

УДК 620.925:338.432

І. В. Гончарук,

к. е. н., доцент, доцент кафедри економіки, проректор з наукової та інноваційної діяльності, Вінницький національний аграрний університет
ORCID ID: 0000-0002-1599-5720

DOI: 10.32702/2306-6792.2020.15.18

ВИРОБНИЦТВО БІОГАЗУ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ — ШЛЯХ ДО ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ НЕЗАЛЕЖНОСТІ ТА РОДЮЧОСТІ ҐРУНТІВ*

I. Honcharuk,

PhD in Economics, Associate Professor, Department of Economics, Vice-Rector for Scientific and Innovative Activities, Vinnytsia National Agrarian University

BIOGAS PRODUCTION IN THE AGRICULTURAL SECTOR — THE WAY TO INCREASE ENERGY INDEPENDENCE AND SOIL FERTILITY

У статті звернено увагу на дослідження глобальних змін клімату і їх вплив на ведення сільського господарства. Проаналізовано основні показники розвитку агропромислового комплексу України та зарубіжних країн. Встановлено залежність зростання викидів парникових газів від зростання обсягів виробництва сільськогосподарської продукції. Виокремлено основні джерела викидів в АПК — використання викопних видів палива, спалювання рослинних решток на полях, недотримання норм утилізації відходів продукції рослинництва і тваринництва, харчових відходів, принципів землекористування тощо.

Розглянуто стан вмісту гумусу у ґрунтах України, фактичну ситуацію із деградацією земель, ступенем розораності сільськогосподарських угідь. Здійснено порівняльний аналіз співвідношення розораності сільськогосподарських угідь і частки АПК у ВВП країн світу. Досліджено вплив зменшення поголів'я тваринництва в Україні і значне скорочення обсягів внесення органічних добрив на зниження родючості ґрунту.

Запропоновано використовувати, як сировину для виробництва біогазу, гній тварин, рослинницькі рештки та харчові відходи. Розкрито теоретико-практичні аспекти розвитку безвідходного сільськогосподарського виробництва. Автором обґрунтовано актуальність та потенціал запровадження технології безвідходного виробництва в АПК, що зробить важливий внесок у боротьбу зі зміною клімату шляхом сталого виробництва та захисту природних ресурсів.

На підставі проведених розрахунків виходу біогазу з різної сировини на вітчизняних агроформуваннях, доведено, що використання біогазових установок забезпечує енергетичну незалежність підприємств та галузі загалом, екологічну утилізацію сільськогосподарських відходів, зменшення викидів вуглекислого газу, збільшення врожайності сільськогосподарських культур, підвищення родючості ґрунту, зменшення кислотності ґрунту, зменшення затрат на внесення мінеральних добрив за рахунок внесення дигестату та підвищення дохідності сільськогосподарських підприємств. Досліджено агрохімічний аналіз дигестату як органічного добрива та запропоновано використовувати його для розвитку органічного сільськогосподарського виробництва.

The article focuses on the study of global climate change and its impact on agriculture. The main indicators of development of the agro-industrial complex of Ukraine and foreign countries are analyzed. The dependence of the growth of greenhouse gas emissions on the growth of agricultural production has been established. The main sources of emissions in the agro-industrial complex are identified — the use of fossil fuels, incineration of crop residues in the fields, non-compliance with the norms of disposal of crop and livestock waste, food waste, land use principles, etc.

The state of humus content in the soils of Ukraine, the actual situation with land degradation, the degree of plowing of agricultural lands are considered. It is committed the comparative analysis of the ratio of plowed agricultural land

* Стаття є частиною НДДКР "Розробка новітньої концепції використання відходів сільського господарства для забезпечення енергетичної автономії аграрних підприємств" номер державної реєстрації 0119U100786.

and the share of agro-industrial complex in the GDP (gross domestic product) of the world. The influence of livestock reduction in Ukraine and a significant reduction in the application of organic fertilizers to reduce soil fertility has been studied.

It is proposed to use as raw materials for biogas production, animal manure, crop residues and food waste. Theoretical and practical aspects of the waste-free agricultural production development are revealed. The author substantiates the relevance and potential of the introduction of waste-free production technology in agriculture, which will make an important contribution to combating climate change through sustainable production and protection of natural resources.

Based on the calculations of biogas output from various raw materials on domestic agricultural formations, it is proved that the use of biogas plants ensures energy independence of enterprises and the industry as a whole, ecological utilization of agricultural waste, reducing carbon emissions, increasing crop yields, increasing soil fertility, reducing soil acidity, reducing the cost of mineral fertilizers by applying digestate and increasing the profitability of agricultural enterprises. The agrochemical analysis of digestate as an organic fertilizer has been studied and it has been proposed to use it for the development of organic agricultural production.

Ключові слова: енергетична незалежність, агропромисловий комплекс, біогаз, дигестат, біопалива, гумус, екологічна безпека, відходи.

Key words: energy independence, agro-industrial complex, biogas, digestate, biofuels, humus, ecological safety, waste.

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Глобальна зміна клімату, обумовлена парниковим ефектом, стала найважливішою міжнародною та політичною проблемою. Вуглекислий газ визнано одним із головних винуватців посилення парникового ефекту. Інші відомі парникові гази у сумі спричиняють приблизно половину глобального потепління. Надлишок в атмосфері парникових газів та аерозолів, сонячна радіація та властивості земної поверхні змінюють енергетичний баланс кліматичної системи.

Зміну клімату за останні 30 років називають "антропогенною", тому що людство впродовж свого існування втручалось в природу і продовжує це робити: вирубує ліси та бездумно розорює землі, порушуючи режим вологості та вітровий режим планети, а також у великих обсягах спалює викопні палива, що є головним джерелом викидів парникових газів. Коли люди спричиняють будь-які зміни навколишнього середовища, змінюється і клімат. За песимістичними прогнозами, подальше бездумне руйнування навколишнього середовища людством може спричинити незворотну зміну клімату.

Наслідки змін клімату — посухи, дефіцит ґрунтової вологи — негативно впливають на ведення сільського господарства. Зменшення врожайності, а в окремих регіонах його втрата, загрожують забезпеченню продовольчої безпеки країни.

Аграрний сектор чи не найбільше з усіх галузей економіки країни потерпає від змін клімату, проте, він теж не є екологічним і впливає на зміну клімату. Агропромисловий комплекс є значним джерелом викидів парникових газів за рахунок використання викопних видів

палива, спалювання рослинних решток на полях, недотримання норм утилізації відходів продукції рослинництва і тваринництва, харчових відходів, принципів землекористування тощо.

Вирішити окреслені проблеми можна шляхом впровадження екологічно безпечних технологій виробництва і використання біопалив у агроформуваннях. Такі технології не лише сприяють зменшенню викидів вуглекислого газу, а й забезпечують енергетичну незалежність підприємства та галузі, підвищують родючість ґрунту і рентабельність виробництва сільськогосподарської продукції загалом.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

Дослідженням перспектив виробництва і використання біопалив у сільському господарстві для забезпечення енергетичної незалежності галузі та країни займалась ціла плеяда вітчизняних і зарубіжних вчених.

