

УДК 636:631.862:551

О. С. Павленко,
к. е. н., доцент, доцент кафедри економіки,
Дніпровський державний аграрно-економічний університет
ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0003-3557-3338>

DOI: 10.32702/2306-6792.2024.8.64

РУШІЙНІ МЕХАНІЗМИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ В ГАЛУЗІ ТВАРИННИЦТВА

O. Pavlenko,
PhD in Economics, Associate Professor of the Department of Economics,
Dnipro State Agrarian and Economic University

DECARBONIZATION MECHANISMS IN LIVESTOCK

У статті визначено, що глобальне потепління є однією з найбільших загроз сучасності, і його вплив на сільське господарство стає все більш очевидним. А система годівлі при вирощуванні сільськогосподарських тварин та використання азотних добрив в аграрному виробництві, є основними джерелами цих газів. За результатами дослідження прогнозовано майбутній стан сільського господарства з урахуванням глобального зростання чисельності населення та збільшення попиту на продукти харчування. Ідентифіковано проблеми галузі сільського господарства, які зумовлені викидами метан та оксиду азоту у тваринництві. Акцентовано на необхідності упровадження інтегрованих підходів та різноманітних стратегій досягнення декарбонізації сільського господарства та забезпечення його сталого розвитку. Обґрунтовано науково-практичні підходи до декарбонізації сільського господарства, які передбачають виробництво біогазу з метану, додавання водоростей та пробіотиків до раціону тварин, генетичне редагування та вирощування м'яса в лабораторних умовах.

The annotation focuses on exploring various mechanisms aimed at decarbonizing livestock production systems. Livestock farming contributes significantly to greenhouse gas emissions, particularly methane and nitrous oxide, posing environmental challenges. The annotation delves into innovative approaches and strategies to mitigate these emissions and promote sustainability in livestock agriculture.

It discusses the pressing need for decarbonization due to the escalating global demand for livestock products and the associated environmental impacts. The annotation highlights the urgency of addressing methane emissions, primarily from enteric fermentation and manure management, which are major contributors to livestock-related greenhouse gas emissions.

Various decarbonization options are explored, including methane capture/utilization and feed modification, which can significantly reduce emissions from livestock farming. Methane capture technologies, such as anaerobic digesters, are discussed as effective means of converting biogas emissions into renewable energy sources, thereby mitigating methane emissions from manure.

Additionally, the annotation delves into the potential of feed additives and probiotics to reduce methane production in livestock digestion. It examines ongoing research efforts, such as the use of seaweed in cattle feed, and the development of probiotics aimed at decreasing methane emissions while enhancing productivity and animal health.

Genetic breeding approaches are also discussed, focusing on selecting livestock breeds with lower methane production traits. Emerging technologies, such as genome sequencing, offer opportunities to identify and breed animals with reduced methane emissions, contributing to long-term decarbonization efforts in livestock agriculture.

Furthermore, the annotation addresses the concept of clean meat production as an alternative to conventional livestock farming. It explores the potential of lab-grown meat to eliminate methane emissions associated with traditional meat production while addressing concerns related to animal welfare and antibiotic use.

Overall, the annotation underscores the importance of implementing diverse decarbonization mechanisms in livestock agriculture to mitigate greenhouse gas emissions effectively. By exploring innovative solutions ranging from methane capture technologies to genetic breeding and clean meat production, the annotation aims to provide insights into sustainable practices for reducing the environmental footprint of livestock farming.

Ключові слова: зелена економіка, сталість, екологічний слід, декарбонізація, тваринництво, викиди парникових газів, захоплення метану, модифікація кормів, генетичне виведення, культивоване м'ясо.

