

*Г. В. Кошлак, А. М. Павленко
Івано-Франківський національний
технічний університет нафти і газу*

ПЕРСПЕКТИВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ В УКРАЇНІ

В статті проаналізовано стан виробництва та використання енергоресурсів в світі, а також сучасні тренди та прогнози використання енергії з відновлюваних джерел у загальному кінцевому енергоспоживанні. Запропоновано визначення та класифікацію біоресурсів в залежності від їх походження та проаналізовано їх якісні характеристики. Проаналізовано законодавчі нормативи і документи, які стосуються розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу та перспективи розвитку ВДЕ в Україні.

Визначено, що основними проблемами, які стоять на перешкоді розвитку біоенергетики є необхідність перетворення біомаси, складність та енергоємність технологій отримання біопалив, несформованість сировинної бази, непостійний склад сировини та відсутність гарантій щодо стабільних поставок сировини. На основі аналізу способів перетворення біомаси запропонована класифікація основних типів енергетичних процесів, які пов'язані з переробкою біомаси. Аналіз технологій перетворення біомаси дозволив зробити висновок, що на даному етапі активно розвиваються технології термохімічного перетворення прямого спалювання біомаси через простоту технології та низьку енерговитратність.

Аналіз динаміки зростання потужностей ВДЕ в Україні дозволив зробити висновок, що в Україні є всі передумови для інтенсивного розвитку, видобутку та використання нетрадиційних джерел енергії. Цьому сприяє перспективні біоресурси для технологій електро- та теплової генерації, обґрунтовано, що біоенергетика має перспективи стати одним із головних стратегічних ресурсів для підвищення енергетичної та екологічної безпеки країни.

Ключові слова: енергобаланс ВДЕ, скорочення викидів, біомаса, біопалива, способи перетворення біомаси, бар'єри розвитку біоенергетики, тепло- та електрогенерація, сталий розвиток

Постановка проблеми. Енергія – одна з найважливіших матеріальних потреб людського життя. Її виробництво, як і будь-яка діяльність людини, пов'язана з використанням навколишнього середовища, при чому побічним ефектом є викиди забруднюючих речовин, особливо при спалюванні традиційного викопного палива. Питання забруднення навколишнього середовища, раціонального використання природних ресурсів, пошук інноваційних рішень удосконалення існуючих систем виробництва, переробки та утилізації відходів виробництва є актуальними проблемами сучасного світу.

З кожним роком зростають потреби людства в енергії через низку факторів: приріст населення на планеті, світовий соціально-економічний розвиток, вичерпність традиційних викопних палив та нераціональне господарювання, зміни клімату. На сьогоднішній день традиційне викопне паливо не в змозі задовольняти зростаючих енергетичних потреб, а постійне збільшення обсягів споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів знаходиться на межі вичерпання. Традиційні підходи генерування енергії поступово стають економічно необґрунтованими, що в подальшому може привести до економічної кризи і пов'язаних з цим екологічних та соціальних наслідків. Ефектом таких змін в свідомості суспільства стала поява нових галузей знань, таких як, наприклад, екологічна економіка чи екологічний менеджмент. Також з'явилася нова термінологія, така як «сталий розвиток», синонімом якого є екорозвиток.

Екологічні наслідки екстенсивного розвитку паливно-енергетичних комплексів становлять велику загрозу для людства. Забруднення природного середовища стосується всіх трьох його складових: повітря, ґрунту і води. Основним джерелом викидів антропогенних забруднювачів є процес згоряння палива, особливо вугілля. Більше 75% викидів NO_x та SO₂, близько 70% викидів CO, понад 75% викидів пилу та понад 90% CO₂ відбувається при спалюванні традиційного палива. Основними забруднювачами повітря в Україні є підприємства гірничовидобувної, переробної, енергетичної та транспортної галузі (рис. 1) [1].

Вагомий внесок у забруднення довкілля вносить електроенергетика та виробництво. Як видно з рис. 1 у 2019 році в Україні найбільша частка викидів CO₂ припадала в результаті процесів електричної та теплогенерації при спалюванні твердого викопного палива, зокрема вугілля.

