

І.Д. Примак, І.В. Мартинюк, Ю.В. Федорук, Л.В. Єзерковська,
В.С. Хахула, Л.М. Качан, І.А. Покотило, А.А. Павліченко, Б.В. Хахула,
С.В. Ображій, О.Б. Панченко, Т.П. Лозінська, С.В. Горновська

НАУКОВІ ОСНОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВІТЧИЗНЯНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

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

*Рекомендовано Вченою радою Білоцерківського національного аграрного
університету як навчальний посібник для підготовки здобувачів вищої освіти
зі спеціальності 201 «Агрономія» (протокол № 7 від 30 серпня 2021 р.)*

Вінниця

«ТВОРИ»

2022

УДК 631:00189(075.8)
Н 34

Автори:

І.Д. Примак (Білоцерківський НАУ);
І.В. Мартинюк (ННЦ «Інститут землеробства НААН України»);
Ю.В. Федорук, Л.В. Єзерковська, В.С. Хахула, Л.М. Качан,
І.А. Покотило, А.А. Павліченко, Б.В. Хахула, С.В. Ображій,
О.Б. Панченко, Т.П. Лозінська,
С.В. Горновська (Білоцерківський НАУ)

Рецензенти:

М.В. Шевченко – доктор с.-г. наук, професор (Харківський НАУ);
І.А. Шувар – доктор с.-г. наук, професор (Львівський НАУ).

Н 34 Наукові основи сучасних систем вітчизняного землеробства: Навчальний посібник. / І.Д. Примак, І.В. Мартинюк, Ю.В. Федорук, Л.В. Єзерковська, В.С. Хахула, Л.М. Качан, І.А. Покотило, А.А. Павліченко, Б.В. Хахула, С.В. Ображій, О.Б. Панченко, Т.П. Лозінська, С.В. Горновська; за ред. І.Д. Примака – Вінниця: «ТВОРИ», 2022. — 320 с.

ISBN 978-617-552-019-2

Висвітлені теоретичні основи, суть, еволюція і характеристика сучасних систем землеробства у контексті біосферної парадигми природокористування, закону ноосфери В.І. Вернадського і осмислення змісту системи як наукової категорії. Обґрунтована необхідність відтворення родючості ґрунту і проектування адаптивно-ландшафтних систем землеробства. Викладені методологічні і теоретичні основи сучасних систем землеробства. Велику увагу автори приділили системі сівозмін – головній складовій будь-якої системи землеробства, яка визначає агрономічну стратегію підвищення продуктивності орних земель. Висвітлено агроекологічне групування земель, природоохоронна організація території, агроекологічні основи обробітку і удобрення ґрунту, шляхи призупинення і подолання ґрунтових деградаційних процесів.

УДК 631:00189(075.8)

© Д. Примак, І.В. Мартинюк, Ю.В. Федорук,
Л.В. Єзерковська, В.С. Хахула, Л.М. Качан,
І.А. Покотило, А.А. Павліченко, Б.В. Хахула,
С.В. Ображій, О.Б. Панченко, Т.П. Лозінська,
С.В. Горновська, 2022

© ТОВ «ТВОРИ», 2022

ISBN 978-617-552-019-2

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
1. Система землеробства як наукова категорія	7
2. Системи землеробства у контексті нової біосферної парадигми природокористування	32
3. Методологічні основи сучасних систем землеробства	44
4. Теоретичні основи систем землеробства	53
5. Агроландшафт – фундамент системи землеробства	68
6. Система сівозмін – фундамент рільництва	85
6.1. Агроекологічне групування земель, природоохоронна організація території і структура посівних площ – основа системи сівозмін	87
6.2. Методологічні принципи організації, агроекономічна і агроекологічна оцінка системи сівозмін	109
6.3. Наукові основи сівозміни	118
6.4. Місце парів, польових культур і проміжних посівів у сівозмінах	150
6.5. Сучасна класифікація сівозмін	189
6.6. Наукові основи чергування культур у сівозмінах	194
6.6.1. Польові сівозміни	199
6.6.2. Кормові сівозміни	209
6.6.3. Спеціальні сівозміни	223
6.6.3.1. Овочеві і овоче-кормові сівозміни	223
6.6.3.2. Баштанні, рисові, картоплярські сівозміни	230
6.6.3.3. Сівозміни з тютюном, махоркою, суницею, у садівництві	232
6.6.3.4. Грунтозахисні сівозміни	234
7. Система механічного обробітку ґрунту	243
7.1. Агроекологічні основи і методологічні принципи проектування систем обробітку ґрунту в сівозмінах	243
7.2. Різноглибинний обробіток ґрунту в сівозмінах	248
7.3. Протиерозійний обробіток ґрунту	264
7.3.1. Основні заходи формування ерозійно стійкої поверхні ґрунтів	264
7.3.2. Заходи протиерозійного зяблевого обробітку ґрунту	266
7.3.3. Протиерозійні заходи за передпосівного і післяпосівного обробітку ґрунту під ярі культури	277
8. Раціональне використання побічної рослинницької продукції в адаптивному землеробстві	280
9. Меліорація кислих і солонцевих ґрунтів	292
10. Зелені добрива – невід’ємна складова вітчизняних систем землеробства	308

ВСТУП

Землеробство як наука використовує метод систематичного аналізу агроекологічних, соціально-економічних та інших факторів, їх взаємодію для побудови виробничих моделей і агротехнологій. *Землеробство* є базовою сільськогосподарською наукою про раціональне використання землі, мета якої - виявлення системних зв'язків між елементами землеробства екологічними і економічними умовами та оптимізація на їх основі агроландшафтів і агроценозів для виробництва економічно і екологічно обумовленої продукції, безпечної для навколишнього середовища.

З позиції біосферної ідеології природокористування В.В. Докучаєва, В.І. Вернадського (взаємін антропоцентричної ідеології) *земля* - це природно територіальний комплекс, що характеризується певними екологічними і соціально-економічними умовами (геологічними, літологічними, кліматичними, біоценотичними, соціально-інфраструктурними) і виконує певні функції: екологічні, господарські, соціально-економічні, ресурсні, рекреаційні, тощо.

Якщо земля – це ділянка біосфери, то ґрунт – її базовий компонент необхідний для функціонування екосистеми. *Ґрунт* – це природно історичне тіло, що виникло на поверхні Землі в результаті зміни гірських порід під впливом клімату, біоти, діяльності людини та характеризується екологічними і продуктивними функціями в певних біогеоценозах і агроценозах.

На сьогодні *природокористування* розглядається як задоволення потреб суспільства шляхом використання різних видів природних ресурсів і природних умов, що мають обмеження екологічного, економічного, соціального і етичного характеру.

Це визначення відрізняється від традиційних чітко вираженим екологічним імперативом, під яким розуміють вимоги і правила охорони навколишнього середовища, що витікають із незворотності настання шкідливих наслідків для людини і навколишнього середовища, невідновлюваності або важкої чи часткової відновлюваності природних ресурсів у результаті діяльності людини. Екологічний імператив позначає ту межу допустимої активності людини, яку вона не має права переступати ні за яких обставин.

Досягненням гармонії між продуктивними і екологічними функціями сільськогосподарського ландшафту визначається процес екологізації землеробства.

До першочергових конкретних завдань екологізації землеробства відносяться: збереження і відновлення біорізноманіття; розміщення сільськогосподарських культур відповідно агроекологічних умов оптимізація співвідношення природних і різних сільськогосподарських угідь, гармонізація тваринництва і землеробства; створення оптимальної інфраструктури агроландшафтів з урахуванням енергомасопереноса; підвищення екологічної стійкості агроценозів; оптимізація біологічного колообігу речовин в агроландшафтах, зокрема, в системі «ферма-поле-луг»; підвищення ролі біологічного азоту за рахунок зростання частки бобових культур і стимуляції процесів азотфіксації; регулювання поверхневого стоку, геологічного і гідрологічного режимів у межах стійкості агроландшафтів і прилеглих (суміжних) природних ландшафтів; утримання поверхні ґрунту під покривом рослин і рослинних решток, мульчування; зменшення інтенсивності механічного обробітку ґрунту і створення умов для біологічного саморозпушення; оптимізація структури і функціонування агроценозів з урахуванням біоценотичних зв'язків; регулювання чисельності шкочочинних

організмів і корисних ентомофагів шляхом використання біологічних засобів і хімічних препаратів, близьких за своїми властивостями до природних сполук.