Калетнік Г.М. комплексно розглядав поняття енергетичної незалежності з позицій забезпечення продовольчої та екологічної безпеки країни. А також розкрив роль агропромислового комплексу України у вирішенні проблем енергетичної та екологічної безпеки держави. Ним було здійснено розрахунки потреб у земельних ресурсах для вирішення окреслених проблем. Науковою школою під керівництвом академіка Калетніка Г.М. розроблено наукові засади диверсифікації розвитку виробництва альтернативних джерел енергії у всіх сферах господарського життя України, науково-технічне забезпечення енергетичної автономізації агропромислового виробництва на основі

ефективного використання поновлюваних джерел енергії [6, 9].

Ємчик Т.В. у своїх працях досліджує стратегічні питання енергетичної політики й ролі біоенергетики в забезпеченні енергетичної незалежності України. Освоєння нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії розглядається як важливий фактор підвищення енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу на довкілля, який може забезпечити енергетичну незалежність не лише України, а й Європи [7].

Поліщук В.М. у своїх працях запропонував концепцію розвитку сільських територій із впровадженням комплексних екобезпечних технологій виробництва і використання біопалив [11]. Шкарівська А.І., Давидюк Г.В., Клименко І.І., Довбаш Н.І. провели комплексну оцінку перспектив застосування відходів біогазових установок для удобрення сільськогосподарських культур [10].

Проте недостатньо висвітленими залишаються питання прогнозів щодо перспектив розвитку виробництва біогазу в аграрному секторі як джерела (шляху) підвищення енергетичної незалежності та родючості ґрунтів.

МЕТА СТАТТІ

Метою статті є обґрунтування теоретичних засад формування енергетичної незалежності агропромислового комплексу за рахунок виробництва і використання біогазу. У ході дослідження використано емпіричний метод та порівняльний аналіз для розробки комплексної оцінки забезпечення енергетичної автономії агроформувань за рахунок використання відходів сільського господарства, вирішення ряду екологічних проблем та підвищення родючості ґрунтів.

ВИКЛАД ОСНОВНИХ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Зараз клімат України у тренді глобального потепління, воно охопило всю територію нашої країни, а швидкість підвищення температури повітря навіть дещо випереджає середньосвітову. Кліматичні зони зміщуються на північ та захід, спека і посухи стають все більш катастрофічними, багато екстремальних явищ погоди, які раніше були рідкісними, часто повторюються в невластиві сезони та на невластивих для них територіях. Ці наслідки змін клімату позначаються на виробництві сільськогосподарських культур, стані лісів та водних об'єктів, тваринництві та рибному господарстві тощо.

Найважливіший фактор для гарного врожаю будь-якої культури в Україні з її природ-

ною (за кліматом) досить обмеженою кількістю опадів — це достатнє зволоження ґрунту. Дефіцит ґрунтової вологи у вегетаційний період — головний фактор, який зменшує врожайність.

Всупереч попереднім оцінкам кліматологів, які прогнозували зменшення кількості опадів, за останні 20 років у середньому кількість річних опадів не зменшилася. Однак за 5 років (2015—2019 рр.) спостерігався їх вкрай нерівномірний розподіл у часі та по території — від 500 мм у 2015 р. до 659 мм у 2016 р., що відповідно склало 84% та 111% норми. При цьому спостерігалось деяке збільшення кількості опадів взимку та суттєве зменшення влітку [19, с. 18—19].

Практично всі посівні площі сільськогосподарських культур в Україні знаходяться в зоні ризикованого землеробства (території із природним дефіцитом опадів), де є постійний ризик втрати обсягів урожаю у надто посушливий рік або втрати якості урожаю у надмірно дощовий рік.

Вплив клімату на сільське господарство — очевидний. Однак сільське господарство, яке часто потерпає від зміни клімату, одночасно є джерелом викидів парникових газів, а отже і причиною цих змін.

З одного боку, сільське господарство є значним джерелом викидів парникових газів, адже тваринництво і рослинництво пов'язані з викидами вуглекислого газу, метану і оксиду азоту. Відповідно до звітів про викиди, які уряди країн регулярно подають у Секретаріат Рамкової конвенції ООН зі зміни клімату, на сільське господарство припадає приблизно 15% від світового обсягу викидів парникових газів [19, с. 10].

З іншого боку, парникові гази змінюють клімат і, таким чином, впливають на сільськогосподарське виробництво. Водночас частка сільського господарства в світовому ВВП становить близько 4%, а це свідчить, що вуглецева інтенсивність сільського господарства (обсяг викидів на одиницю виробленої продукції) досить велика. Агропромисловий комплекс України є однією із бюджетоутворюючих галузей економіки країни, і частка сільського господарства у ВВП становить понад 10% протягом останніх п'яти років. Сільське господарство є джерелом надходження валютної виручки в країну, адже агропродовольчий експорт у 2019 році склав 22,14 млрд дол. США, що становить 44,3% від загального експорту. Попри кризові явища в економіці країни, аграрний сектор економіки демонструє ста-

Таблиця 1. Основні показники сільського господарства України у 2015–2019 рр.

Показник	Роки					Відхилення, +/-
	2015	2016	2017	2018	2019	
Валовий внутрішній продукт у фактичних цінах, млн грн	1988544	2385367	2983882	3560596	3974564	1986020
Обсяг сільськогосподарської продукції, млн грн	544193,0	631105,0	690895,0	843295,0	840629,0	296436
Частка сільського господарства у ВВП, %	14,2	13,8	12,1	12,0	10,5	-3,7
Загальний експорт, млрд дол. США	38,1	36,4	43,3	47,3	50,0	11,9
Агропродовольчий експорт, млрд дол. США	14,6	15,3	17,8	18,6	22,14	7,54
Аграрна та харчова продукція в загальному експорті України, %	38,3	42,0	41,1	39,3	44,3	6,0
Викиди парникових газів всього, тис. т CO ₂ -екв.	316103	339113	315975	344076	-	-
Викиди парникових газів у сільському господарстві, тис. т CO ₂ -екв.	39461	42178	41091	44239	-	-
Частка викидів парникових газів від сільського господарства до загальних викидів, %	12,5	12,4	13,0	12,9	-	-

Джерело: розраховано автором за даними Державної служби статистики України [1], Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [16], United National Climate Change [2], United Nations Economic Commission for Europe [3].

більність і зростання обсягів виробництва продукції та надходжень до дохідної частини бюджету (табл. 1) [1–3; 16].

Попри те, що Україна має великий експортний потенціал сільськогосподарської продукції, аграрний сектор нашої країни все ще не можна назвати екологічним.

