

Екологічний аспект оцінювання агротехнологій в контексті парадигми сталого розвитку

У статті наведено методичні основи національної екологічної експертизи агротехнологій з урахуванням вимог директив Кіотського протоколу. Розглянуто базову модель агровиробництва, де визначальними елементами виробничої системи є екологічні показники геосфер. Визначено повний та обрано раціональний перелік екологічних показників на глобальному та локальному рівні з точки зору екологічної безпеки екосистеми та нівелювання антропогенного впливу на зміну клімату планети.

Ключові слова: агротехнологія, безпека, екологія, Кіотський протокол, сталий розвиток, експертиза, парникові гази, геосфера, агросфера.

Вступ. Можна вирішувати найрізноманітніші проблеми, можна будувати грандіозні плани, але загрозливий факт залишається фактом – навколишнє середовище Землі, материка, території, на якій ми з вами проживаємо, перебуває на грані негативних незворотних змін, що погіршують умови існування усього живого. Людина, яка сама спочатку пристосовувалася до умов життя на планеті, віднедавна змушує цю беззахистну планету підлаштуватися під неї.

Екологічний стан сільськогосподарського виробництва України є критичним і характеризується незбалансованістю біохімічних речовин і енергії в агроландшафтах, недосконалістю системи охорони ґрунтів та моніторингу земельних ресурсів. Все це зумовлює не лише зниження потенціальної родючості ґрунтів, але й порушення екологічної стійкості довкілля, зниження продуктивності сільськогосподарських угідь, глобальне погіршення клімату планети.

Біологічний потенціал ґрунтів України використовується лише на 20-30 %, а енерговитрати на отримання одиниці продукції рослинництва в 2-5 разів перевищують енерговитрати в розвинених країнах. При цьому енерговитрати на удобрення та захист рослин в інтенсивних технологіях вирощування становлять 32-64 % від загальних в залежності від культури, що вирощується. Еколого-економічні збитки лише через ерозію ґрунтів в Україні перевищують 9,1 млрд грн на рік.

Екологічне оцінювання будь-яких технологій – як в промисловості, так і в сільськогосподарському виробництві нині проводиться за кількісними показниками того чи іншого забруднювача (полютанта), який потрапляє в довкілля. Нормування кількості таких викидів проводять визначенням та встановленням гранично допустимих концентрацій (ГДК) шкідливих

речовин на робочому місці, у повітрі, у воді, у ґрунті, у продуктах харчування. Проте, для сільськогосподарського виробництва є характерним комплексний вплив на довкілля через формування та експлуатацію спеціалізованих агробіоценозів.

Усвідомлення зростаючої екологічної загрози внаслідок інтенсивного ведення сільськогосподарського виробництва, перспективне становлення в Україні інститутів сталого розвитку, яке передбачає стратегічне управління, націлене на прийняття превентивних і попереджувальних заходів, а також необхідність завоювання ринків збуту вітчизняної сільськогосподарської продукції обумовило необхідність визначення методологічних та методичних основ екологічної експертизи технологій.

Актуальність проблеми. В агропромисловому комплексі України, зокрема у сільському господарстві, сьогодні практично відсутня енергоощадна техніка і технології, недостатньо використовуються нетрадиційні альтернативні джерела енергії, невиправдано високими є транспортні витрати і витрати матеріалів та енергії, що є основною причиною забруднення екосистем, не відпрацьована оптимальна система енергозабезпечення, високою є енергоємність технологічних операцій і продукції, що в комплексі негативно відбивається на ефективності її виробництва та на екологічному стані довкілля [1].

Особливо актуальним є вивчення можливостей агроприймів та нових агротехнологічних рішень, які здатні стати одним із компонентів стабілізації порушеної екологічної рівноваги.

На зміну техногенній концепції економічного розвитку людства, яка базується на використанні штучних засобів виробництва без урахування екологічних обмежень, приходять екологічно ощадні принципи виробництва.