Key words: green economy, sustainability, environmental footprint, decarbonization, livestock production, greenhouse gas emissions, methane capture, feed modification, genetic breeding, clean meat.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Досліджувана проблема полягає у нагальній необхідності декарбонізації сільського господарства з метою зменшення негативних на-

слідків зміни клімату. Науковцями прогнозується, що глобальне потепління повинно бути обмежене до двох градусів Цельсія до 2050 року. Сільське господарство має значний вплив на

викиди парникових газів, особливо метану та оксиду азоту від галузі тваринництва. Дотримання вуглецевого бюджету є викликом, оскільки зменшення викидів CH_4 та N_2O від галузі тваринництва є критичним. Необхідно знайти інноваційні рішення для декарбонізації сільського господарства та зменшення його впливу на зміну клімату.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ

Мета дослідження полягає в обґрунтуванні рушійних механізмів декарбонізації галузі тваринництва та його впливу на зміну клімату.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Проблемами декарбонізації галузі тваринництва, через призму зеленої економіки, займалися багато вітчизняних та зарубіжних вчених. Науковій спільноті представлено безліч звітів міжнародних організацій, які досліджували питання імплементації зеленої угоди та цілей сталого розвитку в різних країнах світу. Серед них: звіти Саміту інновацій у галузі сільського господарства; Світової агропродовольчої програми ООН, Міністерства сільського господарства США, Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України, Асоціації аграрних виробників та інших.

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ

Глобальне потепління є однією з найбільших загроз сучасності, і його вплив на сільське господарство стає все більш очевидним. За даними Міжнародної панелі зі змін клімату (ІРСС), на сільське господарство припадає близько 24% глобальних викидів парникових газів, зокрема метану та оксиду азоту [3]. Система харчування, включаючи вирощування сільськогосподарських тварин та використання азотних добрив в аграрному виробництві, є основними джерелами цих газів. За даними ІРСС, до 2050 року глобальне виробництво продуктів харчування має зрости на 49% щоб задовольнити потреби прогнозованого зростання населення світу. Проте цей ріст супроводжуватиметься збільшенням викидів метану та оксиду азоту, які можуть зрости на 60% до 2030 року.

Одним із найважливіших завдань є зменшення викидів метану, який виробляється різними джерелами, зокрема ферментацією гною сільськогосподарських тварин. Тваринництво, зокрема м'ясне та молочне скотарство, є найбільшим джерелом викидів у сільському господарстві. Для зменшення викидів газів, широко

розглядаються різноманітні підходи до декарбонізації сільського господарства. Вони включають в себе виробництво біогазу з метану, додавання водоростей та пробіотиків до раціону тварин, а також виведення порід худоби з низьким викидом метану.

У Паризькому кліматичному договорі 2015 року 175 країн світу зобов'язалися скоригувати викиди парникових газів для обмеження глобального потепління до двох градусів Цельсія від промисловості [4]. За розрахунками вчених, для досягнення цієї мети необхідно обмежити загальні кумулятивні викиди парникових газів на рівні 2 900 гігатон CO_2 . З часів Промислової революції глобальні викиди CO_2 досягли 2100 гігатон, які формують обсяг вуглецю у розмірі 800 гігатон [10]. З урахуванням викидів парникових газів в найближчому майбутньому, дотримання цього вуглецевого бюджету вимагатиме майже повної декарбонізації глобальної економічної діяльності до 2050 року (рис. 1).

Сектор сільського господарства, лісового господарства та інших форм землекористування (AFOLU) [4], як визначено Міжнародною панеллю зі змін клімату (ІРСС) ООН [17], відповідає за 24% глобальних викидів парникових газів, при цьому на сільське господарство припадає більшість з них. Декарбонізація має охоплювати зменшення викидів метану (CH_4) та оксиду азоту (N_2O), які становлять 22% глобальних викидів парникових газів і 82% загальних викидів парникових газів сільського господарства (переважно галузь тваринництва). Метан та азот — це потужні викиди. Потенціал глобального потепління (GWP), який визначає енергію, яку газ поглине протягом 100-річного періоду у порівнянні з 1 тонною CO_2 , становить 28 для CH_4 і 265 для N_2O [16]. Це означає, що CH_4 та N_2O є більш потужними, ніж CO_2 , навіть якщо вони становлять лише четверту частину викидів газів по всьому світу (CO_2 складає залишок — 75%). Хоча громадська увага в основному зосереджена на зменшенні викидів CO_2 , розв'язання проблем, пов'язаних з викидами CH_4 та N_2O у сільському господарстві є критичним для зменшення впливу кліматичних змін. Але у галузі є можливості для значного зменшення викидів CH_4 та N_2O у галузі тваринництва.

