

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД В АГРОЕКОЛОГІЇ: ДОСЛІДНИЦЬКИЙ І НАВЧАЛЬНИЙ АСПЕКТИ

В. Снітинський, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-9633-1004

П. Гнатів, д. б. н.

ORCID ID: 0000-0003-2519-3235

О. Зинюк, к. т. н.

ORCID ID: 0000-0001-7486-9583

Ю. Корінець, к. б. н.

ORCID ID: 0000-0001-8920-3186

Т. Дацко, к. с.-г. н.

ORCID ID: 0000-0002-2957-1822

Львівський національний аграрний університет

<https://doi.org/10.31734/agronomy2019.01.034>

Снітинський В., Гнатів П., Зинюк О., Корінець Ю., Дацко Т. Системний підхід в агроєкології: дослідницький і навчальний аспекти

Описана нова концепція автотрофних агроєкосистем та агроєкосистемології як самодостатньої науки, що має об'єктом дослідження аграрні екосистеми, предметом – будову, функції, способи оптимізації, генеза та еволюцію. Викладена низка основних завдань агроєкосистемології. Здійснена класифікація та показана ієрархія екосистем в агросфері. Під екопотенціалом розуміємо сукупність речовинно-енергетичних ресурсів і властивостей нативних екосистем, які забезпечують її параметри (енергетичні, організаційні, біогеохімічні, водотрансформаційні, середовищні). Вторинний екопотенціал екосистеми – це сукупність її речовинно-енергетичних ресурсів і властивостей, сформованих під впливом господарського регулювання, за якого формуються її поточні структурно-функціональні параметри й корисні функції.

На основі класичного системного аналізу в екології розроблений алгоритм спеціального системного аналізу агроєкосистеми біогеоценозного рівня як приклад для формування алгоритмів інших ієрархічних рівнів.

Алгоритм аналізу аграрної екосистеми передбачає до восьми етапів, залежно від складності та ієрархічного статусу об'єкта аналізу. Перший етап здійснюють для з'ясування функціонального ядра, другий – для окреслення основних системотвірних елементів. На третьому етапі належить визначити коло основних екологічних та антропогенних чинників існування системи. Четвертий етап досліджує функціонування екосистеми, п'ятий з'ясовує оптимальні умови функціонування, шостий етап уточнює шляхи подальшої оптимізації. Сьомий етап встановлює діяльні важелі позитивного впливу на екосистему. На сьомому етапі створюють модель агроєкосистеми для її удосконалення.

Обґрунтована актуальність експериментальної агроєкології.

Ключові слова: нативні екосистеми, аграрні екосистеми, агроєкосистемологія, системний аналіз.

Snitynskyi V., Hnativ P., Zyniuk O., Korinets' Yu., Datsko T. System approach to agroecology: research and educational aspects

A new concept of autotrophic agroecosystems and agroecosystemsemology as a self-sufficient science with the object of research of agrarian ecosystems, the subject – structure, functions, methods of optimization, genesis and evolution are presented. The following is a list of the main tasks of agroecosystems. A classification has been made and the hierarchy of ecosystems in the agro-sphere is shown. Under ecopotential, we mean the aggregate of material and energy resources and the properties of native ecosystems, which provide its parameters (energy, organizational, biogeochemical, water transfer, formation, environmental). Secondary ecopotential of ecosystems is a collection of its material and energy resources and properties formed under the influence of economic interactions, in which its current structural and functional parameters and useful functions are formed.

On the basis of the classical system analysis in ecology, an algorithm for a special system analysis of agroecosystems of a biogeocoenous level was developed, as an example for the formation of algorithms for other hierarchical levels.

The agrarian ecosystem analysis algorithm includes up to eight stages. It all depends on the complexity and hierarchical status of the object of analysis. The first stage identifies the functional core, the second determines the basic elements of the system. In the third stage, the researcher recognizes the main ecological and human factors of the system's existence. The fourth stage explores the functioning of the ecosystem, the fifth specifies the optimal operating conditions,

the sixth stage determines the ways of further optimization. The seventh stage establishes active levers of positive impact on the ecosystem. At the seventh stage, the analyst creates an agroecosystem model for its improvement.

