

ЕКОНОМІКА

УДК 631.5:004:631.8

JEL Q10, Q16, Q54, O33, Q56

Концепція кліматично розумного сільського господарства як модель поєднання цифрових технологій і сталих практикАдаменко І. В. *Білоцерківський національний аграрний університет* E-mail: ivadamenko@btsau.edu.ua

Адаменко І. В. Концепція кліматично розумного сільського господарства як модель поєднання цифрових технологій і сталих практик. Економіка та управління АПК. 2025. № 2. С. 33–47.

Adamenko I. The concept of climate-smart agriculture as a model of combining digital technologies and sustainable practices. AIC Economics and Management. 2025. № 2. PP. 33–47.

Рукопис отримано: 12.09.2025 р.

Прийнято: 25.09.2025 р.

Затверджено до друку: 27.11.2025 р.

doi: 10.33245/2310-9262-2025-201-2-33-47

У статті розглядається концепт кліматично розумного сільського господарства як модель поєднання цифрових технологій і сталих практик та обґрунтовуються напрями його поширення у вітчизняній практиці. Розкрито основні завдання КРСГ, пов'язані зі сталим підвищенням продуктивності та доходів сільгосптоваровиробників, їх адаптації та підвищення стійкості, скорочення та/або усунення викидів парникових газів, які повинні стати пріоритетними для розвитку аграрного сектору економіки у період повоєнного відновлення. Наголошено, що модель КРСГ є гнучким підходом та повинна бути адаптованою до місцевих агроекологічних, соціально-економічних, природно-кліматичних та інших умов.

Зроблено порівняльний аналіз відмінностей моделі КРСГ від подібних, часто взаємопов'язаних концепцій регенеративного сільського господарства, консерваційного сільського господарства, кліматично-нейтрального сільського господарства. Охарактеризовано елементи моделі КРСГ, які на сьогодні використовуються у практиці ведення сільськогосподарського виробництва в напрями: агрономії та управління ґрунтами - ґрунтозахисне землеробство, агролісомеліорація, точне зрошення, технологія збору дощової води; управління тваринницькими системами - кормами та годівлею, управління гноєм, випасанням. Узагальнено, що концепція КРСГ є комплексною системою управління ризиками для сільського господарства, проактивною стратегією побудови стійкості на рівні сільськогосподарського виробництва.

Доведено інтегровану природу моделі КРСГ, яка дозволяє збалансувати економічні, соціальні та екологічні цілі через власні ключові завдання, що дає можливість для аграрного сектору розробити практичні дії задля створення внеску у досягнення національних цілей сталого розвитку. Аргументовано, що інвестиції в КРСГ не зможуть забезпечити досягнення ЦСР, якщо вони не будуть поєднуватися зі інвестиціями у зміцнення місцевих та національних інституцій, покращення узгодженості політики та забезпечення справедливої участі всіх зацікавлених сторін.

Висвітлено складові цифрових технологій, які використовуються у моделі КРСГ, які надають інструменти для моніторингу складних технологічних процесів виробництва продукції, управління компромісами, внесення ресурсів із високою точністю, що забезпечує підвищення ефективності сільськогосподарських підприємств. Обґрунтовано, що в перспективі прискориться тенденція до автоматизації технологічних процесів від сівби

та пропонування до збору врожаю на основі використання роботизованих систем, ШІ, цифрових двійників, біотехнологій, технологій циркулярної біоекономіки.

Зроблено висновок, що державна політика розвитку аграрного сектору повинна враховувати національні агрокліматичні, економічні та соціальні умови та мати надійну систему моніторингу, звітності та верифікації на основі передбачення обов'язкових стандартів, добровільних стимулів. Обґрунтовано, що у вітчизняних умовах доцільно активізувати вкладення інвестицій сільськогосподарськими товаровиробниками в дистанційне зондування землі, точне землеробство та цифрові технології, а також створення ефективної системи передачі знань та технічної підтримки, що може прискорити впровадження моделі КРСГ у практичну діяльність сільськогосподарських підприємств. З метою поширення моделі КРСГ у практиці ведення сільськогосподарського виробництва вітчизняними підприємствами запропоновано розробити та впровадити такі заходи: створити цифрову платформу для автоматизованої оцінки кліматичного впливу та ефективності програм державної підтримки; передбачити включення до умов надання кредитів за держпрограмою «Доступні кредити 5-7-9 %» спеціальні «зелені» критерії та передбачити пільгове кредитування; національну програму добровільних екологічних зобов'язань для агровиробників, що фінансується з державного бюджету.

Ключові слова: кліматично розумне сільське господарство, цифровізація, сільськогосподарські підприємства, кліматичні зміни, стійкість, державна підтримка.

Постановка проблеми та аналіз останніх досліджень. Сьогодні аграрний сектор розвивається під впливом двох трендів стрімкого впровадження цифрових технологій та принципів сталого розвитку, циркулярної та «зеленої» економіки, що вимагає обґрунтування нових моделей ведення здійснення господарської діяльності. Одним із таких підходів є кліматично-розумне сільське господарство (КРСГ), або Climate-Smart Agriculture, формально визначається як інтегрований підхід до управління сільськогосподарськими системами (включаючи рільництво, тваринництво, лісове господарство та рибальство) для комплексного вирішення взаємопов'язаних проблем продовольчої безпеки та зміни клімату [1]. Зазначимо, що головною ціллю цієї моделі ведення сільськогосподарського виробництва є трансформація та переорієнтування його для ефективної підтримки розвитку та забезпечення продовольчої безпеки в умовах глобалізаційних кліматичних змін та підвищеної ризиковості [2].

Саме ця думка підтверджується у дефініції кліматично розумного сільського господарства Продовольчої та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО), яке розглядається як підхід до трансформації та переорієнтації сільськогосподарських систем для одночасного вирішення взаємопов'язаних

викликів продовольчої безпеки та зміни клімату [3]. У науковій літературі КРСГ базується на трьох фундаментальних, взаємодоповнюючих завданнях, які слід розглядати у якості пріоритетних для розвитку сільського господарства на перспективу. Так, ставлення підвищення продуктивності та доходів (Productivity) передбачає підвищення ефективності використання ресурсів з метою підвищення врожайності сільгоспкультур та прибутковості фермерських господарств, що є основою продовольчої безпеки та економічного розвитку сільських територій [4]. Ця ціль спрямована на збільшення обсягів виробництва продовольства та підвищення доходів сільськогосподарських товаровиробників без негативного впливу на навколишнє середовище. У цьому випадку основною вимогою є стала інтенсифікація, що означає виробляти більше продукції з меншими витратами ресурсів (землі, води, енергії, добрив) на одиницю продукції [5]. Для української практики ведення сільськогосподарського виробництва це означає не лише підвищення врожайності, але й активний розвиток перероблення з високою доданою вартістю, що є пріоритетом Стратегії сільського господарства та сільських територій до 2030 р. [6], а також зниження втрат сільгоспродукції на всьому ланцюзі постачання та підвищення ефективності виробництва.

Щодо завдання адаптації та підвищення стійкості (Adaptation/Resilience), то воно сприяє зміцненню здатності агропродовольчих систем (від рівня окремої ферми до національного) протистояти та відновлюватися після кліматичних шоків та стресів, таких як посухи, повені та екстремальні температури [7]. Отже, ця ціль орієнтується на зниження вразливості сільськогосподарських товаровиробників до короткострокових ризиків та підвищення їхньої здатності адаптуватися до довгострокових кліматичних стресів, таких як зміна температурних режимів та кількості опадів. Вважаємо, що для вітчизняних сільськогосподарських підприємств, особливо південних та східних регіонів, це вимагає вкладення інвестицій в розвиток систем зрошення, впровадження посухостійких сортів культур, диверсифікацію виробництва, розвиток ринку агрострахування та використання систем раннього попередження про погодні ризики.