залежить від типу ґрунтів, вологості, температури і системи обробітку ґрунту. Метан утворюється в результаті переробки мікробами в анаеробних умовах органічної речовини в травному тракті жуйних та інших тварин (кишкова ферментація), під час зберігання органічних добрив, а також у всіх перетворювальних про-

Виробництво сільськогосподарської продукції призводить до викидів трьох парникових газів: вуглекислого газу, метану та оксиду азоту. На сільське господарство припадає майже половина світового обсягу викидів двох найбільш потужних парникових газів, після вуглекислого, — оксиду азоту і метану. Оксид азоту утворюється при мікробіологічних і хімічних перетвореннях органічної речовини, як в окислювальних (нітрифікації), так і відновлювальних реакціях (денітрифікації). Обсяг викидів

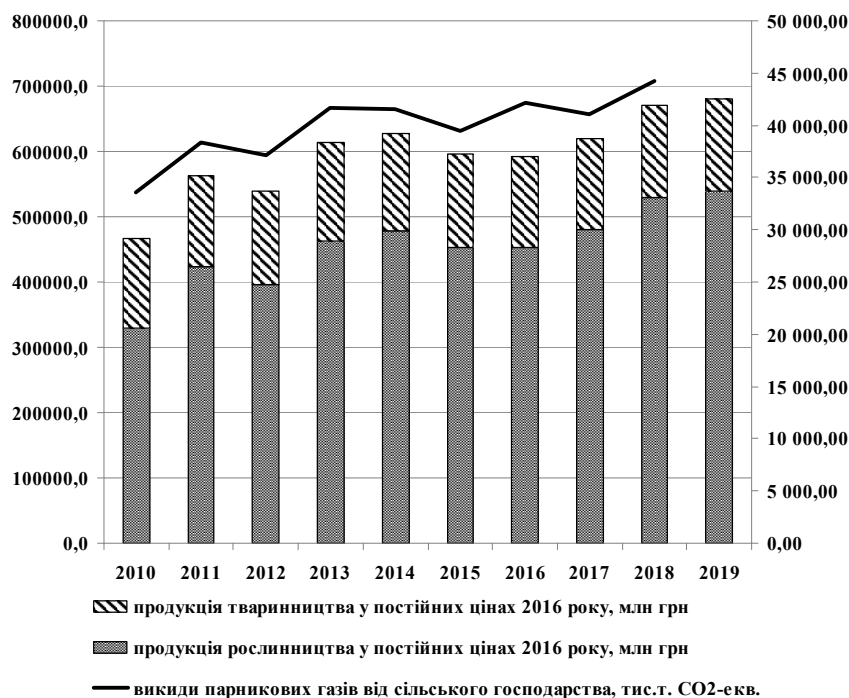


Рис. 1. Обсяг виробленої продукції АПК та викидах парникових газів від її виробництва в Україні у 2010–2019 рр.

Джерело: дані Державної служби статистики України [1], Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України [16], United National Climate Change [2].

цесах в умовах браку кисню у повітрі.

Сільське господарство також значно впливає на зв'язування (накопичення) вуглецю у ґрунті та викиди вуглекислого газу в результаті зміни землекористування. Наприклад, виснаження органічної складової ґрунту на орних землях і пасовищах, переведення лісових угідь у сільськогосподарське користування [19, с. 10—12].

В Україні, за даними Національного кадастру викидів парникових газів, частка сільськогосподарства у сукупних викидах у 2018 році складала 12,9%. Основними джерелами викидів у сільськогосподарському секторі є кишкова ферментація та сільськогосподарські ґрунти — відповідно 22,1% та 71,0% від сукупних викидів у 2018 році.

Відбулось скорочення викидів метану (-78,1% до 1990 р.) зі зміною чисельності поголів'я худоби, структури розподілу гною, зменшенням посівної площі рису. Зміна викидів оксиду азоту пов'язана зі змінами кількості внесених добрив, площ під певними культурами та їх продуктивністю.

Загалом викиди парникових газів в АПК знизилися на 53,3% в порівнянні з 1990 р., водночас потягом останніх п'яти років спостерігається тенденція до їх зростання в Україні майже синхронно зі зростанням обсягів продукції рослинництва і тваринництва (рис. 1) [1; 2; 13; 16].

У сільському господарстві зростання викидів парникових газів протягом останніх років зумовлені необґрунтовано високим рівнем сільськогосподарського освоєння території та незбалансованим співвідношенням між земельними угіддями і науково обґрунтованими принципами землекористування та основ землеробства, у тому числі недотриманням сівозмін, зменшенням обсягу внесення органічних добрив, використанням викопних видів палива тощо.

Розораність сільськогосподарських угідь в Україні є однією із найвищих у світі і досягає 78,1%. У 2018—2019 рр. розораність сільськогосподарських угідь в окремих областях України сягала 80—90 % (Вінницька — 85,7, Донецька — 81, Запорізька — 84,8, Кіровоградська — 86,8, Луганська — 66,4, Миколаївська — 84,5, Одеська — 79,7, Тернопільська — 81,4, Херсонська — 90,2, Черкаська — 87,6 %). У той час,

Таблиця 2. Розораність сільськогосподарських угідь і частка АПК у ВВП країн світу у 2018—2019 рр.

Країна	Розораність сільськогосподарських угідь, %	ВВП у 2018 р., млрдол.США	Частка АПК у ВВП у 2018 р., %	Частка АПК у ВВП у 2019 р., %
Україна	78,0	9238,1	12,0	10,5
Польща	75,1	32063,3	2,6	2,5
Німеччина	71,0	53673,4	0,8	0,9
Франція	63,1	45835,1	1,9	1,8
Нідерланди	55,0	56817,7	1,8	1,9
Австрія	47,5	56256,7	1,3	1,3
Великобританія	35,3	46857,4	0,7	0,7
Канада	68,6	48044,3	-	-
США	38,9	62981,3	-	-
Китай	21,5	-	-	-
Росія	56,4	-	-	-

Джерело: розраховано автором за даними United Nations Economic Commission for Europe [3] та Державної служби статистики України [1].

як обсяг розораності сільськогосподарських угідь США становить 38,9%, Китаю — 21,5%, Великобританії — 35,3%, Австрії — 47,5%, у Нідерландах відсоток розораності становить 55%. Водночас у цих країнах рівень ВВП значно вищий і частка АПК у ВВП становить від 1 до 3%, у той час як в Україні — понад 12%. Це свідчить про те, що Україна поступово перетворюється з промислово-аграрної країни у аграрну країну з чіткими ознаками сировинного типу (табл. 2) [1; 3; 12; 15].

Інтенсивне сільськогосподарське використання земель впливає на зменшення родючості ґрунтів у зв'язку з їхнім переущільненням, руйнуванням структури, водопроникністю та аераційною здатністю із усіма екологічними наслідками.

Деградація земель та опустелювання є одним із найбільш серйозних викликів для сталого розвитку країни, які спричиняють істотні проблеми екологічного і соціально-економічного характеру.

Наймасштабнішими деградаційними процесами є водна та вітрова ерозія ґрунтів (близько 57 відсотків території країни), підтоплення земель (приблизно 12 відсотків), підкислення (майже 18 відсотків), засолення та осолонцювання ґрунтів (більш як 6 відсотків). За різними критеріями забрудненими є близько 20 відсотків українських земель.