Is substantiated the relevance of experimental agroecology.

Key words: native ecosystems, agrarian ecosystems, agroecosystemology, system analysis, experimental agroecology.

Постановка проблеми. На відміну від природних екосистем, які є самоорганізованими і саморегульованими, функцію керування біотичними процесами у штучних агроекосистемах виконує людина [2]. Без її догляду вони деградують і зникають. Створення ефективних штучних екосистем потребує глибоких знань біотичних та аутокологічних властивостей їхніх живих компонентів – субсистем нижчого рангу, їхніх вимог щодо основних чинників середовища – світла, вологи, родючості ґрунту, алелопатичних взаємовідношень, стійкості до шкідників і хвороб, агротехнічних способів догляду тощо. Через формування й плекання штучних екосистем людина має ту корисну продукцію, якої не може отримати від природних екосистем [4].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Агроекосистеми порівняно з природними екосистемами різняться, на перший погляд, значним спрощенням будови та функціонування [3; 6]. Автотрофний блок – зазвичай один-два види, трофічні ланцюги практично відсутні, трофічна мережа фрагментарна. Лише найпростіші тварини в агроекосистемах є консументами. Відповідно до законів екології прості екосистеми нестабільні [5]. Умовою стабільності у природних екосистемах є біорозмаїття, але воно в агроекосистемах контролюване людиною і максимально обмежене [3]. Тому стабільності, що так необхідна для господарської стійкості агроекосистем, досягають вкладенням додаткової антропогенної енергії і ресурсів [4]. Чим простіша біогеоценозна агроекосистема, тим більше вона потребує енергії у вигляді ручної або механізованої праці тощо, внесення добрив, пестицидів. Це можна проілюструвати, порівнюючи сучасну закриту теплицю томатів з екосистемою культурної луки.

Постановка завдання. Нашим завданням було обґрунтувати доцільність виокремлення агроекосистемології як самодостатньої науки, що має великий об'єкт – агроекосистеми – і глибокий предмет дослідження – структура, функціонування й засади керування, за методологією системного підходу, а також довести необхідність студіювати її курс у закладах вищої освіти.

Виклад основного матеріалу. Генеза агроекосистем та їхня ієрархія. Уже 8 тис. років люди вирощують рослини та приручають тварин, водночас систематично удосконалюючи механізми керування штучними екосистемами. За трипільної системи органічні рештки були вирішальним чинником керування, тому перевагу мав зв'язок землеробства й тваринництва. Суспільний прогрес і підвищення продуктивності праці за період від середини ХІХ до кінця ХХ ст. дали змогу наростити середні врожаї пшениці, жита й картоплі учетверо. Натомість частка зайнятих у сільськогосподарському виробництві зменшилася від 40 до 5 % працездатних [2].

Виникнувши як первісні елементарні геосоціальні системи (соціоекосистеми за Бачинським [3]), перші стійбища прадавніх людей, поселення, згодом хутори й села еволюційно формувалися як самодостатні в соціально-економічному плані сімейні, родинні або племінні територіальні утворення. Вони могли доволі тривалий період самостійно існувати завдяки використанню невичерпних біотичних ресурсів природних екосистем, гідро- й вітроенергетичного потенціалу ландшафтів тощо.

За збільшення кількості населення швидко зростала нестача натуральних харчових продуктів. Тому почалася трансформація нативних екосистем, що супроводжувалася нищенням річкових заплавлених лук, згодом степів, лісів, розорюванням решти придатних земель. Це спричинило створення і збільшення площ штучних екосистем – сільськогосподарських. За зростання продуктивності праці й матеріальних потреб історично сільські геосоціосистеми збільшувалися територіально й за населенням. Дотепер у світі 10–12 % суходолу – це агроекосистеми [5; 6]. В Україні рільні (польові) агроекосистеми займають приблизно 53 % земельних ресурсів [2].