Завдання щодо скорочення та/або усунення викидів парникових газів (Mitigation), що орієнтується на скорочення інтенсивності викидів (на одиницю продукції) та, де це можливо, абсолютних викидів парникових газів (ПГ), а також посилення ролі сільського господарства як поглиначка вуглецю [4]. Отже, ця ціль передбачає зменшення кліматичного сліду сільського господарства шляхом скорочення викидів на одиницю виробленої продукції та уникнення знеліснення. Відомо, що основними джерелами викидів у сільському господарстві є метан від кишкової ферментації у тваринництві та управління гноєм, закис азоту від використання азотних добрив, а також діоксид вуглецю від змін у землекористуванні та використання викопного палива. Серед підходів щодо зменшення негативного впливу галузі рекомендують оптимізацію використання добрив, впровадження технологій нульового (No-till) та мінімального (Mini-till) обробітку ґрунту для збільшення поглинання вуглецю, розвиток біоенергетики (біогаз, біометан) та агролісомеліорацію.

Поділяємо думку про те, що модель КРСГ – це не набір універсальних практик, а гнучкий підхід, який вимагає прийняття управлінських рішень, адаптованих до місцевих агроекологічних, соціально-економічних та політичних умов [8]. Це означає, що певна розроблена модель сільськогосподарського виробництва відповідає умовам КРСГ в одному регіоні, однак може бути неефективною в іншому.

Еволюція моделі КРСГ починається із 2010 р., яка була представлена ФАО як рамковий підхід, у подальшому була перетворена

провідними міжнародними фінансовими інституціями у ключовий критерій відбору інвестицій. Доказом цього є те, що Світовий банк окреслив КРСГ як основний елемент прийнятого Плану дій зі зміни клімату на 2021-2025 рр. і збільшив щорічне фінансування у вісім разів, до майже 3 млрд дол. США [9]. Із цією метою Світовий банк розробив інструменти, такі як Профілі КРСГ та Інвестиційні плани КРСГ з метою перетворення концепції на практичні, фінансово обґрунтовані проекти. Отже, це підтверджує перехід моделі КРСГ від академічної ідеї до інвестиційної рамки, що є обов'язковою умовою для країн, які прагнуть залучити міжнародне фінансування для модернізації агросектору, узгодження національної політики з принципами цього підходу.

Метою дослідження є узагальнення заasad та підходів до використання концепції кліматично розумного сільського господарства як моделі поєднання цифрових технологій і сталих практик та обґрунтування напрямів її реалізації у діяльності вітчизняних сільськогосподарських підприємств.

Матеріал і методи. При проведенні дослідження використано загальнонаукові та спеціальні методи економічних досліджень, зокрема: монографічний метод, системний підхід – для вивчення зв'язків між складовими елементами моделі кліматично розумного сільського господарства та узагальнення зарубіжного досвіду розроблення державної політики сприяння її розвитку; діалектичний та абстрактно-логічний – для здійснення теоретичних узагальнень, формуванні висновків; дедукції та індукції – для обґрунтування заходів щодо раціонального поєднання у моделі КРСГ сталих практик та цифрових технологій на локальному рівні та розробленні рекомендацій щодо її включення в стратегічні програми розвитку сільського господарства.

Інформаційну базу дослідження становлять економічні огляди, монографії й науково-аналітичні статті вітчизняних та іноземних авторів, пошук яких здійснювався у провідних наукометричних базах даних Scopus, Web of Science, а також на веб-сайтах основних міжнародних організацій (FAO, World Bank, OECD, UNFCCC та ін.).

Результати дослідження та обговорення. Відомо, що на сьогодні існує необхідність розмежування моделі КРСГ від подібних, часто взаємопов'язаних концепцій. По-перше, це парадигма регенеративного сільського господарства (Regenerative Agriculture), яка робить основний акцент на відновленні

здоров'я ґрунту та функціонуванні екосистем (біорізноманіття, водний цикл). Хоча ці цілі є невід'ємною частиною КРСГ, однак її завдання є ширшими, оскільки включають цілі продуктивності та соціально-економічної стійкості сільськогосподарських товаровиробників, визнаючи потенційні конфлікти між ними.

Концепція консерваційного сільського господарства (Conservation Agriculture) базується на трьох ключових практиках - мінімальний обробіток ґрунту, постійне покриття ґрунту органічними матеріалами та диверсифікація сівозмін. Ці практики є одними з найважливіших інструментів у моделі КРСГ, проте вона є більш широкою рамкою, оскільки охоплює також управління тваринництвом, водними ресурсами, агролісомеліорацію та інструменти державного регулювання.

Концепція кліматично-нейтрального сільського господарства (Climate-Neutral Agriculture) передбачає досягнення чистого нульового балансу викидів ПГ. Однак модель КРСГ визнає, що досягнення повної нейтральності не завжди можливе або не може бути визначальним в усіх контекстах. Очевидно, що для вразливих громад пріоритетом може бути адаптація або забезпечення продовольчої безпеки, навіть якщо це не спричинює скорочення абсолютних викидів.

Розглянемо складові моделі КРСГ, які на сьогодні вже набули поширення у практиці ведення сільськогосподарського виробництва у провідних країнах світу та Україні. Якщо розглядати напрям агрономії та управління ґрунтами, то слід виділити ґрунтозахисне землеробство, яке включає підходи до обробітку сільськогосподарських угідь такі як no-till, mini-till, strip till, verty-till, які передбачають мінімальний обробіток ґрунту внаслідок чого досягається зниження ерозії, підвищення вмісту органічної речовини та сприяння секвестрації вуглецю, що зумовлює зменшення викидів парникових газів та покращення здоров'я ґрунту [10]. До цієї групи належать також підходи до диверсифікації культур та сівозміни, що дозволяє підвищити біорізноманіття, покращити здоров'я ґрунту та зменшити залежність від хімічних засобів захисту через переривання циклів розвитку шкідників та хвороб. Зазначимо, що використання сертифікованого, кліматично стійкого насіння, посухостійких сортів є ключовою стратегією адаптації. Важливим підходом у цьому напрямі є агролісомеліорація, яка передбачає інтеграцію дерев у сільськогосподарські ландшафти, що дозволяє отримати численні переваги в

аспекті захисту ґрунту, секвестрації вуглецю та диверсифікації джерел доходу.

Наступним напрямом використання підходів КРСГ є точне зрошення, який включає технології краплинного та спринклерного зрошення, що значно підвищують ефективність використання води, що є критично важливим для адаптації у посушливих регіонах [11]. Заслугує на увагу вітчизняної практики ведення сільськогосподарського виробництва технологія збору дощової води, яка передбачає збирання та зберігання дощової води для додаткового зрошення, що підвищує стійкість сільськогосподарських культур до посушливих періодів.

Щодо напрямів використання технологій КРСГ в управлінні тваринницькими системами, то слід виділити такі: корми та годівля, що передбачає оптимізація раціонів тварин з метою покращення ефективності конверсії корму та зменшення викидів метану від кишкової ферментації; управління гноєм базується на сучасних методах, таких як компостування або використання анаеробних дигесторів для виробництва біогазу, що сприяє зменшенню викидів та створення додаткової вартості з відходів; управління випасанням включає ротаційний випас та управління щільністю поголів'я, що запобігає деградації земель, покращує продуктивність пасовищ та підвищує секвестрацію вуглецю в ґрунті [12]; селекційне розведення більш продуктивних та кліматично стійких порід тварин є довгостроковою стратегією як для адаптації, так і для мітигації [13].

Узагальнюючи вищезазначене, можна зробити висновок про те, що концепція КРСГ є не лише набором екологічних практик, це - комплексна система управління ризиками для сільського господарства. Акцент на адаптації та стійкості до кліматичних змін та впровадження практик, що реагують на кліматичну мінливість, перетворює цю модель з реактивного інструменту на проактивну стратегію побудови стійкості на рівні сільськогосподарського виробництва. Це вимагає залучення фінансових установ та страхових компаній до співпраці із господарствами з метою пом'якшення ризиків, що може сприяти поширенню технологій у сільськогосподарському виробництві.

Модель КРСГ - не статична концепція, а динамічний інструмент, який сприяє реалізації Порядку денного до 2030 року та його Цілей сталого розвитку (ЦСР) [14]. Інтегрована природа КРСГ дозволяє збалансувати економічні, соціальні та екологічні цілі через власні ключові завдання, що дає можливість

для аграрного сектору розробити практичні дії задля створення внеску у досягнення національних цілей сталого розвитку [15].