Проблеми деградації земель та опустелювання загострюються через порушення сівозмін, розбалансованість виробництва продукції тваринництва і рослинництва, значне зниження поголів'я великої рогатої худоби, концентрацію посівів експортно-орієнтованих сільськогосподарських культур у вертикально-інтегрованих агроструктурах, що призводить до мінералізації ґрунтів, а також через швидкі темпи зміни клімату; що супроводжуються

Таблиця 3. Стан підтримання вмісту органічної речовини (гумусу) у ґрунтах України у 1990–2019 рр.

Показник	Роки						Відхилення, +/-
	1990	2015	2016	2017	2018	2019	
Поголів'я великої рогатої худоби, млн голів	25,2	3,9	3,8	3,7	3,5	3,3	-21,9
Поголів'я свиней, млн голів	19,9	7,4	7,1	6,7	6,1	6,0	-13,9
Поголів'я овець та кіз, млн голів	9,0	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	-7,7
Поголів'я птиці, млн голів	255,1	213,3	204,0	201,7	204,8	211,7	-43,4
Обсяг внесених органічних добрив, млн т	260,7	9,7	9,2	9,3	11,6	11,4	-249,3
Внесення органічних добрив на одиницю площі сільськогосподарських угідь, кг/га	6207,8	232,8	220,8	223,5	280,7	274,3	-5933,5
Площі, оброблені органічними добривами, млн га	5,5	0,4	0,5	0,5	0,8	0,8	-4,7
Загальний обсяг внесених мінеральних добрив, млн т N, P ₂ O ₅ і K ₂ O	4,4	1,4	1,7	2,0	2,3	2,3	-2,1
Обсяг внесених мінеральних добрив на одиницю площі сільськогосподарських угідь, кг N, P ₂ O ₅ і K ₂ O / га	105,1	34,1	41,7	48,9	56,5	56,3	-48,8
Площі, оброблені мінеральними добривами, млн га	26,4	14,5	15,7	16,5	16,1	16,4	-10,0
Вміст гумусу у ґрунті, %	3,36	3,17	-	-	-	-	-

Джерело: розраховано автором за даними Державної служби статистики України [1] та Інституту ґрунтознавства та агрохімії [15].

підвищенням середньорічних температур, повторюваності та інтенсивності екстремальних погодних явищ, у тому числі посух, які охоплюють раз у 2—3 роки від 10 до 30 відсотків території країни, а раз у 10—12 років — від 50 до 70 відсотків її загальної площі.

Деградація земель та опустелювання також призводять до втрат біорізноманіття, погіршення стану або зникнення водних об'єктів, загострення проблем водозабезпечення населення і галузей економіки та, як наслідок, погіршення умов життя людей [14; 20].

За попередніми оцінками, визначеними Інститутом землеустрою НААН, в Україні близько 6,5 млн га земель — це орнонепридатні землі, які стали такими через втручання людини. У перспективі їх варто було б вивести із сільськогосподарського обігу, що тягне за собою наслідки для сільськогосподарського виробництва [15].

За даними Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (ФАО), українські родючі чорноземи зазнають серйозних ерозійних процесів після багатьох років інтенсивного користування. Кислотність, засоленість та лужність ґрунтів збільшилась через надмірне використання мінеральних добрив та застарілі технології. У 2019 році понад 13 млн га земель пошкоджено в результаті водної ерозії, а 6 млн га — у результаті вітрової. За оцінками

спеціалістів, площі земель, що пошкоджені ерозією, збільшилися від 70 тис. до 100 тис. га у рік протягом останнього десятиліття. Крім того, територія зрошуваних земель зменшилася приблизно на 15% протягом останніх 15 років, а втрати водних ресурсів зросли через неефективне управління.

Внаслідок виконання проєкту "Інтегроване управління природними ресурсами деградованих земель лісостепової та степової зон України", який проводився Продовольчою та сільськогосподарською організацією ООН (ФАО) та Глобальним екологічним фондом (ГЕФ) щодо відновлення деградованих ландшафтів у степовій та лісостеповій зонах України, у 2019 році створено базу даних, що містить інформацію про 500 практикуючих фермерів на території понад

1 млн га орної землі в степовій та лісостеповій зонах. Щоб зрозуміти фактичну ситуацію із деградацією земель, проєкт сприяв реалізації підходу з оцінки сільського господарства на основі опитування 305 практикуючих фермерів по всій Україні: у степовій зоні, лісостеповій зоні та зоні мішаних лісів. Згідно з проєктом, види деградації ґрунтів, виявлені респондентами на їхніх господарствах у відсотковому співвідношенні: водна ерозія — 28%, пилові бурі — 23%, переущільнення — 18%, втрата гумусу — 3%, засоленні — 13% та інші — 15% [4].

Залежно від ступеня вираженості деградаційних процесів, урожай сільськогосподарських культур знижується на 10—30%. Збитки тільки через недобір сільськогосподарської продукції становлять до 35 млрд грн на рік. Еколого-економічні збитки від деградації оцінюються у близько 40 млрд грн. Водночас погіршується і якість сільськогосподарської продукції, що впливає на продовольчу безпеку країни.

Внаслідок деградації земель протягом 1986—2015 років вміст гумусу зменшився на 0,19% і становить 3,17%. За цей період втрати гумусу в орному шарі становили 5500 кг/га. Щороку з урожаєм сільськогосподарських культур із кожного гектара безповоротно відчужуються 77—135 кг поживних речовин (азот, фосфор, калій) [12; 14; 15].