Регулювання екологічних відносин є однією з пріоритетних проблем, у вирішенні якої беруть участь більшість міжнародних, національних і локальних організацій – як державних, так і громадських. Деякі організації були створені спеціально для природоохоронних цілей, інші поступово долучилися до природоохоронної діяльності та взяли активну участь у захисті навколишнього середовища.

До кінця 50-х років цією проблемою мало хто цікавився.

Вперше про проблеми екології і як одну з основних форм її прояву – глобальне потепління заговорили у світовому масштабі в 60-70-ті роки ХХ століття. Цей новий етап у розвитку дослідження природної тематики пов'язаний, передусім, з роботами Римського Клубу – групи вчених і журналістів, створеної в 1968 році Ауреліо Печчеї. У 1970 році Генеральний секретар ООН вже в достатній мірі був стурбований цією проблемою, щоб згадати у своєму звіті з екології можливість «катастроф, викликаних потеплінням».

В червні 1992 року на саміті в Ріо-де-Жанейро була прийнята Рамкова Конвенція зі змін клімату (РКЗК ООН), в якій пропонувалися реальні кроки, спрямовані на врегулювання цієї проблеми. Сам протокол прийнято в Кіото 11 грудня 1997 року. Ним було узгоджено, що країни-учасниці зобов'язані зменшити середньорічні обсяги викидів парникових газів в період 2008–2012 рр. в середньому на 5,2% (у порівнянні з 1990 р.), а в кінці 2011 року було прийнято рішення про продовження дії Кіотського протоколу до 2015 року. За цей період країни сподіваються підготувати новий глобальний договір про захист клімату, який набере чинності з 2020 року і буде обов'язковим для всієї світової спільноти.

Кіотський протокол є основоположним документом. Статті Кіотського протоколу – це одночасне поєднання принципів жорсткості та гнучкості. Жорсткість полягає в наявності еколого-економічних зобов'язань, гнучкість – у свободі вибору економічних механізмів. Але не всі країни підтримують виконання ультимативних вимог директив Кіотського протоколу.

В контексті розвитку механізмів міжнародного екологічного регулювання, які б задовольняли всі країни, у 2003 р. Всесвітнім фондом дикої природи було засновано Золотий Стандарт, який базується на сприянні у переході до сталого розвитку.

Основна відмінність проектів Золотого Стандарту – це забезпечення соціального та економічного розвитку місцевості (за набором показників) одночасно з покращенням екології в широкому сенсі, аніж просто зменшення викидів CO₂.

Мета досліджень – створити ранжовані ряди екологічноощадних агротехнологій.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Показники екологічної експертизи сільськогосподарських технологій, а також їх класифікація наведені на рисунку 1 [2,3].

Коефіцієнт біологізації агротехнології [4] визначається як співвідношення органічних і мінеральних добрив, т/кг д. р. До переліку органічних добрив відносяться всі джерела органіки (сидерати, поживні залишки, нетоварна частина врожаю, гній, послід