Так, із ЦСР 2 (подолання голоду) модель КРСГ має прямий зв'язок, оскільки найбільш раціональним на сьогодні підходом до забезпечення продовольчої безпеки є стале підвищення продуктивності та впровадження стійких сільськогосподарських практик [16]. Покращуючи продовольчу безпеку та просуваючи стале сільське господарство, КРСГ безпосередньо сприяє досягненню завдань 2.1, 2.3 та 2.4 [17] за умови підтримки дрібних фермерів.

Щодо ЦСР 13 (боротьба зі зміною клімату), то КРСГ є основним інструментом її досягнення в аграрному секторі. Його завдання з адаптації та мітигації безпосередньо відповідають завданню ЦСР 13 до зміцнення стійкості, інтеграції заходів щодо зміни клімату в національні політики та розроблення оперативних заходів для боротьби зі зміною клімату.²⁷

ЦСР 15 (збереження екосистем суші) досягається через реалізацію практики КРСГ,

як-от: ґрунтозахисне землеробство, стале управління лісами та агролісомеліорація, які сприяють захисту наземних екосистем, зупинці деградації земель та боротьбі з деєртифікацією. На основі підвищення продуктивності земель із використанням КРСГ можна зменшити тиск на виведення площ лісових та інших природних середовищ у сільськогосподарські угіддя.

Окрім цього, підвищення доходів фермерів та посилення їхньої стійкості, модель КРСГ створення можливості для подолання бідності сільського населення. Раціональне управління водними ресурсами, зокрема точне зрошення, збереження водних ресурсів, їх ощадливе використання за умови запровадження технологій зі зменшення стоку шкідливих речовин, що не впливає на погіршення якості води та відповідно відповідає ЦСР16 (чиста вода та належні санітарні умови). Безсумнівно, модель КРСГ сприяє більш ефективному використанню ресурсів (землі, води, енергії, добрив), що відповідає принципам сталих моделей виробництва (табл. 1).

Таблиця 1 – Впливи моделі КРСГ на досягнення Цілей сталого розвитку

Елемент КРСГ	Основна ціль ЦСР	Синергетичні впливи	Потенційні виклики	Необхідні заходи
Впровадження посухостійких сортів культур	ЦСР 2. Подолання голоду (підвищує продовольчу безпеку країни)	ЦСР 1. Подолання бідності (сприяє підвищенню доходів фермерів). ЦСР 13: Боротьба зі зміною клімату (сприяє створенню адаптаційної спроможності)	ЦСР 15. Збереження екосистем суші (патентовані сорти здійснюють вплив на зменшення генетичного різноманіття культур)	Підтримка селекційних програм з виведення сучасних сортів та збереження місцевих сортів у генних банках наукових установ
Розширення точного зрошення	ЦСР 6. Чиста вода (сприяє підвищенню ефективності використання води)	ЦСР 2. Подолання голоду (сприяє стабілізації та збільшенню врожайності). ЦСР 13. Боротьба зі зміною клімату (адаптація до дефіциту води)	ЦСР 7. Доступна та чиста енергія (впливає на підвищення попиту на енергетичні ресурси у сільгосппідприємствах)	Підтримка інвест-проектів зрошення з інвестиціями у відновлювані джерела енергії.
Інтенсифікація на основі механізації, автоматизації	ЦСР 2. Подолання голоду (сприяє підвищенню продуктивності та збільшенню обсягів постачання продовольства)	ЦСР 8. Гідна праця (сприяє створенню висококваліфікованих робочих місць у сфері обслуговування техніки, цифрових технологій)	ЦСР 8. Висококваліфікована праця (може витіснити некваліфіковану робочу силу із сільськогосподарства). ЦСР 13. Боротьба зі зміною клімату (сприяє збільшенню обсягів використання викопного палива, якщо техніка не енергоефективна)	Впроваджувати соціальні програми підтримки та перекваліфікації для вивільнених працівників. Запровадження програм використання енергоефективної техніки

Джерело: узагальнено автором.

Зазначимо, що взаємозв'язок між КРСГ та ЦСР не завжди є лінійним або зумовлює лише позитивний вектор впливу. Так, синергетичні позитивні ефекти виникають внаслідок поєднання впливів на «підвищення продуктивності -адаптації до кліматичних змін - пом'якшення ризиків (мітигації)». До прикладу, покращення здоров'я ґрунту на основі нульового обробітку та покривних культур, в результаті чого збільшується вміст органічної речовини, покращується утримання води (адаптація), підвищується родючість та довгострокова продуктивність, а також секвеструється вуглець, що забезпечує одночасний вплив на реалізацію всіх трьох завдань КРСГ та досягненню ЦСР 2, 13 та 15.

Щодо економічно-екологічної синергії, то вона зумовлює зменшення втрат та відходів продовольства через запровадження управління у процеси товароруку вирощеної сільськогосподарської продукції, що підвищує доступність їжі та доходи фермерів (ЦСР 2, ЦСР 1), одночасно зменшуючи викиди ПГ, пов'язані з виробництвом продовольства, яке не споживається взагалі (ЦСР 13, ЦСР 12).

Однак впливи КРСГ на досягнення ЦСР можуть супроводжуватися конфліктами, зокрема у випадку орієнтації до підвищення продуктивності сільськогосподарського виробництва шляхом інтенсивного використання мінеральних добрив, що забезпечує збільшення обсягів виробництва продукції (ЦСР 2), але призвести до вищих викидів закису азоту (конфлікт із завданням скорочення викидів ПГ та ЦСР 13) та забруднення води (конфлікт з ЦСР 6 та ЦСР 15).

Окремі стратегії адаптації, такі як розширення енергоємних систем зрошення для боротьби з посухою, можуть збільшити викиди ПГ, якщо джерелом енергії є викопне паливо, створюючи компроміс між завданнями адаптації та мітигацією. Водночас впровадження дорого вартісних інноваційних технологій з автоматизації зумовлює підвищення продуктивності та прибутки великих сільськогосподарських підприємств, але може призвести до витіснення робочої сили з технологічних процесів, що потенційно конфліктує з ЦСР 8 (Гідна праця та економічне зростання) для сільських громад.

Отже, наведені приклади виникнення конфліктів свідчать про те, що одна й та сама технологія може мати позитивні або негативні наслідки для ЦСР залежно від контексту. Це означає, що досягнення позитивних синергій та уникнення негативних компромісів забезпечується раціональним управлінням менеджменту сільськогосподарських

підприємств. Отже, інвестиції в КРСГ не зможуть забезпечити досягнення ЦСР, якщо вони не будуть поєднуватися з інвестиціями у зміцнення місцевих та національних інституцій, покращення узгодженості політики та забезпечення справедливої участі всіх зацікавлених сторін.

У моделі КРСГ складовим елементом є цифрові технології, які переводять сільське господарство від практики, заснованої на досвіді та інтуїції, до практики, керованої даними, точністю та оптимізацією [18]. Цифрові технології надають інструменти для моніторингу складних технологічних процесів виробництва продукції, управління компромісами, внесення ресурсів із високою точністю, що забезпечує підвищення ефективності сільськогосподарських підприємств.

Технологія Інтернет речей (IoT) включає мережу фізичних сенсорів, які збирають та передають дані з поля в режимі реального часу [19]. Сільськогосподарські підприємства використовують такі види IoT: польові метеостанції, які здійснюють моніторинг погодних умов; ґрунтові сенсори, які вимірюють вологість, температуру та рівень поживних речовин для управління зрошенням та внесенням добрив; сенсори на сільськогосподарських тваринах дозволяють відстежувати стан їхнього здоров'я та місцезнаходження. Це забезпечує точне, засноване на потребах, управління ресурсами.

Великі масиви даних (Big Data) та прогностична аналітика забезпечують збір та аналіз даних з різних джерел (сенсори, супутники, ринкові тенденції) для виявлення закономірностей та прогнозування [20]. Ці моделі надають можливість прогнозувати врожайність, спалахи шкідників та хвороб, а також оптимізувати логістичні процеси. Це дозволяє використати проактивне, а не реактивне управління сільськогосподарським підприємством, що є основою для побудови стійкості економічної системи.