З позиції нової парадигми природокористування під *деградацією агроландшафту* розуміють його негативні зміни, що виражаються в зниженні або втраті здатності виконувати функції відтворення ресурсів і середовища та соціально-економічні функції. *Деградація ґрунтів* – стійке погіршення їх властивостей і пов'язані з ним скорочення або втрата екологічних і продуктивних функцій.

У новій концепції система землеробства висвітлюється як природно-екологічна категорія, що визначається наступними групами факторів: суспільні (ринкові) потреби (ринок продуктів, потреби тваринництва, вимоги переробки продукції); агроекологічні вимоги культур і їх середовищеутворюючий вплив; агроекологічні параметри земель (природно-ресурсний потенціал); виробничо-ресурсний потенціал, рівні інтенсифікації; господарські уклади, соціальна інфраструктура; якість продукції і середовища проживання, екологічні обмеження.

Виходячи з цього підходу В.І. Кирюшин (2011) дає визначення *адаптивно-ландшафтної системи землеробства* як системи використання землі певної агроекологічної групи, що орієнтована на виробництво продукції економічно і екологічно обумовленої кількості і якості відповідно до суспільних (ринкових) потреб, природних і виробничих ресурсів та забезпечує стійкість агроландшафтів і відтворення ґрунтової родючості.

Термін «ландшафтна» у назві системи означає, що вона розробляється стосовно до конкретної категорії агроландшафту, який трансформується через призму агроекологічної оцінки в агроекологічну групу земель. При цьому ланки систем землеробства формуються в межах агроекологічних типів земель (тобто ділянок, однорідних за умовами вирощування культури або групи культур з близькими агроекологічними вимогами); елементи (заходи обробітку, сівби, внесення добрив тощо) диференційовані відповідно до елементарних ареалів агроландшафту (тобто з елементами мезорельєфу, обмеженими елементарними ґрунтовими структурами), а організація території здійснюється з урахуванням структури ландшафту і умов його функціонування. Термін «адаптивна» означає адаптивність системи землеробства до всього комплексу зазначених умов.

У межах землекористування достатньо великих господарств може бути декілька агроекологічних груп земель, для яких повинні розроблятися відповідні адаптивно-ландшафтні системи землеробства.

Реалізація потенційних можливостей використання земельного ресурса, що визначається групою земель, залежить від потреб ринку і виробничого потенціалу товаровиробника, рівня інтенсифікації і соціально-економічних умов. Із екологічно можливого набору культур спеціалізація рослинництва цілком визначається ринком, що в класифікації систем землеробства позначається терміном «зернова», «кормова» тощо.

Кількісна і якісна сторона виробництва залежить від рівня його інтенсифікації, тобто наукоємності і забезпечення сучасними виробничими ресурсами. В цьому відношенні системи землеробства поділяються на екстенсивні, нормальні, інтенсивні і високоінтенсивні (точні).

Екстенсивні системи землеробства, розраховані на використання природної родючості ґрунтів без удобрення, меліорацій і пестицидів або з дуже обмеженим їх

систем. Елементом, що належить до певної системи, властивий особливий характер відношень – зв'язність, що і обумовлює її відносне відособлення від зовнішнього середовища. Все, що не належить до такої системи, розглядається як зовнішнє середовище стосовно досліджуваної системи.

Таким чином, *система* – це відносно відособлена і упорядкована сукупність цілеспрямовано і доцільно взаємодіючих елементів із притаманною їм зв'язністю і здатністю реалізовувати задані цільові функції.

Це визначення достатньо повно характеризує такі системи (наприклад, матеріальні об'єкти), коли система і середовище чітко розмежовані, а структурні елементи системи легко відрізняються.

Більш глибоке розкриття змісту системи як наукової категорії пов'язане з новим філософським осмисленням цього поняття, розповсюдженням поняття системи на дослідження абстрактних логічних, понятійних, знакових та інших систем. Тому на другому, більш високому, рівні абстракції система визначається як фундаментальна науково-методологічна категорія пізнання.

Третій рівень абстракції у визначенні поняття системи пов'язаний з формуванням нового типу наукового мислення, що носить назву системного. Фахівець будь-якого профілю і предметної сфери здійснює управління певними системами, тому об'єкти управління думкою (подумки) трансформуються в систему, розглядаються як така, що включає: визначення загальної її мети; виявлення характеру структури і структурних елементів системи; оцінку характеру взаємозв'язків і взаємодії елементів системи, їх упорядкованості з погляду виконання її функцій; використання певної наукової мови для описання властивостей і поведінки системи (зазвичай, мова математичного моделювання).

Визначення системи включає наступні чотири блоки: суб'єкт (дослідник) $\longleftrightarrow$ об'єкт дослідження $\longleftrightarrow$ мета дослідження $\longleftrightarrow$ мова дослідження. За викладеного підходу поняття “система” набуває світоглядного характеру. Тому систему можна визначити як світоглядну філософську категорію, як спосіб мислення.

Оскільки будь-яка достатньо складна система має дуже велику кількість якісних характеристик, її декомпозиція (розчленування на складові частини) можлива за різними ознаками (наприклад, декомпозицію господарства можна проводити за підрозділами, функціональними ознаками у вигляді ряду супідрядних підсистем і т.д.). При цьому під елементом системи слід розуміти ту кінцеву структурну одиницю, яка не підлягає подальшому розчленуванню без втрати якості системи, що розглядається. Подальше розчленування системи приведе нас до якісно нової системи. Як приклад, розглянемо дві системи: 1) біоценоз $\rightarrow$ вид $\rightarrow$ організм (рослина); 2) система сівозмін $\rightarrow$ конкретна сівозміна $\rightarrow$ поле, зайняте конкретною культурою.

У першому прикладі неподільний елемент системи – організм (рослина). Розглядаючи рослину як якісно іншу систему, можна виділити підсистеми: рослина $\rightarrow$ органи $\rightarrow$ тканини $\rightarrow$ клітини $\rightarrow$ субклітинні структури, а далі починається якісно нова система – речовина (зі своїми підсистемами: молекули $\rightarrow$ атоми $\rightarrow$ елементарні частини). У другому прикладі кінцевим елементом системи є поле сівозміни, оскільки за подальшої декомпозиції ми знову переходимо до окремої рослини як системи іншої якості. У розглянутих прикладах подана схема вертикальної ієрархії підсистем. За горизонтальної ієрархії структурні елементи розміщуються на одному і тому ж рівні. В

аналізі розглядають ті властивості елементів, які впливають на інші елементи і підсистеми.

За визначення системи як об'єкта дослідження особливого значення набуває формування її мети, яка може бути імманентною, внутрішньоприпитаманною, первісно заданою, як наприклад, генетично закладена програма розвитку рослинного організму (від проростання насінини до дозрівання нового покоління насіння). Це характерно для природних саморегулюючих і самовідновлюваних систем. Водночас в більшості випадків під час дослідження штучно створюваних систем мету формує і задає сам дослідник, тобто вона привноситься ззовні. Так, розглядаючи технологію виробництва зерна озимої пшениці як цілісну систему, дослідник може по-різному сформулювати мету цієї системи: забезпечити максимальну урожайність за наявних трудових, матеріальних і фінансових ресурсів; забезпечити мінімальні виробничі затрати для отримання деякого заданого обсягу продукції з урахуванням ринкового попиту; отримання високої рентабельності виробництва продукції; забезпечити виробництво екологічно безпечної продукції рослинництва.