Найпростішою автотрофною агроекосистемою є найменша суцільна ділянка суходолу, яку людина займає культивованими видами рослин і сукупно опікується ними. Кожна окрема культивована особина є унікальною (неповторною, що важливо у сфері селекції сортів) елементарною консорційною екосистемою. У культурі закритого ґрунту окремі рослини можуть бути об'єктом індивідуального піклування.

Агроєкосистема (агробіогеоценоз) – це створена людиною на обмеженій території сільськогосподарська екосистема, базовими структурно-функціональними компонентами якої є окультурений ґрунтовий блок (едафотоп) первинної екосистеми, штучний одно- або багатокомпонентний фітоценоз, а супутніми – природні зоо- та мікробні комплекси, а також атмосфера (з відповідними кліматичними ресурсами місцевості) [3].

Агроєкосистема вищого рангу – це сукупність полів, об'єднана у сівозміну з певним набором культур, які регулярно змінюють одна одну в просторі й часі. Об'єднання сівозмін, притаманне певному типу сільськогосподарського підприємства, що займає визначену територію сукупно з іншими штучними (сади, лісосмуги, ставки тощо) чи природними (луки, ліси, ріки й озера) екосистемами, становить ландшафтну чи іншу територіальну агроєкосистему. Найвищий рівень організації агроєкосистем – ландшафтний.

За узагальненим визначенням, територіальна аграрна (хутірська, фермерська) ландшафтна екосистема – це функціональна сукупність природних та антропохорних (здебільшого культурних) живих компонентів (окрім, власне, людини), освоєних для агрокультури ґрунтів, які перебувають у підтримуваній людиною речовинно-енергетичній взаємозалежності, а також неживих природних і штучних (технічних споруд, комунікацій і помешкань) елементів ландшафту у навколишньому природному середовищі.

Умовою створення ефективної агроєкосистеми є утримання стійкого й керованого агробіоценозу.

Агробіоценоз – це сукупність штучного фітоценозу (агрофітоценозу) й гетеротрофної біоти на більш чи менш вдало виокремленій в одне поле за однорідністю ґрунту ділянці землі [3].

Створюють агробіоценоз для вирощування рослинних харчових продуктів, кормів і сировини. Агробіоценози мають відмінні від природних екосистем структурні й речовинно-енергетичні особливості та специфічні функціональні риси. Агробіоценоз може мати природний або трансформований екоотоп, але завжди штучно створений і підтримуваний фітоценоз культурних рослин. Продуктивність і господарський урожай його залежить від вдалого припасування генофонду культурного сорту і тієї частини генопласту природних живих компонентів, яка залишилася від первинної чи сусідніх екосистем.

Послаблення антропорегуляції агробіоценозу одразу зумовлює активізацію кібернетичних механізмів, спрямованих на відтворення корінних

екосистем. Ефективність унесеної в нього антропогенної енергії залежить від знання й розумного використання структурно-функціональних механізмів, які забезпечують максимальне продукування автотрофним блоком потрібних речовин та інгібування консументів інших трофічних блоків.

З огляду на вилучення частини біотичної продукції разом із мінеральними речовинами біотичного кругообігу агробіоценози потребують компенсації речовинно-енергетичних утрат для підтримання родючості ґрунту.

Агрофітоценоз – це штучно створене угруповання культурних рослин одного чи кількох видів (сортів) у сукупності зі супутніми угрупованнями сегетальних бур'янів, які присутні в ґрунтовому банку насіння й вегетативних зачатків [3]. Агрофітоценозами є однорічні посіви культур, сіяні багаторічні трави на сіно й випасання (див. табл.), багаторічні насадження (виноградники, сади, полезахисні лісосмуги тощо). Агрофітоценози – це дуже нестабільні угруповання, домінування культурних рослин в яких забезпечує й підтримує людина в економічно доцільних часових рамках.