Алгоритми штучного інтелекту (ШІ) та машинне навчання (МН) можуть аналізувати складні дані для автоматизації прийняття рішень та виконання завдань, що зазвичай вимагає використання людського інтелекту [21]. Так, розпізнавання зображень на основі ШІ може діагностувати хвороби рослин за звичайною фотографією, моделі МН можуть оптимізувати графіки зрошення або норми внесення добрив на основі даних у реальному часі. За прогнозами експертів передбачається, що ШІ стане основним драйвером майбутнього зростання продуктивності сільськогосподарства.

Дрони та супутникові технології дистанційного зондування використовуються для моніторингу полів, оцінювання стану здоров'я посівів (наприклад, за допомогою нормалізованого диференційного вегетаційного індексу NDVI (Normalized Difference Vegetation Index), створення точних карт для диференційованого внесення ресурсів та оцінювання збитків після екстремальних погодних явищ.

Технологія розподіленого реєстру (блокчейн) створює безпечний, прозорий та незмінний запис транзакцій [22]. У сільському господарстві блокчейн переважно використовується для покращення простежуваності ланцюга постачання, що надає можливість споживачам перевіряти походження та стандарти виробництва продуктів («від ферми до столу»). Ця технологія підвищує безпеку харчових продуктів, зменшує кількість випадків шахрайства та може надати доступ для малих сільськогосподарських товаровиробників до прибуткових ринків.

Узагальнені характеристики окремих видів цифрових технологій, які використовуються в моделі КРСГ подано у таблиці 2.

Очевидно, що в найближчому майбутньому прискориться тенденція до автоматизації

технологічних процесів від сівби та прополювання до збору врожаю на основі використання роботизованих систем. Це підтверджується прогнозами про значне зростання світового ринку сільськогосподарської робототехніки [23]. Окрім цього, використання ІІІ перейде від діагностики до предиктивної та прескриптивної аналітики. Сільськогосподарські товаровиробники будуть використовувати «цифрові двійники» своїх полів - віртуальні моделі, що живляться даними в реальному часі задля симуляції результатів різних управлінських рішень перед їх впровадженням.

Вважаємо, що розвиток КРСГ у недалекій перспективі буде відбуватися в напрямі інтеграції біотехнологій, зокрема інноваційних розроблень в галузі редагування генів (CRISPR - технологія генної інженерії), що дозволяє швидко розробляти сорти рослин та породи тварин з підвищеною стійкістю до посухи, спеки та хвороб. Окрім цього, модель КРСГ буде інтегруватися з циркулярною біоекономікою, яка допомагає сільськогосподарські «відходи» (наприклад, гній, пожнивні рештки) перетворювати на нові продукти із високою доданою цінністю, такі як біоенергія, біопластик та органічні добрива.

Таблиця 2 – Використання цифрових технологій у моделі кліматично розумного сільського господарства

Цифрова технологія	Основна функція	Застосування в КРСГ
Сенсори IoT	Збір даних з фізичного середовища в режимі реального часу	Сенсори вологості ґрунту дозволяють здійснювати точне зрошення, в результаті чого зменшуються втрати води (забезпечується адаптація)
ІІІ/МН	Розпізнавання образів, прогнозування та автоматизоване прийняття рішень	Мобільні додатки для розпізнавання хвороб рослин діагностують проблеми, зменшуючи втрати врожаю та використання пестицидів (забезпечується підвищення продуктивності/послаблення ризиків)
Дрони	Аерофотозйомка високої роздільної здатності та здійснення технологічних операцій обприскування посівів сільськогосподарських культур	Моніторинг здоров'я посівів для раннього виявлення стресу; точне, цільове внесення гербіцидів, пестицидів та мінеральних добрив у сільському господарстві (досягається підвищення продуктивності/адаптація)
Блокчейн	Безпечне, прозоре та незмінне ведення записів	Забезпечує простежуваність агропродовольчих ланцюгів постачання, що дозволяє підтвердити використання сталих практик та гарантувати безпеку харчових продуктів (забезпечується завдання послаблення ризиків/підвищення продуктивності)

Джерело: узагальнено автором.

Узагальнення зарубіжної практики державної підтримки КРСГ дозволило зробити висновок про те, провідні країни відходять від неефективних субсидій на ресурси до цільових платежів за досягнуті екологічні результати, що сприяє стимулюванню інвестицій в інновації та підвищення ефективності. Зазначимо, що зазвичай розробляються багаторівневі системи, де обов'язкові регуляторні стандарти (GAEC - Good Agricultural and Environmental Conditions (Належні сільськогосподарські та екологічні умови) в ЄС) формують базовий рівень, а добровільні фінансові стимули (еко-схеми, карбонові кредити) надаються лише фермерам із провідною сталою практикою. З метою забезпечення адресної підтримки сільськогосподарським товаровиробникам, які додержуються вимог сталого розвитку, необхідно запровадити надійні та прозорі системи моніторингу, звітності та верифікації (MRV - Monitoring, Reporting, Verification), яка є фундаментом для довіри, залучення фінансування та ефективного управління. Водночас досвід Нової Зеландії та ЄС демонструє високу політичну чутливість сільськогосподарських кліматичних реформ, що вимагає залучення стейкхолдерів та чіткої деталізації економічних вигід для фермерів.

Результати аналізу різних країн підтримки розвитку КРСГ сприяли виявленню кількох моделей, кожна з яких має сильні та слабкі сторони. Такими є Спільна сільськогосподарська політика (САП) на 2023-2027 рр. (Регламент (ЄС) 2021/2115), Європейський «зелений курс» та його концепт стратегія «Від ферми до виделки» (Farm to Fork). Узагальнення європейської практики та інструментів, що використовуються з метою поширення «зелених технологій» у сільськогосподарському виробництві сприяє виокремленню таких умов реалізації:

1. Посилена умовність (Enhanced Conditionality). Є обов'язковою умовою отримання базових прямих виплат фермерами, які повинні дотримуватися низки стандартів Належного сільськогосподарського та екологічного стану (GAEC - Good Agricultural and Environmental Condition) [24], що включають захист торфовищ та водно-болотних угідь (GAEC 2), створення буферних смуг (GAEC 4), управління обробітком ґрунту для зменшення ерозії (GAEC 5), та збереження непродуктивних ландшафтних елементів (GAEC 8);

2. Еко-схеми (Eco-schemes) – добровільні програми фінансування для фермерів, які мотивують їх до впровадження екологічно

дружніх практик для захисту довкілля та клімату. Фермери отримують підтримку за виконання певних заходів, які сприяють сталому веденню сільського господарства, а держави-члени ЄС можуть самостійно визначати види та бюджети цих схем, відповідно до своїх екологічних потреб. Отже, країни ЄС є гнучкими у розробленні власних еко-схем, які можуть підтримувати широкий перелік сталих практик від органічного землеробства та агролісомеліорації до точного землеробства та покращення добробуту тварин;

3. Агроекологічні кліматичні заходи (AECMs) (Agri-environment-climate measures), які є частиною загальної сільськогосподарської політики ЄС і підтримують зусилля фермерів із збереження сільського ландшафту, біорізноманіття та навколишнього середовища. Ці заходи спрямовані на довгострокові зобов'язання фермерів в області збереження навколишнього середовища, підтримку сільського ландшафту та біорізноманіття. Заходи AECMs є важливими інструментами для досягнення екологічних цілей в сільському господарстві. Зазначимо, що на еко-схеми передбачено спрямувати 25 % бюджету прямих виплат, що становить близько 44,5 млрд євро на 2023-2027 роки [25].

Отже, європейська сільськогосподарська політика є комплексною, однак передбачена гнучкість у дизайні еко-схем призвела до значних відмінностей між країнами-членами. Водночас такий підхід до використання цього інструменту зумовлює ризик надання винагороди за запровадження еко-практики, які є стандартними. Окрім того, протести фермерів призвели до послаблення деяких вимог, зокрема тимчасового скасування зобов'язань по GAEC 8 щодо залишення частини ріллі під паром.

Щодо інструментів підтримки розвитку кліматичних програм сільськогосподарськими товаровиробниками у США. Одним із новітніх нормативних документів є Закон про зниження інфляції (Inflation Reduction Act, IRA), прийнятий у 2022 р., який надав безпрецедентне фінансування для кліматичних програм. Окрім цього, діє традиційний закон Farm Bill, який містить інструменти регулювання сільськогосподарської, продовольчої, лісгосподарської політики та програм збереження природних ресурсів.