За кожної постановки завдання формують свій критерій ефективності досягнення мети (за першого випадку екстремальне значення критерію – максимум урожайності, другого – мінімум затрат, третього – максимальна рентабельність, четвертого – якомога вища якість рослинницької продукції).

Досягнення поставленої мети передбачає цілеспрямоване управління системою (наприклад, запрограмоване отримання урожаю). Мета управління системою – оптимізація поведінки системи в динаміці за заданим критерієм. Тут ми безпосередньо виходимо на проблему оптимального управління і принцип оптимальності.

Принцип оптимальності в стислому викладенні зводиться до наступного: поставлене завдання, яке допускає надзвичайно багато варіантів вирішення (наприклад, землевласник може вирощувати чотири культури на площі 1200 га; при цьому можливих поєднань розмірів площ під окремі культури необмежено багато); наявні ресурси (земельні, трудові, фінансові, технічні, енергетичні) завжди обмежені; є певні обмежувальні умови, яких необхідно дотримуватися (гранично допустима частка посіву окремих рослин, період повернення культур на попереднє місце вирощування тощо); відомі техніко-технологічні коефіцієнти затрат, ціни на продукцію, що реалізується, та інші економічні нормативи; сформульована конкретна цільова функція (наприклад, забезпечити максимальний прибуток).

Вирішення оптимізованого завдання надасть можливість визначити таку структуру виробництва, яка за заданих умов забезпечить отримання максимального прибутку. Вибір критерію оптимальності завжди залежить від постановника завдання. Мета і критерій оптимальності – це різні поняття.

Базуючись на сформульованому вище загальному визначенні категорії “система” і проведеному аналізі основних ознак систем, дамо визначення системі землеробства.

Наукове визначення системи землеробства повинно вписуватися в загальне визначення категорії “система” з конкретизацією в своїй предметній сфері, тобто відбивати основні ознаки системи: цілісність, наявність загальносистемної мети і критерію ефективності, упорядкованість підсистем і їх цілеспрямована взаємодія для досягнення загальносистемної мети. Визначення системи землеробства повинно враховувати і включати наступні п'ять ознак:

1. Ціль системи. Система землеробства – багатоцільова система. Її цілі: отримання необхідного суспільству обсягу і якості рослинницької продукції з мінімальними затратами виробничих ресурсів за одночасного відтворення ґрунтової родючості і збереження та поліпшення довкілля. Цю вимогу можна висловити у самому визначенні досить стисло: “з метою ефективного використання землі”. Назви систем землеробства звичайно відбивають етапи інтенсифікації рільництва і беруть початок від найбільш суттєвого, провідного елементу (підсічно-вогнева, цілинна, травопільна, адаптивна і т.д.).

2. Структурні елементи в системі землеробства включають сукупність агробіологічних, технічних, технологічних, організаційних і економічних заходів, що формуються у вигляді підсистем. Їх розглядають звичайно як відносно самостійні системи: система сівозмін, система удобрення і хімічної меліорації, система механічного обробітку ґрунту, система захисту ґрунтів від ерозії, система захисту рослин від шкочочинних організмів, система насінництва тощо. Кінцевим неподільним елементом системи землеробства є конкретні технологічні операції.

3. Цілеспрямована взаємодія елементів системи для забезпечення максимальної ефективності використання земельних ресурсів за умови відтворення ґрунтової родючості і збереження та поліпшення довкілля.

4. Критерій ефективності систем землеробства за різних економічних умов зазнає змін. Якщо до 90-х років минулого століття всі зусилля аграріїв спрямовувалися на отримання максимальних обсягів рослинницької продукції, то за умов ринкової економіки виробництво орієнтується на попит ринку, тобто на отримання запланованого обсягу продукції певної якості. Отже, критерій, що використовувався раніше, – максимальний вихід продукції – не завжди правомірний. Тому у визначенні системи землеробства загальносистемний критерій може бути віддзеркаленим в наступному формулюванні: “виробництво необхідного для суспільства обсягу і якості продукції”. Залежно від характеру критеріїв ефективності змінюються вимоги до структурних підсистем, їх гнучкості і взаємної узгодженості (особливо за розробки адаптивних систем землеробства).

5. Обмежувальні умови у визначенні терміна “система землеробства” переслідують завдання відтворення ґрунтової родючості, збереження і поліпшення довкілля.

Отже, враховуючи перераховані умови, можна сформулювати наступне визначення системи землеробства.

Система землеробства представляє собою цілісну сукупність взаємозв’язаних і цілеспрямовано взаємодіючих агробіологічних, техніко-технологічних і організаційно-економічних заходів, що здійснюються з метою ефективного використання земельних ресурсів для отримання необхідного обсягу і якості рослинницької продукції за відтворення ґрунтової родючості і збереження довкілля.

Системі, як єдиному і відносно відособленому від зовнішнього середовища цілому, притаманний ряд специфічних властивостей, які часто називають системними. Розглянемо найбільш важливі системні властивості.

1. Цілісність системи – надзвичайно важлива і визначальна її властивість. Згідно з визначенням система представляє собою об’єктивну єдність цілеспрямовано взаємодіючих структурних елементів для досягнення загальносистемних цілей. Властивість цілісності виникає зі специфічних особливостей взаємодії між елементами

і підсистемами. Системі, як цілому, завжди притаманні якісно нові властивості, яких не було у первинних елементів системи; ці нові властивості не є простою сумою характеристик складових частин системи. Проявлення якісно нових властивостей, не притаманних окремим елементам системи, називається *емерджентністю*. Вона притаманна всім достатньо великим і складним системам. Наприклад, біологічній системі “ліс” притаманні властивості, які неможливо отримати як суму властивостей і характеристик окремих дерев, чагарників, трав, які ростуть в лісі, а також тваринного світу, що мешкає тут. Ліс, як система, має якісно нові властивості.

Емерджентні властивості системи, як єдиного цілого, обумовлюються проявленням особливих ефектів взаємодії між елементами системи. Емерджентність – своєрідна форма реалізації деяких властивостей зв'язності і організованості систем. Так, ефективність сумісного застосування різних видів мінеральних добрив в оптимальних дозах завжди вища за сумарну ефективність їх роздільного внесення; або, наприклад, з одного і того ж набору культур можна скласти різні сівозміни. Сумарна продуктивність всіх полів науково обгрунтованої сівозміни в силу проявлення емерджентних властивостей системи буде завжди значно вищою за сумарну продуктивність всіх полів того ж набору культур за їх безсистемного розміщення.

В економіці емерджентні властивості проявляються, наприклад, у вигляді ефекту від кооперації та інтеграції.

2. Зв'язність системи передбачає особливий характер взаємозв'язків між її елементами і проявляється у формі певної упорядкованості відносин між ними, наприклад, чергування культур в полях сівозміни. Саме наявність особливого характеру зв'язності між елементами слугує основою вицлення системи з навколишнього середовища як відносно відособленого цілого. Зв'язність визначає характер внутрішньої структури системи. Ефективність функціонування системи суттєво залежить від характеру структури останньої.

3. Різноманітність системи. Реальні системи знаходяться в постійному русі, що проявляється у зміні їх стану у часі. Щоб описати процеси зміни, уявимо елементи системи як перемінні $X_1, X_2, \dots, X_n$, що можуть приймати різні значення, тобто можуть знаходитися в різних станах.