За своєю суттю трансформація природних екосистем в аграрні зумовлює докорінну перебудову їхньої морфологічної структури й зміну функціональних ознак біоценозів [3]. Агробіогеоценози є відносно простими екосистемами, створеними й керованими людиною для спрямування потоку фізіологічно активної радіації на максимальне акумулювання сонячної енергії у вигляді органічної продукції, придатної для споживчих (харчових, кормових, сировинно-технічних) і ґрунтотвірних потреб.

Перша основна відмінність їх від корінних екосистем полягає в тому, що, крім енергії сонця, сучасні індустріальні агроєкосистеми додатково отримують сторонню енергію машинного палива, органічних і мінеральних добрив, насіння, м'язів людини і робочих тварин тощо. Друга – у тому, що найважливіша функція екосистем – біопродукційний процес в агробіогеоценозах скерований і підтриманий людиною так, щоб не лише отримати, а й вилучити з них максимум цінної в господарському розумінні біомаси. Тому інші функції екосистеми зазнають істотних, хоч і небажаних для, власне, людини змін. Зокрема, із вилученням значної частини біомаси адекватно змінюється енергоакумуляційна функція, ослаблюються водорегуляційна і ґрунтотвірна (інколи втрачається, з'являється ґрунторуйнівна), зникає саморегуляційна (самоорганізаційна) функція.

Класифікація автотрофних агроекосистем

Клас екосистеми	Вид (культура)
Лучні	Природні чи штучні злакові, бобові й мішані травостої
Польові	Пшениця, ячмінь, картопля, цукрові буряки тощо
Городні	Овочеві, баштанні, зеленні тощо
Плантаційні	Виноградник, хмільник, малинник тощо
Садові	Яблуна, груша, вишня, черешня, горіх волоський, фундук тощо
Закритого ґрунту	Культури закритого ґрунту (теплиця томатів, оранжерея бананів тощо)

Біотичні потенціали рослин і тварин як основа екопотенціалу біогеоценозів і визначальні чинники їх продукційної функції в агробіогеоценозах є докорінно зміненими.

Під *екопотенціалом* розуміють сукупність речовинно-енергетичних ресурсів і властивостей корінних для певної місцевості (нативних) екосистем, які забезпечують її максимально можливі і самодостатні структурно-функціональні параметри (енергетичні, організаційні, біогеохімічні, водотрансформаційні, середовищні) [3]. Екопотенціал таких систем є максимальним обсягом корисних для людини функцій (захисних, продукційних, рекреаційних, естетичних тощо).

Вторинний екопотенціал екосистеми – це сукупність її речовинно-енергетичних ресурсів і властивостей, сформованих під впливом госпо-

дарського втручання, за якого формуються її поточні структурно-функціональні параметри і корисні функції.

Повне використання екопотенціалу є переважно недосяжним, та й не бажаним, бо означатиме повне знищення екосистеми.

Залежно від напрямку формування вторинного екопотенціалу в агроекосистемі – спеціалізації поля (чи сівозміні) – агрофітоценоз як складова агробіогеоценозу формується з однієї, двох, рідше трьох культур, що функціонують як автотрофний енергоаккумуляційний блок. Якщо активність останнього максимально підтримує людина (розпушування ґрунту, добрива, зрошення тощо), то діяльність гетеротрофного блоку в агробіогеоценозах вона обмежує настільки, наскільки це можливо (застосування пестицидів тощо) (див. рис.).



Рис. Структурно-функціональна схема агроекосистеми з вирощування польових культур за інтенсивною технологією [3].

Водночас морфологічна структура аграрних фітоценозів обмежена присутністю тільки культурних рослин певних сортів шляхом виконання (механічно, хімічно) сторонніх компонентів, що присутні тут від первинних екосистем або стали новим «надбанням» агроекосистем (сегетальна чи адвентивна флора).