Зазначимо, що законом IRA передбачено виділення додаткових 19,5 млрд дол. США на існуючі та популярні серед фермерів програми Служби збереження природних ресурсів (NRCS), такі як Environmental Quality

Incentives Program (EQIP) та Conservation Stewardship Program (CSP). Це фінансування планомірно спрямоване на підтримку сталих практик зі списку «Climate-Smart Agriculture and Forestry Mitigation Activities», що включає посіви покривних культур, технологію обробітку ґрунту no-till, оптимізацію живлення, агролісомеліорацію та управління гноєм [26].

Заслугує на увагу вітчизняної практики також програма «Partnerships for Climate-Smart Commodities» з бюджетом 3,1 млрд дол. США, кошти якої спрямовано на фінансування 141 пілотного проєкту. Метою реалізації цих проєктів є не просто підтримка впровадження сталих практик на фермах, а насамперед, створення та тестування ринкових ланцюгів для «кліматично розумних товарів», розроблення системи моніторингу, звітності та верифікації та залучення приватного сектору для створення попиту на таку продукцію [27].

Зазначимо, що на рівні ферм передбачене використання інструменту COMET-Farm для оцінювання балансу ПГ. Програмою IRA також виділено 300 млн дол. США на вдосконалення національної системи вимірювання, моніторингу, звітності та верифікації, включаючи створення національних мереж моніторингу ґрунтового вуглецю та викидів ПГ з тваринництва, що є стратегічною інвестицією в наукову інфраструктуру [26].

Очевидно, що достатньо високий рівень фінансового забезпечення зазначених вище програм дозволяє активізувати впровадження сталих практик у діяльність фермерів країни. Безперечно, що програма розвитку партнерств в області кліматично розумних товарів є інноваційним підходом до стимулювання ринкового попиту, а тому визначення її результативності у досягненні економічної, соціальної та екологічної стійкості сільського господарства у довгостроковій перспективі стане можливим після завершення фінансування.

Щодо досвіду Австралії підтримки розвитку моделі КРСГ, то у цій країні використовується такий інструмент як Австралійська одиниця вуглецевого кредиту (Australian Carbon Credit Unit (ACCU)), який змінив такий важіль як Фонд скорочення викидів (Emissions Reduction Fund (ERF)) [28]. Так, ACCU - це одиниця, що видається урядом країни. Вона представляє одну тонну еквівалента вуглекислого газу (tCO_2-e), яку було збережено в результаті проєктів, спрямованих на скорочення викидів або зберігання вуглецю. Ці одиниці можуть бути продані приватним компаніям для компенсації їхніх

викидів або безпосередньо уряду Австралії через аукціони або на добровільному ринку. Очевидно, що цей методичний підхід щодо вуглецю у ґрунті вимагає прямого вимірювання запасів органічного вуглецю (SOC - Soil Organic Carbon) шляхом відбору та аналізу проб ґрунту, що є дорогим, але вважається більш точним підходом.

Цікавим для вітчизняної практики є закон про реагування на зміну клімату (Climate Change Response Act) у Новій Зеландії, у якому зроблено спробу розробити унікальну у світі систему прямого ціноутворення на біогенні викиди (метан та N_2O – закис азоту) на рівні ферм через партнерство уряду та агросектору «He Waka Eke Noa» («Ми в одному човні») [29]. Відомо, що цей збір з фермерів передбачалося запровадити з 2025 року. Незважаючи на те, що ініціатива була розроблена спільно з галуззю, зміна уряду у 2024 р. призвела до її повного скасування, відклавши будь-яке ціноутворення на викиди до 2030 року. Отже, досвід Нової Зеландії показує, що прямі податки на викиди в агросекторі зустрічають величезний політичний опір.

Аналіз зарубіжного досвіду дозволяє зробити висновок, що успішна державна політика у сфері кліматично розумного сільського господарства є не окремим заходом, а комплексною, довгостроковою трансформацією, що вимагає політичної волі, інституційної спроможності, адекватного фінансування та тісної взаємодії з товаровиробниками аграрного сектору економіки. Вважаємо, що державна політика щодо розвитку КРСГ повинна враховувати національні агрокліматичні, економічні та соціальні умови та мати надійну систему моніторингу, звітності та верифікації з метою забезпечення довіри у всіх стейкхолдерів. Окрім цього, як переконує зарубіжний досвід, до інструментів державного регулювання КРСГ доцільно включити обов'язкові стандарти, добровільні стимули, а також важелі ринкового механізму – вплив на стимулювання попиту та формування товарної пропозиції.

Залучення фермерів та їхніх асоціацій на етапі дизайну політики є критичним для її соціальної прийнятності та довгострокової стійкості. З метою активізації розвитку моделі КРСГ у нашій країні доцільно її включити до національних стратегічних програм соціо-еколого-економічного розвитку сільського господарства, аграрного сектору економіки, сільських територій, євроінтеграції, продовольчої безпеки для досягнення синергії. Вважаємо, що першочергово у вітчизняних

умовах доцільно активізувати вкладення інвестицій сільськогосподарськими товаровиробниками в дистанційне зондування землі, точне землеробство та цифрові технології, що може прискорити перехід до моделі КРСГ. Позитивного впливу на поширення технології КРСГ також можна досягти за рахунок створення ефективної системи передачі знань та технічної підтримки шляхом залучення науковців закладів вищої освіти та наукових установ.

Наша країна, попри виклики повномасштабної війни, демонструє прихильність до кліматичних цілей, що відображено в Оновленому національно визначеному внеску (НВВ2) та Стратегії адаптації до зміни клімату. Однак трансформація аграрного сектору в напрямі КРСГ відбувається повільно та несистемно, що можна пояснити обмеженістю бюджетних ресурсів. Доказом цього є те, що діюча державна програма підтримки сільськогосподарських підприємств «Доступні кредити 5-7-9 %» зорієнтована на забезпечення ліквідності товаровиробників та продовольчої безпеки країни, а не стимулювання кліматичних практик.

Водночас міжнародні донори стали основним джерелом фінансування для підтримки стійкості та відновлення аграрного сектору України. Серед міжнародних фінансових інституцій слід виділити Світовий банк, який реалізовує «Екстрений проєкт надання інклюзивної підтримки для відновлення сільськогосподарства України (ARISE)» [30] загальним обсягом фінансування 550 млн дол. США. Проєкт спрямований на надання доступу до пільгового фінансування (кредитів) та грантів для понад 90 тис. малих фермерів, який позитивно впливає на їх продуктивність та адаптацію до умов зовнішнього середовища.

Щодо програми з аграрного і сільського розвитку (АГРО) USAID, то нею надається підтримка сільськогосподарським підприємствам в аспекті забезпечення насінням та добривами, покращення доступу до кредитування та співфінансування інвестицій в розподільчу інфраструктуру, зокрема потужності для зберігання та сушіння зерна [31]. Без перебільшення, зазначена вище програма має також позитивний вплив на забезпечення продуктивності сільгоспвиробництва та його адаптацію до кліматичних змін, що сприяє досягненню стійкості агросектору.

Відомо, що Європейський Союз, Європейський банк реконструкції та розвитку, Німецьке товариство міжнародного співро-

бітництва (GIZ) та інші партнери також реалізують проєкти, спрямовані на підтримку агросектору, які пов'язані з елементами, що належать до сталості, енергоефективності та розвитку ланцюгів доданої вартості.

Отже, державні програми надають переважно підтримку для виживання підприємств агробізнесу, а донорські проєкти зорієнтовані на створення умов до довгострокової трансформації та економічної стійкості. Це створює ризик, що доступ до «зелених інструментів» модернізації сільськогосподарського виробництва мають переважно господарства, залучені до міжнародних програм. Окрім цього, відсутність інтегрованої системи для відстеження викидів ПГ в агросекторі та оцінки кліматичного впливу державних політик і видатків також є стримувальним чинником поширення моделі КРСГ у вітчизняних умовах.

