

РОЗВИТОК БІОЕНЕРГЕТИКИ В УКРАЇНІ ТА ЇЇ ВПЛИВ НА ДЕКАРБОНІЗАЦІЮ ВІТЧИЗНЯНОЇ ЕКОНОМІКИ

Проаналізувати структуру викидів парникових газів та визначити роль галузі біоенергетики у досягненні цілей України на шляху до побудови низьковуглецевої економіки. У процесі виконання досліджень використовувалися загальнонаукові методи: аналіз і синтез, індукції й дедукції, абстрагування і конкретизації, аналогій та моделювання. За результатами досліджень відмічено, що за останні 55 років світові обсяги споживання енергії зросли майже у 4 рази, водночас лише 15,7% енергії виробляється за низьковуглецевими технологіями. Це призвело до зростання викидів вуглекислого газу більш ніж у тричі (з 11,3 млрд т у 1965 році до 36,5 млрд т у 2019 році), при цьому галузі енергетики та сільського господарства продукують 91,6% усіх викидів. Україна імпортує щорічно енергоресурсів на суму близько 15 млрд \$, тому розвиток відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) сприятиме укріпленню енергетичної, економічної і політичної безпеки нашої держави. Серед ВДЕ в Україні найбільш поширеними є біологічні види палива, частка яких у кінцевому енергоспоживанні становить 4,5%. Отже, перехід до кліматично нейтральної економіки, який Україна зобов'язалась здійснити до 2060 року має супроводжуватись активним розвитком галузі біоенергетики. Аналіз світових та вітчизняних стратегій засвідчує пріоритетність розвитку галузі відновлювальних джерел енергії, що є найбільш дієвим чинником для пом'якшення негативних змін клімату. Водночас враховуючи низьку маневреність електрогенерації та високу залежність від погодних умов повний перехід на виробництво електроенергії з ВДЕ пов'язаний зі значними проблемами. З огляду на це для України більш прийнятним є стратегія, спрямована на розвиток рідкого та газоподібного біопалива, виготовленого з біоенергетичних культур і твердого палива – за рахунок лісгосподарської діяльності та розвитку плантаційного вирощування деревної енергетичної біомаси на деградованих і малопродуктивних землях.

Ключові слова: біопаливо, кліматична угода, європейський зелений курс, парникові гази, вуглекислий газ, низьковуглецева економіка, відновлювальні джерела енергії, скорочення викидів.

Вступ. Розвиток людської цивілізації супроводжується постійним зростанням споживання енергетичних ресурсів. Так впродовж останніх 55 років світові обсяги споживання енергії зросли майже у 4 рази, з 43 тис.ТВт-год у 1965 році до 162 тис.ТВт-год у 2019 році, при цьому споживання нафтопродуктів

¹Роїк Микола Володимирович, д-р с.- г. наук, професор, академік НААН, директор. E-mail: roiknok@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-7221-6247>;

¹Ганженко Олександр Миколайович, д-р с.- г. наук, с.н.с., зав. відділом. E-mail: ganzhenko74@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-8118-1645>;

²Фучило Ярослав Дмитрович, д-р с.- г. наук, професор, завідувач кафедри лісівництва та захисту лісу. E-mail: fuchylo_yar@ukr.net; <https://orcid.org/0000-0002-2669-5176>.

за цей час зросло у 3 рази, вугілля – у 2,7 рази, природного газу – у 6,2 рази (рис. 1).