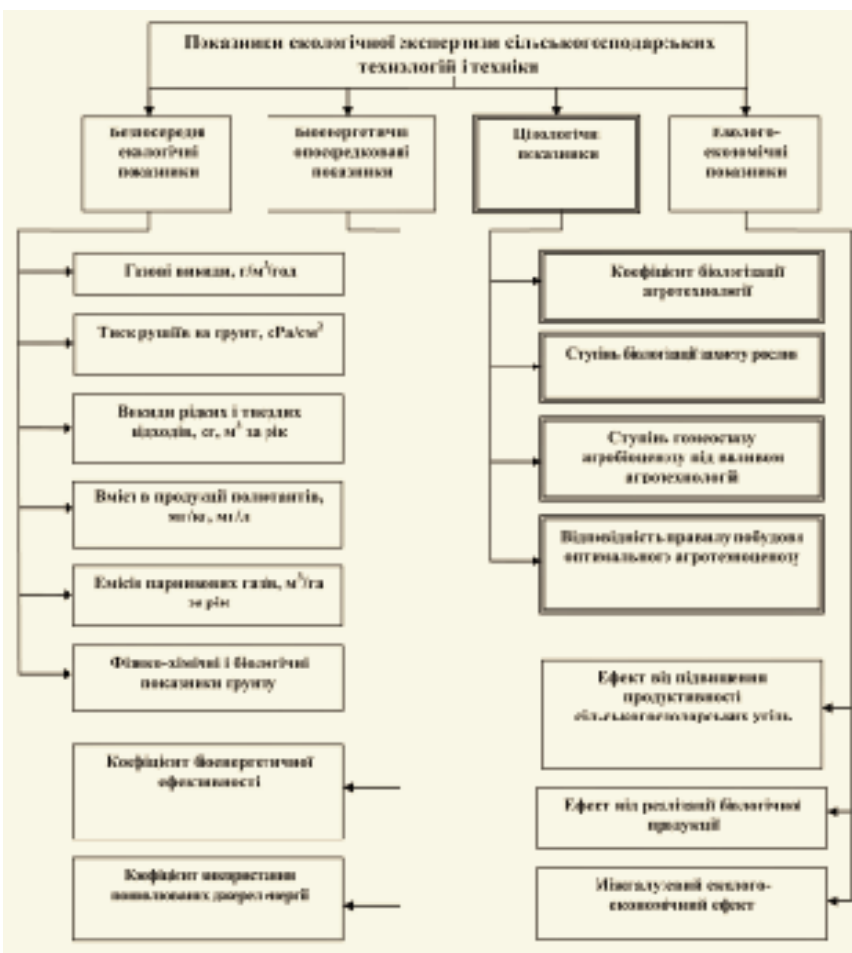


Рис. 1 – Показники екологічної експертизи сільськогосподарських технологій (Таргоня В. С.)

тощо). Обов'язковою умовою біологічного землеробства є наявність тваринництва: не менше 1,0-1,5 умовних голови на 1 га.

Коефіцієнт біологізації агротехнології визначають за формулою:

$$K_b = \frac{D_{org}}{D_{min}},$$

де K_b – коефіцієнт біологізації;

D_{org} – внесення органічних добрив, т;

D_{min} – внесення мінеральних добрив, кг д. р.

Коефіцієнт біоенергетичної ефективності технології [4] являє собою відношення суми енергоємності за енергетичними еквівалентами всієї основної і додаткової продукції до суми енергетичних витрат за енергетичними еквівалентами.

$$K_e = \frac{\sum E_{отр}}{\sum E_{випт}}$$

де K_e – коефіцієнт біоенергетичної ефективності;

$\sum E_{отр}$ – сума енергетичних витрат за енергетичними еквівалентами, ГДж/га.

Енергоємність продукції і уречевлені витрати енергії за відомих витрат у фізичному виразі визначаються за даними продовольчої і сільськогосподарської організації ООН (ФАО).

Ступінь гомеостазу агробіоценозу під впливом агротехнологій [4]. В екології поняття ступеня гомеостазу

застосовується для загального оцінювання міри стійкості біосистем до впливу зовнішніх чинників. В цьому випадку розглядається деяка характеристика системи V , близькість якої до норми є суттєвою для системи. Зміна зовнішньої дії Y на величину ΔY призводить до отримання характеристикою V прирощення ΔV , а ступенем гомеостазу в цьому випадку можна назвати співвідношення відносних змін аргументу та функції:

$$Q = \frac{\Delta V}{V} / \frac{\Delta Y}{Y}$$

З урахуванням зовнішніх антропогенних чинників у сільськогосподарстві ступінь гомеостазу визначають за формулою:

$$G = \frac{V + \Delta V}{V} / \frac{Y + \Delta Y}{Y}$$

Результати досліджень. Планета Земля умовно поділена на чотири геосфери: атмосфера, літосфера, гідросфера та біосфера. В результаті антропогенної діяльності, а саме у сільському господарстві, сформована п'ята оболонка – агросфера (рис. 2).