Підсумовуючи вищезазначене, можна зробити висновок про те, що з метою поширення моделі КРСГ у практиці ведення сільськогосподарського виробництва вітчизняними підприємствами необхідно розробити та впровадити проєкт цифрової платформи, який буде об'єднувати дані Державного аграрного реєстру (ДАР), супутникового моніторингу земель та бюджетної звітності для автоматизованої оцінки кліматичного впливу та ефективності програм державної підтримки. Окрім цього, необхідно передбачити включення до умов надання кредитів за держпрограмою «Доступні кредити 5-7-9 %» спеціальних «зелених» критеріїв та передбачити нижчу відсоткову ставку або вищий ліміт кредитування для підприємств, які інвестують у технології та практики КРСГ, зокрема, крапельне зрошення, No-till, біогазові установки.

Одним і драйверів розвитку КРСГ може стати розроблення національної програми добровільних екологічних зобов'язань для агровиробників, що фінансується з державного бюджету та за підтримки донорів на зразок САП ЄС, Програма повинна передбачити надання доступу фермерів до пільгового кредитування за впровадження практик, які виходять за межі базових вимог і генерують суспільні блага (збереження біорізноманіття, поглинання вуглецю в ґрунті, захист водних ресурсів).

Висновки. Встановлено, що модель КРСГ є підходом до трансформації та переорієнтації сільськогосподарських систем для одночасного вирішення взаємопов'язаних викликів продовольчої безпеки та зміни клімату, яке

передбачає стале підвищення продуктивності та доходів сільськогосподарських підприємств, адаптації та підвищення їх стійкості, скорочення та/або усунення викидів парникових газів. Вітчизняна академічна спільнота модель КРСГ дуже часто розглядає окремі технології, такі як точне землеробство або конкретні види техніки, що є обмеженим підходом. Водночас Міжнародні інституції, такі як ФАО та Світовий банк, визначають КРСГ як комплексний підхід, що вимагає створення сприятливої політичної рамки, зміцнення інституцій та розширення фінансових можливостей.

Доведено, що діючі в нашій країні програми підтримки часто зорієнтовані на компенсації вартості обладнання чи наданні грантів, є лише окремими елементами, які не можуть сформувати позитивного ефекту без єдиної стратегічної програми розвитку аграрного сектору економіки. Це призводить до фрагментації зусиль, ризиків дублювання функцій та неефективного розподілу обмежених ресурсів.

Очевидно, що вплив програм державної підтримки вітчизняних сільськогосподарських товаровиробників є позитивним на забезпечення продуктивності сільськогосподарського виробництва. Це підтверджується тим, що практично всі існуючі інструменти від субсидій на гектар до доступних кредитів та грантів прямо чи опосередковано спрямовані на підтримку та збільшення обсягів виробництва. Це є логічним та виправданим в умовах війни, коли першочерговим завданням є забезпечення продовольчої безпеки країни.

Зроблено висновок, що підтримка адаптаційних заходів у вітчизняних умовах є значно меншою і більш фрагментарною. Єдиним цільовим державним інструментом є програма підтримки меліорації з відносно невеликим бюджетом (200 млн грн у 2024 р.), однак внесок роблять донорські проекти, підвищуючи фінансову стійкість фермерів, що є формою економічної адаптації. Однак системної політики, спрямованої на підвищення стійкості агроecosистем через агролісомеліорацію, диверсифікацію культур, розвиток індексного страхування на сьогодні відсутні.

Зроблено висновок, що завдання щодо скорочення та/або усунення викидів парникових газів є найменш фінансово підтриманим в українських умовах. На державному рівні відсутні цільові програми, які б стимулювали скорочення викидів ПГ в агросекторі зокрема, підтримку No-till, точного внесення добрив, управління гноєм. Певний потенціал

має програма компенсації вартості техніки, якщо вона сприятиме закупівлі обладнання для ресурсозберігаючих технологій, але це не є вимогою.

Як переконує зарубіжний досвід, перехід до моделі КРСГ повинен відбуватися з дотриманням принципів справедливої трансформації, що вимагає врахування соціальних наслідків та забезпечення справедливого розподілу переваг від трансформації, а негативні наслідки для найбільш вразливих груп повинні бути мінімізовані. В контексті агросектору це стосується, в першу чергу, малих та середніх сільськогосподарських підприємств, які часто є найбільш вразливими до кліматичних змін, але водночас мають обмежений доступ до фінансів, технологій та знань, необхідних для адаптації. Отже, модель КРСГ повинна запобігати поглибленню нерівності, підтримувати диверсифікацію сільської економіки та створювати нові «зелені» робочі місця в сільській місцевості.

Безперечно, розвиток вітчизняного агробізнесу перебуває під негативним впливом російсько-української війни, яка спричинила масове руйнування сільськогосподарської інфраструктури, забруднення земель мінами та нерозірваними боєприпасами, порушення ланцюгів постачання та втрату доступу до ринків, що зумовлює високу невизначеність та ризиковість функціонування сільгоспідприємств. Окрім цього, наша країна має різноманітні агрокліматичні зони, кожна з яких потребує індивідуальних підходів КРСГ, зокрема, зміна клімату сьогодні спричиняє посилення посушливості на південних областях, що вимагає значних інвестицій у зрошення та управління водними ресурсами. Водночас необхідно врахувати, що вітчизняне сільгоспвиробництво характеризується незбалансованим землекористуванням із високою часткою орних земель та недостатньою кількістю природоохоронних територій, що призвело до деградації ґрунтів, ерозії та втрати біорізноманіття та створило слабку вихідну позицію для впровадження КРСГ.

Отже, для українських сільськогосподарських підприємств модель КРСГ слід розглядати як підхід до забезпечення не лише кліматичної стійкості, а й економічної, ринкової, ризикової. У зв'язку із цим повоєнне відновлення сільського господарства надає унікальну можливість перебудувати агропродовольчу систему на основі урахування розширених принципів стійкості, потенційно створюючи модель для інших країн, що постраждали від