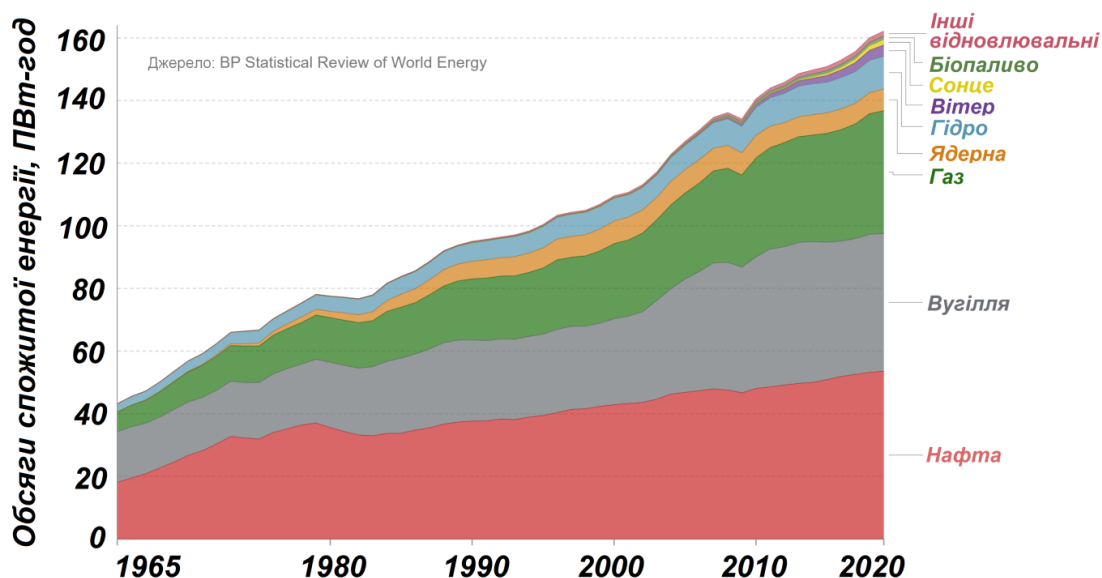


Рис. 1. Динаміка та структура світового споживання енергії [3]

Станом на 2019 рік 84,3 % енергії в світі виробляється з викопних видів палива: нафти (33,1 %), вугілля (27,0 %) та природного газу (24,2 %) і лише 15,7 % – це енергія, вироблена за низьковуглецевими технологіями: атомна (4,3 %), гідроелектростанції (6,5 %) та відновлювальні джерела енергії (5 %) [1–5].

Таке інтенсивне використання викопних джерел енергії впродовж останніх 55 років призвело до зростання викидів парникових газів (ПГ) в атмосферу Землі більш ніж у тричі. Так, якщо у 1965 році емісія вуглекислого газу від спалювання викопних енергоносіїв становила 11,3 млрд т, то за 2019 рік в атмосферу потрапило 36,5 млрд т CO₂. Це призвело до зростання концентрації вуглекислого газу в атмосфері Землі, що стало причиною глобальних змін клімату, головним індикатором яких є зростання середньої температури повітря на планеті [6–8].

Мета досліджень. Проаналізувати структуру викидів парникових газів та визначити роль галузі біоенергетики у досягненні цілей України на шляху до побудови низьковуглецевої економіки.

Матеріали та методи досліджень. Структурно-функціональний підхід: збір, аналіз і синтез інформаційної бази даних про розвиток відновлювальних джерел енергії в Україні та закордоном, системний і порівняльний аналіз цілей, які Україна зобов'язалась досягти для переходу на низьковуглецеву економіку. У процесі виконання досліджень використовувалися загальнонаукові методи: аналіз і синтез, індукції й дедукції, абстрагування і конкретизації, аналогій та моделювання.

Результати досліджень. Проаналізувавши структуру світових викидів парникових газів за галузями виробництва можна зробити висновок, що майже три чверті викидів генерується в галузі енергетики, майже п'ята частина – в галузі сільськогосподарського виробництва, а решта 8,4 % – у промисловості та з відходів (рис. 2). Цілий ряд галузей та процесів сприяють глобальним викидам, тому немає єдиного або простого рішення для боротьби зі зміною клімату.

Зосередження лише на електроенергії, транспорті, продуктах харчування або вирубці лісів є недостатнім. Навіть якщо повністю вдасться декарбонізувати виробництво електроенергії, потрібно буде електрифікувати опалювальний сектор та автомобільний транспорт, крім того залишилися б викиди від судноплавства та авіації, для вирішення яких ще відсутні низьковуглецеві технології [9-12].

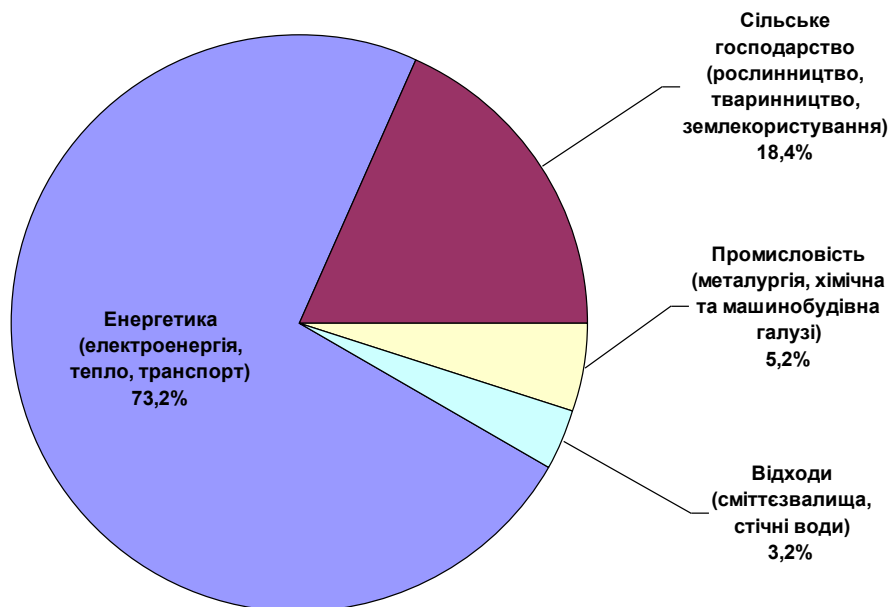


Рис. 2. Структура викидів вуглекислого газу за галузями [12]

Отже, для побудови кліматично нейтральної економіки потрібні системний підхід та інновації у багатьох секторах економіки, особливо в енергетичній сфері та агропромисловому комплексі.

