси повітря. Крім того, для них характерна висока теплоємність і слабка теплопровідність, тому вони вважаються «холодними» ґрунтами. Це зумовлює набір культур, які можна на них вирощувати.

Після осушення та в процесі сільськогосподарського використання органічна маса торфу піддається біохімічному розкладанню і фізичному подрібненню, внаслідок чого потужність торфового шару значно зменшується, що спричиняє зниження їх родючості, яке зі зменшенням потужності торфового шару пов'язане, насамперед, зі значно меншою акумуляцією води і відтворенням доступного рослинам азоту. Якщо на торфових ґрунтах з глибоким шаром торфу (1 м і більше) доступного рослинам азоту буває інколи навіть більше ніж потрібно для високого врожаю, то в ґрунтах з незначним шаром торфу (0,3—0,6 м) його не вистачає, тому структуру посівних площ слід спрямувати на максима-

льне використання природних запасів азоту ґрунту, зменшення мінералізації, фізичного подрібнення і збереження торфу.

Інтенсивність мінералізації та фізичне розпилення торфу залежать від ступеня осушення, вирощуваних культур і заходів обробітку ґрунту. Встановлено, що найбільш інтенсивна мінералізація торфу відбувається під просапними культурами та за глибокого (30—35 см) обробітку плугами і зниження підґрунтових вод влітку до 120—130 см від поверхні ґрунту.

Найменша мінералізація торфу спостерігається під багаторічними травами та за поверхневого обробітку ґрунту. Зі збільшенням тривалості строку вирощування багаторічних трав процес мінералізації майже повністю припиняється. Все це за недостатнього виробництва азотних добрив наприкінці минулого століття було теоретичною основою сільськогосподарського використання торфових ґрунтів. Вважалося, що на торфових ґрунтах обов'язково треба запроваджувати польові сівозміни з багаторічними травами. Внаслідок інтенсивного обробітку ґрунту торф інтенсивно мінералізується, утворюється надлишкова кількість легкодоступного для рослин азоту, інколи навіть більше, ніж його потрібно для утворення високого врожаю.

Для раціонального та ефективного використання вивільненого азоту ґрунту висівали багаторічні трави. Під травами процес мінералізації поступово згасає, і вже на 3—4-й рік їх використання доступного азоту в ґрунті майже немає. Знову виникла потреба в переорюванні трав і висіванні польових культур. І таке чергування культур на торфах проводилось весь час.

Результати досліджень засвідчили, що використання торфових ґрунтів, особливо з незначним шаром торфу, у польових сівозмінах призводить до значних, інколи невиправданих втрат органічної маси. Згідно з даними польових дослідів, сумарні втрати органічної маси торфу в сівозміні з п'ятьма полями польових культур і чотирма полями багаторічних трав становлять 6—9 т/га за рік. В окремі теплі роки з нормальним розподілом опадів по місяцях вони досягають 11—13 т/га. У сівозміні з багаторічними (6 полів) і однорічними (1 поле) травами сумарна мінералізація торфу становить 3—3,8 т/га рік. Крім того, вихід перетравного протеїну в польовій сівозміні досягає 5,76 ц, а в кормовій — 6,2 ц/га. Останнє переконує, що використання торфових ґрунтів під посів багаторічних трав дозволяє подовжити строки використання їх за більш інтенсивної віддачі (Прістер Б.С., Трускавецький Р.С., Мостовий М.М. та ін., 1993).

З огляду на наведе вище, для торфових ґрунтів Полісся з глибоким шаром торфу (більше 1 м) і добре відрегульованим водним режимом рекомендується така структура посівних площ: багаторічні трави — 50 %, зернові — 25, картопля і овочі — 12, силосні — 13 %. На торфових ґрунтах з незначним шаром торфу (0,6—0,8 м), а також на заплавах

них торфах лісостепової зони рекомендується створювати сіяні сіножаті з періодичним перезалуженням: 1—5 або 1—6 років — багаторічні трави, шостий або сьомий рік — однорічні трави (вико- або горохо-вівсяна сумішки) з літньо-осіннім залуженням.

Структуру посівних площ на глибоких торфовищах Полісся рекомендується реалізувати в таких сівозмінах: 1—4 поля — багаторічні трави, 5 — озиме жито з післяжнивним посівом вико-вівса, 6 — картопля і овочі, 7 — кукурудза на силос, 8 — ячмінь ярий з літньо-осіннім залуженням.

Для ефективнішого використання торфових ґрунтів і запобігання вітровій ерозії на них доцільно висівати проміжні культури і залишати смуги багаторічних трав.

На полях, які плануються під посів кукурудзи на силос, восени доцільно висівати озиме жито. Навесні, на початку травня, жито збирають, проводять дискування і сіють кукурудзу. Це дозволяє одержати додатково по 150—200 ц/га зеленої маси жита і запобігає вітровій ерозії.

Під час набору та чергування культур у сівозмінах слід пам'ятати, що на торфових ґрунтах найбільш врожайними із зернових культур є озиме жито, ячмінь, овес, з овочевих — столові буряки, столова морква, середньо- і пізньостигла капуста. Після багаторічних трав тут краще висівати озиме жито або садити картоплю. Другою культурою після трав може бути картопля, столові буряки, морква чи капуста. Кукурудзу на торфових ґрунтах слід висівати не раніше, як третьою культурою після трав. У іншому випадку вона може бути знищена дротяником.

Осушені мінеральні землі представлені в основному дерново-підзолистими ґрунтами різного ступеня опідзолення та оглееності і різного гранулометричного складу, дерново-карбонатними та лучними.

Основна частина осушених мінеральних ґрунтів зосереджена переважно в Поліссі і Прикарпатті, де набувають розвитку тваринництво і льонарство. На осушених мінеральних ґрунтах Полісся, де переважає рівнинний рельєф, рекомендовано до впровадження таку структуру посівних площ: зернові та зернобобові — 40—45 %, технічні культури — 8—9, картопля і овочі — 7—8, кормові культури — не менше 40 %. Серед кормових культур повинні переважати багаторічні трави — 25—27 %, силосні культури (кукурудза на силос) — 10—11 і кормові коренеплоди — 3,0—3,5 % (Примак І.Д., Єщенко В.О., Манько Ю.П., 2008).

Зазначену структуру посівних площ доцільно реалізовувати у плодозмінних і зернопросапних сівозмінах. Набір і чергування культур у різних сівозмінах може бути таким: І. 1 — конюшина, 2 — озима пшениця, післяжнивні посіви, 3 — картопля, 4 — кукурудза на силос, 5 — озима пшениця, післяжнивні посіви, 6 — кормові буряки, зернобобові, 7 — ярі зернові з підсівом конюшини; ІІ. 1 — конюшина, 2 — озима пшениця, післяжнивні посіви, 3 — цукрові буряки, 4 — кукурудза на



силос, 5 — озима пшениця, післяжнивні посіви, 6 — кормові буряки, 7 — ярі зернові з підсівом конюшини; III. 1 — конюшина, 2 — озима пшениця, післяжнивні посіви, 3 — картопля, 4 — льон-довгунець, 5 — озиме жито, 6 — ярі зернові з підсівом конюшини; IV. 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озима пшениця, післяжнивні посіви, 4 — картопля, кормові коренеплоди, 5 — ярі зернові, післяжнивні посіви, 6 — зернобобові, післяжнивні посіви, 7 — кукурудза на силос, 8 — ярі зернові, вико-овес із підсівом багаторічних трав.

На осушених мінеральних ґрунтах легкого гранулометричного складу і бідних на поживні речовини доцільно освоювати сівозміни з короткою ротацією: 1 — люпин, 2 — озиме жито, 3 — картопля, 4 — льон-довгунець, 5 — озиме жито.

У Прикарпатському регіоні структура посівних площ на осушених землях і сівозміни повинні будуватися з урахуванням не тільки напрямку господарської діяльності, а й рельєфу — крутості схилів полів.

Поля із крутістю схилів до 3<sup>0</sup> використовують під посіви усіх районованих сільськогосподарських культур з вирощуванням за інтенсивною технологією. На полях з крутістю схилів 3—7<sup>0</sup> запроваджують зернотрав'яні сівозміни, а з крутістю схилів 7<sup>0</sup> і більше — проводять залуження.

У господарствах, поля яких розміщені на рівнинному рельєфі, зернові та зернобобові культури у структурі посівних площ повинні займати 47—50 %, технічні — 15—18, картопля і овочі — 3—7, кормові культури — 29—31 %.

Для реалізації посівних площ наводимо ряд сівозмін, які рекомендують освоювати в зазначеному регіоні: I. 1 — конюшина, 2 — озима пшениця, післяжнивні посіви; 3 — картопля, кормові коренеплоди; 4 — льон-довгунець, однорічні трави; 5 — озима пшениця, післяжнивні посіви, 6 — кукурудза на силос, 7 — озиме жито, ярі зернові з підсівом конюшини; II. 1 — багаторічні трави, 2 — озима пшениця, післяжнивні посіви, 3 — цукрові, кормові буряки; 4 — озиме жито на зелений корм + кукурудза на силос, 5 — ярі зернові з підсівом багаторічних трав; III. 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озима пшениця; 4 — льон-довгунець, 5 — озиме жито, 6 — картопля, кормові коренеплоди, 7 — ярі зернові з підсівом багаторічних трав.

На полях із крутістю схилів 3—7<sup>0</sup> рекомендують освоювати сівозміни, насичені багаторічними травами: I. 1, 2 — багаторічні трави, 3 — озима пшениця, 4 — картопля, 5 — льон-довгунець, 6 — ярі зернові з підсівом багаторічних трав; II. 1 — багаторічні трави, 2 — озима пшениця, 3 — картопля, 4 — ячмінь з літньо-осіннім підсівом багаторічних злакових трав, 5—7 — багаторічні трави, 8 — озима пшениця з підсівом багаторічних трав.

На осушених ґрунтах Закарпаття, які розміщені у сприятливих кліматичних умовах, рекомендується освоювати інтенсивні 7—8-пільні

сівозміни. Набір і чергування культур у цих сівозмінах пропонуються такі: I. 1 — озима пшениця з підсівом бобово-злакових трав, 2, 3 — багаторічні трави, 4 — озима пшениця, 5 — кукурудза на зерно, 6 — озимий ячмінь, 7 — картопля, кормові коренеплоди; II. 1 — озима пшениця з підсівом конюшини, 2 — конюшина, 3 — озима пшениця, 4 — кукурудза на зерно, 5 — два посіви вико-горохо-вівсяної сумішки на зелений корм, 6 — озимий ячмінь, післяжнивні посіви, 7 — картопля, 8 — кукурудза на силос.

**Грунтозахисні технології обробітку ґрунту.** На землях I ЕТГ в інтенсивних сівозмінах перевагу слід надавати різноглибинному полицево-безполицевому ґрунтозахисному обробітку з урахуванням зональних рекомендацій науково-дослідних установ. На землях II ЕТГ застосовуються ґрунтозахисні технології, які доповнюються щільюванням і мульчуванням ґрунту рослинними рештками.

Усі заходи механічного обробітку ґрунту і сівба проводяться упоперек схилу, а на схилах складної конфігурації — контурно. Щільюють ґрунт під просапні культури, озимі зернові, багаторічні трави, а також чистий пар і зяб.

Для проведення робіт в оптимальні строки і з метою зменшення кількості проходів тракторних агрегатів перевагу доцільно надавати комбінованим машинам. Під час вибору енергорухія перевагу надають гусеничним і низькокліренним колісним тракторам. На колісні трактори ставлять більш широкі шини, або здвоєні колеса.

На крутосхилах ( $> 5^\circ$ ) допускається застосування тільки спеціальних машин для гірського землеробства. На полях з валами-терасами для обробітку ґрунту на міжтерасних ділянках використовуються в основному чизелі, плоскорізи та комбіновані агрегати. Плуги з полицевими корпусами використовуються для відновлення валів.

З метою збільшення інфільтраційної здатності ґрунту в зоні зосередження води перед валами проводиться щільювання, якщо поле зоране на зяб, або ж щільюють всю смугу перед валом, якщо поле засіяне озимими або багаторічними травами.

Для сівби зернових культур і трав на схилових землях застосовують зернотрав'яні сівалки, а на крутих схилах — їх гірські модифікації. Сівбу зернових культур на смугах між валами необхідно починати від вершини нижнього валу і продовжувати переміщатися вгору по схилу до межі поля або смуги. На полях з непаралельними валами засівають смугу до тих пір, поки у найвужчому місці не залишиться смуга, ширина якої дорівнює двом захватам посівного агрегату. Після цього засівають клинці, які утворилися в широких місцях смуги, а потім, коли ширина скрізь вирівняється, засівають площу до кінця.

Для збирання зернових культур застосовують зернозбиральні комбайни загального призначення. На землях II ЕТГ комбайни працюють з подрібнювачами соломи, яка розкидається по поверхні поля. Для

збирання трав та інших кормових культур на землях II ЕТГ застосовують машини загального призначення з гусеничними тракторами, а на ділянках III ЕТГ — гірські модифікації кормозбиральних машин.

На полях з валами-терасами зернозбиральні агрегати рухаються від вершини валу вздовж них з наступним збиранням клинців, що утворилися. Збирання культур проводиться як роздільним способом, так і прямим комбайнуванням.

**Лукомеліоративні заходи.** На землях, де досить сильно проявляються процеси ерозії (круті схили), в заплавах річок кращим способом докорінного поліпшення угідь є прискорене залуження багаторічними травами, без попередньої сівби однорічних культур. Грунтозахисна здатність багаторічних трав першого року використання — 92 %, другого — 97, третього — 99, тоді як однорічних трав (горох + вика + овес або кукурудза + горох + вика) — 65 %.

На еродованих землях II та III ЕТГ головною вимогою для освоєння схилів під кормові угіддя є запобігання виникнення або зведення до мінімуму ерозії під час перезалуження, тому всі види робіт з обробітку ґрунту і підготовки його до сівби трав слід спрямувати на послаблення поверхневого стоку талих та зливових вод; щоб зменшити розмивання схилів за прискореного залуження обробіток ґрунту і сівбу трав проводять лише впоперек схилів.

Найбільш ефективним ґрунтозахисним заходом є смугове залуження схилів. У перший рік залуження оброблені смуги шириною 25—30 м чергуються з необробленими шириною від 10 до 20 м залежно від крутизни схилів, які зайняті природним травостоєм. Природний травостій на початку освоєння є буфером, який захищає ґрунт від змиву і розмиву. Після утворення міцної дернини під посіяними багаторічними травами (через 1—2 роки) готують для поліпшення залуження смуги із природним травостоєм.

Для створення сіяних сіножатей і пасовищ на схилах велике значення має оптимальний підбір видів трав, їх сумішок з урахуванням районування сортів. Склад травосумішок залежить від екологічних умов їх вирощування (еродованість, кислотність, засоленість ґрунтів, умови вологозабезпечення). Видовий склад формують залежно від призначення травостою (сіножать, пасовище, комбіноване використання), планового застосування добрив, меліорантів, зрошення.

Під час створення сіяних травостоїв перевагу слід надавати бобово-злаковим травосумішкам, які на 8—20 % продуктивніші, ніж чисті посіви люцерни, вони більшою мірою сприяють підвищенню родючості ґрунту, стійкі проти витоπτування, довговічніші, більш безпечні щодо тимпанії у жуйних, дають краще збалансований за поживними речовинами корм.

Для залуження кормових угідь на схилах Лісостепу і Полісся зі злакових компонентів використовують стоколос безостий, кострицю

лучну, тимофіївку лучну, грястицю збірну, райграс багатоукісний і пасовищний; з бобових — люцерну синьогібридну, конюшину лучну, а на пасовищах також і конюшину повзучу.

У південно-східних районах Лісостепу і в Степу в травосумішки включають стоколос безостий, кострицю лучну, райграс високий, пирій безкореневищний та найбільш посухостійкі стоколос прямий, пирій сизий, житняк вузьколистий, ламкоколосник ситниковий. Із бобових компонентів для залуження схилів використовують еспарцет і люцерну синьогібридну, а в південних районах люцерну жовту і жовтогібридну, на засолених ґрунтах — буркун білий та жовтий.

У Степу потрібно диференційовано підходити до підбору і розміщення трав на різних схилах залежно від крутизни і експозиції. При цьому небажано включати в травосумішки трави з різними строками настання сінокісної і пасовищної сплості. Північні, найбільш родючі схили, необхідно відводити під більш вибагливі до ґрунтів трави.

Під час створення сіножатей найбільш оптимальними в Степу є травосумішки еспарцету піщаного зі стоколосом, житняком, райграсом. Ці сумішки можна висівати на менш родючих південних схилах; на північних схилах висівають сумішки люцерни з пирієм сизим або безкореневищним.

Прискорене залуження схилів проводять влітку або рано весною, коли в ґрунті є достатня кількість продуктивної вологи. Літню сівбу злаковобобових сумішок слід проводити до початку серпня, а злакових трав — до середини вересня. Весною трави висівають під покрив однорічних трав і райграсу однорічного на зелений корм і сіно, влітку — без покриву.

На луках у заплавах річок слід запроваджувати прискорене залуження без сівби попередніх однорічних культур. При цьому природну дернину обробляють в кілька слідів важкою дисковою бороною або фрезою, удобрюють і висівають багаторічні трави.

Під час створення сіяних сіножатей і пасовищ передбачають організацію укісного та пасовищного конвеєру з урахуванням площі угідь у господарстві.

У зонах Полісся і Лісостепу у разі затоплення лук повеневими водами до 10 днів доцільно висівати середньостиглу травосумішку, в кг/га: конюшина лучна, 5 + конюшина повзуча, 3 + тимофіївка лучна, 4 + стоколос безостий, 10 + костриця лучна, 8 (або пажитниця багаторічна, 8) або пізньостиглу: конюшина гібридна, 4 + конюшина лучна, 4 (або лядвенець рогатий), 4 + тимофіївка лучна, 8 (або мітлиця велетенська, 4) + костриця лучна, 6. Заплавні луки із затопленням до 20 днів: люцерна жовта, 7 + тимофіївка лучна, 8 + стоколос безостий, 12.

**Водорегулювальні лісові смуги.** Лісомеліоративні насадження належать до протиерозійних заходів постійної дії з тривалими строками окупності. Вони диференціюються за меліоруючими функціями і місцем розміщення.

Лісові насадження протиерозійного комплексу повинні бути багатofункціональними. У районах з добре вираженим поверхневим стоком талих вод та інтенсивним снігоперенесенням їх головним завданням є ефективний вплив на ці процеси через зміну напрямку і швидкість вітру, температури повітря і ґрунту, динаміки снігового покриву, інтенсивності танення снігу. Одночасно вони забезпечують захист сільськогосподарських культур від суховійних вітрів.

Для регулювання поверхневого стоку на прилеглих схилах залежно від їх довжини, розмірів улоговин, гідрокліматичних та інших особливостей застосовуються як основні, так і додаткові водорегулювальні (стокорегулювальні) лісові смуги. Відстань між ними встановлюється з урахуванням їх впливу на процеси формування поверхневого стоку талих вод на прилеглих полях, допустимих нерозмиваючих швидкостей водних потоків (для зябу), форми профілю, крутизни, експозиції і шорсткості (нерівності) схилу, інтенсивності атмосферних опадів тощо. Для визначення густоти розміщення основних і додаткових водорегулювальних лісових смуг в цих умовах необхідно враховувати також порядок і швидкість сніговітропотоків.

Межі стокорегулювальних лісових смуг слід улаштувати таким чином, щоб ширина фронту горизонтального підходу стоку була максимальною для даних умов рельєфу і за своїм розміром наближалася до їх загальної довжини. По коротких сторонах полів водорегулювальні лісові смуги необхідно розміщувати суворо перпендикулярно до горизонталей із застосуванням розпилювачів стоку. На сильноулоговинних схилах із концентрованим поверхневим стоком і переважанням сніговітропотоків, які мають напрямок, паралельний до горизонталей, доцільно застосовувати улоговинно-смугові (куртинні) лісові насадження спеціальної конструкції. Для підвищення ефективності безпосереднього впливу лісових насаджень на поверхневий стік (за рахунок зниження його швидкості, розпилення та інфільтрації) вони повинні сполучатися із простішими протиерозійними гідротехнічними спорудами. Лісові насадження в протиерозійному комплексі є довготривалим меліорантом. Висока їх функціональна ефективність забезпечується: відповідним підбором дерев і чагарників, застосуванням найбільш доцільних схем змішування і розміщення у насадженнях; застосуванням спеціальних лісівницьких доглядів; збереженням захисної дії за рахунок своєчасного відтворення насаджень в конкретних місцях.

Проектування захисних лісових насаджень необхідно здійснювати в складі проектів внутрігосподарського землевпорядкування. Водорегулювальні лісові смуги застосовуються на водозбірних схилах. Основні водорегулювальні лісові смуги шириною 9—12 м розміщують по межах приводороздільного і присіттевого фонду по горизонталях з деяким їх спрямленням в місцях пересічення улоговин.

Додаткові водорегулювальні лісові смуги шириною 7—9 м на прилеглому схилі застосовують у тих випадках, коли основна смуга тако-

го ж призначення не забезпечує повного регулювання поверхневого стоку з водозбору, внаслідок чого проявляється розмивання ґрунту в нижній частині цього схилу і на берегах гідрографічної мережі. Їх розміщують як безпосередньо вздовж краю гідрографічної мережі (прибалкові), так і на деякій відстані від неї в межах площі прилеглої схилу, а за наявності сильного розмиву берегів мережі — безпосередньо вздовж її краю.

Для посилення безпосередньої дії водорегулювальних лісових смуг на концентрований стік з водозбору в їх видовий склад на робочих ділянках вводять додаткову кількість чагарників.

На дрібноулоговинних схилах (за величини водозбору улоговин до 0,5 га) з невеликим мілкоструменямистим стоком на робочих ділянках в крайні рядки смуг вводиться до 25 % низькорослих чагарників.

За наявності на схилах як дрібних, так і великих улоговин (площею до 1 га), по яких відбувається більш концентрований стік, на робочих ділянках у склад смуг вводять до 50 % чагарників, змішуючи їх з деревними породами окремими рядами.

На схилах з великими улоговинами (площею 1—3 га) з порівняно великим обсягом концентрованого стоку, лісові смуги на робочих ділянках створюють з одних щільних рядків чагарнику.

Водорегулювальні лісові смуги розміщують з урахуванням рельєфа водозборів, на основі розрахунків, поперек схилу (по контуру горизонталей) такими способами: паралельно-прямолінійно — на схилах із прямим поперечним профілем; паралельно-контурно-прямолінійно — на схилах збираючого і розсіювального типів з рівномірною віддаленістю між горизонталями; паралельно-контурно — на схилах збираючого і розсіювального типів з рівномірною відстанню між горизонталями; контурно-паралельно із випрямленням на улоговинах — з нерівномірною відстанню між горизонталями.

Проектування водорегулювальних лісових смуг здійснюється від водорозділу по схилу до межі гідрографічної мережі.

Водорегулювальні лісові смуги за контурного їх розміщення повинні забезпечити: повне регулювання або безпечне скидання надлишку стоку заданої забезпеченості; узгодження мережі (сітки) лісових смуг з іншими лінійними елементами організації території; конфігурацію полів і робочих ділянок, зручну для контурного обробітку ґрунту; ефективне сполучення лісових смуг із простішими гідротехнічними спорудами; сприятливі умови для використання ґрунтообробної, посівної і збиральної техніки шляхом випрямлення трас лісових смуг в місцях перетину улоговин і видолінок.

Обґрунтування оптимальних параметрів системи водорегулювальних лісових насаджень приводиться в техноробочому проекті протиерозійних заходів разом з проектом внутрігосподарського землевпорядкування або в його рамках. Розміщення водорегулювальних лісових

смуг та інших захисних лісових насаджень здійснюється одночасно з протиерозійною організацією території.

Під час проектування контурних водорегулювальних лісових смуг слід забезпечувати паралельність в їх розміщенні. При цьому контурність (кривизна) розміщення лісових смуг, якщо вони є направляючими лініями обробітку, повинна бути такою, щоб, розпочавши обробітку від лісових смуг, радіус загонів на всій ділянці був не менше 60—70 м. При цьому допустимий поздовжній ухил і протяжність ділянок лісових смуг і загонів обробітку не повинні перевищувати цю величину.

Оптимальна ширина лісових смуг (6—9 м) як з водозатримувальними, так і водонаправляючими гідротехнічними спорудами деференціюється за природними зонами і крутизною схилів. Відстань між рядами рекомендується в Степу — 3 м, Лісостепу — 2,5 м, а в нижньому міжрядді, де влаштовується канава — 3 м. У всіх випадках загальна ширина лісових смуг, включаючи верхню закрайку і гідротехнічну споруду (канава — основа валу), не повинна перевищувати 12 м.

Конструкція лісових смуг в лісостеповій зоні має бути продувною, в степовій — ажурною. На розчленованих улоговинами схилах проєктуються змінні за довжиною конструкції лісові смуги, тобто вони в межах улоговин повинні бути ажурними, а на підвищеннях між ними — продувними. Асортимент порід під лісові смуги визначається ґрунтово-кліматичними умовами і цільовим призначенням насаджень. Як правило, лісові смуги створюють з однієї головної породи і 1—2-х супутніх. По улоговинах вводяться чагарники (до 50 % від числа посадкових місць).

Проектування простіших гідротехнічних споруд проводиться в межах робочого проєкту лісомеліоративних заходів на основі і в узгодженості з матеріалами внутрішньогосподарського землевпорядкування.

Простіші гідротехнічні споруди застосовують для: гасіння кінетичної енергії зосереджених потоків та їх розпилення; затримки в лісовій смузі вод місцевого стоку, які надходять із розміщених вище ділянок схилу; підвищення водопоглинаючої здатності ґрунтів під лісовими смугами; відведення надлишку поверхневого стоку з-під пологу лісових смуг.

Конструкція простіших гідротехнічних споруд визначається характером формування і проходження місцевого стоку, розміром водозбору і крутизною схилу, ґрунтово-геологічними і гідрологічними умовами, допустимими (нерозмиваючими) швидкостями водних потоків.

Лісові смуги поєднують з водонаправляючими земляними валами та валами-канавами. Надлишок стоку з нерозмиваючою швидкістю відводиться з-під лісового пологу по валах-канавках.

У місцях надходження концентрованого стоку по великих пониженнях і у мілких улоговинах (площею до 0,5 га) його розпилюють

спеціальними валиками-розпилувачами стрілоподібної форми висотою до 0,5 м і шириною в основі до 1 м з горизонтальними стокоскидними площадками на водообходах.

На схилах розсіювального типу крутизною 2—4° по нижньому узліссі або в нижньому міжрядді лісової смуги на стокоприймальній частині розмішують канали (глибина до 1,5 м, ширина до 1 м) з валами (загальна висота до 0,7 м). У місцях перетину улоговин висоту вала збільшують до 1 м.

На схилах з інтенсивним поверхневим стоком під час розміщення водорегулювальних смуг під кутом до горизонталей в місцях перетину їх крупними улоговинами, тобто в місцях ймовірної концентрації потоків уздовж їх стокоударного узлісся (від ріллі) і утворення лінійних розмивів застосовують водонаправляючі вали трикутної форми з широкою основою (до 5 м) і висотою до 0,8 м. Польову частину валу орієнтують паралельно до лінії переходу поверхневого стоку до лісової смуги, тильну — перпендикулярно до її головного напрямку. Довжина польової частини валу (відкіс) повинна складати не менше 50 % ширини лісової смуги. Вали споруджуються до закладки лісових смуг.

Для скидання місцевого стоку в гідрографічну мережу передбачаються необхідні гідротехнічні споруди: швидкотоки, перепади, консольні скидачі та інші.

**Водоохоронні зони** проектуються і встановлюються вздовж річок, морів, навколо озер і водосховищ та інших водойм для створення сприятливого режиму водних об'єктів, попередження їх забруднення, засмічення і вичерпання, знищення навколоводних рослин і тварин, а також зменшення коливань стоку.

Водоохоронна зона є природоохоронною територією регульованої господарської діяльності. На території водоохоронних зон забороняється використання стійких та сильнодіючих пестицидів; розміщення кладовищ, скотомогильників, звалищ, полів фільтрації; скидання неочищених стічних вод в балки, пониззя, кар'єри тощо.

До складу водоохоронних зон річок входять заплавні землі, схили понад 5°, прилеглі до заплавл, балки, що безпосередньо впадають в річні долини. У верхів'ях річок водоохоронна зона включає всю балкову мережу, розташовану вище стоку. Осушені землі, стік з яких потрапляє в річкову мережу, повністю включаються до складу водоохоронних зон.

До водоохоронних зон належать поля ґрунтозахисних сівозмін, розмішених, як правило, на слабо- і середньозмитих ґрунтах; сильнозмиті ґрунти, вилучені зі складу ріллі, в тому числі і відведені під консервацію прилеглі до заплавл або крутих берегів річкових долин, балок, поверхневий стік з яких істотно впливає на гідрологічний режим і санітарний стан річок.

Водоохоронні зони водойм, ставків встановлюються залежно від умов їх розміщення на місцевості. За розміщення водойм і ставків в



балках водоохоронні зони включають схили балок, безпосередньо прилеглих до них, а також схили та днища балок вище водойм, ставків на відстані не менше 2 км. У разі розміщення каскаду водойм, ставків на відстані між ними не більше 5 км, у водоохоронну зону включаються також схили і днища балок між цими водоймами.

У разі розміщення водойм у пониженнях зі слабовираженим рельєфом до водоохоронних зон належать усі прилеглі до них угіддя. Максимальний розмір водоохоронних зон, які встановлюються на сільськогосподарських угіддях, не повинен перевищувати 2 км, а мінімальний може бути обмежений прибережною смугою. За розміщення водойм в балках, що віднесені до складу водоохоронної зони річки, подібні зони навколо них не встановлюються, а виділяється лише прибережна захисна смуга. До складу водоохоронних зон повністю відносять лісові масиви, прилеглі до річкових долин, балок, які виконують водоохоронні функції.

Межі водоохоронних зон приурочуються до штучних або природних рубажів — меж річкових долин, балок, контурів угідь, шляхів, лісосмуг.

У водоохоронних зонах створюється система захисних лісових насаджень. До них належать стокорегулювальні і прибережні лісосмуги, а також лісові насадження на чітко виражених елементах річкових долин: заплаві, заплавноїх терасах, схилах корінних берегів і на їх межах.

У долинах річок за наявності виходів водовідвідних улоговин, для захисту земельних угідь від заносів продуктами ерозії, по їх днищах створюються мулофільтри — багаторядні смуги з кущових лоз, які висаджуються рядами перпендикулярно до водотоку. Довжина мулофільтрів визначається відмітками найвищого рівня піднімання талих вод, а ширина на головному руслі улоговини повинна бути не менш 50 м, на другорядних — 20—30 м.

У межах водоохоронних зон вздовж річок, морів і навколо озер, водосховищ та інших водойм виділяються *прибережні захисні смуги* з метою охорони поверхневих водних об'єктів від забруднення і засмічення та збереження їх водності. Вони є природоохоронною територією з режимом обмеженої господарської діяльності. Навколо водойм забороняється розорювання земель (крім підготовки ґрунту для залуження і заліснення), а також ведення садівництва та городництва; зберігання та застосування пестицидів і добрив; влаштування літніх таборів для худоби; будівництво будь-яких споруд (крім гідротехнічних, гідрометричних та лінійних), у тому числі баз відпочинку, дач, гаражів та стоянок автомобілів; миття і обслуговування транспортних засобів та техніки; влаштування звалищ сміття, гноєсховищ, накопичувачів рідких і твердих відходів виробництва, цвинтарів, скотомогильників, полів фільтрації тощо.

Об'єкти, що є в прибережній захисній смузі, можуть експлуатуватися, якщо при цьому не порушується режим водойм. Непридатні для експлуа-

тації споруди, а також ті, що не відповідають встановленим режимам господарювання, підлягають винесенню із прибережних смуг.

Прибережні захисні смуги встановлюються по обидва береги річок та навколо водойм уздовж максимального рівня води (у меженний період) шириною: для малих річок (з площею водозбору до 2 тис. км<sup>2</sup>), струмків і потічків, а також ставків площею менше 3 га — 25 м; для середніх річок, що розташовані в одній географічній зоні і мають площу водозбору від 2 до 50 тис. км<sup>2</sup>, водосховищ на них, водойм, а також ставків площею понад 3 га — до 50 м; для великих річок, що розташовані у кількох географічних зонах і мають площу водозбору понад 50 тис. км<sup>2</sup>, водосховищ на них та озер — 100 м.

Якщо крутизна схилів становить понад 3<sup>0</sup>, мінімальна ширина прибережної захисної смуги подвоюється. У межах існуючих населених пунктів захисна смуга встановлюється з урахуванням конкретних умов, що склалися.

Уздовж морів та навколо морських заток і лиманів прибережна захисна смуга виділяється не менше 2 км від максимального рівня води в них.

## 2.5. ПРОТИЕРОЗІЙНІ ГІДРОТЕХНІЧНІ СПОРУДИ

Противерозійні гідротехнічні споруди різняться за призначенням (зменшують поверхневу ерозію до допустимих меж і припиняють лінійну ерозію ґрунтів), характером взаємодії із поверхневим стоком (водозатримувальні, водоспрямовуючі, водоскидні та донні гідротехнічні), місцем розташування, конструктивними ознаками та видом матеріалу, з якого вони побудовані.

*Водозатримувальні споруди* затримують поверхневий стік і поступово відводять його або спрямовують на зволоження прилеглих ділянок.

*Водоспрямовуючі споруди* підводять поверхневий стік до водозатримувальних чи водоскидних споруд, або розсосереджують водний потік на дрібні струмочки. До них належать також споруди, що відводять воду від ярів та ділянок земель, які зазнають водної ерозії.

*Водоскидними* називаються споруди для відведення води у низини (яр, балка тощо).

*Донні споруди* зменшують швидкість водного потоку по дну яру до допустимих меж, збільшують стійкість його берегів та затримують мул, запобігаючи наносам.

За місцем розташування розрізняють противерозійні гідротехнічні споруди на схилах, де спостерігається поверхнева ерозія, у прияржній зоні та місцях різкого зниження рельєфу, тобто природних перепадів. На схилах та в прияржній зоні будують водозатримувальні та водоспрямовуючі споруди. Залежно від крутизни схилу, як водозатримувальні споруди, будують вали — канави, вали-тераси і тераси.

За наявності зсувів потрібно враховувати їх вплив на стійкість гідротехнічних протиерозійних споруд. Регулюючи поверхневий стік з метою зменшення його руйнівної сили, слід передбачати можливість виникнення зсувів після будівництва водозатримувальних споруд у прияружній зоні через збільшення вологості ґрунту. Найчастіше зсуви ґрунтів відбуваються внаслідок дії поверхневих та ґрунтових вод. Чим крутіший і вищий схил, тим менша його стійкість. Висота схилу може збільшуватись у разі поглиблення яру, внаслідок чого стінки його втрачають стійкість і можуть зсуватися. Якщо гірські породи, з яких складається схил, мають нахил у той же бік, що й схил, це може зумовити їх зсув.

Водозатримувальні споруди збільшують підґрунтовий потік внаслідок фільтрації води, що зумовлює за суфозійно нестійких ґрунтів винесення через стінки яру дрібних частинок ґрунту (механічна суфозія), а у разі наявності у складі порід легкорозчинних солей (гіпс, карбонати) — утворення порожнин (хімічна суфозія).

Водоспрямовуючі споруди також деякою мірою сприяють переведенню стоку у підземний, величина якого тим більша, чим більша довжина споруди й чим вищий коефіцієнт фільтрації ґрунтів.

*Вал-канав* — це ущільнена земляна дамба до 2 м заввишки, яка розташована впоперек схилу і має перед собою канаву. Якщо по гребеню валу-канави прокладена дорога, її називають валом-дорогою.

*Вал-тераса* — це ущільнена дамба до 1 м заввишки, збудована впоперек схилу для запобігання змиванню ґрунту.

*Тераса* — це горизонтальний або з невеликим схилом майданчик на схилі, що утворює уступ. Розрізняють наорні, плантажні та східчасті тераси. Наорні створюють звичайними плугами, плантажні — за допомогою плантажних плугів, а східчасті — виїмково-насіпним способом бульдозером із поворотним ножом.

На схилах крутизною до 8° будують вали-тераси, наорні та плантажні тераси, а від 8 до 24° — східчасті тераси. У гірських місцевостях Криму та Карпат є тераси на схилах крутизною до 30°.

У прияружній зоні споруджують водозатримувальні та водоспрямовуючі вали-канави; по дну ярів — донні споруди; у місцях різкого зниження рельєфу, тобто там, де є природний перепад, — водоскиди. Такі перепади існують у вершинах ярів та в місцях, де починається вторинне поглиблення дна яру. Водоскидні споруди будують також на крутих схилах, куди необхідно спрямувати потік води.

Споруди, розміщені на схилах, зменшують поверхневу ерозію ґрунтів і запобігають виникненню лінійної ерозії, а в прияружній зоні та ярах запобігають розвитку лінійної ерозії ґрунтів на розташованих вище ділянках схилів.

Із протиерозійних гідротехнічних споруд на орних землях можна створювати вали-тераси та вали-канави. Площа, яку вони займають, випадає із сізовмін. Якщо водозатримувальні вали та їх ставочки ма-

ють коефіцієнт мокрого укосу ( $m$ ) 7 і більше та забезпечують випуск води з них, то можна обмежитись вилученням із сівзміни тільки тих площ, які займають сухий укіс валу та споруди для відведення води.

До площ, які використовують у сільському господарстві, належить і полотно терас. Водоскидні й донні споруди розташовують, як правило, на землях, не придатних для сільськогосподарського використання.

Найефективнішими протиерозійними гідротехнічними спорудами є водозатримувальні вали та вали-тераси. Вони затримують продукти змиву ґрунтів, зменшують замулювання річок та водосховищ, а в районах недостатнього зволоження збільшують продуктивну вологість ґрунту. Затриману воду у цих районах можна використати для зрошення ділянок, які розташовані нижче валів. Ці споруди сприяють також нагромадженню снігу і тим самим збільшують вологість ґрунту.

**Водозатримувальні вали і вали-канави.** Для припинення росту ярів і зменшення поверхневої ерозії ґрунтів застосовують водозатримувальні вали, які будують перед вершинами ярів або збоку від яру, куди підводять водний потік від вершини, щоб запобігти лінійній ерозії, а також щоб запобігти поверхневій ерозії на землях, розташованих нижче валу. Ці споруди затримують поверхневий стік і перетворюють його на підґрунтовий потік, збільшуючи тим самим запаси продуктивної вологи у ґрунті, що сприяє підвищенню врожаїв сільськогосподарських культур, особливо в посушливій зоні. Водозатримувальні вали нагромаджують продукти змиву (родючий ґрунт, добрива) із розташованої вище території, запобігають замулюванню річок, водосховищ, ставків і заплавних земель.

Вали будують за нахилу місцевості від 1 до 12°. Їх не можна споруджувати в зонах зі зсувами або там, де можливе їх виникнення після будівництва валу, та на землях, де розвивається хімічна суфозія ґрунту. На території, де ґрунти зазнають механічної суфозії, водозатримувальні вали слід споруджувати одночасно із проведенням заходів для припинення її розвитку.

Необхідно також враховувати те, що зосередження великої маси води в одному місці є небажаним, оскільки може призвести до значного осідання ґрунту через зміну його вологості, особливо в перші роки експлуатації валу, а також до руйнування споруд та скидання затриманої води за вал.

Водозатримувальний вал складається з тіла, ставочка, перемичок, шпор і дренажу (рис. 19). Тіло валу зі шпорами утримує воду, яка збирається в ставочку після дощу або танення снігу. У поперечному перерізі вал може мати форму трикутника або трапеції (рис. 20). Вершину за трикутної форми валу або його верхню основу, що має в перерізі форму трапеції, називають гребенем. Останній завжди роблять горизонтальним. У разі осідання валу гребінь слід підсипати, щоб вода не переливалась через вал.

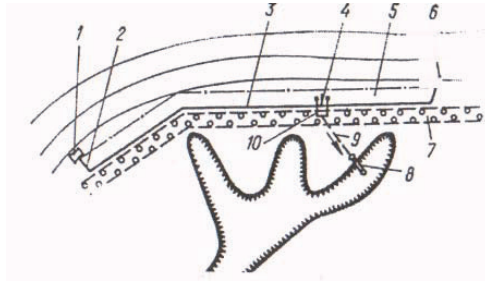


Рис. 19. План водозатримувального валу-канави:

1 — водообхід; 2 — шпора з водообходом; 3 — водозатримувальний вал-канави; 4 — перемичка; 5 — ставочок; 6 — глуха шпора; 7 — прияржна лісосмуга; 8 — трубчастий водоскид; 9 — кювет; 10 — трубчастий водовипуск

Укіс з боку ставочка називають верховим, або мокрим, а з протилежного боку гребеня низовим, або сухим. За коефіцієнт укосу валу беруть котангенс кута нахилу укосу до горизонтальної лінії.

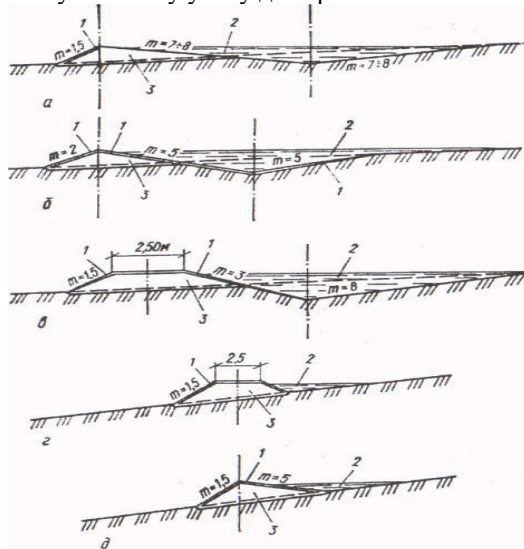


Рис. 20. Типи водозатримувальних валів:

а — поперечний переріз водозатримувального валу-канави трикутної форми з укосами, що обробляються; б — поперечний переріз водозатримувального валу-канави трикутної форми з укосами, що не обробляються; в — поперечний переріз водозатримувального валу-канави трапецієподібної форми з укосами ставочка, які обробляються; г — поперечний переріз водозатримувального валу без канави форми трапеції; д — поперечний переріз водозатримувального валу без канави у формі трикутника: 1 — кріплення сівбою багаторічних трав; 2 — ставочок; 3 — тіло валу

За значної довжини валу ставочок розділяють поперечними валами — так званими перемичками, які розміщують перпендикулярно до валу, щоб на випадок прориву його тіла не вся вода витекла зі ставочка і не спричинила значного розмивання ґрунту або утворення нового яру. Відстань між перемичками становить 150—200 м і залежить від того, якої шкоди може завдати вода, прорвавши вал. Гребінь перемички розміщують на одному рівні з гребенем валу, а в місці прилягання її кінця до поверхні землі — на 20—30 см нижче розрахункового горизонту води у ставочку з тим, щоб вода під час розрахункового рівня рівномірно розподілялась по всіх секціях ставочка. Перемичка у поперечному перерізі має таку ж форму, як і вал, укоси беруться такі, як і верхній укіс валу.

Перемички бувають двох типів: такі, що обробляються (тобто через них можуть проходити сільськогосподарські машини в робочому стані), і такі, що не обробляються. Перші в поперечному перерізі мають форму трапеції з шириною по гребеню 5 м, укоси беруться такі, як і верхній укіс валу. Гребінь перемички, що обробляється, у місці прилягання до валу роблять на 30 см вищим за гребінь валу.

Для того, щоб вода зі ставочка не обтікала вал, на кінцях його роблять шпори — земляні дамби: на одному кінці — шпора глуха, а на другому — з водообходом. Шпори, по яких можливий переїзд сільськогосподарських знарядь у робочому стані, називають шпорами, що обробляються. У поперечному перерізі вони мають форму трапеції з шириною по гребеню 5 м та з коефіцієнтом укосів 8—10. Позначку гребеня шпор роблять на 30 см вище позначки гребеня валу. Шпора, що не обробляється, має таку ж форму і позначку гребеня на укоси, як і вал. Довжина шпори залежить від її висоти та крутизни схилу. У разі малої крутизни схилу шпори значно довші. Для зменшення їх довжини збільшують ширину і глибину канами валу так, щоб увесь об'єм води був тільки у виїмковій частині ставочка. Щоб сільськогосподарські знаряддя під час руху через шпору, яка обробляється, не перекошувалися, її розміщують перпендикулярно до осі валу. Глухі шпори, що не обробляються, як правило, прилягають до валу під тупим кутом (100—120°) відповідно до місцевих умов. Якщо під час експлуатації валу об'єм поверхневого стоку більший за розрахунковий, то ставочок не може прийняти весь стік, внаслідок чого вода переливається через вал, і він руйнується. Щоб уникнути цього, роблять шпору з водообходом, через яку спрямовують зайву воду. Об'єм води, більший за розрахунковий, є аварійним, тому шпори з водообходом проєктують на тому кінці валу, де у разі пропускання аварійного об'єму води не буде завдано шкоди, або вона буде найменшою. Інколи будують споруди для відведення аварійного об'єму води нижче валу у вигляді канав із перепадами або лотоків.

Шпору з водообходом роблять також у випадках, коли весь об'єм стоку не вмщується у ставочку верхнього водозатримувального валу.

Вода з нього витікає через водообхід у ставочок нижче розташованого валу. В останньому шпору з водообходом роблять для скидання аварійного об'єму води.

Водообхід влаштовують у місці примикання шпори до поверхні землі. Позначка порогу водозливу водообходу має дорівнювати позначці розрахункового горизонту води у ставочку. Через водообхід передбачають пропускання води шаром не більше 7—10 см, що відповідає витраті води 30—40 л/с на 1 м водозливної частини водообходу. Останній спрямовує воду на задерновану поверхню, щоб запобігти розмиванню та утворенню промоїн. Для скидання аварійного об'єму води ширина водообходу може дорівнювати 3—5 м. Чим більша площа водозбору, тим більшою роблять ширину водообходу.

Ґрунт для шпор і перемичок зрізають рівномірним шаром з укосу ставочка, розташованого проти валу, по всій його довжині та ширині. Вода, що затримується у ставочку, фільтруватиметься крізь дно та бічні поверхні. Однак, за значної глибини ставочка і наявності ґрунтів з малою фільтраційною здатністю фільтрація може тривати довго, і ставочок не встигне звільнитись настільки, щоб прийняти об'єм стоку від наступного дощу. Під час замулювання ставочка фільтраційна здатність ґрунту значно знижується. Щоб площу ставочка можна було використати під посіви сільськогосподарських культур і запобігти їх вимоканню, вода в ньому не повинна затримуватись довше, ніж передбачено агротехнічними умовами. За даними С. Д. Лисогорова (1981), допустимий час затоплення посівів озимих культур становить 2—3, багаторічних трав — 10—60 діб, залежно від їх виду. За суфозійно нестійких ґрунтів воду зі ставочка треба відвести за найкоротший час.

Для відведення води зі ставочка роблять дренаж — трубчастий (трубчастий водовипуск і трубчастий водоскид) або щепенний. *Трубчастий водовипуск* застосовують тоді, коли можна відвести воду до водоприймача по задернованій поверхні (за допустимої швидкості водного потоку), а *трубчастий водоскид* — коли треба спрямовувати водний потік безпосередньо на дно яру чи балки.

Дренаж можна робити зі щепеню, вкриваючи його поверхню матами з базальтового або синтетичного скловолокна.

Розрізняють водозатримувальні вали з канавою та без неї. Коли по гребеню валу проходить дорога, то такий вал називається валом-дорогою, а якщо канава валу заповнена рослинними рештками, то валом Потапенка — за прізвищем автора.

Щоб можна було ущільнити вал під час будівництва *водозатримувальних валів-каналів* за допомогою котків, ширина гребеня валу у формі трапеції повинна становити 2,5—3 м, а коефіцієнт мокрого укосу у формі трикутника валу — не менше 5.

Висота водозатримувальних валів може коливатись у межах 0,6—2 м. Проте, слід уникати високих валів. Чим менша висота їх, тим вони на-

дійніші, тому вали висотою понад 1,6 м допускають як виняток. Високі вали затримують великий об'єм води, утворюють значний напір, що під час прориву валу може завдати значної шкоди ріллі.

Інститут «Укрземпроект» рекомендує будувати вали, які мають форму трикутника або трапеції з коефіцієнтами укосів сухого 1,5 і мокрого 5; 7 і 8. Коефіцієнт укосів ставочка повинен дорівнювати коефіцієнту мокрого укусу валу. Висота валу становить 0,6—1,6 м.

Будівництво таких валів можна повністю механізувати. Площа, яку займає ставочок валу з мокрим укосом за коефіцієнта 7 та 8, не випадає із сівозміни. Перемички та шпори, якщо це можливо, роблять прохідними. Щоб посіви не вимокали, на валах влаштовують дренажі.

*Водозатримувальні вали без канави* будують із привезеного ґрунту. Вони не мають перед собою канави, тому об'єм їх ставочка є меншим. У поперечному перерізі такі вали мають форму трикутника або трапеції.

Якщо поблизу валу-канави повинна проходити внутрішньогосподарська дорога, то останню прокладають по гребеню валу, який відповідно розширюють. *Вал-дорогу* проектують і обладнують сигнальними стовпчиками. Вали-дороги повинні мати водоспуски. На похилих ділянках у місцях перетину валу-дороги з водними потоками встановлюють труби-переїзди.

Вал розміщують так, щоб не порушувати організацію території і забезпечити умови для механічного обробітку ґрунту та догляду за сільськогосподарськими культурами. Водозатримувальні вали розміщують здебільшого перед вершинами яру або збоку його, куди підводять воду від вершини яру за допомогою водоспрямовуючого валу, або на межі між полями польової та ґрунтозахисної сівозмін. Трасу валу намічають так, щоб вода не підтоплювала дороги, які є поблизу. Для цього її прокладають вище ставочка валу. На ріллі вал і дорогу по можливості об'єднують.

Не можна намічати трасу валу поблизу бровки яру, оскільки це може призвести до обвалу чи зсуву. Вісь валу слід розміщувати на відстані не ближче двох-трьох глибин яру, а в разі засипання вершини яру ґрунтом можна і ближче.

Довжина валу залежить від об'єму води, яку він повинен затримувати або зарегулювати. Чим більший об'єм води, тим більшими мають бути його довжина й висота. Проте, остання не повинна перевищувати 1,6 м. Коли умови місцевості не дозволяють спорудити водозатримувальний вал необхідної довжини, замість нього будують водоскидну споруду або планують 2—3 водозатримувальних вали один вище одного. Однак, за такого розміщення валів вилучається значна площа сівозміни і створюються несприятливі умови для обробітку ґрунту та догляду за посівами сільськогосподарських культур.

У разі розміщення валу на схилі крутизною 0,01—0,03° через підпір, що утворює споруда, затоплюється значна ділянка. Щоб цього



уникнути, розширюють дно ставочка, ширина якого залежить від об'єму стоку та довжини валу, а глибина — від фільтраційних властивостей ґрунту. Для того, щоб висота валу була постійною, його треба розмішувати по горизонталі. На місцевості горизонталі здебільшого йдуть не по прямій лінії, і в плані мають криволінійний та хвилястий вигляд. Якщо вал будувати по горизонталі, то поле матиме неправильну форму, протилежні межі його будуть частіше непаралельними, що ускладнюватиме нормальний обробіток ґрунту, тому напрям водозатримувального валу намічають по прямій або правильній кривій лінії, дотримуючись горизонталі місцевості й не відступаючи від неї більш як на 0,5 м у кожний бік по вертикалі так, щоб протилежні сторони поля були паралельними. У цьому випадку висота валу відхилятиметься від його середньої висоти на 0,5 м. Чим менше це відхилення і чим більше витримана паралельність до протилежної межі поля, тим краще він спроектований. Щоб висота валу не змінювалась, планують його основу.

Для спорудження водозатримувальних валів, перемичок та шпор найпридатнішими є суглинки. До непридатних належать засолені ґрунти, що містять понад 5 % хлоридних, або понад 10 % загальної маси сульфатних чи сульфатно-хлоридних солей. Не можна використовувати для спорудження валів скельні та добре водопроникні породи, а також ґрунти, що містять понад 5 % решток рослин, або понад 8 % повністю розкладених органічних речовин.

Неоднорідний ґрунт укладають у вал шарами: добре водопроникний — у низовий, а ґрунт з низьким коефіцієнтом фільтрації — у верховий укіс валу.