У 2017 році населення світу перевищило майже 7,6 мільярда осіб. ООН прогнозує, що до 2030 року це число зросте до 8,6 мільярда, а до 2050 року досягне 9,8 мільярда [9]. З цим зростанням населення збільшується попит на продовольство. Організація ООН з питань про-

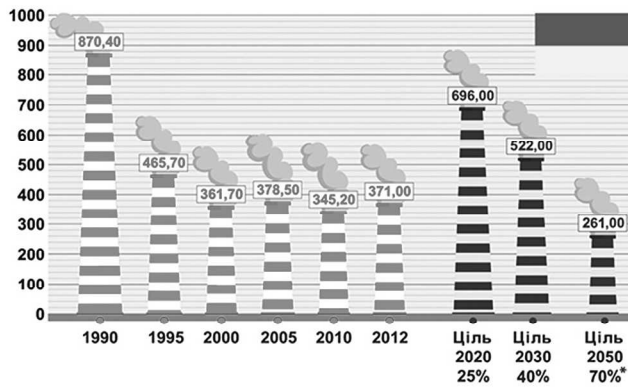


Рис. 1. Місце України в рамках Паризької кліматичної угоди, 2015 р.

Джерело: [2].

довольства та сільського господарства (FAO) оцінює, що до 2050 року потрібно буде виробляти на 49% більше продуктів харчування порівняно з глобальним виробництвом 2012 року [14]. Ускладнює ситуацію той факт, що по мірі суспільно-економічного розвитку світу, країни, що розвиваються тенденційно переходять до більш білково-насичених дієт. Згідно з Прогнозом сільського господарства Організації економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) на 2018—2027 роки, зростання доходів на душу населення в країнах, що розвивається стимулюватиме попит на яловичину та молочну продукцію [18].

Глобальне розширення тваринництва, зокрема виробництва молочної та м'ясної продукції, а також вирощування кормів для їх забезпечення, призводить до збільшення викидів CH_4 та N_2O , які за даними Міжурядової панелі зі зміни клімату (ІРСС) зросли на 17% з 1990 по 2005 роки [17]. ІРСС попереджає, що викиди N_2O від сільського господарства можуть зрости на 35—60% до 2030 року через збільшене використання добрив та виробництво гною. Метан від тваринництва може збільшитися на 60% до 2030 року, якщо викиди CH_4 зростатимуть пропорційно збільшенню кількості тварин.

Зміни температури, погодних умов, доступності води та популяції шкідників становлять суттєву загрозу виробництву сільськогосподарської продукції. За оцінками Міністерства сільського господарства США (USDA) кожне збільшення глобальної середньої температури на 1°C , зменшуватиме урожайність пшениці, кукурудзи, рису та сої в середньому на 6,0%, 3,2%, 7,4% та 3,1% відповідно [13]. Деякі регіони можуть постраждати сильніше за інші. Наприклад, в Сполучених Штатах виробництво кукурудзи може зменшитися більш ніж на 10% за умови

збільшення температури на 1°C , що в свою чергу, впливатиме на зниження виробництва продукції тваринництва.