Агросфера – це частина біосфери, яка залучена в сільськогосподарське виробництво [5]. На жаль, більш детальне формулювання штучної оболонки – агросфери не зустрічається. Тлумачні словники Ушакова Д.Н. і Даля В.М., енциклопедичний словник, словник синонімів М. Абрамова, орфографічний словник В.В. Лопатіна – також не містять інформації щодо визначення цього поняття [6].

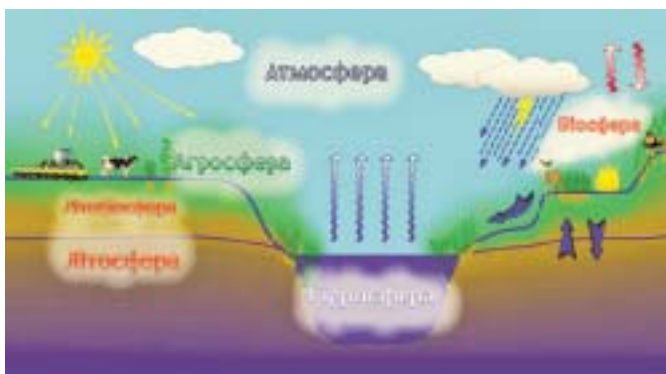


Рис. 2 – Схематичне зображення оболонок Землі, в тому числі, агросфери

За нашим визначенням **агросфера** – ерготична екосистема, залучена до сільськогосподарського виробництва (рис. 2). Метою агросфери є виробництво сільськогосподарської продукції.

Іншими словами, агросфера – це частина геопростору, яка контролює частину біосфери і літосфери та впливає на атмосферу і гідросферу.

Локально агроценози замінюють природу екосистеми. Враховуючи те, що 30% суші задіяно в сільськогосподарському виробництві, антропогенна діяльність вже глобально впливає на всі складові оболонки Землі, що й призводить до зміни клімату на всій планеті. Наразі 22% від загальних викидів CO_2 припадає на долю сільськогосподарського виробництва.

Тому новітні агротехнології необхідно аналізувати та проектувати в частині принципу сталого розвитку як найбільш екологічно безпечні.

Сучасне інтенсивне сільськогосподарське виробництво функціонує за моделлю, наведеною на рис. 3.

Таке виробництво забруднює навколишнє середовище поллютантами, важкими металами, погіршує родючість ґрунту, пригнічує розвиток ґрунтової біоти та збільшує парниковий ефект.

Модель інтенсивного агровиробництва з контролем екологічних параметрів представлена додатковими складовими, які дозволяють оцінити рівень забруднення навколишнього середовища (рис. 4).

У цій моделі оцінити ступінь деградації параметрів усіх геосфер дуже складно. Прийmemo спрощення щодо оцінювання ступеня якості водних ресурсів (рис. 5).

Щоб достовірно визначити перелік екологічних показників агротехнологій, які необхідно аналізувати, слід зрозуміти, що таке «небезпечна» агротехнологія. Коли настає небезпечний стан? При яких граничних значеннях його параметрів можна зрозуміти, що технологічна операція ще не порушує екологічну рівновагу?

Таким чином, **екологічна норма агросфери** – гармонійний стан техноценозу зі всіма геосферами Землі.



Рис. 3 – Модель інтенсивного агровиробництва



Рис. 4 – Модель агровиробництва з оціночними екопараметрами



Рис. 5 – Модель екологічного оцінювання агротехнологій

Таблиця 1
Екологічні показники оцінювання агротехнологій

	Показники		
	Біологічні	Хімічні	Фізичні
Ґрунт (літосфера)	Ґрунтові тварини та мікроорганізми, гумус, органічна речовина	Полютанти (гербіциди, пестициди), мінеральні добрива, мікроелементи, орг. сполуки	Структура, щільність
Сільськогосподарський продукт (біосфера)	-	Токсини	-
Повітря (атмосфера)	Патогенні мікроорганізми	Парникові та відпрацьовані гази	-

Екологічна норма агротехнології – результат довготривалого антропогенного впливу на геосферу в процесі сільськогосподарського виробництва, при якому зберігається стійкий стан екосистеми (найбільша відповідність та узгодженість із законами природи).