Для спорудження водозатримувальних валів, перемичок та шпор використовують ґрунт, що залягає вище валу. Іноді їх споруджують із ґрунту, розташованого нижче валу, коли вал розмішують на значній відстані від яру, наприклад, вали-тераси. Якщо ґрунт поблизу непридатний, або під відносно водонепроникним шаром залягають ґрунти, які під час фільтрації зазнають механічної суфозії, використовують привозний ґрунт.

У всіх випадках перед будівництвом валу, шпор та перемичок на площі, де треба виїняти ґрунт, а також в основі під вал зрізують родючий шар ґрунту, який складають вище ставочка.

Після спорудження тіла валу, шпор та перемичок поверхню їх кривають раніше знятим ґрунтом і засівають травами.

**Вали-тераси** будують для запобігання поверхневої ерозії ґрунтів за крутизни схилу від 0,5 до 8°. Вони не тільки практично припиняють змивання ґрунту, а й збільшують його вологість, що сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Залежно від взаємодії з водним потоком вони бувають горизонтальні або похилі. Горизонтальні вали-тераси розмішують уперек схилу місцевості горизонталь-

но і здебільшого у посушливих або недостатньо зволжених районах на ґрунтах із доброю водопроникністю.

Похилі вали-тераси розташовують під кутом до горизонталей місцевості у достатньо зволжених районах, а також там, де ґрунти мають низький коефіцієнт фільтрації. Крім того, ці вали-тераси мають меншу висоту, ніж горизонтальні, особливо там, де спостерігається значний стік.

Високі вали-тераси ускладнюють механічний обробіток ґрунту, тому їх не слід будувати.

У разі великих ухилів спостерігається розмивання ґрунту, а малих — замулювання. Щоб запобігти цьому, ухил канави розраховують на основі допустимих швидкостей водного потоку. Він може коливатись від 1 до 5°. Довжина похилих валів-терас не повинна перевищувати 500 м. Щоб уникнути клинів на полі, вали-тераси будують паралельними. Поле, де планують їх розміщення, має переважно хвилястий рельєф, тому, щоб вали були паралельними, одні тільки горизонтальні вали споруджувати, як правило, не вдається. У цьому випадку вали-тераси матимуть горизонтальні й похилі відрізки.

У місцях, де вали в плані змінюють напрямок, їх будують по колових кривих, які для всіх валів мають один загальний центр. При цьому радіус кривої кожного наступного валу для даного створу збільшують на величину, що дорівнює відстані між валами, а кут повороту встановлюють однаковий. Якщо вали-тераси мають однаковий радіус, то вони не будуть паралельними, і під час обробітку поля залишатимуться клини. Вони є небажаними, тому їх слід вилучити із сівозміни. Кут повороту кривої повинен становити не більше 60°.

Поперечний переріз валу-тераси має форму трикутника. Для зручності обробітку поверхні валу коефіцієнт його укосу має становити 8 і більше.

На схилах крутизною від 0,5 до 3,5° вали-тераси будують з верховими та низовими укосами, що обробляються. За більшої крутизни схилу довжина такого укосу стає значною, внаслідок чого штучно збільшується крутизна поля, тому у разі крутизни схилу понад 3,5° слід робити вали-тераси тільки з верховим укосом, що обробляється. У цьому разі ухил низового укосу валу роблять дещо більшим за природний ( $m = 1,5$ ) і засівають травами. Вали-тераси такої конструкції будують за крутизни схилу 3,5—6°. За крутизни схилу понад 6 і 8° висота горизонтальних валів стає значною, тоді відповідно будують похилі вали-тераси та східчасті тераси.

Вал-тераса може мати виїмкову частину з обох боків або тільки зверху чи знизу валу. Виїмку з обох боків роблять, якщо обидва укоси валу передбачено обробляти.

Під час будівництва валу-тераси з одним оброблюваним укосом ґрунт можна виймати вище або нижче валу. Якщо його виймають ви-

ще валу, крутизна схилу збільшується, що є небажаним, а якщо нижче валу — зменшується, тому на крутих схилах його слід виймати нижче валу по схилу. Це не тільки зменшить крутизну схилу, а й поліпшить умови обробітку його та догляду за вирощуваними сільськогосподарськими культурами.

Висота валів-терас має бути мінімальною (0,4—0,8 м) і, як виняток, для горизонтальних валів-терас не перевищувати 1 м, що може бути на крутих схилах. Чим більша крутизна схилу, тим менша водозатримувальна здатність валу і тим більша його висота. Якщо вона більша за 0,8 м, то вали слід споруджувати похилими, а відстань між ними зменшувати.

На кінцях горизонтальні вали-тераси мають шпори (одна з них має водообхід), а через 200—300 м — земляні перемички, що обробляються. Ширина гребеня перемички — 5 м, що на 0,3 м вище гребеня валу. Коефіцієнт укосів перемички становить 8. Якщо горизонтальна частина валу розташована вище похилої, то її від останньої відокремлюють перемичкою.

У разі перетину валом місцевих понижень або підвищень змінюється висота горизонтального валу-тераси і ширина укосів валу по його довжині, тому вісь ставочка валу та лінія перетину укосів із поверхнею землі не будуть паралельними осі валу, що ускладнюватиме технологію вирощування сільськогосподарських культур на місці валу. Крім того, сошники сівалки не скрізь заглиблюватимуться у ґрунт, тому ширина укосів валу повинна бути кратною ширині захвату сівалки. Щоб висота валу та довжина укосів були постійними в горизонтальній частині, проводять поздовжнє планування його основи до досягнення середньозваженої нівелірної позначки, а для похилих валів планують основу так, щоб вона могла залишатись на окремих ділянках.

Горизонтальні та похилі вали-тераси висотою до 0,5 м наорюють. За крутизни схилу до 2—3° наорюють вал з обох боків. Ширина орної смуги по боках від осі валу становить 15 м. Під час руху плуга нижче валу скиби ґрунту відвалюються вверх по схилу, а в разі руху вище валу — вниз до його осі. У першому циклі роблять 22 проходи, а за наступних плуг зміщують від осі валу на половину ширини захвату. При цьому плугами недоорюють щоразу смугу на один прохід (1,4 м). За 5—6 циклів формується вал-тераса з укосами 1:8—1:12. Після цього поверхню укосів планують дисковим лушчильником або скрепером.

За крутизни схилу понад 3° вал наорюють з одного боку. Спочатку плугом роблять 5—6 проходів усклад для формування сухого укосу. Потім орють з одного боку з обертанням скиби вниз до осі валу. Холостий хід трактора використовують для ущільнення валу. Укоси планують, як і під час наорювання валу, з обох боків.

Процес наорювання валів-терас можна прискорити, якщо на корпус плуга встановити поздовжні полиці КВ-1, що збільшує перемі-

щення скиби на 30—40 см, тобто вдвічі. Щоб відвал КВ-1 міг працювати на першому корпусі, на ньому знизу за лемешем роблять виріз на довжину 25 см (Подгорний В.К., 1985).

Вали-тераси висотою понад 0,5 м споруджують бульдозерами так, як і водозатримувальні вали-канави.

## 2.6. МЕЛІОРАЦІЯ ЯРУЖНИХ І СХИЛОВИХ ЗЕМЕЛЬ ДЛЯ ЇХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИКОРИСТАННЯ

Із появою потужної техніки розроблені нові способи освоєння еродованих земель — засипання промоїн і мілких ярів, перетворення ярів у балки і терасування великих ярів і балок.

**Засипання ярів.** Дня знищення промоїн глибиною до 25 см уздовж них проводять оранку усклад з наступним обробіткою упоперек схилів. Глибші промоїни зарівнюють бульдозером.

Яри глибиною понад 2 м виположують (рис. 21). Для цього яр у довжину розбивають на ділянки, ведучи рахунок від гирла. На першій ділянці перпендикулярно бровці яру бульдозером зрізають землю і переміщують її в яр спочатку з одного боку, а потім з другого, доводячи насип до проектної відмітки.

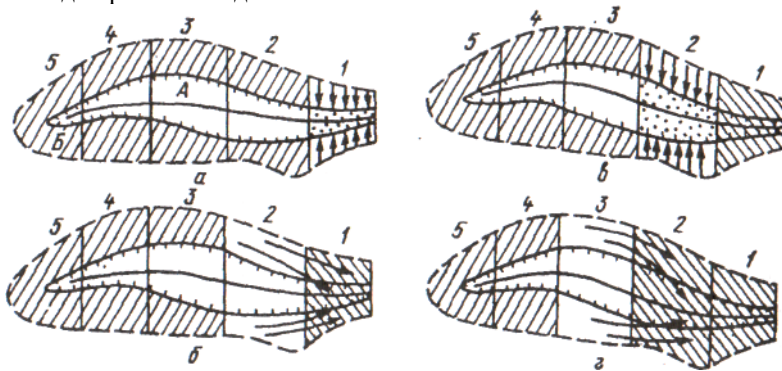


Рис. 21. Схема виположування схилів ярів зі збереженням на поверхні родючого гумусового шару ґрунту:

а — стадія виположування схилів і засипки яру на ділянці, яка прилягає до його гирла; б — переміщення гумусового шару з ділянки 2 на ділянку 1; в — виположування схилу на ділянці 2; г — переміщення гумусового шару на ділянку 2; А — яр; Б — смуга виположування схилу яру; 1, 2, 3, 4, 5 — номери ділянок, які підлягають послідовному обробітці (стрілками показаний напрямок руху бульдозера)

Після виположування першої ділянки починають обробіток другої: зрізають гумусовий шар і переміщують його на першу ділянку. Потім засипають яр на другій ділянці. Після засипання другої ділянки на її поверхню поміщають гумусовий шар третьої ділянки і т. д. На решті ділянок проводять аналогічну роботу. Останню ділянку біля вершини яру покривають гумусовим шаром, узятим з-під основи відповідної канави-валу.

Водовідвід споруджують біля вершини яру для того, щоб не допустити стоку води по старому руслу. Виположувати можна яри довжиною до 300—400 м і глибиною 4—6 м. Недоцільно робити це на донних ярах з великими водозбірними площами і на ярах, що прорізують кам'яні породи з малопотужними ґрунтами. У засипному ярі проводять роботи, пов'язані із залісненням схилів, залуженням та затриманням стоку.

**Перетворення ярів на балки.** Природним шляхом яри переходять у балки внаслідок виробітку профілю рівноваги і заростання схилів трав'янистою рослинністю. Цей процес тривалий, тому для сільськогосподарського використання території прискорюють переведення ярів на балки виположуванням крутих схилів бульдозерами та згрібанням з них ґрунту в яр. Ґрунт, переміщений в яр, покривають шаром гумусованого ґрунту, що знаходиться ближче до верхів'я яру, і засівають його багаторічними травами. Високу ерозійну стійкість мають ділянки, засіяні травами, що утворюють потужну кореневу систему (кореневищні, щільнокущові злаки). За вимогливістю до зволоження ґрунту рослини поділяються на три групи: вологих, середньозволожених і посушливих місць росту. Рослини вологих місць росту, що мають високу ерозійну стійкість, — це багаторічні трави: пирій, жовтець повзучий, хаменерій вузьколистий (іван-чай). Вони утворюють щільну дернину, стримуючи цим ерозію, їх можна висівати по дну ярів.

Рослини середньої ерозійної стійкості (стрижнекореневі) здатні запобігати ерозії ґрунту на схилах на невеликій відстані від тальвегу яру.

Рослини, маловимогливі до вологості ґрунтів, застосовують для надання ерозійної стійкості прияржній території.

Для створення травостою, який добре захищає ґрунт від поверхневого стоку, висівають рослини всіх перелічених груп смугами в межах різних зон прияржного ерозійного фонду. Верхів'я залужених ярів та їх прибривкові частини закріплюють, висаджуючи дерева й чагарники.

**Терасування схилів.** Круті високі схили ярів освоюють під насадження за допомогою терасування, яке можна проводити наорюванням або застосуванням спеціальних терасерів. Останні використовують на схилах крутизою понад 15°. Тераси, які утворюють на крутих схилах, бувають двох типів — траншейні й східчасті (рис. 22).

Траншейні тераси складаються з двох основних елементів — канав і земляних валів. Вали утворюють із ґрунту, викинутого з канав, і розмі-

щують уздовж нижнього краю відкосу. Ці тераси тепер застосовують рідко, оскільки вони утруднюють механізацію сільськогосподарських робіт.

Східчасті тераси складаються з таких елементів: плоских східців, виїмкових і насипних відкосів та берм. Полотно тераси має ширину 2—4 м. Одна половина його врізається у схил, а друга утворюється за рахунок насипу зі зрізаного шару ґрунту. Відстань між терасами визначається крутизною схилу. Для збільшення протиерозійного ефекту терас між ними роблять проміжок, внаслідок чого насипна частина верхньої тераси дещо не доходить до виїмки нижньої. Ця ділянка схилу між насипним відкосом верхньої тераси і відкосом, виритим у ґрунті нижньої тераси, називається *бермою*. Полотно східчастих терас роблять трьох видів: горизонтальне, зі зворотним нахилом і нахилом по схилу. Найпоширенішими є тераси з горизонтальним полотном. Вони зменшують швидкість стоку поверхневих вод і добре їх вбирають.

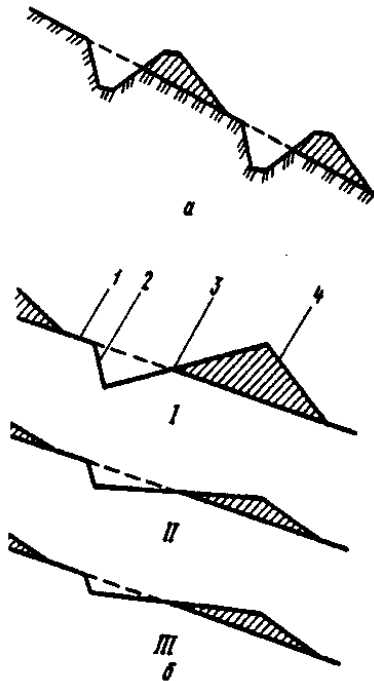


Рис. 22. Тераси:

а — траншейні; б — східчасті; I — зі зворотним нахилом;  
 II — із горизонтальним уступом; III — із похилим уступом; 1 — берма;  
 2 — материнський відкіс; 3 — полотно; 4 — насипний відкіс

Тераси зі зворотним нахилом полотна мають деяку ємкість, яка забезпечує затримання на схилах вод, які не встигли стекти. Ці тераси створюють на водопроникних ґрунтах за суворо горизонтального вирівнювання терас уперек схилу.

Тераси з нахилом полотна по схилу є більш простими для будівництва, їх застосовують у разі підвищеної кількості атмосферних опадів та поганої водопроникності ґрунтів.

Східчасті тераси забезпечують повну механізацію робіт, пов'язаних із доглядом за посівами, їх широко застосовують на схилах крутизною від 10 до 35°. Нарізають тераси по горизонтальних площинах. Для забезпечення горизонтальності терас схил розмічають за допомогою нівеліра. Східчасті тераси перетворюють покинуті землі на високоефективні.

Проектна площа зрошення в Україні складає 2,6 млн га. Зрошувані землі розташовані практично в усіх природних зонах і підзонах, але 80 % їх зосереджено в Степу. У структурі ґрунтового покриття зрошуваних земель близько 60 % загальної площі займають чорноземні ґрунти (чорноземи типові, звичайні, південні, лучно-чорноземні ґрунти) і меншу частину — темно-каштанові та інші.

Водні ресурси України формуються за рахунок стоку річок — Дніпра, Дністра, Дунаю, Сіверського Дінця та інших водних джерел, розміщених на території держави. Частково водні ресурси поповнюються за рахунок підземних і шахтних вод. При цьому за даними Держводгоспу України (1998, 1999), на площі 70—73 % застосовуються прісні (вміст солі — менше 1 г/л) зрошувальні води, на решті площі — мінералізовані (більше 1 г/л), у тому числі з мінералізацією 1—2 г/л на площі 20 % і більше 2 г/л — на площі 8 %.

У прісних водах з мінералізацією до 0,5—1,0 г/л у складі солей переважають гідрокарбонати кальцію і магнію (50—70 %), сульфати й хлориди складають 30—50 %. Подальше зростання мінералізації відбувається за рахунок сульфатів і хлоридів натрію та магнію. При цьому хімічний склад поливних вод характеризується чітко вираженою сезонною динамікою, суттєво змінюються лужні властивості вод: величина рН зростає від 7,4—7,9 до 8,0—8,7, вміст іону  $\text{CO}_3^{2-}$  (сода) від слідів до 0,3—0,8 мекв/л. Механізм цього явища пов'язаний із порушенням карбонатно-кальцієвої рівноваги за рахунок інтенсивних процесів фотосинтезу та динаміки гідротермічних умов (Балюк С.А., Чаусова Л.О., 1999; Буйлов В.В., Рысков Я.Г., 1982).

У водах з мінералізацією 0,5—1,0 г/л відношення кальцію до натрію складає 1,6—2,0:1,0, із підвищенням мінералізації це відношення зростає до 0,4—1,0:1,0, що викликає небезпеку розвитку в зрошуваних ґрунтах процесів осолонцювання.

Оскільки в ґрунтових розчинах реакції обміну визначаються не концентраціями іонів, а їхніми активностями, необхідно застосовувати



термодинамічні принципи оцінки зрошувальних вод. У прісних водах частка активного кальцію складає 65—86 % від загальної його концентрації, а натрію — 85—100 %, в мінералізованих водах — 42—46 і 85—97 % відповідно (Балюк С.А. та ін., 2000).

За оцінкою Держстандарту України ДСТУ 2730—94, поливні води 1 класу (придатні для зрошення) застосовують на 30—40 % площі зрошуваних земель, 2 класу (обмежено придатні за небезпекою засолення, осолонцювання та підлучення ґрунтів) — на 60—64 % і 3 класу (непридатні для зрошення) — на 6—10 % площі зрошуваних земель. Залежно від природних регіонів оцінка якості поливних вод істотно змінюється. Так, на зрошуваних землях Донецької області (загальна площа зрошення 200 тис. га) близько 60 % усіх поливних вод належить до 2-го класу обмежено придатних для зрошення, 15—20 % — до придатних 1-го класу і 10—15 % — до непридатних для зрошення.

*Осолонцювання* — це найбільш розповсюджений процес деградації ґрунтів на зрошуваних землях. При цьому необхідно розрізнати природну та вторинну (іригаційну) солонцюватість, що є наслідком збільшення вмісту ввібраних натрію та калію у складі ГВК. Зрошення призводить до підвищення вмісту ввібраного натрію з 0,6—1,0 до 1,5—2,0 % від суми обмінних катіонів за використання прісних поливних вод і до 3—8 % за використання мінералізованих поливних вод. Сумарний вміст Na та K при цьому досягає 3—4 та 5—15 % відповідно (Балюк С.А. та ін., 2000).

Процес вторинного осолонцювання визначається такими факторами:

1 — якістю поливних вод, зокрема:

а) загальною концентрацією лужних катіонів натрію та калію, що містяться в зрошувальній воді;

б) співвідношенням у складі солей зрошувальної води загальних і активних концентрацій катіонів натрію, калію, магнію та кальцію. При цьому спостерігається пряма залежність між відношенням концентрації кальцію до натрію та термодинамічними показниками

$\left( \frac{aNa}{\sqrt{aCa}} \right)$  води і ґрунту. Якщо у поливній воді відношення кальцію до натрію менше, а  $\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$  — більше, ніж у ґрунтових розчинах, то розвивається процес іригаційного осолонцювання. І, навпаки, якщо в поливній воді відношення кальцію до натрію більше, а  $\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$  менше, ніж у ґрунтових розчинах — розвивається процес іригаційного розсолонцювання;

в) лужністю зрошувальної води, яка посилює солонцевий процес внаслідок зниження розчинності в лужній воді кальцієвих солей та випадання їх в осад;

2 — сольовим складом ґрунту, вмістом солей кальцію та його активністю, які визначають буферність ґрунтів проти осолонцювання (зі зростанням вмісту карбонатів у ґрунтах інтенсивність сорбції натрію в ГВК зменшується на 25—40 % (Балюк С.А. та ін., 2000);

3 — гранулометричним і мінералогічним складом ґрунту, який переважно визначає ступінь прояву процесу осолонцювання — диспергування, гідрофільність;

4 — органічною речовиною ґрунту, її рухомістю під впливом осолонцювання і стійкістю до процесу осолонцювання;

5 — глибиною та мінералізацією ґрунтових вод (із посиленням ступеня гідроморфізму та активізації сольових процесів спостерігається подальше зростання вмісту поглиненого натрію);

6 — режимами зрошення, величиною поливної та зрошувальної норм, які визначають в основному швидкість процесу осолонцювання й глибину його розповсюдження по профілю ґрунтів;

7 — кліматичними умовами зрошуваних масивів (з посиленням аридизації інтенсифікуються процеси вторинного засолення й осолонцювання зрошуваних ґрунтів).

Виявлено стадійність процесу сорбції натрію: активне поглинання у перші 2—3 роки зрошення, сповільнення поглинання й установаження квазірівноважного стану на 3—5-й рік зрошення.

Дослідження сольових режимів і модельні експерименти показують, що вже після 2—3-х років поливів вміст обмінного натрію в орному шарі досягає максимальної кількості, величина якої визначається концентраціями та співвідношеннями натрію й кальцію в поливній воді (Балюк С.А. та ін., 2000).

Сезонна динаміка вмісту обмінного натрію залежить від кліматичних умов і режиму зрошення. Як правило, максимальний вміст обмінного натрію спостерігається наприкінці вегетаційного періоду, що пов'язано з надходженням солей з поливними водами та з ґрунтовими розчинами під час літнього випаровування води з ґрунту. Водночас найбільшою мірою негативні наслідки солонцюватості (запльвання, кіркоутворення) проявляються у весняний період після теплих вологих зим, коли солі вимито та їх концентрація нижча за поріг коагуляції.

Зі збільшенням вмісту поглинутих натрію й калію має місце перехід частки колоїдів у пептизований стан і, як наслідок, погіршення агрофізичних властивостей — структурного стану, будови, водопроникності, капілярності; посилення рухомості органічних речовин та погіршення якісного складу гумусу. З підвищенням ступеня солонцюватості посилюються зміни властивостей зрошуваних ґрунтів у негативний бік — зростає величина електрокінетичного потенціалу, сту-

пінь пептизованості мулу, гідрофільності, трансформації та руйнації мінерального й органічного компонентів ґрунтів. У кінцевому підсумку це призводить до помітного зниження їх родючості і продуктивності сільськогосподарських культур. При цьому припускають, що слабкий ступінь вторинної солонцюватості знижує врожай на 5—20 %, середній — на 20—30 та сильний — на 30—50 % і вище.

Розроблено й обґрунтовано (Балюк С.А. та ін., 2000) мінімальний комплекс діагностичних показників вторинної солонцюватості, що включає вміст обмінного натрію та калію й функціонально пов'язані з ними термодинамічні показники для різних груп ґрунтів за гранулометричним складом та протисолонцювальною буферністю (табл. 41). Буферність ґрунтів проти осолонцювання визначається вмістом карбонатів кальцію та активністю іонів кальцію (табл. 42).

Таблиця 41

**КЛАСИФІКАЦІЯ ҐРУНТІВ ЗА СТУПЕНЕМ  
ВТОРИННОЇ СОЛОНЦЮВАТОСТІ (ДСТУ 3866—99)**

Ступінь вторинної солонцюватості ґрунтів	Буферність ґрунтів					
	низькобуферні		середньобуферні		високобуферні	
	Увібрані Na + K, %	$\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$	Увібрані Na + K, %	$\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$	Увібрані Na + K, %	$\frac{aNa}{\sqrt{aCa}}$
<b>Важкі ґрунти</b>						
Несолонцюваті	менше 1	менше 0,5	мен- ше 3	мен- ше 1	мен- ше 5	менше 2
Слабосолон- цюваті	1—3	0,5—1	3—6	1—3	5—10	2—7
Середньосоло- нцюваті	3—6	1—3	6—10	3—7	10—15	7—10
Сильносолон- цюваті	більше 6	більше 3	біль- ше 10	біль- ше 7	біль- ше 15	більше 10
<b>Легкі ґрунти</b>						
Несолонцюваті	менше 3	менше 1	мен- ше 5	мен- ше 2	мен- ше 6	менше 3
Слабосолон- цюваті	3—6	1—3	5—10	2—7	6—12	3—8
Середньосоло- нцюваті	6—10	3—7	10—15	7—10	12—16	8—12
Сильносолон- цюваті	більше 10	більше 7	біль- ше 15	біль- ше 10	біль- ше 16	більше 12

Таблиця 42

**ГРАДАЦІЯ ҐРУНТІВ ЗА ПРОТИСОЛОНЦЮВАЛЬНОЮ  
БУФЕРНІСТІЮ**

Буферність ґрунту	Вміст CaCO <sub>3</sub> , %	Активність іонів кальцію, (аСа), мекв/л
Низькобуферні	менше 2	менше 7
Середньобуферні	від 2 до 5	від 7 до 11
Високобуферні	більше 5	більше 11

За даними гідрогеолого-меліоративної служби Держводгоспу України (1998, 1999), загальна площа зрошуваних солонцюватих ґрунтів досягає 800 тис. га. Основні їх масиви зосереджені в Донецькій (більше 80 % зрошуваних земель), Миколаївській (більше 60 %), Дніпропетровській (50 %), Одеській (близько 50 %) областях, де використовують поливні води з мінералізацією більше 0,8—1,0 г/л. В Автономній Республіці Крим та Херсонській області розповсюджені також природно-солонцюваті ґрунти.

Необхідність проведення хімічної меліорації зрошуваних ґрунтів зумовлена осолонцюванням (можливе одночасно із вторинним засоленням); агрофізичною деградацією і декальцинацією їх (внаслідок розвитку процесів розчинення й вилуговування резервів кальцієвих солей).

Характер впливу заходів хімічної меліорації на ґрунти проявляється через поліпшення складу ґрунтового розчину в напрямі нормалізації його реакції (рН), поліпшення співвідношення іонів солей у бік переважання нетоксичних катіонів та аніонів, що сприяє попередженню процесів деградації ґрунтів, а саме:

— підвищення вмісту в твердій та рідкій фазах ґрунтів кальцієвих солей перешкоджає процесу вторинного осолонцювання ґрунтів, їх декальцинації, погіршенню мінералогічного складу, виносу з ґрунту поживних мікро- і макроелементів, а також шкідливому впливу на рослини токсичних іонів;

— коагулювальний вплив кальцієвих меліорантів на мулисті частинки ґрунту через насичення кальцієм ґрунтового розчину і ГВК забезпечує підвищення ступеня агрегованості ґрунтових частинок, поліпшення складу структурних агрегатів ґрунту та їхньої ємності й водостійкості;

— поліпшується склад гумусу ґрунту (головним чином у бік підвищення фракції гумінових кислот, що пов'язані з кальцієм), знижується розчинність і рухомість гумусу;

— активізується корисна для сільськогосподарських рослин мікрофлора та зоофауна ґрунту.

Хімічну меліорацію зрошуваних ґрунтів України слід проводити за таких умов:

— за використання зрошувальних вод, що обмежено придатні (2-й клас) за небезпекою вторинного засолення, осолонцювання та підлуження ґрунтів (згідно з ДСТУ 2730);

— за зрошення й промивок від солей будь-якими водами первинно та вторинно засолених ґрунтів, а також за зрошування ґрунтів солонцевих, залишково солонцюватих, вторинно осолонцюваних, декальцинованих, що не скипають від соляної кислоти з ненасиченим на кальцій ГВК;

— у разі залягання підґрунтових вод глибше за критичну глибину від поверхні ґрунту.

Комплекси заходів хімічної меліорації та їх параметри залежать від конкретних ґрунтово-меліоративних та організаційно-господарських умов. Для визначення їх слід виконувати додаткові розрахунки економічної ефективності комплексу. До заходів хімічної меліорації зрошуваних ґрунтів України відносять:

— різні фізико-хімічні способи поліпшення якості обмежено придатних природних зрошувальних вод (2-й клас) згідно з ДСТУ 2730. Це, головним чином, обробка води кальцієвими меліорантами типу гіпсу, крейди, вапна, нітрату кальцію, хлористого кальцію та їхніми аналогами з відходів промисловості (фосфогіпс, карбонатні шлами, шлами з комплексним складом меліораційних солей). У результаті поліпшується не тільки якість води, а й ґрунту. Для хімічної меліорації лужних зрошувальних вод найчастіше застосовують мінеральні кислоти з відходів промисловості (переважно сірчана кислота, різні кислі солі), а для кислих — гашене вапно. В останні роки все частіше використовують і такий захід, як обробка води постійним електричним струмом, а також деякими хімічними речовинами, що комплексно діють на воду та ґрунт. Останні містять не тільки меліораційну речовину на зразок простих хімічних солей, а й поживні елементи, полімерні сполуки — структуроутворювачі ґрунту та стабілізатори водних суспензій меліорантів. Застосування таких нових меліорантів регламентовано спеціальними інструкціями;

— усі хімічні меліоранти, що використовуються для поліпшення якості зрошувальних вод, можна вносити в ґрунт безпосередньо в сухому вигляді, що здебільшого зумовлено економічними можливостями й доцільністю (відсутність води в неполивні періоди року, або відсутність потрібного для меліорації води устаткування тощо). Важкорозчинні у воді меліоранти типу крейдяних та вапняних шламів, а також меліоранти з недостатньою розчинністю (гіпс, фосфогіпс) за високих розрахункових доз рекомендується вносити з водою після спеціальної підготовки у вигляді стабільних водних суспензій. Якщо це неможливо з технічних причин, то такі меліоранти, а також природні вапняки,

глинисті й піщані породи, мул, сапропелі, сірку, піритні недогарки тощо вносять безпосередньо в ґрунт (дозы розраховують із запасом на 2—5 років зрошення);

— меліоративний глибокий обробіток ґрунтів (плантажними і ярусними плугами та фрезами) із винесенням на поверхню карбонатних та гіпсоносних суглинків і глин, що меліорують ґрунт. Інколи можна робити спеціальне насипання на поверхню ґрунту певного шару меліоративних порід (пісок, суглинок, глина), що привозять з найближчих кар'єрів. Під час вибору цих заходів керуються, насамперед, конкретними ґрунтовими умовами та економічною доцільністю.

Усі заходи хімічної меліорації, а особливо ті, що пов'язані із внесенням у поливну воду й ґрунт меліорантів з відходів промисловості, не повинні призводити до накопичення в ґрунті та підґрунті зони аерації, у ґрунтових і більш глибоких підземних водах, у водоймах та в рослинній продукції токсичних для людини, свійських і диких тварин речовин (вміст важких металів, фтору, радіонуклідів, нітратів, фосфорних та хлорних сполук, мікроелементів, пестицидів має відповідати спеціальним санітарним та екологічним нормам і правилам) [Інструкція ..., 1993].

Встановлено, що найбільш поширеними у практиці гіпсовими меліорантами можна поліпшити до несолонцювальної (1-й клас за небезпекою осолонцювання) слабосолонцювальну воду із вмістом натрію та калію (сумарно) не більш як 5—8 мекв/л, а середньосолонцювальну воду — тільки до слабосолонцювальної (Баллок С. А. та ін., 2000).

Меліоративний ефект гіпсу (фосфогіпсу) може бути підвищений за рахунок застосування сірчаної кислоти, хлористого кальцію й нітрату кальцію, але в цьому випадку меліоративним фактором виступають хлор- і нітрат-іони.

У разі застосування меліорантів сумісно зі зрошувальною водою строки їх внесення обумовлені періодом проведення вологозарядкових, передпосівних і вегетаційних поливів. Надзвичайно важливо меліорувати воду в перші фази росту й розвитку сільськогосподарських рослин, а також у періоди найбільш сильного прояву агрофізичної солонцюватості ґрунту, що найчастіше трапляється рано навесні після рясних атмосферних опадів і танення снігового покриву. За проведення спеціальних промивних поливів, спрямованих на вилучення з ґрунтового шару надлишку токсичних і солонцювальних солей, хімічна меліорація води або ґрунту обов'язкова.

Якщо меліоранти вносять у ґрунт у сухому вигляді, то під ярі культури роблять це після основного обробітку ґрунту. По зяблевій оранці меліорант використовують поверхнево із загортанням боровами з метою уникнення зносу дрібних часток меліоранту вітром. Як правило, рекомендують по зябу вносити меліорант восени, щоб ще до сівби в ґрунті відбулися певні хімічні процеси.

По оранці навесні вносити меліоранти важче через обмеження часу на її проведення. На посівах озимих зернових культур і багаторічних трав оптимальний термін для меліорації — зима і рання весна по таломерзлій поверхні ґрунту, до боронування. Якщо меліорант вносять щорічно, то всю норму реалізують за один прийом, якщо в запас на два й більше років, то рекомендується поділити норму й рівними частинами меліорант вносити під оранку, культивуацію й поверхнево під боронування. Внесення в запас широко практикують за наявності слабоборозчинних хімічних меліорантів. Однак у такому разі поряд із позитивним ефектом (економія у витратах на внесення) є і негативний: протисолонцювальна дія меліорантів знижується внаслідок їх перерозподілу в нижні шари за щорічних глибоких обробіток ґрунту, а також через поступове карбонування гіпсу, що врешті-решт призводить до різкого зниження розчинності гіпсових меліорантів.

Угноєння ґрунту не рекомендується поєднувати із внесенням гіпсу або фосфогіпсу, оскільки органічні речовини сприяють розвитку негативних процесів відновлення сірки гіпсу до токсичних сполук (сірководень, сода). Краще гній вносити під зяблеву оранку, а гіпс навесні — під культивуацію.

Під час удобрення мінеральними речовинами, що містять кальцій, азот і фосфор, потрібно зважати на те, щоб їхні оптимальні дози відповідали сумарній кількості з урахуванням вмісту їх у меліорантах.

Одним з обов'язкових заходів, що забезпечує високу ефективність дії хімічних меліорантів, є промивання кореневмісного шару з метою вилучення з нього токсичної солі  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ , яка утворюється за взаємодії  $\text{CaSO}_4$  гіпсу з ГВК. Шкідливі натрієві солі утворюються і за використання інших меліорантів ( $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{CaCl}_2$ ,  $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ ). Ці солі справляють токсичний вплив не тільки на рослини, але й на перебіг ґрунтових процесів, з накопиченням їх у ґрунтовому розчині процес розсолонцювання ґрунту різко гальмується. Аналогічно діють і натрієві солі, що присутні в мінералізованих зрошувальних водах, а також у ґрунтовому розчині і у твердій фазі ґрунту. В роки з достатньою природною вологозабезпеченістю вимивання цих солей, як правило, відбувається протягом всього поза вегетаційного періоду. За нестачі опадів слід проводити періодичне промивання ґрунту, бажано прісними, у крайньому випадку слабомінералізованими водами, які його не солонцюють.

Контроль якості хімічної меліорації здійснюють за вмістом обмінного натрію, величиною солонцевого потенціалу ( $p \text{Na}$ — $0,5 p \text{Ca}$ ), за

відношенням активностей  $\frac{a\text{Na}}{\sqrt{a\text{Ca}}}$  і за вмістом аморфного кремнезему,

який, як правило, після хімічної меліорації знижується на 40—60 %.

Глибока меліоративна плантажна оранка є одночасно агротехнічним заходом і способом меліорації ґрунту. При цьому на поверхню виносять слабorozчинні кальцієві солі (в основному карбонат кальцію ґрунтоутворної породи, інколи невелика кількість гіпсу), які підвищують протисолонцювальну буферність зрошуваних ґрунтів.

Під впливом вуглекислоти атмосфери та утворених в результаті життєдіяльності мікроорганізмів і рослин кислот у верхньому шарі ґрунту карбонат кальцію переходить у більш розчинний бікарбонат кальцію, який взаємодіє з ГВК аналогічно гіпсу та іншим розчинним кальцієвим солям хімічних меліорантів. Унаслідок такої «самомеліорації» ґрунту після плантажної оранки нерідко цілком відпадає необхідність у його кальцинації. З іншого боку, винесення на поверхню перехідного слабогумусованого шару ґрунту оберігає основний гумусовий горизонт від розкладу гумусу під впливом мінералізованих лужних зрошувальних вод.

За плантажної оранки вторинно осолонцюваних зрошуваних ґрунтів також відбувається механічне руйнування гумусованого шару ґрунту, перемішування його з карбонатною масою слабогумусованого перехідного до ґрунтоутворної породи горизонту. Окрім зниження вмісту ввібраного натрію та підвищення вмісту кальцію у твердій і рідкій фазах ґрунту, спостерігається поглиблення гумусованого шару. Поліпшуються агрофізичні властивості ґрунту — структура, водопроникність, вологоємність, будова.

Помітне зниження після оранки вмісту гумусу у верхньому (0—25 см) шарі ґрунту негативно відбивається на перших фазах росту та розвитку сільськогосподарських рослин. Цей недолік усувають шляхом внесення органічних і мінеральних добрив перед сівбою культур (після плантажної оранки), які загортають у ґрунт звичайними плугами, чизелями або культиваторами.

Плантажну оранку не можна проводити в таких випадках:

— у разі залягання мінералізованих ґрунтових вод ближче за критичну глибину (2—3 м залежно від гранулометричного складу та будови ґрунту);

— у разі залягання кальцієвих солей в достатній для хімічної меліорації кількості (понад 5 % маси ґрунту) глибше 60 см, оскільки плантажною оранкою необхідно пріорати шар ґрунту з карбонатами не менше 10 см, тобто за глибини розміщення карбонатів 60 см орати доводиться на максимально можливу для плантажних плугів глибину — 70 см;

— у разі вмісту токсичних солей у нижніх шарах ґрунту, що мають бути винесені оранкою на поверхню, вище градації незасоленого ґрунту;

— за наявності в ґрунті хоча й карбонатного горизонту, але представленого третинними глинами або оглеєними мергелистими та крейдяними породами з поганими фізико-хімічними властивостями (відсу-



тність тонкої пористості, наявність домішки токсичних речовин, низька активність кальцію у формах мінералів тощо).

Плантажна оранка за середньої і більш високої солонцювальної здатності зрошувальної води не повністю попереджає процес вторинної солонцюватості ґрунту. У такому разі необхідна меліорація поливної води та ґрунту кальцієвими меліорантами, за винятком крейдяних і вапняних меліорантів, однак дози меліорантів за плантажної оранки зменшуються.

Глибина оранки зумовлена глибиною залягання у ґрунті карбонатного горизонту та вмістом у ньому  $\text{CaCO}_3$ . За вмісту карбонатів кальцію на рівні 5—10 % на поверхню слід виносити не менше 10 см карбонатного шару. За більш високого їх вмісту потужність такого шару можна знизити до 5 см.

Оптимальні строки проведення плантажної та зяблевої оранки однакові. Перед внесенням органічних і мінеральних добрив виконують вирівнювання поверхні та ущільнення плантажованого ґрунту.

Сільськогосподарські культури, як правило, висівають навесні наступного року. У зимовий і ранньовесняний періоди на плантажованих ділянках добре акумулюються атмосферні опади, ґрунт набуває рівноважної щільності будови і частково оструктурується.

У перший рік після проведення плантажної оранки, особливо за недостатнього удобрення, небажано вирощувати сільськогосподарські культури з неглибокою кореневою системою (цибуля, буряк, картопля, овес, ячмінь), а також такі, що вимогливі до азоту (кукурудза та інші силосні культури, капуста).

За допомогою екологічних критеріїв визначають якість хімічних меліорантів з метою гарантування безпечної санітарно-гігієнічної обстановки на території зрошуваних і прилеглих богарних земель.

Уміст специфічних забруднювальних речовин у меліорантах (важкі метали, радіонукліди, фтор тощо) повинен відповідати певним вимогам. Однак його обов'язково слід порівнювати з вихідними даними стосовно ґрунту, зрошувальної води та меліорантів з тим, щоб балансовим методом і з урахуванням коефіцієнтів концентрації визначити можливий рівень накопичення окремих забруднювачів у ґрунті в різні періоди зрошування.

Шкалу оцінки небезпеки забруднення важкими металами за сумарним показником забруднення ( $Z_C$ ) визначають за формулою:

$$Z_C = \sum K_C - (n - 1),$$

де  $n$  — число металів, що визначаються;  $\sum K_C$  — арифметична сума коефіцієнтів концентрації окремих металів;  $K_C$  — визначається діленням фактичного вмісту металу в ґрунті (мг/кг) на фоновий вміст металу (дані можна взяти з довідкових джерел).

За величини  $Z_C$  менше 16 категорія забруднення приймається як допустима, за 16—32 — як помірно небезпечна, 32—128 — небезпечна, більше 128 — надзвичайно небезпечна (Балюк С.А. та ін., 2000).

За вмістом окремих елементів у ґрунтах рекомендується порівнювати їхню фактичну кількість не тільки з гранично допустимою концентрацією (ГДК) на той чи інший елемент, а ще й з фоновим його вмістом у ґрунті, тобто за розрахунковим  $K_C$  (коефіцієнт концентрації). Вважається, що за величини  $K_C$  для окремого елемента понад 1,5 вміст його небезпечний щодо забруднення ґрунтів, вод, сільськогосподарської продукції, а за  $K_C$  понад 2 — дуже небезпечний.

Якщо вміст забруднювальних речовин-токсикантів у меліорантах і зрошувальних водах нижче затверджених ГДК, то застосування їх можливе, однак необхідно спрогнозувати накопичення цих елементів у ґрунтах до небезпечних меж. Щорічне їх надходження у ґрунт можна орієнтовно (з точністю близько 10—15 %) розрахувати за такою формулою:

$$\Gamma = (N_m \times K_m \times K_a + N_b \times K_b \times K_a),$$

де  $\Gamma$  — додаткова кількість елемента, що надходить за рік у корене-вмісний шар ґрунту (1 м) разом з меліорантом і поливною водою, мг/кг ґрунту;  $N_m$  — річна норма внесення у ґрунт хімічного меліоранту, т/га;  $N_b$  — зрошувальна норма, т/га;  $K_m$  — коефіцієнт перерахунку (мг/кг) елемента-забруднювача, що визначається вмістом його у меліоранті й щільністю маси ґрунту;  $K_b$  — коефіцієнт, що визначається вмістом елемента-забруднювача у зрошувальній воді й щільністю маси ґрунту;  $K_a$  — коефіцієнт акумуляції, що враховує трансформацію елемента в ґрунті (перехід водорозчинної форми й елемента у важкорозчинну й навпаки), а також перерозподіл його у шарах ґрунту та ґрунтотвірної породи внаслідок фізико-хімічного поглинання ґрунтом і вилуговування:

$$K_m = \frac{C_1}{p}, \quad K_b = \frac{C_2 \times 10000}{p},$$

де  $p$  — щільність маси ґрунту, г/см<sup>3</sup>;  $C_1$  — вміст елемента в меліоранті, %;  $C_2$  — вміст елемента в зрошувальній воді, мг/л.

Величина  $K_a$  залежить від багатьох умов: доз меліорантів і фізико-хімічних властивостей елементів, норм зрошувальної води, властивостей ґрунтів, агротехніки сільськогосподарських культур, кліматичних і гідрогеологічних умов місцевості тощо. Визначається науковими установами шляхом проведення спеціальних модельних, вегетаційних і польових дослідів. Виражається у частках одиниці.

Значення « $\Gamma$ » можна додавати до вихідного вмісту елемента в ґрунті й розраховувати  $K_C$  і строк, протягом якого  $K_C$  досягає небезпечних

меж, або перевищує фоновий вміст у 1,5—2 рази. На підставі цих розрахунків визначатимуться гранично допустимі норми внесення у воду й ґрунт хімічних меліорантів.

Встановлено, що хімічна меліорація є заходом, що обмежує та послаблює процес осолонцювання, але не переборює його повністю. І навіть за високих доз внесення кальцієвих меліорантів не вдається довести ступінь насиченості кальцію та натрію до рівня вихідних ґрунтів. Це пов'язано зі слабкою розчинністю кальцієвих меліорантів (вапняних та гіпсових матеріалів), низькими якістю (дисперсність, ступінь помолу) та технологією внесення, лужним характером поливних вод й осадженням під час випаровування кальцієвих солей, відсутністю промивного режиму та видалення продуктів обмінних реакцій. Крім того, не зовсім відомі всі процеси розчинення меліорантів і взаємодія їхніх розчинів з ґрунтовою масою.

Приріст врожаїв сільськогосподарських культур від заходів хімічної меліорації коливається від 5—10 до 20—40 % та більше, що визначається, здебільшого, якістю поливних вод, ступенем солонцюватості ґрунтів та тривалістю зрошення. Рівень приросту урожаїв від ротації до ротації, як правило, підвищується, що пов'язано з посиленням на контрольному варіанті (без проведення хімічної меліорації) деградаційних процесів, причому ефективність хімічної меліорації зрошуваних ґрунтів проявляється не в усі роки й не для всіх культур. Найбільш ефективним є внесення меліорантів з поливною водою, що дозволяє зменшити дози меліорантів, більш рівномірно розподілити їх з ґрунтовою масою й тим самим підвищити меліоративний ефект.

До 1990 р. хімічна меліорація зрошуваних ґрунтів здійснювалась за рахунок державних коштів. Нині вона зведена нанівець, що призводить до інтенсифікації процесів вторинного осолонцювання та деградації агрофізичних властивостей ґрунтів. У зв'язку з цим виникла необхідність докорінної зміни підходів до хімічної меліорації зрошуваних земель, реструктуризації меліоративних заходів і відтворення родючості ґрунтів з урахуванням реформування аграрного виробництва та світового досвіду. Нова концепція хімічної меліорації повинна враховувати ті ґрунтово-меліоративні й реальні економічні умови, що склалися, а технології мають бути максимально ресурсощадними, тому важливим державним завданням є першочергове проведення інвентаризації всіх зрошуваних земель, організація постійно діючого моніторингу на зрошуваних і прилеглих до них територіях. У першу чергу потрібно вивести зі зрошення землі з поливними водами 3 класу (непридатні для зрошення) на площі 150—200 тис. га та тимчасово (на період кризи) вивести зі зрошення площі з поливними водами 2 класу (обмежено придатні для зрошення) без застосування комплексу агро-меліоративних заходів на площі 300—400 тис. га.

Нова концепція з хімічної меліорації зрошуваних ґрунтів (Балюк С.А. та ін., 2000) вимагає наступного:

— диференційоване проведення хімічної меліорації з урахуванням якості поливних вод і ступеня солонцюватості ґрунтів. Хімічна меліорація проводиться на землях, де використовуються поливні води 2—го та 3—го класів із сильним та середнім ступенем солонцюватості ґрунтів, а на ґрунтах зі слабким ступенем солонцюватості — тільки за низької протисолонцювальної їх буферності (вміст карбонатів менше 2,0 %, активність іонів кальцію менше 6,0 мекв/л);

— ресурсозбереження за проведення хімічної меліорації — внесення меліорантів на поля у вигляді суспензій з поливною водою, у ґрунт — розсосереджено в часі, невеликими дозами і локально, у періоди максимального солонцепроявлення (навесні);

— технології з хімічної меліорації повинні бути максимально адаптовані до ґрунтово-екологічних і соціально-економічних умов, різних форм власності на землю та господарювання;

— використання місцевих кальцієвих сполук, у т.ч. промислових відходів (карбонатні шлами, крейда, доломіт, вапняк та ін.) з еколого-токсикологічною їх оцінкою й біологічним тестуванням;

— меліорація за рахунок внутрішньогрунтових запасів кальцієвих солей (самомеліорація ґрунтів). Проведення меліоративної плантажної оранки на площі близько 400—500 тис. га. При цьому слід враховувати не тільки глибину залягання й вміст у ґрунті карбонатів, але й важких металів;

— підбір соле- та солонцестійких культур (фітомеліорація), які адаптовані до ґрунтово-меліоративного стану зрошуваних земель (табл. 43). Так, розсолонення й розсолонцювання ґрунтів спостерігається за вирощування таких культур, як редька олійна, гірчиця, вівсяниця тростинна, суріпиця озима та яра, які виносять від 60—100 до 200—300 кг/га солей;

Таблиця 43

**СОЛОНЦЕСТІЙКІСТЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
КУЛЬТУР (УЗАГАЛЬНЕНІ ДАНІ)**

Солонцестійкість	Культура
Слабка	Горох, вика, квасоля, еспарцет, конюшина, капуста
Середня	Овес, просо, жито, пшениця, суданська трава, сорго, люцерна, томати, соняшник, кукурудза, райграс
Сильна	Буркун білий та жовтий, гірчиця, ячмінь, цукровий та кормовий буряк, капуста кормова, житняк, ріпак, столокос безостий, пирій безкореневищний

— більш інтенсивне використання спеціалізованих агротехнічних заходів, що послаблюють прояв солонцюватості та дозволяють підтримувати високий рівень продуктивності — механічні обробітки (розпушування, руйнування кірки, мульчування поверхні ґрунту та ін.);

— еколого-токсикологічна оцінка меліорантів і прогноз їх впливу як на ґрунти, що меліюються, так і на ґрунти геохімічно сполучених ландшафтів;

— ретельне еколого-економічне обґрунтування технологій хімічної меліорації зрошуваних земель;

— використання міжнародного досвіду хімічної меліорації зрошуваних земель. У світі накопичено чимало прикладів ефективного застосування заходів із хімічної меліорації, які заслуговують вивчення та максимально можливого поширення в Україні. Наприклад, у США, Японії та інших країнах сформувався напрям підбору й уведення адаптованих до ґрунтово-меліоративних умов видів і сортів рослин, що дозволяє зменшити дози внесення хімічних меліорантів. У Індії накопичено досвід підготовки меліорантів для внесення їх у ґрунт — ступінь помолу, дисперсність та ін.

Вченими Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН запропонований науково обґрунтований комплекс організаційних і агротехнічних заходів щодо покращення меліоративного стану зрошуваних земель:

1) *організаційні заходи:*

— на зрошуваних масивах і ділянках, де використовують мінералізовані обмежено придатні води, необхідно здійснювати систематичний контроль за рівнем засолення й осолонцювання ґрунтів, глибиною й мінералізацією ґрунтових вод, якістю зрошувальних вод;

— стан засолення та осолонцювання ґрунтів контролюють на всіх полях зрошуваних сівозмін, що різняться тривалістю зрошення і структурою посівних площ, у такий термін — до початку й після закінчення вегетаційно-поливного сезону;

— у книгу історії полів господарств різних форм власності потрібно записувати дані хімічних аналізів ґрунту та води, строки внесення хімічних меліорантів, глибину і мінералізацію ґрунтових вод щодо кожного поля сівозміни;

— господарства повинні мати складські приміщення та навіси для зберігання меліорантів; машини для внесення їх у воду й ґрунт, для подрібнення, просіювання; плантажні плуги та інші спеціальні знаряддя для обробітку ґрунту;

— контроль за ступенем забруднення хімічних меліорантів і зрошувальних вод токсикантами мають здійснювати спеціальні служби згідно з відомчими нормативними документами;

2) *агротехнічні заходи:*

— для зрошення мінералізованими водами застосовують агротехніку, що забезпечує зменшення випаровування із поверхні ґрунту.