Світове землекористання у тваринництві становить 80% з урахуванням випасання худоби на пасовищах та виробництва кормів. Проте, після досягнення піку в 1970-х роках, споживання яловичини на душу населення в світі знизилося на третину, тоді як споживання курячого м'яса продовжує зростати. Щодо українських тенденцій, то за результатами дослідженнями вони наступні. Перша — кількість споживання м'яса на рік одним українцем за два роки майже не змінилась: 2017 р. — 48,98 кг (4,08 кг на місяць), 2018 р. — 48,45 кг (відповідно — 4,04 кг), 2019 р. — на місяць в середньому 3,8 кг м'яса. Друга — загальна структура річного споживання теж стабільна, у ній домінує частка м'яса птиці. Саме вона становить половину раціону пересічних українців і її частка зростає: 2017 р. — 24,34 кг на одну особу (49,7% всього спожитого за рік), 2018 р. — 25,15 кг (51,9%), 2019 р. — 8,24 кг щомісяця (54,3%). Третя — трійка видів м'яса зі щорічного раціону українців залишається останні роки практично незмінною. Окрім м'яса птиці до неї входять: 2-ге місце — свинина: 2017 р. — 13,8 кг (6,76%), 2018 р. — 12,6 кг (6,1%) і 2019 р. — 13 кг (1,97%) 3-тє місце — яловичина: 2017 р. — 3,09 кг (6,3%), 2018 р. — 5,4 кг (2,62%) і 2019 р. — 4,8 кг (0,73%) [5].

Незважаючи на довготривалий процес виробництва, яловичина залишається одним з основних продуктів харчування у розвинених країнах і набирає популярності в країнах, що розвиваються, за рахунок підвищення купівельної спроможності середнього класу. Зростання попиту на курятину також супроводжується екологічними проблемами, але з точки зору впливу на агросферу та викиди вуглецю, яловичина залишається найгіршим фактором впливу. За даними Інституту світових ресурсів (WRI), виробництво яловичини потребує в 7 разів більше землі та викидає в 7 разів більше парникових газів, ніж курятину та в 20 разів більше, ніж при вирощуванні рослинних білків [21] (рис. 2).

Потрібно розмежувати джерела викидів парникових газів, серед яких основними є: метан, азот та вуглекислий газ. Метан (CH_4) є найбільшим джерелом викидів парникових газів у тваринництві: згідно з оцінками FAO, це становить 50%, і решта 50% ділять між собою азот (N_2O) та вуглекислий газ (CO_2) [14]. Гноєтворення та ентеральна ферментація продукують більше половини цих викидів. Виробництво

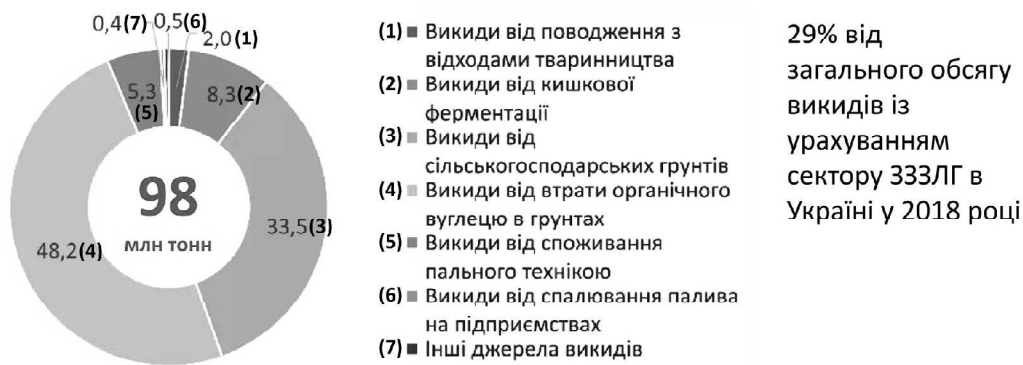


Рис. 2. Вплив викидів від сільського господарства на клімат, 2021 р.

Джерело: [1].

кормів для годування худоби становить 41% від решти викидів, тоді як споживання енергії відіграє невелику частину (5%). Багато видів сільськогосподарських тварин сприяють викидам метану, але ВРХ (м'ясна і молочна) становлять найбільшу частку — 60%, за ними свині (9%), кури (8%), малі рогаті тварини (6%) та інша птиця. Яловичина має друге місце за інтенсивністю викидів вуглецю на одиницю білка. Молочне скотарство на 70% менше відносно м'ясного напрямку щодо вуглецевих викидів [8].