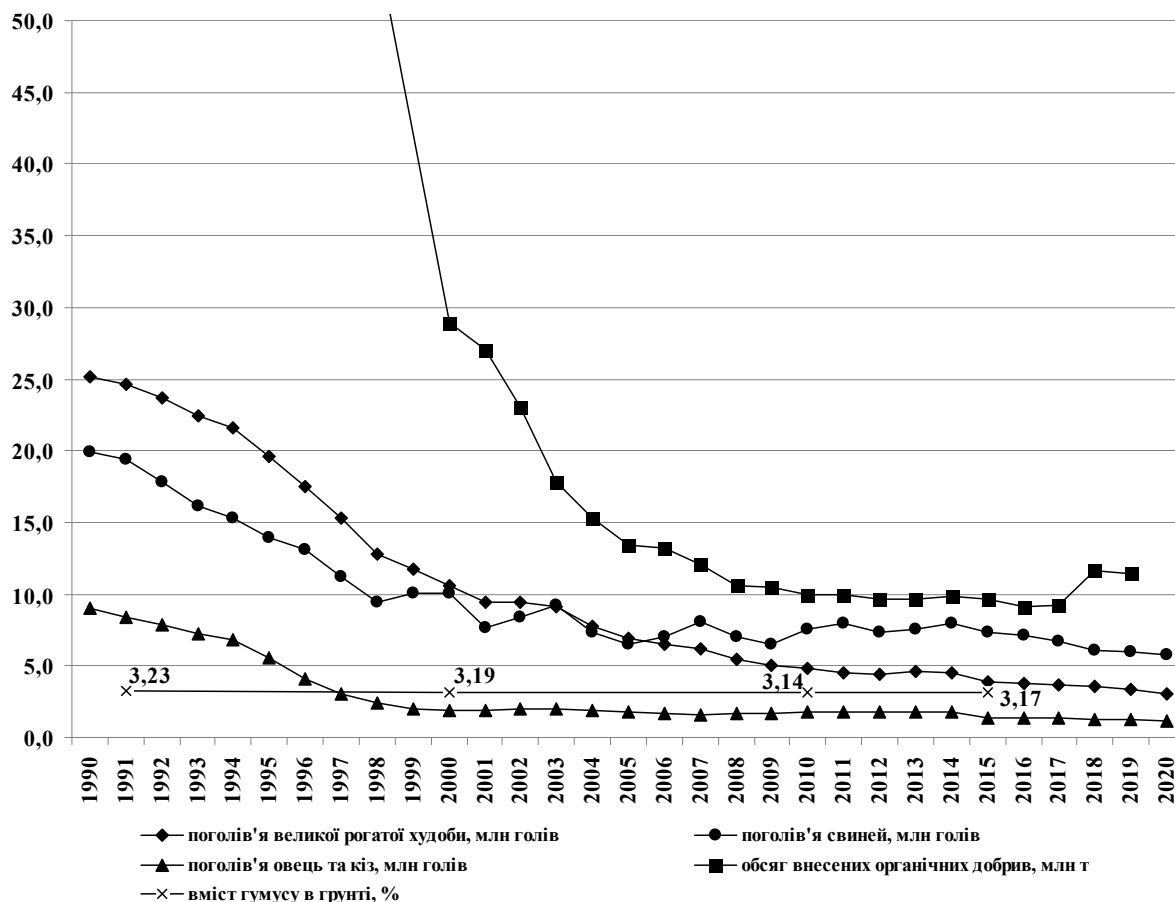


Рис. 2. Стан підтримання вмісту органічної речовини (гумусу) у ґрунтах України

Джерело: рисунок сформований автором за даними Державної служби статистики України [1] та Інституту ґрунтознавства та агрохімії [15].

Для забезпечення бездефіцитного балансу гумусу в ґрунтах та їх розкислення нагальним завданням є зміна системи внесення добрив із переорієнтацією на збільшення частки органічних добрив. Обсяги внесення органічних добрив на 1 га в 2019 році в порівнянні з 1990 зменшились у 22 рази. Зменшення поголів'я відносно рівня 1990 року: ВРХ — у 7,5 разів, свині — в 3,3 рази, кози та вівці — в 7 разів (табл. 3) [1].

Однією із найбільш істотних діагностичних ознак деградації ґрунту є зменшення в ньому органічної речовини та її основної складової — гумусу (основного показника родючості). Першочергова залежність продуктивного потенціалу від умісту гумусу в ґрунті визначає необхідність застосування таких агротехнічних заходів, спрямованих на відтворення його вмісту:

- збільшення надходження до ґрунту органічних речовин;
- поліпшення умов гуміфікації рослинних решток і гною;
- зменшення втрат гумусу внаслідок його мінералізації та ерозії ґрунтів.

Роль гною у землеробстві загальновідома, і його роль як основного елемента правильної системи удобрення не знижувалась і тоді, коли вносились порівняно великі дози мінеральних добрив. Завдяки їм, традиційно, задовольнялось від 30 до 50 % потреб рослин у живленні. Прикладом цього є розвинені країни Європи — Німеччина, Велика Британія, Нідерланди, які поряд із внесенням значної кількості мінеральних добрив (350—800 кг/га д.р.) вносять на гектар орної землі і високі норми органічних добрив 26—75 т.

До органічних добрив відносяться підстилковий гній, гноївка, торф, курячий послід, компости, зелене добриво (сидерати), післяжнивні рештки, фекалії, господарські відходи і т. д. Усі види органічних добрив мають у своєму складі: органічну речовину (вуглець), азот, фосфор, калій, кальцій, магній та ряд мікроелементів. До 90-х років минулого століття найпоширенішим видом органічних добрив був гній, адже в Україні швидкими темпами розвивалось тваринництво. Якщо під урожай 1990 р. в Україні було внесено 260726,8 тис. т органічних добрив, то

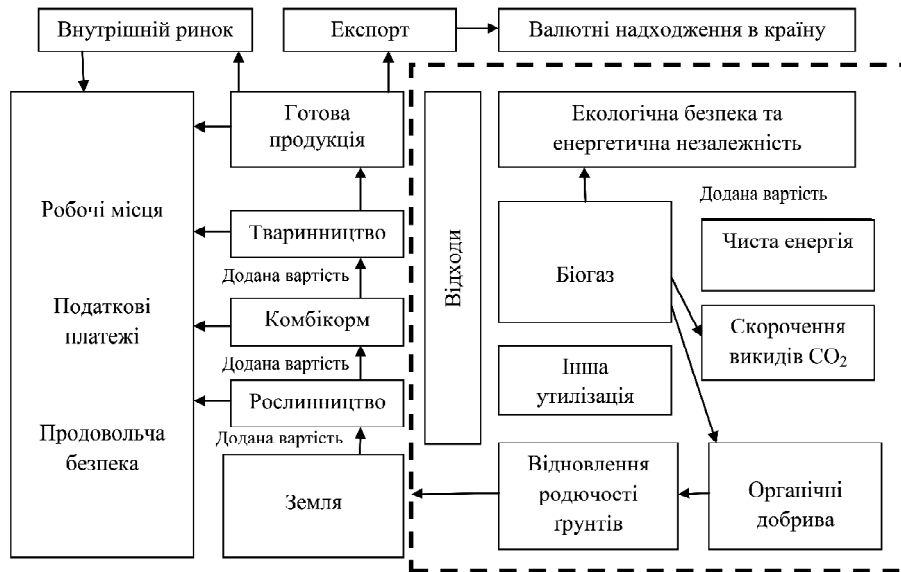


Рис. 3. Механізм виробництва біогазу в АПК задля підвищення енергетичної, екологічної незалежності та родючості ґрунтів

під урожай 2019 р. лише 11382,5 тис. т, або в 23 рази менше.

У таких областях, як Херсонська, Луганська, Кіровоградська, Запорізька та Одеська об'єми виробництва і внесення гною скоротились у 240—100 разів. Однак внесення органічних добрив на гектар ріллі внаслідок зменшення площ орних земель у сільськогосподарських підприємств, що звітується, скоротилось за цей період у 16 разів (рис. 2) [15].

Обсяги використання органічних добрив та площі, оброблені ними, потрібно збільшувати з метою покращення екологічної безпеки та впровадження безвідходного виробництва сільськогосподарських підприємств.

У світі розроблена концепція розвитку сільських територій із впровадженням комплексних екобезпечних технологій виробництва і використання біопалив, впровадження якої забезпечить відновлення родючості ґрунтів за рахунок встановлення балансу між галузями рослинництва і тваринництва, дозволить підвищити зайнятість сільського населення шляхом установки біогазових комплексів безпосередньо на підприємствах агропромислового комплексу та забезпечить енергетичну незалежність господарств і сільських громад шляхом впровадження комплексних екобезпечних технологій виробництва і використання біопалив у агроформуваннях із існуючих ресурсів і

Таблиця 4. Розрахунок виходу біогазу з різної сировини на ТОВ "Теофіпольська енергетична компанія" у 2020 р.