Обов'язковим заходом є розпушування ґрунту після кожного вегетаційного поливу. Бажано проводити мульчування ґрунту, ущільнення посівів. Сівозміни мають бути насичені проміжними посівами з тим, щоб зрошувані поля перебували в стані достатнього зволоження від ранньої весни до пізньої осені. Це гальмує процеси акумуляції солей в орному шарі та поглинання ґрунтом лужних катіонів;

— після закінчення вегетаційних поливів необхідно своєчасно проводити лущення ґрунту та основний обробіток. Натомість відбувається інтенсивне підтягнення солей у верхні ґрунтові горизонти, їх засолення і осолонцювання. Дуже шкідливо залишати до весни необробленим ґрунт після збирання пізніх культур (овоче-баштанні, кукурудза на зерно, кормовий буряк). Весною на таких полях інтенсивно розвивається агрофізична солонцюватість ґрунту;

— режими поливів мінералізованими водами мають бути більш економними й ґрунтозахисними. Цього досягають постійним контролем вологості зрошуваних ґрунтів і конкретним розрахунком поливних норм та строків поливів. Черговий строк поливу призначають за зниження вологості в розрахунковому шарі (0—30, 0—50 см) до 75—80 % найменшої вологоємності (НВ). Як правило, величина поливної норми має бути в межах 300—400 м<sup>3</sup>/га. З метою водозбереження, в окремі некритичні фази розвитку сільськогосподарських рослин, нижня межа передполивної вологості може бути знижена до 60—70 % НВ, однак при цьому слід обов'язково враховувати соле- і солонцестійкість сільськогосподарських культур;

— система добрив повинна гальмувати розвиток процесів засолення й осолонцювання ґрунтів. Один раз за ротацію сівозміни (в короткоротаційних сівозмінах один раз за дві ротації) доцільно вносити гній у кількості 100—150 т/га у поверхневий шар плантажованого ґрунту або під зяблеву оранку. У такому разі він діє не тільки як добриво, а й як меліорант, що відновлює і підтримує сприятливі водно-фізичні та агрофізичні властивості ґрунту, врешті-решт забезпечує бездефіцитний баланс гумусу;

— гній у дозах 30—60 т/га, переважно напівперепрілий і перепрілий (сипун), вносять безпосередньо під овочеві культури, кормові коренеплоди та кукурудзу. На 1 га ріллі доза гною повинна становити не менше 15—20 т/га у польових і 20—25 т/га — у кормових і овочевих сівозмінах, що забезпечує бездефіцитний баланс гумусу за будь-якої якості води;

— тверду фракцію безпідстилкового гною зі свиноферм на зрошуваних мінералізованими водами полях сівозмін використовувати не можна через те, що в ній міститься багато лужних солей. З органічних добрив можна також вносити сидерати, сапропелі, незасолені й безшкідливі речовини осади очисних споруд і господарчо-побутових вод, а також солону зернових колосових культур і сухі стебла кукурудзи, компости;

— гичка буряку містить багато токсичних солей, тому її не можна залишати на полі й заорювати. Гній і гіпсові меліоранти одночасно не застосовують;

— мінеральні добрива вносять у фізіологічно нейтральних і кислих формах. Хлорумісні добрива й лужні (хлористий калій, калійні солі) бажано не використовувати взагалі. Сечовину та концентрований аміак недоцільно застосовувати в підживлення. Високий ефект забезпечує внесення гною й повних доз мінеральних добрив по фону меліоративної плантажної оранки;

— сівозміни на зрошуваних мінералізованими водами ділянках мають бути ґрунтозахисними. Цього досягають, окрім вказаних вище заходів, спеціальним підбором сільськогосподарських культур, їх чергуванням. За особливо несприятливого складу поливної води може виникнути необхідність введення в сівозміни ланок зрошуваних і богарних культур, що чергуються. В усіх сівозмінах обов'язкова наявність не менше 2—3-річного використання багаторічних трав (сумішки люцерни та злакових). У разі необхідності застосування переривчастого зрошення в сівозміну вводять ланку з 2—4-річним вирощуванням богарних посухостійких та солевитривалих зернових культур і трав без зрошення (озима пшениця і ячмінь, суданська трава і сорго), після цього знову 4—6 років зернові, кормові або овочеві культури зрошуються. Необхідність богарного періоду в сівозміні виникає й за інтенсивного розвитку процесів засолення та осолонцювання ґрунтів. Богар під впливом термічного фактору, аерації ґрунту, кореневих систем рослин, хімічних меліорантів і добрив дозволяє активізувати відновлення агрономічно цінної структури ґрунту, нейтралізувати нагромаджені в ґрунті токсичні речовини, відновити кількість корисних мікроорганізмів;

— заходи ефективної боротьби із процесами злиття, кіркоутворення, зниження водовбирної здатності ґрунту (мінімальний та безполицевий обробітки, щілювання на посівах просапних і багаторічних трав, використання фрезерних і вібраційних ґрунтооброблювальних знарядь тощо). Для окремих культур з цією метою застосовують підвищені норми висіву насіння, спеціальні соле- та солонцестійкі сорти і гібриди та ін.

## МЕЛІОРАЦІЯ ТЕХНОГЕННО ЗАБРУДНЕНИХ ЗЕМЕЛЬ



Відновлення родючості техногенно забруднених ґрунтів — одна з найбільш складних проблем охорони агробіоценозів. Внаслідок надмірної концентрації промислового виробництва та високої урбанізації в Україні створилися зони небезпечного рівня забрудненості природного середовища, особливо в Донецькій, Луганській, Дніпропетровській і Запорізькій областях, а також у прикарпатських районах Львівської та Івано-Франківської областей. У промислово розвинутих регіонах України техногенне навантаження досягло екстремальних значень. За рахунок щорічного надходження значної кількості важких металів з газопиловими викидами навколо великих промислових підприємств створилися техногенні геохімічні аномалії, де відбувається забруднення сільськогосподарської продукції та водних джерел.

Надходження важких металів з ґрунту до суміжних середовищ продовжується і після зменшення аерального забруднення, що спостерігається в останні роки. Отже, єдиний шлях поліпшення екологічної ситуації на техногенно забруднених землях — це регламентація землекористування і ефективна меліорація.

Напружена екологічна ситуація і в нафтогазовому комплексі. В Україні відкрито та експлуатується близько 150 нафтових і газових родовищ, розмішених у Дніпропетровській, Полтавській, Харківській, Сумській, Чернігівській, Львівській та Івано-Франківській областях. Розгалужена система магістральних та інших трубопроводів охоплює всі природно-кліматичні та економічні зони країни.

Щорічно в Україні трапляються десятки аварій, внаслідок яких забруднення природного середовища, у тому числі й ґрунтів, сягає надзвичайно небезпечного рівня.

Аналіз екологічної ситуації неспростовно доводить, що меліорація техногенно забруднених земель — це нагальна проблема сьогодення, яка потребує свого правового, методичного і технологічного вирішення.

Основні положення концепції меліорації техногенно забруднених ґрунтів (Фатєєв А.І., Мірошніченко М.М., 2000):



— ґрунтового-екологічне нормування забруднення, тобто оцінка небезпечності впливу забруднювачів на всі компоненти агроландшафтів і адаптованість нормативів до ґрунтових умов;

— екологічне і економічне обґрунтування доцільності проведення меліоративних заходів;

— розробка нових меліоративних заходів та технологій для техногенно забруднених земель.

Оцінка небезпечності техногенного забруднення є основою для рішення про необхідність проведення меліорації ґрунтів. За прийнятою в колишньому СРСР системою гранично допустимих концентрацій небезпечність оцінювалась за здатністю забруднювачів переходити до суміжних середовищ (повітря, ґрунтові води), за їх транслокацією до рослин та негативним впливом на ґрунтову мікробіоту. Відповідно до цього визначались повітряно-міграційні, водно-міграційні, транслокаційні та загальносанітарні показники шкідливості. Неврахування цією системою різноманітних геохімічних і ґрунтових умов призводило до того, що забрудненими часто вважали ґрунти з природною аномальністю щодо окремих елементів, або давалась однакова оцінка забрудненню легких за гранулометричним складом ґрунтів Полісся та високобуферних чорноземів півдня України. Подібна «жорсткість» нормативів не могла бути надійною базою для планування меліоративного втручання, оскільки меліорації підлягали як ґрунти, віддалені від центрів емісії, так і ґрунти, безповоротно деградовані під дією політантів. Висока вартість меліоративних заходів на фоні «жорстких» вимог нормативів призводить до явної нездійсненності заходів щодо поліпшення екологічної ситуації.

Отже, першоосною ефективною меліорації техногенно забруднених ґрунтів має бути об'єктивна нормативна база, яка б давала відповідь на питання: де, якою мірою та як часто слід проводити поліпшення земель. Таким чином, головним завданням екологічного нормування є оптимізація землекористування за техногенного забруднення та визначення доцільності проведення заходів щодо зменшення забруднення сільськогосподарської продукції і очищення ґрунтів. У світовій практиці найкращим прикладом такої регламентації є нормативна база Нідерландів, де встановлено три рівні вмісту хімічних речовин у ґрунтах: А — фонові концентрації; В — концентрації, що викликають стурбованість і вказують на необхідність проведення додаткових досліджень; С — порогові концентрації, що вказують на необхідність проведення термінових заходів щодо очищення ґрунтів.

Згідно з розробленою Інститутом ґрунтознавства і агрохімії УААН концепцією, ґрунтового-екологічне нормування в Україні повинно передбачати розподіл на землі: I категорії — придатні для сільського господарства без обмежень; II — придатні за умови проведення заходів відносно зменшення надходження важких металів до продукції; III —

непридатні для землеробства ґрунти, на яких необхідна деконтамінація або зміна напряму використання. Отже, слід розрізняти агромеліорацію, спрямовану на одержання екологічно безпечної продукції, та деконтамінацію, тобто комплекс заходів докорінного очищення ґрунтів. В умовах України найбільш поширеним має бути перший вид меліорації, коли ґрунт залишається депонуючим середовищем для забруднювачів. Залежно від хімічного складу, рівня забруднення і ґрунтово-кліматичних умов доцільне проведення різних меліоративних заходів.

У разі забруднення важкими металами меліоративний ефект досягається: хімічним зв'язуванням токсикантів до нерозчинних сполук (внесення фосфорних добрив); адсорбцією мінералами з високою поглинальною здатністю (цеоліти) або органічними речовинами (гній, торф); підвищенням рН ґрунтового розчину (вапнування).

У разі забруднення нафтою та нафтопродуктами меліоративні заходи можуть бути: агротехнічними (періодичне розпушування для видалення легких легких фракцій), спрямованими на активацію біодеградації забруднювачів ґрунтовою мікрофлорою (внесення азотних добрив, оптимізація рН, посилення аерації ґрунту) та біотехнологічними (інокуляція бактеріальних препаратів з високою здатністю до розкладу вуглеводнів).

У разі забруднення пластовими водами, буровими розчинами та іншими промисловими викидами агро-меліоративним заходом стає застосування ізолюючих речовин (цеоліти, перліт, інші адсорбенти), що поглинають токсичні елементи або зв'язують останні в нерозчинні сполуки (фосфогіпс, крейда), та меліоративних речовин (поліпшення властивостей ґрунту шляхом вапнування, внесення органічних і мінеральних добрив, структуроутворювачів та ін.).

Екологічна і економічна ефективність агро-меліоративних заходів суттєво змінюється в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Так, якщо після внесення мінеральних добрив у дозі  $N_{60}P_{60}K_{60}$  на техногенно забрудненому чорноземі опідзоленому вміст у бульбах картоплі кадмію збільшився на 32 %, нікелю — на 10, свинцю — на 20 %, то після застосування цього заходу на чорноземі звичайному надходження цих елементів, навпаки, зменшилось відповідно на 9, 22 і 37 % (Фатєєв А.І., Мірошніченко М.М., 2000). Ефективність вапнування і внесення цеолітів значно відрізняється на ґрунтах з неоднаковими рН та гранулометричним складом. Як вважає М.М. Овчаренко (1995), заснована на використанні карбонату кальцію і фосфатів меліорація забруднених важкими металами земель ефективна на ґрунтах з підвищеною кислотністю, але не завжди дає очікуваний ефект в інших умовах, оскільки більшість важких металів присутня в ґрунті переважно у формі високомолекулярних органічних хелатів, які можуть залишатися достатньо розчинними навіть за високих значень рН і вмісту рухомого фосфору. Внаслідок цього досить суперечливими є відомості про ефективність

органічних добрив щодо зменшення надходження токсикантів. Крім того, депонування важких металів в органічних сполуках має тимчасовий характер і меліоративний ефект таких добрив, як гній і торф, буде короткотривалим (Фатєєв А.І., Мірошніченко М.М., 2000).

Незважаючи на велику кількість досліджень з меліорації ґрунтів, забруднених важкими металами, в Україні щодо цього досі ще не розроблено ні нормативної, ні довідково-інформативної бази, тому природоохоронна діяльність обмежується штрафними санкціями з підприємств-забруднювачів за погіршення якості землі, причому необхідні агро-меліоративні заходи не фінансуються ні винуватцем забруднення, ні державою, що стримує їх проведення.

Краща ситуація щодо ліквідації нафтового забруднення, яке має не поступовий, а аварійний характер. Порядок проведення і перелік необхідних заходів регламентується нормативними актами щодо рекультивациі порушених ґрунтів. Зокрема, це нормативна документація (Стандарт підприємства і методичний посібник з біологічної рекультивациі) для ДП «Придніпровські магістральні нафтопроводи», розроблена в Інституті ґрунтознавства та агрохімії УААН протягом останніх років. Так, за слабкого (до  $5 \text{ л/м}^2$ ) і середнього ( $5\text{—}25 \text{ л/м}^2$ ) рівнів забруднення відносно чистою від мінеральних домішок нафтою не відбувається глибоких негативних змін родючості ґрунту, тому для її відновлення достатньо проведення комплексу агротехнічних заходів: внесення азотних або азотно-фосфорних добрив, вапна, систематичне розпушення. У міру зростання ступеня забруднення нафтою, збільшення вмісту в її складі смол, асфальтенів, інших стійких до розкладу сполук, а також домішок мінералізованих пластових вод посилюється безповоротна деградація ґрунту і виникає необхідність застосування спеціальних технологій детоксикації. В основу технології відновлення родючості сильнозабруднених глибоко розміщених шарів ґрунтів покладено переривання капілярної кайми і створення сприятливого для кореневих систем рослин родючого шару ґрунту поверх забрудненого. Комплекс заходів щодо біологічної рекультивациі здійснюється після технічної рекультивациі і є завершальним етапом відновлення родючості. Біологічна рекультивациі базується на принципах оптимізаціі водно-повітряного, поживного режимів, рівня кислотності та бездефіцитного балансу гумусу. Технологічний регламент, розрахований на відновлення основних показників родючості за три роки (для дернових і слаборозвинутих ґрунтів — 4—5 років), диференційований по зонах Степу і Лісостепу України.

Таким чином, диференційований підхід до меліорації техногенно забруднених ґрунтів дозволяє раціонально витратити кошти і досягати максимального природоохоронного ефекту. Як правило, вартість робіт з докорінної деконтамінації ґрунту набагато перевищує витрати на агротехнічну меліорацію. Очищення ґрунтів за допомогою фітомеліора-

ції зтягується на довготривалий період і потребує обладнання для утилізації рослинної маси. Різноманітні стаціонарні установки для очищення ґрунтів вітчизняного і зарубіжного виробництва також дорогі та енерговитратні. Такі засоби деконтамінації доцільно використовувати для ліквідації наслідків аварійних викидів на дуже обмежених площах. У випадках дифузійного забруднення ґрунтового покриву раціональним природоохоронним заходом є агромеліорація.

Перспективним напрямом розвитку меліорації техногенно забруднених ґрунтів є розробка і впровадження нових заходів та технологій очищення ґрунту і одержання екологічно безпечної продукції. До таких заходів належать: локалізація в ґрунті внесених мінеральних добрив, позакореневе внесення елементів-антагоністів, використання залізовмісних меліорантів — у разі забруднення важкими металами; застосування комплексних сорбент-деструкторів та захоронення бітумінозного шару — у разі забруднення ґрунту нафтою. Усі перелічені методи меліорації розроблялися в Інституті ґрунтознавства та агрохімії УААН протягом останніх років і є перспективними у вирішенні проблем меліорації забруднених ґрунтів (Фатеев А.І., Мірошніченко М.М., 2000).

# ПРОБЛЕМА БЕЗПЕЧНОГО ЗАСТОСУВАННЯ АГРОХІМІКАТІВ У ЗЕМЛЕРОБСТВІ

## 5

### 5.1. ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА АГРОХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ І ШЛЯХИ МОЖЛИВОГО ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА ДОБРИВАМИ

Світова і вітчизняна практика інтенсивного землеробства впевнено переконує, що добрива — це матеріальна основа кількості і якості рослинницької продукції, джерело біогенних елементів для рослин.

Біогенні елементи — це хімічні елементи, що входять до складу організмів і виконують певні біологічні функції. Науково обґрунтована система застосування агрохімічних засобів дозволяє вирішувати завдання: розширеного відтворення родючості ґрунтів, бездефіцитного або позитивного балансу біогенних елементів і гумусу в системі «ґрунт — рослина — добриво», отримання збалансованої за хімічним складом і поживною цінністю рослинницької продукції, підвищення рентабельності сільськогосподарського виробництва, покращення екологічної ситуації в аграрному секторі економіки країни.

Водночас застосування добрив та інших засобів хімізації — це досить активний вплив на природне середовище. Наявність різних токсичних домішок в мінеральних добривах, незадовільна їх якість, а також можливі порушення технології їх використання можуть призвести до серйозних негативних наслідків. Нині в індустріально розвинутих країнах, а також в ряді регіонів нашої країни застосовуються високі дози мінеральних добрив, тому їх негативний вплив на природне середовище набуває все більш небезпечного характеру і глобальних масштабів. У нашій країні особлива увага звертається на необхідність підвищення ефективності заходів з охорони природи, впровадження науково обґрунтованих систем ведення сільського господарства, прогресивних технологій. Для реалізації цього у громадян країни необхідно виховувати почуття високої відповідальності за збереження і примноження природних багатств, бережливе їх використання.

Свідоме і бережливе ставлення до природи кожного громадянина повинно формуватися з дитинства — в сім'ї, школі, середніх і вищих навчальних закладах і безпосередньо на виробництві.

Охорона природи — одне з найважливіших завдань працівників агропромислового комплексу (АПК) країни. Ґрунтознавець, агрохімік, овочівник, плідівник, агролісомеліоратор, а в цілому кожний землероб

за родом своєї діяльності є найпершим охоронцем порядку в природі, її головним хранителем, а раціональне господарювання на землі — важлива умова її процвітання.

Основні причини забруднення природного середовища добривами, шляхи їх втрат і непродуктивного використання наступні: недосконалість технології транспортування, зберігання, тукозмішування і внесення добрив.

У недосконалості технології транспортування і внесення добрив необхідно виділити ряд моментів. Так, недолік у транспортуванні добрив полягає у перевалочній системі від заводу до поля і в дефіциті спеціалізованих автотранспортних засобів. Значна частина агрохімічних засобів перевозиться автосамоскидами загального призначення, що призводить до істотних їх втрат.

Збільшення об'єму складських ємностей для зберігання мінеральних добрив, а також удосконалення механізованої технології роботи на складах, тобто завантажувально-розвантажувальних робіт і тукозмішування із заданим співвідношенням поживних елементів в тукозсуміші, істотно знижують втрати мінеральних добрив, підвищують їх ефективність, оберігають природне середовище від забруднення.

Істотним джерелом непродуктивного витрачання мінеральних добрив, зниження їх позитивної дії є нерівномірний розподіл по поверхні поля та їх сегрегація (розшарування) під час транспортування і внесення. Наприклад, втрати урожаю ячменю у разі внесення нітрофоски в дозах 60—80 кг/га НРК з нерівномірністю 60—80 % досягають 5 ц/га, картоплі — 15, цукрового буряку — 20 ц/га (Минеев В.Г., 2004). Недобір урожаю від нерівномірності внесення добрив зростає у разі використання висококонцентрованих добрив, підвищення доз, високої чутливості культури на добрива, тому згідно з агрохімічними вимогами до машин для внесення мінеральних добрив в нашій країні, показник нерівномірності розкидного внесення добрив не повинен перевищувати 15 %.

В Україні проводиться певна робота з удосконалення техніки внесення добрив, підвищення якості робіт, зниження непродуктивних втрат добрив, хімічних меліорантів та інших агрохімічних засобів, удосконалюються технології роботи з добривами. До таких технологій слід віднести, перш за все, технологію централізованого приготування і внесення тукозсумішей, контейнерну технологію, перевантажувальну технологію транспортування і внесення добрив з використанням високопродуктивних автомобільних перевантажувачів вантажомісткістю 8 т, технологію роздрібненого внесення добрив (для інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур) і технологію внутріґрунтового внесення добрив. Для здійснення цих прогресивних технологій промисловість уже частково поставляє сільськогосподарському виробництву необхідні засоби механізації.

Порушення науково обґрунтованої технології застосування добрив також є істотним джерелом їх втрат і забруднення навколишнього се-

редовища. У процесі впливу агрохімічних засобів на природне середовище першочергове значення має *азот*. Азотні добрива вирішують проблему білка в сільському господарстві, а отже, і рівень продуктивності землеробства і тваринництва. У разі порушення технології їх застосування вони можуть справити суттєвий негативний вплив на біосферу — ґрунт, воду, атмосферу, рослини, а через них — на тварин і людину. Втрати азоту з добрив бувають досить значними. Він засвоюється за польових умов орієнтовно на 40 %, в окремих випадках — на 50—70, іммобілізується в ґрунті на 20—30 %. Більша його частка включається у склад важкогідролізованих гумусових речовин. Втрати азоту за рахунок звітрювання різних газоподібних сполук складають в середньому 15—25 % від внесеного, а втрати від вимивання залежать від властивостей ґрунту, клімату, погоди, водного режиму, форми і дози добрива, виду культури тощо. Наприклад, в землеробстві Європи 2/3 втрат азоту припадає на зимовий період і 1/3 — на літній.

Факторами, що визначають втрати азоту, є дози, форми, строки і способи внесення азотних добрив, правильне співвідношення азоту з іншими поживними елементами; гранулометричний склад та інші властивості ґрунту, ступінь його еродованості; погодно-кліматичні умови; особливості технології застосування добрив на зрошуваних і осушених землях; вид культури і спеціалізація сівозміни. Частка азоту добрив в загальних втратах азоту від вимивання становить 10—15 %, решта втрат — азот ґрунту, тому необхідний комплексний підхід до розробки заходів боротьби з втратами азоту.

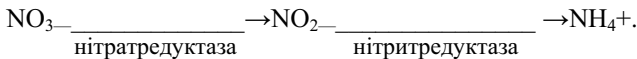
У Поліссі в середньому вимивається 10—15 кг/га нітратного азоту, на супіщаних ґрунтах — 20—25, а на суглинкових — до 10 кг/га. У роки з нормальним зволоженням ці показники знижуються приблизно вдвічі. В цілому ж здатність ґрунту утримувати поживні елементи визначається його різновидністю (пісок<суглинок<глина), але завжди вона обмежена, тому надлишок елементів живлення, внесених в ґрунт з добривами, є потенційним джерелом їх вимивання. На дерново-підзолистих легких ґрунтах України за внесення протягом 6 років 345 кг азоту втрати його на рихлопіщаному ґрунті становили 161, а на зв'язно-піщаному — 83 кг/га (Минев В.Г., 2004). Аналогічні приклади є в багатьох країнах світу.

Серед спеціалістів іноді існує думка, що нітратному забрудненню сприяють азотні мінеральні добрива, а органічні в будь-яких дозах не шкодять. Водночас органічна речовина проходить процес мінералізації за схемою: білки → гумінові речовини → амінокислоти → аміди → аміак → нітрати → нітриди → вільний азот. Під час внесення високих доз органічних добрив у ґрунті поступово нагромаджується значна кількість нітратів. Процеси амоніфікації, нітрифікації і денітрифікації тривають протягом вегетаційного періоду. Амонійний азот нітрифікується протягом 3—4-х тижнів. Рослина використовує близько 70 % внесеного азоту в перший рік, приблизно 20 % денітрифікується до ві-

льного азоту, до 10 % і більше амонійного азоту поглинається ґрунтовими мінералами, 2—5 % на зв'язних ґрунтах і до 20 % на легких вимивається у нижчі шари. На змитих ґрунтах може втрачатися внаслідок ерозії до 30 % внесеного з добривами азоту.

Стратегія побудови системи удобрення повинна полягати в тому, що в перший рік рослина використовує максимальну кількість азоту для формування врожаю. Невикористані його форми легко зазнають денітрифікації, а ті, що залишилися у ґрунті, створюють загрозу нітратного забруднення навколишнього середовища.

Наукою розроблені чіткі рекомендації щодо застосування азотних мінеральних і різних видів органічних добрив, що забезпечують рівновагу в агроландшафтах і одержання екологічно чистої продукції. Справа полягає в дотриманні встановлених оптимальних доз і в рівномірному їх внесенні на поверхню поля. Антропогенне втягування в природний колообіг технічного і біологічного азоту супроводжується активізацією потоків нітратів у біосфері. Внаслідок цього втрачається азот із ґрунту, знижується продуктивність агроценозів, погіршується еколого-гігієнічний стан зовнішнього середовища. Звичайним джерелом азоту для більшості рослин у природних умовах є нітрати. Проте, перш ніж вступити в реакцію зі сполуками вуглецю з утворенням різних азотовмісних компонентів клітини нітрати повинні відновитися до аміаку. Цей процес називають асиміляційним відновленням нітратів. Він здійснюється вищими рослинами і його можна виразити таким рівнянням:



У цьому процесі послідовно беруть участь два металовмісних білки — нітратредуктаза і нітритредуктаза. АТФ для відновлення нітратів або нітритів не потрібна. Нітрати і нітрити є природними компонентами рослин, утилізуються органами людини і тварини у певній кількості. Вважають, що утворений з нітратів шляхом відновлення нітрит-іон здатний прямо негативно діяти на біологічну систему, токсичність його в 10 разів вища від токсичної дії нітратів. Перші ознаки її — це підвищення концентрації мет- і сульфогемоглобіну в крові, зміна біострумів головного мозку, порушення вуглеводного та білкового обміну, зниження фізичної і розумової працездатності. Мет- і сульфогемоглобін знижують зв'язування кисню червоними кров'яними тільцями. Нітрити, що утворюються в результаті нестачі кисню, виявляють судинорозширювальну, спазмолітичну дію, знижують кров'яний тиск. Найбільшу загрозу для людини становлять нітрозосполуки. Вони мають виражені канцерогенні, мутагенні й ембріотоксичні властивості.

Великої шкоди завдають нітрати тваринництву, якщо в кормах концентрація їх перевищує гранично допустимі межі. Летальна доза



нітратів для великої рогатої худоби в добовій нормі корму становить приблизно 250 г. Отруєння проявляється вже через 1—2 год після згодовування, а через 10 год тварина гине. Середня кількість їх у раціонах не повинна перевищувати 0,5 % на суху речовину корму.

Згодовування кормів, забруднених нітратами, спричинює накопичення їх в молоці та м'ясі та надходження потім в організм людини. Під впливом нітратів і нітритів в організмі людей зменшується кількість кисню на 40—60 %, вони стають кволими і сонливими. У дітей до 10—12-річного віку втрачається моторна форма пам'яті, спостерігаються її провали. У немовлят до тримісячного віку і молодих тварин, в яких не сформована ферментативна система, може різко зростати концентрація метгемоглобіну, що спричиняє захворювання (нестача кисню у крові, тканинах, сильне відставання у рості, велика млявість).

За незначної кількості нітратів у ґрунті азот їх майже повністю перетворюється в органічні сполуки ще в корінні рослин. Якщо ж ґрунт містить надлишок нітратів, то вони надходять у стебла, листки та плоди.

За медичними нормами, добова доза нітратів для дорослої людини не повинна перевищувати 300—325 мг, для дітей — не більше 5 мг на 1 кг маси тіла.

Крім рослинницької продукції, джерелом надходження нітратів в організм людини можуть бути м'ясопродукти, молоко, питна вода. Все це результат негативного антропогенного навантаження на навколишнє середовище — ґрунт, водні ресурси, повітря. Зростаюча хімізація землеробства, особливо застосування високих доз мінеральних добрив, підсилюють напруженість в біологічному колообігу речовин, збільшують небезпеку забруднення агроландшафтів. До останнього часу вважалося, що основним забруднювачем середовища є промисловість, сільськогосподарське ж виробництво — більш благополучна галузь народного господарства. Але виявилося, що в сучасних умовах частка забруднювачів за рахунок засобів хімізації землеробства різко зростає.

Застосування зростаючої кількості мінеральних азотних добрив призводить до нагромадження надлишкового азоту, доля якого надалі складається по-різному. Певна частка його разом з ґрунтовими водами мігрує в межах профілю ґрунту. Але азот у формі нітратів вимивається до верхніх водоносних горизонтів і може нагромаджуватися у підґрунтових водах. З цієї причини значний рівень нітратів у ряді місць інтенсивного землеробства вже виявляється на глибині 10 м і більше.

Поступове, хоч і малопомітне нітратне забруднення питної води — явище тривожне. За нормами ФАО, гранично допустима концентрація  $\text{NO}_3 - \text{N}$  у питній воді для помірних широт становить 22 мг/л. У ряді країн прийняті свої державні норми.

Забруднення підґрунтових вод відбувається не лише за нераціонального застосування добрив, а й внаслідок неправильного їх зберіган-

ня. Навіть розкидані по полю мішки з-під добрив негативно впливають на якість підґрунтових вод, особливо на осушених землях.

Забруднення сполуками азоту вод відкритих водойм — ставків, річок, озер — відбувається внаслідок змивання азотистих сполук під час зрошення полів та атмосферними опадами.

Результати моніторингу, проведеного на агроландшафті Правобережного Лісостепу, свідчать про сезонне коливання вмісту нітратів у поверхневих і підґрунтових водах (табл. 44).

Вміст нітратів в атмосферних опадах коливається від 1,9 влітку до 3,2 мг/л восени, у водах р. Рось максимальну їх концентрацію виявлено влітку. Вона в середньому становила 3,5 мг/л, що відповідає концентрації, за якої починається евтрофікація водоймищ. У питній воді максимальних значень вміст нітратів досягав навесні — 114 мг/л за ГДК 50 мг/л. Навіть в артезіанських водах спостерігалось коливання вмісту нітратів від 1,1 до 2,5 мг/л. Наведені дані свідчать, що у водах агроландшафту підвищення концентрації нітратів спостерігалось переважно в періоди, коли поверхня полів була мінімально покрита рослинністю.

*Таблиця 44*

**ВМІСТ НІТРАТІВ У ПОВЕРХНЕВИХ І ПІДҐРУНТОВИХ ВОДАХ  
(У СЕРЕДНЬОМУ ЗА 1978—1988 рр., мг/л води  
(Дегодюк Е. Г. та ін., 1992)**

Об'єкт	Строки відбору вод		
	квітень	серпень	листопад
Атмосферні опади	2,3	1,9	3,2
р. Рось	2,7	3,5	2,6
Ставок	1,8	1,4	3,5
Криниця 1,5 м завглибшки	7,8	44,5	32,7
Криниця 12 м завглибшки	114	41,8	64,5
Артезіанська свердловина, 100 м	1,1	2,5	1,1
Довготривалий дослід (лізиметри), варіант без добрив	35,3	26,6	17,9
Варіант з внесенням рідкого гною — 100 кг/га загального азоту	21,8	53,4	18,8

Для зменшення надходження азоту в геологічний колообіг пропонується посилити біологічний колообіг, основними критеріями якого є впровадження контурно-меліоративного землеробства, нормоване використання добрив, рівномірний їх розподіл по поверхні полів, роздрібнене внесення азотних добрив під зернові культури і багаторічні тра-

ви, широке впровадження в практику, де це можливо, післяжнивних та післяукісних посівів.

Істотний вплив на втрати азотистих сполук з ґрунтового покриву мають способи загортання туків. Особливо помітно зростають втрати поживних речовин зі стічними водами в річки та озера у зв'язку з розсіванням добрив по снігу, під час поверхневого внесення їх за безполицевих способів обробітку на схилах. На сьогодні антропогенна частка йонного стоку річок становить 30—60 % загального виносу солей. За даними американських вчених, на суглинкових ґрунтах у разі застосування добрив восени найменше азоту (19 г/га) втрачалось під час загортання їх на глибину до 20 см. Максимальні втрати азоту (726 г/га) мали місце за внесення добрив поверхнево, без наступного їх загортання (Бекер Ю., 1983).

Забруднення ґрунтів нітратами виникає не тільки за рахунок застосування великих доз мінеральних добрив, але й гною, гноївки, осаду стічних вод, які використовують для удобрення сільськогосподарських культур.

У місцях видобування корисних копалин, поблизу великих промислових підприємств, нагромадження у ґрунті азоту відбувається за рахунок газопилових викидів. Щоб уникнути негативних наслідків застосування азотних добрив, треба, перш за все, раціонально їх розподіляти по зонах, типах ґрунтів і окремих культурах. Певну роль відіграють форми азотних добрив. Аміачним формам, таким як сульфат амонію, властива дещо повільна здатність до нітрифікації, а нагромадження нітратів у ґрунті має розтягнутий характер, тому у разі внесення перед сівбою або в підживлення вони не нагромаджуються в стеблах, листках і плодах так швидко, як за внесення аміачної селітри. Нітрифікація амонію, рідкого аміаку і карбаміду відбувається порівняно швидше, ніж сульфату амонію. Із цього можна зробити висновок, що під листові овочі необхідно, за можливості, застосовувати аміачні форми добрив, а нітратні — під зернові культури.

Важливе значення мають строки внесення азотних добрив. Найкраще вносити їх безпосередньо перед сівбою або в раннє підживлення. При цьому менше утворюється нітратів за рахунок нітрифікації і мобілізації екстраазоту ґрунту.

Нагромадження нітратів у ґрунті залежить також від способів внесення азотних добрив. Локальне застосування аміачних форм посилює надходження азоту в рослини порівняно з розкидним способом, підвищує врожайність сільськогосподарських культур, водночас знижує нітрифікацію амонію і нагромадження нітратів у рослинах.

За локального внесення аміачних форм нітрифікація відбувається лише на периферії осередка добрив, усередину якого мікроорганізми проникають тільки після їх розчинення. За такого способу азот споживається поступово, і в коренях значна частина азоту нітратів перетворюється в органічні сполуки. Уповільнення процесу нітрифікації на 3—5 тижнів за локального способу внесення добрив дає можливість уникати нагромадження нітратів у рослинах і значно підвищити вро-

жайність сільськогосподарських культур, не забруднених нітратами. Запобігти нагромадженню нітратів можна також застосуванням мікроелементів молібдену, цинку, нікелю, а також інгібіторів нітрифікації. Знижується вміст нітратів у ґрунті та рослинах за оптимального поєднання азоту з органічними, фосфорними і калійними добривами. Зайняті пари, проміжні культури, сидерати і посіви багаторічних трав також сприяють одержанню чистої, без надлишків нітратів продукції.

Важливим, але менш загрозливим, джерелом азоту в ґрунті є симбіотична і несимбіотична фіксація його бульбочковими бактеріями бобових культур. Нагромаджений, таким чином, азот повільно нітрифікується і поступово засвоюється рослинами. За даними В. Н. Башкіна (1987), фіксація молекулярного азоту конюшиною, люпином і люцерною сягає 200 кг/га. Несимбіотична фіксація за рахунок вільноживучих мікроорганізмів може становити від 5 до 80 кг/га. Але така кількість фіксованого азоту повітря стає можливою лише в оптимальних умовах для азотофіксації, що у виробництві буває дуже рідко.

Помітно впливає на якість продукції використання безпідстилкового рідкого гною. За внесення помірних рекомендованих наукою його доз, як правило, відбувається поліпшення основних показників якості колосових і кормових культур. У разі високих навантажень на площу, що часто трапляється на тваринницьких комплексах, якість продукції погіршується, у ній помітно зростає і вміст нітратів.

Для дотримання еколого-токсикологічної безпеки використання мінеральних та органічних добрив необхідно забезпечити такі умови їх застосування: високий рівень агротехніки вирощування рослин, яка стимулює активність фотосинтезу, коли азот нітратів перетворюється в органічні сполуки; дотримання науково обґрунтованих строків, доз і способів внесення азотних добрив; оптимальне збалансоване мінеральне живлення рослин для врахування запасу поживних речовин у ґрунті, біологічних особливостей сортів, рівня врожайності, одержання високої його якості й обґрунтоване поєднання органічних і мінеральних добрив; використання інгібіторів нітрифікації та повільно діючих форм азотних добрив; локальне внесення азотних добрив; на замерзлу або вкриту снігом землю не слід вносити мінеральні азотні та органічні добрива; свіжий гній весною, а використовувати його лише після піврічного зберігання; широке використання сортів інтенсивного типу.

Надзвичайно важливим агротехнічним заходом, що запобігає втрамат добрив і біогенних елементів ґрунту в природне середовище, є освоєння науково обґрунтованих сівозмін.

Збільшення вимивання поживних елементів залежно від групи сільськогосподарських культур можна представити в наступному порядку: овочеві >коренеплоди >зернові> кормові трави.

Значний збиток природному середовищу завдає безсистемне використання безпідстилкового гною, гноєвих стоків та інших відходів тваринни-

цтва з порушенням науково обґрунтованих рекомендацій. Найбільш суттєвими порушеннями технології використання органічних добрив є:

1) недостатнє використання підстилкових матеріалів і недосконалість систем гноєвидалення, що в 1,5—2 рази зменшує вихід високоякісних органічних добрив, призводить до великих щорічних втрат рідких органічних фракцій;

2) нерівномірне внесення гною і компостів через недостатню кількість гноєрозкидачів і застосування бульдозерів та інших примітивних засобів, які значно знижують ефективність органічних добрив;

3) порушення співвідношення чисельності тварин і удобрюваної площі, що призводить до надмірного удобрення полів, забруднення навколишнього середовища;

4) недостатня кількість при тваринницьких комплексах іригаційно-підготовлених площ для використання тваринницьких стоків (за гідрозмиву) і рідкої фракції безпідстилкового гною на зрошенні, а також слабкий розвиток трубопровідного транспорту і польових гноєсховищ, що значно підвищує експлуатаційні затрати порівняно з використанням мобільних засобів, зростають і втрати гною;

5) недооцінка використання безпідстилкового гною в поєднанні з подрібненою і розкиданою по полю під час збирання зернових соломою і сидерацією полів.

Узагальнення вітчизняного і зарубіжного досвіду використання органічних добрив дозволяє зробити висновки, що для запобігання втратам біогенних елементів, особливо азоту, необхідно керуватися такими загальними положеннями:

1) норма внесення азоту на 1 га сівозмінної площі не повинна перевищувати 200 кг;

2) у господарствах, що мають тваринницькі комплекси, в сівозміні необхідно вводити проміжні культури на корм худобі або зелене добриво (проміжна форма сидерації), що практично запобігає втратам нітратів за рахунок вимивання, внаслідок інтенсивного їх використання рослинами;

3) восени безпідстилковий гній можна комбінувати із заорюваною соломою або зеленим добривом (за цього випадку азот біологічно іммобілізується восени і у весняно-літній період, що значно скорочує його втрати).

Як у формуванні родючості ґрунту, так і функціонуванні живих організмів важливу роль відіграє *фосфор*. Він у ґрунтах знаходиться у вигляді мінеральних та органічних сполук, переважно у важкорозчинних формах. Мінеральні сполуки перебувають у нейтральних ґрунтах у вигляді солей кальцію і магнію, кислих — солей амонію та заліза.

Інтенсивне хімічне вбирання, характерне для фосфорної кислоти, зумовлює слабку рухомість її солей у ґрунтового профілі. За інтенсивного використання фосфорних добрив фосфор нагромаджується у верхніх шарах ґрунту і його надлишок може сприяти так званому зафосфачуванню ґрунтів, здатність яких поглинати фосфор величезна — до 10 т  $P_2O_5$  на 1 га.

Значна частина фосфору, що поглинають рослини з ґрунту, перебуває в ґрунтовому розчині у формі неорганічного одновалентного ортофосфату  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ . Цей іон рослини адсорбують дуже легко. Іон  $\text{HPO}_4^{2-}$  домінує у разі рН вище 7,2, іон  $\text{PO}_4^{3-}$  має значення для живлення рослин тільки за високих показників рН, а  $\text{H}_3\text{PO}_4$  — лише у разі дуже низьких його показників (Блек К. М., 1973; Гомпсон Л. М., Трой Ф. Р., 1982). Найбільш сприятливе значення рН для доступності фосфору ґрунту знаходиться між 6,5 і 7,5. Фосфати кальцію переходять у нерозчинну форму в лужних умовах, фосфати заліза і алюмінію випадають в осад за низьких значень рН.

Ступінь рухомості фосфатів ґрунту змінюється інтенсивніше, ніж вміст їх розчинних форм.

Вміст органічних фосфатів є найближчим резервом фосфатного живлення рослин. Доступність їх рослинам коливається у ґрунтах України від 10 до 50 % і значною мірою залежить від кількості гумусу. За підвищення її від 1,5 до 4,5—5 % коефіцієнт використання фосфору може збільшуватися у 10 разів, що пов'язано зі зниженням фіксації фосфатів мінеральними колоїдами ґрунту. Вміст органічних фосфатів у ґрунті залежить від дози внесеного фосфору з мінеральними і органічними добривами. При цьому найбільш інтенсивна мінералізація органічного фосфору відбувається у разі сумісного застосування цих добрив.

Вважають, що до 30—50 % внесеного з добривами  $\text{P}_2\text{O}_5$  адсорбується ґрунтом і переходить у легкодоступну для рослин форму. З часом адсорбований фосфор на 40—50 % може бути десорбованим і використаним рослинами.

Враховуючи винятково високу хімічну і біологічну активність фосфору в умовах дедалі більшого його застосування, слід встановити негативні фактори дії фосфору та його сполук на життєво важливі елементи біосфери — навколишнє середовище, живі організми, продукти живлення людей і тварин. У першу чергу постає питання міграційної здатності фосфорних сполук, з якими він може проникати в те чи інше середовище, продукти харчування.

Фосфор стандартних ортофосфорних добрив відзначається слабкою рухомістю у ґрунтах внаслідок швидкого поглинання ґрунтовими компонентами. Втрати його з дренажними водами з удобрених ґрунтів рідко перевищують 0,25—0,6 кг/га за рік. Природна міграція фосфору в процесі ґрунтоутворення також навряд чи перевищує 0,5 кг за рік (Велькер В. та ін., 1976).

Міграція фосфору по профілю ґрунтів відбувається в основному у вигляді колоїдів (складних орґано-мінеральних комплексів), в яких роль комплексотворювача належить органічним сполукам. Найбільшою міграційною здатністю відзначаються аніони лінійних поліфосфатних кислот, які з іонами металів утворюють стійкі розчинні комплекси, тому кількісні втрати фосфору шляхом вимивання у формі комплексів можуть бути, очевидно, істотними у разі використання фосфорних добрив, виготовлених на основі суперфосфорної кислоти (Кудяров В. М. та ін., 1984).

В опідзолених і дерново-підзолистих ґрунтах міграція фосфору найчастіше відбувається за рахунок органо-мінеральних сполук. У досліджах із застосуванням мічених  $P_{32}$  добрив фосфор не виявляли глибше 10 см від місця внесення. Але в літературі є дані про те, що під час внесення на поверхню ґрунту він може проникати на глибину від 20 до 45 см і більше залежно від хімічної форми фосфату, способу внесення і особливо від властивостей ґрунтів. На глибину більш як 45 см фосфор переміщується там, де його вносили щорічно більше, ніж вимагалось для створення врожаю. При цьому органічні добрива на легких ґрунтах сприяють перенесенню фосфору на глибину не менш як на 60 см. Під час внесення гною свинокомплексу на карбонатних ґрунтах фосфор у складі інших елементів проникав на глибину більше 1 м (Романін М., Мачіца Л. та ін., 1986).

Відчутні втрати фосфору ґрунтів і добрив можуть бути на крупнозернистих піщаних ґрунтах, у тому випадку, коли разом з фільтраційною водою вимивається мулувата фракція, а також під час внесення екстремально високих доз фосфорних добрив: втрати фосфору можуть досягти 10—15 кг/га (Благовещенська З. К., Могиндовид Л. С., 1987).

Досить вагомим, очевидно основним, фактором втрат фосфору з корисної сфери діяльності людини є поверхнєве змивання його у вигляді розчинних фосфатів солей, фосфорних сполук (добрив) і фосфоромісних речовин (мулувата фракція ґрунту, органічні добрива), які і є джерелом забруднення наземних відкритих водойм.

Втрати ґрунтового і внесеного з добривами фосфору за поверхневого змиву (ерозійні процеси) досить значні і, як правило, пропорційні втратам твердої фази ґрунту з одиниці площі. За даними різних зарубіжних і вітчизняних авторів, втрати фосфору становлять від 20 до 75 % валового фосфору ґрунтів. На чорноземі звичайному в Київській області залежно від інтенсивності розвитку водної ерозії втрачалось від 2,4—5,7 під культурами звичайного рядкового способу сівби до 51,9—169 кг/га  $P_2O_5$  під просапними та на ґрунті без рослинного покриву (Никифоренко Л.І. та ін., 1983). Втрати фосфору, внесеного з добривами, досягають значних розмірів, особливо під час введення протиерозійних заходів і заорювання добрив.

Забруднення навколишнього середовища можливе також у разі застосування органічних добрив певного виду. Так, в Італії під час внесення гною свинокомплексу в поверхневому стоці концентрація фосфору була вищою порівняно зі стоками полів, які удобрювали мінеральними туками. За межами дослідної ділянки в осадах стоків найбільша кількість була фосфору порівняно з іншими елементами (Романі М. та ін., 1986).

Як бачимо, ні з низхідними потоками води, ні із поверхневими стоками втрати фосфору не є такими відчутними, щоб це різко впливало на родючість ґрунту та його поживний режим (якщо фосфор не втрачається з великою кількістю твердої фази ґрунту). Але вже порівняно і невеликої кількості фосфатів, які надходять у наземні води, достатньо для розвитку шкідливого процесу — *евтрофікації*. У водах інтенсивно розвивається

фітопланктон («цвітіння» води), від чого зменшується вміст кисню, що різко знижує продуктивність рибного господарства, втрачається рекреаційна якість водойм. Концентрація в них фосфору, за якої не порушується екологічна рівновага водної системи, становить 0,03—0,06 мг/л влітку і 0,05—0,1 мг/л взимку (Кампе В., 1977; Фальковська Л., Кутиркін І., 1977).

Агротехнічні умови значно впливають на міграцію фосфору з поверхневими стоками. Спостереження за вмістом елементів-біофілів у водах р. Сквирки (невелика притока Дніпра, Київська область), водозбір якої становлять добре удобрені орні землі, показали, що концентрація фосфору в окремі періоди року підвищується у 7—11 разів (Никифоренко Л.І., 1979). Особливо важливе значення мають способи обробітку ґрунту, які визначають глибину загортання добрив. Так, на удобреному чорноземі звичайному середньоеродованому в стічних водах після оранки вміст фосфору становив 0,15 мг/л, заплоскорізного обробітку внаслідок поверхневої локалізації добрив концентрація його підвищувалася до 0,7 мг/л (Никифоренко Л.І., Тараріко О.Г., Заїка В.В., 1983).

В умовах інтенсивного землеробства надходження фосфору у відкриті наземні водойми в концентраціях, що перевищують граничні норми, стає досить реальним і поширеним явищем. Підвищення міграційної здатності фосфатів відбувається внаслідок порушення структури посівних площ в агроландшафтах, що прискорює надходження біофільних елементів у геологічний колообіг. К.Е. Гінзбург (1981) вважає, що на міграцію фосфору значно впливає механічна дія на ґрунт: оранка, ріст кореневої системи рослин, переміщення з найдрібнішими глинистими частками. Це пов'язано також із підкисленням ґрунту під час внесення мінеральних добрив, руйнуванням ГВК і вимиванням часток, багатих фосфором, у нижчі шари ґрунту.

Вилугування фосфору в ґрунтові води залежить від гранулометричного складу ґрунтів, а також від стійкості фосфатних комплексів з іонами металів. В.Д. Муха (1987) вважає, що підвищення вмісту органічної речовини в ґрунті призводить до руйнування на піщаних частках колоїдної плівки, створення рухомих органо-мінеральних сполук та міграції їх по профілю ґрунту. За даними А.Д. Фокіна (1973), значна кількість рухомого фосфору, що потрапляє у нижчі шари профілю дерново-підзолистих ґрунтів, пов'язана з міграційною здатністю фосфатів, зв'язаних із фульватними сполуками.

Для організму людини збагаченість природних вод фосфором не є небезпечною. Середньодобова потреба в цьому елементі становить понад 1 г. Залежно від дієти людина може споживати за добу значно більше фосфору. Навіть доза 6,6 г/добу є повністю нешкідливою. Небезпечність для здоров'я людини становить відносний надлишок фосфору в продуктах харчування щодо кальцію. Оптимум співвідношення Са:Р = 1:1 або 1:1,5. Будь-яке відхилення від цього призводить до захворювання. Для нейтралізації наслідків надлишкового надходження фосфору в організм людини і тварин потрібна дієта, збагачена не лише кальцієм, але й магнієм та залізом (Махлін Л. Ю., 1973), тому для лю-



дини вважається нешкідливим вміст поліфосфатів у питній воді до 7 мг/л  $P_2O_5$  (3,05 мг/л P), для тварин — до 20 мг/л  $P_2O_5$  (8,72 мг/л P). Максимально допустима концентрація фосфору в питній воді становить 10 мг/л (Кудеяров В. М. та ін., 1984; Кузіна К. І. та ін., 1982).

Вирощена продукція практично не містить стільки фосфору, який би в надлишковій кількості негативно впливав на живі організми. Але фосфор, меншою мірою будучи забруднювачем середовища порівняно з азотом, має ряд супутніх елементів, що створюють негативну біохімічну і радіологічну обстановку.

Негативні наслідки у разі втручання людини в колообіг фосфору в природі не обмежуються введенням у життєві сфери шкідливих домішок. Під час внесення надвисоких доз фосфорних добрив з часом у ґрунті нагромаджується надлишок фосфору, що призводить до негативних наслідків. У зафосфачених ґрунтах знижується вміст засвоєваних мікроелементів, рослини передчасно припиняють вегетацію, що знижує урожай. Під впливом надлишкового фосфору відбувається інтенсивне включення металів у міграційні процеси, тому за умов інтенсивної хімізації землеробства фосфор стає потужним антропогенним фактором, і застосування дуже високих доз фосфорних добрив недоцільне.

У разі внесення високих доз фосфорних добрив частка засвоєння його рослинами знижується. Порушення оптимальних співвідношень поживних речовин під час внесення добрив також призводить до зниження рівня використання фосфору.

Сучасною наукою встановлені оптимальні фосфатні рівні для різних ґрунтів. Для дерново-підзолистих і сірих лісових ґрунтів він становить 10—15 мг  $P_2O_5$  на 100 г ґрунту (за Кірсановим), для чорноземів — 11—16 мг (за Чириковим) і каштанових ґрунтів — 3—3,5 мг (за Мачигінім). Для підвищення вмісту фосфатів на 1 мг в 100 г ґрунту витрати фосфорних добрив коливаються від 63 до 222 кг/га, знижуючи вихідний рівень фосфатів та мулистої фракції у ґрунті (Носко Б.С., 1982). На ґрунтах з низьким рівнем забезпечення рухомих фосфором в Поліссі і Лісостепу внесення фосфорних добрив «в запас» з розрахунку 200—220 кг/га  $P_2O_5$  один раз у 2—3 роки забезпечує високий приріст урожаю, особливо озимої пшениці, буряків і картоплі, та підвищення рівня рухомого фосфору на 1—2 мг в 100 г ґрунту.

За надлишкового внесення фосфорних добрив на будь-яких типах ґрунтів спостерігається депресія врожаю зернових та інших культур, що у багатьох випадках пов'язано із блокуванням фосфатами заліза, цинку та інших мікроелементів, які впливають на процеси фотосинтезу рослин. За надмірних доз фосфорних добрив можливе забруднення навколишнього середовища фтором, кадмієм і деякими радіоактивними елементами.

Проте у разі внесення регламентованих наукою доз фосфорних добрив «в запас» негативних явищ та їх впливу на навколишнє середовище і депресію врожаю не спостерігали.

Життєво необхідним елементом мінерального живлення рослин є *калій*, який підвищує гідрофільність колоїдів протоплазми, підтримує рослинний організм у діяльному стані. За достатнього калійного живлення рослини краще утримують воду, набагато легше переносять короткочасні посухи. Роль калію посилюється за амонійного живлення рослин: краще засвоюється азот, більше утворюється білків.

Порівняно із фосфором вміст калію набагато вищий як в атмосферних опадах, так і у водах агроландшафту. Досить помітно на його міграцію впливає застосування добрив. У більшості водних об'єктів спостерігається сезонна залежність концентрації калію: підвищується від літа до осені, коли рослинний покрив мінімальний.

Сама по собі наявність калію у воді не є шкідливою для людини і тварин. Але він разом із фосфором та іншими біофільними елементами сприяє евтрофікації водоймищ, тому обмежувати надходження його у води також необхідно, як фосфору і азоту. У природні води калій може надходити внаслідок його вимивання з ґрунту, а також з твердим ґрунтовим стоком під час ерозійних процесів. Багато його може надходити у водойми з атмосферним пилом, особливо поблизу промислових об'єктів і міст. І все ж міграція калію в агроландшафтах менш вивчена, ніж азоту і фосфору, що потребує більш детального зупинення на цих питаннях.

Оскільки вміст рухомого калію (водорозчинного і обмінного) у ґрунтах різних типів значно вищий, ніж азоту і фосфору (від 3—5 мг на 100 г ґрунту в легких дерново-підзолистих ґрунтах до 30—50 мг на 100 г ґрунту в чорноземах і сіроземах), це призводить до більшої вираженості геохімічних потоків калію в природні водойми, концентрація в яких його менша. Майже весь рухомий калій включається у біологічний колообіг, інтенсивно засвоюється організмами, а тому в ґрунтові води, річки і моря надходить тільки калій, змитий у процесі ерозії, вимитий з ґрунтової товщі та звільнений з рослин та їх решток.