З огляду на це заміна викопних видів палива на відновлювальні джерела енергії (ВДЕ) є першим і найбільш дієвим кроком на шляху до вуглецевонейтральної економіки, яка має бути досягнута до кінця поточного століття. Однак на сьогодні частка відновлювальних джерел енергії в структурі загального енергоспоживання становить у світі лише 11,4 %, а у країнах європейського континенту – 16,5 % [13]. Світовими лідерами в сфері виробництва і використання ВДЕ є Ісландія, Норвегія та Швеція, в яких понад 60 відсотків енергії виробляється з відновлювальних джерел (рис. 4). В Україні частка ВДЕ

становить лише 6,6 % від загальних обсягів постачання первинної енергії [14], що значно менше порівняно з іншими європейськими країнами.

Отже, на шляху до євроінтеграції та для побудови низьковуглецевої економіки Україні необхідно більше уваги приділяти розвитку відновлювальних джерел енергії, зокрема біоенергетиці.

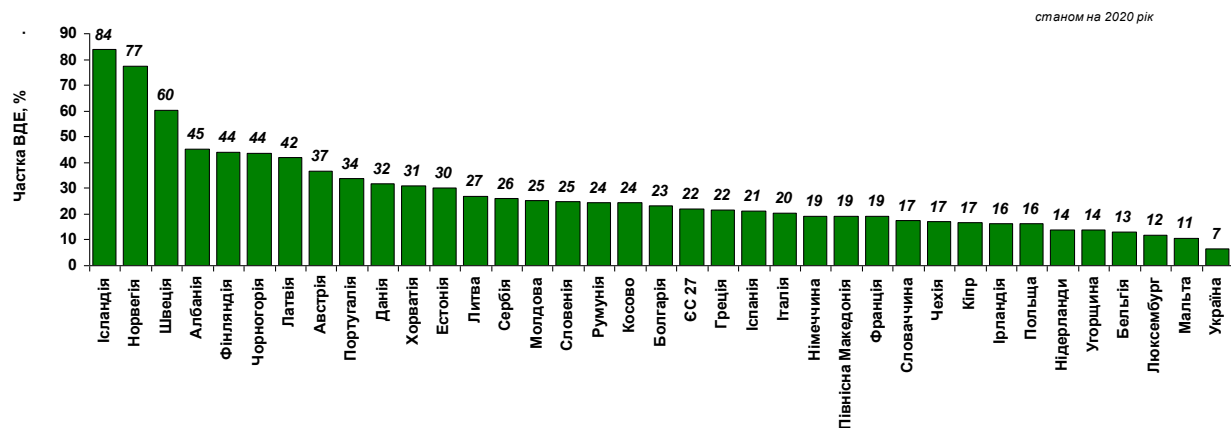


Рис. 1.4. Частка відновлювальних джерел енергії в структурі енергоспоживання різних європейських країн [13].

Пошук шляхів виробництва і використання ВДЕ є одним із пріоритетів світової економіки. Підтвердженням цього слугує підписання 195 країнами (включаючи Україну) нової Кліматичної Угоди, яка передбачає уповільнення темпів зростання середньорічної температури, за рахунок зменшення викидів парникових газів у другій половині ХХІ століття до рівня, який екосистема нашої планети здатна переробляти без шкоди для себе. Нова кліматична угода не містить конкретних кількісних зобов'язань щодо скорочення викидів парникових газів чи зменшення використання викопних палив. Натомість у ній передбачено рамкову ціль щодо обмеження підвищення глобальної температури нижче 2, а бажано 1.5 °С у порівнянні із до індустріальним рівнем [15–23].

Кожна з країн-учасниць угоди самостійно вирішує, які механізми потрібні для досягнення поставлених цілей, водночас кожні п'ять років країни подають національно визначені внески, де зазначають свої індивідуальні кількісні зобов'язання щодо скорочення викидів [24]. Зокрема США заявили про скорочення викидів парникових газів на 50 - 52 % до 2030 року порівняно з рівнем 2005 року [25], Японія зобов'язалася скоротити вдвічі викиди до 2030 року (від рівня 2005 року) [26]. Індія до 2030 року планує ввести 450 ГВт потужностей ВДЕ [26]. Країни Європейського Союзу зобов'язались на 55 % зменшити викиди парникових газів до 2030 року, а Великобританія – на 78 % до 2035 року (від рівня 1990 року) [27]. Враховуючи великі площі вічної мерзлоти Росія береться здійснювати моніторинг за викидами метану [26]. Китай

задекларував поступове скорочення кількості вугільних ТЕС та відмову від вугілля.