При зберіганні гною худоби виділяється метан (з анаеробних бактерій шляхом розкладання органічних речовин) і азот (шляхом нітрифікації або денітрифікації). Азот також виділяється під час компостування гною. Підхід до організації управління гноєм залежить в основному від розміру ферми. Невеликі ферми, як правило, збирають і розповсюджують твердий гній щоденно, тоді як на великих фермах його складають у великі бурти для тривалого зберігання та подальшим використанням зрідженого гною на полях або його транспортування за межі майданчика. Метан, який виділяється під час його зберігання, становить до 70% від викидів ферми.

Наступним джерелом парникових викидів є кишкове бродіння, що відбувається в шлунковому тракті жуйних тварин. Рівень метану тісно пов'язаний з якістю та складом корму. Корови зазвичай їдять суміш трав'яного сіна, сіно люцерни, зерно, а також кукурудзяний і трав'яний силос (ферментована трава). Співвідношення цих джерел їжі, як і будь-які вітаміни та мінерали, додані до суміші, впливають на травлення та виробництво метану.

За даними FAO, в країнах, що розвиваються зросло споживання м'яса та молока на

5,1% та 3,6% відповідно між 1970 і 2021 роками [14]. Проте в розвинених країнах ріст сповільнився, однак США продовжують залишатися найбільшим виробником та споживачем продукції скотарства, відповідно 18% та 20%. За даними Міністерства сільського господарства США, 60% світового виробництва і споживання продукції скотарства в 2018 році займають Сполучені Штати, Бразилія, Європейський союз та Китай [13].

На перспективу до 2050 року, експерти FAO передбачають, що зростання глобального споживання м'яса сповільниться. Це пояснюється кількома факторами: більш помірне прогнозоване збільшення населення, незначне зростання споживання м'яса на душу населення, а також бідність та культурні уподобання проти м'яса в деяких країнах. Проте, молочні продукти мають потенціал значного зростання споживання в країнах, де наразі споживання молока на душу населення відносно низьке. Індія сьогодні є значним виробником молочних продуктів, виробляючи 15% світового обсягу. Однак, до 2050 року ця частка може збільшитися до більше ніж 20%, що свідчить про потенційну роль Індії у стимулюванні зростання споживання молочних продуктів на світовому рівні.

Африка перебуває в унікальному положенні, де очікується значне зростання як виробництва, так і споживання сільськогосподарської продукції. Зростання населення, яке в деяких країнах може подвоїтися до 2050 року, урбанізація, збільшення доходів та зміни у харчових уподобаннях призведуть до збільшення попиту, а, відповідно, і виробництва. FAO передбачає, що африканський попит на м'ясо та молоко зросте на 261% та 399% відповідно до 2050 року. Щоб задовольнити цей зростаючий попит, необхідне значне інвестування в ресур-

си та інфраструктуру сільського господарства регіону.

Згідно з аналізом компанії McKinsey, для підтримки зростання в сільському господарстві буде потрібно восьмикратне більше добрив, а також мільярди доларів на системи поливу, зберігання та іншу інфраструктуру, а також впровадження державних політик, які поліпшують розподіл та торгівлю сільськогосподарською продукцією [20]. М'ясна та молочна продукція та темпи зростання споживання, значно варіюватимуть залежно від регіону, але загалом до 2050 року буде спостерігатися абсолютне глобальне зростання. Виходячи з цього, вуглецеві викиди без упровадження інноваційних заходів, продовжуватимуть зростати.