Значна частка калію у ґрунти різних регіонів надходить за рахунок мінеральних добрив, промислових і комунальних стоків, відходів тваринництва і атмосферних опадів. Співвідношення цих джерел надходження змінюється залежно від регіонів (промислові, природні угіддя, інтенсивне землеробство), та головним серед них є застосування калійних добрив. Порівняльну оцінку значенню калійних добрив у колообігу калію в сільськогосподарських регіонах найбільш достовірно можна виконати на основі аналізу ландшафтно-агрохімічного балансу калію.

Концентрація калію у поверхневих і ґрунтових водах значною мірою визначається такими природними факторами, як тип ґрунту і його гранулометричний склад. Внесення калійних добрив є основною статтею у прибутковій частині балансу калію.

Внаслідок нагромадження калію в рухомих формах у профілі ґрунтів гумідних зон також можливі значні втрати цього елемента за межі кореневмісного шару ґрунту. Так, на ґрунтах різного гранулометричного

складу втрати калію у дренажні води можуть становити 5—30 кг/га, на легких ґрунтах — 24—67 %, легких суглинках — 3—22, на важких — 2—15 % внесеної з добривами кількості (Мінеєв В. Г., 1984). Слід зауважити, що вимивання калію не залежить від строку внесення калійних добрив (весною, восени або подвійної дози раз у два роки).

Особливості використання земель, кількість внесених добрив значно впливають на концентрацію калію у поверхневих стічних водах, що потрапляють у ставки, річки, озера. У північних районах європейської частини біогенні елементи, у тому числі й калій, у значній кількості виносяться з рідким стоком. У південних районах Лісостепу і Степу основна форма виносу калію — тверді стоки.

У найбільшій кількості втрати калію із сільськогосподарських угідь відбуваються з твердими стоками. За узагальненими даними, в результаті водної ерозії зі схилових угідь сумарні втрати калію з твердими і рідкими стоками в гумідній (перезволоженої) зоні можуть становити від 4 до 50 кг/га  $K_2O$ , в Степу — 0,6 до 60 кг/га (Липкіна Г.С., 1989). У дослідях на середньородованому чорноземі Київської області втрати рухомого калію з твердими стоками були різні залежно від сільськогосподарської культури, інтенсивності розвитку ерозії: в роки, коли інтенсивність ерозії становила 19—30 т/га змиву твердої фази ґрунту, втрати калію під кукурудзою і ячменем у всі періоди вегетації знаходилися в межах 3,9—9,7 кг/га, в екстремальних умовах (на початку літа, сильна злива) під час змив 157—173 м<sup>3</sup> ґрунту калію втрачалося 31,6 кг/га (Никифоренко Л.І. та ін., 1983).

Змитий ґрунт у процесі ерозії перемивається потоками води, при цьому з нього вилугується значна частина калію, який з водами надходить у відкриті водойми.

Встановлено, що оптимальне насичення обмінним калієм орного шару ґрунту для дерново-підзолистих ґрунтів становить 10—15 мг  $K_2O$  на 100 г ґрунту (за Масловою), для чорноземів — 15—20 мг (за Чириковим), для каштанових ґрунтів і чорноземів південних — 2,5—3,5 мг на 100 г ґрунту (за Мачигінім). Подальше насичення ґрунту калієм, як і фосфором, нецільне. За даними Т.Н. Кулаковської (1984), на ґрунтах легкого гранулометричного складу за вмісту  $K_2O$  вище 20—22 мг на 100 г ґрунту спостерігалось зниження врожаю зернових культур. Підвищений вміст калію на таких ґрунтах може призвести до погіршення якості продукції. На зв'язних ґрунтах збільшення обмінного калію вище 30 мг на 100 г теж вважається небажаним (Жигалов П.Ф., 1984).

Вітчизняною наукою доведена можливість внесення калійних добрив «в запас». Проте, виходячи з екологічних і економічних міркувань, треба уникати одноразового внесення занадто високих доз калійних добрив, бо це, крім всього іншого, призводить до фіксації калію в необмінний стан, порушує співвідношення  $Ca:(Na+K)$ , що прискорює заміну в ГВК двовалентних катіонів одновалентними і погіршує фізико-хімічні властивості ґрунту.

Підвищення вмісту калію в ґрунті до рівня хоча б середньої забезпеченості є не менш важливим завданням, ніж підвищення фосфатної родючості ґрунтів, тому цю справу в господарствах слід робити паралельно. Особливо треба акцентувати на зміні співвідношення між поживними елементами на користь калію в районах бурякосіяння.

В умовах інтенсивного землеробства, яке передбачає застосування під картоплю, овочі та деякі технічні і зернові культури високих доз калію, з перевищенням його доз над дозами азоту в 1,5—2 рази, слід брати до уваги і можливі негативні наслідки, врахувати фактори, що їх зумовлюють (збалансованість калію з іншими елементами, зокрема з фосфором, кальцієм, магнієм; властивості ґрунту, особливості сорту тощо).

Надмірне внесення калійних добрив порушує в ґрунті баланс магнію, натрію, кальцію, бору та їх співвідношення, що може негативно вплинути на стан здоров'я тварин.

На здоров'я тварин негативно впливає вміст калію в кормах, який перевищує 2—2,4 %  $K_2O$ .

Потреба тварин у калії задовольняється за вмісту його в траві 0,03—0,1 % на суху речовину: вміст  $K_2O$  в кормі не повинен перевищувати 2,5—3 % (Мінеєв В.Г., 1984).

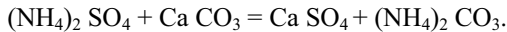
Використання калійних добрив із залишковою природною радіоактивністю не призводить до істотного підвищення радіоактивності сільськогосподарських культур, але бувають випадки зростання її у кілька разів порівняно з радіоактивністю рослин, вирощених у природних умовах без застосування мінеральних добрив. Таке явище пов'язане з нагромадженням калію і, як правило, спостерігається в молодих рослинах на ранніх стадіях розвитку під час внесення в ґрунт високих доз калійних добрив. Внесення їх у великих кількостях на культурних пасовищах за один захід може підвищувати радіоактивність корму в 2—3 рази порівняно зі звичайним рівнем.

Значна кількість біогенних елементів втрачається в навколишнє середовище внаслідок недосконалості властивостей і хімічного складу добрив і різних удобрювальних засобів. Наприклад, втрати азоту сечовини і аміачних форм добрив у вигляді газоподібного аміаку ( $NH_3$ ) відбуваються під впливом хімічних і мікробіологічних процесів, особливо за поверхневого їх внесення. Ці втрати зростають на легких за гранулометричним складом і висококарбонатних ґрунтах. Заробка сечовини в ґрунт значно знижує втрати азоту. За сприятливих умов на багатих гумусом ґрунтах процес перетворення сечовини у вуглекислий амоній відбувається протягом 2—3-х днів. На нейтральних і лужних ґрунтах без опадів втрати азоту у вигляді аміаку зростають. Внесення ж сечовини із заробкою її в ґрунт (під оранку, передпосівну культивуацію, в рядки під час сівби тощо) досить ефективне.

Другий біологічний шлях втрати азоту із добрив — процес денітрифікації в ґрунті. Газоподібні втрати азоту внаслідок цього процесу досяга-

ють 15—25 % і більше від внесеної дози цього елемента. Виділені із ґрунту газоподібні продукти азоту представлені більшою частиною  $N_2$  і  $N_2O$ .

Найбільш суттєвий хімічний шлях втрат азоту із добрив — виділення вільного аміаку ( $NH_3$ ) внаслідок взаємодії аміачних форм добрив з лужними, висококарбонатними ґрунтами. Часто біологічні і хімічні процеси в ґрунті взаємозв'язані. Наприклад, втрати  $NH_3$  із сірчано-кислого амонію можна представити реакцією:



Карбонат кальцію — сполука нестійка і розпадається, як і під час розкладання сечовини, з виділенням  $NH_3$ , який звітрюється.

Усі форми азоту в природних умовах протягом певного часу переходять в найбільш рухому форму, яка в значній кількості може втрачатися з інфільтраційними водами. Нині для гальмування процесу нітрифікації широко випробовуються у виробництві різні інгібітори, які дають можливість підвищити коефіцієнт використання азоту добрив та істотно знизити втрати його в навколишнє середовище. Серед інгібіторів нітрифікації найбільш розповсюджені американські препарати: нітрапирин (N-Serve), Extend, а також японський АМ, що затримують нітрифікацію як амонійних іонів ґрунту, так і внесених добрив. Інгібітори підвищують коефіцієнт використання азоту із добрив на 10—15 %, а в ряді випадків і більше. Втрати ж азоту із добрив знижуються в 1,5—2 рази.

Істотним недоліком багатьох мінеральних добрив, особливо азотних, є їх фізіологічна кислотність, а також наявність залишкової кислоти внаслідок технології їх виробництва. Інтенсивне застосування таких добрив у сівзміні призводить до помітного підкислення ґрунтів, створення несприятливих умов для росту рослин. У цьому випадку зростає потреба у вапнуванні ґрунтів і нейтралізації кислотності самих добрив. Потребують покращення і фізичні властивості мінеральних добрив, а також необхідна розробка нових хімічних сполук в ролі добрив. Ці дослідження повинні бути спрямовані на оптимізацію живлення рослин макро- і мікроелементами, поєднання поживних елементів зі стимуляторами росту, ретардантами, інгібіторами нітрифікації тощо. Зараз розповсюджений захід капсулювання добрив, покриття гранул різними плівками, елементарною сіркою. Важливо отримувати добрива з контрольованим звільненням поживних елементів, особливо азоту, в процесі вегетації культур.

Ще одним недоліком багатьох мінеральних добрив є наявність в них супутніх баластних елементів (фтору, хлору, натрію), а також токсичних важких металів (кадмію, свинцю тощо). Деякі з цих елементів в невеликих кількостях можуть справляти позитивну дію на ріст і розвиток рослин. За систематичного ж внесення підвищених доз добрив баластні елементи можуть накопичуватися в ґрунті в значних кількостях, негативно впливаючи на його властивості і родючість, на урожай і його якість, а мігруючи в ґрунтові води, підвищувати в них концентрацію солей. Межі коливань вмісту

токсичних елементів в мінеральних добривах можуть бути досить значними. Вміст технічних домішок в мінеральних добривах і меліорантах становить: бору — 0,1—0,2 %, молібдену — 0,05—0,13, марганцю — 1,0—1,5, міді — 0,01—0,5, цинку — 0,05—1,5, стронцію — 0,5—2,1, фтору — 0,3—3,8, миш'яку —  $10^{-3}$ — $10^{-4}$ , кадмію —  $10^{-4}$ , свинцю —  $10^{-4}$ % (Минеев В.Г., 2004). У суперфосфатах кількість основних домішок складає: миш'яку — 1,2—2,2 мг/кг, кадмію — 50—170, хрому — 66—243, кобальту — 0—9, міді — 4—79, свинцю — 7—92, нікелю — 7—32, селену — 0—4,5, ванадію — 20—180, цинку 50—1430 мг/кг (Рамад Ф., 1981).

Токсичні елементи попадають в мінеральні добрива головним чином з сировиною для їх виробництва, частково забруднюють їх у технологічному процесі. Наприклад, 50—80 % фтору, що надходить з фосфатною сировиною, залишається в добривах, тому з 1 т необхідного рослинам фосфору на поля надходить близько 160 кг фтору. А це призводить до погіршення властивостей і родючості ґрунту, до пригнічення в ньому біологічних процесів, порушення біологічних процесів у рослинах. Фтор негативно впливає на фотосинтез і біосинтез білка, порушує діяльність таких ферментів, як енолаза, фосфоглукумутаза, фосфатаза. Він може накопичуватися в продуктах харчування, у пшениці, картоплі, рисі, негативно впливаючи на здоров'я тварин і людини.

Небезпечно забруднення ґрунтів також важкими металами в результаті застосування мінеральних добрив.

За сучасного рівня хімізації на 1 га падає, наприклад, декілька грамів кадмію і для допустимого збагачення ним ґрунту (0,1 мг/кг) потрібно 100 років. Проте необхідно врахувати, що інтенсивне техногенне забруднення ґрунту відбувається комплексно не тільки мінеральними добривами і не тільки кадмієм, а й іншими токсичними елементами. Наприклад, гній також є деяким джерелом накопичення кадмію в ґрунті. Вміст кадмію в стійловому гної в середньому складає 0,4 мг/кг, свинцю — 6,6 мг/кг сухої речовини. За норми витрати до 5 т/га сухої речовини з гноєм щорічно вноситься 1—4 г/га кадмію, що менше 1 % від вмісту його у верхньому шарі ґрунту.

Потенційним джерелом забруднення ґрунтів сільськогосподарських угідь є відходи промисловості, осад стічних вод (ОСВ), фосфогіпс, а також сапропель та ін., які представляють особливу небезпеку за удобрення ними полів. Звичайно їх застосовують у високих дозах, оскільки в них низький відсоток біогенних елементів. Систематичне їх використання може призвести до нагромадження в ґрунті важких металів, різних токсичних сполук. Так, піритні недогарки містять 40—63 % заліза, 1—2 — сірки, 0,33—0,47 — міді, 0,42—1,35 — цинку, 0,32—0,58 — свинцю та інші метали. У свіжих відвалах піритних недогарків міститься до 0,15 % миш'яку. Під впливом атмосферних опадів із них вилугуюються багато токсичних речовин, які забруднюють ґрунт і водойми. Використання ж високих доз (5—6 ц/га) піритних недогарків в ролі мідного добрива, призводить до забруднення

грунту свинцем, миш'яком та іншими металами, а отже, і до підвищення їх вмісту в сільськогосподарській продукції.

Середній хімічний склад фосфогіпсу з апатитового концентрату наступний (%): Ca — 28,3; SO<sub>3</sub> — 55,5; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> — 1,5; Sr — 1,8—2,0. Норми фосфогіпсу залежно від умов і цілей його використання коливаються від 5 до 20 т/га, при цьому в ґрунт попадає від 100 до 400 кг/га стронцію. Якість кормів значною мірою визначається співвідношенням в них кальцію (в грамах) і стронцію (в міліграмах). Оптимальна величина його — 160. Зменшення вказаного співвідношення до 80 і нижче робить корм неповноцінним. Критичний вміст стронцію може створюватися в ґрунті за внесення 40 т/га цього фосфогіпсу і більше.

Фтор, що також міститься у фосфогіпсі, знижує родючість ґрунту і спричиняє його деградацію, існує певна небезпека забруднення рослин фторидами.

Значне забруднення ґрунтів токсичними елементами можливе у разі використання на добриво ОСВ. За даними вчених Шотландії, удобрення осадком, що містить 5 мг/кг доступного кадмію, навіть в дозі 25 т/га може підвищити рівень доступного кадмію в ґрунті на 50 %, а перевищення на 5 мг/га доступного кадмію в ґрунті небезпечно з екологічного погляду. У США за умови безперервного використання стічних вод для зрошення на ґрунтах всіх типів концентрація кадмію не повинна перевищувати 0,01 мг/л, міді — 0,20, свинцю — 5,0, нікелю — 0,2, цинку — 2,0, хрому — 0,1 мг/л (Минеев В.Г., 2004).

В останні роки досить наполегливо ставиться питання про широке використання сапропелі як органічного добрива. З ним можливе потрапляння в ґрунт важких металів і токсичних сполук, тому перш ніж його використовувати, необхідно ретельно вивчити його хімічний склад, встановити допустимий вміст важких металів і токсичних сполук у сапропелі, що планується для застосування на добриво.

Численні шляхи можливого забруднення природного середовища агрохімічними засобами не залишаються без наслідків, а справляють різнобічний негативний вплив практично на всі ланки біосфери. Несприятливий вплив добрив, різних відходів, що застосовуються для удобрення, і хімічних меліорантів можна звести в основному до наступного.

1. Неправильне застосування добрив може погіршити колообіг і баланс поживних речовин, агрохімічні властивості і родючість ґрунту.

2. Порушення агрономічної технології застосування добрив, недосконалість якості і властивостей мінеральних добрив можуть знизити урожай сільськогосподарських культур і якість продукції.

3. Потрапляння поживних елементів добрив і ґрунту в ґрунтові води з поверхневим стоком може призвести до посиленого розвитку водоростей, утворення планктонів, тобто до евтрофікації природних вод із негативними наслідками.

4. Потрапляння добрив та їх сполук в атмосферу справляє негативний вплив на діяльність сільськогосподарських та інших підприємств,

здоров'я тварин і людини. Висловлюються також побоювання про можливе руйнування озонового екрану стратосфери внаслідок проникнення в неї  $N_2O$ , що утворюється внаслідок денітрифікації азотних сполук ґрунту і добрив.

5. Порушення оптимізації живлення рослин макро- і мікроелементами призводить до різних захворювань рослин, а часто і сприяє розвитку фітопатогенних грибних хвороб, погіршує фітосанітарний стан ґрунту і посівів.

Ґрунт — важлива ланка біосфери, і вона, перш за все, зазнає складної комплексної дії добрив та інших агрохімічних засобів, які можуть справляти на неї наступний вплив: підкислювати або підлугувувати середовище; поліпшувати або погіршувати властивості ґрунту, його біологічну і ферментативну активність; сприяти витісненню іонів в ґрунтовий розчин внаслідок фізико-хімічного їх поглинання; сприяти або перешкоджати хімічному поглинанню біогенних і токсичних елементів; посилювати мінералізацію гумусу або сприяти його синтезу; послаблювати або активізувати біологічну фіксацію азоту з атмосфери; посилювати або послаблювати дію інших поживних елементів ґрунту або добрив; мобілізувати або іммобілізувати макро- і мікроелементи ґрунту; викликати антагонізм або синергізм поживних елементів і, отже, істотно впливати на їх поглинання і метаболізм в рослинах.

Різнобічний вплив на ґрунт агрохімічних засобів можна показати на наступних прикладах. Систематичне застосування фізіологічно кислих мінеральних добрив на дерново-підзолистих ґрунтах підвищує їх кислотність, прискорює вимивання з орного шару кальцію і магнію, збільшує ненасиченість ґрунтів основами, в цілому знижує родючість ґрунту. За цього випадку застосування мінеральних добрив необхідно поєднувати з вапнуванням як заходом хімічної меліорації ґрунту. В комплексі створюються оптимальні умови живлення рослин і поліпшення властивостей ґрунту. Вапнування не тільки знижує кислотність ґрунту і покращує його властивості та посилює біологічну активність, мобілізує фосфор і молібден, але іммобілізує залізо, цинк, нікель, мідь, кобальт, марганець та інші елементи; послаблює токсичність таких елементів, як кадмій, свинець, стронцій, ртуть та інші, знижуючи їх доступність рослинам.

Застосування добрив може не тільки мобілізувати окремі поживні елементи ґрунту, але й іммобілізувати, тобто зв'язувати їх, перетворюючи в недоступну для рослин форму. Наприклад, однобічне використання високих доз фосфорних добрив, особливо на карбонатних чорноземах, часто значно знижує вміст рухомого цинку в ґрунті, спричиняючи цинкове голодування рослин, що справляє негативний вплив на кількість і якість урожаю, тому застосування високих доз фосфорних добрив нерідко зумовлює необхідність внесення цинкового удобрення.

Оптимізація застосування добрив під різні сільськогосподарські культури з урахуванням родючості ґрунту істотно знижує надходжен-



ня токсичних елементів в рослину. Чим краща забезпеченість рослин елементами живлення і чим ближче їх співвідношення до оптимуму, тим менше надходить, наприклад, радіонуклідів у рослини, що підтверджується даними за  $^{65}\text{Zn}$ ,  $^{90}\text{Sr}$ ,  $^{137}\text{Cs}$  (Минеев В.Г., 2004).

Питання впливу збалансованого живлення рослин макро- і мікроелементами на поглинання ними важких металів та інших токсичних елементів мають важливе теоретичне і практичне значення, перш за все для землеробства в районах інтенсивного розвитку промисловості, де зростає техногенне забруднення ґрунтів різними токсичними елементами і сполуками. На основі експериментальних даних науково обґрунтована система агрозаходів, реалізація яких істотно знижує надходження радіонуклідів (стронцію, цезію та ін.) у продукцію рослинництва. Ці заходи об'єднують:

1) розбавлення радіонуклідів, що надходять в ґрунт у вигляді практично невагомих домішок, їх хімічними аналогами (кальцієм, калієм та ін.);

2) зменшення ступеня доступності радіонуклідів у ґрунті шляхом внесення речовин, які переводять їх в менш доступні форми (органічна речовина, фосфати, карбонати та ін.);

3) заробка забрудненого шару ґрунту в підорний горизонт за межі зони розповсюдження кореневих систем (на глибину 50—70 см);

4) підбір видів, сортів і гібридів культур, які накопичують мінімальну кількість радіонуклідів;

5) розміщення на забруднених ґрунтах технічних культур, використання цих ґрунтів під насінневі ділянки.

Аналогічні системи заходів можуть бути використані і для зниження забруднення сільськогосподарської продукції іншими токсичними речовинами нерадіоактивної природи.

Техногенне забруднення ґрунту різними елементами може справити істотний вплив на його хімічний склад; агрохімічні, фізико-хімічні та біологічні властивості; склад і активність ґрунтової біоти. Дослідями на дерново-підзолистих і чорноземних ґрунтах встановлено, що забруднення міддю, хромом, цинком, нікелем і свинцем на рівні одногодвох кларків (порівняно з незабрудненим ґрунтом) супроводжувалось істотною зміною біоти: зменшенням загальної кількості бактерій, спорутворенням їх, різким скороченням кількості актиноміцетів і зростанням кількості грибів, падінням чисельності в ґрунті комах (турунів, чорнишів та ін.) і дощових черв'яків. Відмічено зниження ферментативної активності в ґрунті. Мутагенна активність забрудненого ґрунту, що реєструється в меристематичних клітинах коріння рослин, в 5—10 разів вища, ніж в незабрудненому ґрунті (Минеев В.Г., 2004). Зміна гумусного стану ґрунту і ГВК (вартового ґрунтової родючості і потенціалу здатності його до самоочищення) є важливими показниками несприятливого впливу забруднювачів на ґрунт, тому повинні нормуватися реакція середовища, заміщення в ГВК кальцію і магнію важкими

металами, мінералізація гумусу, зміна фізичного стану ґрунту, хімічного і санітарного стану ґрунтового розчину і ґрунтового повітря.

Отримання високоякісної продукції рослинництва — центральна проблема людства за умов нинішнього і майбутнього землеробства зі зростаючими темпами хімізації.

Якщо застосуванням добрив та інших агрохімічних засобів створюються оптимальні умови живлення сільськогосподарських культур, то є всі передумови для отримання високоякісної продукції. Наприклад, оптимізація азотного живлення озимої пшениці дозволяє практично в усіх землеробських зонах отримувати високобілкове зерно, що відповідає вимогам за поживністю і хлібопекарними властивостями. Правильне співвідношення між макро- і мікроелементами в добривах, що вносяться під цукровий буряк, — реальний і ефективний шлях збільшення збору цукру за рахунок підвищення цукристості коренеплодів. Те ж саме можна сказати і про якість бульб картоплі, підвищення вмісту жирів в насінні олійних культур, цукрів і вітамінів у плодах і овочах і т. д.

Проте на якість продукції землеробства можуть справляти істотний вплив техногенне забруднення природного середовища токсичними речовинами і порушення наукових принципів застосування добрив. Основними шляхами техногенного забруднення навколишнього середовища є: токсичні сполуки і елементи, що виділяються промисловістю і транспортом; потрапляння їх в ґрунт з добривами, в яких вони знаходяться у ролі домішок; безсистемне і безконтрольне використання різних відходів на добриво. До забруднювачів навколишнього середовища часто відносять фтор, ванадій, хром, марганець, кобальт, нікель, цинк, миш'як, молібден, ртуть, свинець та ін. Багато із перерахованих елементів у невеликих кількостях позитивно впливають на формування продуктивності і якості урожаю сільськогосподарських культур. Особливе місце серед забруднювачів посідають важкі метали (свинець, кадмій, ртуть). Вони добре адсорбуються орним шаром ґрунту, особливо за високої гумусованості і важкого гранулометричного складу.

Прояв токсичного впливу важких металів на рослини можливий різними шляхами. Це їх денатуруюча дія на метаболічно важливі білки. Оскільки каталітична і регуляторна роль білків для метаболічної системи організмів є всеосяжною, порушення можуть впливати на різні ланки обміну. Можливе переведення фосфору в недоступну для метаболізму форму важкорозчинних фосфатів важких металів, а також конкуренція важких металів з необхідним елементом мінерального живлення, заміна на специфічних переносниках і передавальниках цього елемента в метаболічному ланцюзі, що може призвести до його дефіциту. На ґрунтах, забруднених важкими металами, спостерігалось зниження урожайності зернових культур на 20—30 %, цукрових буряків — на 35, бобових — на 40, картоплі — на 47 % (Минеев В.Г., 2004).

Проблема забруднення навколишнього середовища важкими металами внаслідок інтенсивного розвитку відповідних галузей промисло-

вості загострюється ще і в зв'язку з тим, що ґрунт — це не єдина ланка біосфери, звідки рослини черпають поживні і токсичні елементи. Вони можуть надходити в рослини безпосередньо з атмосфери позакореневим шляхом, тобто через листя.

Основні заходи, що знижують надходження важких металів із ґрунту в рослини, наступні:

1. Вапнування кислих ґрунтів збільшує міцність зв'язку важких металів у ґрунтах за рахунок утворення важкорозчинних сполук.

2. Внесення органічних добрив з метою підвищення вмісту гумусу в ґрунті. Органічній речовині властива висока здатність утримувати важкі метали, тому концентрація їх в рослинах вища на ґрунтах з низьким вмістом органічної речовини. Крім того, органічні колоїди ґрунту можуть утворювати з важкими металами стабільні комплекси типу хелатів.

3. Внесення фосфорних добрив, що знижують надходження важких металів у рослини. Ефективне сумісне застосування фосфорних добрив і вапна, особливо в кислих ґрунтах.

4. Оптимізація мінерального живлення рослин сприяє зниженню рівня вмісту важких металів у культурах.

У перспективі, очевидно, певний інтерес буде представляти більш широке застосування глинобито-гіпсових тувів як фільтрів для запобігання накопичення важких металів у сільськогосподарських культурах.

Основними причинами негативного впливу добрив на якість урожаю є порушення оптимальних доз, співвідношення поживних елементів у добривах без врахування їх вмісту в ґрунті, форм і строків їх внесення, що негативно впливає на метаболізм органічних сполук, особливо на синтез амінокислот і білків в рослинах. Одночасно в рослинах нагромаджуються в надмірній кількості нітрати і нітрити, які в кислому середовищі реагують з вторинними амінами, утворюючи нітросоаміни, що мають канцерогенні і мутагенні властивості. У здорових рослинах за нормального азотного живлення нітрати і нітрити у вільному стані не нагромаджуються. Надійшовши в рослини, вони зазнають процесів відновлення під дією нітратредуктази і нітритредуктази. Отримана проміжна сполука — гідроксиламін або аміак — зв'язується з органічними кислотами, які перетворюються в амінокислоти. Отже, нітрати можуть нагромаджуватися за надмірної їх кількості в ґрунті і у разі порушення біологічних процесів у рослині. Удобрення гноєм або компостами, як повільно діючою формою азоту, призводить до меншого вмісту нітратів в овочах порівняно з еквівалентною кількістю азоту, внесеного з мінеральними добривами.

Оптимізація азотного живлення рослин передбачає і строки внесення азотних добрив згідно з біологічними вимогами рослин. Це особливо важливо враховувати під час удобрення овочевих культур і тих рослин, в яких на харчування використовуються вегетативні частини. У процесі вегетації вміст нітратів у рослинах знижується, тому збира-

ти культури, особливо овочеві, необхідно в оптимальні строки, а підживлювати азотом за 1,5—2 місяці до збирання урожаю, щоб рослини змогли переробити нітратну форму азоту, що надійшла до них.

Ефективне використання рослинами всіх поживних елементів, що надійшли через кореневу систему, в тому числі і утилізація нітратів, можливе за високої фотосинтетичної діяльності рослин. Інтенсивність світла обумовлює активність ферменту нітратредуктази, який забезпечує відновлення в рослинах нітратів до амонію. За низької освітленості процеси відновлення нітратів і утворення амінокислот загальмовуються. Цим можна пояснити значно більший вміст нітратів в овочах, вирощених у теплицях у зимовий період, ніж в рослинах відкритого ґрунту.

Порушення науково обґрунтованої технології використання в землеробстві різних видів органічних добрив також знижує якість продукції. Середньорічна доза гною, яка щорічно вноситься (без погіршення якості урожаю і поїдання корму), рекомендується еквівалентною не більше 200 кг азоту на 1 га, а найбільш ефективний строк внесення гною — восени під зяблеву оранку. Оскільки гній впливає на ряд культур сівозміни, то важливо знати дію систематичного використання високих доз безпідстилкового гною, а в поєднанні його із соломною і мінеральними добривами — дію на родючість і властивості ґрунту, нагромадження в ньому важких металів, утворення гумусу і процеси його мінералізації, на міграцію елементів живлення рослин за профілем ґрунту, забруднення ґрунтових вод нітратами і солями важких металів та інші питання, а також враховувати зв'язок перерахованих показників з комплексним впливом на якість урожаю всіх культур сівозміни.

Внесення агрохімічних засобів може спричинити в ґрунті мобілізацію або іммобілізацію біогенних і токсичних елементів і зміну якості урожаю. В цьому випадку велика роль відводиться гумусу ґрунту, який зв'язує важкі метали в комплексні сполуки хелатного типу, тобто малодоступні для рослин форми, знижуючи їх токсичність. Цим можна пояснити відсутність залежності між вмістом важких металів і винесенням їх рослинами на високогумусованих ґрунтах.

Вапнування кислих ґрунтів також є ефективним заходом щодо зменшення токсичності важких металів внаслідок нейтралізації реакції ґрунтового розчину, що знижує їх розчинність.

## **5.2. ВПЛИВ АГРОХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ЕВТРОФІКАЦІЮ І ЯКІСТЬ ПРИРОДНИХ ВОД**

Антропогенна евтрофікація — це збільшення надходження у воду поживних для рослин речовин внаслідок діяльності людини в басейнах водних об'єктів і спричинене цим підвищення продуктивності водоростей і

вищих водних рослин. Це надзвичайно важлива проблема сьогодення. У водойми надходять стоки з великим вмістом сполук азоту і фосфору. Це пов'язано зі зливом у водойми добрив з навколишніх полів. У результаті і відбувається антропогенна евтрофікація таких водойм, підвищується їх некорисна продуктивність, відбувається посилений розвиток фітопланктону, прибережних заростей, водоростей, відоме під назвою «цвітіння води» тощо. В глибинній зоні водойми посилюються анаеробні процеси, нагромаджуються сірководень, аміак тощо. Порушуються окисно-відновні процеси і виникає дефіцит кисню. Це призводить до загибелі цінних риб і рослин, вода стає непридатною не тільки для пиття, але навіть для купання. Така евтрофікована водойма втрачає своє господарське і біогеоценотичне значення, тому боротьба за чисту воду — одне з найважливіших завдань всього комплексу проблеми охорони природи.

Природні евтрофні системи добре збалансовані. Штучне ж внесення біогенних елементів у результаті антропогенної діяльності порушує нормальне функціонування біоценозу і створює в екосистемі згубну для організмів нестійкість. Якщо в такі водойми припиниться надходження сторонніх речовин, вони можуть повернутися до свого початкового стану.

Оптимальний ріст водних рослинних організмів і водоростей спостерігається за концентрації фосфору 0,09—1,8 мг/л і нітратного азоту 0,9—3,5 мг/л. Більш низькі концентрації цих елементів обмежують ріст водоростей. На 1 кг фосфору, що надійшов у водойму, утворюється 100 кг фітопланктону. Цвітіння води за рахунок водоростей виникає тільки в тих випадках, коли концентрація фосфору у воді перевищує 0,01 мг/л.

З погляду охорони здоров'я людей дуже важливо, щоб вміст нітратів і токсичних речовин у воді не перевищував ГДК. Всесвітньою організацією охорони здоров'я встановлена ГДК для нітратного азоту в питтєвій воді для помірних широт — 22 мг/л, а для тропіків — 10 мг/л. Проте в районах інтенсивного застосування азотних добрив досить часто в питтєвій воді концентрація нітратного азоту більша ГДК.

Біогенні елементи, і перш за все азот та фосфор, попадають в ріки та водойми із промисловими і побутовими стічними водами, зі стоками із сільськогосподарських угідь в результаті біологічної фіксації азоту і т. д. Небезпеку евтрофікації природних водних джерел створюють також відходи тваринництва, особливо на великих тваринницьких комплексах промислового типу з безпідстилковим утриманням худоби. Недосконалість технології накопичення, зберігання і використання безпідстилкового гною на таких комплексах призводить часто до скупчення на фермах дуже великих мас рідких гноєвих стоків. Частина з них потрапляє в ріки і яри, завдаючи великої шкоди навколишньому середовищу, друга частина мігрує по профілю ґрунту, досягаючи і забруднюючи підґрунтові води, що робить їх непридатними для господарських цілей.

Використання безпідстилкового гною у високих дозах на обмеженій площі сільськогосподарських угідь також може призвести до забруднення

природних водних джерел, до зниження родючості і погіршення властивостей ґрунту, до отримання продукції землеробства, непридатної ні для харчових цілей, ні на корм худобі, тому вдосконалення технології раціонального використання відходів тваринництва — дуже важлива умова запобігання забрудненню природного середовища.

Значна частина біогенних елементів надходить у ріки і озера зі стічними водами, хоча в більшості випадків змив елементів поверхневими водами значно менший, ніж в результаті міграції по профілю ґрунту, особливо в районах із промивним режимом. Забруднення природних вод біогенними елементами за рахунок добрив і ґрунту та їх евтрофікація виникають, перш за все, в тих випадках, коли порушується агрономічна технологія застосування добрив, не виконується комплекс агротехнічних заходів, у цілому культура землеробства знаходиться на низькому рівні.

Проблема якості природних вод стоїть нині в центрі уваги наукових і науково-технічних установ майже всіх країн світу, оскільки погіршення якості природних вод набуває загрозливих розмірів. Допустимі межі вмісту деяких токсичних речовин в питній воді становлять, мг/л: миш'яку (в перерахунку на As) — 0,05; кадмію (в перерахунку на Cd) — 0,01; ціанідів (в перерахунку на CN) — 0,05; свинцю (в перерахунку на Pb) — 0,1; ртуті (загальної, в перерахунку на Hg) — 0,001; селену (в перерахунку на Se) — 0,01; нітратів (в перерахунку на NO<sub>3</sub>) — 45 (Минеев В.Г., 2004).

Можна навести ряд вимог щодо запобігання забрудненню і евтрофікації природних вод:

1. Суворе виконання науково обґрунтованої технології застосування добрив з урахуванням оптимальних доз, співвідношень, форм, строків і способів їх внесення відповідно до біологічних вимог рослин, ґрунтово-кліматичних особливостей зони і рівня запланованого урожаю.

2. Виконання агрономічних правил і санітарно-гігієнічних норм накопичення, зберігання і використання різних видів органічних добрив, особливо гною, отриманого за безпідстилкового утримання худоби, раціональне їх поєднання з мінеральними добривами.

3. Освоєння науково обґрунтованих сівозмін, використання ущільнених посівів сільськогосподарських рослин, проміжних культур, у тому числі на корм худобі і на зелене добриво.

4. Виконання комплексу заходів щодо запобігання водної і вітрової ерозії ґрунтів.

5. Створення полезахисних, протиерозійних, протиселевих, прияружних, прируслових та інших лісових смуг, що ефективні для запобігання втрат біогенних елементів у ріках, ставках і озерах.

Для запобігання процесу антропогенної евтрофікації і забруднення вод токсичними елементами необхідне очищення промислових і побутових стоків від надмірної кількості мінеральних сполук азоту і фосфору, важких металів та інших речовин.

### 5.3. ВПЛИВ АГРОХІМІЧНИХ ЗАСОБІВ НА ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ І СТІЙКІСТЬ РОСЛИН ДО ХВОРОБ І ШКІДНИКІВ

Основними джерелами забруднення атмосфери є промисловість і транспорт. Хоча після застосування добрив забруднення атмосфери незначне, особливо за внесення гранульованих і рідких добрив, однак, воно має місце. Після застосування добрив в атмосфері виявляються сполуки, що містять переважно азот, фосфор і сірку. Під час виробництва мінеральних добрив теж можливе істотне забруднення атмосфери. Так, пиле-газові відходи калійного виробництва містять викиди димових газів сушильних відділень, шкідливими компонентами яких є пил концентратів (КСІ), хлористий водень, пари флотрегентів і антизлежувачів амінів. За кислотних методів переробки хлористого калію на безхлорні калійні добрива, гідротермічної переробки сульфатно-хлоридних калійних руд як побічні продукти утворюються гази, що містять хлористий водень, а за отримання нітрату калію —  $\text{Cl}_2$ , тому внаслідок економічних і санітарних міркувань пиле-газові відходи калійного виробництва необхідно утилізувати і знезаражувати.

ГДК аміаку в повітрі робочої зони не повинна перевищувати  $20 \text{ мг/м}^3$ , вміст пилу нітрофоски — 2—5, фосфоритного борошна —  $5 \text{ мг/м}^3$ . Забруднення атмосфери агрохімічними засобами можливе через порушення умов виконання технологій застосування добрив і хімічних меліорантів, авіахімічних робіт, хімічної меліорації ґрунтів, технологій використання безводного аміаку і аміачної води тощо. Запобігти забрудненню повітря за цього випадку можна у разі високої відповідальності і професійної майстерності працівників сільського господарства, що мають справу із засобами хімізації.

Істотними джерелами забруднення природного середовища є також газоподібні втрати азотних сполук із добрив і ґрунту, а також безсистемне використання органічних добрив, особливо безпідстилкового гною і гноевих стоків. Найбільш значними втрати азоту можуть бути внаслідок біологічних процесів у ґрунті — амоніфікації, нітрифікації, денітрифікації, а також хімічної взаємодії азотних добрив із карбонатними і лужними ґрунтами.

Втрати азоту із добрив в результаті денітрифікації становлять в середньому 15—30 %. Інтенсивність процесу денітрифікації залежить від багатьох причин: властивостей ґрунту, наявності енергетичного матеріалу, складу мікрофлори, поживного режиму, гідротермічних умов, виду азотних добрив, що застосовуються тощо. Заробка добрив в ґрунт знижує втрати азоту.

Особливо істотний, в більшості випадків місцевий, вплив на атмосферу справляють неправильне зберігання і використання безпідстилкового гною. У разі зберігання його у відкритих емкостях виділяються і потрапляють в атмосферу аміак, молекулярний азот та інші його спо-

луки. Відбуваються також розкладання органічних добрив і погіршення навколишнього середовища внаслідок утворення газоподібних продуктів розпаду, які обумовлюють неприємний запах.

Внесення безпідстилкового гною і тваринницьких стоків від великої рогатої худоби і свиней спричиняє інтенсивне бактеріальне зараження. Патогенні бактерії зберігаються в ґрунті землеробських полів зрошення протягом 4—5 місяців. За внесення стоків у ґрунт методом дощування повітрям на відстань до 400 м поширюються і яйця гельмінтів.

Агрохімічною наукою добре вивчені умови можливих газоподібних втрат азоту із добрив і ґрунту та їх розміри. Це дозволяє застосовувати комплекс агрономічних заходів за використання науково обґрунтованих систем удобрення, які сприяють запобіганню втрат азоту в навколишнє середовище. Найбільш важливими з них є: визначення оптимальних доз азотних добрив під кожен культуру сівозміни; оптимальні строки їх внесення; заробка добрив у ґрунт плугами, культиваторами, лушчильниками, дисковими боронами тощо; вибір форм азотних добрив з урахуванням їх властивостей, вимог культури, а також ґрунтово-кліматичних умов. У кожному господарстві слід суворо дотримуватися правильної технології роботи з добривами і хімічними меліорантами, що розпилюються, з безводним аміаком і безпідстилковим гноєм з урахуванням комплексу агрономічних і санітарно-гігієнічних вимог. Для роботи з азотними добривами рекомендується користуватися інгібіторами нітрифікації. Тимчасове пригнічення розмноження нітрифікуючих бактерій інгібіторами нітрифікації сприяє збереженню азоту добрив в аміачній формі і зниженню його втрат на 10—12 %, порівняно з внесенням азотних добрив без інгібіторів. Увесь перерахований комплекс заходів у поєднанні з максимальним ущільненням наявності рослинного покриву ріллі в часі значно знижує газоподібні втрати азоту.

Агрохімічні засоби справляють істотний вплив і на стійкість рослин до хвороб і шкідників. Він можливий в результаті прямої і непрямой дій на культурну рослину або патоген, стимулюючи або інгібуючи його розвиток. Часто голодування рослин від недостатнього вмісту в ґрунті доступних форм того чи іншого поживного елемента одночасно спричиняє розвиток патогена, наприклад бактеріоз у льону за дефіциту бору.

Основні макроелементи по-різному діють на розвиток патогену. Надмірне однобічне внесення азоту або в складі з іншими добривами часто посилює розвиток багатьох грибних хвороб. Оптимізація ж доз азоту з урахуванням виду, сорту, гібриду і віку рослини, гідротермічних умов, рівня вмісту азоту в ґрунті, форм азотного добрива, рівня окультуреності та інших умов може істотно знизити або і зовсім запобігти ходу патологічного процесу.

Фосфор в однобічному порядку або в поєднанні з азотом і калієм у більшості випадків знижує шкодочинність захворювання. Це пояснюється тим, що фосфор сприяє посиленому розвитку кореневої системи, який підвищує стійкість рослин до несприятливих умов їх росту. Крім



того, оптимальне фосфорне живлення посилює синтез органічних сполук у рослинах, в тому числі і склеренхімних тканин, що підвищує опірність рослин до вкорінювання паразита.

Калійні добрива істотно стримують розвиток грибних хвороб на рослинах оскільки калій потовщує клітинні стінки, підвищує міцність механічних тканин, посилює ріст і диференціацію клітин камбію у вищих рослин. Усі ці процеси сприяють підвищенню фізіологічної стійкості рослин проти інфекційного ураження, тому систему удобрення в сівозміні необхідно будувати і з урахуванням оптимального калійного живлення рослин.

Дія мікродобрив на розвиток або гальмування різних грибних захворювань у рослин вивчена недостатньо. Проте відомо, що мікроелементи справляють істотний вплив на фізіолого-біохімічні процеси у мікроорганізмів, у тому числі і грибів, діють на ферментативну активність дегідрогенази, каталази, протеолітичних і амілолітичних ферментів. Для успішного розвитку багатьох грибів необхідна наявність в поживному середовищі заліза, цинку, марганцю, міді, бору.

У зв'язку з тим, що на різних типах ґрунтів є відповідний набір рухомих мікроелементів, створюються і передумови для розвитку певних груп і видів мікроорганізмів, які не будуть виявлятися в інших біогеоценозах або агрофітоценозах через надмірну або недостатню кількість того чи іншого мікроелемента.

Вплив добрив на пошкодження культурних рослин шкідниками менше вивчений, проте встановлений певний зв'язок між азотним удобренням і пошкодженням рослин хлібним пильщиком, шкідливою черепашкою, трипсом та іншими шкідниками. На фосфорно-калійному фоні пошкодження рослин шкідниками буває меншою мірою. Все це вимагає комплексного всебічного підходу до досліджень щодо впливу різних хімічних засобів на ланки природного середовища за використання їх в землеробстві.

#### 5.4. ЕКОЛОГІЧНІ ФУНКЦІЇ АГРОХІМІЇ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Аналіз позитивної і негативної дії агрохімічних засобів, взаємодія факторів в агроєкосистемі, і перш за все ґрунту, клімату, удобрення і рослин, дозволяє сформулювати основні екологічні функції агрохімії. Вони встановлені протягом тривалого історичного розвитку світового і вітчизняного землеробства.

**1. Забезпечення оптимального колообігу біогенних елементів в агроценозі з активним їх балансом.** Ще М. Г. Павлов (1825) писав, що метою застосування добрив є збільшення поживних речовин в ґрунті або, в крайньому разі, повернення тієї їх кількості, що була взята із ґрунту рослинами для створення урожаю.

Через 15 років німецький вчений Ю. Лібіх чітко висловив ідею про свідоме регулювання обміну речовин між людиною і природою у своєму вченні про необхідність повернення поживних речовин, вивчених рослиною з урожаєм, в ґрунт, що на думку К. А. Тімірязєва, стало дуже важливим досягненням науки.

Підтримувати активний баланс поживних елементів в агроценозі, як критерій оцінки стану колообігу речовин в землеробстві, можна тільки за науково обґрунтованого застосування добрив, тому Д. М. Прянишников (1865—1948) вважав, що головним завданням агрохімії є вивчення колообігу речовин в землеробстві і виявлення тих заходів впливу на хімічні процеси, що відбуваються в ґрунті і рослинах, які можуть підвищувати урожай і якість продукції.

Це визначення цілком відповідає загальному стратегічному завданню землеробства — збереженню і примноженню родючості ґрунтового покриву, його екологічної безпеки як головного багатства будь-якої держави, матеріальної основи існування людства на нашій планеті.

Підтримання позитивного балансу і активного біологічного колообігу елементів у землеробстві — основа стабільної продуктивності агроecosystem, адекватної біокліматичному потенціалу агроландшафтів.

Порушення балансу біогенних елементів у системі ґрунт-рослина призводить до погіршення хімічного складу ґрунтів, природних вод і рослин, а це негативно впливає на поживну цінність продукції і може спричинити різні функціональні захворювання людини і тварин.

В. В. Ковальський ввів поняття «порогові концентрації елементів у середовищі», вище і нижче яких спостерігається певна біологічна реакція (в тому числі і захворювання), тому, регулюючи біологічний колообіг речовин, створюючи їх оптимальний баланс і вміст в ґрунтах та рослинах, агрохімія виконує важливу екологічну функцію в землеробстві.

**2. Відновлення родючості, поліпшення властивостей і гумусного стану ґрунтів.** Ці завдання сучасного землеробства успішно вирішуються за комплексного використання агрохімічних засобів, зокрема системи органічних і мінеральних добрив у поєднанні з хімічною меліорацією ґрунтів. Саме науково обґрунтована система використання агрохімічних засобів дозволяє оптимізувати параметри показників родючості і основних хімічних і фізико-хімічних властивостей ґрунту.

Добре відома роль гумусу у вирішенні різних аспектів ґрунтової екології практично в усіх землеробських районах. А між тим, рівень цього важливого показника родючості ґрунтів систематично знижується в усіх ґрунтово-кліматичних зонах. Втрати гумусу на чорноземах за 100 років склали близько 25—30 % його початкових запасів. У середньому з 1 га ріллі щорічно втрачається близько 400—600 кг гумусу, а там, де сильно розвинуті ерозійні процеси, ці втрати досягають 1 т/га. Запобігти цим негативним екологічним процесам в агроценозі можна за комплексного використання агрохімічних засобів. Високий ефект

від їх застосування відмічається особливо на слабокультурених дерново-підзолистих ґрунтах.

**3. Оптимізація живлення культурних рослин біогенними макро- і мікроелементами.** Забезпечення сільськогосподарських культур у процесі вегетації поживними елементами в оптимальних дозах і співвідношенні посилює діяльність фізіологічних бар'єрів, які перешкоджають надходженню токсичних елементів і речовин в рослини, особливо в генеративну їх частину, яка часто є продуктом харчування людини.

Численними дослідженнями, виконаними в різних країнах, встановлений характер розподілу важких металів у біомасі рослин: коріння > надземна частина > зерно. Це свідчить про наявність, в крайньому разі, трьох захисних механізмів (бар'єрів): на межі ґрунт — корінь, корінь — стебло, стебло — зерно. Знаючи механізм надходження біогенних і токсичних елементів у кореневу систему, транслокацію їх в надземну частину, в тому числі і в генеративні органи, можна істотно зменшити накопичення токсикантів у рослинах, а отже, і в продукції землеробства. Ця екологічна функція агрохімії вимагає більш глибокого і всебічного дослідження з урахуванням встановленої теорії вибіркового поглинання живими організмами речовин.

Оптимізація живлення посилює екологічні функції рослин, безпосередньо поліпшуючи ріст і розвиток культури, забезпечуючи реалізацію її потенційної продуктивності, формування більш якісної продукції, а також опосередковано, шляхом надання стійкості сільськогосподарським культурам проти екстремальних умов росту і розвитку (посухи, низькі температури, ураження шкідниками і хворобами тощо).

**4. Зниження негативних наслідків від глобального і локального техногенного забруднення агроєкосистем важкими металами та іншими токсичними елементами.** Ця екологічна функція агрохімії з часом буде набувати все більшої актуальності, оскільки наростає глобальне і локальне забруднення навколишнього середовища різними токсичними речовинами, які представляють серйозну небезпеку. Їх динамічна акумуляція в ґрунтовому покриві, а потім і в культурних рослинах може призвести до накопичення важких металів у продуктах харчування вище ГДК, що небезпечно для здоров'я людини.

Всебічне дослідження даної проблеми дозволяє стверджувати, що агрохімія має великі потенційні можливості з інактивації рухомих форм важких металів в ґрунті та істотного зниження надходження їх в рослини. Наприклад, зниження кислотності ґрунтів шляхом вапнування, застосування органічних добрив, оптимізація доз і співвідношень макро- і мікроелементів, органічних і мінеральних добрив, що вносяться в ґрунт, та інші агрохімічні заходи знижують надходження токсичних важких металів у декілька разів. По суті, ці агрохімічні заходи дозволяють на забруднених важкими металами ґрунтах отримувати екологічно безпечну продукцію землеробства.

У тривалому стаціонарному досліді на навчально-дослідному полі ґрунтового-екологічного центру Московського університету ім. М.В. Ломоносова система органічних і мінеральних добрив у поєднанні з періодичним вапнуванням знижувала вміст рухомого кадмію в орному шарі дерново-підзолистого ґрунту в 2 рази, а свинцю — в 4 рази. Така система застосування агрохімічних засобів значно знижувала надходження важких металів у сільськогосподарські культури (Минеев В.Г., 2004).

**5. Покращення радіоекологічної ситуації в агроєкосистемі.** Радіонукліди, попадаючи у трофічні ланцюги, справляють серйозний негативний вплив на біосферу, і зокрема на організм людини.

У ґрунті радіонукліди зазнають різних процесів: акумуляції, мобілізації та іммобілізації, міграції по профілю ґрунту, антагонізму і синергізму з біогенними елементами за транслокації в рослини.

Такі агрохімічні заходи, як внесення органічних добрив, вапнування кислих ґрунтів, застосування підвищених доз фосфорних і калійних добрив, є суттєвими факторами іммобілізації радіоактивних елементів у ґрунті і зниження їх надходження в рослини.

За даними Всеросійського науково-дослідного інституту сільськогосподарської радіології і агроєкології, оптимальне живлення рослин калієм в поєднанні з іншими поживними елементами знижувало забруднення продукції радіонуклідами в 2—3 рази, вапнування кислих чорноземних ґрунтів (по 0,5—1 гідролітичної кислотності) сприяло зменшенню концентрації  $^{137}\text{Cs}$  і  $^{90}\text{Sr}$  у рослинах в 2—3 рази.

Такий же ефект щодо цезію встановлений від застосування фосфорних і калійних добрив в дозах 60—90 кг/га. Застосування ж системи органічних і мінеральних добрив у поєднанні з вапнуванням на кислих сірих лісових і дерново-підзолистих ґрунтах легкого гранулометричного складу і на торфових ґрунтах знижувало надходження  $^{137}\text{Cs}$  в урожай більш ніж в 3 рази (Минеев В.Г., 2004).

Усе це свідчить про важливу функціональну роль агрохімії у вирішенні проблем радіоекології.

**6. Створення оптимальних культурних агроландшафтів для різних природних регіонів відповідно до їх спеціалізації.** А.Н. Перельман відмічав, що, застосовуючи добрива, мінеральне підживлення домашніх тварин, осушуючи болота, мобілізуючи внутрішні ресурси ландшафту, людина забезпечує рослини і домашніх тварин необхідними елементами, тобто створює культурний ландшафт з оптимальним геохімічним режимом. Такий ландшафт є найкращим в гігієнічному відношенні і відповідає оптимальним умовам життя людства.