У грудні 2019 року Європейська Комісія прийняла Європейський зелений курс (ЄЗК) – комплекс заходів, який визначає політику ЄС на найближчі роки у таких сферах як клімат, енергетика, біорізноманіття, промислова політика, торгівля тощо [28-38]. Основна мета цього курсу – сталий зелений перехід Європи до кліматично-нейтрального континенту до 2050 року. На сьогодні Європейська Комісія підготувала пропозицію щодо регламенту «Європейський кліматичний закон» [39], яким на рівні законодавства ЄС пропонує закріпити цілі та шляхи досягнення кліматичної нейтральності ЄС до 2050 року. Водночас ЄЗК вимагає перегляду чинних кліматичних цілей ЄС до 2030 року, які стають проміжними для Європейського зеленого курсу, – підвищити скорочення викидів ПГ з 40 % до 50 - 55 % (у порівнянні з 1990 роком), та відповідних політик та інструментів, необхідних для їх досягнення. Крім того Європейська Комісія пропонує запровадити заходи карбонового протекціонізму [40] виробників ЄС через механізм карбонового коригування імпорту (carbon border adjustment mechanism).

Таким чином, світова спільнота, як ніколи раніше занепокоєна негативними екологічними тенденціями, спричиненими, в першу чергу, інтенсивним використанням викопних видів палива та об'єднує зусилля для їх подолання. З огляду на це розвиток біоенергетики, як складової частини ВДЕ, є необхідною передумовою для вирішення глобальних викликів пов'язаних зі зміною клімату.

Україна не забезпечена у достатній кількості власними викопними джерелами енергії і змушена імпортувати значні обсяги енергоресурсів, на що витрачає близько 15 млрд \$ щорічно [41]. Тому розвиток відновлювальної енергетики сприятиме укріпленню енергетичної, економічної і політичної безпеки нашої держави. Серед відновлювальних джерел енергії в Україні найбільшого розвитку набуло виробництво і використання біологічних видів палива, частка яких у кінцевому енергоспоживанні становить 6,6 % [14].

Отже, розвиток виробництва біоенергетичних культур дозволить зменшити залежність України від імпортних енергоносіїв та сприятиме створенню сталої сировинної бази для виробництва різних видів біопалива.

Цілі України щодо розвитку ВДЕ встановлені у ключових стратегічних документах. Енергетична стратегія України до 2035 року (Розпорядження КМУ №605-р від 18.08.2017 р.) передбачає розширення використання різних видів відновлюваної енергетики, що стане одним з інструментів гарантування енергетичної безпеки нашої держави [42]. У коротко- та середньостроковому горизонті (до 2025 року) стратегія прогнозує зростання частки альтернативної енергетики до рівня 12 % від загального постачання первинної енергії та не менше 25 % – до 2030 року (табл. 1).

Цілі України щодо сприяння розвитку ВДЕ

Документ	2025 р.	2030 р.	2035 р.	2060 р.
Енергетична стратегія України до 2035 року	12 % усієї енергії з ВДЕ	25 % усієї енергії з ВДЕ	11,5 % усієї енергії з біомаси	-
Національна економічна стратегія до 2030 року	-	25 % електроенергії з ВДЕ	-	-
Національний внесок до Парижської Кліматичної Угоди	-	30 % електроенергії з ВДЕ	-	Побудова кліматично нейтральної економіки
	-	Скорочення викидів ПГ до 35 % від рівня 1990 р.	-	

Водночас енергетична стратегія передбачає зростання сектору біоенергетики, який використовує тверде біопаливо та біогаз як енергоресурс, що забезпечить з одного боку відносну сталість виробництва біопалив, за наявності достатньої ресурсної бази, з іншого – створить передумови для формування генеруючих потужностей на місцевому рівні. Пріоритет буде надаватися одночасній генерації теплової та електричної енергії у когенераційних установках, а також заміщенню вуглеводневих викопних видів палива. Передбачається, що до 2035 року біоенергетична галузь постачатиме 11 млн т н.е. біопалива, що становитиме 11,5 % в структурі загального постачання первинної енергії [42]. Енергетична стратегія передбачає збільшення використання біомаси у виробництві електро- та теплоенергії за рахунок створення конкурентних ринків біопалива, стимулювання використання біомаси як палива підприємствами, на яких біомаса є залишковим продуктом, а також інформування щодо можливостей використання біомаси як палива в індивідуальному теплопостачанні.