Показник	Кукурудза			Солома злакових		
	min	max	факт.	min	max	факт.
Урожайність, т/га	40	50	45	3,9	4	4
Вміст сухої речовини, %	28	35	32	82	86	85
Вихід сухої речовини, т/га	11,2	17,5	14,4	3,2	3,4	3,4
Вміст органічної сухої речовини, %	96			92		
Вихід біогазу, м ³ з 1 т органічної сухої речовини	670			650		
Вміст метану, %	52			52		
Прогнозований вихід біогазу, м ³ з 1 га	7204	11256	9262	1914	2033	2033
Прогнозований вихід електроенергії з 1 га, кВт	15734	24583	20228	4180	4441	4441
Розмір зеленого тарифу свро/кВт (з ПДВ)	0,14868			0,14868		
Поточний курс грн/євро	30			30		
Собівартість заготівлі, грн/га	26000	28000	28000	1550	1600	1600
Прогнозований валовий прибуток грн/га (з ПДВ)*	44180	81650	62225	17094	17958	17958

Примітка: * без врахування перевезення сировини з складів (сховищ), амортизації, ремонтів, зарплати, електроенергії власних потреб.
Джерело: розраховано автором.

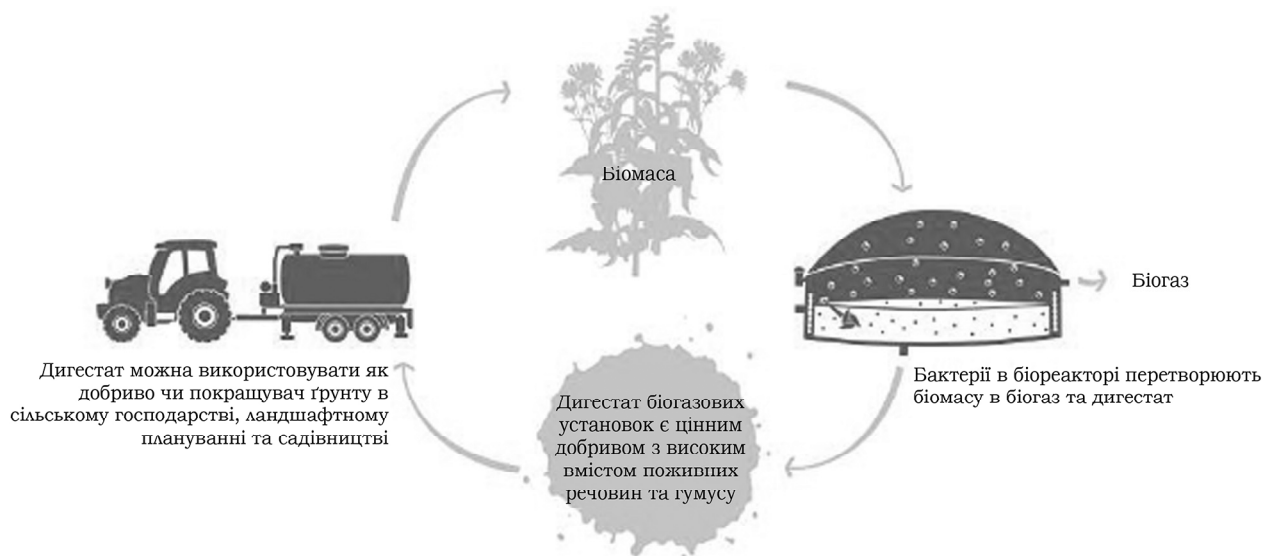


Рис. 4. Дигестат як основа сталого органічного виробництва

Джерело: [18, с. 6].

відходів, вирішивши ряд економічних, енергетичних та екологічних проблем [11, с. 44].

Сільське господарство може зробити важливий внесок у боротьбу зі зміною клімату шляхом сталого виробництва та захисту природних ресурсів, переробки харчових відходів, рослинницьких решток та гною тварин на біопалива.

Використання біогазових установок в Україні є перспективним для розв'язання проблем утилізації відходів, поліпшення екологічної ситуації, підвищення родючості ґрунтів, зменшення енергозалежності та розвитку сільських територій.

Для прикладу, на виробництво біогазу йдуть відходи сільськогосподарських підприємств, тваринницьких комплексів, птахоферм, підприємств харчової та переробної промисловості, загалом різні види відходів рослинного і тваринного походження. Насамперед, це стосується відходів, схильних до процесу біодеградації.

Сьогодні біогаз виробляють, в основному, з побічних продуктів рослинного і тваринного походження: силосної маси, бурякового жому, рідкого гною, курячого посліду з підстилкою тощо.

Біогаз, отриманий з біомаси, використовується як паливо, не шкідливе для оточуючого середовища, оскільки не спричиняє додаткову емісію парникового газу CO₂ і зменшує кількість органічних відходів. На відміну від енергії вітру і сонячного випромінювання, біогаз можна отримувати незалежно від кліматичних і погодних умов.

Біогаз як продукт біоперетравлення, що має високий вміст метану, може бути перетворений на: електроенергію, яка, в свою чергу, реалізується за "зеленим тарифом"; тепло (для власних потреб підприємства або на продаж); гарячу воду, а також використовувати органічні відходи біогазової установки (дигестат) як добриво (рис. 3) [5; 17].

Провівши розрахунок виходу біогазу з різної сировини на ТОВ "Теофіпольська енергетична компанія" у 2020 р., нами розраховано, що компанія може отримувати прогнозований

Таблиця 5. Склад дигестату з біогазових установок ТОВ "Теофіпольська енергетична компанія"

Показники	Рідка фракція, 1 м ³	Тверда фракція, 1 т
Масова частка сухих речовин %	4,2	20,1
Масова частка золи в перерахунку на абсолютно суху речовину %	-	9,9
Масова концентрація загального азоту, мг/дм ³	2570	9200
Вміст фосфору мг/кг	5,3*	1201,2
Обмінна кислотність од. рН	7,97	7,98
Активна кислотність од. рН	7,97	7,92
Масова концентрація кальцію мг/кг	655	2102,3
Масова концентрація натрію мг/кг	154	0,3
Масова концентрація магнію мг/кг	464	952
Масова концентрація цинку мг/кг	5,3	7,5
Масова концентрація нікелю мг/кг	<0,002	<0,002
Масова концентрація міді мг/кг	1,3	1,7
Масова концентрація заліза мг/кг	96,3	181
Масова концентрація калію мг/кг	1963	3163
Масова концентрація марганцю мг/кг	12,8	18,4
Масова концентрація кадмію мг/кг	0,02	<0,04
Масова концентрація свинцю мг/кг	0,05	0,06

Примітка: * можлива похибка аналізу.

Джерело: розраховано автором.