Геохімічний ландшафт за Б.Б. Полиновим — це взаємозв'язок хімічного складу окремих ланок ландшафту: ґрунту, рослинності, поверхневих і ґрунтових вод і т. д., їх міграційної здатності, а також факторів, що справляють істотний вплив на міграцію хімічних елементів. В.І. Вернадський вважав, що джерелом рухомості хімічних елементів у

біосфері є жива речовина і природні води, тобто синтез і мінералізація органічних сполук — процеси, що складають колообіг хімічних, особливо біогенних, елементів у системі ґрунт — рослина.

Знову створений аграрний тип ландшафту є якісно відмінним від звичайних природних комплексів. Систематичне застосування агрохімічних засобів, по суті, змінює хімічний склад ґрунту, рослин, ґрунтових вод і т. д., а отже, і колообіг речовин в даному ландшафті. Цей вплив може бути позитивним і негативним. Знаючи оптимальні параметри хімічного складу ланок агроландшафту, науково обґрунтованим застосуванням агрохімічних засобів можна суттєво його поліпшити. Якщо в розвитку поняття про ландшафт Б.Б. Полинова враховувати цей комплексний агрохімічний вплив на ланки агроландшафту, то воно, по суті, набуває нового агрогеохімічного змісту. В цьому суть однієї з важливих екологічних функцій агрохімії.

**7. Добрива і хімічні меліоранти — важлива ланка системи протиерозійних заходів.** На ерозійнонебезпечному ґрунтовому покриві застосування добрив істотно знижує негативні наслідки водної ерозії. Це, як правило, пов'язане з більшим нагромадженням біомаси рослин на удобрених полях, кращим закріпленням ґрунту кореневою системою сільськогосподарських культур, поліпшення агрофізичних і біологічних показників родючості ґрунту.

**8. Підвищення біологічної активності і покращення структури мікробіоценозу ґрунту.** Агрохімічні засоби справляють істотний вплив на біологічну активність і поліпшенням структури мікробіоценозу ґрунту. Дія добрив на різні біологічні властивості агробіосистеми може бути безпосередньою (прямою) і опосередкованою (непрямою) через зміну умов життя рослин і біоти ґрунту.

Безпосередньо добрива чинять істотний вплив на регулювання процесів симбіотичної і асоціативної азотофіксації, регулювання фосфорного живлення за рахунок використання везикулярно-арбускулярної мікоризи грибів та ін., а також загальної біологічної і ферментної активності ґрунту.

Добре відомий позитивний вплив фосфорно-калійних і мікродобрив на симбіотичну азотофіксацію. Що ж стосується симбіотичного живлення рослин фосфором під час використання везикулярно-арбускулярної мікоризи грибів, то дослідження показали, що мікориза не тільки сприяє кращому засвоєнню фосфору, але і підвищує рівень використання цього елемента з добрив, що застосовуються. Додаткове поглинання аніонів фосфорної кислоти мікотрофними рослинами призводить до збільшення поглинання азоту. Рослини конюшини під впливом мікоризації краще перезимовували. Мікоризована пшениця практично не уражувалася кореневою гниллю, а у рослин пшениці, уражених патогенами, везикулярно-арбускулярна мікориза грибів знижувала інтенсивність хвороби з 90 до 12—14 % (Минеев В. Г., 2004).

Якщо багатоплановий вплив везикулярно-арбускулярної мікоризи грибів на вирощуванні сільськогосподарської культури поки ще вивчений недостатньо, то симбіотична азотофіксація — дар природи, який

до цих пір у практиці вітчизняного землеробства недооцінюється. Невелика частка бобових культур у сівозмінах, незначна і площа ріллі, зайнята бобовими рослинами, що висіваються на зелене добриво. Ще Д. М. Прянишников, добре уявляючи масштаби вітчизняного землеробства, звертав увагу на вирішення проблеми азоту шляхом оптимального поєднання технічної, органічної і біологічної його форм.

**9. Підвищення стійкості культурних рослин до грибних та інших захворювань.** Оптимізація родючості ґрунту і умов живлення рослин справляє істотний вплив на підвищення стійкості рослин до грибних патогенів, зміну інфекційного потенціалу ґрунту (гельмінтоспоріоз зернових, склеротинія сояшнику та ін.). Фітозахисний ефект залежить від видів і форм добрив.

Крім того, існують культури з активною інгібуючою дією кореневих ексудатів на репродуктивну здатність фітопатогенів. Відмічена позитивна роль мінеральних добрив у зниженні розвитку фітопатогенів, зокрема сапротрофних грибів у плодозміні.

Таким чином, і в біологічному аспекті чітко проявляється екологічна функція агрохімії.

**10. Покращення хімічного складу і поживної цінності продукції землеробства.** Дослідження і реалізація науково обґрунтованих технологій вирощування основних сільськогосподарських культур на основі діагностики мінерального живлення і оптимізації застосування добрив у нашій країні і за кордоном показали великі потенційні можливості агрохімії не тільки в реалізації генотипу конкретної культури за продуктивністю, але і в покращенні основних показників якості продукції. Встановлено, що для виробництва якісної за вмістом поживних речовин продукції рослинництва визначальну роль відіграє комфортне мінеральне живлення рослин з дотриманням оптимальних норм і співвідношень доступних елементів. При цьому байдужим виявилось джерело цих елементів — мінеральні чи органічні добрива (Кисіль В.І., 2001). Проте для відтворення родючості ґрунту і екологічної безпеки вирощеної продукції структура вказаних джерел елементів живлення рослин має вирішальне значення. І в цьому важко переоцінити фундаментальне і прикладне екологічне значення агрохімії як науки, що займає активні позиції в забезпеченні постійно зростаючого населення планети високоякісними продуктами харчування.

Добрива виконують різнобічні функції в землеробстві, а численні наукові публікації, особливо за останні роки, підтверджують, що агрохімія є не тільки пріоритетною прикладною, але і важливою фундаментальною біолого-екологічною наукою.

# **ПРОБЛЕМА ЕФЕКТИВНОГО І ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНОГО КОНТРОЛЮ ЗАБУР'ЯНЕ- НОСТІ СІЛЬСЬКО- ГОСПОДАРСЬКИХ УГІДЬ У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ**

**6**

Однією з найбільш актуальних проблем вітчизняного землеробства залишається значна забур'яненість посівів сільськогосподарських культур. У повсякденному житті шкода від бур'янів у посівах часто буває зовні малопомітною. На забур'яненому полі культурні рослини живі і навіть формують урожай. Видимих пошкоджень немає, як це можна спостерігати, наприклад, на посадках картоплі за наявності фітофагів, зокрема, колорадського жука. Немає відмирання листя, або плямистості, як за хвороб. У такій ситуації захист культурних рослин від бур'янів господарники не завжди вважають пріоритетним. Механічне знищення бур'янів у період, коли вони вже досягли великих розмірів, часто сприймається як радикальний і достатній засіб забезпечення отримання урожаю. Практика такі надії мало підтверджує. Про це свідчать і середні показники урожайності сільськогосподарських культур на забур'янених полях, їх рівень значно поступається урожайності на полях, де були використані надійні й високоефективні системи захисту від бур'янів.

Зниження урожайності культурних рослин через негативну дію бур'янів (за відсутності захисних заходів) у світі може досягати, у середньому: озимої пшениці — на 25 %, гороху — 30, сої — 36, цукрової тростини — 39, капусти — 44, кукурудзи — 41, сорго — 48, розсадного рису — 49, льону — 58, арахісу — 61, тютюну — 66, столових буряків — 71, рису посівного — 75, цукрових буряків — 77, часнику — 88, бавовнику — 88, цибулі — 100, моркви — на 100 % (Іващенко О.О., 1999).

Висока забур'яненість посівів сільськогосподарських культур є інтегрованим результатом впливу багатьох факторів: потенційного засмічення орного шару ґрунту насінням бур'янів і органами їх вегетативного розмноження; місця культури в сівозміні; рівня контролювання бур'янів у посівах попередніх культур; якості виробництва і внесення органічних добрив; кількості і способу внесення мінеральних добрив, особливо азотних; глибини, способів і якості основного обробітку ґрунту; строку і способу сівби сільськогосподарських культур; комплексу агротехнічних заходів щодо догляду за посівами; біологіч-

них і морфологічних особливостей культурних рослин, їх конкурентної здатності; оптичної щільності посівів культури під час вегетації; застосування системи хімічного захисту посівів від бур'янів.

Усього в Україні потенційно здатні бути бур'янами більш як 1500 видів трав'янистих рослин. До актуальних бур'янів відносять 800 видів, з яких понад 300 є найбільш масовими і шкодочинними.

Є істотні відмінності у видовій структурі бур'янів у різних кліматичних зонах України. Такі природні зональні комплекси диких рослин, що склалися на полях адекватно екологічному середовищу, називають бур'яновими асоціаціями. Вони є еволюційно чіткими індикаторами певних ґрунтово-кліматичних умов конкретного регіону і отримали назву, відповідну домінантним видам бур'янових асоціацій.

На дерново-підзолистих ґрунтах Полісся й Лісостепу на сільськогосподарських угіддях склалася глухокропивно-метлюгова асоціація бур'янів, на сірих лісових ґрунтах Лісостепу й Полісся — зірчикомакова, опідзолених чорноземах Лісостепу — червечево-волошково, типових чорноземах Лісостепу — ромашково-лободова, чорноземах звичайних Степу — амброзієво-лободова, південних чорноземах і каштанових ґрунтах Степу — жовтушниково-дейскурайнієва, а на південних супіщаних чорноземах і ґрунтах півдня Степу — ромашково-дейскурайнієва.

Культурні рослини, вирощувані на полях, також здатні істотно впливати на видовий склад бур'янів, що вегетують у посівах, визначаючи бур'янове угруповання, що отримало назву бур'янової синузії. Наприклад, у посівах озимої пшениці (особливо в Чернігівській, Полтавській, Сумській областях) масово розвивається злісний бур'ян — метлюг звичайний. На посівах ярих культур, зокрема цукрових буряків, у тому ж регіоні названий вище бур'ян практично відсутній. Таке явище вчені пояснюють, насамперед, особливостями його біології і агротехнікою вирощування культурних рослин. Метлюг звичайний є типовим озимим видом бур'янів. Сходи озимих і частково зимуючих видів бур'янів гарантовано будуть знищені навесні суцільною передпосівною культивуацією під ярі культури. На посівах озимої пшениці вони здатні успішно розвиватись до закінчення своєї вегетації. Для появи масових сходів зимуючих і ранніх ярих бур'янів — підмаренника чіпкого, жабрію однорічного, талабану польового, гірчиці польової, лободи білої, гірчака березкоподібного та інших — у посівах озимих культур навесні умови не завжди сприятливі. Вони залежать від розвитку культурних рослин, зокрема від їх густоти. Особливо заростають бур'янами зріджені і ослаблені посіви.

Посіви цукрових буряків щороку інтенсивно заростають ярими, особливо пізніми бур'янами (щириця звичайна, щириця жминдоподібна, щириця блакитна, паслін чорний, незбутниця дрібноквіткова, незбутниця шафранна, мишій сизий, плоскуха звичайна та ін.).



Визначальним фактором, від якого насамперед залежить забур'яненість посівів сільськогосподарських культур у період їх вегетації, є освітленість поверхні ґрунту на полі. Остання визначається особливостями морфології рослин культури, їх розвитком і способом сівби.

Експериментально доведено, що в добре розкущених (600—800 продуктивних стебел/м<sup>2</sup>) посівах колосових культур з енергоємністю освітленості нижнього ярусу стеблостою 0,20—0,25 калорії на 1 см<sup>2</sup> у фазі виходу в трубку — колосіння переважна більшість малорічних, а також регенеруючих із відрізків коренів багаторічних бур'янів не в змозі пройти своєчасно світлову стадію розвитку, отже, вони не квітують, мають пригнічений стан і не утворюють життєздатного насіння до збирання врожаю, тому такі посіви не потребують хімічного захисту від бур'янів шляхом внесення гербіцидів. Менш розвинені та зріджені посіви колосових культур (250—350 продуктивних стебел/м<sup>2</sup>) з енергоємністю освітленості 0,30—0,35 кал/см<sup>2</sup> у більшості випадків доводиться обробляти гербіцидами, використовуючи для цього препарати останнього покоління (гроділ максі, естрон, лінтур), або бакові суміші аміної солі 2,4—Д з аміачною селітрою. Для захисту від бур'янів менш конкурентоспроможних посівів кукурудзи з енергоємністю освітленості на перших етапах онтогенезу (до змикання міжрядь культури) 0,45—0,50 кал./см<sup>2</sup> гербологі Інституту зернового господарства УААН рекомендують використовувати гербіциди ґрунтової (примекстра TZ голд, фронт'єр, харнес), а також післясходової дії (діален супер, майстер) в поєднанні з розпушуванням міжрядь, або підготання рослин (за необхідності).

На посівах озимої пшениці, висіяної вузькорядним або звичайним рядковим способом, проблема бур'янів є менш гострою, ніж на посівах просапних — кукурудзи, соняшнику, і особливо цукрових буряків. Наприклад, відновлення процесу активної вегетації рослин озимої пшениці розпочинається вже за температури 5 °С. Поверхня ґрунту швидко закривається листям рослин озимої пшениці та їх тінню. У фазах стеблуння і колосіння площа листя рослин культури може досягати 60—70 тис. м<sup>2</sup> і більше на 1 га поля, що обумовлює добре затінення поверхні ґрунту і нижнього ярусу посівів (до 20—30 см висоти). Зріджені посіви озимої пшениці (400 шт. і менше генеративних стебел на 1 м<sup>2</sup> посіву) заростають ярими бур'янами і потерпають від їх конкуренції значно більше, ніж густі й оптично щільні (500—550 шт. стебел/м<sup>2</sup>).

Для ефективного захисту посівів озимої пшениці, ячменю, вівса, гороху від бур'янів, як правило, достатньо одного вчасного обприскування гербіцидами, підібраними з урахуванням ботанічної структури забур'янення. У пізніший період вказані культурні рослини, як домінанти агрофітоценозів, самі здатні надійно контролювати наявність бур'янів на посівах до закінчення вегетації. Проте, коли рослини цих

культур закінчують вегетацію і до поверхні ґрунту зростає надходження світла, на полі з'являється нова хвиля сходів бур'янів: лободи білої, лободи гібридної, щириці звичайної, незбутниці дрібноквіткової та інших, що у разі запізнення зі жнивими може призвести до відчутних втрат зерна.

На посівах просапних культур, особливо тих видів, що не здатні розмішувати свій листковий апарат високо над поверхнею ґрунту (цукрові і кормові буряки, морква та ін.), контролювати бур'яни значно складніше. На таких посівах дуже довго залишаються вільні екологічні ніші, які культурні рослини спроможні зайняти лише після відносно тривалого (40—60 днів) від часу появи їхніх сходів періоду вегетації. Згідно із законами природи протягом такого періоду вільні екологічні ніші на полі інтенсивно освоюють дикі рослини — бур'яни. Запасів їх насіння у верхньому шарі ґрунту більш ніж достатньо. Наприклад, у зоні Лісостепу потенційна засміченість насінням бур'янів верхнього (0—5 см) шару ґрунту перевищує 300 млн шт./га. На таких полях ймовірна рясність їх сходів протягом вегетаційного сезону сягає більше 1000 шт./м<sup>2</sup>.

Більшість однорічних бур'янів, як правило, має розтягнутий період проростання. Деякі здатні давати сходи протягом усього вегетаційного періоду: лобода біла, лобода багатонасінна, щириця звичайна, незбутниці дрібноквіткова, зірочник середній, мишій сизий тощо. Оскільки екологічні ніші на посівах залишаються тривалий час не зайнятими культурними рослинами, то землеробу доводиться брати на себе захист їх від бур'янів, для чого слід вдаватися до системи послідовних внесень гербіцидів по сходах (від 2-х до 4-х і більше разів).

Для полегшення контролю багаторічних бур'янів у посівах просапних культур знищувати їх треба у посівах попередників. Традиційно попередниками їх є культури звичайного рядкового способу сівби (озима пшениця, ярий ячмінь тощо), у посівах яких легко й відносно недорого можна знищити рослини осоту рожевого, осоту жовтого, латуку татарського, хвоща польового та ін. Такий контроль багаторічних бур'янів у посівах зернових колосових у 1,8—2,4 рази дешевший, ніж вартість захисних заходів у посівах сої або цукрових буряків. У посівах соняшнику контролювати багаторічні бур'яни (осоти, латук, татарник, будяк), що як і соняшник належать до ботанічної родини айстрових, практично неможливо. Звільнення полів від бур'янів названих видів можливе лише в посівах попередників.

Схожа ситуація і з видами багаторічних бур'янів з ботанічної родини березкові (березка польова, березка чорнильна) у посівах цукрових буряків і сої. Ці надзвичайно злісні коренепаросткові бур'яни легко можна контролювати у посівах попередника — озимої пшениці.

Перевірена часом система контролювання бур'янів механічними заходами себе ще далеко не вичерпала. Разом з тим сучасний стан за-

бур'янення орних земель потребує доповнення традиційних агротехнічних заходів іншими, не менш ефективними заходами контролювання бур'янів: хімічним, біологічним, фізичним, фітоценотичним тощо. Для їх успішного й раціонального застосування потрібно значно менше енергетичних затрат, але необхідні глибші й всебічні знання морфології, біології, екології, біохімії, стратегії розвитку і можливостей адаптації рослин бур'янів.

Орні землі в усіх регіонах України останніми роками мають значну забур'яненість. Результати обстежень показують, що більш як на двох третинах площі ріллі нині розповсюджені багаторічні бур'яни, що вирізняються особливо високою шкодочинністю (осот рожевий, осот жовтий, пирій повзучий, березка польова та ін). Запаси насіння малорічних бур'янів в орному (0—30 см) шарі ґрунту за останні 10 років зросли на третину. Їх запаси в середньому становлять у Степу 1,14 млрд шт./га; Лісостепу — 1,71; на Поліссі — 1,47 млрд шт./га (Івашенко О.О., 2007). За даними Інституту цукрових буряків УААН, лише з верхнього (0—5 см) шару ґрунту (з нього з'являється близько 80 % усіх сходів бур'янів за сезон) за сприятливих погодних умов і достатнього зволоження здатні прорости за вегетаційний період у середньому: у Степу — 11,21 млн шт., у Лісостепу — 23,37, на Поліссі — 18,87 млн шт. насінин бур'янів на 1 га ріллі, тому на сьогодні надзвичайно актуальним є завдання побудови системи заходів ефективного контролювання забур'яненості, щоб очистити посіви від такої «зеленої пожежі».

Відомі агротехнічні заходи по-різному впливають на чисельність бур'янів та їх видовий склад на орних землях. Стійкими до інтенсивного механічного обробітку ґрунту виявились, наприклад, березка польова, гірчак розлогий, куряче просо, мишій сизий, осот жовтий. Зростання інтенсивності механічного обробітку ґрунту спричиняє збільшення частки в агрофітоценозах малорічних бур'янів з еколого-ценогічною стратегією експлерентів, таких, як лобода біла, лобода гібридна, щиріця звичайна, щиріця жминдоподібна, зірочник середній, капуста польова, портулак городній і зменшення кількості рослин триреберника непахучого, хвоща польового, талабану польового, рутки лікарської, фіалки польової, щавлю гороб'ячого.

Унаслідок збільшення забур'яненості посівів недобір врожаїв в Україні істотно зріс. Розрахунки, проведені на підставі фактичної актуальної забур'яненості полів та шкодочинності бур'янів в Україні, демонструють величину щорічних втрат урожаю у вітчизняному землеробстві: зерна — 8 млн т, цукрових буряків — 15, картоплі — 4, сояшнику — 0,3 млн т і відповідно інших культур (Манько Ю.П., 1998).

Це стало наслідком істотного зниження культури землеробства і зменшення обсягів застосування хімічних засобів захисту рослин, насамперед гербіцидів. Через кризові явища в економіці країни в останні

роки відбулося зменшення обігових коштів у господарств, зріс ціновий дисбаланс на сільськогосподарську продукцію й енергоносії, добрива та сільськогосподарські машини. Як результат, орні землі були позбавлені добрив, меліоративних заходів, а технології вирощування усіх культур максимально спрощені. Давно опрацьовані й високоєфективні агротехнічні заходи контролювання бур'янів (лушення стерні, культурна оранка, плоскорізний обробіток, осінні культивуації тощо) у багатьох господарствах перестали бути обов'язковими, або ж виконуються з грубими порушеннями агротехнічних вимог. Багато господарств перейшли на поверхневу і навіть нульову системи основного механічного обробітку ґрунту, не доповнивши їх одночасно збільшенням обсягів застосування гербіцидів. Навпаки, гербіциди стали для багатьох недоступними через фінансову неспроможність господарств. Проблема ефективного захисту посівів від бур'янів набула загальнодержавного значення, а втрати від забур'яненості створюють загрозу національній продовольчій безпеці країни.

До її розв'язання, окрім управлінських структур, мають докласти зусиль спеціалісти сільського господарства, власники землі: їм необхідно домогтися не просто проведення захисних заходів на посівах, а й досягти максимальної ефективності після раціональних затрат на їх виконання.

Значне поширення певних бур'янових видів по території країни завдає і відчутної екологічної шкоди доквіллю, порушуючи комфортність умов для людей. Так, відомі бур'яни, носії алергенів амброзія полинолиста (*Ambrosia artemisiifolia* L), чорнощир нетреболистий (*Cyrtocarpus xanthifolia* L) та деякі інші спричиняють алергічні захворювання людей.

Потрапляння в організм тканин цикути отруйної (*Cicuta virosa* L), блекоти чорної (*Hyoscyamus niger* L), дурману звичайного (*Datura stramonium* L) викликають отруйний вплив, що проявляється збудженням нервової системи, а мак дикий (*Papaver rhoeas* L), чистотіл великий (*Chelidonium majus* L), жабрій звичайний (*Galeopsis tetrahit* L), чистець прямий (*Stachis recta* L), залізниця гірська (*Sideritis montana* L), пажитниця п'янка (*Lolium temulentum* L) пригнічують нервову систему. Інші отруйні бур'яни вражають одночасно з нервовою системою серцево-судинну систему і шлунково-кишковий тракт. До них належать сокирки польові (*Delphinium consolida* L), болиголов плямистий (*Conium maculatum* L), хвилівник звичайний (*Aristolochia clematitis* L), полин кримський (*Artemisia taurica* Wild), жовтець їдкий (*Ranunculus acris* L). Розлади шлунка і кишківнику викликають також молочай степовий (*Euphorbia stepposa* Los), льонок звичайний (*Linaria vulgaris* L), гірчак березкоподібний (*Polygonum convolvulus* L), березка польова (*Convolvulus arvensis* L), повитиця польова (*Cuscuta arvensis* L), кукіль звичайний (*Agros temma githago* L).

До отруйних бур'янів, що ушкоджують переважно органи дихання і одночасно шлунок відносять гірчицю польову (*Sinapis arvensis* L), суріпицю звичайну (*Barbarea vulgaris* L), кучерявець Софії (*Descurainia Sophia* L), хрінницю пронизанолісту (*Lepidium perforatum* L). Спричиняють переважно біль в серці отруйні бур'яни: ластовень гострий (*Vincetoxicum stepposum* Pobed) та геліотроп запашний (*Heliotropium suaveolens* Bieb), а вражає печінку — жовтозілля весняне (*Senecio vernalis* Waldst. et. Kit). Речовини з бур'яну буркуну лікарського (*Melilotus officinalis* L) спричинюють крововилив у організмі.

Кожна вкладена у захист посівів від бур'янів гривня має повертатися максимальною віддачею урожаєм. Надійне контролювання бур'янів дозволяє по-господарськи використати всі ресурси родючості ґрунту, добрива, запаси вологи, кліматичні ресурси для формування урожаїв сільськогосподарських культур, адекватних біокліматичному потенціалу.

Крім суто наукових питань, перед аграрною наукою та працівниками агропромислового комплексу країни стоїть першочергове й невідкладне завдання національного масштабу: розробити і втілити в життя державну програму очищення орних земель від засилля бур'янів у країні. Без її виконання неможливо підвищити продуктивність і товарність сільськогосподарського виробництва. Жодні сучасні високопродуктивні гібриди й сорти, мінеральні добрива та найкраща сільськогосподарська техніка не можуть реалізувати свого потенціалу без надійного захисту рослини від бур'янів.

Така програма є багатоплановою й потребуватиме як зусиль вчених, так і державних структур для наукового, організаційного, матеріального, технічного й методичного та адміністративного забезпечення її виконання у повному обсязі. Необхідні спільні скоординовані зусилля.

Актуальна забур'яненість посівів сільськогосподарських культур, яка завдає шкоди урожаю і його якості, представлена вегетуючими бур'яновими рослинами. З'явлення їх сходів, ріст і розвиток стає можливим за наявності в ґрунті насінневих чи вегетативних зачатків і відповідних екологічних умов.

Тому стратегічним напрямом розв'язання проблеми ефективного захисту посівів від бур'янів об'єктивно стає істотне зменшення потенційної забур'яненості ріллі, величина якої через тривале збереження насінням життєздатності в цьому середовищі достатня для утворення високої актуальної забур'яненості посівів на майбутні десяти роки і залежить від культури землеробства. Заслуговує уваги величина допуску потенційної забур'яненості ріллі, до якої слід прагнути аби досягти можливості безгербіцидного землеробства і прогресивного зниження її в наступні роки. Таким допуском є 10 млн шт./га фізично-нормального насіння бур'янів в орному (0—30 см) шарі ґрунту, які утворюють сходи рясністю 10 шт./м<sup>2</sup>, доступні для контролювання механічними заходами без гербіцидів.

Для поступового досягнення цього стратегічного завдання слід застосувати комплекс тактичних заходів, об'єднаних в систему, інтегровану в технології вирощування культур. Важливим в реалізації цієї системи є дотримання допуску щорічної рясності репродуктивних екземплярів бур'янів у посівах, за якої відбувається стабілізація величини потенційної засміченості ріллі і тенденція до наступного її зменшення. У зв'язку з морфологічними особливостями бур'янів у різних агрофітоценозах, величину цього допуску диференціюють: у посівах просапних культур з більшою насінневою репродукцією бур'янів він становить 1 шт./м<sup>2</sup>, а в агрофітоценозах культур звичайного рядкового способу сівби — 10 шт./м<sup>2</sup>.

Безумовно, вказані допуски будуть залежати від біологічних особливостей видів бур'янів, фітосередовища в конкретних агрофітоценозах, але вони зможуть слугувати орієнтиром в моніторингу забур'яненості угідь, для оцінки ефективності конкретних протибур'янових заходів у землеробстві. Розрахунки свідчать, що досягти зменшення потенційної забур'яненості ріллі від 400 до 10 млн. шт./га за умови щорічного її зниження на 20 і 50 % можна відповідно за 15 і 5 років.

У цьому зв'язку важливим є аналіз балансу насіння бур'янів у ґрунті. Основними статтями надходження насіння є репродукція його вегетуючими екземплярами бур'янів на полі (70 %), внесення з органічними добривами (28 %) та занесення повітрям, водою, тваринами, людиною (2 %). Статті витрачання насіння з ґрунту об'єднують загибель його в зимовий період (60 %), літній (9 %), загибель проростків (24 %), витрати на утворення сходів (7 %). Отже, основними тактичними заходами для істотного зменшення потенційної забур'яненості ріллі є недопущення наявності на полях репродуктивних екземплярів бур'янів, очищення органічних добрив від їх життєздатних зачатків, створення за допомогою механічного обробітку ґрунту умов для їх відмирання.

На протибур'янову спроможність конкретних систем землеробства, виражену в зниженні потенційної забур'яненості ріллі, впливає сукупність усіх тактичних заходів контролю забур'яненості полів, які спрямовані на недопущення наявності у посівах упродовж вегетаційного сезону репродуктивних екземплярів бур'янів у кількості, що перевищує їх допуск. Складовими цієї інтегрованої системи мають бути запобіжні і винищувальні заходи, покликані позбавити або зменшити ймовірні сходи бур'янів їх екологічної ніші — лише в цьому разі можна досягти стратегічної мети істотного зниження як потенційної, так і актуальної забур'яненості полів.

Успішний захист конкретних посівів від бур'янів забезпечує, в першу чергу, знання про очікуваний видовий склад їх забур'яненості. Цю інформацію можна отримати на підставі довгострокового прогнозу з'явлення сходів бур'янів з періодом передбачення їх — 1 рік. Знання

про кількісний і видовий склад сходів бур'янів у посівах культур наступного року надає можливість розробити науково обґрунтовану систему ефективного їх контролю, адаптованого саме до конкретного агробіологічного складу бур'янів. Здійснити такий прогноз можна з точністю 30 % за розрахунковим методом. Перевагою цього методу над механічним, пов'язаним з необхідністю виділення з ґрунту насіння бур'янів, є економія часу і праці у разі збереження необхідної точності.

Аргументами для розрахункового прогнозу з'явлення сходів бур'янів упродовж вегетації конкретної культури в наступному році слугує рясність їх перед збиранням урожаю її попередника. Для розрахунку очікуваної кількості сходів окремих видів бур'янів (у шт./м<sup>2</sup>) величину рясності їх у посівах попередника (З<sub>ф</sub>, шт./м<sup>2</sup>) необхідно помножити на встановлений експериментально нормативний коефіцієнт прогнозу, прив'язаний до певної біологічної групи бур'янів (К<sub>в</sub>):

$$y = Z_{ф1} \times K_{в1} + Z_{ф2} \times K_{в2} + \dots Z_{фn} \times K_{вn}$$

де З<sub>ф1</sub>, З<sub>ф2</sub>... З<sub>фn</sub> — рясність бур'янів окремих видів в усіх фазах їх розвитку перед збиранням урожаю попередника, шт./м<sup>2</sup>; К<sub>в1</sub>, К<sub>в2</sub>... К<sub>вn</sub> — коефіцієнти прогнозу для окремих біологічних груп бур'янів, до яких належить виявлені в посівах попередника їх види (табл. 45). Наприклад, у посівах гороху, попередника озимої пшениці, перед збиранням урожаю виявлені такі бур'яни, шт./м<sup>2</sup>: осот рожевий — 5, зірочник середній — 8, гірчак шорсткий — 1, гірчак виткий — 8, грицики — 1, паслін чорний — 18, талабан — 2, фіалка польова — 1, лобода біла — 10, плоскуха — 6, пирій — 2, осот жовтий — 1, а всього 63 шт./м<sup>2</sup>. Застосовуючи коефіцієнти прогнозу, розрахуємо рясність очікуваних сходів бур'янів протягом вегетаційного періоду озимої пшениці, яка буде розміщена в цьому полі після гороху:

$$\begin{aligned} y &= 5 \times 3 + 8 \times 4,1 + 1 \times 4,1 + 8 \times 4,1 + 1 \times 8,2 + 18 \times 4,1 + 2 \times 8,2 + 1 \times \\ &\quad \times 8,2 + 10 \times 4,1 + 6 \times 4,1 + 2 \times 2 + 1 \times 3 = \\ &= 15 + 33 + 4 + 33 + 8 + 72 + 16 + 8 + 41 + 25 + 4 + 3 = 262 \text{ шт./м}^2. \end{aligned}$$

Для ефективного контролю цих сходів важливо знати не тільки сумарну кількість за вегетаційний період культури, а і розподіл їх у часі. Ця інформація слугуватиме підставою для вибору тих заходів впливу на сходи бур'янів, які діють на певні часові їх частки. Для визначення цього розподілу існують також встановлені експериментально норми (табл. 45). Використовуючи ці норми, прогноз сходів і розподіл їх протягом вегетаційного періоду озимої пшениці в нашому прикладі зручно подати у вигляді таблиці 47. Окрім того, в цій таблиці вказана тактика контролю прогнозованої забур'яненості посіву пшениці, яка орієнтує на досягнення допуску вегетуючих бур'янів в ньому 10 шт./м<sup>2</sup>. Нормативне виживання сходів бур'янів у посівах на тлі сучасних технологій, але без застосування гербіцидів, беруть з таблиці 48.

## КОЕФІЦІЄНТИ ПРОГНОЗУ СХОДИВ БУР'ЯНІВ ПРОТЯГОМ ВЕГЕТАЦІЙ КУЛЬТУР (Манько Ю.П., 2008)

Біологічні групи бур'янів	Посіви культур для прогнозу										
	озима пшениця		буряки цукрові		кукурудза на силос		кукурудза на зерно		горох		ячмінь
	конопи-на		буряки цукрові		кукурудза на силос		кукурудза на зерно		горох	ячмінь	
	<b>Попередники культур</b>										
	ячмінь	коно-шина	горох	кукурудза на силос	озима пше-ниця	буряки цукрові	озима пшениця	кукурудза на зерно	кукурудза на зерно	горох	ячмінь
	<b>На тлі полищевого обробітку ґрунту. Малорічні бур'яни</b>										
Ярі	4,1	4,9	4,1	5,6	10,0	10,2	12,5	11,3	12,1		
Зимуючі	9,0	5,3	8,2	7,5	4,3	1,0	1,1	3,3	9,3		
Озимі	9,6	9,8	4,8	29,0	0	0	0	0	0		
	<b>Багаторічні бур'яни</b>										
Кореневісні	6,6	4,1	2	2,7	2,1	1,5	5,0	4,5	4,0		
Коренеларосткові	12,0	3,8	3,0	7,1	2,4	15,8	5,4	2,4	9,0		
	<b>На тлі безполищевого обробітку. Малорічні бур'яни</b>										
Ярі	12,0	2,9	3,3	6,8	10,2	14,6	10,5	17,9	17,2		
Зимуючі	7,4	3,8	4,8	8,6	3,9	5,2	1,0	4,2	6,6		
Озимі	2,5	7,3	8,2	33,4	0	0	0	0	0		
	<b>Багаторічні бур'яни</b>										
Кореневісні	11,7	3,0	2,5	3,5	6,6	1,2	2,6	8	4,3		
Коренеларосткові	14,5	3,6	2,3	3,2	3,4	15,8	5,2	2,4	9,6		



Таблиця 46

## РОЗПОДІЛ У ЧАСІ СХОДІВ БУР'ЯНІВ ПРОТЯГОМ ВЕГЕТАЦІЇ КУЛЬТУР, % (Манько Ю. П., 2008)

Біологічні групи бур'янів	Місяці вегетації культур					
	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень
Малорічні ярі:	83	17	Однорічні і багаторічні трави			
— зимуючі	76	24				
— озимі	100	0				
Багаторічні: кореневищні	90	10				
— коренепаросткові	77	23				
Середнє	<b>83</b>	<b>17</b>				
			Ранні ярі і озимі			
Малорічні ярі	78	15	7			
— зимуючі	75	21	4			
— озимі	100	0	0			
Багаторічні:	80	7	13			
— кореневищні						
— коренепаросткові	74	23	3			
Середнє	<b>78</b>	<b>16</b>	<b>6</b>			
Кукурудза	на силос та інші культури зі схожим періодом вегетації					

Біологічні групи бур'янів	Місяці вегетації культур						
	травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
Малорічні ярі:	75	14	6	5			
— зимуючі	70	21	2	7			
— озимі	86	0	0	14			
Багаторічні:	80	7	12	1			
— кореневицні							
— коренепаросткові	74	23	2	1			
Середнє	<b>75</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>4</b>			
Пізні ярі культури							
Малорічні ярі:	66	12	5	4	6	7	
— зимуючі	52	13	1	5	19	10	
— озимі	24	0	0	4	59	13	
Багаторічні:							
— кореневицні	78	7	12	0	2	1	
— коренепаросткові	71	22	3	0	3	1	
Середнє	<b>63</b>	<b>13</b>	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>10</b>	<b>6</b>	

Таблиця 47

**ПРОГНОЗ З'ЯВЛЕННЯ СХОДІВ БУР'ЯНИВ У ЧАСІ ПРОТЯГОМ ВЕГЕТАЦІЙНОГО ПЕРІОДУ  
ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ (ПОПЕРЕДНИК — ГОРОХ) І ТАКТИКА ЇХ КОНТРОЛЮ**

Види бур'янів перед збиранням гороху	Рясність бур'янів у посіві попередника, шт./м <sup>2</sup>	Коефіцієнт прогнозу	Очікувана за прогнозом кількість сходів у посівах наступних культур бур'янів			
			гравень	червень	липень	Всього за вегетацію
Осот рожевий	5	3	11	3	1	15
Зірочник середній	8	4,1	26	5	2	33
Гірчак шореткий	1	4,1	2	1	1	4
Гірчак виткий	8	4,1	26	5	2	33
Гришки звичайні	1	8,2	6	1	1	8
Пасліа чорний	18	4,1	56	11	5	72
Талабан польовий	2	8,2	12	3	1	16
Фіалка польова	1	8,2	6	1	1	8
Лобода біла	10	4,1	32	6	3	41
Плоскуха звичайна	6	4,1	19	4	2	25
Пирій повзучий	2	2	2	1	1	4
Осот жовтий	1	3	2	1	0	3
<b>Всього</b>	<b>63</b>		<b>200</b>	<b>42</b>	<b>20</b>	<b>262</b>
<b>Вживання сходів бур'янів за технології без застосування гербіцидів, частин</b>						
			0,37	0,37	0,37	0,37
Залишиться бур'янів після агротехнічних заходів, шт./м <sup>2</sup>						
			74	15	8	97
Залишиться бур'янів після внесення гербіцидів, шт./м <sup>2</sup>						
Препарат, діален 40 %	Норма, кг/га 2,5	Ефект 90 %	7	2	1	10

Таблиця 48

**СЕРЕДНЄ НОРМАТИВНЕ ВИЖИВАННЯ ВСІХ СХОДІВ БУР'ЯНИВ У ПОСІВАХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР НА ФОНІ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ, АЛЕ БЕЗ ЗАСТОСУВАННЯ ГЕРБИЦІДІВ (Манько Ю.П., 2008)**

Технологічні та фітоценологічні заходи	Технічна ефективність заходів, %	Виживання сходів бур'янів залежно від строку їх появи, частин						
		травень	червень	липень	серпень	вересень	жовтень	
<b>Багаторічні та однорічні трави</b>								
Біологічне пригнічення	37	0,63	0,63	—	—	—	—	—
<b>Озима пшениця</b>								
Біологічне пригнічення	63	0,37	0,37	0,37	—	0,37	0,37	0,37
<b>Цукрові буряки</b>								
Боронування сходів	67	0,33	1	1	1	1	1	1
<b>Міжрядні обробітки:</b>								
1-й	60	0,4	1	1	1	1	1	1
2-й	60	0,4	0,4	1	1	1	1	1
3-й	60	0,4	0,4	1	1	1	1	1
4-й	60	0,4	0,4	0,4	1	1	1	1
<b>Сумарний ефект</b>	<b>78</b>	<b>0,008</b>	<b>0,06</b>	<b>0,4</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
<b>Кукурудза на зерно</b>								
Боронування сходів	67	0,33	1	1	1	1	1	1
<b>Міжрядні обробітки:</b>								
1-й	70	0,3	1	1	1	1	1	1
2-й	70	0,3	0,3	1	1	1	1	1
3-й	70	0,3	0,3	0,3	1	1	1	1

<b>Сумарний ефект</b>	<b>78</b>	<b>0,009</b>	<b>0,09</b>	<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Кукурудза на силос							
Боронування сходів	67	0,33	1	1	1	-	-
<b>Міжрядні обробітки:</b>							
1-й	70	0,3	1	1	1	-	-
2-й	70	0,3	0,3	1	1	-	-
3-й	70	0,3	0,3	0,3	1	-	-
<b>Сумарний ефект</b>	<b>92</b>	<b>0,009</b>	<b>0,09</b>	<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
Горох							
Боронування сходів	60	0,4	1	1	-	-	-
Біологічне пригнічення	70	0,3	0,3	0,3	-	-	-
<b>Сумарний ефект</b>	<b>84</b>	<b>0,12</b>	<b>0,3</b>	<b>0,3</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
Ячмінь							
Біологічне пригнічення	83	0,17	0,17	0,17	-	-	-
Картопля							
<b>Обробіток до сходів:</b>							
1-й	80	0,2	1	1	1	1	1
2-й	80	0,2	1	1	1	1	1
3-й	80	0,2	0,2	1	1	1	1
<b>Обробіток після сходів:</b>							
1-й	70	0,3	0,3	1	1	1	1
2-й	70	0,3	0,3	1	1	1	1
3-й	70	0,3	0,3	0,3	1	1	1
<b>Сумарний ефект</b>	<b>80</b>	<b>0,0002</b>	<b>0,005</b>	<b>0,3</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>1</b>

Розрахунок виживання всіх сходів бур'янів ( $V_{\text{акт}}$ ) після кількох заходів, здійснених протягом місяця, можна здійснити за моделлю:

$$V_{\text{акт}} = \frac{(100 - T_1)(100 - T_2) \dots (100 - T_n)}{100^n} \text{ частини,}$$

де  $T_1, T_2 \dots T_n$  — технічна ефективність окремих заходів, виражена у відсотках загибелі бур'янів, %,  $n$  — число здійснених заходів знищення бур'янів. Наприклад, на полі цукрових буряків протягом травня проти бур'янів будуть проведені наступні заходи: боронування з ефективністю 67 % і чотири міжрядних обробітки з ефективністю кожного 60 % загибелі сходів бур'янів. Виживання травневих сходів становитиме 0,008 частин:

$$V_{\text{акт}} = \frac{(100 - 67)(100 - 60)(100 - 60)(100 - 60)(100 - 60)}{100^5}.$$

Так розраховують помісячне виживання сходів бур'янів протягом вегетації культури і сумарне за всю її тривалість. Для визначення сумарного виживання сходів бур'янів протягом вегетації культур застосовують модель:

$$V_{\text{сумарне}} = \frac{Ч_1(100 - T_1)}{100} + \frac{Ч_2(100 - T_2)}{100} + \frac{Ч_n(100 - T_p)}{100} \text{ частин,}$$

де  $Ч_1, Ч_2, \dots, Ч_n$  — частки помісячних сходів бур'янів, частин;  $T_1, T_2 \dots T_n$  — загибель сходів бур'янів після здійснення протягом певних місяців окремих заходів, %.

Окрім орієнтації на ботанічний та біологічний склад забур'яненості полів, не менш важливим є еколого-економічне обґрунтування вибору оптимальних заходів її контролю.

Критерієм такого обґрунтування стає еколого-економічний поріг забур'яненості конкретних посівів.

Еколого-економічний поріг забур'яненості полів — це та мінімальна кількість вегетуючих бур'янів або їх насіння в ґрунті на час застосування заходу контролю, наприклад, внесення гербіцидів, повне знищення сходів яких на фоні конкретної технології вирощування культури, яку захищають, забезпечує одержання приросту врожаю, що відшкодовує затрати на застосування заходу і збирання врожаю додаткової продукції за дотримання планової рентабельності та екологічних регламентів. Цей показник є критерієм економічної доцільності та екологічної допустимості застосування певного

заходу контролю бур'янів, зокрема гербіцидів, у конкретному господарстві.

Визначення еколого-економічних порогів забур'яненості полів проводять за такими формулами:

$$ЕЕП_a = \frac{3 \times (100 + P) \times T}{\Pi \times \text{Ц} \times V_a},$$

$$ЕЕП_n = \frac{3 \times (100 + P) \times 0,01 \times T}{\Pi \times \text{Ц} \times V_n},$$

де  $ЕЕП_a$  — еколого-економічний поріг актуальної забур'яненості посівів на період здійснення заходу контролю, наприклад, внесення післясходових гербіцидів, виражений кількістю сходів бур'янів на цей час, шт./м<sup>2</sup>;  $ЕЕП_n$  — еколого-економічний поріг потенційної забур'яненості поля, виражений кількістю схожого насіння бур'янів на весні у шарі ґрунту 0—10 см на час внесення ґрунтових гербіцидів, млн. шт./га; 3 — затрати, пов'язані з проведенням екологічно регламентованого заходу, зокрема хімічного прополювання посівів та збирання врожаю додаткової продукції, грн./га. При цьому величину збереженого врожаю ( $D_y$ ) розраховують за формулою:

$$D_y = \frac{Z_1}{\text{Ц}},$$

де  $Z_1$  — затрати на застосування заходу та збирання збереженого урожаю, грн/га;  $\text{Ц}$  — ціна 1 ц основної продукції культури, яку захищають, грн;  $\Pi$  — середньовидова шкодочинність бур'янів, розрахована для їх конкретного ботанічного складу за даними, наведеними в табл. 48. Цей показник розраховується за формулою:

$$\Pi = Y_1 \times \Pi_1 + Y_2 \times \Pi_2 + \dots + Y_n \times \Pi_n,$$

де  $Y_1, Y_2 \dots Y_n$  — частка окремих видів бур'янів у загальній їх кількості на даному полі в частинах;  $\Pi_1, \Pi_2, \dots \Pi_n$  — шкодочинність окремих видів бур'янів (табл. 49);  $V_a$  і  $V_n$  — показники виживання сходів бур'янів, наведені в табл. 46 для загальноприйнятих технологій;  $P$  — планова рентабельність вирощування культури, %;  $T$  — технічна ефективність запланованого заходу, частин загибелі бур'янів.

Таблиця 49

**ШКОДОЧИННИСТЬ ОСНОВНИХ ВИДІВ БУР'ЯНІВ,  
ВИРАЖЕНА ВЕЛИЧИНОЮ ВТРАТ УРОЖАЮ ОСНОВНОЇ  
ПРОДУКЦІЇ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР  
(Ц/ГА), ОБУМОВЛЕНИХ ПОСТІЙНОЮ ПРИСУТНІСТЮ  
ПРОТЯГОМ ВЕГЕТАЦІЇ В ЇХ ПОСІВАХ БУР'ЯНУ  
В КІЛЬКОСТІ 1 шт./м<sup>2</sup> (Манько Ю.П., 1998)**

Вид бур'янів	Конюшина на сіно	Озима пшениця	Цукрові буряки	Кукурудза на силос	Кукурудза на зерно	Горox	Ячмінь
Березка польова	0,70	0,25	6,0	1,24	0,56	0,50	0,36
Галінсога дрібноквіткова	0,23	0,16	3,6	0,38	0,16	0,06	0,08
Гірчак шорсткий	0,41	0,17	3,0	0,46	0,20	0,11	0,88
Гірчиця польова	0,34	0,14	3,0	0,40	0,20	0,08	0,11
Дескурайнія Софії	0,55	0,23	3,0	0,4	0,2	0,1	0,23
Жовтушник прямий	0,36	0,17	3,6	0,4	0,19	0,07	0,17
Зірочник середній	0,12	0,04	1,0	0,1	0,06	0,03	0,02
Лобода біла	0,76	0,27	10,0	1,23	0,48	0,20	0,21
Метлюг польовий	0,81	0,19	—	—	—	—	—
Осот рожевий	1,43	0,68	15,6	2,00	0,90	0,40	0,36
Осот жовтий польовий	0,93	0,37	6,0	1,24	0,58	0,24	0,30
Паслін чорний	—	—	3,6	0,04	0,24	0,06	—
Жабрій звичайний	0,34	0,17	3,6	0,40	0,22	0,08	0,21
Пирій повзучий	0,86	0,55	9,0	0,98	0,58	0,18	0,19
Підмаренник чіпкий	0,24	0,13	3,6	0,59	0,16	0,06	0,11
Плоскуха звичайна	0,33	0,17	4,2	0,51	0,02	0,09	0,09
Триреберник непахучий	0,75	0,17	3	0,62	0,29	0,12	0,7
Фіалка польова	0,2	0,17	—	0,1	0,01	0,1	0,1
Хвощ польовий	0,36	0,16	3,6	0,46	0,14	0,06	0,2
Щириця звичайна	0,12	0,34	13,5	1,4	0,6	0,23	0,29



Таблиця 50

**ВИЖИВАННЯ СХОДІВ БУР'ЯНІВ НА ПЕРІОД ЗБИРАННЯ ВРОЖАЮ КУЛЬТУР ЩОДО ЇХ КІЛЬКОСТІ НА ЧАС ВНЕСЕННЯ ПІСЛЯСХОДОВИХ ГЕРБИЦИДІВ ( $V_a$ ) ТА ДО КІЛЬКОСТІ СХОЖОГО НАСІННЯ У ШАРІ ҐРУНТУ 0,10 см НА ПЕРІОД ВНЕСЕННЯ ҐРУНТОВИХ ГЕРБИЦИДІВ ( $V_n$ ) (Манько Ю.П., 1998)**

Культура	$V_a$	$V_n$
Конюшина на сіно	63	16
Озима пшениця	37	13
Цукрові буряки	34	4
Кукурудза на силос	88	10
Кукурудза на зерно	27	3
Горох	30	7
Ячмінь	17	2

Визначений еколого-економічний поріг забур'яненості посіву слугує об'єктивним критерієм для вибору оптимального заходу її контролю, зокрема гербіциду (табл. 50).

Якщо в розпорядженні господарства наявні, наприклад, кілька гербіцидів, то перевагу слід надати тому, який буде найбільш адекватний агротипу забур'яненості конкретного посіву та відповідатиме економічній доцільності і екологічній допустимості. Для виявлення цього оптимального препарату визначають індекс оптимальності ( $I_0$ ), який дорівнює частці від ділення фактичної рясності бур'янів чи кількості схожого насіння їх в ґрунті 0—10 см шарі на час застосування відповідно наземних чи ґрунтових гербіцидів ( $\Phi_3$ ) до величини еколого-економічного порогу актуальної чи потенційної забур'яненості поля:  $I_0 = \Phi_3 / \text{ЕЕП}$ .

Оптимальним в кожному конкретному випадку буде гербіцид, здатний ефективно знищити бур'яни конкретного агротипу і має найбільший модуль індексу оптимальності. Якщо індекс оптимальності менший від одиниці, то застосування такого гербіциду чи іншого заходу економічно не вигідне.

Однією з важливих ланок системи ефективного контролю забур'яненості посівів в умовах екологічного землеробства виступає система полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту в сівозміні, за якої відбувається природне зниження потенційної забур'яненості ріллі. Відмінною рисою вказаної системи основного обробітку ґрунту в сівозміні є чергування полицевого обробітку, оранки, один раз на

4—5 років під просапні культури і заходів безполицевого обробітку в період між оранками. За такої системи чергова оранка переміщає зачатки бур'янів з верхнього шару ґрунту на глибину його обробітку, де воно перебуває упродовж 4—5 років і в основному на 90—95 % втрачає життєздатність. Наступною оранкою зароблений на 4—5 років шар ґрунту, відносно очищений природним шляхом від життєздатного насіння бур'янів, переміщують на поверхню.

Дослідження засвідчили істотне, на 40 %, зменшення потенційної забур'яненості ріллі за полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту в сівозміні, порівняно з рекомендованим нині диференційованим обробітком.

В Україні наявних наукових сил цілком достатньо для розробки раціональних і високоефективних та відносно недорогих систем надійного контролювання бур'янів у посівах усіх сільськогосподарських культур.

Насамперед слід очистити орні землі від багаторічних бур'янів. За належного методичного, організаційного та достатнього матеріально-технічного забезпечення досягти певних результатів тут можна буде вже протягом найближчих 3—5 років.

Зменшення потенційних запасів насіння малорічних бур'янів в орному шарі ґрунту — процес триваліший, що потребуватиме значно більших зусиль.

Для здійснення програми очищення орних земель від бур'янів в Україні, крім наукового забезпечення, потрібно виконати дуже великий обсяг роботи з керівниками, агрономами, фермерами на місцях. Багаторічна практика показує, що виробничники досить часто знають бур'яни поверхово, на побутовому рівні. Для успішного й високоефективного використання можливостей агротехніки, гербіцидів мало вміти відрізнити лободу від гірчака, коли вони вже вирости майже до колін. Найбільш ефективно гербіциди діють на рослини бур'янів у фазах сім'ядоль, але, на жаль, далеко не всі агрономи на виробництві не здатні визначити за видами сходи бур'янів у посівах для того, щоб правильно підібрати гербіциди чи створити гербіцидні суміші з відповідним спектром дії, тому необхідна продумана й чітка система теоретичного і практичного навчання фахівців на місцях, надійна й оперативна робота дорадчих служб і сервісного забезпечення технологічних потреб виробничника.

Без підвищення професійного рівня підготовки фахівців на місцях неможливо реально покращити ситуацію з контролюванням бур'янів. У такій важливій справі є до чого докласти зусиль як науковцям, фахівцям державної системи станцій захисту рослин, так і систем дорадчих служб, фірм дистрибуторів препаратів тощо. Тільки спільними зусиллями, за активної підтримки держави з проблемою забур'яненості орних земель в Україні можна буде успішно впоратись, забезпечивши більш повну реалі-

зацію потужного продуктивного потенціалу нашого аграрного сектору, повернувши йому добру славу «комори із зерном» усєї Європи.