Одним із основних орієнтирів економіки України згідно Національної економічної стратегії до 2030 року (Постанова КМУ №179 від 03 березня 2021 р.) є декарбонізація економіки, підвищення енергоефективності, розвиток відновлюваних джерел енергії, розвиток циркулярної економіки за принципами сталого розвитку та синхронізація з цілями “Європейський зелений курс”. У стратегії передбачається сформувати частку генерації електроенергії з ВДЕ на рівні 25 % у загальному балансі, водночас планується залучити 10 млрд \$

інвестицій у відновлювальну енергетику [43]. Разом з тим відмічається, що електрогенеруючі потужності з використанням відновлюваних джерел енергії характеризуються низькою маневреністю та високою залежністю від погодних умов. Це знижує можливості прогнозування попиту та пропозиції на ринку електроенергії. Водночас, окрім зниження рівня маневреності системи електрогенерації, збільшення частки ВДЕ призвело до появи технологічних викликів, пов'язаних з необхідністю балансування системи в певні періоди часу, а також до обмеження частки ВДЕ у виробництві електроенергії, що призводить до перевиробництва енергії та ускладнює або взагалі унеможлиблює подальше підключення потужностей ВДЕ за поточних умов. Паралельно розглядається можливість використання залишку енергії для виробництва біоводню з метою подальшого його експорту до ЄС.

У Звіті з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей для покриття прогнозованого попиту на електричну енергію та забезпечення необхідного резерву у 2020 році (Постанова КМУ №975 від 16.06.2021 р.) відмічається, що найбільш вагомим чинником трансформації умов функціонування об'єднаної електроенергетичної системи України на сьогодні є швидке впровадження електричних станцій з негарантованою потужністю з відновлювальних джерел енергії, що не супроводжуються паралельним вводом регулюючих потужностей з відповідними характеристиками та обсягами. Навіть в умовах зразкової роботи ринку допоміжних послуг забезпечення необхідних обсягів резервів на наявному працюючому обладнанні є неможливим. Тому, наразі, майже щодня порушуються вимоги до забезпечення необхідних обсягів резервів. Водночас звіт передбачає зростання частки ВДЕ (включаючи гідроелектростанції) до 2030 року до 20 % за базовим сценарієм та до 16,4 % – за цільовим сценарієм [44].

Згідно оновленого національного визначеного внеску України до Паризької Кліматичної Угоди частка ВДЕ (включаючи великі ГЕС та ГАЕС) у виробництві електроенергії до 2030 року має становити 30 %. Водночас передбачається, що обсяг викидів парникових газів в Україні до 2030 року не перевищуватиме 35 % від рівня 1990 року, а повної кліматичної нейтральності заплановано досягти не пізніше 2060 року [45].

Як уже зазначалось, згідно Національної економічної стратегії до 2030 року до основних орієнтирів економіки України відносяться декарбонізація економіки та розвиток відновлюваних джерел енергії. У цьому сенсі важливе значення має реалізація екологічної ініціативи «Масштабне заліснення України», відповідно до указу Президента України №228/2021, яка сприятиме збільшенню поглинання та утримання вуглецю лісами, що передбачено Дорожньою картою кліматичних цілей України до 2030 року для імплементації Європейського Зеленого Курсу (European Green Deal). Ініційований проект «Зелена країна», спрямований на збереження і відтворення лісового фонду України, є логічним

продовженням Указу Президента України №722/2019 «Про цілі сталого розвитку України на період до 2030 року», в якому передбачено раціональне лісокористування, боротьбу з опустелюванням та деградацією земель.

Середня залісеність території України становить 15,7%, що є одним з найнижчих показників у Європі. Для досягнення оптимального рівня заліснення в Україні необхідно висадити понад 2,2 млн. га лісів, що дозволить підняти середню залісеність до 19,5 %. При цьому, частину лісових масивів та полежахисних лісосмуг доцільно сформувати на малопродуктивних та деградованих землях з швидкорослих деревних рослин, таких як верба, тополя, акація, павловнія тощо, що дозволить в короткий час сформувати значні площі деревних культур.

Насадження швидкорослих деревних культур здійснюватимуть поглинання і утримання вуглецю, а вирощена біомаса буде використовуватись для виробництва різних видів біопалива, що сприятиме розвитку ВДЕ. Таким чином досягається чотири цілі: 1 – створення плантацій деревних рослин, які виконують функції лісів; 2 – відновлення родючості малопродуктивних та деградованих земель; 3 – поновлення полежахисних лісових смуг; 4 – формування сировинної бази для розвитку відновлювальних джерел енергії.