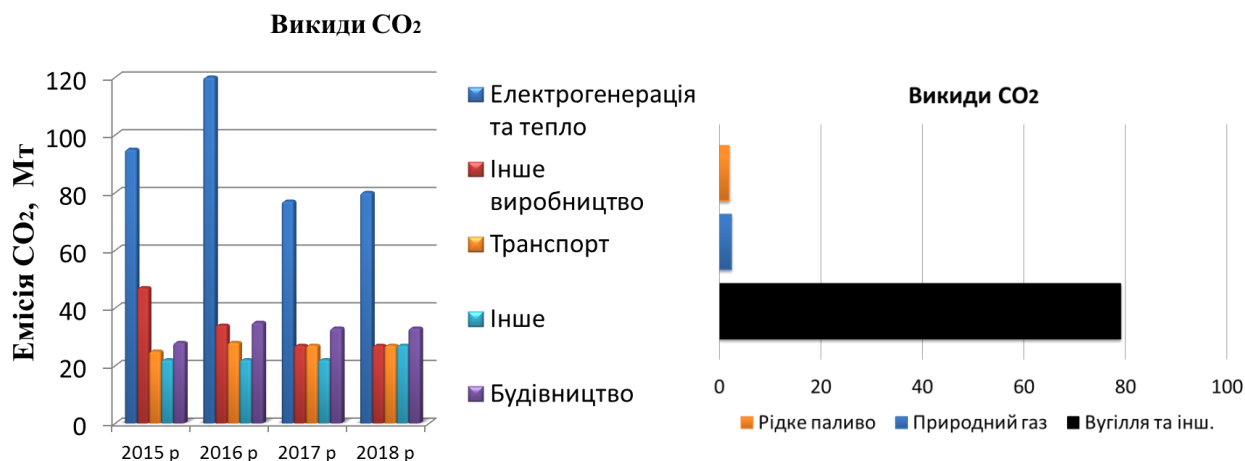


Рис. 1. Аналіз викидів CO₂ в Україні [1]

Забруднення довкілля відбувається не тільки через спалювання традиційного палива, а і при його видобутку. Наприклад, шахтарі, що працюють на вугільних шахтах, піддаються численним небезпекам, таким як ризик вибуху метану (виділяється в процесі видобутку) та вугільного пилу, пожеж, вибуху гірських порід гірські маси та ін.. При видобутку сирової нафти з дна океанів та її транспортуванні морем є небезпека її витоку у довкілля, а видобуток бурого вугілля відкритими методами завдає непоправної шкоди, знищуючи природні ландшафти на місці родовищ тощо. Використання в технологічних процесах спалювання традиційних енергоресурсів спричиняє щороку викиди близько 25 мільярдів тонн вуглекислого газу та поступове збільшення його концентрації в атмосфері.

Підвищення концентрації вуглекислого газу в атмосфері вважається основною причиною глобального потепління з усіма його негативними наслідками. Тому у сучасному світі спостерігається тенденція до зростання попиту на поновлювальні енергетичні ресурси. Однак не завжди є можливість скористатися з альтернативних джерел. Часто існують технічні чи економічні обмеження, а також ступінь їх використання залежить за розміром ресурсів та технологією обробки. Світові потужності та виробництва з джерел відновлювальної енергії представлено на рис. 2.

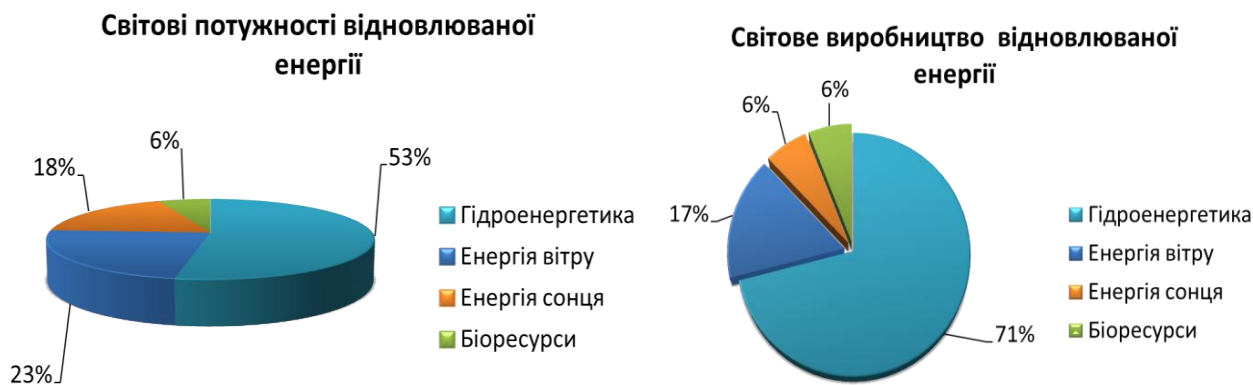


Рис. 2 Світові потужності та виробництво з джерел відновлювальної енергії [2]

Як видно з рис. 2, гідроенергетика є найбільшим джерелом поновлюваної електроенергії в світі. Світове виробництво енергії при використанні гідроресурсів сягає 71%. Зазначена галузь виробляє близько 16% електроенергії в світі з більш ніж 1200 ГВт встановленої потужності.