Якщо деяка перемінна X_k може знаходитись тільки в одному стані, то він для спостерігача повністю визначений, тобто перемінна не має різноманітності. Припустимо, що перемінна може приймати тільки два можливих значення 0 і 1 з однаковою ймовірністю, тобто може знаходитися у двох можливих станах (наприклад, поле – засіяне, не засіяне; насіння – схоже, не схоже і т.д.). За цього випадку вже з'являється різноманітність станів системи і разом з тим, для спостерігача виникає невизначеність станів – йому невідомо в якому саме стані знаходиться система. Різноманітність системи та її невизначеність зростають за одночасного збільшення кількості перемінних. Так, якщо система включає дві перемінні X_1 і X_2 , кожна з яких може також знаходитись у двох можливих станах 0 і 1, то система в цілому має чотири можливі стани (00,01,10,11):

Можливі значення перемінних		X_2	
		0	1
X_1	0	00	01
	1	10	11

За одночасного розгляду трьох перемінних кількість можливих станів зростає до 8. У загальному випадку кількість можливих станів (N), а отже, і різноманітність системи визначається залежно від кількості перемінних:

$$N = 2^t,$$

де 2 – основа (в цьому випадку – кількість значень, які може приймати кожна перемінна); t – кількість перемінних.

Зрозуміло, що в реальному житті перемінні можуть знаходитися у безлічі станів. Проте систему будь-якої складності можна описати за допомогою перемінних з альтернативною мінливістю (мінливістю типу 0 і 1). Прийняття за основу числа 2 дає значні зручності на практиці. Тому вся сучасна обчислювальна техніка побудована на основі двійного обчислення.

Невизначеність системи може вимірюватися показником степеня в наведений вище формулі, з якої витікає, що $t = \log_2 N$. Міру невизначеності системи називають ентропією і позначають символом H . Отже: $H = \log_2 N$. Якщо всі стани системи рівномірні, то ентропія досягає максимального значення. Тому остаточно формула ентропії системи з рівномірними станами має вигляд: $H_{\max} = \log_2 N$.

Кількісна міра невизначеності (ентропії) системи, яка з однаковою ймовірністю може знаходитись тільки у двох можливих станах, називається бітом, або двійною одиницею вимірювання кількості інформації. Оскільки невизначеність системи усувається за надходження інформації про її стан на даний момент часу, то, природно, та ж одиниця виміру використовується і як кількісна міра інформації, тобто інформація також вимірюється у бітах. Проте, на практиці використовують більші одиниці виміру: 8 біт = 1 байт, 1 кілобайт = 2^{10} байта і т.д.

У реальному житті ймовірності станів системи, як правило, різні. Тому для визначення ентропії системи, ймовірності станів якої неоднакові, використовують формулу:

$$H = -\sum p_i \log_2 p_i,$$

де $\sum$ – оператор підсумовування, p_i – ймовірності i -го стану системи.

4. Організованість системи проявляється у зміні співвідношення між наростаючою складністю системи і вдосконаленням її структури. Удосконалення структури здійснюється через організацію нових форм взаємозв'язків і взаємодії між елементами системи.

За максимальної невизначеності стан системи хаотичний. Риси організації проявляються в міру виникнення залежностей між елементами системи. Водночас необхідно відрізняти просту упорядкованість елементів системи від складності її організації. В оцінці організованості системи істотне значення має характер структури і складності взаємозв'язків між елементами. Чим більшою є високоорганізована система, тим складніші в ній взаємозв'язки.

Управління системою вимагає її відповідної організації. Завдяки удосконаленню структури і організованості системи підвищується її керованість.

5. Складність системи визначається кількістю елементів, що входять до неї, ступенем розгалуженості її внутрішньої структури, характером функціонування і можливістю описання системи на деякій мові дослідження.

Науково-технічний прогрес супроводжується наростанням складності господарських систем, яку необхідно переборювати удосконаленням структури і організованості виробництва.

Слід відмітити, що системі землеробства притаманні всі перераховані вище системні властивості: цілісність, ємерджентність, зв'язність, організованість і різноманітність. За всіма ознаками система землеробства є складною системою, управління якою вимагає системного підходу.

Будь-яка система, незалежно від її природи, існує в певному середовищі – фізичному, соціальному, економічному тощо, постійно взаємодіючи з ним. Щоб дослідити систему, спочатку її необхідно вичленити із середовища. Визначення системи означає її розпізнавання (ідентифікація), виділення з навколишнього середовища як цілого, відносно відособленого і самостійного, здатного досягати заданих цілей.

Вичленення системи з навколишнього середовища рівнозначне розділенню явища на дві частини – систему і зовнішнє щодо неї середовище. Постійна взаємодія системи і середовища конкретно виражається в обміні речовиною, енергією, інформацією. Так, засіяне пшеницею поле сівозміни, як система, зазнає впливу таких факторів зовнішнього середовища, як сонячна радіація, опади, обробка пестицидами тощо. В свою чергу, сукупність рослин певного поля справляє вплив на середовище, поглинаючи і виділяючи вуглекислоту чи кисень, поживні речовини з ґрунту, вбираючи і відбиваючи сонячне світло і т.д.

Середовище справляє речовинний, енергетичний та інформаційний вплив на систему через відповідні її елементи, що носять назву “входів” системи, а фактори зовнішнього середовища, які здійснюють цей вплив, – “вхідних” величин, або імпульсів.

Отже, на вході системи ми спостерігаємо деякі імпульси. Так, для вегетуючої рослини вхідними величинами (факторами зовнішнього середовища) є сонячна радіація, температура навколишнього повітря, наявність діоксиду вуглецю і кисню, ґрунтової вологи, розчинених в ній елементів азотного і зольного живлення тощо. Ці вхідні величини справляють вплив на систему “рослина” через відповідні елементи системи, які утворюють вхід: хлоропласти листків (асимілюють вуглекислоту із повітря і здійснюють фотосинтез), кореневі волоски (всмоктують ґрунтову вологу з розчиненими в ній поживними речовинами), покривні тканини всієї рослини (зазнають механічних, термічних, хімічних та інших дій середовища).

Система, у свою чергу, впливає на середовище через певні елементи, які утворюють вихід системи. Фактори, що визначають вплив системи на середовище, називаються вихідними величинами, або реакціями системи на відповідні імпульси на вході. Так, вихідними величинами системи “рослина” є фактори, що визначають наростання органічної маси, плодоношення, виділення кисню за фотосинтезу і діоксиду вуглецю в процесі дихання тощо.

Поняття “вхід” і “вихід” системи, “імпульси” і “реакції” є загальноприйнятими, універсальними для будь-яких систем, незалежно від їх природи і предметної сфери досліджень. Так, окремі агрегати, що виконують технологічні операції, також можна розглядати як систему. Наприклад, для орного агрегату (трактор, плуг) вхідними імпульсами є гранулометричний склад ґрунту, особливості рельєфу, погода, рівень оплати праці механізатора тощо. На виході системи, як її реакції, ми можемо

спостерігати такі вихідні величини, як витрата палива на 1 га оранки, продуктивність праці тощо.

За дослідження систем вхідні і вихідні величини (імпульси і реакції) доцільно розглядати як математичні перемінні, здатні приймати конкретні значення. Таким чином, перемінні виступають як кількісні характеристики системи.

За характером взаємодії із середовищем розрізняють відкриті і замкнуті системи. У відкритій системі відбувається постійний обмін із зовнішнім середовищем енергією, речовиною, інформацією. Відкрита система безперервно взаємодіє із середовищем. Всі біологічні, технічні, економічні системи є відкритими. В замкнутій системі її елементи взаємодіють тільки між собою і не зв'язані із зовнішнім середовищем. Проте, слід зазначити, що абсолютно замкнутих систем, тобто систем, які не обмінюються з навколишнім середовищем речовиною, енергією та інформацією, не може бути. Якщо б вони навіть існували, ми б їх не змогли виявити. Будь-які реальні системи зазнають дії середовища і самі впливають на нього. Але інколи з методичною метою доцільно абстрагуватися від неістотних в умовах певного завдання взаємодій системи із середовищем і розглядати її як замкнуту, наприклад, під час обміну інформацією.