Висновки. Аналіз світових та вітчизняних стратегій засвідчує пріоритетність розвитку галузі відновлювальних джерел енергії, що є найбільш дієвим чинником для пом'якшення негативних змін клімату. Водночас враховуючи низьку маневреність електрогенерації та високу залежність від погодних умов повний перехід на виробництво електроенергії з ВДЕ пов'язаний зі значними проблемами. Для побудови кліматично нейтральної економіки потрібні системний підхід та інновації у багатьох секторах економіки, особливо в енергетичній сфері та агропромисловому комплексі. З огляду на це для України більш прийнятним є стратегія, спрямована на розвиток рідкого та газоподібного біопалива, виготовленого з травянистих біоенергетичних культур і твердого палива – за рахунок лісогосподарської діяльності та розвитку плантаційного вирощування деревної енергетичної біомаси на деградованих і малопродуктивних землях. Розвиток виробництва біоенергетичних культур дозволить зменшити залежність України від імпортних енергоносіїв та сприятиме створенню сталої сировинної бази для виробництва різних видів біопалива.

References

1. Ahmad T., Zhang D.D. A critical review of comparative global historical energy consumption and future demand: The story told so far. Energy Reports. 2020. Vol. 6. P. 1973-1991. doi: 10.1016/j.egy.2020.07.020

2. Bauer N., Rose S.K., Fujimori S. et al. Global energy sector emission reductions and bioenergy use: overview of the bioenergy demand phase of the EMF-33 model comparison. *Climatic Change*. 2020. Vol. 163. Iss. 3. P. 1553-1568. doi: 10.1007/s10584-018-2226-y
3. Energy mix: what sources do we get our energy from? *Statistical Review of World Energy*. 2021. URL: ourworldindata.org/energy-mix?country=#energy-mix-what-sources-do-we-get-our-energy-from
4. Han X., Wei C. Household energy consumption: state of the art, research gaps, and future prospects. *Environment Development And Sustainability*. 2021. Vol. 23. Iss. 8. P. 12479-12504. doi: 10.1007/s10668-020-01179-x
5. Kober T., Schiffer H.W., Densing M., Panos E. Global energy perspectives to 2060-WEC's World Energy Scenarios 2019. *Energy Strategy Reviews*. 2020. Vol. 31. № 100523. doi: 10.1016/j.esr.2020.100523
6. Ahmad M., Ahmed Z., Majeed A., Huang. B. An environmental impact assessment of economic complexity and energy consumption: Does institutional quality make a difference? *Environmental Impact Assessment Review*. 2021. Vol. 89. N106603. doi:10.1016/j.eiar.2021.106603
7. CO₂ emissions. *Our World in Data*. 2021. URL: ourworldindata.org/co2-emissions
8. Solarin. S.A. An environmental impact assessment of fossil fuel subsidies in emerging and developing economies. *Environmental Impact Assessment Review*. 2020. Vol. 85. № 106443. doi:10.1016/j.eiar.2020.106443
9. Adedoyin F.F., Alola A.A., Bekun F.V. An assessment of environmental sustainability corridor: The role of economic expansion and research and development in EU countries. *Science Of The Total Environment*. 2020. Vol. 713. N136726. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.136726
10. Khan Z., Ali S., Umar M. et al. Consumption-based carbon emissions and International trade in G7 countries: The role of Environmental innovation and Renewable energy. *Science Of The Total Environment*. 2020. Vol. 730. № 138945. doi: 10.1016/j.scitotenv.2020.138945
11. Neves A., Godina R., Azevedo S.G., Matias J.C.O. A comprehensive review of industrial symbiosis. *Journal Of Cleaner Production*. 2019. Vol. 247. N119113. doi:10.1016/j.jclepro.2019.119113
12. Ritchie H., Roser M. Emissions by sector. *Our World in Data*. 2021. URL: ourworldindata.org/emissions-by-sector
13. Share of energy from renewable sources. Eurostat. Last update: 20-07-2021. URL: appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/show.do?dataset=nrg_ind_ren&lang=en
14. Derzhavna sluzhba statystyky Ukrainy. Enerhetychnyi balans Ukrainy za 2020. Ekspres-vypusk vid 30.11.2021 r. [in Ukrainian].
15. Adoption of the paris agreement. Approved 12.12.2015. URL: unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf
16. Bertoldi P., Kona A., Rivas S., Dallemand J.F. Towards a global comprehensive and transparent framework for cities and local governments enabling an effective contribution to the Paris climate agreement. *Current Opinion In Environmental Sustainability*. 2018. Vol. 30. P. 67–74. doi: 10.1016/j.cosust.2018.03.009
17. Ding Q., Khattak S.I., Ahmad M. Towards sustainable production and consumption: Assessing the impact of energy productivity and eco-innovation on consumption-based carbon dioxide emissions (CCO₂) in G-7 nations. *Sustainable Production And Consumption*. 2021. Vol. 27. P. 254–268. doi:10.1016/j.spc.2020.11.004
18. Goglio P., Williams A.G., Balta-Ozkan N., et al. Advances and challenges of life cycle assessment (LCA) of greenhouse gas removal technologies to fight climate changes. *Journal Of Cleaner Production*. 2020. Vol. 244. № 118896. doi: 10.1016/j.jclepro.2019.118896