Максимальне сприяння продукційній функції автотрофного блоку здійснюється різноманітними агротехнічними заходами, котрі надають екосистемі енергетичну «підтримку» у вигляді додаткових калорій. Ці затрати мають свій економічний еквівалент, який потрібно порівнювати з ціною приросту тієї корисної продукції, котру можна вилучити з екосистеми. Для цього існують так звані: 1) межа економічної доцільності (собівартості) приросту врожаю та 2) економічний поріг шкідливості хвороб, бур'янів, шкідників тощо. У теперішню добу людські можливості нарощування цим шляхом вторинного екопотенціалу агроекосистем є обмеженими, оскільки лише дворазове збільшення сучасного сільськогосподарського виробництва потребує десятиразового нарощування енергозатрат.

З іншого боку, вилучення з екосистеми 50–70% органічної маси з акумульованою в ній енергією у вигляді врожаю культур зумовлює не лише безповоротну втрату цієї енергії для, власне, системи. Відбувається розбалансування речовинно-енергетичного потоку через гетеротрофний і сапротрофний блоки, що важливо не стільки для них (оскільки вони є також істотно zdeформовані), скільки для продукування і накопичення ґрунтового гумусу (див. рис.) [3].

Багаторічне ведення землеробства в Україні за ігнорування дисбалансу гумусу призвело до втрати 0,5–1% його вмісту в ґрунтах різних регіонів [2]. Величезна шкода ґрунтовому покриву Землі зумовлена ерозійними процесами. Загалом 63% всіх сільськогосподарських земель планети уражені ерозією.

Агроекосистемологія як наука: об'єкт, предмет і завдання. У добу масштабного освоєння продуктивних ландшафтів на Землі визріла нагальна потреба в узагальненні досвіду й удосконаленні способів екобезпечного природокористування, яке сформувалося на традиційних принципах виснажливої експлуатації екопотенціалу природних суходільних екосистем. Походження, структуру й функції, способи оптимізації, взаємовідношення внутрішнього та зовнішнього середовища штучних і напівштучних продукційних екосистем вивчає наука *агроекосистемологія*.

Мета агроекосистемології – розробляти екобезпечні способи освоєння, алгоритми функціонування природних і конструювання стійких штучних агроекосистем, що продукують якісну й чисту від ксенобіотиків та інших забруднень харчову й технічну сировину, не впливають негативно на дотичні екосистеми, людину і біосферу загалом.

Об'єктом дослідження агроекосистемології є рукотворні та напівштучні продукційні екосистеми, новостворені або природні, частково перетворені людиною на суходолі, які є джерелом харчових продуктів і технічної сировини.

Предмет вивчення агроекосистемології – природні й антропогенні чинники і закономірності утворення, перетворення, стабільності структур, безпеки й ефективності продукційного функціонування аграрних екосистем, їхні взаємовідношення із навколишнім природним і техногенним середовищем, ієрархія та класифікація.

Із-поміж основних фундаментальних і прикладних *завдань* агроекосистемології виокремимо такі:

- розроблення принципів конструювання стійких агроекосистем (обґрунтування функціональної структури, аналіз ефективності харчових ланцюгів, підвищення замкнутості потоків корисних речовини, збереження біорозмаїття);
- підвищення в рослинництві ефективності використання культурними видами ресурсів клімату і ґрунту: визначення складу вирощуваних культур (включаючи проміжні й сидеральні), конструювання полікультур і сортоsumішей, екологізація рослинницьких технологій;
- конструювання у землеробстві й агрохімії збалансованих сівозмін, екологізація системи обробітку ґрунту та внесення добрив (мінеральних і органічних), активізація біопотенціалу (живого населення ґрунту, що підтримує його родючість);
- екологічна класифікація ґрунтів для визначення можливості й способів їхнього використання;
- у землевпорядкуванні екологічна оптимізація просторової структури агроекосистем (розміщення сівозмін, посівів багаторічних трав, тваринницьких ферм, інфраструктури та ін.);
- у зоотехнії та кормовиробництві обґрунтування розміру й структури популяцій свійських тварин, супутніх мікробних і паразитних організмів, оптимізація кормових раціонів для підвищення ефективності відгодівлі, розроблення «зелених конвеєрів» (підбір кормових культур для безперебійного надходження зеленої маси у вегетаційний період) тощо;