вихід біогазу 9262 м³ з 1 га кукурудзи та 2033 м³ з 1 га соломи злакових, який може витратитись для задоволення власних потреб на виробництві, що дозволяє забезпечити енергетичну незалежність та автономізацію виробництва. Також при реалізації підприємством виробленої електроенергії за зеленим тарифом (прогнозований вихід електроенергії 20228 кВт з 1 га кукурудзи та 4441 кВт з 1 га з соломи злакових) можна отримати прибуток у розмірі 62225 і 17958 грн (з ПДВ) відповідно з 1 га кукурудзи та соломи злакових (табл. 4).

Біогаз утворюється в результаті метанового бродіння органічних речовин. Але газ — це лише 10% від загальної біомаси, з якої він виробляється. А з решти 90% біомаси виходить той самий дигестат. Дигестат — залишок виробництва біогазу з органічної маси.

Ця субстанція близька за хімічним складом до компосту, отже, може застосовуватися як додаткове добриво для підвищення родючості ґрунтів. Дигестат буває рідким і твердим. Рідкий дигестат вносять у ґрунт, а тверда фракція дигестату може бути висушеною, гранульованою і її зручно поєднувати з іншими відходами. Також його зручно поєднувати з іншими відходами або органічними продуктами, як, наприклад, деревними стружками, тирсою. Дигестат покращує стан сільськогосподарських культур, надаючи додаткові поживні речовини й допомагаючи підтримувати необхідне зволоження ґрунту. Якщо мінеральні добрива засвоюються лише на 35—50%, то біодобрива — практично на 99% (рис. 4) [6; 10; 18].

У результаті проведеного агрохімічного аналізу дигестату з біогазових установок ТОВ "Геофіпольська енергетична компанія" встановлено, що він містить: азоту — 2570 мг/дм³ у рідкій фракції і 9200 мг/дм³ у твердій; фосфору — 5,3 і 1201,2 мг/кг відповідно та калій — 1963 і 3163 мг/кг (табл. 5).

У результаті досліджень при внесенні рідкої фракції дигестату з біогазових установок в якості основного добрива на ТОВ "Органік", ТОВ "Геофіпольська енергетична компанія", Відокремленого підрозділу "Біогаз Ладижин" ТОВ "Вінницька птахофабрика" та ПрАТ "Оріль-Лідер", встановлено, що за результатами збору урожаю силосу приріст зеленої маси в порівнянні з полями, де не застосовувалось таке добриво, склав 15—30%.

Окрім зростання урожайності кукурудзи та озимої пшениці, на полях при застосуванні дигестату, також значно зменшились витрати на придбання добрив. Наприклад, за підрахунками експерименту на ТОВ "Органік", на 3798,67 грн/га.

У результаті дослідження також було виявлено, що внесення органічного добрива, окрім збільшення урожайності, здатне позитивно впливати на відновлення структури ґрунту, адже за 1 рік його внесення кислотність ґрунту змінилась від рівня слабокислого (5,4 рН) до рівня близького до нейтрального (6 рН).

Отже, використання дигестату біогазової установки (тверда і рідка фракції) в якості органічних добрив на полях господарства дозволить майже повністю відмовитись від використання мінеральних добрив, а урожай сільськогосподарських культур буде належати до категорії "Есо" і продаватиметься за вищою ціною. Також рідкий дигестат можна продавати населенню для підживлення дерев і рослин, однак для цього повинен бути прийнятий стандарт на дигестат як органічне добриво.

ВИСНОВКИ

Агропромисловий комплекс має значний потенціал для виробництва біопалив, який досі залишається невикористаним у повній мірі. Виробництво біопалив із біомаси та відходів рослинницької і тваринницької продукції, харчових відходів дозволяє не лише зменшити емісію парникових газів за рахунок застосування безвідходних технологій виробництва енергії з біогазу, а й вирішити ряд інших питань щодо забезпечення енергетичної незалежності та автономізації виробництва, забезпечення продовольчої безпеки, екологічної безпеки і відновлення родючості ґрунтів України.

Наше дослідження підтверджує реальну користь та ефективність використання дигестату з біогазових установок у сільському господарстві, як високоефективного органічного добрива. Адже під час використання дигестату виявлено, що він є універсальним і підходить для всіх ґрунтів, а також для підживлення всіх видів рослин; підвищує вміст органічної речовини (гумусу); покращує водний і повітряний режим ґрунтів; його можна вносити у будь-який період часу; має нейтральну кислотність і розкислює ґрунт; відсутність патогенних організмів; дозволяє збільшити врожайність, оскільки містить повний комплекс необхідних макро- та мікроелементів, органічні сполуки, що покращують структуру ґрунту та гумінові кислоти; створює передумови для розвитку органічного сільськогосподарського виробництва та збільшення доходу від реалізації продукції.

Література:

1. Державна служба статистики України. URL: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення 20.07.2020).

2. The official website of the United National Climate Change. GHG total without LULUCF. URL: https://di.unfccc.int/time_series (дата звернення 20.07.2020).

3. The official website of the United Nations Economic Commission for Europe. URL: <https://w3.unecse.org/PXWeb/ru/Table?IndicatorCode=6> (дата звернення 20.07.2020).

4. The official website of the The Food and Agriculture Organization. URL: <http://www.fao.org/3/ca7464uk/CA7464UK.pdf> (дата звернення 19.07.2020).

5. Honcharuk I. Use of Wastes of the Livestock Industry as a Possibility for Increasing the Efficiency of AIC and Eeplenishing the energy Balance. *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*. 2020. vol. 9. № 1. P. 9—14. DOI: 10.2478/vjbsd-2020-0002

6. Kaletnik G., Honcharuk I., Okhota Yu. The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises. *Journal of Environmental Management and Tourism*, 2020. Vol. XI, Summer, 3 (43). P. 513—522. DOI: 10.14505/jemt.v11.3(43).02

7. Palamarchuk V., Honcharuk I., Honcharuk T., Telekalo N. Effect of the Elements of Corn Cultivation Technology on Bioethanol Production under Conditions of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*. 2018. № 8 (3), P. 47—53.

8. Гончарук І.В. Досвід формування енергетичної автономії сільських територій: оцінка ролі кооперативів. *Економіка, фінанси, менеджмент: актуальні питання науки і практики*, 2020. №1. С. 23—40. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-1-2

9. Калетник Г.М. Диверсифікація розвитку виробництва біопалив — основа забезпечення продовольчої, енергетичної, економічної та екологічної безпеки України. *Вісник аграрної науки*, 2018. №11, С. 169—176. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-21>

10. Шкарівська А.І., Давидюк Г.В., Клименко І.І., Довбаш Н.І. Використання відходів біогазових установок для удобрення сільськогосподарських культур. *Агроекологічний журнал*, 2020. №1. С. 75—82. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201275>

11. Поліщук В.М. Концепція розвитку сільських територій із впровадженням комплексних екобезпечних технологій виробництва і використання біопалив. *Техніка і енергетика*. 2019. №2. С. 39—47. DOI: 10.31548/machenergy.2019.02.039-047

12. Стратегія удосконалення механізму управління в сфері використання та охорони зе-

мель сільськогосподарського призначення державної власності та розпорядження ними. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/413-2017-%D0%BF#n12> (дата звернення 15.07.2020).

13. Проєкт Національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990—2018 роки. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020/Ukraine_NIR_2020%-20draft.pdf (дата звернення 19.07.2020).