19. Gossling S., Scott D. The decarbonisation impasse: global tourism leaders' views on climate change mitigation. *Journal Of Sustainable Tourism*. 2018. Vol. 26. Iss. 12. P. 2071-2086. doi: 10.1080/09669582.2018.1529770
20. Mundaca L., Urge-Vorsatz D., Wilson C. Demand-side approaches for limiting global warming to 1.5 degrees C. *Energy Efficiency*. Vol. 2019. Vol. 12. Iss. 2. P. 343-362. doi: 10.1007/s12053-018-9722-9
21. Pittau F., Lumia G., Heeren N. et al. Retrofit as a carbon sink: The carbon storage potentials of the EU housing stock. *Journal Of Cleaner Production*. 2019. Vol. 214. P. 365-376. doi: 10.1016/j.jclepro.2018.12.304
22. Teske S., Pregger T. Achieving the Paris Climate Agreement Goals Global and Regional 100% Renewable Energy Scenarios with Non-energy GHG Pathways for +1.5 degrees C and +2 degrees C Introduction. *Achieving The Paris Climate Agreement Goals: Global and Regional 100% Renewable Energy Scenarios with Non-Energy Ghg Pathways for +1.5(Degree)C and +2(Degree)C*. P. 1-4. doi: 10.1007/978-3-030-05843-2_1
23. Yi H.T., Feiock R.C., Berry F.S. Overcoming collective action barriers to energy sustainability: A longitudinal study of climate protection accord adoption by local governments. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2017. Vol. 79. P. 339-346. doi: 10.1016/j.rser.2017.05.071
24. Nationally determined contributions under the Paris Agreement. Conference of the Parties serving as the meeting of the Parties to the Paris Agreement. Third session Glasgow, 31 October to 12 November 2021. URL: unfccc.int/sites/default/files/resource/cma2021_08_adv_1.pdf
25. New momentum reduces emissions gap, but huge gap remains – analysis. Press release. 2021. URL: climateactiontracker.org/press/new-momentum-reduces-emissions-gap-but-huge-gap-remains-analysis/
26. Newburger E. Here's what countries pledged on climate change at Biden's global summit. CNBC. Retrieved 29 April 2021. URL: [cnbc.com/2021/04/22/biden-climate-summit-2021-what-brazil-japan-canada-others-pledged.html](https://www.cnbc.com/2021/04/22/biden-climate-summit-2021-what-brazil-japan-canada-others-pledged.html)
27. Leaders Summit Showcases Clean Energy Commitments to Tackle Global Climate Crisis. SDG knowledge hub. International Institute for Sustainable development. Retrieved 2 May 2021. URL: sdg.iisd.org/news/leaders-summit-showcases-clean-energy-commitments-to-tackle-global-climate-crisis/
28. Bremond U., Bertrandias A., Steyer J.P. et al. A vision of European biogas sector development towards 2030: Trends and challenges. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 287. N125065. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.125065
29. Brodny J., Tutak M. The analysis of similarities between the European Union countries in terms of the level and structure of the emissions of selected gases and air pollutants into the atmosphere. *Journal of Cleaner Production*. 2021. Vol. 279. N123641. doi: 10.1016/j.jclepro.2020.123641
30. Chiaramonti D., Talluri G., Scarlat N., Prussi M. The challenge of forecasting the role of biofuel in EU transport decarbonisation at 2050: A meta-analysis review of published scenarios. *Renewable & Sustainable Energy Reviews*. 2021. Vol. 139. N110715. doi: 10.1016/j.rser.2021.110715
31. Haas T., Sander H. Decarbonizing Transport in the European Union: Emission Performance Standards and the Perspectives for a European Green Deal. *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Iss. 20. № 8381. doi: 10.3390/su12208381
32. Kardung M., Cingiz K., Costenoble O. et al. Development of the Circular Bioeconomy: Drivers and Indicators. *Sustainability*. 2021. Vol. 13. Iss. 1. № 413. doi: 10.3390/su13010413
33. Ossewaarde M., Ossewaarde-Lowtoot R. The EU's Green Deal: A Third Alternative to Green Growth and Degrowth? *Sustainability*. 2020. Vol. 12. Iss. 23. N9825. doi: 10.3390/su12239825