– оцінка актуальної і потенційної продуктивності різних типів природних кормових угідь та розроблення прийомів підвищення їхньої продуктивності;

– у сфері селекції (з генетикою і біотехнологією) підвищення ступеня адаптованості культурних рослин і сільськогосподарських тварин, підвищення ефективності відгодівлі;

– створення екобезпечної сільськогосподарської техніки, передусім для зниження витрати пального й зменшення тиску на ґрунт;

– підвищення економічної ефективності сільськогосподарського виробництва за якнайповнішого використання ресурсів клімату і ґрунтів, з урахуванням кон'юнктури ринку і вимог до чистоти продукції та охорони природи;

– розроблення законодавчих актів, що регламентують невиснажливе використання ресурсів ґрунтів, вод, біорозмаїття, виробництво й реалізацію органічної та іншої екобезпечної продукції.

Алгоритм прикладного аналізу агроекосистем. Висока якість сільськогосподарської продукції підтримується впровадженням екобезпечних технологій аграрного виробництва. Основою і запорукою отримання доброякісних харчів є вмiле конструювання ефективних агроекосистем у чистоту від забруднень довкілля. Системний аналіз культурних (штучних) біогеоценозів у рослинництві й тваринницьких комплексів дає змогу моделювати варіанти вирішення цих проблем [1; 3].

Системний аналіз в агроекології – це методологія дослідження будови та функцій напівштучних і штучних продукційних екосистем з метою з'ясування споживчої якості і безпеки вирощеної продукції, безпеки агротехнологій для людини і довкілля.

Системний аналіз автотрофних штучних екосистем залежно від мети здійснюють на конкретних ієрархічних рівнях їхньої організації: консорційному (культурна рослина або поєднання кількох), біогеоценозному (окреме поле сівозміни), сівозміни (система агробіогеоценозів), цілого (індивідуальне, коопераційне тощо) господарства, агроландшафту (самоврядної – сільської, районної, обласної громади), фізико-географічної області (провінції – Північно-Західна Придніпровська височина тощо) чи зони (Лісостепова та ін.).

Наведемо приклад **алгоритму аналізу** агроекосистем на рівні агробіогеоценозу – польової екосистемі цукрових буряків, розуміючи, що видів таких екосистем є стільки, скільки відомо

видів польових і кормових культур (в Україні понад 120) [4].

Перший етап агроекологічного аналізу систем – з'ясування її функціонального ядра – автотрофної консорції. У нашому прикладі це буде певний сорт цукрових буряків, посівний матеріал яких – насіння – вже містить облігатні і факультативні консорти першого порядку (грибкову, бактеріальну й вірусну інфекції, комахи тощо). На цьому етапі ми можемо уперше з'ясувати наявність пестицидів як засобів обробки посівного матеріалу.

Другий етап аналізу – з'ясування основних системотворних біотичних елементів, просторової організації агрофітоценозу, зооценозу і мікробіоценозу, їхньої ієрархії. Наприклад, за розгляду екосистемі цукрових буряків слід додатково встановити, які організми є консортами першого концентру, другого і т. д., оскільки це хвороби і шкідники, що населяють ґрунт. Також встановлюємо, які рослинні асоціації (переважно бур'яни) присутні в її структурі, яка роль мікробіоценозу. В екосистемі бобових культур об'єктами особливої уваги є симбіотичні азотфіксатори як унікальні організми, що розривають надмірний хімічний зв'язок інертного газоподібного азоту й залучають його у біотичний кругообіг.

Третій етап дає відповідь на питання, які абіотичні екофактори є вирішальними чи лімітними в існуванні екосистемі. Це – ґрунтова відміна, режим вологи, теплові й світлові ресурси атмосфери. Лімітними чинниками поширення цукрових буряків у зонах рослинництва є родючість ґрунту, температура й тривалість теплового періоду.