Основними напрямками інноваційного розвитку галузі тваринництва ми вбачаємо наступні:

Збирання метану та біоенергія. Протягом століть фермери зберігають гній у формі добрив для використання на полях. Цей процес супроводжується вивільненням значної кількості метану, особливо у рідкій формі. За даними ЕРА, більшість викидів метану з навозу походить з молочних та свинарських ферм [19]. Анаеробні бурти представляють собою закриті системи, які можуть використовуватися для збирання біогазу, отриманого з навозу, та використання метану як джерела енергії для опалення або виробництва електроенергії. Додавання інших органічних відходів, таких як відходи продовольства та рештки культур, можуть значно збільшити виробництво біогазу. Хоча використання біогазу веде до вивільнення CO₂ при його згорянні, це сприяє зменшенню викидів метану під час довгострокового зберігання навозу. Використання біогазових установок може зменшити до 85% викидів метану. У США, на сьогодні, лише 248 ферм використовують біогазові установки, переважно — молочні ферми [19]. Більшість цих ферм використовують біогаз для виробництва електроенергії або спільного теплогенератора, де надлишкове тепло від виробництва електроенергії використовується для нагрівання прилеглих будівель. Однією з перешкод для більш широкого впровадження технологій біогазових установок є вартість.

Кормові добавки та пробіотики. Вони відіграють важливу роль у зменшенні викидів метану від худоби. Кормові добавки можуть допомогти зменшити кількість мікроорганізмів, які виробляють метан. Пробіотики та добавки

водоростей в корм худоби можуть знизити виділення метану на 60%. Наприклад, компанія Bezoar Laboratories працює над пробіотиком, який в поєднанні з нітратом може зменшити виробництво метану на 50%. Крім того, пробіотик *Raenibacillus fortis*, розроблений цією компанією, не лише зменшує виробництво метану, але й покращує продуктивність та здоров'я корів. Основна перевага добавок полягає у тому, що вони не лише зменшують викиди метану, але й позитивно впливають на продуктивність та загальне здоров'я худоби. Наукові дослідження показують, що покращення продуктивності може впливати на зменшення виділення метану на 30%. Отже, здорові та продуктивні корови не лише споживають менше ресурсів, але й виробляють менше метану, що створює більш стійке та ефективне сільськогосподарське середовище.

Культивоване м'ясо. Культивоване м'ясо, вирощене в лабораторії, є перспективною альтернативою традиційним м'ясним продуктам. Процес виробництва цього виду м'яса відрізняється від традиційного методу розведення та забою тварин. Він полягає у вирощуванні м'ясних клітин у спеціальних лабораторних умовах, де клітини ростуть поза тілом тварини. Цей процес дозволяє уникнути викидів метану, які виникають під час ентеричної ферментації та утворення гною, а також відкриває нові можливості для створення стійкого та ефективного сільськогосподарського середовища, наприклад, заміни пасовищ і відновлення лісів. Що стосується технології виробництва культивованого м'яса, вона базується на знаннях, набутих у медичній галузі, але адаптація цих технологій до виробництва м'ясних продуктів має значний виклик. Одним із основних викликів у виробництві культивованого м'яса є його вартість. Перші зразки культивованого м'яса, що були представлені у 2013 році, мали високу ціну, яка становила значну перепону для його широкого поширення. Однак останні дослідження вказують на те, що ціни на культивоване м'ясо можуть зменшитися, і вже зараз існують продукти альтернативного м'яса на ринку. Наприклад, у січні 2018 року компанія Tyson Foods оголосила про свої інвестиції в один з провідних стартапів у цій галузі — Memphis Meats [11]. Однак на шляху до широкого прийняття культивованого м'яса стоять ще деякі виклики. Багато споживачів сумніваються у природності цього продукту, що може вплинути на його прийняття. Результати досліджень показують, що

фокусування на позитивних аспектах, таких як смак, добробут тварин та екологічні переваги, може більше переконати споживачів у перевагах культивованого м'яса. У цілому, цей напрямок в м'ясній промисловості має потенціал стати важливим альтернативним джерелом білка, здатним вирішувати проблеми сталого розвитку та задовольняти потреби суспільства.