34. Ronzon T., Piotrowski S., Tamosiunas S. et al. Developments of Economic Growth and Employment in Bioeconomy Sectors across the EU. Sustainability. 2020. Vol. 12. Iss. 11. № 4507. doi: 10.3390/su12114507
35. Scown M.W., Brady M.V., Nicholas K.A. Billions in Misspent EU Agricultural Subsidies Could Support the Sustainable Development Goals. One Earth. 2020. Vol. 3. Iss. 2. P. 237-250. doi: 10.1016/j.oneear.2020.07.011
36. Smol M., Marcinek P., Duda J., Szoldrowska D. Importance of Sustainable Mineral Resource Management in Implementing the Circular Economy (CE) Model and the European Green Deal Strategy. Resources-Basel. 2020. Vol. 9. Iss. 5. № 55. doi: 10.3390/resources9050055
37. Tsakalidis A, Gkoumas K., Pekar F. Digital Transformation Supporting Transport Decarbonisation: Technological Developments in EU-Funded Research and Innovation. Sustainability. 2020. Vol. 12. Iss. 9. N3762. doi: 10.3390/su12093762
38. Tsakalidis A., van Balen M., Gkoumas K., Pekar F. Catalyzing Sustainable Transport Innovation through Policy Support and Monitoring: The Case of TRIMIS and the European Green Deal. Sustainability. 2020. Vol. 12. Iss. 8. N3171. doi: 10.3390/su12083171
39. Proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council establishing the framework for achieving climate neutrality and amending Regulation (EU) 2018/1999 (European Climate Law). COM(2020) 80, Brussels, 4.3.2020. URL: ec.europa.eu/info/sites/info/files/commission-proposal-regulation-european-climate-law-march-2020_en.pdf
40. EU Green Deal (carbon border adjustment mechanism). Proposal for a Directive. URL: ec.europa.eu/info/law/better-regulation/have-your-say/initiatives/12228-Carbon-Border-Adjustment-Mechanism
41. Holovnov S. Syrovynna ekonomika. Shcho kupovala i prodavala Ukraina v 2021 rotsi. BiznesTsenzor: URL: biz.censor.net/r3310713 [in Ukrainian].
42. Enerhetychna stratehiiia Ukrainy na period do 2035 roku «Bezpeka, enerhoefektyvnist, konkurentospromozhnist». Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 serpnia 2017 r. № 605-r. URL: zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80#Text [in Ukrainian].
43. Natsionalnoi ekonomichnoi stratehii do 2030 roku. Postanova KMU №179 vid 03 bereznia 2021 r. URL: zakon.rada.gov.ua/laws/show/179-2021-%D0%BF#Text.
44. Zvit z otsinky vidpovidnosti (dostatnosti) heneruiuchykh potuzhnostei dlia pokryttia prohnozovanoho popytu na elektrychnu enerhiiu ta zabezpechennia neobkhidnoho rezervu u 2020 rotsi. Postanova KMU №975 vid 16.06.2021 r. URL: zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0975874-21#Text. [in Ukrainian].
45. Analitychnyi ohliad onovlenoho natsionalno vyznachenoho vnesku Ukrainy do paryzkoii uhody. 2021. 57 s. URL: cutt.ly/qQiyIIA [in Ukrainian].

M. V. Royk¹, O. M. Hanzhenko¹, Ya. D. Fuchylo²

¹*Institute of Bioenergy Crops and Sugar Beet NAAS, Kyiv, Ukraine*

²*Malyn applied College, v. Hamarnya, Zhytomyr region, Ukraine*

DEVELOPMENT OF BIOENERGY IN UKRAINE AND ITS IMPACT ON THE DECARBONIZATION OF THE DOMESTIC ECONOMY

Analyze the structure of greenhouse gases emissions and determine the role of the bioenergy sector in achieving Ukraine's goals towards building a low-carbon economy. In the process of

research, general scientific methods were used: analysis and synthesis, induction and deduction, abstraction and concretization, analogies and modeling. According to research, over the past 55 years, global energy consumption has increased almost 4 times, while only 15.7% of energy is produced by low-carbon technologies. This has led to a more than threefold increase in carbon dioxide emissions (from 11.3 billion tons in 1965 to 36.5 billion tons in 2019), with the energy and agriculture industries producing 91.6% of all emissions. Ukraine imports about \$ 15 billion a year in energy resources, so the development of renewable energy sources (RES) will help strengthen the energy, economic and political security of our country. Among RES in Ukraine, the most common are biofuels, which account for 4.5% of final energy consumption. Thus, the transition to a climate-neutral economy, which Ukraine has committed to by 2060, must be accompanied by the active development of the bioenergy sector. The analysis of global and domestic strategies shows the priority of the development of the renewable energy sector, which is the most effective factor in mitigating negative climate change. At the same time, given the low maneuverability of electricity generation and high dependence on weather conditions, the full transition to the production of electricity from RES is associated with significant problems. In view of this, a strategy aimed at the development of liquid and gaseous biofuels made from bioenergy crops is more acceptable for Ukraine and solid fuel – at the expense of forestry activities and the development of plantation cultivation of woody energy biomass on degraded and unproductive lands.

Key words: *biofuels, climate agreement, European Green Deal, greenhouse gases, carbon dioxide, low-carbon economy, renewable energy sources, emission reductions.*