За ступенем складності системи прийнято поділяти на прості, складні і дуже складні. Під час висвітлення властивостей систем було зазначено, що системи відрізняються кількістю елементів, ступенем розгалуженості структури, різноманіттям. Саме ці ознаки характеризують ступінь складності систем.

Простими називають системи з невеликою кількістю елементів, простими взаємозв'язками, нерозгалуженою внутрішньою структурою, метою яких є виконання елементарних функцій. Досліджувати і описувати структуру і поведінку таких систем достатньо легко (чергування культур в сівозміні тощо).

Система називається складною, якщо кількість елементів в ній значна та її можна вираховувати, структура взаємозв'язків і взаємодій має розгалужений характер, виконувати функції різноманітні, її можна описати (сільськогосподарське підприємство).

Дуже складними прийнято називати системи, суть взаємозв'язків в яких недостатньо вивчена і не повністю зрозуміла. Вичерпне описання структури і поведінки таких систем за такого рівня знань неможливе. Дуже складними системами є всесвіт, мозок, суспільство, економіка.

Слід мати на увазі, що не існує чіткої кількісної міри оцінки складності систем за кількістю елементів, ступенем зв'язності, характером структури, організованістю тощо. Межі в цій класифікації достатньо умовні. Жорсткі критерії диференціації систем за складністю відсутні. Умовність і відносність меж за класифікації полягає ще і в тому, що терміном "складна система" інколи позначають не конкретну систему, що належить до певного типу, а метод дослідження систем за вирішення багатогалузевих завдань. Наприклад, за обґрунтування вибору місця для розміщення великої молочної ферми або відгодівельного комплексу доводиться розглядати одночасно дуже багато аспектів, часто незіставних: можливості кормової бази, наявність кваліфікаційної робочої сили, можливості придбання племінного молодняку, забезпечення водою, варіанти утилізації відходів, охорона навколишнього середовища, попит на ринку для реалізації продукції, потреба у капітальних вкладеннях тощо. Проблема складна в тому сенсі, що включає різноманітні підзавдання, які повинні бути структуровані. За цього випадку під терміном "складна система" розуміють метод декомпозиції проблеми – розчленування на

складові елементи, функціональні завдання, аспекти дослідження. Вирішення проблеми полягає у знаходженні сфери пере-січення зазначених вище аспектів.

Декомпозицію можна здійснити також іншим методом – не по функціональних завданнях, а по частинах. За цього випадку використовують термін “велика система”. Це зовсім не означає, що системи поділяються на великі і малі. Під великою системою розуміють метод декомпозиції, що використовується в аналізі таких систем, які неможливо опанувати в цілому, оскільки вони неосяжні або в просторі, або в часі, і тому досліджуються по частинах. Отже, поняття “складна система” і “велика система” розглядаються як різні методичні підходи за декомпозиції систем та їх структуризації.

Для складних систем, що досліджують на практиці, особливо управляючих, найбільш характерні багаторівневі ієрархічні структури.

Під терміном “ієрархія” розуміють послідовне розчленування системи на складові, між якими встановлюються певні відношення взаємодії супідрядності.

Приймаючи будь-яку структурну одиницю як відправний рівень, можна, з одного боку, розглядати її як відносно обособлену підсистему вищого рівня, а з іншого, вона сама може включати підсистеми нижчого рівня. Рівні ієрархії можуть відрізнятися за наступними показниками: організаційною ознакою (супідрядність рівнів, субординація у вирішенні управлінських завдань), аспектом діяльності системи (рівні зв'язку з технології виробництва, за супідрядністю галузей), способом розчленування складної проблеми на аспекти дослідження або на ієрархічні рівні завдань за складністю, диференціацією по тимчасових інтервалах і т.д. За кожного із перерахованих випадків утворюються багаторівневі вертикальні або горизонтальні структури.

Ієрархічні структури широко розповсюджені і мають універсальний характер, що пояснюється їх істотними перевагами порівняно з іншими типами структур (наприклад, радіальними). Наявність багаторівневої ієрархічної структури надає системі високу надійність функціонування завдяки можливості створення елементної надлишковості. Економічність таких систем забезпечується завдяки раціональній диференціації енергетичних, матеріальних і інформаційних потоків по рівнях ієрархії. За ієрархічної структури створюється можливість доцільного поєднання локальних критеріїв ефективності із загальносистемним критерієм за пошуку оптимального режиму функціонування системи.

Особливо виділяють адаптивно-ландшафтну систему землеробства, оскільки вона будується на всебічній адаптації до конкретних особливостей природних факторів певної місцевості – рельєфу, розташуванню ділянок землі стосовно освітлення, біологічних і фізичних властивостей ґрунту, вимог захисту ґрунтів і екології.

Категорія “ландшафт”, як цілісна генетично-морфологічна система, має свою ієрархічну структуру, елементи якої можна розглядати як наступні підсистеми: місцевість – як підсистема включає сукупність урочищ, що сформувалися на одній геологічній основі з різними формами рельєфу одного генезису; урочище – складається з однієї конкретної форми рельєфу (наприклад, долина, горб, схил тощо); підурочище – як підсистема включає деяку кількість фацій, що сформувалися на одному з елементів рельєфу (наприклад, на вершині горба); фація – в рамках цієї системи є кінцевим неділимим елементом і представляє собою частину рельєфу з однією ґрунтовою відміною і однаковим генезисом ґрунтоутворювальних порід та специфічними мікрокліматом і рослинністю.

Розробка адаптивних систем землеробства безпосередньо пов'язана з надзвичайно важливою державною економічною проблемою – раціональним розміщенням сільськогосподарського виробництва по зонах країни і відповідним районуванням виробництва. На практиці цей напрямок здійснюється через розробку зональних систем ведення сільського господарства.

Системи ведення агропромислового виробництва країни і сільського господарства повинні стати узагальненим вираженням комплексного наукового і організаційного забезпечення аграрного сектору економіки держави, інтегруючим досягненням біологічної науки, техніки і сучасних технологій, нових форм організації виробництва і державної аграрної політики за умов нових ринкових економічних відносин.

За розробки сучасних адаптивних систем землеробства в рамках системи ведення сільського господарства мають бути враховані, як мінімум, наступні основні вимоги: мобільність, багатоваріантність рішень з урахуванням умов попиту (що змінюються), пропозиції і цінової кон'юнктури на ринку; адаптивність до конкретних агроландшафтних і зональних агрокліматичних умов; оптимальність з погляду використання виробничих ресурсів за системи раціональних обмежень по економічних, соціальних і екологічних параметрах; екологічність; забезпечення оптимального поєднання галузей рослинництва і тваринництва.

За розробки узагальнених концепцій зі створення адаптивно-ландшафтних систем землеробства необхідно використати методологію сучасного системного підходу і широкий спектр математичних методів формалізації наукових знань, перш за все, математичного моделювання поведінки управляючих господарських і біологічних систем.

За розгляду відношень системи із середовищем зазначалося, що вхідні і вихідні величини, як перемінні, можуть приймати різні значення. Стан системи характеризується конкретними значеннями найбільш істотних перемінних системи.

З часом значення перемінних змінюються, тобто елементи системи переходять з одного стану в інший. В деяких системах цей перехід здійснюється миттєвими стрибками, а потім система відносно тривалий час залишається в певному стані. Такі системи називаються “статичними”. За реальних умов система не може залишатися в статичному стані нескінченно тривалий час. Усі реальні системи змінюються в часі. Коли йде мова про статичні системи, мають на увазі, що істотні перемінні системи залишаються незмінними протягом періоду цього дослідження.

Найбільший інтерес з погляду управління представляють закономірності поведінки складних динамічних систем, що знаходяться у русі.

Рухом системи називають послідовну зміну її станів. Системи називають динамічними, якщо перехід від одного стану до іншого здійснюється не миттєвими стрибками, а протягом деякого періоду часу, тобто процеси переходу можна спостерігати і описати.