воєнних конфліктів. Вважаємо, що позитивний вплив на впровадження КРСГ сільськогосподарськими товаровиробниками буде мати інтеграція нашої країни до Європейського Союзу, що передбачає поступову гармонізацію аграрної політики з принципами CAP ЄС, у якій змінено акцент з підтримки виробництва на підтримку доходів фермерів та винагороду за створення суспільних благ, зокрема, пов'язаних з екологією та кліматом.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Gardezi Maaz, Michael Semhar, Stock Ryan, Vij Sumit, Oguniyola Ayorinde, Ishtiaque Asif. Prioritizing climate-smart agriculture: An organizational and temporal review. *WIREs Climate*. 2022. Vol. 13, Issue 2. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.755>
2. Gemtou Marilena, Kakkavou Konstantina, Anastasiou Evangelos, Fountas Spyros, Pedersen Soren Marcus. Isakhanyan Gohar, Erekal Kassa Tarekegn. Pazos-Vidal Serafin. (2024-01). Farmers' Transition to Climate-Smart Agriculture: A Systematic Review of the Decision-Making Factors Affecting Adoption. *Sustainability*. 2024. Vol. 16(7). DOI: 10.3390/su16072828.
3. FAO. Climate-smart agriculture policy instruments. 2016. URL: <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/enabling-frameworks/module-c3-policy/chapter-c3-5/en/>
4. Climate-smart agriculture. Managing Ecosystems for Sustainable Livelihoods. URL: <https://www.fao.org/4/an177e/an177e00.pdf>
5. ASEAN Climate Resilience Network. What is CSA? Climate-Smart Agriculture. URL: <https://asean-crn.org/what-is-csa-climate-smart-agriculture/>
6. Розпорядження КМУ від 15 листопада 2024 р. N 1163-р. «Про схвалення Стратегії розвитку сільського господарства та сільських територій в Україні на період до 2030 року та затвердження операційного плану заходів з її реалізації у 2025-2027 роках». Із змінами і доповненнями, внесеними розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 серпня 2025 року N 880-р URL: <https://ips.ligazakon.net/document/KR241163>
7. FAO. Sourcebook-FAO Knowledge Repository. URL: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e9a8f414-b49e-4896-a0c1-1a45710322cc/content>
8. ASEAN-CRN. What is CSA? URL: <https://asean-crn.org/what-is-csa-climate-smart-agriculture/>
9. World Bank. Climate-Smart Agriculture. URL: <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>
10. Сучасні сільськогосподарські практики допомагають фермерам. URL: <https://agroexpert.ua/19766-2/>
11. Kakkavou K., Gemtou M., Fountas S. Drivers and barriers to the adoption of precision irrigation technologies in olive and cotton farming - Lessons from Messenia and Thessaly regions in Greece. *Smart Agricultural Technology*. 2024. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100401>
12. Adegbola T. Adesogan, Mulubrhan Balehegn Gebremikael, Padmakumar Varijakshapanicker and Diwakar Vyas. Climate-smart approaches for enhancing livestock productivity, human nutrition, and livelihoods in low- and middle-income countries. *Perspectives on animal biosciences. Animal Production Science*. 2025. Vol. 65 (2). DOI: <https://doi.org/10.1071/AN24215>
13. FAO. B2 - 3 Climate-smart livestock production systems in practice. URL: <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b2-livestock/chapter-b2-3/en/>
14. ООН. Цілі сталого розвитку. URL: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>
15. FAO. The 3 pillars of Climate-Smart Agriculture and the Sustainable. URL: <https://openknowledge.fao.org/items/d353b8f0-5c11-45db-8bce-17bb2d281113>
16. ISAAA. Sustainable Agriculture Contributes to Achieving Zero Hunger. URL: <https://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=21184>
17. Andualem Muche Hiywotu. Advancing sustainable agriculture for goal 2: zero hunger - a comprehensive overview of practices, policies, and technologies. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. 2025. Vol. 49. Issue 7. DOI: <https://doi.org/10.1080/21683565.2025.2451344>
18. Газуда М. В. Ключові аспекти цифровізації сільського господарства. *Науковий вісник Ужгородського університету. Серія «Економіка»*. 2024. №1 (63). DOI: [https://doi.org/10.24144/2409-6857.2024.1\(63\).79-86](https://doi.org/10.24144/2409-6857.2024.1(63).79-86)
19. Інтернет речей (IoT) в сільському господарстві: 9 прикладів. URL: <https://www.agrilab.ua/internet-rechej-iot-v-silskomu-gospodarstvi-9-prikladiv-vykorystannya-tehnologij-dlya-tochnogo-zemlerobstva-i-vyklyky-yaki-slid-vrahuvaty/>
20. Використання аналітики даних та штучного інтелекту в управлінні сучасним аграрним бізнесом. URL: <https://agrostartup.pp.ua/blog/vykorystannya-analytyky-danykh-ta-shtuchnoho-intelektu-v-upravlinni-suchasnym-ahrarynm>
21. Стоянова А. Інноваційні трансформації агросектору в умовах глобальних викликів. URL: <https://agroperemoga.com.ua/innovatsiyni-transformatsiyyi-ahrosektoru-v-umovakh-hlobalnykh-vyklykiv/>
22. Agtecher. Блокчейн у сільському господарстві. URL: <https://agtecher.com/uk/blockchain-agriculture/>
23. Jingjuan Zhao, Yanping Yang, Huaiguo Zheng, Yu Dong. Global Agricultural Robotics Research and Development: Trend Forecasts. *Journal of Physics Conference Series*. 2020. Vol.1693(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1693/1/012227>
24. Popova O. Conditionality of farmer support under the EU CAP: changes and lessons for Ukraine. *Economy of Ukraine*. 2025. Vol. 68(7 (764)). DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.07.067>
25. European Commission. Agriculture and rural development. An environmentally sustainable CAP. URL: <https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my>

country/sustainability/environmental-sustainability/cap-and-environment_en

26. USDA NRCS. Inflation Reduction Act (IRA) - Improved GHG Measurement, Monitoring, Reporting and Verification. *United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service*. URL: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2023-07/nrcs-ira-mmrv-factsheet-23.pdf>

27. USDA. Partnerships for Climate-Smart Commodities Project Summaries. *United States Department of Agriculture*. URL: <https://www.usda.gov/partnerships-climate-smart-commodities-project-summaries>

28. Australian Government. The Australian Carbon Credit Unit (ACCU) Scheme – DAFF. URL: <https://www.agriculture.gov.au/agriculture-land/farm-food-drought/climatechange/cfi>

29. International Carbon Action Partnership. New Zealand Emissions Trading Scheme - International Carbon Action Partnership (ICAP). URL: https://icapcarbonaction.com/system/files/ets_pdfs/icap-ets-map-factsheet-48.pdf

30. Українські фермери отримують підтримку Світового банку. URL: <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2023/10/30/farmers-in-ukraine-to-benefit-from-world-bank-support>

31. Agreview. Програма USAID АГРО розширить доступ українських агровиробників до кредитів. URL: <https://agreview.com/content/programa-usaid-agro-rozshyryt-dostup-ukrayinskyh-agrovirobnykiv-do-kredytiv-cherez-partnerstvo-z-pryvatnym-sektorom/>

REFERENCES

1. Gardezi Maaz, Michael Semhar, Stock Ryan, Vij Sumit, Oguniyola Ayorinde, Ishtiaque Asif. (2022). Prioritizing climate-smart agriculture: An organizational and temporal review. *WIREs Climate*. Vol. 13, Issue 2. DOI: <https://doi.org/10.1002/wcc.755>
2. Gemtou Marilena, Kakkavou Konstantina, Anastasiou Evangelos, Fountas Spyros, Pedersen Soren Marcus. Isakhanyan Gohar, Erekalov Kassa Tarekgn. Pazos-Vidal Serafin. (2024). Farmers' Transition to Climate-Smart Agriculture: A Systematic Review of the Decision-Making Factors Affecting Adoption. *Sustainability*. Vol. 16(7). DOI: [10.3390/su16072828](https://doi.org/10.3390/su16072828).
3. FAO (2016). Climate-smart agriculture policy instruments. Available at: <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/enabling-frameworks/module-c3-policy/chapter-c3-5/en/>
4. Climate-smart agriculture. Managing Ecosystems for Sustainable Livelihoods. Available at: <https://www.fao.org/4/an177e/an177e00.pdf>
5. ASEAN Climate Resilience Network. What is CSA? Climate-Smart Agriculture. Available at: <https://asean-crn.org/what-is-csa-climate-smart-agriculture/>
6. Rozporiadzhennia KMU vid 15 lystopada 2024 r. N 1163-r. Pro skhvalennia Stratehii rozvytku silskoho hospodarstva ta silskykh terytorii v Ukraini na period do 2030 roku ta zatverdzhennia operatsiynoho planu zakhodiv z yii realizatsii u 2025-2027

rokakh. Iz zminamy i dopovnenniamy, vnesenymy rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 20 serpnia 2025 roku N 880-r [Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated November 15, 2024 No. 1163-r. On approval of the Strategy for the Development of Agriculture and Rural Areas in Ukraine for the period until 2030 and approval of the operational plan of measures for its implementation in 2025-2027. As amended and supplemented by Order of the Cabinet of Ministers of Ukraine dated August 20, 2025 No. 880-r]. Available at: <https://ips.ligazakon.net/document/KR241163>

7. FAO. Sourcebook-FAO Knowledge Repository. Available at: <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/e9a8f414-b49e-4896-a0c1-1a45710322cc/content>

8. ASEAN-CRN. What is CSA? Available at: <https://asean-crn.org/what-is-csa-climate-smart-agriculture/>

9. World Bank. Climate-Smart Agriculture. Available at: <https://www.worldbank.org/en/topic/climate-smart-agriculture>

10. Suchasni silskohospodarski praktyky dopomahaiut fermeram [Modern agricultural practices help farmers]. Available at: <https://agroexpert.ua/19766-2/>

11. Kakkavou, K., Gemtou, M., Fountas, S. (2024). Drivers and barriers to the adoption of precision irrigation technologies in olive and cotton farming - Lessons from Messenia and Thessaly regions in Greece. *Smart Agricultural Technology*. Vol. 7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jatech.2024.100401>

12. Adegbola, T. Adesogan, Mulubrhan Balehgn Gebremikael, Padmakumar Varijakshapanicker and Diwakar Vyas. (2025). Climate-smart approaches for enhancing livestock productivity, human nutrition, and livelihoods in low- and middle-income countries. Perspectives on animal biosciences. *Animal Production Science*. Vol. 65 (2). DOI: <https://doi.org/10.1071/AN24215>