ВИСНОВКИ І ПЕРСПЕКТИВИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Виходячи з викладеного матеріалу, можемо виділити наступні головні загрози та шляхи декарбонізації галузі тваринництва та її впливу на зелену економіку:

— необхідність збільшення виробництва харчових продуктів. Прогнозоване зростання світового населення до 2050 року створює потребу збільшення виробництва харчових продуктів на 49%. Це вимагатиме ефективних стратегій для забезпечення продовольчої безпеки;

— зростання викидів газів у сільському господарстві. Прогнозується, що викиди метану та оксиду азоту від сільського господарства можуть зрости на 60% до 2030 року. Це створює серйозні кліматичні виклики, які потребують невідкладних заходів;

— декарбонізація галузі тваринництва. Різноманітні підходи до декарбонізації тваринництва включають виробництво біогазу з метану, додавання водоростей та пробіотиків до раціону тварин, а також генетичне виведення порід з низьким викидом CH_4 . Ці заходи можуть сприяти зменшенню викидів газів від тваринництва;

— перспективи рослинних альтернатив та культивованого м'яса. Рослинні альтернативи та м'ясо, вирощене в лабораторних умовах, можуть значно змінити м'ясну промисловість, проте необхідно подолати бар'єри вартості та смаку, щоб їх успішно впроваджувати;

— спрямованість на створення русійних механізмів управління. Зусилля для прискорення декарбонізації сільського господарства включають збільшення попиту на сталі альтернативи, інвестування в дослідження та розвиток, вплив брендів на ланцюги постачання та створення ринку вуглецевих квот;

— спільні зусилля на міжнародному рівні. Декарбонізація сільського господарства до 2050 року вимагатиме спільних зусиль на міжнародному рівні для зміни способу вирощування, розподілу, обміну та споживання продуктів.

Зазначене зумовлює необхідність інтегрованих підходів та різноманітних стратегій досягнення декарбонізації сільського господарства та забезпечення його сталого розвитку.

Література:

1. Відкриті дані. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. 2021. URL: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/vidkrytidani/>

2. Домбровський О., Гелетуха Г. Паризька кліматична угода: Україні треба скоротити викиди на 70%. Економічна правда. 2016. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2016/03/18/585855/>

3. IPCC на 30: чи Спеціальний звіт про 1.5°C є поворотним моментом? 2018. URL: <https://council.science/uk/current/blog/the-ipcc-at-30-is-the-1-5c-special-report-a-turning-point/>

4. Паризька угода від 12.12.15 URL: <https://ips.ligazakon.net/document/MU15131>

5. Ринок м'яса та м'ясопродуктів в Україні за 2017-2019 роки. Звіт Української аграрної асоціації. 2019. URL: <https://agropolit.com/infographics/view/94>

6. Шлапак М. Технології скорочення викидів парникових газів у секторі сільського господарства. Матеріали з проекту "Оцінка технологічних потреб в Україні". 2021. URL: <https://www.slideshare.net/MykolaShlapak/ss-245114402>

7. Agriculture, Forestry, and Other Land Uses (AFOLU). 2021. URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/agriculture-forestry-and-other-land-use-afolu/>

8. By the numbers: GHG emissions by livestock. FAO. 2021. URL: <http://www.fao.org/news/story/en/item/197623/icode/>

9. Day of Eight Billion. United Nations. 2020. URL: <https://www.un.org/en/dayof8billion>

10. Duff, Rebecca & Lenox, Michael. Path to 2060: Decarbonizing the Agriculture Industry. BATTEN REPORT. 2019. p. 24.

11. Investing in the Future of Food. Tyson Foods. 2024. URL: <https://www.tysonfoods.com/innovation/food-innovation/tyson-ventures>

12. FAOSTAT: Emissions (CO₂). 2021. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT/visualize>

13. Feed the Future — A Government-Wide Effort to Combat Global Hunger. USDA. 2024. URL: <https://www.usda.gov/topics/food-and-nutrition>

14. Food and Agricultural Organization of the United Nations. 2023. URL: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT/visualize>

15. Forest, Land and Agriculture. Science based targets. 2023. URL:<https://sciencebased-targets.org/sectors/forest-land-and-agriculture>

16. Global Warming Potential (UNCC). 2021. URL: <http://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials>

17. The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) is the URL: United Nations. 2022. <https://www.ipcc.ch/>

18. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2020. URL: <https://data.oecd.org/>

19. United States Environmental Protection Agency. 2024. URL:<https://www.epa.gov/>

20. What is food insecurity? McKinsey&Co. 2022. URL: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-food-insecurity>

21. World Resources Institute. 2024. URL: <https://www.wri.org/>

References:

1. Ministry of Environment and Natural Resources of Ukraine (2021), "Open data", available at: <https://mepr.gov.ua/diyalnist/vidkrytiani/> (Accessed 25 March 2024).