Четвертий етап – дослідження функціонування екосистемі, вагомості й ієрархії внутрішніх й зовнішніх зв'язків (з'ясування особливостей малого біотичного циклу елементів, шкодочинності популяцій небажаних організмів).

П'ятим етапом є з'ясування оптимальних внутрішніх умов функціонування (співвідношення ресурсів поживних речовин, вологи, світла і тепла в екосистемі), доцільності чи ефективності привнесених у неї добрив, пестицидів, правильності й екобезпеки прийомів агротехніки та інших регуляторних засобів.

Шостий етап може мати на меті уточнення оптимальної продукувальної динаміки, що відповідає меті реалізації найбільшого екопотенціалу системи – врожаю коренеплодів.

Сьомий етап відкриває можливості оцінювати наслідки конструктивного (позитивного чи негативного) зовнішнього впливу, з'ясувати

результат дії системи за показниками якості й чистоти агропродукції (споживча якість цукру, патоки і вміст у них залишків агрохімікатів, ксенобіотиків тощо). Водночас можна з'ясувати порогові значення регуляторних чинників стосовно зовнішніх впливів агробіогеоценозу на довкілля або системи наступних ієрархічних рівнів.

Восьмий етап передбачає можливість теоретично моделювати ідеальну екосистему й експериментувати в подальшому для її реалізації у вигляді ідеального поля цукрових буряків та впровадження в системи вищого рівня. Тут слід наголосити, що отримання, наприклад, органічної продукції рослинництва, городництва, садівництва й виноградарства потребує експериментування з вивчення синергії біотичних, абіотичних та антропогенних чинників та її прикінцевого впливу на економічну ефективність органічного сільського господарства.

Повертаючись до сьомого і восьмого етапів, зазначимо, що *експериментальна агроекологія*, яка зародилася у надрах землеробства, досі не є відокремленою наукою, але у поєднанні з експериментальною агрономією набуває актуальності.

Дещо відходячи від надмети агрономії отримати максимальну продуктивність культури за високої якості продукції, експериментальна агроекологія має екоцентричну мету: обґрунтувати технологію отримання прийнятного врожаю якісної (органічної) продукції за умови збереження природного балансу у довкіллі й перманентного відновлення властивостей його компо-

понентів (родючості ґрунтів, чистоти вод, повітря, збереження біорозмаїття тощо).

Висновки. Агрономи – практики і науковці – здійснюють глибший і детальніший системний аналіз агробіогеоценозу, як і наступних рівнів агроєкосистем, для удосконалення технології вирощування культур. Проте екологічний аналіз будь-якої технології чи системи тепер є невід'ємною процедурою, що передує впровадженню сучасних технологій, безпечних для довкілля, а вирощеної продукції чи сировини – для людей.

Бібліографічний список

1. Гнатів П. С., Снітинський В. В., Хірівський П. Р. Системний підхід в екології й охороні довкілля: актуальність знання і практичних навичок. *Наука і методика*. Київ: Аграрна освіта, 2011. № 23, вип. 23. С. 81–86.
2. Гнатів П. С., Хірівський П. Р., Зинюк О.Д. та ін. Природні ресурси України. Львів: Камула, 2012. 216 с.
3. Гнатів П. С., Хірівський П. Р. Теорія систем і системний аналіз в екології. Львів: Камула, 2010. 204 с.
4. Лихочвор В. В., Петриченко В. Ф., Івашук П. В., Корнійчук О. В. Рослинництво. Львів, 2010. 1088 с.
5. Cunningham W. P., Cunningham M. A., Saigo B. W. Environmental Science: a global concern. Boston-Toronto: Wm. C. Brown Publishers, 2005. 600 p.
6. Enger E. D., Smith B. F. Environmental Science: a study of interrelationships. Boston-Toronto: Wm. C. Brown Publishers, 2004. 477 p.

Стаття надійшла 15.05.2019.