Рух системи в широкому смислі слова включає в себе будь-яку зміну в часі і описується значеннями її перемінних в послідовні моменти часу. Якщо стан системи в момент часу t_0 описується вектором X_0 , а стан в момент часу t_1 – вектором X_1 , отже, система здійснила перехід зі стану t_0 (X_0) у стан t_1 (X_1). Так, в полі ярої пшениці за період вегетації ми спостерігаємо цілий ряд переходів від одного стану в інший. Стан сходів можна описати рядом конкретних показників (вектор X_1 в момент t_1), перехід у фазу кущення – новою системою показників (вектор X_2 в момент t_2) і т.д.

Перехід системи з одного стану в інший здійснюється за певним законом, який в модельних дослідженнях вдається описати математично. Цей закон (або алгоритм), за яким здійснюється перехід з одного стану в інший, називають оператором. Перемінні, що зазнають впливу оператора (або змінюються згідно з цим алгоритмом), називаються операндами, а нові перемінні, які характеризують новий стан системи, – образами. Отже, для описання руху системи можна послідовно використати терміни: оператор → операнд → образ. У системному аналізі ці поняття інтерпретуються достатньо широко. Наприклад, під впливом праці і завдяки використанню певних засобів виробництва вихідна сировина перетворюється на споживчу продукцію (за цього випадку операнд – сировина, образ – вироблена продукція, оператор – технологічний процес, що здійснюється за певним алгоритмом).

Для описання стану системи та її руху використовують різні способи: словесний, табличний, матричний, графічний. Інколи вдається знайти узагальнені математичні вирази, що описують в аналітичній формі закономірності руху системи. Для описання стану і руху господарських систем найбільш часто використовують графічний, табличний і матричний методи.

Перемінні, що характеризують стан системи, можна представити у вигляді координат у просторі. Якщо досліджують дві перемінні, то стан системи буде охарактеризовано точкою в двовірному просторі (на площині), а її рух – системою точок, тобто деякою траєкторією. Як правило, одночасно розглядають велику кількість перемінних, за цього випадку стан системи характеризується точкою у багатовірному векторному просторі. Такий простір, в якому кожному стану системи відповідає певна, причому єдина, точка, називають простором станів системи.

Як зазначалося вище, кількість можливих станів системи визначається її різноманітністю. В реальних умовах розглянуті перемінні змінюються в деякому обмеженому інтервалі. Наприклад, дози добрив, маса поливної води, кількість ФАР, відповідно урожайність та інші результативні показники конкретної культури в певних умовах середовища завжди змінюються в межах деякого обмеженого інтервалу. Тому та сфера простору, в якій реально може виявитися точка, що відповідає стану системи, називається сферою допустимих станів. Вона включає всі можливі траєкторії поведінки системи.

У процесі руху системи один і той же фактор, як оператор, звичайно впливає на дуже багато операндів. Наприклад, вапнування ґрунту впливає не тільки на кислотність ґрунтового розчину, але і на структуру мікробного ценозу, вбирну здатність, оструктуреність ґрунту тощо. Освоєння нової системи сівозмін впливає на сезонність виробництва, зайнятість робочої сили, вихід продукції, рентабельність виробництва тощо.

Перехід безлічі операндів у безліч нових образів під впливом деякого оператора називають перетворенням. Перетворення можуть бути однозначними, взаємно однозначними, однозначними в одну сторону і неоднозначними. Якщо в перетворенні одному оператору відповідає тільки один образ, то таке перетворення називається однозначним. Деякі перетворення формально справедливі і в зворотному напрямку: наприклад, в ряду динаміки деякого показника, знаючи закон перетворення, можна відновити попередні значення і розрахувати майбутні, прогнозні значення показника. Такі перетворення називаються взаємнооднозначними. Деякі перетворення можуть бути неоднозначними в одну сторону, тобто односторонньо однозначними.

У реальних умовах перетворення, як правило, неоднозначні. Так, додаткове внесення однієї і тієї ж дози конкретного виду добрива навіть за добре вирівняних решти умов експерименту супроводжується певним варіюванням урожайності на виході системи. В цьому випадку ми маємо справу не з детермінованими, а з імовірносними взаємозв'язками. Якщо кожному конкретному значенню факторної ознаки на вході системи відповідає суворо певне значення результативної ознаки, то така форма залежності називається детермінованою. Наприклад, за відрядної роботи праці за кожну виконану одиницю її об'єму нараховується чітко певна оплата. В біології, як правило, мають справу з такими формами залежності, коли одному і тому ж значенню факторної ознаки на вході системи і на виході відповідає не суворо певне значення результативного показника, а його розподіл, наприклад, широко розповсюджена форма нормального розподілу. Така форма залежності називається імовірною.

Під час дослідження взаємнеоднозначних перетворень важливо не тільки визначити можливу різноманітність образів, що з'являються, але і встановити імовірність переходу певного операнда в той чи інший образ.

У процесі руху системи можна спостерігати різні стани: рівноважний, перехідний і періодичний.

Стан динамічної системи називається рівноважним, якщо жодна з існуючих її перемінних не змінюється в досліджуваному інтервалі часу. Розрізняють статичну і динамічну рівновагу. Статична рівновага – це рівновага спокою. Більш важливою з погляду процесів управління є рівновага систем в динаміці.

Рівноважний стан системи в динаміці означає, що перетворення її перемінних є тотожними, тобто не породжують нових образів. Так, на одному і тому ж рівні підтримуються страхові запаси насіння, кормів, палива. Рівноважний режим поведінки системи тісно пов'язаний із поняттям стійкості системи.

Перехідним називають такий тип поведінки системи, коли вона знаходиться в процесі переходу із вихідного в будь-який інший стан, причому процес переходу здійснюється за деяким законом (алгоритмом). Перехідний режим є основним типом поведінки для динамічних систем, що розвиваються і розповсюджені в біології і економіці.

Якщо система через рівні проміжки часу повертається до одного і того ж стану, то такий режим поведінки називають періодичним. В біології і економіці – це, як правило, циклічні процеси, сезонні явища. Так, певна культура в сівозміні через рівні проміжки часу повертається на попереднє місце (поле) вирощування, сонячна активність змінюється з певною періодичністю тощо.

Однією із дуже важливих характеристик поведінки динамічної системи є стійкість, під якою розуміють сталість стану системи або сталість послідовностей деяких її станів у часі в процесі її перетворень.

Поняття стійкості у живих організмів, як динамічних систем, пов'язують з явищем гомеостазу. Гомеостазом називають здатність живих організмів забезпечувати оптимальний режим внутрішнього середовища за рахунок підтримання постійності істотних параметрів системи (температури, складу клітинної рідини тощо). Забезпечення постійності істотних параметрів системи досягається за допомогою інформаційних процесів управління зі зворотними зв'язками (за рахунок саморегулювання), завдяки чому усуваються наслідки збурювальних випадкових

мілнів середовища на окремі підсистеми і елементи живого організму. Поняття гомеостазу застосовують і до біоценозів (збереження постійності видового складу).

Поняття стійкості в точному значенні цього слова належить не до самої системи, а до будь-якої властивості її поведінки, причому поведінки системи в цілому, а не якої-небудь її частини. За об'єднання (агрегування) ряду систем з нестійкою поведінкою нова система може виявитися стійкою. На стійкість системи може справляти вплив також сам спосіб агрегування. Водночас за агрегування декількох стійких систем не обов'язково отримується система зі стійкою поведінкою.

Поняття стійкості динамічних систем звичайно пов'язують з тим, що відхилення деяких параметрів системи від заданих їх значень не перевищують гранично допустимих величин. Наприклад, за раціонального ведення господарства відхилення урожайності від основної лінії тренда, як правило, знаходяться в певних межах варіації, що спричиняються випадковими погодними факторами. Це свідчить про стійкість основної тенденції зростання урожайності, обумовленої факторами інтенсифікації землеробства. Стійкість основної тенденції – важлива умова надійного прогнозування поведінки динамічної системи.