2. Dombrovskiy, O. and Heletukha, H. (2016), "Paris Climate Agreement: Ukraine must reduce emissions by 70%", available at: <https://www.epravda.com.ua/publications/2016/03/18/585855/> (Accessed 25 March 2024).

3. International Science Council (2018), "The IPCC at 30: Is the 1.5°C Special Report a turning point?", available at: <https://council.science/uk/current/blog/the-ipcc-at-30-is-the-1-5c-special-report-a-turning-point/> (Accessed 25 March 2024).

4. UN (2015), "The Paris Agreement", available at: <https://ips.ligazakon.net/document/MU15131> (Accessed 25 March 2024).

5. agropolit (2019), "Market of meat and meat products in Ukraine for 2017-2019", available at: <https://agropolit.com/infographics/view/94> (Accessed 25 March 2024).

6. Shlapak, M. (2021), "Technologies for reducing greenhouse gas emissions in the agricultural sector. Materials from the project "Assessment of technological needs in Ukraine", available at: <https://www.slideshare.net/Mykola-Shlapak/ss-245114402> (Accessed 25 March 2024).

7. IPCC (2021), "Agriculture, Forestry, and Other Land Uses (AFOLU)", available at: <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg3/agriculture-forestry-and-other-land-use-afolu/> (Accessed 25 March 2024).

8. FAO. (2021), "By the numbers: GHG emissions by livestock", available at: <http://www.fao.org/news/story/en/item/197623/icode/> (Accessed 25 March 2024).

9. United Nations. (2020), "Day of Eight Billion", available at: <https://www.un.org/en/dayof8billion> (Accessed 25 March 2024).

10. Duff, R. & Lenox, M. (2019), "Path to 2060: Decarbonizing the Agriculture Industry", BATTEN REPORT.

11. Tyson Foods. (2024), "Investing in the Future of Food", available at: <https://www.tysonfoods.com/innovation/food-innovation/tyson-ventures> (Accessed 25 March 2024).

12. FAOSTAT (2021), "Emissions (CO₂)", available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT/visualize> (Accessed 25 March 2024).

13. USDA. (2024), "Feed the Future — A Government-Wide Effort to Combat Global Hunger", available at: <https://www.usda.gov/topics/food-and-nutrition> (Accessed 25 March 2024).

14. Food and Agricultural Organization of the United Nations. (2023), available at: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/GT/visualize> (Accessed 25 March 2024).

15. Science based targets. (2023), "Forest, Land and Agriculture", available at: <https://sciencebasedtargets.org/sectors/forest-land-and-agriculture> (Accessed 25 March 2024).

16. UNCC (2021), "Global Warming Potential", available at: <http://unfccc.int/process/transparency-and-reporting/greenhouse-gas-data/greenhouse-gas-data-unfccc/global-warming-potentials> (Accessed 25 March 2024).

17. United Nations (2022), "The Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)", available at: <https://www.ipcc.ch/> (Accessed 25 March 2024).

18. The Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). (2020), available at: <https://data.oecd.org/> (Accessed 25 March 2024).

19. United States Environmental Protection Agency. (2024), available at: <https://www.epa.gov/> (Accessed 25 March 2024).

20. McKinsey&Co. (2022), "What is food insecurity?", available at: <https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-food-insecurity> (Accessed 25 March 2024).

21. World Resources Institute (2024), available at: <https://www.wri.org/> (Accessed 25 March 2024).

Стаття надійшла до редакції 11.04.2024 р.