Ефективного контролювання бур'янів у сучасному землеробстві досягають застосуванням науково обґрунтованого комплексу заходів: екологічних, фітоценогічних, організаційних, механічних, фізичних, біологічних та хімічних. Необхідність комплексного системного підходу до проблеми регулювання чисельності бур'янів обумовлена багатofакторністю виробничого процесу в галузі землеробства та біологічними особливостями бур'янів, зокрема їх високою адаптацією до мінливих умов екологічного середовища. Значення перелічених заходів у комплексній системі контролювання бур'янів у конкретних агрофітоценозах визначається видовим складом їх бур'янового компонента, погодними умовами та наявними в господарстві ресурсними можливостями. Ось чому для успішного контролювання бур'янів велике значення має також довгостроковий прогноз з'явлення їхніх сходів з періодом завбачення від двох місяців до двох років, який дозволяє уникнути шаблонного застосування заходів, оптимізувати практику хімічного прополювання з урахуванням екологічної безпеки, підвищити продуктивність і рентабельність землеробства. Під час визначення економічної доцільності та екологічної допустимості застосування засобів захисту посівів від бур'янів важливим є використання критерію еколого-економічного порогу забур'яненості полів. Нехтування цими показниками безпечного застосування гербіцидів пов'язане з можливістю забруднення навколишнього середовища.

Оскільки практично всі гербіциди є отрутами широкої дії, то вони уражують не тільки бур'яни, а й інші живі істоти. Потрапляючи в навколишнє середовище, деякі гербіциди можуть зберігатися у ньому тривалий час. За забрудненістю сільгосппродукції залишками пестицидів Україна посідає 6—7—ме місце в світі. Залишки отрутохімікатів, яких за порушення регламентів застосування буває в два рази більше допустимих норм, знайдені і в продуктах дитячого харчування, і навіть у материнському молоці. Багато людей у світі хворіють і вмирають внаслідок отруєння пестицидами. Світова практика підтверджує, що нетоксичних для людей пестицидів немає. Багато з них мають мутагенну активність. Великої шкоди отрутохімікати завдають і живій природі, адже вони знищують комах-запилювачів, пригнічують біологічну активність ґрунтів і т.п. З огляду на це, доцільно використовувати природні біологічні засоби, що не завдають шкоди навколишньому середовищу.

В Україні і за кордоном ведеться робота з пошуку речовин рослинного походження, за допомогою яких можна було б захистити культурні рослини від бур'янів. Як відомо, рослини — це природні «хімічні заводи», що виробляють в необмеженому асортименті природні пестициди.

Значне поширення бур'янів у посівах та їх негативний вплив на продуктивність сільськогосподарських культур стає дедалі гострішою проблемою, що не лише зводить нанівець колосальні можливості галузі землеробства нашої країни як виробника й експортера продукції села, а й ставить під загрозу саме її існування як самодостатньої й міцної незалежної держави.

Виробництво гостро потребує дійових, доступних і прийнятних у вартісній та екологічній оцінці рішень для розв'язання проблеми забур'яненості орних земель країни.

Згідно із законами живої природи, що є такими ж об'єктивними й обов'язковими, як і закони фізики, екологічні ніші на суші, придатні для життя рослин, мають бути заповненими. Рослини вкривають поверхню землі, як здорова шкіра організм. Будь-яке пошкодження такого природного рослинного покриву природа негайно ремонтує. Це можна спостерігати скрізь: на вирубці лісу, будівельному майданчику, на відвалах кар'єрів. Аналогічний процес відбувається й на орних землях. Природа за допомогою людини створила групу спеціалізованих видів диких рослин з відповідною стратегією росту й розвитку — бур'яни. Ці рослини мають високу насінневу продуктивність, створюють значні «банки» насіння у ґрунті, що зберігає здатність до проростання від 3—5 років до кількох десятиліть, швидко захоплюють вільні території, добре відростають і легко розмножуються вегетативно.

Отже, готуючи ґрунт під посів культурних рослин, людина порушує певні закони живої природи, яка у відповідь на це втручання приводить у дію потужні механізми відновлення природної рівноваги: заселяє орні землі бур'янами. При цьому бур'яни не формують постійних фітоценозів, а лише перехідні, тобто вони є рослинами порушених природних рослинних асоціацій, лише перехідною ланкою у відновленні рівноваги в природі.

Для успішного подолання фактору бур'янів на орних землях слід створювати такі умови, за яких культурні рослини будуть займати максимум екологічного об'єму, не залишаючи вільних екологічних ніш у посівах. Проте зробити це не так просто, як може здатися на перший погляд. Невипадково, маючи в своєму арсеналі величезний науково-технічний потенціал, людина й дотепер продовжує платити природі данину за втручання в її процеси у вигляді величезних втрат продукції землеробства від бур'янів. Скажімо, в країнах Африки й Південно-Східної Азії вони часто сягають 30—70 % і більше можливого врожаю. У розвинених країнах, як правило, втрати врожаю від бур'янів не перевищують 5 %.

Нині у світовій практиці для контролю чисельності бур'янів у посівах сільськогосподарських культур широко застосовують різні системи основного та передпосівного обробітків ґрунту, технології догляду за посівами, що дають можливість істотно обмежити шкодочинність забур'янення.

В результаті у ряді країн створене інтенсивне, високотоварне сільськогосподарське виробництво. Однак за це теж доводиться щорічно платити значну данину у вигляді затрат енергії, хімічного забруднення території, витрат коштів і праці. Досить сказати, що лише на закупівлю гербіцидів людство змушене кожного року витратити 13—16 млрд доларів США.

Культурні рослини є, як правило, високопродуктивними, але мають низьку конкурентоспроможність у взаєминах з бур'янами, особливо в широкорядних посівах. Хоча навіть і такі конкурентоспроможні культури, як озима пшениця, ячмінь часто-густо теж потерпають від присутності в посівах бур'янів. На повне контролювання ситуації здатні лише різновидові полікультурні агроценози, що заповнюють екологічні ніші найбільш повно, їх розробка і створення — питання землеробства майбутнього.

Вивчення проблеми бур'янів переконливо доводить, що крім питань сівозмін і обробітку ґрунту, важливих для контролювання всіх видів шкідливих організмів у посівах (бур'яни, комахи, кліщі, нематоди, молоски, хвороби), актуальними є: вивчення видового складу й ареалів поширення бур'янів; особливості біології, морфології й насінневої продуктивності їх видів; вивчення динаміки життєздатності і особливостей механізмів проростання насіння різних видів бур'янів; динаміка їх шкодочинності та їх порогові рівні у посівах різних культур; динаміка появи сходів та її особливості в посівах культур залежно від потенційної забур'яненості ґрунту і погоди; особливості фазової резистентності видів бур'янів до дії гербіцидів, її причини і шляхи подолання; фазові адаптаційні можливості видів бур'янів до механічних способів контролювання; виявлення резистентних популяцій видів бур'янів до гербіцидів і розробка систем їх контролювання; комплексне дослідження бур'янів проблемних видів у посівах окремих культур і розробка систем їх контролювання; пошук нових гербіцидів і розробка високоефективних та екологічно прийнятних систем їх застосування; вдосконалення систем застосування гербіцидів для підвищення їх ефективності, зменшення непродуктивних втрат і забруднення середовища, зниження вартості захисту посівів; вивчення можливостей і розробка системи раціонального й високоефективного застосування гербіцидів суцільної дії у посівах трансгенних культурних рослин; моніторинг забур'яненості сільськогосподарських угідь шляхом комплексного обстеження усієї території країни для визначення поширеності рясності видів бур'янів на орних землях; підготовка матеріалів обстежень угідь і на їх основі виготовлення карт (раз на 10 років) потенційної забур'яненості ріллі; прогноз забур'яненості ріллі; вивчення адаптаційних можливостей бур'янів до умов вегетації в різних агрофітоценозах і розробка агротехнічних вимог до посівів різних культур; дослідження можливостей створення різновидових посівів культур для максимального заповнення ними екологічних ніш у посівах і фітоценотичного контролювання бур'янів самими компонентами агрофітоценозу.

Усі бур'яни Ю. В. Будьонний і В. С. Зуза (2000) поділяють на 5 груп: дуже поширені, значно поширені, помірно поширені, мало поширені і випадкові.

З усіх виявлених ними на полях степової зони бур'янів (понад 200 видів) розподіл їх за групами у відсотковому відношенні був таким: дуже поширені — 5 %, значно поширені — 6, помірно поширені — 11, мало поширені — 19 і випадкові — 53 %. Незважаючи на те, що перша група щодо кількості видів була найменшою, за рясністю бур'янів, що засмічують посіви, та їх поширеністю вона переважала всі групи, взяті разом. У загальній рясності бур'янів у посівах польових культур представники цієї групи становили 71—99 %, а серед них найбільш численними були злакові просопо-дібні, у тому числі частка плоскухи і мишію сизого сягала 30—59 %.

Науково обґрунтовану систему захисту посівів від бур'янів неможливо впровадити без знання їх видового складу в конкретних умовах кожного регіону, господарства, поля. Широка різноманітність ґрунтових відмін, гідротермічних показників і агроекологічних умов регіонів країни зумовлює відмінності як у складі бур'янів, так і у шкодочинності окремих їхніх видів у різних зонах. Вивчення сеgetальної рослинності за зонами країни можливе як за допомогою відповідних експедиційних досліджень, так і на підставі узагальнення результатів польових досліджень та матеріалів обстежень полів господарств на забур'яненість. Зроблена спроба визначити найбільш поширені бур'яни в межах України, узагальнюючи дані літературних джерел (табл. 51).

Таблиця 51

**НАЙПОШИРЕНІШІ БУР'ЯНИ УКРАЇНИ**  
(Будьонний Ю.В., Зуза В.С., 2007)

Вид	Зона найбільшого поширення	Вид	Зона найбільшого поширення
Дуже поширені		Молочай прутоподібний — <i>Euphorbia virgata Waladst et Kit.</i>	->-
Лобода біла — <i>Chenopodium album L.</i>	всюди	Грицики звичайні — <i>Capsela bursa pastoris (L.) Medik.</i>	скрізь
Осот рожевий — <i>Cirsium setonum (Willd.) Bess.</i>	->-	Мишій зелений — <i>Setaria viridis (L.) Beauv.</i>	->-
Березка польова — <i>Convolvus arvensis L.</i>	- « -	Буркун лікарський — <i>Melilotus officinalis (L.) Desr.</i>	- « -

Закінчення табл. 51

Вид	Зона найбільшого поширення	Вид	Зона найбільшого поширення
Гірчиця польова — <i>Sinapis arvensis L.</i>	->-	Резеда жовта — <i>Reseda lutea L.</i>	Лісостепова і степова зони
Гірчак березоподібний — <i>Fallopia convolvulus (L.) A. Love.</i>	->-	Паслін чорний — <i>Solanum nigrum L.</i>	Степова зона
Плоскуха звичайна — <i>Echinochloa crusgalli (L.) Beauv.</i>	->-	Фіалка польова — <i>Viola arvensis L.</i>	Скрізь, крім південного степу
Мишій сизий — <i>Setaria glauca (L.) Beauv.</i>	->-	Жабрій звичайний — <i>Galeopsis tetrahit L.</i>	->-
Щириця звичайна — <i>Amaranthus retroflexus</i>	->-	Підмаренник чіткий — <i>Galium aparine L.</i>	->-
Щириця біла — <i>Amaranthus album L.</i>	степова зона	Триреберник непахучий — <i>Tripleurospermum inodorum (L.) Sch. Bip.</i>	Скрізь, крім степової зони
Осот жовтий — <i>Sonchus arvensis L.</i>	всюди, крім південного Степу	Сокирки польові — <i>Consolida regalis S. F. Gray.</i>	Скрізь, крім південного і центрального Степу
Гірчак розлогий — <i>Polygonum lapathifolium L.</i>	->-	Зірочник середній — <i>Stellaria media (L.) Cyr.</i>	Поліські і західні райони
Редька дика — <i>Raphanus raphanistrum L.</i>	скрізь, крім зони Степу	Волошка синя — <i>Centaurea cyanus L.</i>	-> -
Пирій повзучий — <i>Elytrogia repens (L.) Nevski.</i>	Полісся і західні райони	Хвощ польовий — <i>Equisetum arvense L.</i>	- <-
Достатньо поширені		Метлюг звичайний — <i>Apera spica-venti (L.) P. B.</i>	- < -
Чистець однорічний — <i>Stachys annua L.</i>	всюди	Шпергель звичайний — <i>Spergula vulgaris Boem.</i>	Поліська зона

Забур'яненість ріллі в Україні в останні 15 років має тенденцію до зростання з багатьох причин. Перша з них — істотне зниження за ці роки рівня культури землеробства в країні в цілому, викликане порушенням науково обґрунтованих сівозмін, безсистемним застосуванням основного обробітку ґрунту, повсюдним внесенням непідготовлених органічних добрив та різким зниженням, а часто й повною відмовою від застосування гербіцидів через гострий дефіцит обігових коштів у господарствах. Нині в багатьох з них широкої практики набуло молочантатарський, і особливо небезпечний карантинний бур'ян-гірчак рожевий (степовий).

Другою причиною є адаптація самих рослин бур'янів до мінливих екологічних умов.

Нині на багатьох полях масовими і проблемними стали багаторічні бур'яни: осот рожевий, осот жовтий, пірій повзучий, березка польова, березка чорнильна та ін. Поширюється в південних регіонах молочантатарський, і особливо небезпечний карантинний бур'ян-гірчак рожевий (степовий).

Перед жнивнами часто можна спостерігати пшеничні і ячмінні поля, білі від осотів, рослини яких розвіюють насіння на світлих летючках-парасольках. Ігнорування або фінансова неспроможність вчасного вжиття заходів для знищення весною осотів у посівах зернових колосових культур призводить до значного зниження продуктивності пшениці, ячменю та інших культур. Негативним є й те, що багаторічники залишаються на полях, розростаються і поширюються на площах, відведених під просапні культури. Відсутність комплексної системи заходів контролю бур'янів на посівах культур у сівозмінах призводить до значних нераціональних затрат на захист урожаю просапних культур, особливо цукрових буряків. Складною на полях є й ситуація із пірієм повзучим. Поширення його останніми роками дуже інтенсивне, особливо в зонах достатнього і нестійкого зволоження.

Незважаючи на складність проблем, створюваних багаторічними бур'янами, їх можна контролювати. Кілька років цілеспрямованої роботи у разі поєднання агротехнічних і хімічних заходів контролю спроможні звільнити поля від таких бур'янів.

Значно складніше подолати малорічні бур'яни, що створили великі «банки» насіння в ґрунті. Різноманітність видів бур'янів у посівах сільсько-господарських культур досить велика, що створює труднощі щодо їх контролювання. На посівах цукрових буряків зустрічаються у зоні достатнього зволоження 78 видів, що належать до 23-х ботанічних родин, нестійкого зволоження — 104 види з 25 родин, недостатнього зволоження — 79 видів бур'янів і з 20 ботанічних родин. Така різноманітність значно ускладнює контролювання бур'янів, що істотно різняться між собою за морфологічними, біологічними і біохімічними характеристиками.



За даними Інституту кормів УААН та Вінницького медичного університету, у посівах кормових і зернофуражних культур найчастіше зустрічаються 33 види бур'янів різних біологічних груп. Встановлено, що в міру просування із зони достатнього зволоження в зону нестійкого видовий склад бур'янів звужується на 22—24 %, а рівень забур'яненості знижується на 28—33 %. За дефіциту вологи випадають такі вологолюбні бур'яни, як зірочник середній, куколиця біла, сухоцвіт болотний, жабрій звичайний та ін.

У практиці землеробства слід враховувати також і прогнозовані зміни клімату планети. Відомо, що європейський континент у цілому, і Україну в тому числі, у найближчі десятиліття чекають істотні зміни клімату. Течія Гольфстрім, що забезпечує наш материк теплим і м'яким та вологим кліматом, буде слабшати і відповідно зменшувати свій благотворний вплив. Згідно з довгостроковим науковим прогнозом, вплив вітрів західного напрямку поступово зменшуватиметься. Домінуючими вітрами на нашій території стануть південні, південно-східні та північні. Клімат в Україні у найближчі десятиліття істотно погіршиться. Він стане більш континентальним і посушливим. За таких умов очікується зростання агресивності і шкодочинності бур'янів.

Нині в Україні більш як на половині території протягом вегетаційного періоду посіви культурних рослин відчувають дефіцит вологи. Часто саме цей показник обмежує продуктивність рослин у процесі формування урожаю. Разом з тим, навіть наявні запаси вологи у ґрунті на сьогодні не завжди використовуються раціонально. Спостерігається високий рівень забур'янення посівів практично усіх культур, що, на жаль, загострює проблему дефіциту вологи в ґрунті.

Розширення площ зрошуваних земель у зоні Степу є питанням перспективним. Водночас такий процес має ряд серйозних обмежень, що проявляються вже нині: перше — обмежені запаси прісної й придатної для потреб зрошення води на півдні країни; друге — необхідність транспортування великих обсягів води на значні відстані від джерел водопостачання, що істотно підвищує її собівартість; третє — великі енергетичні затрати на зрошення орних земель. Вже тепер значні площі поливних земель через економічні труднощі в господарствах не використовуються інтенсивно, або мають недостатній рівень рентабельності через зниження загального рівня культури землеробства (значну забур'яненість, дефіцит мінеральних добрив, засобів захисту рослин, невчасність і низьку якість обробітків ґрунту і поливів), тому однією із ключових стане проблема забезпечення стабільності й високої продуктивності землеробства за умов дефіциту вологи на неполивних землях. Вся система ведення землеробства має бути спрямована на максимальне накопичення, збереження й раціональне використання вологи культурними рослинами. Невід'ємною частиною заходів виконання цього завдання є вдосконалення і широке застосування системи ефективного, надійного захисту посівів від комплексу бур'янів.

На орних землях в агрофітоценозах за цих умов передбачається зростання частки бур'янів посухостійких видів. Серед них, насамперед, збільшиться кількість багаторічників: осоту рожевого, осоту жовтого, березки польової, пирію повзучого, молокану татарського і особливо небезпечного гірчака рожевого. Масовими будуть й однорічні ярі бур'яни: види щирець, мишіїв, проса, пасльону, нетреби, амброзії, що й нині на півдні країни є найбільш поширеними і шкодочинними.

За посушливих умов одним з головних факторів гострого антагонізму бур'янів з культурними рослинами стає конкуренція за обмежені запаси вологи в ґрунті. Бур'яни більшості видів мають потужну, добре розвинену кореневу систему і велике водоспоживання. Ефективне контролювання бур'янів за посушливих умов має свою специфіку. Традиційні за нормального водного режиму багаторазові проходи ґрунтообробної техніки (плуги, культиватори, борони, водоналивні котки, фрези) за умов посушливого клімату малопрійнятні. За їх інтенсивного використання на орних землях зростає висушування й розпилення ґрунту і відповідно стає реальнішою небезпека вітрової та водної ерозій.

Завдання полягає в тому, щоб по можливості зменшити негативний вплив на ґрунт і запаси продуктивної вологи механічних обробітків з одночасним забезпеченням для культурних рослин оптимальних умов вегетації і високої їх продуктивності та надійного захисту від комплексу бур'янів. Вирішити його можна системою комплексних заходів контролювання забур'яненості полів. Обов'язковим є відновлення науково обґрунтованих сівозмін — основи раціонального використання орних земель.

Необхідно оптимізувати в структурі посівних площ частку соняшнику, що нині займає недопустимо велику площу і тим самим істотно погіршує ситуацію із забур'яненням та запасами ґрунтової вологи. Орні землі після посівів соняшнику раціонально використовувати під чисті пари. Це дозволить радикально очистити площі від комплексу бур'янів і падалиці соняшнику, збудників хвороб та багатьох шкідників.

Після збирання ранніх попередників (озима і яра пшениці, ячмінь, горох та ін.) обов'язкове різноглибинне луцнення стерні. Як агротехнічному заходу луцненню нема альтернативи у запобіганні літньо-осінньої регенерації бур'янів багаторічних видів і формування насіння однорічниками. Такий агрозахід є високоефективним, високопродуктивним і відносно дешевим.

Недопустима практика використання свіжого гною як органічного добрива. Аналіз здійснених у різних регіонах обстежень органічних добрив, внесених на орні землі, засвідчує високий рівень їх засмічення насінням бур'янів. У 1 т гною міститься від 0,5 до 3,5 млн шт. насіння бур'янів, що має високу схожість. Органічні добрива (гній, компости) належить зберігати у великих накритих буртах, або в обладнаних гное-

сховищах не менше року. Лише в такому разі вони даватимуть користь (більшість насіння бур'янів втратить життєздатність), а не будуть потужним джерелом збільшення забур'янення посівів.

У зв'язку зі зростанням небезпеки вітрової й водної ерозій на більшості площ орних земель у Лісостепу і Степу вже на сьогодні доцільно широко впроваджувати системи мінімального та різноглибинних безполицевого і полицево-безполицевого основних обробітків ґрунту.

Не перевертаючи скиби ґрунту, можна краще зберегти вологу і рослини (стерню, стебла культурних рослин). При цьому швидкість вітру біля поверхні ґрунту знижується, зменшується небезпека вітрової ерозії, особливо у весняний період, коли в полі відсутні розвинені культурні рослини.

Наявність рослинних решток зменшує швидкість потоків води під час випадання рясних дощів, а тим самим й інтенсивність водної ерозії ґрунту. Рациональним може бути застосування поверхневого або плоскорізного обробітків ґрунту під культури звичайного рядкового способу сівби (озиму і яру пшениці, ячмінь, горох тощо) і періодичної (2—3 рази на ротацію 8—11-пільної сівозміни) різноглибинної оранки під просапні культури (кукурудзу, сою, цукрові буряки тощо).

Впровадження систем основного безполицевого і поверхневого обробітків, крім названих позитивних моментів, має й певні недоліки: зростає небезпека масового поширення багаторічних бур'янів, тому такі вологоощадні системи механічного обробітку ґрунту обов'язково слід поєднувати з рациональним застосуванням гербіцидів. Особливої уваги потребує зниження чисельності бур'янів багаторічних видів, що є найбільш шкодочинними за посушливих умов. Цілеспрямовано, за 3—5 років, бажано очистити орні землі від багаторічних бур'янів (осотів, березки, пирію тощо) за розумного поєднання механічних і хімічних заходів. Після збирання раннього попередника практикують різноглибинні лущення. Після дружного відростання нових розеток багаторічних бур'янів та появи сходів однорічників площі обприскують відповідними гербіцидами з урахуванням видового складу бур'янів: раундап або його аналоги, центуріон, тарга супер, фюзилад супер або їх аналоги, естерон або його аналоги. Після дії препаратів на підземні частини багаторічних бур'янів (орієнтовно через 2 тижні) орють на зяб.

Слід відмовитися від практики господарського використання зрідених посівів багаторічних трав, що нині часто перетворюються на розсадники для бур'янів багаторічних видів.

Крім багаторічних бур'янів, проблемними стали малорічні, що створюють великі запаси насіння в орному шарі ґрунту. Малорічні бур'яни масові й набридливі, їх не можна радикально знищити на орних землях за кілька років як багаторічники, не знизивши істотно запасів насіння в ґрунті. Для успішного їх подолання необхідна система

багаторічних заходів, що забезпечили б надійний і високоефективний захист посівів та запобігли потраплянню нового насіння бур'янів у ґрунт. У такій роботі немає дрібниць.

У посівах озимої пшениці, ячменю, гороху та інших культур звичайного рядкового способу сівби велике значення має створення оптимальної для кожної культури й сорту густоти рослин і оптичної щільності посівів, високого рівня ефективної родючості ґрунту, що забезпечує культурним рослинам високу конкурентну здатність. Сприятливе фітосередовище в посівах дає змогу культурному домінанту ефективно протистояти бур'янам усіх видів. За необхідності домінантну роль культурних рослин в агрофітоценозах можна посилити раціональними застосуваннями гербіцидів. Достатнє затінення поверхні ґрунту і нижніх ярусів посівів надійно захищає їх від повторної хвилі забур'янення в період, коли застосовувати гербіциди вже пізно (наприклад, фази стеблуння, колосіння, цвітіння колосових зернових).

Основною агротехнікою має бути висока культура землеробства, тому без якісно й вчасно здійснених основних, передпосівних обробітків ґрунту і догляду за посівами отримати високий урожай неможливо.

Ефективним заходом контролювання бур'янів у землеробстві є застосування гербіцидів. Широка практика застосування гербіцидів ґрунтової дії зі зростанням посушливості клімату поступово буде втрачати свої позиції на виробництві. За дефіциту вологи, особливо у верхньому шарі ґрунту, такі препарати малоєфективні. Водночас зростають обсяги застосування гербіцидів по сходах. Найбільш перспективним буде послідовне обприскування посівів, що дає змогу істотно знижувати рясність бур'янів у період їх масової появи, коли культурні рослини в агрофітоценозах ще не в змозі самостійно їх надійно пригнічувати. Послідовне здійснення обприскувань дає найбільший захисний ефект у тому разі, коли враховано динаміку масової появи сходів бур'янів різноманітних видів, наявних на полях.

Ретельний догляд за посівами просапних культур за раціонального поєднання механічних і хімічних заходів зниження чисельності бур'янів посилить їх ефективність у ланках сівозмін.

Важливим заходом захисту орних земель є систематичне і вчасне знищення бур'янів на узбіччях доріг, пасовищах до цвітіння рослин. Такий захід запобігає формуванню насіння бур'янів і його наступному розповсюдженню на орні землі.

Перспективним для ведення землеробства за посушливих умов є використання на орних землях мульчі. Мульча з рослинних решток культурних рослин створює надійний захист від ерозії усіх форм, прекрасно поглинає воду, запобігає перегріванню ґрунту і втратам вологи, забезпечує рослинам можливість повніше використати запаси вологи і доступні мінеральні речовини з верхнього шару ґрунту, який без мульчі дуже пересихає.

Разом з очевидними перевагами система вирощування сільськогосподарських культур на орних землях з використанням мульчі ставить перед науковцями і практиками низку важливих проблем, лише розв'язавши які можна буде відкрити їй дорогу на виробництво. Серед них: технологія створення необхідного шару рослинних решток на орних землях; система підготовки ґрунту, як основного, так і передпосівного та догляду за посівами за використання мульчі; технологія внесення добрив (особливо органічних) у разі застосування мульчування; технологія сівби на площах ріллі, вкритих мульчею; система захисту посівів культурних рослин від бур'янів, шкідників і хвороб на площах з мульчею на поверхні ґрунту; збирання врожаю культурних рослин і збереження мульчі.

Одночасно аграрній науці вже на сьогодні слід розробити систему вивчення поведінки пестицидів у навколишньому середовищі за інтенсивного землеробства і дефіциту вологи. Необхідні комплексні дослідження щодо зональної оцінки ґрунтозахисної, паливно-енергетичної та бур'яно-очищувальної ефективності мінімальних обробітків ґрунту (мілкого, поверхневого і нульового) під основні культури сівозміни.

Потрібне вивчення впливу агротехнічних факторів на процеси формування комплексу бур'янів у посівах зернових колосових і просапних культур, особливо — на масовість появи бур'янів-алергенів (амброзії полинолистої, циклахени нетреболистої та ін.) і розробка систем ефективного захисту від них.

Слід посилити, зробити ефективним державний контроль за раціональним використанням земель, насамперед орних. Важливими напрямками контролю є питання ерозії земель і засміченості полів бур'янами. За зниження родючості, прояв ерозійних процесів і значне забур'янення орних земель землекористувачі мають нести відповідальність.

За надзвичайну пластичність розвитку, невибагливість до умов навколишнього середовища, велику шкодочинність і здатність швидко розповсюджуватися на землях різного призначення бур'яни здавна називають у народі «вогнем», або «зеленою пожежею» полів. Справедливість і правильність такого порівняння підтверджується всією історією розвитку землеробства. Відомо, що не дуже озброєний в минулому хлібороб (одноручне рало на живій тязі) був змушений упродовж багатьох віків залишати надмірно засмічену бур'янами ріллю спочатку під заліж, а потім — переліг (Советов А. В., 1867).

У період колективізації сільського господарства України в орному шарі ґрунту налічувалося від 0,9 до 4,0 млрд шт. на гектар насіння бур'янів, а врожайність зернових колосових та круп'яних культур (яра пшениця, ячмінь, просо) не перевищувала 7—12 ц/га (Шевелев И. Н., 1922).

Забур'яненість ріллі найбільш важковикорінюваними бур'янами (осот рожевий, пирій повзучий) в 60-х роках ХХ ст. зменшується нижче за економічний поріг. Ще через 20 років (у 80-х) за поліпшення ресурсного забезпечення сільського господарства технікою, паливом,

мінеральними добривами, засобами захисту рослин тощо забур'яненість ґрунту насінням бур'янів зменшується до 100—150 млн шт./га, а на окремих полях навіть до 15—20 млн. Валові збори зерна в Україні зростають при цьому до 48—50 млн т за рік (Матюха Л. П., 2001).

Нині через неврегульованість ринкових відносин в АПК країни вітчизняне землеробство знову потрапило у скрутне становище: засміченість ґрунту вегетативними органами розмноження, наприклад, багаторічних коренепаросткових бур'янів, зростає до 150—300 тис. на гектарі, а насінням однорічних — до 1,0—1,5 млрд шт./га в орному шарі. Почастішали випадки залишення ріллі під заліж чи переліг, веснооранки, спрощеного догляду за чорним паром і посівами просапних культур тощо. Валові збори зерна знизились майже наполовину і стали нестабільними за роками.

Фахівцям відомо, що серед різних факторів у землеробстві найбільш важливим є час. Саме через це оптимальні строки виконання, наприклад, ранньовесняного боронування зябу обмежуються в Степу буквально кількома годинами; досходового та післяходового боронування посівів просапних культур — двома-трьома днями; сівби та збирання врожаю — 15—20-ма днями тощо.

Але в умовах сучасного виробництва ці та інші роботи виконуються нерідко тижнями, а то й місяцями, внаслідок чого їх протибур'янова роль зводиться майже нанівець, істотно зростають від цього також і втрати врожаю.

Майбутнє в землеробстві, безумовно, за інтенсивними технологіями, що базуватимуться на використанні широкозахватних комбінованих знарядь і машин, здатних за один прохід виконати кілька технологічних операцій, якісно посіяти або зібрати з великої площі без втрат урожай.

На жаль, через поки що високу вартість гербіцидів і пального селяни змушені вдаватися, наприклад, до малопродуктивного ручного прополювання посівів. Але якщо воно вже планується, то має виконуватися вчасно і якісно до настання так званого критичного періоду конкуренції бур'янів. Після цього ручне прополювання посівів хоч і зменшує потенційну засміченість верхнього шару ґрунту, але втрачає позитивний вплив на врожай.

Багаторічні дослідження Інституту зернового господарства й інших наукових установ УААН показують, що за кращих попередників, внесення оптимальних доз органічних та мінеральних добрив, якісного обробітку ґрунту та вчасної сівби насінням високих посівних кондицій можна створити конкурентоспроможні у протистоянні з бур'янами агрофітоценози зернових колосових культур (жито озиме та яре, тритикале, озима пшениця, ячмінь, овес тощо).

Енергомісткість освітленості нижнього ярусу їх стеблостою впродовж критичних фенофаз розвитку (стеблуння — колосіння) не перевищує 0,20—0,25 кал/см<sup>2</sup> (0,84—1,05 Дж/см<sup>2</sup>). У таких посівах переважна більшість однорічних ярих бур'янів (амброзія полинолиста,

гірчиця польова, лобода біла, чорнощир звичайний тощо) не можуть пройти світлової стадії розвитку і сформувати велику біомасу та життєздатне насіння. Засмічені цими та іншими бур'янами посіви зернових колосових з оптимальною густиною практично не потребують хімічного прополювання. З огляду на це, можна констатувати, що створення ценотично стійких щодо бур'янів агрофітоценозів зернових колосових культур — найбільш перспективний шлях зростання виробництва зерна, а також охорони довкілля.

Проте ценотично ослаблені з різних причин (дефіцит ґрунтової води, низькі температури повітря під час перезимівлі озимих хлібів, нестача мінеральних добрив тощо) посіви озимої пшениці та ярого ячменю потребують відповідного захисту від бур'янів. Наявність в ослаблених або зріджених посівах, наприклад, озимої пшениці 10—15 розеток осінньої популяції зимуючих бур'янів (кучерявець Софії, сухоребрик Льозелів та ін.) зумовлює зниження її зернової продуктивності на 3—5 ц/га, вмісту білка — на 0,5—0,9 і сирі клейковини в борошні — на 1,5—2,0 %. Зернова продуктивність посівів цієї культури, засмічених коренепаростковими бур'янами (гірчак або осот рожевий степовий) у кількості 15—25 шт. на 1 м<sup>2</sup>, знижує урожай на 10—12 ц/га і більше, склоподібність зерна — на 20 %, вміст білка — на 3,2—3,5 і клейковини в борошні — на 13,5—13,6 % (Матюха Л. П., 2001).

Розкущені посіви ярого ячменю досить сильно пригнічують як коренепаросткові, так і ранні ярі (гірчиця польова, лобода біла) бур'яни. Залежно від агротипу засміченості посівів для ефективного захисту зернових колосових культур використовують у фазі повного кушіння — стеблуння пшениці або ячменю гербіциди: 2,4—Д (амінна сіль, дезормон, дикопур тощо), комбіновані препарати (бюктрил Д, діален С, ковбой), або гербіциди останнього покоління — гранстар, гродил ультра, яким властиві кращі агроекологічні показники.

На жаль, у посівах просапних культур з уповільненим початковим розвитком (кукурудза, сорго, соя, соняшник) забезпечити оптичну щільність агрофітоценозу на перших етапах їх органогенезу до рівня зернових колосових (озима пшениця, ячмінь тощо) практично неможливо. Отже, догляд за посівами кукурудзи, соняшнику та інших просапних культур має базуватися на раціональному поєднанні механічних і хімічних заходів контролювання чисельності бур'янів.

Агротехнічні заходи з участю сівозміни, обробітку ґрунту, добрив є й залишаться надалі провідними, а регламентоване застосування гербіцидів дасть змогу в найкоротші терміни змінити конкуренцію між культурними рослинами та бур'янами на користь перших.

Цікаво, що на початку 30-х років ХХ ст. провідний вчений-герботолог О. І. Мальцев не визнавав ролі гербіцидів у знищенні бур'янів, зокрема коренепаросткових. Незважаючи на це, вже в 1946—1947 рр. застосування 2,4-Д та його похідних у поєднанні з іншими агротехнічними за-

ходами дало змогу істотно знизити засміченість посівів злакових культур осотом рожевим, лободою білою, щирцею різних видів та іншими двосім'ядольними бур'янами. Але найефективнішими у знищенні цих та багатьох інших бур'янів стали синтезовані в 70-х роках ХХ ст. гербіциди — похідні фосфорнометилгліцинової кислоти — раундап, утал, фосулен тощо, за рахунок їх ефекту транслокації, тобто глибокого (до 80—100 см) проникнення у кореневу систему багаторічних бур'янів під час внесення в осінній період.

Останнім часом вчені-хіміки синтезували новий гербіцид для контролювання чисельності бур'янів у посівах кукурудзи — мерлін, що не потребує загортання у ґрунт і відзначається ефектом реактивації, тобто повторного відновлення фітотоксичної дії на бур'яни після випадання дощів. У разі підтвердження цих переваг він може стати технологічно зручним засобом контролювання бур'янів в умовах Степу.

На перспективу потребують прискорення наукові пошуки зі створення ефективних вімічних сполук, що провокують процеси проростання насіння бур'янів у ґрунті — гермінатори, або знижують його життєздатність — гербістати.

Незважаючи на постійне вдосконалення та розширення асортименту хімічних засобів, застосовуваних проти бур'янів, слід звернути увагу землекористувачів усіх категорій на необхідність покращення системи основного обробітку ґрунту, що складається з різноглибинного лушення стерні та наступної оранки на зяб. Вилучення із системи лушення стерні, особливо після ранніх попередників, настільки прискорює розвиток переважної більшості ярих бур'янів, що вже через 35—40 днів вони утворюють життєздатне насіння, яке згодом потрапляє в ґрунт. Враховуючи це, за малорічного типу забур'яненості посівів після збирання озимої пшениці, ячменю, гороху слід обов'язково лушити стерню дисковими лушильниками або важкими дисковими боронами на глибину 6—8 і 8—10 см.

Поле після стерньових попередників, яке засмічене коренепаростковими бур'янами, в умовах Степу треба обробляти плоскорізними знаряддями з підризувальними робочими органами (КПЭ-3,8; КР-4, 5; КПШ-5; КПШ-9 тощо) на глибину 12—14 см, а кореневищними (пирій повзучий) — важкими дисковими боронами у перехресних напрямках на 12—15 см, після чого орати на зяб або розпушувати ґрунт знаряддями типу ПГ-3—100. Лише чисті від бур'янів поля після збирання зернових колосових попередників можна обробляти на зяб без попереднього лушення (Матюха Л. П., 2001).

Необхідно посилити контролювання бур'янів у полі чорного пару шляхом поєднання глибоких 10—12 або 12—14 см ранньовесняних культиваций з мілким (3—4 см) обробітком його в літній період зубовими боронами або культиваторами, дообладнаними спареними лапами-бритвами. Такий догляд за паром дає змогу краще зберегти продуктивну вологу в посівному шарі ґрунту й істотно зменшити потенційну засміченість його насінням бур'янів.



Потребують поліпшення захисту від експансії коренепаросткових багаторічників агроценози сої та соняшнику — культур, для догляду за посівами яких поки що немає ефективних післясходових гербіцидів. Тут є два шляхи. Перший полягає у розміщенні їхніх посівів у ланці сівозміни: чорний пар — озима пшениця — соняшник (соя) за якісного догляду за паром і безполицевого обробітку (25—27 см) на зяб після збирання пшениці. Другий — у регламентованому використанні гербіцидів загальновинищувальної дії (раундап — 4—6 л/га) в системі основного обробітку ґрунту під посіви зазначених культур.

У сучасному землеробстві змінюються спеціалізація господарств, сівозміни, зростають обсяги мінімального обробітку ґрунту (мілкий, поверхневий, нульовий тощо). Але ці та інші нововведення не повинні затьмарювати сучасної теорії обробітку ґрунту, яка базується на тому, що в сівозміні він повинен бути диференційованим і різноглибинним (Примак І.Д., Єщенко В.О., Манько Ю.П. та ін., 2007).

Гербологів і екологів завжди цікавили запитання: звідки з'являються сегетальні бур'яни? Чому вони так досконало пристосовані до умов навколишнього середовища? І головне — як запобігти їх величезній шкодо-чинності? Встановлено, що найбільш поширені бур'яни утворилися з місцевої дикої флори внаслідок довготривалого обробітку людиною ґрунту. Значна частина їх (амброзія полинолиста, чорнощир звичайний, щиреця лободоподібна тощо) є адвентивними, тобто занесеними в ту чи іншу місцевість у процесі товарного обміну між державами.

Найбільш невибагливі й пристосовані до умов навколишнього середовища бур'яни (березка польова, гірчиця польова, лобода біла, мишій сизий та зелений, плоскуха звичайна, пирій повзучий, осот рожевий і жовтий польовий, гірчак березкоподібний тощо) є «космополітами». Вони розповсюджені практично на всіх континентах земної кулі. Інші, наприклад, галінсога дрібноквіткова, зірочник середній, метлюг звичайний, хвощ польовий та інші гідрофіли більше поширені в північно-західній, а геліотроп Стевенів, гірчак звичайний степовий, молокан татарський, портулак городній та інші сукуленти — у південно-східній частині Степу.

Адвентивні бур'яни, потрапляючи на нові території, проходять ряд стадій експансії: первинного проникнення, розселення та наступної натуралізації (Мосякін С. Л., 1996). Через послаблення контролю за цими процесами найбільш шкодо-чинні адвентивні бур'яни набули в Україні масового поширення. Так, чорнощир звичайний з перших локалітетів, датованих 1842 р., зайняв за майже 170 років практично всю територію України, за винятком карпатських лісів, а амброзія полинолиста за 75 років — всю територію Криму, а також 19-ти степових та лісостепових областей нашої країни.

Величезна насіннева продуктивність бур'янів (лобода біла — 700 тис. штук; щиреця звичайна — 1 млн 70 тис.; щиреця біла — 6 млн), довготривале збереження ними життєздатності в ґрунті (лобода біла — 38 ро-

ків, амброзія полинолиста і щиряця звичайна — 40; березка польова — 50 років); здатність відростати після скошування, а також регенерувати (утворювати нові паростки) з великої глибини (осот жовтий — 1 м; осот рожевий польовий — 1, 6 м) і багато інших відсутніх у культурних рослин біологічних особливостей потребують постійного контролювання процесів засміченості ґрунту насінням та посівів вегетуючими бур'янами.

Слід відновити заходи знищення бур'янів на необроблених землях шляхом неглибокого їх переорювання або дискування, культивації, скошування, обробки гербіцидами та залуження сумішками багаторічних трав; організувати за відновлення тваринництва правильне зберігання ущільненим способом підстилкового гною, розмелювати засмічені насінням бур'янів зернові відходи і запарювати грубі корми; вчасно й ретельно очищати зернозбиральну та ґрунтообробну техніку, насінницькі токи тощо.

Історія землеробства засвідчує, що для контролю присутності бур'янів в агробіоценозах використовувалися переважно механічні винищувальні заходи, пов'язані з обробітком ґрунту. Проте ці заходи не завжди були ефективними, тому що їх протибур'янова дія значно залежить від екологічних чинників. Відкриття гербіцидів революціонізувало землеробство. Зараз хімічний метод контролювання бур'янів посідає важливе місце у практиці землеробства.

Актуальною проблемою сучасного землеробства є небезпека забруднення довкілля пестицидами через неправильне їх використання. Наприклад, частка колишнього СРСР становила 6—7 % від світового обсягу використання пестицидів; США — 26, західноєвропейських країн — 25 %. Але саме в СРСР проблема забруднення довкілля постала особливо гостро (Каспаров В. А., Промоненков В. К., 1990), оскільки через ряд об'єктивних і суб'єктивних причин аграрний сектор повторював пройдений капіталістичними країнами безперспективний шлях індустріалізації сільського господарства, його нестримної екологічно неконтрольованої хімізації і гонитви за нарощуванням обсягів виробництва будь-якими методами. На жаль, у нас майже не враховувався досвід країн, які змінили підхід до розвитку сільського господарства.

Дуже важливим аспектом цієї проблеми є й те, що в країнах, утворених після розпаду СРСР, існує небезпека перебільшення норм залишкової кількості хімікатів у продуктах харчування, у тому числі через їх некваліфіковане застосування.

Висока стійкість багатьох пестицидів призводить до глибоких змін в екосистемах, що негативно впливає на здоров'я людини (Яблоков А. В., 1988).

Пестициди можуть накопичуватися в живих організмах у кількостях, які в сотні і навіть тисячі разів перевищують їх вміст у навколишньому середовищі.

Найбільшу небезпеку становлять наслідки дії пестицидів. Найбільш уразливою і чутливою тест-системою є клітина людини.

Багато із пестицидів потрапляють в організм на ранніх етапах його ембріонального розвитку з повітрям, водою, продуктами харчування. Вони можуть накопичуватися в репродуктивних органах і негативно впливати на процес розмноження. При цьому може збільшуватися кількість загиблих ембріонів, з'являтися виродки, змінюватися статеві структури популяції, зростає кількість випадків народження неповноцінних дітей.

Пестициди пригнічують біологічну активність ґрунтів і перешкоджають природному відновленню їх родючості. Великих втрат завдає сільському господарству знищення комах-запилювачів. Адаже 80 % усіх рослин запилюється комахами, тому без них різко знижується врожай. Зараз практично в усіх регіонах чисельність запилювачів дуже мала.

Обробка пестицидами може спричинити появу мутацій, що змінюють генетичну чистоту високопродуктивних сортів сільськогосподарських культур. Під їх дією порушується співвідношення різних мікро- і макроелементів у рослинах, внаслідок чого втрачається харчова цінність і знижується якість продуктів, що, як правило, утруднює зберігання зібраного врожаю. До екологічних проблем застосування гербіцидів відносять явище резистентності, тобто з'явлення серед бур'янових видів популяцій, стійких до препаратів, особливо за тривалого систематичного внесення одного гербіциду, до того ж в субоптимальній дозі.

Безперечно, контроль за бур'янами за допомогою гербіцидів — високоефективний захід, але накопичення і перетворення хімікатів у природному середовищі й організмах може спричинити небажані наслідки.

Щоб зменшити екологічну небезпечність гербіцидів, останнім часом поліпшується склад препаратів і розширюється їх асортимент. Менш ефективні препарати замінюються більш ефективними, високо-селективними і безпечними для навколишнього середовища засобами.

Удосконалюються технології застосування гербіцидів. Щоб запобігти небезпеці пошкодження культури, потрібно добре підготувати ґрунт, правильно вибрати строки їх внесення у сприятливих погодних умовах. Вважають екологічно доцільним застосування 2—3-кратного обприскування малими дозами в строки найбільшої чутливості сходів бур'янів до препаратів замість однократної обробки великими дозами.

За допомогою спеціальної апаратури забезпечують селективність обробки. У практиці сільськогосподарського виробництва використовують обприскувачі зі спеціальними захисними щитками, рециркуляційні обприскувачі, машини «гнотового» типу для контактного нанесення гербіциду на бур'яни.

Застосовуються спеціальні сполуки, що нейтралізують токсичність гербіцидів для культурних рослин. Вони включають адсорбенти, які запобігають контакту культури з гербіцидами (активоване вугілля, глини, іонообмінні смоли і т.п.), та антидоти — сполуки, що знешкоджують гербіциди в тканинах культурної рослини і не впливають на гербіцидну активність проти бур'янів.

Стійкість сільськогосподарських культур до гербіцидів зростає завдяки попередньому їх застосуванню в дозах до 10 % від рекомендованої. При цьому збільшується кількість ферментів, які беруть участь у детоксикації гербіцидів у тканинах культурних рослин.

Велика увага надається селекції культурних рослин на стійкість до гербіцидів. Вважають, що проблема виведення стійких до гербіцидів сортів актуальніша, ніж створення нових препаратів. В останні роки методи генної інженерії та культури клітин використовують для створення стійких до гербіцидів культурних рослин.

Зовсім відмовитися від використання гербіцидів не можна, оскільки вони все-таки забезпечують приріст врожаю 1—2,5 т/га зерна (Фадєєв Ю. Н., 1988), а високоефективних альтернативних засобів поки що не існує.

Неодмінною умовою захисту довкілля є безумовне і акуратне дотримання всіх регламентів щодо застосування пестицидів — норм внесення, строків, способів тощо. Необхідно також дотримуватися рекомендацій щодо використання площ, оброблених пестицидами, а також продукції, отриманої з цих площ. Так, у разі застосування гербіцидів із тривалим строком дії препаратів, у складі яких є симазин, атразин тощо, поле в наступному році можна використовувати тільки для вирощування культур, стійких до застосовуваних гербіцидів — кукурудзи після кукурудзи, гороху після кукурудзи і т.д.

Наступним важливим аспектом є суворе дотримання ГДК препаратів у продукції, ґрунті, воді, робочій зоні застосування гербіциду. З одного боку, це запобігає можливому негативному впливу на здоров'я людей, що працюють на обробленій території, споживають продукцію, вирощену на ній, із другого — унеможливає перенесення препаратів з місць з високою концентрацією в місця з меншою.

Чимало уваги приділяється й дотриманню положень МДР — максимально допустимих рівнів дозволених препаратів не тільки безпосередньо в продукції рослинництва, але й у продуктах харчування, виготовлених з неї (наприклад, молоко, м'ясо, яйця, цукор, борошно, тютюнові вироби). Особливо необхідно слідкувати за МДР в дієтичних продуктах.

Обов'язковим чинником, який забезпечує охорону навколишнього середовища, є дотримання «Інструкції з техніки безпеки під час зберігання транспортування й застосування пестицидів у сільському господарстві» (1985). У цій інструкції вказуються правила перевезення пестицидів, конструкції складів для них, відстані від останніх до населених пунктів та тваринницьких приміщень, положення про захисні смуги. Під час обприскування наземним та авіаційним способами полів, де поряд ростуть чутливі до гербіцидів культури, треба дотримуватись захисних смуг шириною 300—2000 м. Такі захисні смуги залишають також вздовж річок, навколо озер та ставків.

Нарешті, існують правила виходу людей на ділянки, оброблені пестицидами. Авіаобприскування проводять не ближче як 1 км до житла.

Повідомлення про застосування пестицидів по місцевому радіомовленню зменшує небезпеку отруєння людей, свійських тварин, бджіл.

Пестициди і зокрема гербіциди належать до біологічно активних речовин. Деякі з них діють не тільки на рослини, мікроорганізми або комахи, проти яких їх застосовують, але й впливають на інші організми. Крім того що окремі гербіциди мають чітко виражені фунгіцидні та інсектицидні властивості, багато з них впливають на фауну водосховищ, річок, морів та океанів, на теплокровних тварин, а також людину. Цей вплив може бути дуже різноманітним, і його негативні прояви докладно вивчаються, розробляються заходи протидії. Гербіциди, які мають негативний вплив на людей, теплокровних тварин та інші організми, не допускаються до застосування.

Препарати, застосування яких із тих чи інших причин не може бути негайно припинено, незважаючи на їх негативний вплив на довкілля, суворо регламентуються, обмежуються у використанні. З часом вони будуть поступово замінені іншими, безпечнішими.

Застосування хімічних речовин для захисту рослин з кожним роком збільшується, і як наслідок спостерігається посилення негативного впливу на навколишнє середовище: забруднюється атмосфера, ґрунт, водні басейни й ріки; залишки хімічних засобів захисту нагромаджуються в харчових продуктах та кормах. Водночас виникають нові форми організмів, стійких до препаратів, які проти них застосовують.

У біоценозах збільшується кількість нових шкідливих видів, проти яких традиційно використовувані препарати не діють. Це призводить до зростання норми пестицидів, забруднення довкілля.

Проблема забруднення навколишнього середовища гербіцидами набула такого значення ще й тому, що за сучасних способів застосування лише незначна їх частина використовується за призначенням — потрапляє безпосередньо в рослини, які необхідно знищити. Значна частина хімічних засобів збільшує забруднення ландшафту під час обробки, а також після змивання гербіцидів опадами, перенесення ґрунтовими водами та рослинами після відмирання чи збирання врожаю.

Заслуговує на увагу і той факт, що в цілому стійкі до окремих гербіцидів рослини (так звані *організми-концентратори*) можуть акумулювати їх у своїх органах у більш високих концентраціях, ніж вони перебувають у навколишньому середовищі. Іноді відносно малотоксичні і нестійкі речовини, потрапляючи в ґрунт, внаслідок хімічних і біологічних процесів перетворюються у більш стійкі, складні або токсичні метаболіти. Наприклад, препарати групи 2,4—Д, що широко застосовуються для хімічного прополювання зернових культур, середньотоксичні для теплокровних тварин, а в ґрунті та рослинах можуть за певних умов перетворюватися у сильнотоксичні сполуки. Хлороподібні фенілсечовини, фенілкарбамати, ациланіліди, речовини середньо- або малотоксичні, перетворюються у високотоксичні хлораніліни.

Утворені речовини своєю активністю не вражають об'єкти, проти яких застосовуються.

З більшістю гербіцидів, внесених у ґрунт або по вегетуючих рослинах, відбувається детоксикація, тобто процес перетворення фізіологічно активних сполук в нетоксичні шляхом розкладу або утворення нетоксичної речовини. Процес детоксикації відбувається під впливом фізичних, фізико-хімічних, хімічних та біологічних чинників. Сюди належать термічний та фотохімічний розклад гербіцидів, гідроліз та інші хімічні перетворення, фотоліз та інші шляхи метаболізму в рослинах, метаболізм мікроорганізмами та мезофауною ґрунту, катаболізм ґрунтовими ферментами.

У навколишньому середовищі відбувається також процес інактивації гербіцидів, який, крім детоксикації, охоплює й деякі інші способи послаблення їх фітотоксичної дії на оброблюваній площі, не виключаючи при цьому пошкодження рослин в інших місцях або в інший час. Так, вивітрювання препаратів із поверхні рослин або ґрунту, випаровування їх разом з водяною парою зменшує пошкодження гербіцидами в місці внесення, але може бути шкідливим для чутливих рослин, що ростуть недалеко, особливо за наявності вітру. Таке пошкодження виноградників, плантацій соняшнику та інших чутливих до 2,4-Д культур траплялося у південних районах України.