Отже, підкреслюючи важливість оцінювання безпеки агротехнологій за довгостроковий період, можна не враховувати сезонні коливання ґрунтових показників.

Повний перелік показників наведено в таблиці 1.

Після прийнятих спрощень за моделлю рис. 5 перелік екологічних показників з оцінювання агротехнологій рослинництва набуде такого вигляду (табл. 2):

Таблиця 2

Екологічні показники оцінювання агротехнологій рослинництва

	Показники		
	Біологічні	Хімічні	Фізичні
Ґрунт (Літобіосфера)	Органічна речовина, гумус	Полютанти (гербициди, пестициди), мін. добриво	-
Повітря (Атмосфера)	-	Парникові та відпрацьовані гази	-

Для екологічного оцінювання агротехнологій було запропоновано підхід, що ґрунтується на базі трьох основних критеріїв: рівня емісії парникових газів (G_1), рівня родючості ґрунту (G_2), рівня забруднення екосистеми хімічними полютантами (G_3) (табл. 3).

Таблиця 3

Джерела забруднення та критерії оцінювання

Критерії	Показники	Джерела отримання значень
Мінімум емісії парникових газів G_1	CO_2, N_2O, CH_4	Ґрунт, повітря, (паливо) технологічні карти
Максимум родючості ґрунту G_2	Гумус	Ґрунт
Мінімум хімічного забруднення полютантами G_3	Гербициди, пестициди, мінеральні добрива	Технологічні карти

Загальний вигляд багатокритеріальної моделі з екологічного оцінювання агротехнологій має такий вигляд:

$$\begin{cases} \frac{dG_1}{dt} = f(C_1) + f(C_2) \\ \frac{dG_2}{dt} = f(O) \\ \frac{dG_3}{dt} = f(H) + f(P) + f(M) \end{cases}$$

де $\frac{dG_i}{dt}$ – зміна швидкості емісії чи секвестрації парникових газів;

$f(C_1)$ – розподіл потоків парникових газів, як функція від органічної речовини;

$f(C_2)$ – розподіл потоків парникових газів, як функція від відпрацьованих газів машин;

$\frac{dG_2}{dt}$ – темп зміни родючості ґрунту;

$f(O)$ – функція зміни вмісту гумусу у ґрунті;

$\frac{dG_3}{dt}$ – зміна рівня хімічного забруднення;

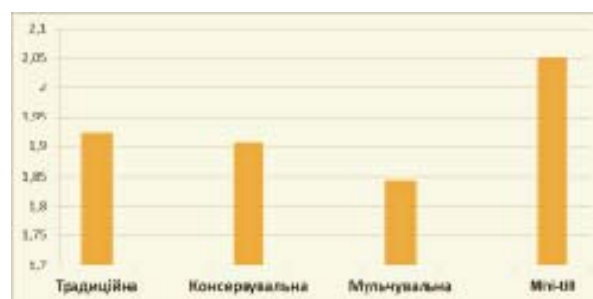
$f(H)$ – кількість гербицидів, які використовуються в агротехнології;

$f(P)$ – кількість пестицидів, які використовуються в агротехнології;

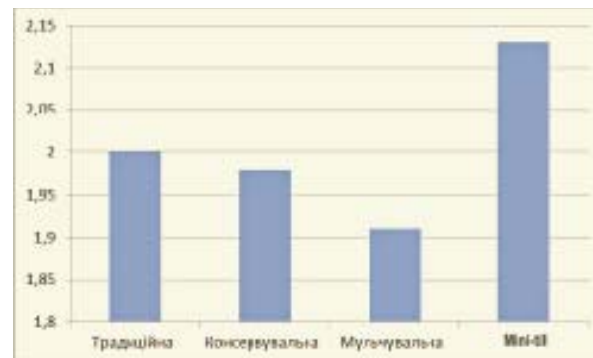
$f(M)$ – кількість мінеральних добрив, які використовуються в агротехнології.