Слід зазначити, що система, стійка за однією властивістю, може бути нестійкою за другою ознакою. Так, стійкість основної тенденції в ряду динаміки урожайності зовсім не означає, що виявиться стійкою також тенденція зміни собівартості продукції.

У конкретних дослідженнях безсумнівний інтерес представляє вивчення стійкості поведінки господарських систем щодо збурень різного характеру (наприклад, стійкість тенденції підвищення урожайності за умов зрощення, різних систем землеробства, по зонах країни).

Під час аналізу і синтезу систем, в основному, розглядається певний клас систем – керовані системи, основною особливістю яких є здатність змінювати свою поведінку під впливом управляючих дій на вхід системи. Властивість керованості притаманна об'єктам різної природи (технічним, біологічним, економічним тощо). Конкретні особливості цих систем, що залежать від їх природи, не є предметом розгляду системного аналізу. Для нас важливі загальні закономірності зміни поведінки керованих систем під впливом різних управляючих дій. Тому як об'єкт досліджень розглянемо спочатку абстрактну кібернетичну систему управління, не беручи до уваги речовинні і енергетичні зв'язки системи із середовищем; нас будуть цікавити тільки інформаційні зв'язки. Такий підхід дає можливість вичленити і дослідити специфічні процеси управління, що протікають в системі. Розглянемо схему абстрактної кібернетичної системи управління

Зазначимо, що управління є процесом, який забезпечує до досягнення деякої цілі за заданою програмою. На практиці фактичний результат управлінської дії, як правило, не збігається з очікуваним, завжди є відхилення в ту чи іншу сторону. Вони обумовлені дією неконтрольованих випадкових впливів зовнішнього середовища, погіршеннями в характері самих управлінських рішень, перекрученням інформації в каналах зв'язку. Якщо управлінська підсистема не буде отримувати інформацію про величину цих відхилень, то фактична траєкторія руху системи дуже швидко відхилиться від заданої траєкторії настільки, що досягнення мети управління стане неможливим. Тому дуже важливо, щоб інформація про вихідні величини (або про відхилення траєкторії від заданої) надходила в управлінську підсистему, тобто вихід системи повинен бути

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Болотов А.Т. О разделении полей / А.Т. Болотов // Тр. Вольного эконо. об-ва. – СПб., 1771. – 177 с.
2. Бруцкус Б. К критике учения о системах хозяйства / Б. Бруцкус // Сельское хозяйство и лесоводство. – 1909, сентябрь. – С. 71-87.
3. Голованов А.И. Ландшафтоведение /А.И. Голованов, Е.С. Кожанов, Ю.И. Сухарев. – М.: КолосС, 2006. – 216 с.
4. Гудзь В.П. Адаптивні системи землеробства / [В.П. Гудзь, І.Д. Прима, М.Ф. Рибак та ін.] – К.: Центр учбової літератури, 2007. – 336 с.
5. Дегодюк Е.Г. Еколого-техногенна безпека України / Е.Г. Дегодюк, С.Е. Дегодюк. – К.: Видавництво ЕКМО, 2006. – 306 с.
6. Екологічні проблеми землеробства: підручник / [за ред. В.П. Гудзя]. – Житомир: ЖНАЕУ, 2010. – 708 с.
7. Ермолов А. Организация полевого хозяйства: системы полеводства / А. Ермолов. – СПб., 1879. – Т. 3. – 193 с.
8. Кирюшин В.И. Теория адаптивно-ландшафтного земле-делия и проектирования агроландшафтов: Монография. – М.: КолосС, 2011 – 448 с.
9. Колбовский Е.Ю. Ландшафтоведение: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / Е.Ю. Колбовский. – М.: Издательский центр «Академия», 2006. – 480 с.
10. Комов И.М. О земледелии / И.М. Комов. – М., 1788. – 112 с.
11. Кривов В.М. Екологічно безпечне землекористування Лісостепу України. Проблема охорони ґрунтів / В.М. Кривов. – 2-ге вид., допов. – К.: Урожай, 2008. – 304 с.
12. Кучерявий В.П. Фітомеліорація: Навч. посібник / В.П. Кучерявий. – Львів: Світ, 2003. – 540 с.
13. Левшин В.А. О заселении степей / В.А. Левшин // Новое продолжение Трудов Вольного эконо. об-ва. – СПб., 1798, ч.3. – С. 181-239.
14. Линовский Я.А. Критический разбор мнений ученых об условиях плодородия земли с применением общего вывода к земледелию / Я.А. Линовский. – СПб., 1846. – С. 7-156.
15. Людоговский А.П. Основы сельскохозяйственной эконо-мии / А.П. Людоговский. – СПб.: Изд. А.Ф. Девриена, 1875. – С. 36-188.
16. Мазур Г.А. Відтворення і регулювання родючості легких ґрунтів: Монографія / Г.А. Мазур. – К.: Аграрна наука, 2008. – 308 с.
17. Медведев В.В. Почвенно-технологическое районирова-ние пахотных земель Украины / В.В. Медведев, Т.Н. Лактионова. – Харьков: Изд-во «13 типография», 2007. – 395 с.

18. Настольная книга для русских сельских хозяев / сост. А.П. Любодовский, И.А. Стебут, И.Н. Чернопятков. – СПб.: Изд. А.Ф. Девриена, 1876. – Т. 2. – 450 с.

19. Нарциссов В.П. Научные основы систем земледелия / В.П. Нарциссов. – [2-е изд., перераб. и доп.]. – М.: Колос, 1982. – 328 с.

20. Основания земледелия: сочинение Степана Михайловича Усова, проф. сел. хоз-ва при СПб. ун-те и члена разных ученых обществ. – СПб.: Тип. Императ. АН., 1862. – 644 с.

21. Основи ведення сільського господарства та охорона земель: навч. посіб. / Н.Х. Грабак, І.Н. Топіха, В.М. Давиденко, І.В. Шевель [2-ге вид.]. – К.: Професіонал, 2006. – 496 с.

22. Павлов М.Г. Курс сельского хозяйства / М.Г. Павлов. – М., 1837. – Т.2. – 221 с.

23. Павлов М.Г. О главных системах сельского хозяйства с приноравливанием к России. / М.Г. Павлов // Земледельческий журнал. – 1821. – №3. – С. 341-403.

24. Павлов М.Г. Современное сельское хозяйство / М.Г. Павлов // Русский земледелец. – 1838, ч.1, февраль. – С. 102-163.

25. Петриченко В.Ф. Сучасні системи землеробства України: 2-ге вид., переробл. і допов. / В.Ф. Петриченко, Я.Я. Панасюк. – Вінниця: ФОП Данилюк В.Г., 2009. – 255 с.

26. Почвозащитное земледелие на склонах: монография / [под. ред. А.Н. Каштанова]. – М.: Колос, 1983. – 527 с.

27. Преображенский П. Общепонятное руководство к практическому сельскому хозяйству: кн. для сел. хозяев, управляющих имениями, агрономов и всех желающих заниматься с.-х. промышленностью / П. Преображенский. – М.: Тип. Каткова, 1861. – Ч. 4 – 374 с.

28. Примак І.Д. Вчення про системи землеробства у контексті системи ведення сільського господарства в історичному розвитку / І.Д. Примак, О.І. Ряба // Вісник Центру наукового забезпечення АПВ Харківської області. – 2011. – Випуск 11. – С. 313-326.

29. Примак І.Д. Еволюція поняття і змісту системи землеробства / І.Д. Примак, О.І. Ряба // Агробіологія: Збірник наукових праць Білоцерків. нац. аграр. ун-ту – Біла Церква, 2011. – Вип. 5(84) – С.43-49.