До тимчасової інактивації можна віднести також сорбцію гербіцидів ґрунтовими колоїдами. У разі зміни фізико-хімічного стану або вологості поглинуті ґрунтовим вбирним комплексом (ГВК) ґрунту гербіциди можуть знову надходити в ґрунтовий розчин і проявляти свою фітотоксичність. Таке явище спостерігається під час застосування триазинів, що повільно розкладаються, а їхня післядія в наступні роки дуже залежить від вологості ґрунту та фізико-хімічних процесів.

Вимивання гербіцидів за межі кореневмісного шару і винесення ґрунтовими водами сприяє перенесенню їх в інші місця ландшафту. Якщо при цьому паралельно не відбувається процес детоксикації, це призводить до їх нагромадження, особливо у понижених місцях рельєфу та водному середовищі.

Застосування стійких препаратів у великій кількості на значних площах, які є водозбірними для тих чи інших басейнів, є причиною змивання їх талими, дощовими водами і перенесення — ґрунтовими. Водні басейни — річки, озера, ставки, водосховища, моря — є кінцевим притулком хімічних речовин, у тому числі й гербіцидів. Деякі з них навіть за низьких концентрацій змінюють органолептичні властивості води — смак, запах. Це водночас може вплинути на харчові властивості риби, м'яса або навіть стати причиною їх непридатності для споживання.

Одним з негативних наслідків забруднення довкілля є процес біологічної концентрації залишків пестицидів. Похідні симетричного триазину хоч і належать до малотоксичних сполук, є небезпечними

для тварин та людини через їх повільний розклад та комулятивні властивості. Під їх впливом відбуваються різні негативні зміни в організмі.

Гербіциди спричиняють гострі отруєння тільки за явного порушення заходів безпеки або вживання в їжу продуктів з підвищеною кількістю залишків.

Щоб уникнути негативних наслідків або звести їх до мінімуму, необхідно знати умови, що сприяють детоксикації та інактивації гербіцидів. Відомо, що ступінь нагромадження стійких препаратів залежить від типу ґрунту, його гранулометричного складу, вологості, температури, активності мікробіологічних процесів тощо.

На легких ґрунтах вносять менші норми препаратів і вміст їх порівняно швидко зменшується. На важких за гранулометричним складом ґрунтах доводиться вносити вищі норми гербіцидів, тому що вони тут більше абсорбуються, одночасно і розкладаються вони за цих умов повільніше. Висока температура та вологість, тривалий теплий період сприяють швидкій детоксикації гербіцидів, інтенсивний механічний обробіток ґрунту теж діє в цьому напрямі.

Шляхи перетворення гербіцидів, що потрапляють у ґрунт та на його поверхню, дуже різноманітні. Деякі з них можуть розкладатися під впливом сонячного світла (2,4-Д, трефлан, реглон), що потрібно обов'язково враховувати у виробничій практиці. Наприклад, трефлан відразу після внесення загортають у ґрунт, тому що через кілька годин перебування на поверхні він значно втрачає свої гербіцидні властивості.

Варто зважати й на рівень токсичності деяких гербіцидів. Він може зменшуватися через леткість або високу розчинність препаратів у воді. Так, значна леткість ептаму, ерадикану, аліроксу може бути настільки вагомою причиною втрат цих препаратів з поверхні ґрунту, що ефективність їх дії на бур'яни різко знижується.

Однак найважливішим фактором детоксикації гербіцидів є їх розклад мікроорганізмами. У цьому процесі, очевидно, беруть участь усі групи ґрунтових мікроорганізмів: гриби, актиноміцети, бактерії, але найбільше вивчено бактеріальний розклад гербіцидів. Встановлено, що гербіциди пригнічують життєдіяльність деяких груп мікроорганізмів і впливають на зміну мікробного ценозу ґрунту. Проте за хімічного прополювання оптимальними нормами гербіцидів порушення мікробіологічного режиму є незначними, і досить швидко ґрунти повертаються до попереднього стану.

Руйнування гербіцидів мікроорганізмами залежить від їх хімічного складу. Є сполуки, які внаслідок сукупності причин розкладу (фотохімічного, хімічного і мікробіологічного) руйнуються і втрачають фітотоксичність через кілька днів після внесення (гліфосат, реглон). Такі препарати застосовуються найчастіше за безполіцевого обробітку ґрунту і необхідності знищення бур'янів і післяукісних решток попередника. Наприклад, за сівби зернових без обробітку ґрунту по пласту

люцерни її післяукісні рештки знищують реглоном. Є гербіциди, мікробіологічний розклад яких відбувається дуже повільно і триває кілька років (симазин, пропазин, діурон, тордон).

Швидкість розкладу гербіцидів залежить від їх препаратних форм і способів внесення. Процес детоксикації відбувається найшвидше, якщо препарат наноситься на поверхню ґрунту у вигляді емульсії. За внесення гербіцидів у ґрунт цей процес сповільнюється. Внесення гербіцидів у вигляді гранул також затримує їх детоксикацію. Екологічно безпечним способом внесення гербіцидів є їх введення в склад суміші для дражування насіння культурних рослин.

Значно зменшується кількість гербіцидів у ґрунті і навколишньому середовищі також за внесення їх стрічковим способом, що широко практикується на просапних культурах, в садах та на виноградниках. Широко застосовують з цією метою і способи локального внесення гербіцидів — обприскування окремих рослин або їх гнізд та пристовбурних кругів, нанесення гербіцидів на бур'яни за допомогою постійно змочуваного полотна.

Сучасним досягненням у справі екологізації виробництва можна вважати і місцевизначення внесення гербіцидів за технологій точного землеробства, коли обприскувач за допомогою сенсорних пристроїв сам включається і вносить робочий розчин тільки в тих місцях поля, де рясність бур'янів перевищує заданий програмою пороговий рівень. На тих ділянках поля, де бур'яни відсутні чи наявні з рясністю, меншою від порогового рівня, пристрій виключає обприскувач під час його руху на полі. Проте ця технологія не знайшла широкої практики у виробництві через високу вартість обладнання.

В.П. Васильєвим запропонована методика оцінки небезпеки фактичного чи очікуваного рівня забрудненості довкілля пестицидами, зокрема і гербіцидами.

Показником цієї небезпеки слугує агроекотоксикологічний індекс АЕТІ, розрахований за моделлю:

$$\text{АЕТІ} = \frac{10 \cdot v \cdot (1 + v)^3}{(1 + v)^4 + 5000},$$

де  $v$  — забруднення навколишнього середовища пестицидами, виражене навантаженням їх на агроландшафт за сезон з урахуванням їх екотоксикологічної небезпеки, умовні кг/га.

Ці навантаження визначають за моделлю:

$$V = \frac{D_{\text{ект}}}{Q \cdot I_{\text{co}}} \text{ кг/га,}$$

де  $D_{\text{ект}}$  — екотоксикологічна доза, кг/га;  $Q$  — середньозважений ступінь небезпеки забруднення екосистеми вибраними для застосування



або фактично застосованими пестицидами;  $I_{co}$  — толерантність території до пестицидного навантаження, що виражається індексом здатності земельних угідь до самоочищення, у балах від 0 до 1. За величини індексу  $I_{co} < 0,20$ ;  $0,20—0,4$ ;  $0,41—0,6$ ;  $0,61—0,8$   $> 0,8$  здатність земельних угідь до самоочищення відповідно дуже слабка, помірна, інтенсивна і дуже інтенсивна.

Для умов України величина  $I_{co}$  варіює від 0,23 (сухий Степ) до 0,78 (Закарпаття). Для окремих природно-сільськогосподарських зон і провінцій величину  $I_{co}$  наведено у таблиці 52. Вона залежить від інтенсивності процесів фізико-хімічного та мікробіологічного розкладу в ґрунті пестицидів, які обумовлені типом ґрунту та гідротермічними умовами зони (ГТК).

Таблиця 52

**ЗОНАЛЬНІ ІНДЕКСИ САМООЧИЩЕННЯ ( $I_{co}$ ) АГРОЛАНДШАФТІВ ВІД ПЕСТИЦИДІВ В УКРАЇНІ**

Зона, провінція	Типи ґрунтів	ГТК	$I_{co}$
I. Полісся	дерново-підзолисті	2—1,6	0,50
II. Лісостеп західний центральний, правобережний лівобережний	сірі опідзолені	1,6—1,4	0,60
	чорноземи малогумусні типові	1,4—1,6	0,55
	чорноземи звичайні середньогумусні	1,2—1,1	0,7
III. Степ північний	чорнозем південний звичайний малогумусний	0,8	0,50
	південний	чорнозем середньогумусний	0,8—0,7
Донецька провінція Сухостепова провінція	чорнозем звичайний малогумусний	0,9	0,38
	чорнозем південний карбонатний	0,6—0,5	0,23
IV. Карпати: передгірська	бурувато-підзолисті	2,4	0,75
Закарпаття	буроземи	2,6	0,78
V. Гірський Крим: — передгірська — південнобережна	чорнозем південний карбонатний	1—0,7	0,38
	червоно-коричневі	0,5	0,30

Величину екотоксикологічної дози ( $D_{ект}$ ) визначають середнім навантаженням передбачених чи фактично внесених пестицидів на територію агроландшафту чи окремого угіддя:

$$D_{\text{ект}} = \frac{M}{S} \text{ кг/га,}$$

де  $S$  — загальна площа ландшафту чи ріллі, га;  $M$  — загальна кількість всіх застосованих пестицидів на площу  $S$ , кг.

Величину середньозваженого ступеня небезпеки забруднення екосистеми вибраними або фактично застосованими пестицидами ( $Q$ ) розраховують за моделлю:

$$Q = \frac{\sum_{n=1}^N C_{\text{небезпеки}} m_n}{\sum_{n=1}^N m_n},$$

де  $C_{\text{небезпеки}}$  — інтегральний ступінь небезпечності конкретного пестициду, балів;  $m$  — планова чи фактично внесена кількість кожного пестициду на всю площу  $S$ , кг.

Інтегральний ступінь небезпечності конкретного пестициду визначають за таблицею 53 її інтегральної класифікації для пестицидів.

Таблиця 53

**ІНТЕГРАЛЬНА КЛАСИФІКАЦІЯ НЕБЕЗПЕЧНОСТІ ПЕСТИЦИДІВ**

Категорія за токсикогігієнічною класифікацією, $K_a$	Категорія за екотоксикологічною класифікацією, $K_b$			
	I	II	III	IV
I	1	2	3	4
II	2	3	4	5
III	3	4	5	6
IV	4	5	6	7

Щоб визначити інтегральний ступінь небезпечності пестициду, потрібно дізнатись про класи небезпечності його за двома категоріями — за токсикогігієнічною ( $K_a$ ) і за екотоксикологічною ( $K_b$ ) класифікаціями. Інтегральний ступінь небезпечності пестициду на одиницю менше від суми модулів вказаних категорій:  $C = (K_a + K_b) - 1$ . Наприклад, гербіциду екам, який має величини  $K_a = 3$  і  $K_b = 3$ , властивий інтегральний ступінь небезпечності 5 ( $3 + 3 - 1$ ). Існує шкала для оцінки пестицидів за величиною критерію  $C$ : за величини  $C = 1-2$  — надзвичайно небезпечний, 3 — небезпечний, 4—5 — помірно небезпечний і 6—7 — малонебезпечний.

Для прикладу визначимо АЕТІ у випадку захисту цукрових буряків від бур'янів за умови внесення на полі під передпосівний обробіток

грунту гербіциду дуал 1,6 кг/га, трьох обприскувань по сходах бур'янів гербіцидом бетанал-експерт 0,3+0,3+0,4 л/га та гербіцидом центуріон 0,9 кг/га. Господарство розташоване у Правобережному Ліссестепу на чорноземах типових малогуmusних з ГТК 1,5.

Інтегральні ступені небезпечності вказаних гербіцидів становлять: дуал — 4, бетанал-експерт — 5, центуріон — 4.  $I_{co}$  (індекс здатності земельних угідь до самоочищення) для зональних умов = 0,55. Розрахунки проведемо для обробленої гербіцидами площі ріллі 1 га. У цьому випадку:

$$D_{\text{ект}} = \frac{\sum (1,6 + 0,3 + 0,3 + 0,4 + 0,9) \text{к}}{1} = 3,5 \text{ кг/га,}$$

$$Q = \frac{\sum (4 \cdot 1,6 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,3 + 5 \cdot 0,4 + 4 \cdot 0,9)}{3,5} = 4,28,$$

$$V = \frac{3,5}{4,28 \cdot 0,55} = \frac{3,5}{0,55} = 1,49 \text{ кг/га.}$$

$$\text{АЕТІ} = \frac{10 \cdot 1,49(1+1,49)^3}{(1+1,49)^4 + 5000} = \frac{14,9 \cdot 15,43}{38 + 5000} = \frac{230}{5038} = 0,04.$$

Для оцінки небезпеки забруднення довкілля пестицидами слугує така шкала показників АЕТІ: 0 — < 1 — малонебезпечна; 1—4 — середня небезпека; 5—7 — підвищена небезпека; 8—10 — велика небезпека.

У нашому прикладі застосування вказаних гербіцидів виявилось малонебезпечним. Такі розрахунки дозволяють застерегти небезпеку забруднення довкілля пестицидами, вносячи в складену систему їх застосування необхідні корективи.

Системою землеробства називають науково обґрунтований комплекс взаємопов'язаних агротехнічних, меліоративних, ґрунтозахисних і організаційно-економічних заходів, спрямованих на ефективне використання ґрунту, кліматичних ресурсів, біологічного потенціалу рослин з метою отримання стабільних і економічно доцільних урожаїв сільськогосподарських культур належної якості за умов підвищення родючості ґрунту і дотримання екологічної безпеки довкілля та вирощеної продукції. Кожна система землеробства характеризується двома найважливішими агрономічними ознаками: способом використання землі, вираженим співвідношенням земельних угідь та структурою посівних площ, і способом збереження та підвищення родючості ґрунту. Рушійною силою безперервного розвитку систем землеробства є протиріччя між консервативністю природних властивостей ґрунту як основного засобу виробництва в галузі і об'єктивною необхідністю підвищення його продуктивності. У процесі розв'язання цього протиріччя в суспільстві змінюються і вказані основні агрономічні ознаки системи землеробства.

У структурі посівних площ ці зміни стосуються, головним чином, співвідношення між посівами зернових, кормових і технічних культур, між культурами вузькорядного способу сівби і просапними. З розвитком науки, економічних ресурсів суспільства вдосконалення зазнає і спосіб підвищення родючості ґрунту: поряд із засобами її природного відтворення (травосіяння, впровадження парів) широкого застосування набувають промислові (мінеральні добрива, меліорація, механічний обробіток ґрунту і т.д.).

Поступальний розвиток систем землеробства відбувається за відомими законами землеробства. Окрім того, є і спеціальні закони, яким підпорядковується цей розвиток:

1. Закон біотехнологічного пріоритету в розвитку землеробства полягає в обумовленості кількісних меж продукційного процесу в конкретних зональних умовах екологічними та біологічними факторами — кліматом, зокрема фотосинтетично активною радіацією, родючістю ґрунту, біологічним потенціалом вирощуваних рослин. Кожній ґрунтово-кліматичній зоні відповідає абсолютно конкретна потенційна величина створюваного землеробського продукту, яка має незначні кількісні коливання і може бути прийнята за константу. Цей закон регламентує зональність систем землеробства з відповідною структурою посівних площ.

2. Закон детермінації реальної продуктивності ріллі в межах ґрунтово-кліматичної зони екологічним потенціалом конкретного агроландшафту обґрунтовує об'єктивну необхідність адаптивних систем землеробства, для побудови яких враховують інформацію про основні його екологічні нормативи, що дозволять досягти зональної потенціальної величини якісного землеробського продукту. Такими нормативами є допуски балансу гумусу, агрофільних елементів, твердого стоку і дефляції ґрунту, фітосанітарного стану, забруднення ландшафту ксенобіотиками тощо.

3. Закон адекватності розвитку землеробства і тваринництва зобов'язує для відтворення родючості ґрунту повернути в нього до 3/4 біомаси створеного урожаю після використання її у тваринництві. На виконання вимог перелічених законів та за основними агрономічними ознаками сучасні системи землеробства в Україні мають наступну агрономічну класифікацію (табл. 54)

*Таблиця 54*

**ВІТЧИЗНЯНА КЛАСИФІКАЦІЯ  
ЗОНАЛЬНИХ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Системи землеробства	Структура посівних площ	Способи відтворення родючості ґрунту	Зони поширення
1. Плодозмінна	До половини площі ріллі займають зернові, а решта її площі — бобові і просапні культури, а також технічні непросапні	Поєднання природних (органічні добрива, посіви багаторічних трав і сидеральних культур) і промислових засобів (мінеральні добрива, меліоранти)	Полісся, Лісостеп
2. Травопільна	До половини площі ріллі під багаторічними травами, решта — під посівами зернових, зернобобових і технічних культур	Головним засобом відтворення родючості ґрунту слугують посіви багаторічних трав, а допоміжним — внесення органічних і мінеральних добрив меліорантів	Полісся
3. Зернопросапна	Більше половини площі ріллі під зерновими, решта — під просапними, кормовими і технічними культурами	Пріоритетне значення має застосування мінеральних добрив	Лісостеп, степ

Закінчення табл. 54

Системи землеробства	Структура посівних площ	Способи відтворення родючості ґрунту	Зони поширення
4. Зернопаро-просапна	Більше половини ріллі площі під зерновими та зернобобовими, решта — під просапними культурами і чистим паром	Поєднання природних засобів (чистий пар, органічні добрива) з інтенсивним використанням промислових засобів (мінеральні добрива, меліоранти, зрошення)	Степ
5. Ґрунтозахисна	Заснована на травопільних сівозмінах, використанні кулісних культур, смугового розміщення посівів	Ґрунтозахисні вологозберігаючі заходи обробітку ґрунту, органічні і мінеральні добрива, багаторічні трави	У районах поширення водної і вітрової ерозії в усіх зонах України

Для вибору необхідного варіанту серед перелічених в агрономічній класифікації систем землеробства доцільно скористатися існуючим районуванням території України (табл. 55), відповідно до якого виділено 7 природно-сільськогосподарських зон, основними ознаками яких є зональні типи і підтипи ґрунтів, особливості кліматичних умов, співвідношення земельних угідь і пов'язана з ними спеціалізація сільського господарства. В межах зон виділено 19 провінцій, що характеризуються особливими гідротермічними умовами. У зв'язку з цим, кожна провінція відрізняється набором сільськогосподарських культур і технологією їх вирощування.

На території провінцій виділений 31 природно-сільськогосподарський округ за типом рельєфу, особливостями ґрунтотворних порід і агрокліматичних показників. Найменшою таксономічною одиницею за вказаного районування на тлі округів названо 198 природно-сільськогосподарських районів з урахуванням в їх межах головних показників ґрунтів, що впливають на урожайність культур: гранулометричний склад, зволоженість території, еродованість. У природно-сільськогосподарському районі об'єднані території з найбільш однорідними екологічними умовами в агроландшафтах. Допуски варіювання суми активних температур тут не перевищують  $\pm 100\text{--}200$  °С, величини ГТК  $\pm 0,1\text{--}0,2$ .

Таблиця 55

**ПРИРОДНО-СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКЕ  
РАЙОНУВАННЯ УКРАЇНИ (Носко Б.С, 1985)**

Зона	Провінції	Адміністративні області
1. Полісся	1. Західне	Рівне, Волинь, Львів, Хмельницький
	2. Правобережне	Київ, Житомир
	3. Лівобережне	Чернігів, Суми
2. Лісостеп	4. Західний	Рівне, Волинь, Львів, Івано-Франківськ, Хмельницький, Тернопіль
	5. Правобережний	Київ, Черкаси, Житомир, Кіровоград, Вінниця
	6. Лівобережний	Харків, Суми, Полтава, Київ, Чернігів, Черкаси
3. Степ	7. Придунайський	Одеса
	8. Правобережний	Дніпропетровськ, Кіровоград, Миколаїв
	9. Лівобережний	Харків, Луганськ, Донецьк, Дніпропетровськ, Запоріжжя
4. Посушливий степ	10. Степ посушливий придунайський	Одеса
	11. Степ посушливий правобережний	Миколаїв, Херсон
	12. Степ посушливий лівобережний	Донецьк, Запоріжжя
	13. Північно-Кримський	Північ АРК
5. Сухий Степ	14. Присиваський	Херсон, Запоріжжя
6. Карпатська гірська	15. Передкарпатська	Чернівці, Івано-Франківськ
	16. Карпати	Закарпатська, Львів, Івано-Франківськ
	17. Закарпаття	Закарпатська
7. Кримська гірська	18. Кримські гори і передгір'я	Південь АРК
	19. Південний берег Криму	Побережжя Чорного моря

У зв'язку з об'єктивною суспільною необхідністю постійного зростання продуктивності ріллі еволюція систем землеробства в історичному плані відбувається в напрямку їх інтенсифікації — збільшення витрат засобів виробництва та їх окупності приростами урожаю. Інтенсифікація землеробства стає можливою під впливом трьох основних факторів:

1) визначальних екологічних, які проявляють себе в розширеному відтворенні родючості ґрунту;

2) економічних, роль яких зростає разом зі зростанням технічних можливостей суспільства;

3) наукових, які проявляються у впровадженні наукових досягнень, зокрема інтенсивних технологій вирощування сільськогосподарських культур.

Багатогранне поєднання агрономічних ознак і перелічених факторів інтенсифікації розвитку землеробства зумовлює концепцію диференційованих зональних і адаптивних його систем та недопустимість їх уніфікації навіть у межах одного господарства з різними агроландшафтами. Для ідентифікації варіантів систем землеробства за ознакою їх інтенсивності слугує їх економічна класифікація за двома ознаками — способом використання землі, який виявляється часткою використання її під ріллю та досягнутою продуктивністю її і ступенем витрат на застосування засобів відтворення родючості ґрунту (табл. 56).

Поєднання агрономічних і економічних ознак галузі землеробства створює варіанти зональних і адаптивних його систем з різним рівнем інтенсивності, які зможуть знайти реалізацію в господарствах залежно від спеціалізації, екологічних умов агроландшафтів і технічних можливостей. Разом з тим, широка світова практика інтенсивного техногенно-хімічного землеробства в кінці минулого століття спричинила порушення екологічної рівноваги агроландшафтів, посилення ерозійних процесів, накопичення в ґрунті токсичних речовин, погіршення якості і безпеки вирощеної продукції. Внаслідок незбалансованого застосування мінеральних добрив мало місце явище агрофізичної деградації ґрунтів, зниження їх потенційної і ефективної родючості. Взаємодія мінеральних добрив, серед яких переважають солі одновалентних катіонів, з ґрунтом у разі порушення оптимального співвідношення між кількістю внесених органічних і мінеральних добрив призводить до витіснення з ГВК іонів кальцію та інших двовалентних катіонів — оберегів ґрунтової родючості. У цих умовах відбувається диспергація гумусу, посилена його мінералізація, дегуміфікація ґрунту. Встановлено, що оптимальне співвідношення між кількістю органічних і мінеральних добрив, внесення яких не призводить до негативних змін ґрунтів, становить не більше 15 кг діючої речовини мінеральних туків на 1 т органічних добрив. Ця величина дістала назву «індекс екологізації землеробства».



Таблиця 56

**ЕКОНОМІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Система землеробства	Спосіб використання землі та її продуктивність	Застосування засобів відтворення родючості ґрунту
1. Примітивні (заліжна, перелогова, підсічно-вогнева, лісопилна)	В обробітку під посівом незначна частка до 20—25 % придатних для оранки земель, низька продуктивність ріллі	Родючість ґрунту відновлювалась природним шляхом, без застосування агротехнічних засобів, залишенням землі під заліж або переліг
2. Екстенсивні (парова)	Рілля займає більше половини придатних земель і використовується в основному для вирощування зернових культур. Урожайність культур нижча біокліматичних ресурсів	Для відновлення родючості ґрунту слугує поле чистого пару, внесення органічних добрив, без застосування промислових засобів
3. Перехідні (зерно-трав'яні)	Ріллю використовують для вирощування тільки зернових культур на половині її площі і багаторічних кормових трав — на іншій половині. Майже всі придатні землі зайняті ріллею. Урожайність культур поступається їх біокліматичному потенціалу	Родючість ґрунту відновлюють за допомогою багаторічних трав і частково внесення мінеральних добрив. Ступінь застосування їх невисокий
4. Інтенсивні (сучасні зональні системи землеробства)	Під ріллею зайнята вся площа придатних для оранки земель. Посівна площа вирощуваних культур переважає площу ріллі за рахунок проміжних посівів. У структурі посівів більша частина їх площі зайнята інтенсивними зерновими і технічними просапними культурами, які вимагають високих витрат праці і засобів. Галузь характеризується досягненням продуктивності ріллі, адекватної біокліматичному потенціалу агроландшафтів та їх ресурсному забезпеченню	Високий ступінь витрат на застосування промислових засобів. Відтворення родючості ґрунту з високою окупністю їх приростами урожаю

Актуальність уникнення вказаних негативних явищ зумовила пошуки альтернативних систем землеробства. Об'єктивним напрямом такого пошуку стала екологізація галузі, складовими якої є екологічно обґрунтовані елементи системи землеробства. Пріоритетами в екологічній системі землеробства мусять бути оптимізація внесення органічних добрив з використанням для цього їх можливих ресурсів: гною, компостів, нетоварної частини біологічного урожаю вирощуваних культур і зеленої маси сидеральних посівів, ґрунтозахисна система обробітку ґрунту, екологічно обґрунтована система захисту рослин від шкідливих організмів. При цьому екологічна система землеробства не протиставляє природні ресурси антропогенним, але робить галузь природовідповідною, симбіотичною, вигідною і для людини, і для природи. Головними завданнями екологічного землеробства є виробництво екологічно безпечної, економічно обґрунтованої продукції і збереження та підвищення родючості ґрунту.

Для того, щоб відрізнити системи землеробства за рівнем їх екологізації, запропонована їх класифікація за цією ознакою (табл. 57).

Таблиця 57

**ЕКОЛОГІЧНА КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ЗЕМЛЕРОБСТВА  
ЗА НОРМАМИ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ  
ТА ІНДЕКСОМ ЕКОЛОГІЗАЦІЇ (Манько Ю.П., 2009)**

Рівні екологізації землеробства	Індекс екологізації землеробства	Норми органічних добрив у природних зонах, т/га					
		Сухий степ	Посушливий степ	Степ	Лісостеп	Правобережне Полісся	Західне Полісся
Органічне (біологічне) землеробство							
Повна екологізація	0	14	18	22	26	30	34
Стан екологічного землеробства							
Високий	< 15	14	18	22	26	30	34
Задовільний	15	8—13	10—27	11—21	13—25	16—29	18—33
Стан спадної екологізації землеробства							
Недостатній	16—25	5—7	6—9	7—10	8—12	9—15	10—17
Стан хімізації землеробства / промислове землеробство							
Низький	>25	4	5	6	7	8	9

Наведена інформація надає можливість науково обґрунтованого вибору системи землеробства, адаптованої до конкретних умов агроландшафтів.

Сучасна система землеробства складається з наступних основних ланок: організація території господарства та система сівозмін, визначення рівнів урожайності сільськогосподарських культур за природними ресурсами, система удобрення ґрунту в сівозмінах, система обробітку ґрунту в сівозмінах, система інтегрованого захисту посівів від шкідливих організмів, система насінництва, система меліоративних заходів, захист ґрунтів від ерозії та охорона навколишнього середовища.

Значення вказаних ланок у конкретній системі землеробства залежить від зональних та ландшафтних умов і визначається потребами оптимізації екологічного середовища для вирощування рослин. Так, у системах землеробства Полісся провідна роль належить системі удобрення, обробітку ґрунту та меліоративним заходам. В Лісостепу головними ланками в системі землеробства є сівозміни і раціональний обробіток ґрунту, спрямовані на відтворення гумусу, вологозбереження, захист від ерозії, а в Степу, крім того, зрошення.

Раціональним вважають таке використання сільськогосподарських угідь, за якого, по-перше, досягають економічно обґрунтованої, адекватної біокліматичному потенціалу конкретного агроландшафту продуктивності ріллі; по-друге, забезпечують розширене відтворення родючості ґрунту — умову стабільності галузі, і по-третє, створюють умови для екологічної безпеки довкілля і вирощеної продукції.

Галузь землеробства обтяжена екологічними проблемами, оскільки основний її засіб виробництва — земля — має природне походження. Інтенсифікація галузі неминуче посилює антропогенний тиск на довкілля, особливо на ґрунт, спричиняючи його деградацію. Остання проявляється у втраті ґрунтом структури, переуцільненні, погіршенні водопроникності, накопиченні ксенобіотиків. Застереженням від цих негативів є дотримання екологічно допустимого співвідношення ріллі, природних кормових угідь і лісів, що запобігає руйнуванню стабільності екосистем. Екологічним допуском частки ріллі вчені вважають 40 %, луків і пасовищ — 30 %, лісів — 30 % від території країни. Сучасна територія всіх земель в Україні не відповідає екологічній нормі, маючи ріллі — 57 %, луків і пасовищ — 26 і лісів — 17 %, тому стратегічним напрямом раціоналізації використання сільськогосподарських ландшафтів в Україні є їх екологічна оптимізація, що очевидно буде виражатися у зменшенні частки ріллі і збільшенні середовищестабілізуючих природних угідь — луків, лісів. Дотримуючись цього напрямку для побудови систем землеробства, в конкретному господарстві слід зробити спочатку аналіз існуючої структури земельних угідь та передбачити її оптимізацію. Не менш важливим для побудови раціо-

нального використання землі є обґрунтування структури посівних площ в межах ріллі.

Науково обґрунтована структура посівних площ господарства є економічною основою для складання та освоєння раціональних сівозмін. Для визначення структури посівних площ спочатку проводять необхідний розрахунок валового виробництва різної продукції землеробства, який є економічним аргументом для вибору величини цих площ.

Основою для такого розрахунку є замовлення на продаж продукції або контракт із суб'єктами ринку і необхідність створення внутрігосподарських фондів — насінневого, фуражного, оплати праці тощо. Після визначення загальної потреби в продукції уточнюють, за рахунок яких культур можна її задовольнити. Для здійснення правильного вибору порівнюють різні врожаї вирощуваних у господарстві культур не менше як за 5 попередніх років та визначають перспективну урожайність на підставі ресурсних можливостей. Крім урожайності, враховують також затрати на вирощування, щоб з'ясувати, яка з культур забезпечить найвищу їх окупність. Якщо потреба виробництва продукції для продажу визначається замовленням ринку, то інші складові валового виробництва вимагають проведення відповідних розрахунків.

Важливо для визначення структури посівних площ правильно визначити ресурсозабезпечену врожайність сільськогосподарських культур за методиками програмування урожайності. Наприклад, для умов Правобережного Лісостепу за використання 2 % ФАР можливою біокліматично забезпеченою урожайністю можна вважати, т/га: озимої пшениці — 5, гороху — 3, ячменю — 4, кукурудзи — 6, кукурудзи на силос — 50, цукрових буряків — 40, зеленої маси коношини — 30.

Після проведення описаного вище економічного розрахунку структури посівних площ усіх сільськогосподарських культур, які обрані для вирощування в конкретному господарстві, необхідно враховувати і агрономічний аргумент, сутність якого полягає у можливості реалізації розрахованої на економічних засадах структури посівів у розроблених науково обґрунтованих сівозмінах. У схемах сівозмін необхідно витримати встановлені нормативи періоду повернення культур на попереднє місце вирощування. Наприклад, для цукрових буряків цей мінімальний період становить не менше 3-х років, соняшнику — 6 років, озимої пшениці — 2 роки. Це означає, що в структурі посівних площ вказані культури не можуть мати частку, яка перевищує відповідно 30, 15 і 50 %.

Окрім того, обмеженням за остаточного визначення оптимальної посівної площі кожної культури може бути також відсутність кращих попередників для неї. Наприклад, для озимих культур посівні площі

обмежуються площами таких культур, які є добрими попередниками для них: багаторічних та однорічних трав, зернобобових, чистих і зайнятих парів, кукурудзи на зелений корм чи ранній силос.

Врахування вказаних економічних та агрономічних аргументів є підставою для опрацювання системи науково обґрунтованих сівозмін у конкретному господарстві на засадах законів землеробства.

На основі розробленої структури посівних площ визначають кількість польових, кормових і спеціальних сівозмін в господарстві, розмір і кількість полів в сівозмінах та порядок чергування в них культур. Кількість, типи і види сівозмін повинні відповідати організаційним особливостям господарства.

Після визначення величини біокліматично обґрунтованої урожайності наповнюють ресурсним змістом решту ланок системи землеробства, які б забезпечували адекватність реальної урожайності її біокліматично обґрунтованій величині.

Нижче наведений приклад такого наповнення для умов типової зерно-просапної сівозміни Лісостепу з чергуванням культур: 1 — конюшина, 2 — озима пшениця, 3 — цукрові буряки, 4 — кукурудза на силос, 5 — озима пшениця, 6 — кукурудза на зерно, 7 — горох, 8 — озима пшениця, 9 — цукрові буряки, 10 — ячмінь.

Пріоритетними ресурсними засобами забезпечення біокліматично обґрунтованої урожайності вирощуваних культур доступними елементами їх мінерального живлення за моделі екологічного землеробства слугують в цих умовах органічні добрива в нормі 24 т/га сівозмінної площі. Їх слід вносити у формі гною в нормі 40 т/га під основний обробіток ґрунту в трьох полях типової зональної десятипільної сівозміни — двох полях цукрових буряків і в одному під кукурудзу на зерно. Внесений в такій нормі в трьох полях гній відповідає для всієї сівозміни нормі 12 т/га. Решту органічної речовини у ґрунт слід вносити у вигляді нетоварної (побічної) частини урожаю в усіх полях сівозміни (солома, кореневі рештки, стебла кукурудзи, гичка цукрових буряків), що складе 6 т/га і 6 т/га у вигляді зеленої маси післязжнивних посівів редьки олійної на сидерат в трьох полях сівозміни після збирання озимої пшениці.

Реальність внесення вказаних норм органічних добрив залежить від розвитку тваринництва і може бути забезпечена за наявності на кожний гектар ріллі по 2 умовні голови великої рогатої худоби зі шлейфом інших тварин.

Наведена вище кількість органічних добрив є ймовірною граничною можливістю мобілізації внутрішніх ресурсів органічної речовини в господарстві, відповідаючи вимогам циклічності колообігу речовин. Розрахунки свідчать, що з цієї кількістю органічних добрив та за рахунок ґрунтових запасів кожний гектар ріллі в сівозміні одержить доступних форм поживних речовин 355 кг ( $N_{157}P_{43}K_{155}$ ), водночас вине-

сення елементів живлення на біокліматично обґрунтовану урожайність становитиме 408 кг/га ( $N_{181}P_{59}K_{168}$ ). Баланс елементів живлення з урахуванням цього винесення буде дефіцитним на величину 53 кг/га ( $N_{24}P_{16}K_{13}$ ). Щоб забезпечити визначену за біокліматичними ресурсами урожайність, цей дефіцит слід компенсувати внесенням мінеральних добрив у кількості 150 кг/га ( $N_{46}P_{49}K_{55}$ ).

Сучасна світова практика механічного обробітку ґрунту перебуває під сильним впливом економічних і енергетичних проблем суспільства. Її об'єктивною відповіддю на дефіцит та дорожнечу на енергоносії, пальне стала мінімізація обробітку аж до повної відмови від нього. Окрім суттєвої економії витрат на вирощування сільськогосподарських культур практика мінімального і нульового обробітку ґрунту має також позитиви з агрономічного погляду. Скорочення чи повне вилучення з агротехнології механічного обробітку ґрунту сприяє захисту його від ерозії, ощадливого використанню потенційної родючості.

Проте, за таких технологій суттєво зменшується ефективність механічного обробітку ґрунту у виконанні однієї з важливих його функцій — захисту посівів від шкідливих організмів. У зв'язку з цим, вказані агротехнології в сучасному землеробстві відрізняються надмірним навантаженням пестицидами, які покликані в цих умовах виконувати функцію захисту посівів. Ефективно захищаючи посіви від шкідливих організмів, інтенсивне застосування пестицидів одночасно створює екологічні проблеми в агроландшафтах. Розв'язання вказаного протиріччя полягає у пріоритетному застосуванні для контролювання шкідливих організмів систем механічного обробітку ґрунту, які б відрізнялись економією витрати пального та допоміжним економічно і екологічно обґрунтованим застосуванням пестицидів.

У табл. 58 наведена рекомендована в умовах екологічного землеробства система полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту в сівозміні, яка відрізняється підвищеною ефективністю в контролюванні забур'яненості полів та економією витрат на її здійснення.

Сутність її полягає в чергуванні упродовж ротації сівозміни полицевого обробітку ґрунту ярусними плугами під цукрові буряки один раз на 4—5 років із заходами безполицевого обробітку — плоскорізним розпушуванням і дискуванням у проміжку часу між оранками під решту культур.

Порівняно з базовим для Лісостепу варіантом диференційованого основного обробітку ґрунту з проведенням протягом ротації десятирічної сівозміни шести оранок, одного плоскорізного обробітку і двох дискувань наведена в табл. 58 система полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту в сівозміні відрізняється економією пального — 16 %, прямих витрат — 3 % та зниженням потенційної забур'яненості ріллі на 42 і актуальної на 45 %.

Таблиця 58

**СИСТЕМА ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ В СІВОЗМІНІ,  
РЕКОМЕНДОВАНА ДЛЯ МОДЕЛІ ЕКОЛОГІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Культури сівозміни	Послідовність заходів, глибина (см), кратність (разів)				
	Дискуван-ня БДТ-7	Культива-ція до ос-новного заходу	Оранка яру-сна ПНЯ-4—40	Плоскоріз КПП-250	Культива-ція після основного заходу
1. Багаторіч-ні трави		—	—	—	—
2. Озима пше-ниця	8—10 (2 р)	—	—	20—22	5—6(2 р)
3. Цукрові бу-ряки	6—8	—	28—30		5—6(2 р)
4. Кукурудза на силос	—	—	—		—
5. Озима пше-ниця	5—6 (2 р)	—	—	—	5—6 (2 р)
6. Кукурудза на зерно	6—8	—	—	25—27	5—6 (2 Р)
7. Горох	8—10 (2 р)	—	—	20—22	—
8. Озима пше-ниця	8—10 (2 р)	—	—	—	5—6 (2 Р)
9. Цукрові бу-ряки	6—8	—	28—30	—	5—6 (2 Р)
10. Ячмінь	—	—	—	20—22	—

Ефективного захисту посівів від шкідливих організмів в умовах екологічного землеробства досягають застосуванням системи заходів, інтегрованих в технології вирощування сільськогосподарських культур. Стрижем такої системи слугує раціональна сівозмінна, в якій застосовують всі науково обґрунтовані ланки системи землеробства: удобрення ґрунту, його механічний обробіток і т.д. Основа успіху в цій важливій справі полягає в якомога повнішому спрямуванні ланок системи землеробства на застереження поширення на полях шкідників, збудників хвороб та бур'янів. Серед ланок системи екологічного землеробства провідна роль в регулюванні фітосанітарного стану належить системі полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту. Допоміжним заходом захисту посівів від шкідливих організмів у сучасних технологіях є застосування хімічних винищувальних засобів. Особливістю їх застосування в умовах моделі екологічного землеробства є попередній розрахунок критерію еколого-економічного порогу наявності шкідливих об'єктів на полях, який стає підставою для прийняття правильних рішень.

Упродовж 5 років (2002—2006 рр.) в умовах стаціонарного дослідіу на Агрономічній дослідній станції Національного університету біоресурсів і природокористування України була проведена порівняльна оцінка трьох моделей системи землеробства. Досліджувані системи землеробства відрізнялись ресурсним забезпеченням. За промислової системи (контроль) на гектар ріллі в сівозміні вносили 12 органічних і 300 кг діючої речовини мінеральних добрив, а захист посівів здійснювали промисловими пестицидами. В екологічній моделі пріоритетними засобами слугували органічні добрива — 24 т/га, мінеральні вносили по 150 кг/га, а посіви захищали біологічними засобами і промисловими пестицидами за критерієм еколого-економічного порогу чисельності шкідливих організмів. Біологічна модель системи землеробства була забезпечена лише можливою нормою органічних добрив — 24 т/га, а захист посівів виконували лише біологічними засобами.

Аналіз результатів порівняльного вивчення перекоує в перевагах екологічної моделі системи землеробства за рахунок зменшення в два рази норм мінеральних добрив в енергетичній і економічній ефективності над системою промислового землеробства. За продуктивністю ріллі вона суттєво не відрізнялась від промислової, але покращувала якість рослинницької продукції.

Отже, застосування системи екологічного землеробства дає можливість одержувати стабільну, біокліматично, енергетично і економічно обґрунтовану продуктивність ріллі, підвищувати якість продукції рослинництва, зберігаючи та відтворюючи родючість ґрунту. Стилий зміст рекомендованої системи екологічного землеробства, який впливає з висновків, викладених вище, її основних ланок, об'єднує наступні заходи:

1. Екологічне, агрономічне, господарське та економічне обґрунтування організації території господарства з освоєнням зональних зерно-просапних сівозмін, насичених посівами післяжнивних сидеральних культур на 30 % площі.

2. Визначення можливих для конкретних умов рівнів урожайності, адекватних природним умовам.

3. Розрахунок норм внесення добрив для досягнення біокліматично обґрунтованої урожайності з пріоритетом застосування органічних засобів. Орієнтовно для цього необхідно на 1 га ріллі вносити 24 т органічних добрив, в тому числі 12 т/га гною, 6 т/га побічної продукції, 6 т/га зеленої маси сидератів та 150 кг діючої речовини мінеральних добрив ( $N_{61}P_{37}K_{52}$ ).

4. Система полицево-безполицевого основного обробітку ґрунту в сівозмінах, яка полягає у здійсненні оранки ярусним плугом один раз за 4—5 років ротації під цукрові буряки, і плоскорізного розпушування та дискування під решту культур в інтервалі часу між оранками.

5. Обґрунтування заходів захисту посівів від шкідливих організмів за допомогою визначення еколого-економічних порогових рівнів їх чисельності та індексу оптимальності заходів.



## ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЧНОГО МОНІТОРИНГУ ҐРУНТІВ У СУЧАСНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ УКРАЇНИ



Земельний фонд України нині складається із земель, що мають різне функціональне використання, якісний стан та правовий статус. Власне земельна площа сходу України на 01.06.2005 р. становила 57 933,7 тис. га, а її сільськогосподарська освоєність дорівнювала 72,1 %, розораність — 56,1, частка ріллі в загальній площі сільськогосподарських угідь сягала 79 %.

Сільськогосподарська освоєність земель в Україні перевищує екологічно обґрунтовані межі. Зростання народонаселення нашої планети зумовлює загальне збільшення та просторову диспропорцію антропогенного навантаження на земельні ресурси. Ці процеси є домінуючими у визначенні майбутньої взаємодії соціальних, політичних, економічних, екологічних, правових та інших факторів існування людського суспільства.

Надмірна розораність і, особливо, екстенсивний характер використання ґрунтового покриву спричинили його деградацію, порушили природні процеси ґрунтоутворення. Ґрунти втратили самовідновлювальну здатність. Необґрунтовано багато земель знаходиться під спорудами, шляхами тощо. Чинні в Україні нормативи відведення земельних ділянок для потреб промисловості, транспорту, енергетики в 2,5—2,7 рази перевищують нормативи, прийняті в країнах Західної Європи. Поширений нині відкритий спосіб добування корисних копалин призводить до знищення ґрунтового покриву на великих площах. На початок 2005 р. було 151,1 тис. га порушених земель, з яких 53,3 тис. га — відпрацьованих під час добування корисних копалин, їхньої переробки, проведення геологорозвідувальних робіт, торфорозробок тощо. Неefективно або недостатньо ефективно використовується 2,41 млн га земель, що вкриті водою. Водосховища, водотоки, канали та інші гідротехнічні споруди займають 1,4 млн га земель. У зонах впливу водосховищ підтоплені від 200 до 500 тис. га сільськогосподарських земель. Значні території зайняті відходами виробництва, відвальними породами, звалищами тощо. Площа продуктивних земель постійно скорочується.

Для зменшення загрози ерозії в Україні впроваджується контурно-меліоративна організація території. Однак виконання комплексних протиерозійних заходів, зокрема агротехнічних, щодо захисту ґрунтів від ерозії в останні роки майже припинилось у зв'язку з неефективним моніторингом земельних ресурсів та проблемами фінансування цих робіт. Також скоротились роботи з рекультивації порушених земель.

Другий за поширенням і перший за важливістю екологічний аспект землекористування в Україні пов'язаний із токсикацією, інтенсивним забрудненням ґрунтів залишками засобів захисту рослин — пестицидами і добривами. Найшкідливішими є забруднення ґрунтів хімічними та біологічними компонентами, зокрема радіонуклідами та важкими металами, пестицидами, збудниками інфекційних хвороб. Землі на значних площах радіоактивно забруднені внаслідок Чорнобильської катастрофи.

Достовірна інформація про реальні просторово-часові зміни впливу суспільства на земельні ресурси є одним з найважливіших чинників гуманної оптимізації багатогранної системи людина — довкілля. Вивчення сучасного стану та прогнозу розвитку цих процесів, їх взаємодії з іншими факторами є пріоритетом більшості суспільних та природничих наук. Вагоме значення для вирішення поставлених проблем має моніторинг земельних ресурсів та оптимізація його структури і функціональних зв'язків.

Сучасні проблеми здійснення моніторингу земель в Україні пов'язані, насамперед, з його організацією, що могла б забезпечити проведення всебічного і систематичного обліку й оцінки стану земель з метою захисту і поліпшення якості ґрунтів сільськогосподарського призначення. Виникає необхідність у створенні постійно діючої системи обліку, спостереження, порівняння, вимірювання, інвентаризації і прогнозування екологічного стану земель з виявленням і реєстрацією змін на тлі природних і антропогенних процесів, тобто в постійному функціонуванні служби екологічного моніторингу земель.

Динамічний характер стану навколишнього середовища, особливо земельних ресурсів, вимагає для обґрунтування управлінських рішень надійних даних про їхні кількісні та якісні показники. Система моніторингу земельних ресурсів регулюється, насамперед, Земельним Кодексом України і чинними нормативно-правовими актами. Враховуючи сучасну багатогранність завдань моніторингу земель, необхідно закріпити на законодавчому рівні процедури земельного моніторингу в Україні. При цьому слід чітко визначити, прерогативою яких адміністративно-територіальних органів виконавчої влади є проведення відповідних заходів земельного моніторингу, які державні служби відповідають за реалізацію напрямків земельного моніторингу і володіють та передають офіційну інформацію. Крім цього, необхідно забезпечити нормативно-правове поле проведення моніторингу земель і обов'язки

та відповідальність відповідних державних служб. Необхідно розробити механізми узгодження і систематизації інформації на всіх рівнях виконавчої влади. Важливою проблемою є розробка уніфікованого підходу до реалізації земельного моніторингу. Серйозною проблемою нормативно-правового регулювання моніторингу земель є визначення функцій організацій і установ з надання достовірних даних. При цьому виникає проблема правового регулювання експертизи об'єктивності результатів моніторингу земель.

Не менш важливими є питання розробки та вдосконалення теоретичної бази моніторингу земель. Поки що не розроблені важливі питання моніторингу земель, а саме: системи організації та його ведення, відсутня детальна структура моніторингу земель і його технологічні етапи, не розроблені комплексні методики аналізу земельних ресурсів, не визначено основні критерії і нормативи для оцінки стану земельних ресурсів і виявлення кризових ситуацій.

Важливою проблемою моніторингу земель є розробка чітких підходів до інтерполяції на значній території результатів дискретних досліджень земельних ресурсів. Це вимагає визначення радіусів інтерполяції різних показників моніторингу земель, які можна територіально узагальнювати. Не вирішені проблеми теорії моніторингу земель, які безпосередньо впливають на якість оцінки наслідків негативних процесів і впровадження адекватних заходів для їхнього попередження і ліквідації (Черняга П. Г., Мошинський В. С., 2007).

Моніторинг земельних ресурсів є складовою частиною геосистемного моніторингу. Моніторинг змін природно-територіальних комплексів вимагає одночасного врахування прояву техногенних чинників, оскільки людська діяльність проявляється без винятку в усіх регіонах земної кулі. Відповідно комплексний моніторинг геосистеми вимагає застосування багатогалузевої системи зондування змін усіх якісних та кількісних параметрів природного середовища та техногенних впливів на них.

Оскільки моніторинг геосистем є одночасно складним і цілісним механізмом зондування довкілля, то доцільно впровадити системну класифікацію його об'єктів, методів та засобів.

Напрями моніторингу природних систем поділяють на три групи: геосферний, біосферний та соціосферний (Адаменко О. А., 1993). Перший напрям охоплює неживу природу, другий — живу природу і третій — людську діяльність. Моніторинг геосфери включає зондування літосфери, геоморфосфери, геофізичних сфер, гідро- та атмосфери. Біосферний моніторинг об'єднує зондування фітосфери (рослинного покриву), зоосфери (тваринного світу). Соціосферний моніторинг включає зондування демосфери (людського суспільства) та техносфери (результатів діяльності людини). Безумовно подана схема моніторингу геосфери має логічну побудову та цілісну структуру. Крім цьо-

го, важливим є системний поділ досліджуваних об'єктів на структури різної фізичної природи. У контексті встановлення природних взаємин така градація дає змогу системно розпочати вивчення усіх досліджуваних процесів. Фундаментальна градація географічної оболонки здійснена за принципом її розділення на компоненти неживої і живої природи та комплексні компоненти, наприклад, ґрунти, природні води тощо.

Моніторинг земельних ресурсів неможливий без врахування взаємозв'язку із компонентами живої природи, особливою мірою це стосується прогнозування змін у структурі земельних ресурсів. Не менш вагомим є вплив людського суспільства на структуру, стан та зміни земельних ресурсів. Особливо це актуальне у сфері екології, збереження довкілля, раціонального природокористування та оптимізації максимальної ефективності використання природних ресурсів. Моніторинг земельних ресурсів виконується в усіх підсистемах геосфери із використанням усіх придатних для цього методів та технологій природничих та прикладних наук. Узагальненням цієї структури є блок-схема компонентів моніторингу земельних ресурсів.

Моніторинг земельних ресурсів здійснюють на трьох рівнях — планетарному, регіональному та локальному.

Національний моніторинг проводиться на основі систематизації даних регіонального моніторингу. На цьому рівні, як правило, виникають проблеми винятково технічного характеру, пов'язані зі своєчасністю забезпечення регіональними звітними матеріалами. Не менш важливою є проблема узгодження даних дистанційного зондування космічними засобами із результатами регіональних досліджень.

Моніторинг земель — це цілісна багатогранна система методів, технологій стеження та комплексної оцінки стану земель, прогнозування їх змін. Для оптимального ведення моніторингу необхідно задіяти різні компоненти, сукупність яких дасть можливість прозоро оцінити стан земель. Результати моніторингу земель є основою розробки оптимальних програм раціонального землекористування.

Важливими методами моніторингу земель є геодезичні та картографічні зйомки, польові геологічні та геоморфологічні обстеження територій, аеро- та космічне дистанційне зондування, біохімічні аналізи ґрунтів, водних ресурсів та повітря, ландшафтне районування, комплексна оцінка стану використання угідь, полів, земельних ділянок, родючості ґрунтів (розвиток водної і вітрової ерозії, втрати гумусу, погіршення структури ґрунту, заболочення і засолення), заростання сільськогосподарських угідь чагарниками та рідколіссям, забруднення земель пестицидами, важкими металами, радіонуклідами та іншими токсичними речовинами; стану берегових ліній річок, озер, водосховищ, ерозійних процесів, пов'язаних з утворенням ярів, зсувів, сільовими потоками, землетрусами, карстовими, криогенними та іншими

явищами; стану земель населених пунктів, територій, зайнятих гірничодобувними об'єктами, очисними спорудами, об'єктами паливно-енергетичного комплексу (АЕС, ТЕЦ, ГЕС), складами мастильних матеріалів, добрив, захороненням токсичних промислових відходів і радіоактивних матеріалів, а також іншими промисловими об'єктами.

Черняга П. Г. і Мошинський В. С. (2007) систему моніторингу земельних ресурсів умовно поділяють на три ситуаційних рівні: статичний, кінематичний і динамічний.