На дослідницьких полях УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого проводяться дослідження щодо волатильності вмісту органічної речовини та вуглецю у ґрунті в залежності від системи обробітку.

За результатами досліджень визначено, що найбільшу кількість органічної речовини містять ґрунти, оброблені за технологією mini-till на рівні 2,13%, тоді як найменше органічної речовини накопичується за використання мульчувальної системи обробітку ґрунту – 1,91% (рис. 6). Це пов'язано з тим, що за мінімальної обробітку ґрунту відсутня механічна дія на ґрунт, органічний вуглець не окислюється і не переходить у газоподібний стан (CO_2).



а)



б)

Рис. 6 – Графіки вмісту органічного вуглецю (а) та органічної речовини (б)

Висновки. Розроблено моделі агровиробництва та екоагровиробництва з контролем параметрів навколишнього середовища та визначено перелік параметрів, що їх використовують для однозначного оцінювання екологічної безпеки агротехнологій.

Проаналізовано показники екологічного оцінювання агротехнологій та визначено, що популярності набули непрямі показники, віддалені від дійсної оцінки, валідація яких сумнівна.

Отримані результати засвідчують, що на полі, де було найменшим втручання людини (з використанням технології mini-till) органічної речовини найбільше – 2,13%. Цікаво, що на полі з традиційною оранкою також виявлено високий рівень органічної речовини – 2,00%. Менше її за використання консервувальної системи – 1,98% і ще менше – із застосуванням мульчувальної – 1,91%.

Матеріали досліджень можуть бути використані для розроблення методики екологічної експертизи агротехнологій.

Список літератури

1. Кравчук В., Кушнар'єв А., Таргоня В., Гусар В. Про актуальність створення наукових основ екологічної експертизи // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: збірник наукових праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2011. – Вип. 15 (29). – С. 305-314 .

2. Погорілий Л. Шляхи стабілізації та відтворення потенціалу агроєкосистем /Л. Погорілий, В. Таргоня // Вісті Академії інженерних наук України. – 2003. – № 2. – С. 15–20.

3. Кравчук В. Ценологічний підхід до наукового забезпечення технологій і технічних засобів для екологізації сільськогосподарського виробництва / Кравчук В., Таргоня В., Дубровін В. // Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сілільського господарства України: зб. наук. пр. УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – Дослідницьке, 2008. – Вип. 12(26).– С.3-10.

4. Кравчук В.І. Екологічна експертиза агротехнологій / Кравчук В.І., Дубровін В.О., Таргоня В. С. ["Нетрадиционное растениеводство. Селекция и генетика. Охрана биосферы. Эниология. Экология и здоровье"]: материалы XX Международ. симпозиума – Алушта, 4-11 сентября 2011 г. / Крымский международный ин-т нетрадиционного растениеводства, экологии и здоровья [и др.]. – Симферополь, 2011. – С. 325–329.

5. Онлайн словник [Електронний ресурс]. - [Http://dict.t-mm.ru](http://dict.t-mm.ru) - Заголовок з екрану.

6. АГРОСФЕРА [Електронний ресурс]. – <http://dic.academic.ru/dic.nsf/ecolog/10/АГРОСФЕРА> - Заголовок з екрану.

Аннотация. В статье приведены методические основы национальной экологической экспертизы агротехнологий с учетом требований директив Киотского протокола. Рассмотрена базовая модель агропроизводства, где определяющими элементами производственной системы являются экологические показатели геосфер. Определен полный и избран рациональный перечень экологических показателей на глобальном и локальном уровне с точки зрения экологической безопасности экосистемы и нивелирования антропогенного воздействия на изменение климата планеты.

Summary. The article contains methodological foundations of national environmental impact assessment of agricultural technologies taking into account the requirements of the Kyoto Protocol directives. basic model of agricultural production is compiled, where the defining elements of the production system is the environmental performance of the geosphere. The full list of selected environmental indicators at the global and local level in terms of ecosystem environmental safety and anthropogenic interference with the climate change avoiding is determined and the rational list is chosen.

Стаття надійшла до редакції 14 квітня 2015 р.