30. Примак І.Д. Проблема поняття, змісту, дослідження і назви сучасних систем землеробства / [І.Д. Примак, О.І. Ряба, В.О. Єщенко, В.П. Опришко] // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Вип.75. – Херсон: Гринь Д.С., 2011. – С.69-82.

31. Примак І.Д. 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.

32. Примак І.Д. Творець травопільної системи землеробства (до 65-річчя з дня смерті академіка В.Р. Вільямса) / І.Д. Примак, О.І. Примак // Аграрні вісті. – Біла Церква, 2004. – №4. – С. 29-30.

33. Примак І.Д. Теоретичні основи сучасного землеробства: Навч. посібник / [І.Д. Примак, В.І. Купчик, О.І. Ряба та ін.]; за ред. І.Д. Примака. – К.: Центр навчальної літератури, 2012. – 528 с.

34. Примак О.І. Історичні аспекти зародження і розвитку плодозмінної системи землеробства / О.І. Примак, І.Д. Примак // Таврійський науковий вісник: Науковий журнал. Вип. 71. – Частина 3. – Херсон: Айлант, 2010. – С. 191-200.

35. Примак О.І. Історичні аспекти формування екстенсивних систем землеробства в Україні / О.І. Примак, І.Д. Примак // Вісник Білоцерківського державного аграрного університету: 36. наук. праць. – Біла Церква, 2007. – Вип. 50. – С. 5-13.

36. Примак О.І. Історичні аспекти формування перехідних систем землеробства в Україні / О.І. Примак, І.Д. Примак // Вісник Білоцерківського державного аграрного університету: 36. наук. праць. – Біла Церква, 2008. – Вип. 52. – С. 5-12

37. Примак О.І. Історичні аспекти формування примітивних систем землеробства в Україні / О.І. Примак, І.Д. Примак // Вісник Білоцерківського ДАУ: 36. наук. праць. – Біла Церква, 2006. – Вип. 43. – С. 13-19.

38. Ряба О.І. Від полицевого до безполицевого та нульового обробітку ґрунту: історія розвитку і сучасний стан в Україні / О.І. Ряба, В.О. Єщенко, І.Д. Примак, Т.В. Колесник // 36. наук. праць Уманського національного ун-ту садівництва/ Редкол.: А.Ф. Головчук (відп. ред.) та ін. – Умань, 2011. – Вип. 76. – Ч.1.: Агрономія. – С. 61-75.

39. Ряба О.І. Внесок Д.М. Прянишнікова в розвиток вчення про еволюцію систем землеробства / О.І. Ряба // Вісник Національного університету водного господарства та природокористування: Збірник наукових праць. – Рівне, 2012. – Вип. 2(58). – Сільськогосподарські науки – С. 68-76.

40. Ряба О.І. Еволюція класифікації систем землеробства / О.І. Ряба // Агробіологія: Збірник наукових праць Білоцерків. нац. аграр. ун-ту – Біла Церква, 2012. – Вип. 7(91) – С.35-41.

41. Ряба О.І. Еволюція формування системи органічного удобрення в Україні / О.І. Ряба // Вісник Степу: Науковий збірник. – Вип.7. – Кіровоград: “КОД”, 2010. – С. 13-16.

42. Ряба О.І. Історичні аспекти зародження і розвитку сидеральної системи землеробства в Україні / О.І. Ряба // 36. наук. праць Подільського держ. аграр. техн. ун-ту: Спеціальний випуск до VI науково-практичної конференції “Сучасні проблеми збалансованого природокористування

(Кам'янець-Подільський, листопад 2011р.). – Подільський державний аграрно-технічний університет, 2011. – С. 6-9.

43. Ряба О.І. Історія виникнення та еволюції поліпшеної зернової системи землеробства / О.І. Ряба // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2012. – №3. – С.44-48.

44. Ряба О.І. Питання удосконалення і заміни парової системи землеробства в періодичних вітчизняних виданнях другої половини XVIII ст. / О.І. Ряба // Корми і кормовиробництво: Міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Вінниця, 2012. – №72. – С. 184-192.

45. Системы земледелия / [А.Ф. Сафонов, А.М. Гатаулин, И.Г. Платонов и др.]; под ред. А.Ф. Сафонова. – М.: КолосС, 2006. – 447 с.

46. Скворцов А.И. Основы экономики земледелия / А.И. Скворцов. – СПб., 1902, ч.1. – С. 8-227.

47. Стебут И.А. Основы полевой культуры и меры к ее улучшению в России / И.А. Стебут. – М.: Изд. книгопродавца А.Л. Васильева, 1882. – Т. 1. – 508 с.

48. Танчик С.П. До питання виникнення та становлення травопільної системи землеробства / С.П. Танчик, О.І. Ряба // Біоресурси і природокористування: Науковий журнал. Том.3, №1-2. – 2011. – С. 68-76.

49. Танчик С.П. No-till і не тільки. Сучасні системи землеробства / С.П. Танчик. – К.: Юніверст Медіа, 2009. – 160 с.

50. Усов С.М. Курс земледелия с приложением к полеводству / С.М. Усов. – СПб., 1837. – 312 с.

51. Усов С.М. О системах хлебопашества / С.М. Усов. – СПб., 1854. – С. 14-289.

52. Фортунатов А.Ф. К вопросу об определениях и разделениях систем в сельском хозяйстве / А.Ф. Фортунатов // Хозяин. – 1902. – № 35-37. – С. 38-42, 64-76, 58-71.

53. Фортунатов А.Ф. Несколько страниц из экономики и статистики сельского хозяйства: 5-е изд. / А.Ф. Фортунатов. – М., 1922. – С. 14-167.

54. Храмцов Л.И. Ландшафтное растениеводство: Моно-графия /Л.И. Храмцов, В.Л. Храмцов. – Днепропетровск: Пороги, 2007. – 372 с.

55. Шидула М.К. Охорона ґрунтів: Підручник / М.К. Шидула, О.Ф. Гнатенко, Л.Р. Петренко, М.В. Капштик. – 2-ге вид., випр. – К.: Знання, КОО, 2004. – 398 с.

56. Шишкин А.Н. Сельскохозяйственная экономия / А.Н. Шишкин. – СПб., 1902, ч.2. – С. 3-248.

Навчальне видання

ПРИМАК Іван Дмитрович
МАРТИНЮК Іван Васильович
ФЕДУРУК Юрій Васильович
ЄЗЕРКОВСЬКА Людмила Вікторівна
ХАХУЛА Валерій Семенович
КАЧАН Леся Михайлівна
ПОКОТИЛО Ігор Анатолійович
ПАВЛІЧЕНКО Андрій Андрійович
ХАХУЛА Богдан Валерійович
ОБРАЖІЙ Сергій Володимирович
ПАНЧЕНКО Олександр Борисович
ЛОЗІНСЬКА Тетяна Павлівна
ГОРНОВСЬКА Світлана Володимирівна

НАУКОВІ ОСНОВИ СУЧАСНИХ СИСТЕМ ВІТЧИЗНЯНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

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

Підписано до друку 28.01.2022.
Формат 60х84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний.
Друк. арк. 20. Умов. друк. арк. 18,6.
Наклад 300 прим. Зам. № 8498/1.

Віддруковано з оригіналів замовника.
ФОП Корзун Д.Ю.
Свідectво про державну реєстрацію фізичної особи-підприємця
серія В02 № 818191 від 31.07.2002 р.

Видавець ТОВ «ТВОРИ».
Свідectво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції серія ДК № 6188 від 18.05.2018 р.
21034, м. Вінниця, вул. Немирівське шосе, 62а.
Тел.: 0 (800) 33-00-90, (096) 97-30-934, (093) 89-13-852, (098) 46-98-043.
e-mail: info@tvoru.com.ua
<http://www.tvoru.com.ua>