Статичний моніторинг полягає в одноразовому вивченні стану земельних угідь і оцінці всіх компонент земельних ресурсів. Статична модель земельних ресурсів розробляється на певну епоху. Основою статичної моделі є картографо-геодезичні матеріали знімання території та базована на них багатопланова геоінформаційна система, яка відображає комплекс усіх необхідних параметрів геосфери, біосфери та соціосфери. Геоінформаційна система повинна бути повністю автоматизованою у вигляді програмного продукту, або як набір тематичних карт та баз даних. Статична модель розробляється на малообжитій території, де відбуваються порівняно повільні зміни довкілля та земельних ресурсів.

Кінематична модель земельних ресурсів — це система, яка періодично, або за появи змін у структурі земельних ресурсів та їх компонент проводить повний чи частковий повторний моніторинг територій за всіма або вибраними параметрами. Кінематична модель ведеться на обжитих територіях сільських та селищних рад, міст, сільськогосподарських угідь, промислових територій. Кінематична модель безперервно відслідковує зміни у структурі земельних ресурсів та їх компонент.

Динамічна модель, на відміну від кінематичної, не тільки відслідковує зміни у структурі земельних ресурсів та їх компонент, але і встановлює причини цих змін і є основою для прогнозу розвитку цих явищ на майбутнє. Динамічна модель ведеться під час появи екологічно небезпечних факторів (забруднення територій, ерозійних процесів, погіршення структури ґрунту, порушення стійкості біосфери), небезпечного антропогенного навантаження на земельні ресурси, ризику техногенних катастроф (викиду токсичних речовин, руйнації інженерних споруд), інтенсивної урбанізації територій. Динамічна модель вимагає застосування короткого періодичного і безперервного моніторингу територій та використання автоматизованих, дистанційно керованих систем зондування усіх компонент земельних ресурсів. Динамічні моделі використовують на територіях великих міст, гірничо-добувних комплексів, великих об'єктів паливо-енергетичного комплексу і промисловості (АЕС, ТЕЦ, ГЕС), сейсмічно небезпечних районах, заповідних територіях, водних системах зі значним антропогенним та техногенним навантаженням, штучних водосховищах.

Залежно від особливостей просторово-часових змін у структурі земельних ресурсів та їх параметрів має застосовуватися відповідна модель.

Управління земельними ресурсами є однією із компонент соціоферного блоку. Одна із форм управління земельними ресурсами — землеустрій, який об'єднує заходи щодо вивчення стану земель, планування й організації раціонального використання земель та їхньої охорони, утворення нових і упорядкування існуючих об'єктів земельних ресурсів і встановлення їхніх меж на місцевості, організації раціонального використання громадянами і юридичними особами земельних ділянок для ведення сільськогосподарського виробництва, а також з організації територій. Результати проведення землеустрою використовуються в управлінні територіями.

Нині актуальним є питання щодо розробки сучасної стратегії використання ґрунтів, а відтак і напрямків вдосконалення систем ведення землеробства.

Дилема вибору між тими напрямками, які забезпечують постійно зростаючу кількість продовольства, але згубно впливають на природне середовище, і тими, що лімітують цю кількість, але забезпечують відновлення природних ресурсів, у провідних країнах світу поступово трансформується на користь останніх.

Не дивно, що в останні десятиріччя поряд з інтенсифікацією сільськогосподарського виробництва формуються такі напрямки землекористування, які за мету ставлять не максимальну продуктивність культур, а збереження функціональних зв'язків між біологічними об'єктами у природному середовищі. Як приклад можна навести систему адаптивного землекористування, біологічне землеробство та інші (Кисель В. И., 2000).

Відомо, що одним з особливо уразливих об'єктів природи є ґрунтовий покрив. Саме ґрунт, який є основою існування людства на планеті, у першу чергу потерпає від незбалансованих техногенних навантажень на природне середовище. За таких умов ґрунти втрачають органічну компоненту, їхні фізичні властивості погіршуються, екологічні і продукційні функції значно послаблюються. Нині на планеті близько 2 млрд га ґрунтів піддано деградації, з них 55,6 % приходить на водну ерозію, 27,9 — дефляцію, 12,2 % — хімічні фактори: забруднення, засолення, збіднення на поживні речовини (Кисель В. И., 2000).

Ще більш загрозлива ситуація в Україні: на сьогодні близько 40 % сільськогосподарських угідь піддано ерозії, майже половина має низький і середній вміст фосфору, в обробітку знаходиться 16 % деградованих і малопродуктивних земель (Кисель В. И. та ін., 2007).

Вченими розроблено Національну програму з охорони родючості ґрунтів, яка передбачає координуючі заходи, що спрямовані на відновлення їх агропотенціалу, досягнення економічних здобутків в агро-

сфері, вдосконалення напрямків ведення землеробства (Кисіль В. І. та ін., 2007). Для визначення перспектив державної ґрунтоохоронної стратегії були використані результати наукових досліджень з актуальних питань ґрунтознавства, агрохімії і екології ґрунтів та враховані зміни з капіталізації сільського господарства. Крім того, увагу було приділено вибору шляхів розвитку сільського господарства, що обумовлено зміною соціального устрою України. Оскільки перша хвиля реформувань відбулась за відсутності ринкових відносин і виявилася невдалою, стало зрозумілим, що на найближчу перспективу найбільш ефективним буде крупнотоварне виробництво сільськогосподарської продукції в умовах кооперативних об'єднань фермерів.

Це означає, що здебільшого сільгоспвиробництво буде мати справу не з малими ділянками, а з ланами великої площі. Як показує попередній досвід радянських часів, у такому випадку ґрунти стають більш уразливими, на них поширюються деградаційні процеси, а продуктивність знижується. Глобальні системи охорони ґрунтів, які застосовувалися за радянських часів, виявлялися неспроможними призупинити деградацію ґрунтів, а протиерозійні та інші ґрунтоохоронні заходи мали лише короткотерміновий ефект. Причина цього полягала в тому, що застосування тих чи інших заходів здійснювалося всупереч законам формування сталих екосистем і не базувалось на принципах адаптивності.

Нині на державному рівні актуальними постають питання щодо призупинення негативних тенденцій відносно поводження з ґрунтами. Одним з таких стратегічних напрямків є екологізація землеробства.

За результатами теоретико-логістичних та експериментальних досліджень Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН, в сільському господарстві України можуть існувати всі форми господарювання на землі. Але для кожної форми пріоритетними повинні стати наступні принципи: екологічність — безпечний для навколишнього середовища і здоров'я людини вплив на ґрунти і сільськогосподарської культури; адаптивність — врахування ландшафтних особливостей місцевості і використання потенціалу всіх біологічних компонентів агроекосистем; наукоємність — застосування новітніх досягнень науки в питаннях живлення рослин, управління родючістю ґрунтів, їх моніторингу; біогенність — посилення ролі біологічних факторів у процесі вирощування сільськогосподарських культур, перехід до нехімічних методів захисту рослин.

Зрозуміло, що дотримання цих принципів є бажаним, але не завжди досяжним. Наприклад, інтенсивне ведення землеробства не збігається з екологічними вимогами, але саме воно здатне забезпечити максимальний прибуток сільгоспвиробникам. Органічне землеробство є найбільш екологічним, але найменш прибутковим через невизначену цінову політику у державі (Кисіль В. І. та ін., 2007). Очевидно, що остаточний вибір буде за моделлю землеробства, за якою буде забезпе-

чене виробництво продукції, адекватної ресурсному потенціалу, економічно обґрунтованої і екологічно безпечної.

На сьогодні у владних структур є велика спокуса і надалі керувати сільським господарством шляхом розподілу фінансових ресурсів. Але дотепер поза увагою влади залишаються питання екостимулювання і дотацій за високої якості продукції. У світі саме якість харчування визначена пріоритетом № 1 і цей напрям пов'язується з якістю життя. Україна поступово інтегрується до європейського простору. Саме тому, щоб зі вступом у СОТ сільське господарство не потрапило у скрутне становище, необхідно терміново визначити перспективні напрямки його ведення, які б забезпечували конкурентоспроможність нашої продукції на світових ринках. До найбільш привабливих у цьому плані належить напрямок, спрямований на отримання екологічно чистої продукції, яку в Україні можна виробляти, за оцінками науковців, на площі близько 500 тис. га. Технології вирощування екологічно чистої продукції забезпечують не тільки збереження ґрунтової родючості, але й сприяють покращенню якості ґрунтів (Кисіль В. І. та ін., 2007), тобто біологічне землеробство можна розглядати як невід'ємну складову сучасної системи охорони родючості ґрунтів.

До речі, території, на яких будуть впроваджуватися методи біологічного землеробства, можна розглядати як «екологічні оазиси», що здатні виконувати буферні функції щодо територій з інтенсивним використанням агрохімікатів.

За прогностичними оцінками вчених, для покриття внутрішніх потреб у продовольстві, формування необхідної експортної бази рослинницької продукції, забезпечення ремісії родючості ґрунтів і попередження їх деградації структура видів землеробської діяльності має в Україні виглядати наступним чином (рис. 23).

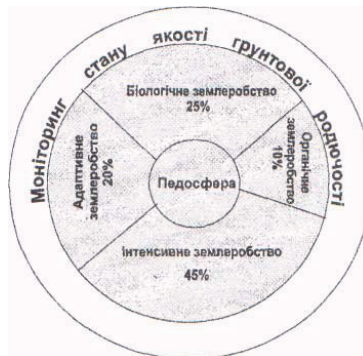


Рис. 23. Пропонована структура систем землеробства в Україні (Кисіль В. І. та ін., 2007).



Обережний оптимізм відносно можливих обсягів використання методів органічного землеробства пояснюється тим, що, по-перше, Україна має всі можливості для його розвитку, а, по-друге, у світі, у середньому, відсоток застосування такого землеробства наближається до 7 % і поступово збільшується.

Однак застосовувати в Україні органічне (альтернативне) землеробство на площі понад 10 % вчені вважають недоцільним. Прогнози деяких західноєвропейських науковців відносно поступової заміни традиційного землеробства на органічне мотивовані, скоріш за все, емоційними уявленнями щодо загрози для сільськогосподарських культур синтетичних агрохімікатів. Однак це не тільки перебільшення, але й помилкове уявлення. Насправді, сама природа продукує і корисні для людини речовини, і отрути. Завдання аграрної науки якраз і полягає в тому, щоб віднайти, опрацювати і впровадити такі шляхи управління ростом та розвитком сільськогосподарських рослин, які забезпечують отримання високих врожаїв і найвищу якість продукції. Рішення цього завдання знаходиться у підвалинах теоретичної платформи мінерального живлення рослин. Саме створення комфортних умов живлення для сільськогосподарських культур є запорукою отримання біологічно повноцінних врожаїв високого рівня якості.

Вченими Інституту ґрунтознавства та агрохімії УААН сформульована наукова концепція застосування добрив для біологічного землеробства. Вона включає такі основні положення: застосування екологічно збалансованих доз добрив, за яких підтримується фізіологічний гомеостаз у рослинах; забезпечення комфортного живлення рослин, за якого гарантується позиційна доступність сільськогосподарським культурам макро- і мікроелементів; досягнення за рахунок добрив пом'якшення впливу несприятливих погодних умов на розвиток сільськогосподарських культур; економічна доцільність, тобто використання такої кількості добрив, за якої агровиробник отримує прибуток; екологічна безпечність, тобто застосування такого рівня добрив, за якого зберігається екологічна рівновага в агроландшафтах; ґрунтозбережувальна домінантність, тобто використання добрив не тільки заради прибутку, а й для підвищення родючості ґрунтів.

У поєднанні з іншими екологостабілізуючими заходами така новітня стратегія використання добрив здатна забезпечувати ремісію родючості ґрунтів та створити умови для підвищення агропотенціалу.

Успадковане з радянських часів помилкове ставлення до використання земель, яке проголошувало найефективнішим використанням їх у складі орних угідь, призвело до розорювання великої кількості орнонепридатних деградованих та інших малопродуктивних земель (еродовані, засолені, перезволожені, піщані тощо). За даними ДП «Головний науково-дослідний та проектний інститут землеустрою», їхня площа сягає 6,5 млн га. Перебуваючи у складі орних угідь, вони спри-

чиняють щорічні втрати, які кількісно визначаються різницею між валовим продуктом із цих земель і витратами на його одержання, тобто показником збитковості, й становлять у середньому 65 грн/га, або загалом близько 400 млн грн на рік (Карплюк І. Р., 2007).

Під час розпаювання земель деградовані та малопродуктивні землі залучали до так званої «частки паю». Звичайно, площу «паю» встановлювали з врахуванням якості земель, що входили до «частки», і за наявності в її межах земель гіршої якості площа паю відповідно збільшувалася. Проте не були на потрібному рівні законодавчо встановлені обов'язкові вимоги до оптимального і допустимого використання деградованих земель. Ця проблема виходить за межі окремого землекористування, вона стає актуальною з огляду на загальні принципи землеволодіння, прийняті у державі.

Перетворення в суспільно-політичному житті країни потребують кардинального вдосконалення екологічних та економічних аспектів використання її земельних ресурсів. Це має ґрунтуватися на постулаті: «Екологічно допустимі підходи до використання земель є й економічно доцільними». Недотримання екологічних вимог призводить до економічних втрат — як тепер, так і в майбутньому. Інакше кажучи, екологічно обґрунтоване землекористування економічно вигідне й соціально привабливе. На сучасному етапі екологічно збалансоване ставлення до довкілля є гаслом світової громадськості. Це зафіксовано у документах, прийнятих на міжнародних конференціях із питань навколишнього середовища, починаючи з Ріо-де-Жанейрської декларації 1992 року. Для України, на земельні ресурси якої припадає 44 % її загального ресурсного потенціалу, потреба в охороні земель прямо пов'язана з їхнім оптимальним використанням і набуває статусу першочергової.

Оптимізація землекористування ґрунтується на кількох принципових положеннях. Насамперед, слід взяти до уваги, що негативні деградаційні процеси у землеробстві значною мірою спричинені недостатнім урахуванням зональних і провінціальних особливостей, пов'язаних зі специфікою ґрунтів та їхніх режимів, які потребують обов'язкової диференціації підходів до сільськогосподарського навантаження на землі, починаючи з частки сільськогосподарських угідь у складі земельного фонду й закінчуючи часткою певних культур у структурі посівів (передусім просапних і багаторічних трав), тому необхідно дотримуватися природно-сільськогосподарського районування, яке згідно зі статтею 179 Земельного кодексу України є територіальною основою не тільки для оцінки земель, але й для раціонального їх використання та охорони. На сьогодні, як вказує Карплюк І. Р. (2007), більш-менш детально охарактеризовані, на жаль, лише такі таксони районування, як зони, провінції. Але наріжні одиниці — природно-сільськогосподарські райони — багато у чому ще інформативно не насичені. Водно-

час оптимальне співвідношення угідь (у тому числі сільськогосподарських) повинне встановлюватися саме по згаданих районах, які виділено за близькістю кліматичних показників, подібністю рельєфу, структури ґрунтового покриву та властивостей ґрунтів. Потрібно в межах кожного з районів уточнити показники бонітування ґрунтів, економічної та грошової оцінки земель і як першочерговий захід — встановити площі малородючих деградованих ґрунтів та їх поширення у складі сільгоспугідь. На основі цього слід визначити так званий «індекс» екологічної невідповідності сучасного використання орних земель (Ін), що кількісно дорівнює відношенню фактичної розораності (за даними земельного обліку) до максимальної площі орнопридатних земель, а також перевищення допустимої розораності (П), яке у відсотках розраховують за формулою:  $P = (In - 1) \times 100$ . Це дасть змогу встановити допустимий рівень розораності.

Оптимальна частка інших сільськогосподарських угідь залежатиме від якості їхнього ґрунтового покриву і може бути визначена застосуванням відповідної класифікації ґрунтів за придатністю. Детальна класифікація ґрунтів розроблена поки що тільки для орнопридатних земель, які класифікуються за придатністю для вирощування основних сільськогосподарських культур (з виділенням п'яти таксонів придатності). Класифікаційні таблиці є для кожної з 19 природно-сільськогосподарських провінцій. На порядку денному — розробка відповідної класифікації ґрунтів за придатністю для використання під інші угіддя і для інших категорій земель за цільовим призначенням. Останні під час встановлення оптимізації використання земель слід враховувати в обов'язковому порядку. Вирішальним при цьому має бути поряд із класифікаційними чинниками регіональна потреба у тих чи інших земельних угіддях (категоріях земель за цільовим призначенням).

З викладеним вище пов'язана проблема нерегіонального виділення земель: а) особливо цінних; б) гіршої якості, які не становлять інтересу для сільського господарства й можуть слугувати (залежно від їхньої конкретної якості) резервом для інших (за цільовим призначенням) земель. Всі заходи стосовно оптимізації землекористування мають розроблятися для кожного природно-сільськогосподарського району. Доцільно опрацювати типове для такого району оптимальне співвідношення угідь, яке може бути взірцевим під час розробки конкретних проєктів організації території (звичайно, з урахуванням специфіки окремих землекористувань у ґрунтовому та господарському відношеннях).

Оцінка екологічного стану сільськогосподарських земель проводиться за ступенем порушення екологічної рівноваги у співвідношенні основних типів угідь (Лопырев М. И., 2002). З одного боку, це рілля, яка є головним дестабілізуючим чинником у сільськогосподарських ландшафтах, а з іншого — сума природних компонентів ландшафту

(ліси, луки й пасовища, болота, водні об'єкти та ін.), що відіграють екологостабілізуючу роль.

Сучасні агроландшафти включають як біотичні, так і абіотичні елементи, співвідношення яких зумовлює стабільність чи нестабільність всього ландшафту, тому для визначення екологічної стійкості (стабільності) території та рівня антропогенного навантаження на неї рекомендується використовувати методи, що враховують кількісні та якісні характеристики всіх складових ландшафту (Третяк А. М. та ін., 2001).

Екологічна оцінка агроландшафту проводиться для визначення територій з незадовільним екологічним станом і необхідна для розробки пропозицій щодо оптимізації землекористування. Оскільки екологічний стан та стабільність будь-якої території залежать від рівня сільськогосподарського освоєння та розораності земель, інтенсивності використання угідь та ступеня антропогенної трансформації природних екосистем, збільшення частки природних угідь за рахунок скорочення площі ріллі сприятиме підвищенню екологічної стійкості агроландшафтів. Підставою переведення одного виду угідь в інший, а також вибору напрямків консервації деградованих і малопродуктивних земель є методичні нароби провідних наукових установ.

Інформаційною базою для проведення екологічних оцінок стану сільськогосподарського землекористування є фондові та статистичні матеріали (матеріали кількісного та якісного обліку земель, узагальнені результати ґрунтового, еколого-агрохімічного та інших проблемно орієнтованих видів моніторингу, картографічні матеріали).

Екологічну оцінку сільськогосподарських ландшафтів Козлов М. В. та ін. (2004) пропонують виконувати за співвідношенням ріллі ( $P$ ) до сумарної площі екологостабілізуючих угідь ( $ECU$  — ліси, луки, пасовища, болота, водні об'єкти). Ступінь порушення екологічної рівноваги в реальному співвідношенні  $P:ECU$  визначається за допомогою модифікованої шкали, яка дає можливість просто і з високим ступенем точності оцінити екологічний стан агроландшафтів у широкому діапазоні: від оптимальних параметрів пропорції  $P:ECU$  (<20:>80 %), власливих «еталонним» ландшафтам, — до абсолютно неприйнятних (>70:<30 %), що відповідають катастрофічному стану сільськогосподарських земель (табл. 59).

Частка показників розраховується в процентах від сумарної площі орних земель та екологостабілізуючих угідь за формулами:

$$P = \frac{P_{л}}{P_{л} + П + ЛП + Лс + Б + В} \times 100 ;$$
$$ECU = \frac{П + ЛП + Лс + Б + В}{P_{л} + П + ЛП + Лс + Б + В} \times 100 ,$$

де  $P$  — питома частка ріллі у групі угідь «рілля — ліс — луки й пасовища — вода», %;  $P_d$  — площа ріллі, га;  $\Pi$  — площа перелогів, га;  $\text{ЛП}$  — площа луків й пасовищ, га;  $\text{Л}_e$  — лісовкрита площа, га;  $B$  — площа боліт, га;  $V$  — площа водних об'єктів, га;  $ECV$  — питома частка екологостабілізуючих угідь у групі угідь «рілля — ліс — луки й пасовища — вода», %.

Таблиця 59

**МОДИФІКОВАНА ШКАЛА ДЛЯ ОЦІНКИ ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ АГРОЛАНДШАФТІВ (Козлов М. В. та ін., 2004)**

Тип агроландшафтової території	Частка угідь, % до їх сумарної площі		Екологічний стан
	$P$	$ECV$	
0	< 20	> 80	Оптимальний
I	20—37	63—80	Задовільний
II	37—54	46—63	Критичний
III	54—70	30—46	Кризовий
IV	> 70	< 30	Катастрофічний

Апробація модифікованої шкали на практиці вказує на її самодостатність під час вирішення актуальних завдань оптимізації співвідношення угідь та екологізації землеробства на основі ландшафтного потенціалу. Вона виключає необхідність встановлювати жорстко фіксоване співвідношення 4-х основних типів угідь (рілля: ліс: луки й пасовища: вода), що неможливо за відсутності експериментального обґрунтування необхідної для цього нормативної бази, а натомість дає змогу проводити оптимізацію за спрощеною схемою із застосуванням 2-членної пропорції — «рілля»: «екологостабілізуючі угіддя».

Здатність будь-якого ландшафту підтримувати стабільність свого балансу, природне самовідновлення та стійкість до антропогенного навантаження визначається, насамперед, його різноманітністю та просторовою варіабельністю. Ще В.В. Докучаєв (1883) відзначав, що головну роль у підтриманні екологічної стабільності території повинна відігравати природна рослинність, тому наявність достатньої кількості елементів природної екологічної інфраструктури (лісів, луків, природних пасовищ, захисних насаджень, водойм тощо) є одним з найбільш об'єктивних показників стійкості агроландшафтів до деградації.

Оцінка впливу складу угідь на стабільність агроландшафту та його стійкість до антропогенного навантаження виконується методом розрахунку коефіцієнтів екологічної стабільності території та антропогенного навантаження (Козлов М. В. та ін., 2004).

Коефіцієнт екологічної стабільності території ( $K_{ec}$ ) розраховується за формулою:

$$K_{ec} = \frac{\sum S_i K_i}{\sum S_i},$$

де  $S_i$  — площа угіддя і-виду, га;  $K_i$  — коефіцієнт екологічних властивостей угіддя і-виду, який становить: для забудованих територій і доріг 0, ріллі — 0,14, виноградників — 0,29, лісосмуг — 0,38, багаторічних насаджень і чагарників — 0,43, городів — 0,50, сіножатей — 0,62, пасовищ — 0,68, ставків і боліт природного походження — 0,79, лісів природного походження — 1,0.

Коефіцієнт антропогенного навантаження ( $K_{an}$ ) характеризує величину впливу господарської діяльності людини на земельні ресурси і розраховується за формулою:

$$K_{an} = \frac{\sum S_i B_i}{\sum S_i},$$

де  $S_i$  — площа угіддя і-виду з певним рівнем антропогенного навантаження, га;  $B_i$  — бал відповідної площі з певним рівнем антропогенного навантаження: землі промисловості, транспорту, під забудовою — 5 балів, рілля і багаторічні насадження — 4 бали, природні кормові угіддя і залужені балки — 3 бали, лісосмуги, чагарники, ліси, болота, землі під водою — 2 бали, мікрозаповідники — 1 бал.

Залежно від отриманих значень  $K_{ec}$  та  $K_{an}$  визначається стан екологічної стабільності території і рівень антропогенного навантаження на земельні ресурси за шкалою, наведеною у табл. 60. Ранжування шкали проводилось з урахуванням прямого зв'язку екологічної ситуації з розораністю земель і зворотного — із залуженням та лісистістю.

Таблиця 60

**ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО СТАНУ ТЕРИТОРІЇ ЗА ПОКАЗНИКАМИ І КОЕФІЦІЕНТАМИ ЕКОЛОГІЧНОЇ СТАБІЛЬНОСТІ ТЕРИТОРІЇ І АНТРОПОГЕННОГО НАВАНТАЖЕННЯ**

Значення коефіцієнтів		Екологічний стан	Рівень антропогенного навантаження
Екологічної стабільності території ( $K_{ec}$ )	Антропогенного навантаження ( $K_{an}$ )		
$\leq 0,33$	4,1—5,0	Екологічно нестабільний	Високий
0,34—0,50	3,1—4,0	Слабостабільний	Підвищений
0,51—0,66	2,1—3,0	Середньостабільний	Середній
$\geq 0,67$	1,0—2,0	Екологічно стабільний	Низький

## ЕКОЛОГІЧНІ НАСЛІДКИ ГЛОБАЛЬНОГО ПОТЕПЛІННЯ КЛІМАТУ В ЗЕМЛЕРОБСТВІ

# 9

Глобальне потепління клімату, що розпочалося в 70-х роках минулого століття, у недалекому майбутньому неодмінно чинитиме вплив на всі галузі народного господарства й особливо на землеробство, тому актуальність цієї проблеми з роками, вочевидь, буде зростати.

Оскільки антропогенні зміни клімату, що пов'язані з розвитком важкої й автомобільної промисловості, мають глобальний характер, дослідження їх проводяться в міжнародному масштабі під егідою Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) при Організації Об'єднаних Націй.

Нижче наводяться результати досліджень Кембріджського університету (Великобританія), Департаменту енергетики США, Королівського метеорологічного суспільства (Великобританія), Департаменту фізіології і вивчення навколишнього середовища (Великобританія), Міжнародного інституту системного аналізу (Австрія), Комісії з агрометеорології ВМО.

На підставі узагальнення отриманих даних вчені прогнозують наступний вплив глобального потепління на об'єкти сільськогосподарського виробництва: посилення концентрації вуглекислого газу в атмосфері відіб'ється на розвитку і рості польових культур і супутніх бур'янів; під впливом вуглекислого газу й інших домішок легких газів в атмосфері (метану, окислів азоту) буде погіршуватися клімат в напрямку значного коливання температури повітря, зміни режиму тривалості прямого сонячного освітлення і кількості опадів, що, у свою чергу, позначиться на продуктивності рослинництва і тваринництва; оскільки рослини групи С-3, до яких належать більшість культурних видів під час біохімічних реакцій, утворюють первинний продукт із трьома атомами вуглецю, то вони за збільшення концентрації вуглекислого газу в повітрі будуть швидко рости і дозрівати (пшениця, ячмінь, соняшник, рис і соя), а їх продуктивність може підвищуватись на 20—36 %.

Менш чутливі до збільшення вмісту в атмосфері CO<sub>2</sub> рослини групи С-4, в яких первинний продукт у біохімічних реакціях фотосинтезу

має чотири атоми вуглецю (кукурудза, сорго і просо). Передбачається, що зростання концентрації вуглекислого газу спричинить зменшення площ під цими культурами, тому що інтенсивне поширення в цих умовах супутніх бур'янів групи С-3 буде дуже пригнічувати культурні рослини, зводячи нанівець їхню продуктивність.

Через те, що культури групи С-4 у ряді регіонів мають дуже вагомий внесок у продовольчу частину продукції рослинництва, варто очікувати великі труднощі із забезпеченням продовольством, яке виробляється із врожаю цих культур.

У зв'язку з тим, що значна частина бур'янів, характерних для посівів групи С-3, є рослинами групи С-4, варто очікувати поліпшення фітосанітарного стану посівів пшениці, ячменю, соняшнику, рису і сої внаслідок того, що супутні цим рослинам бур'яни будуть в цих умовах відставати в розвитку і рості. Завдяки цьому посіви культур групи С-3 мають велику перспективу для розширення площ у сівозміні. При цьому збільшення вмісту вуглецю в атмосфері може негативно позначитися на якості зерна, спричинивши зниження рівня азотистих речовин, зменшення вмісту білка і поживності продуктів, що, у свою чергу, вплине на раціони годівлі тварин і харчування населення. Отже, рослини виявляться менш поживними і для сільськогосподарських шкідників — комах, через що вони будуть поїдати більшу кількість рослинної маси для задоволення потреби в білку.

Передбачається також, що збільшення вмісту у повітрі вуглекислоти обумовить зменшення розмірів продихів на листовій поверхні рослин, через які відбувається процес поглинання вуглекислого газу і випаровування вологи. Зменшення витрат води рослинами обумовить зниження потреб у зрошенні й атмосферних опадах. Унаслідок цього зменшиться дефіцит водоспоживання в посушливих зонах землеробства.

Розглянемо наслідки прояву другого напрямку впливу антропогенної (викликані господарською діяльністю людей) трансформації навколишнього середовища, наслідком якого буде підвищення температури повітря.

Глобальне потепління обумовить прискорення накопичення кількості ефективного тепла, необхідного для проходження фаз розвитку рослин. Отже, тривалість міжфазних періодів із підвищенням температури буде скорочуватися. Більш короткою виявиться тривалість вегетаційного періоду сільськогосподарських культур, а також сіяних і дикоростучих трав, тому терміни дозрівання і збирання польових культур будуть більш ранніми.

Відомо, що продуктивність пізньостиглих культур вища, ніж ранньостиглих, тому скорочення тривалості періоду вегетації призведе до зниження врожайності культур.

З іншого боку, збільшення концентрації вуглекислого газу обумовить підвищення інтенсивності наростання вегетативної маси, завдяки



чому підвищиться врожайність трав і коренеплідних культур, особливо цукрового буряку і картоплі.

Велику небезпеку для сільськогосподарського виробництва представляє підвищення температури повітря до рівня, що перевищує оптимальне і припустиме максимальне значення (вище 30 °С), за якого коренева система рослин не в змозі компенсувати (відшкодувати) витрату вологи на транспірацію листовою поверхнею. За прогнозами вчених, значна частина території Північної Америки, Азії і Європейських долин, що певною мірою охоплюють і Україну, де на сьогодні великі площі під зерновими культурами, може постраждати від глобального підвищення температури. Передбачається, що в цих регіонах скоротиться період розвитку зернових культур і знизяться їхні врожаї.

Високий рівень температури повітря негативно вплине на режим зволоження ґрунту в зв'язку з посиленням випаровування вологи. Прогнозуються значні площі з недостатнім зволоженням: в Австралії, США, Франції, країнах Середньої Азії, Україні, а також Великобританії, де, як відомо, близькість океанічної води сприяє зволоженню повітря і випаданню опадів. У цих країнах через пересихання ґрунту на сільськогосподарських полях землеробство буде малоефективним.

Розрахунки показують, що за останнє сторіччя середня річна температура повітря в Сибіру і на сході Китаю підвищилася на 2—4 °С за загального потепління на Північній півкулі Землі в межах 0,6—1 °С. Передбачається, що до кінця 2050 року глобальна температура підвищиться на 2—5 °С. Якщо це відбудеться, то межі природних зон змістяться на північ на 150—550 км, що призведе до відповідного скорочення площі вічної мерзлоти і льодовиків. Моделювання змін клімату дозволяє прогнозувати скорочення до 40—50 % території тайги і тундри.

Підвищення температури збільшує імовірність лісових пожеж і скорочення площ тайгового лісу. Внаслідок цього зростуть площі степів у Сибіру і Канаді, де кліматі близькі за своїми характеристиками. Завдяки цьому на їх територіях з'явиться можливість розширити площі під посіви сільськогосподарських культур там, де існує вічна мерзлота. Отже, глобальне потепління в перспективі принесе для даної території відчутне благополуччя: північні болота перетворяться на багаті пасовища, а навколишнє середовище стане теплим і комфортним для проживання і ведення землеробства.

Поряд із позитивною трансформацією кліматичних умов, унаслідок глобального потепління і виникнення парникового ефекту зросте небезпека природних катаклізмів, що будуть проявлятися різкими змінами погоди, випаданням опадів, зміною термінів настання перших осінніх і останніх весняних заморозків, а також збільшенням кількості спекотних днів, на зміну яким приходять похолодання зі зливами й ураганними вітрами. При цьому неминучі величезні втрати в сільськогосподарському виробництві, а також інших галузях народного господарства.

Різка зниження врожаю зернових культур відбувається, коли денна температура перевищує 35 °С. Якщо внаслідок глобального потепління середня річна температура підвищиться на 3—4 °С, виробництво пшениці стане неможливим у країнах тропічних і субтропічних поясів. Зменшення врожаю зернових культур при цьому також неминуче в країнах із помірним кліматом, де від трансформації навколишнього середовища може різко скоротитися період утворення снігового покриву, зменшиться його товщина. Це призведе до скорочення періоду зимової яровизації пшениці, під час якої в рослинах формуються необхідні передумови для початку і прискорення процесу цвітіння і закладання колосу, що спричинить зниження врожаю.

Залишається до кінця не з'ясованим питання про вплив глобального потепління на родючість і ерозію ґрунтів. Більш високі річні температури, безсумнівно, призведуть до посилення мікробіологічної діяльності ґрунту, завдяки чому підвищиться ефективна родючість орного шару. Однак збільшення кореневої біомаси, що буде результатом підвищення рівня фотосинтезу рослин, може зменшити ефект зростаючої родючості.

З іншого боку, негативно вплине на родючість ґрунту збільшення кількості опадів через посилене вимивання із нього поживних (мінеральних і органічних) речовин. Найбільше постраждають від цього регіони з достатнім і надмірним зволоженням, що розташовані в північних районах Росії і на Поліссі України. Розрахунки показують, що збільшення опадів на 30 % призведе до зниження родючості ґрунту на цій території на 20 % і більше, для відновлення якої необхідно вносити значну кількість добрив.

У регіонах, де кількість опадів зменшиться, а спека посилиться, буде прогресувати дефляція ґрунту, наслідком якої буде збільшення повторюваності пилових бур. У Центральній Азії нині пилові бурі спостерігаються 20—30 днів на рік. Збільшення їхньої повторюваності в 2—3 рази призведе до опустелювання території.

Глобальне потепління спричинить посилене розмноження і міграцію комах-шкідників сільськогосподарських культур. Багато комах із підвищенням температури буде швидко розселятися в тих регіонах, що раніше були для них недоступними через недостатню кількість тепла. Передбачається, наприклад, що європейський зерновий точильщик у разі загального підвищення температури на 1°С зможе давати чотири покоління і поширяться в північні райони на 165—500 км. У більш теплих кліматичних умовах комахи-шкідники почнуть розвиватися в більш ранні періоди і пошкоджувати рослини, які не встигли зміцніти, що призведе до значних втрат врожаю.

Вчені також припускають, що з потеплінням клімату швидше й інтенсивніше буде відбуватися поширення хвороб сільськогосподарських тварин. Деякі «південні» хвороби тварин можуть поширитися

вглиб північних районів, тому реально припустити, що таке південне захворювання тварин, як, наприклад, африканська свиняча лихоманка, може з'явитися в південних регіонах Росії й України.

Неминучим наслідком глобального потепління на Землі стане підняття рівня відкритих морів. Парниковий ефект спричинить танення льодовиків і айсбергів, унаслідок чого підвищиться рівень води в морях і океанах. Згідно із розрахунками, до 2030 р. вода підніметься на 9—29 см, а до 2090 р. — на 96 см. Затоплення сільськогосподарських угідь охопить 27 країн. Серед них найбільше постраждають Бангладеш (втратить 21 % сільськогосподарських угідь), Єгипет (20 %), Таїланд, Китай, Японія, Австралія, західна частина Данії, Індонезія, штат Луїзіана (США). Міста Японії Токіо, Осака і Нагойя з 50 % промислового виробництва країни розташовані в критичній прибережній зоні, де близько 860 кв. км їхньої території вже зараз знаходиться нижче середнього рівня моря.

Із підвищеною засоленістю ґрунтів і ґрунтових вод виявиться територія, що межує із затопленою зоною, у зв'язку з чим гостро стане питання про передислокацію землеробства в інші зони.

Світова громадськість забила тривогу: у 1997 р. більшість країн світу підписали в Японії Кіотський протокол, відповідно до якого промислово розвинуті країни, у тому числі Росія й Україна, зобов'язалися зменшити не менш ніж на 5 % викиди в атмосферу газів та інших шкідливих речовин, що призводять до парникового ефекту. До 2008—2010 рр. інші держави також зобов'язалися скоротити викиди на 6—10 %.

Частка окремих газів у створенні парникового ефекту становить, %: вуглекислого — 64, метану — 20, окису азоту — 6, фреону — 10 (Злобін Ю.А., Кочубей Н.В., 2003). Левова частка викидів летких газів, (до 70 %) припадає на промислові підприємства й автомобільний транспорт. Серед інших «сподвижників» парникового ефекту (вугільна і нафтова промисловість, тваринництво й інші види господарської діяльності людини) вагому частку вносить рисівництво. Залиті водою рисові поля є джерелом метану, що утворюється за активного розкладання внесених органічних добрив та інших решток органічного походження. Як показали дослідження, саме «рисовий» метан складає 20 % усієї світової метанової емісії. Загалом внесок сільського господарства в емісію парникових газів оцінюють у 9—10 %.

Періодичні коливання кліматичних умов на планеті знаходять також інші пояснення вчених окрім парникового ефекту. Зокрема, ці коливання стали предметом пильної уваги колективу НДІ гідрометеорології України. Українські вчені помітили, що ці коливання мають циклічний характер із тривалістю циклу 30 років. Перше потепління було в 1910—1940 роках. До речі, тоді не було ще надто сильного антропогенного впливу і насичення атмосфери вуглекислотою.

Від 1940 до 1970 рр. відмічалась хвиля похолодання, хоч антропогенна емісія CO<sub>2</sub> в ці роки поступово наростала. З 1970 року і дотепер спостерігаємо наступну хвилю потепління клімату. Досліджуючи причини цих коливань, вчені помітили синхронні зміни теплової емісії з надр планети, які теж відбуваються з інтервалом 30 років. Розігрівання поверхні планети відбувається періодично з надр Землі, особливо на території меридіонально розташованих смуг. По території України проходять три такі смуги, з постійною дислокацією, починаючи із 30° північної довготи. Розігрівуючи повітря, ці території створюють області високого тиску, які зимою не допускають холоду і роблять зими теплішими, а літні місяці — посушливими і спекотними. На межах цих смуг холоду і тепла виникають фронтальні розділи з низьким тиском і загрозою виникнення циклонів. Отже, коливання кліматичних умов на планеті, на думку українських вчених-гідрометеорологів, не викликані діяльністю людини.

Продукуючи парникові гази, людство, навпаки, пом'якшує перепади атмосферного тиску, а відтак зменшується ймовірність виникнення руйнівних циклонів. Є й інші спроби пояснення коливань клімату.

Ознайомившись із результатами досліджень і прогнозом перспектив подальшого розвитку сільського господарства, викликаного прийдешньою і невідворотною антропогенною трансформацією навколишнього середовища, варто взяти до уваги те, що природа має чудову властивість — саморегуляції і прагнення до балансу негатива із позитивом. У міру прояву тих чи інших змін у навколишньому середовищі і живій природі життя на Землі (не без участі людини) буде адаптуватися до нових умов. Проблеми в землеробстві, що виникатимуть, будуть вирішуватися шляхом створення нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур, засобів контролю за фітосанітарним станом посівів і впровадженням нових технологій у рослинництві. Важливо своєчасно помітити тенденцію зміни навколишнього середовища і реакцію на неї польових культур, щоб завчасно підготуватися до проведення цілеспрямованих заходів щодо раціоналізації сільськогосподарського виробництва в нових умовах.

1. Альбоцкій Ю.М., Кривов В.М., Осинчук С.О. Концептуальні підходи до сталого розвитку землекористування України. // Землевпорядний вісник, 2003, № 4. — С. 49—59.
2. Белослудцева В.М., Дмитренко В.Л. Методичні підходи до екологічної та еколого-економічної оцінки проектів землеустрою // Землевпорядний вісник 2003. № 4. — С. 59—63.
3. Білявський Г.О., Бутченко Л.І., Навроцький В.М. Основи екології: теорія та практика: Навч. посібник. — К.: Лібра, 2002. — 352 с.
4. Бойчук Ю.Д., Солошенко Е.М., Бугай О.В. Екологія і охорона навколишнього середовища: Навч. посібник. — 2-ге вид. — Суми: ВТД «Університетська книга», 2003. — 284 с.
5. Бур'яни в землеробстві України: прикладна гербологія / І.Д. Примака, Ю.П. Манько, С.П. Танчик та ін.; За ред. І.Д. Примака та Ю.П. Манька. — Біла Церква, 2005 — 664 с.
6. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва / Е.Г. Дегодюк, В.Ф. Сайко, М.С. Корнійчук та ін. За ред. Е. Г. Дегодюка. — К.: Урожай, 1992. — 320 с.
7. Гордієнко В.П. Грунтова волога. — Сімферополь: ЧП «Предприятие Феникс», 2008. — 368 с.
8. Городний Н.М., Городня М.Я., Быкин А.В., Олійниченко В.Г. Біологічески цінная овощная продукция на страже здоровья. — К.: Quick Print, 1997. — 389 с.
9. Горышина Т.К. Экология растений. — М.: Высшая школа, 1979. — 368 с.
10. Гроздинский М. Д. Основы ландшафтной экологии. — К.: Либідь, 1993. — 274 с.
11. Гроздинский М. Д., Мищенко П.Г. Ландшафтно-экологический анализ в мелиоративном землепользовании. — К.: Либідь, 1993. — 224 с.
12. Гудзь В.П., Примака І.Д., Будьонний Ю.В. Землеробство. — К.: Урожай, 1996. — 384 с.
13. Двораковский М.С. Экология растений. — М.: Высшая школа, 1983. — 190 с.
14. Дегодюк Е. Г., Дегодюк С. Е. Еколого-техногенна безпека України. — К.: ЕКМО, 2006. — 306 с.
15. Дмитренко В.П. Зміни клімату і проблеми сталого розвитку України // Проблеми сталого розвитку України. — К.: БМТ, 2001. — С. 371—384.
16. Дмитренко В.П., Дячук В.А. Кліматичні аспекти проблеми сталого розвитку України // Проблеми сталого розвитку України. — К.: БМТ, 1998. — С. 283—293.
17. Довідник з гербології / І.Д. Примака, М.П. Косолапа, П.У. Ковбасюк та ін.; За ред. І.Д. Примака — К.: Кондор, 2006. — 370 с.
18. Ерозія і дефляція ґрунтів та заходи боротьби з ними / І.Д. Примака, С.П. Вахній, М.Я. Бомба та ін.; За ред. І.Д. Примака. — Біла Церква, 2001. — 391 с.
19. Жарінов В.І., Довгань С.В. Агроекологія: термінологічний та довідково-вий матеріал: Навчальний посібник. — Вінниця: НОВА КНИГА, 2008. — 328 с.
20. Защита орошаемых земель от эрозии, подтопления и засоления / Т.Н. Хруслова, И.К. Срибный, И.И. Андрусенко и др.; Под ред. Т.Н. Хрусловой. — К.: Урожай, 1991. — 208 с.

21. *Злобін Ю.А., Кочубей Н.В.* Загальна екологія. — Суми: Університетська книга, 2003. — 416с.
22. *Израэль Ю.К.* Экология и контроль состояния природной среды. — М.: Гидрометеониздат, 1984. — 560 с.
23. *Кирюшин В.И.* Экологические основы земледелия. — М.: Колос, 1996. — 366с.
24. *Кисель В.И.* Биологическое земледелие в Украине: проблемы и перспективы / Харьков: Штрих, 2000. — 162 с.
25. *Корсак К.В., Плахотнік О.В.* Основи екології: Навч. посібник. — 3-тє вид., перероб. і доп. — К.: МАУП, 2002. — 296 с.
26. *Косарев В.П., Таранов В.И.* Лесная метеорология. — М.: Экология, 1991. — 176 с.
27. *Косолап М.П.* Гербологія: Навчальний посібник. — К.: Арістей, 2004. — 364 с.
28. *Кузнецов М.С., Глазунов Г.П.* Эрозия и охрана почв: Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. — 352 с.
29. *Кучерявий В.П.* Екологія. — Львів: Світ, 2001. — 500 с.
30. *Кучерявий В.П.* Фітомеліорація: Навч. посібник. — Львів: Світ, 2003. — 540 с.
31. *Лархер В.* Экология растений. — М.: Мир, 1978. — 348 с.
32. *Леонець В.О.* Екологічні наслідки сучасної деградації природних і антропогенних ландшафтів та основні напрями охорони земель. // Землевпорядний вісник, 1998, № 3. — С. 26—28.
33. *Лосев А.П., Журина Л.Л.* Агриметеорологія. — М.: КолосС, 2004. — 301 с.
34. *М'якушко В.К.* Сільськогосподарська екологія. — К.: Вища школа, 1993. — 350 с.
35. *Манько Ю.П., Веселовський І.В., Орел Л.В., Танчик С.П.* Бур'яни та заходи боротьби з ними. — К.: Лібра, 1998. — 240 с.
36. *Медведев В.В.* Агроэкологическая оценка земель Украины и размещение сельскохозяйственных культур. — К.: Аграрная наука, 1997. — 162 с.
37. *Медведев, В. В. Лактионова. Т. Н.* Почвенно-технологическое районирование пахотных земель Украины. — Харьков: Изд-во «13 типография», 2007. — 395 с.
38. *Медведев. В. В.* Структура почвы (методы, генезис, классификация, эволюция, география, мониторинг, охрана). — Харьков: Изд-во «13 типография», 2008. — 406 с.
39. *Медведев, В. В. Лактионова. Т. М.* Ґрунтово-технологічні вимоги до Ґрунтообробних знарядь і ходових систем машинно-тракторних агрегатів/ ННЦ «Інститут Ґрунтознавства та агрохімії імені О. Н. Соколовського». — Харків: КП «Друкарня № 13», 2008. — 68 с.
40. Механічний обробток ґрунту в землеробстві / І.Д. Примак, В.Г. Рошко, В.П. Гудзь та ін.; За ред. І.Д. Примака. — Біла Церква, 2002. — 320 с.
41. *Минеев В.Г.* Агрохимия: Учебник. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. — 720 с.
42. *Минеев В.Г.* Экологические проблемы агрохимии: Учеб. пособие. — М.: Изд-во Моск. ун-та, 1988. — 285 с.
43. *Минеев В.Г., Ремте Е.Х.* Агрохимия, биология и экология почвы. — М.: Росагропромиздат, 1990. — 206 с.
44. *Митчерлих Э.А.* Почвоведение / Пер. с нем. — М.: ИЛ, 1957. — 416 с.
45. *Надточій П.П., Вольвач Ф.В., Гермашенко В.Г.* Екологія ґрунту та його забруднення. — К.: Аграрна наука, 1997. — 286 с.
46. Наукові основи землеробства / І.Д. Примак, В.А. Вергунов, В.Г. Рошко та ін.; За ред. І.Д. Примака. — Біла Церква, 2005. — 408 с.
47. Наукові основи землеробства / І.Д. Примак, І.В. Лотоненко, Ю.П. Манько; За ред. І.Д. Примака. — К.: КВЦ, 2008. — 192 с.
48. Научные основы экологического земледелия / В.М. Круть, Г.П. Фесенко, Т.С. Алексеев и др. — К.: Урожай, 1995. — 176 с.
49. Неприятливі метеорологічні умови в землеробстві: захист від них культурних рослин / І.Д. Примак, В.А. Вергунов, П.У. Ковбасюк та ін.; За ред. І.Д. Примака. — К.: Кондор, 2006. — 314 с.

50. *Патика В.П., Макаренко Н.А., Моклячук Л.І.* Агроекологічна оцінка мінеральних добрив та пестицидів. — К.: Основи, 2005. — 300 с.
51. Почвенно-экологические условия возделывания сельскохозяйственных культур / В. В. Медведев, А.Я. Бука, Д.Н. Губарева и др.; Под ред. В.В. Медведева. — К.: Урожай, 1991 — 176 с.
52. Рациональні сівозміни в сучасному землеробстві / І.Д. Примак, В.Г. Рошко, Г.І. Демидась та ін.; За ред. І.Д. Примака. — Біла Церква, 2003. — 384 с.
53. *Реймерс Н.Ф.* Природопользование: Словарь-справочник. — М.: Мысль, 1990. — 638 с.
54. *Реймерс Н.Ф.* Экология. — М.: Молодая Россия, 1994. — 367 с.
55. Ресурсозберігаючі технології механічного обробітку ґрунту в сучасному землеробстві України / І.Д. Примак, В.О. Єщенко, Ю.П. Манько, М.І. Трегуб, О.І. Примак. — К.: КВІЦ, 2007. — 272 с.
56. *Риклефс Р.* Основы общей экологии. — М.: Мир, 1979. — 424 с.
57. Системи землеробства: історія їх розвитку і наукові основи / І.Д. Примак, В.А. Вергунов, В.Г. Рошко та ін.; За ред. І.Д. Примака. — Біла Церква, 2004. — 528 с.
58. Сівозміни в землеробстві України / І.Д. Примак, В.О. Єщенко, Ю.П. Манько; За ред. І.Д. Примака. — К.: КВІЦ, 2008. — 288 с.
59. *Статівка А.М., Курлюк І.В.* До питання про раціональне використання сільськогосподарських угідь у процесі аграрного виробництва // Екологічний вісник, 2004, № 1. — С. 15—16.
60. *Тараріко О.Г.* Формування сталих агроєкосистем: теорія і практика. — К.: Аграрна наука, 2005. — 508 с.
61. Технологія відтворення родючості ґрунтів у сучасних умовах / За ред. С.М. Рижуга і В.В. Медведева. — Харків, 2003. — 214 с.
62. Глумачний словник із сільськогосподарської метеорології / І.Д. Примак, В.А. Вергунов, В.Г. Рошко та ін.; За ред. І.Д. Примака. — Біла Церква, 2007. — 308 с.
63. *Тооминг Х.Г.* Экологические принципы максимальной продуктивности посева. — Л.: Гидрометеиздат, 1984. — 264 с.
64. *Троян П.* Экологическая биоклиматология. — М.: Высшая школа, 1988. — 208 с.
65. *Тышкевич Г.Л.* Экология и агрономия. — Кишинев: Штиинца, 1991. — 266 с.
66. *Уаттс К.* Экология и управление природными ресурсами. — М.: Мир, 1971. — 464 с.
67. Фермерське землеробство (в таблицях) / І.Д. Примак, В.М. Ткачук, С.П. Васильківський та ін.; За ред. І.Д. Примака. — Біла Церква, 2006. — 360 с.
68. *Храмцов Л.И., Храмцов В.Л.* / Ландшафтное растениеводство: Монография. — Днепропетровск: Пороги, 2007. — 372 с.
69. *Хромов С.П., Петросяню М.А.* / Метеорология и климатология: Учебник — 6-е изд., перераб. и доп. — М.: Изд-во МГУ, Изд-во «КолосС», 2004. — 582 с.
70. *Чернишов И.И.* Агроэкология — М.: Колос, 2002. — 400 с.
71. *Чистик О. В.* Экология: Учебное пособие. — Минск: ООО «Новое знание», 2001. — 248 с.
72. *Шматько В.Г., Нікітін В.* Екологія і організація природоохоронної діяльності: Навчальний посібник. — К.: КНТ, 2006. — 304 с.
73. *Шувар І., Бегей С.* Екологічне землеробство. — Львів, 2008. — 400 с.
74. *Шульгин А.М.* Климат почвы и его регулирование. — Л.: Гидрометеиздат, 1967. — 299 с.
75. *Шульгин И.А.* Растение и солнце. — Л.: Гидрометеиздат, 1973. — 252 с.

Навчальне видання

ПРИМАК Іван Дмитрович  
МАНЬКО Юрій Прокопович  
РІДЕЙ Наталія Михайлівна  
МАЗУР Віктор Анатолійович  
ГОРЩАР Владислав Іванович  
КОНОПЛЬОВ Олексій Володимирович  
ПАЛАМАРЧУК Світлана Петрівна  
ПРИМАК Олена Іванівна

# ЕКОЛОГІЧНІ ПРОБЛЕМИ ЗЕМЛЕРОБСТВА

*За редакцією  
доктора сільськогосподарських наук,  
професора І. Д. Примака*

Оригінал-макет підготовлено  
ТОВ «Центр учбової літератури»

Підписано до друку 24.12.2009. Формат 60x84 1/16.  
Друк офсетний. Гарнітура PetersburgC.  
Умовн. друк. арк. 25,65.  
Наклад 800 прим.

Видавництво «Центр учбової літератури»  
вул. Електриків, 23  
м. Київ, 04176  
тел./факс 425-01-34, тел. 451-65-95, 425-04-47, 425-20-63  
8-800-501-68-00 (безкоштовно в межах України)  
e-mail: office@uabook.com  
сайт: WWW.CUL.COM.UA  
Свідоцтво ДК № 2458 від 30.03.2006