14. Про схвалення Концепції боротьби з деградацією земель та опустелюванням: розпорядження Кабінету Міністрів України від 22 жовтня 2014 р. № 1024-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1024-2014-%D1%80#n8> (дата звернення 10.07.2020).

15. Національна доповідь про стан родючості ґрунтів України. URL: http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf (дата звернення 17.07.2020).

16. Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України. URL: <https://menr.gov.ua/news/34928.html> (дата звернення 10.07.2020).

17. Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України. URL: <http://sae.gov.ua> (дата звернення 15.07.2020).

18. Selde H., Beier C., Kedia G., Henrik Lystad H. Digestate as Fertilizer. *Fachverband Biogas e.V.* 2018. Germany: 64 p. URL: https://issuu.com/fachverband.biogas/docs/digestate_as_fertilizer

19. Адаменко Т., Огаренко Ю., Малов О. Зміна клімату та сільське господарство в Україні: що варто знати фермерам? Київ: Німецько-український агрополітичний діалог. 2019. 34 с. URL: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020/%D0%97%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%20%D1%82%D0%B0%20%D1%81%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5%20%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%20%D0%B2%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96.pdf

20. Kaletnik G., Honcharuk I., Yemchyk T., Okhota Yu. The World Experience in the Regulation of the Land Circulation. *European Journal of Sustainable Development*, 2020. № 9 (2). P. 557—568. DOI: 10.14207/ejsd.2020.v9n2p557

References:

1. The State Statistics Service of Ukraine (2020), "Statistical information", available at: <http://www.ukrstat.gov.ua/> (Accessed 20 July 2020).

2. The official website of the United National Climate Change (2020), "GHG total without LULUCF", available at: https://di.unfccc.int/time_series (Accessed 20 July 2020).

3. The official website of the United Nations Economic Commission for Europe (2020), available at: <https://w3.unece.org/PXWeb/ru/Table?IndicatorCode=6> (Accessed 20 July 2020).

4. The official website of the The Food and Agriculture Organization (2020), available at: <http://www.fao.org/3/ca7464uk/CA7464UK.pdf> (Accessed 19 July 2020).

5. Honcharuk, I. (2020), "Use of Wastes of the Livestock Industry as a Possibility for Increasing the Efficiency of AIC and Eeplenishing the energy Balance", *Visegrad Journal on Bioeconomy and Sustainable Development*, vol. 9 (1), pp. 9—14. DOI: 10.2478/vjbsd-2020-0002

6. Kaletnik, G. Honcharuk, I. and Okhota Yu. (2020), "The Waste-Free Production Development for the Energy Autonomy Formation of Ukrainian Agricultural Enterprises", *Journal of Environmental Management and Tourism*, vol. XI, no. 3 (43), pp. 513—522. DOI: 10.14505/jemt.v11.3(43).02

7. Palamarchuk, V. Honcharuk, I. Honcharuk, T. and Telekalo, N. (2018), "Effect of the Elements of Corn Cultivation Technology on Bioethanol Production under Conditions of the Right-bank Forest-steppe of Ukraine", *Ukrainian Journal of Ecology*, vol. 8 (3), pp. 47—53.

8. Honcharuk, I.V. (2020), "Experience of formation of energy autonomy of rural areas: assessment of the role of cooperatives", *Ekonomika, finansi, menedzhment: aktualni pitannya nauki i praktiki*, vol. 1, pp. 23—40. DOI: 10.37128/2411-4413-2020-1-2

9. Kaletnik, G.M. (2018), "Diversification of biofuel production development — the basis for ensuring food, energy, economic and environmental security of Ukraine", *Visnik agrarnoyi nauki*, vol. 11, pp. 169—176. DOI: <https://doi.org/10.31073/agrovisnyk201811-21>

10. Shkarivska, L.I. Davidyuk, G.V. Klimentko, I.I. and Dovbash, N.I. (2020), "Use of waste biogas plants for fertilization of crops", *Agroekologichnij zhurnal*, vol. 1, pp. 75—82. DOI: <https://doi.org/10.33730/2077-4893.1.2020.201275>

11. Polishchuk, V.M. (2019), "The concept of rural development with the introduction of integrated environmentally friendly technologies for the production and use of biofuels", *Tekhnika i enerhetyka*, vol. 2, pp. 39—47. DOI: 10.31548/machenergy.2019.02.039-047

12. Cabinet of Ministers of Ukraine (2017), "Strategy for improving the management mechanism in the field of use and protection of state-

owned agricultural lands and their disposal", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/413-2017-%D0%BF#n12> (Accessed 15 July 2020).

13. Ministry of Energy and Environmental Protection of Ukraine (2020), "Draft National Inventory of Anthropogenic Emissions from Sources and Absorption by Greenhouse Gas Absorbers in Ukraine for 1990-2018", available at: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020/Ukraine_NIR_2020%20draft.pdf (Accessed 19 July 2020).

14. Cabinet of Ministers of Ukraine (2014), Order "On approval of the Concept of combating land degradation and desertification", available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1024-2014-%D1%80#n8> (Accessed 10 July 2020).

15. Ministry of agrarian policy and food of Ukraine (2013), "National report on the state of soil fertility in Ukraine", available at: http://www.iogu.gov.ua/wp-content/uploads/2013/07/stan_gruntiv.pdf (Accessed 17 July 2020).

16. Ministry of Environmental Protection and Natural Resources of Ukraine (2020), available at: <https://menr.gov.ua/news/34928.html> (Accessed 10 July 2020).

17. State Agency for Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine (2020), available at: <http://sae.gov.ua> (Accessed 15 July 2020).

18. Selde, H. Beier, C. Kedia, G. and Henrik Lystad, H. (2018), "Digestate as Fertilizer", *Fachverband Biogas e.V*, Germany, available at: https://issuu.com/fachverband.biogas/docs/digestate_as_fertilizer (Accessed 20 July 2020).

19. Adamenko, T. Oharenko, Yu. and Malov O. (2019), "Climate change and agriculture in Ukraine: what should farmers know?", available at: https://menr.gov.ua/files/docs/Zmina_klimaty/2020/%D0%97%D0%BC%D1%96%D0%BD%D0%B0%20%D0%BA%D0%BB%D1%96%D0%BC%D0%B0%D1%82%D1%83%20%D1%82%D0%B0%20%D1%81%D1%96%D0%BB%D1%8C%D1%81%D1%8C%D0%BA%D0%B5%20%D0%B3%D0%BE%D1%81%D0%BF%D0%BE%D0%B4%D0%B0%D1%80%D1%81%D1%82%D0%B2%D0%BE%20%D0%B2%20%D0%A3%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96.pdf (Accessed 20 July 2020).

20. Kaletnik, G. Honcharuk, I. Yemchyk, T. and Okhota, Yu. (2020), "The World Experience in the Regulation of the Land Circulation", *European Journal of Sustainable Development*, vol. 9 (2), pp. 557—568. DOI: 10.14207/ejsd-2020.v9n2p557

Стаття надійшла до редакції 23.07.2020 р.