13. FAO. B2 – 3 Climate-smart livestock production systems in practice. Available at: <https://www.fao.org/climate-smart-agriculture-sourcebook/production-resources/module-b2-livestock/chapter-b2-3/en/>

14. OON. Tsili staloho rozvytku [UN Sustainable Development Goals]. Available at: <https://www.undp.org/uk/ukraine/tsili-staloho-rozvytku>

15. FAO. The 3 pillars of Climate-Smart Agriculture and the Sustainable. Available at: <https://openknowledge.fao.org/items/d353b8f0-5c11-45db-8bce-17bb2d281113>

16. ISAAA. Sustainable Agriculture Contributions to Achieving Zero Hunger. Available at: <https://www.isaaa.org/kc/cropbiotechupdate/article/default.asp?ID=21184>

17. Andualem Muche Hiywotu. (2025). Advancing sustainable agriculture for goal 2: zero hunger – a comprehensive overview of practices, policies, and technologies. *Agroecology and Sustainable Food Systems*. Vol. 49. Issue 7. DOI: <https://doi.org/10.1080/021683565.2025.2451344>

18. Hazuda, M. V. (2024). Kliuchovi aspekty tsyfrovizatsii silskoho hospodarstva [Key aspects of digitalization of agriculture]. *Naukovyi visnyk Uzhhorodskoho universytetu. Seriya «Ekonomika»* [Scientific Bulletin of Uzhgorod University. Series «Economy». No. 1 (63). Available at: [https://doi.org/10.24144/2409-6857.2024.1\(63\).79-86](https://doi.org/10.24144/2409-6857.2024.1(63).79-86)

19. Internet rechei (IoT) v silskomu hospodarstvi: 9 prykladiv [Internet of Things (IoT) in agriculture: 9 examples]. Available at: <https://www.agrilab.ua/internet-rechej-iot-v-silskomu-gospodarstvi-9-prykladiv-vykorystannya-tehnologij-dlya-tochnogo-zemlerobstva-i-vyklyky-yaki-slid-vrahuvaty/>

20. Vykorystannya analityky danykh ta shtuchnoho intelektu v upravlinni suchasnym ahrarynym biznesom [Use of data analytics and artificial intelligence in the management of modern agricultural business]. Available at: <https://agrostartup.pp.ua/blog/vykorystannya-analitiky-danykh-ta-shtuchnoho-intelektu-v-upravlinni-suchasnym-ahrarynym>

21. Stoianova, A. Innovatsiini transformatsii ahrosektoru v umovakh hlobalnykh vyklykiv [Innovative transformations of the agricultural sector in the context of global challenges]. Available at: <https://agroperemoga.com.ua/innovatsiyni-transformatsi-yi-ahrosektoru-v-umovakh-hlobalnykh-vyklykiv/>

22. Agtecher. Blokchein u silskomu hospodarstvi [Agtecher. Blockchain in agriculture]. Available at: <https://agtecher.com/uk/blockchain-agriculture/>

23. Jingjuan Zhao, Yanping Yang, Huaiguo Zheng, Yu Dong. (2020). Global Agricultural Robotics Research and Development: Trend Forecasts. *Journal of Physics Conference Series*. Vol.1693(1). DOI: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1693/1/012227>

24. Popova, O. (2025). Conditionality of farmer support under the EU CAP: changes and lessons for Ukraine. *Economy of Ukraine*. Vol. 68 (764). DOI: <https://doi.org/10.15407/economyukr.2025.07.067>

25. European Commission. Agriculture and rural development. An environmentally sustainable CAP. Available at: https://agriculture.ec.europa.eu/cap-my-country/sustainability/environmental-sustainability/cap-and-environment_en

26. USDA NRCS. Inflation Reduction Act (IRA) - Improved GHG Measurement, Monitoring, Reporting and Verification. United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. Available at: <https://www.nrcs.usda.gov/sites/default/files/2023-07/nrcs-ira-mmrv-factsheet-23.pdf>

27. USDA. Partnerships for Climate-Smart Commodities Project Summaries. United States Department of Agriculture. Available at: <https://www.usda.gov/partnerships-climate-smart-commodities-project-summaries>

28. Australian Government. The Australian Carbon Credit Unit (ACCU) Scheme – DAFF. Available at: <https://www.agriculture.gov.au/agriculture-land/farm-food-drought/climatechange/cfi>

29. International Carbon Action Partnership. New Zealand Emissions Trading Scheme - International Carbon Action Partnership (ICAP). Available

30. Ukrainski fermery otrymaiut pidtryмку Svitovoho banku [Ukrainian farmers to benefit from World Bank support]. Available at: <https://www.worldbank.org/uk/news/press-release/2023/10/30/farmers-in-ukraine-to-benefit-from-world-bank-support>

31. Agreview. Prohrama USAID AHRO rozshyryt dostup ukrainskykh ahrovyrobnykiv do kredytiv [Agreview. USAID AGRO program to expand access to credit for Ukrainian agricultural producers]. Available at: <https://agreview.com/content/programa-usaid-agro-rozshyryt-dostup-ukrayinskykh-agrovyrobnykiv-do-kredytiv-cherez-partnerstvo-z-pryvatnym-sektorem/>

The concept of climate-smart agriculture as a model of combining digital technologies and sustainable practices

Adamenko I.

The article considers the concept of climate-smart agriculture as a model of combining digital technologies and sustainable practices and justifies the directions of its dissemination in domestic practice. The main tasks of the CSA are revealed, related to the sustainable increase in productivity and income of agricultural producers, their adaptation and increase in sustainability, reduction and/or elimination of greenhouse gas emissions, which should become a priority for the development of the agricultural sector of the economy during the post-war recovery period. It is emphasized that the CSA model is a flexible approach and should be adapted to local agro-ecological, socio-economic, natural-climatic and other conditions.

A comparative analysis of the differences between the CSA model and similar, often interrelated concepts of regenerative agriculture, conservation agriculture, and climate-neutral agriculture is made. The elements of the CSA model that are currently used in the practice of agricultural production in the following areas are characterized: agronomy and soil management - soil conservation agriculture, agroforestry, precision irrigation, rainwater harvesting technology; livestock systems management - feed and feeding, manure management, grazing management. It is summarized that the CSA concept is a comprehensive risk management system for agriculture, a proactive strategy for building resilience at the level of agricultural production.

The integrated nature of the CSA model, which allows balancing economic, social and environmental goals through its own key objectives, is proven, which allows the agricultural sector to develop practical actions to contribute to the achievement of national sustainable development goals. It is argued that investments in CSA will not be able to ensure the achievement of the SDGs if they are not combined with investments in strengthening local and national institutions, improving policy coherence and ensuring fair participation of all stakeholders.

The components of digital technologies used in the CSA model are highlighted, which provide tools for monitoring complex technological processes of

production, managing trade-offs, and applying resources with high accuracy, which ensures increased efficiency of agricultural enterprises. It is substantiated that in the future the trend towards automation of technological processes from sowing and weeding to harvesting will accelerate based on the use of robotic systems, AI, digital twins, biotechnology, and circular bioeconomy technologies.

It is concluded that the state policy for the development of the agricultural sector should take into account national agro-climatic, economic and social conditions and have a reliable system of monitoring, reporting and verification based on the provision of mandatory standards, voluntary incentives. It is substantiated that in domestic conditions it is advisable to intensify investments by agricultural producers in remote sensing of the land, precision agriculture and digital technologies, as well as the creation of an

effective system of knowledge transfer and technical support, which can accelerate the implementation of the CSA model in the practical activities of agricultural enterprises. In order to spread the CSA model in the practice of agricultural production by domestic enterprises, it has been proposed to develop and implement the following measures: create a digital platform for automated assessment of climate impact and the effectiveness of state support programs; provide for the inclusion of special «green» criteria in the conditions for providing loans under the state program «Affordable loans 5-7-9%» and provide for preferential lending; a national program of voluntary environmental commitments for agricultural producers, financed from the state budget.

Keywords: climate-smart agriculture, digitalization, agricultural enterprises, climate change, sustainability, state support.



Copyright: Адаменко І. В. © This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original author and source are credited.



ORCID iD:

Адаменко І. В.

<https://orcid.org/0009-0001-9425-3492>