На сьогодні відбуваються зміни у формуванні енергетичної політики України в частині переходу до нової моделі функціонування енергетичного сектору, в якій, зокрема, мінімізується домінування одного з видів виробництва енергії, та віддається велика перевага використанню енергії з альтернативних джерел та підвищенню енергоефективності. За останні роки урядом України на законодавчому рівні розроблено та затверджено значну низку законодавчих нормативів і документів для наближення та гармонізації національного законодавства з базовою Директивою 2012/27/ЄС про енергетичну ефективність, Директивою 2010/30/ЄС щодо

енергетичного маркування енергоспоживчих товарів і Директивою 2010/31/ЄС щодо енергетичної ефективності будівель. У 2020 р. Міністерство енергетики спільно з Держенергоефективності та за активної участі Біоенергетичної асоціації України активізувало роботу над законодавством у біоенергетиці. Результатом такої співпраці було підготовка законопроектів щодо розвитку ринку твердих біопалив, звільнення біопалива від податку на CO₂, стимулювання вирощування енергетичних рослин [3].

Для виведення енергетичного комплексу України на принципово новий, якісний рівень розвитку в Україні у 2018 р був прийнятий організаційно-розпорядчий документ розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність». У перспективі (до 2025 року) Енергетична стратегія України прогнозує зростання частки відновлюваної енергетики до рівня 12% від загального первинного постачання електроенергії та не менше 25% – до 2035 року (включаючи всі гідрогенеруючі потужності та термальну енергію). При цьому в кінцевому споживанні електроенергії частка відновлюваних джерел енергії (далі – ВДЕ) має складати 20% (38 тис. ГВт· год, з них 25 тис. ГВт· год, або 12% річного очікуваного річного електроспоживання мають виробляти сонячні, вітрові, біоенергетичні станції [4].

Не зважаючи на досить низькі поточні обсяги виробництва електроенергії з альтернативних джерел (близько 1,9% від загальної генерації в 2018 році), темпи приросту потужності об'єктами відновлювальної енергетики України є суттєвими – на 30% (290 МВт) за 2017 рік, на 66% (849 МВт) за 2018 рік, та на 77% за перше півріччя 2019 року (+1637 МВт). Загальний обсяг приєднаної до об'єднаної електроенергетичної системи України встановленої потужності об'єктів відновлювальної енергетики станом на II квартал 2019 року перевищує 3,7 ГВт, а обсяг виробництва електроенергії з альтернативних джерел за перше півріччя 2019 року склав 2,44 млрд кВтгод, що на 83% вище, ніж за аналогічний період минулого року. Через велику частку енергоємних секторів і ціну на енергоресурси Україна вкрай потребує оптимізації власного енергоспоживання. Через стійкий дефіцит енергоносіїв, тому економічно рентабельними стають певні види місцевого альтернативного палива і відходів [5].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Інтерес до нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії у всьому світі зумовлений двома негативними тенденціями розвитку традиційної енергетики: швидким виснаженням природних енергоресурсів і забрудненням навколишнього середовища. Щорічне подорожчання енергетичних ресурсів призводить до зростання частки використання поновлюваних джерел енергії в усьому світі. Вагомий внесок у розвиток вітчизняної біоенергетики та найбільш ефективних для біопалива культур зробили Гелетуха Г. Г., Железна Т. А., Баштовий А. І., Андрійчук В. Г., Бойко В. І., Гайдуцький П. І., Калетник Г. М., Ситник В. П. та інш. У 2019 році первинна енергія, вироблена в ЄС, надходила з різних джерел, найбільшу частку становили відновлювані джерела енергії – більше третини (34,2%) загального виробництва в ЄС (рис. 3) [1].



Рис. 3. Загальне постачання первинної енергії в ЄС

Атомна енергетика посіла друге місце з 31,0% від загального виробництва первинної енергії. Найбільшу частку первинної енергії від атомної галузі було вироблено у Франції, де майже 78,0% національної енергії походило з цього джерела, тоді як у Бельгії та Словаччині ця частка становила понад три п'ятих (відповідно 63,1% та 62,7%). Частка твердого викопного палива

(18,3%, переважно вугілля) була трохи нижче п'ятої, а частка природного газу складала близько однієї десятої (9,3%). Збільшення виробництва первинної енергії в ЄС із відновлюваних джерел було більшим, ніж для всіх інших енергоресурсів.

Сучасна енергетична криза, в якій опинилася Україна, потребує невідкладних заходів вирішення соціально-економічної проблеми енергетичної безпеки, що може бути вирішена тільки при умові раціонального використання всіх джерел енергії і пошуку альтернативних. Сучасний стан розподілу джерел енергії в загальному постачанні первинної енергії в Україні, залежно від джерела походження, представлено на рис. 4 [5].

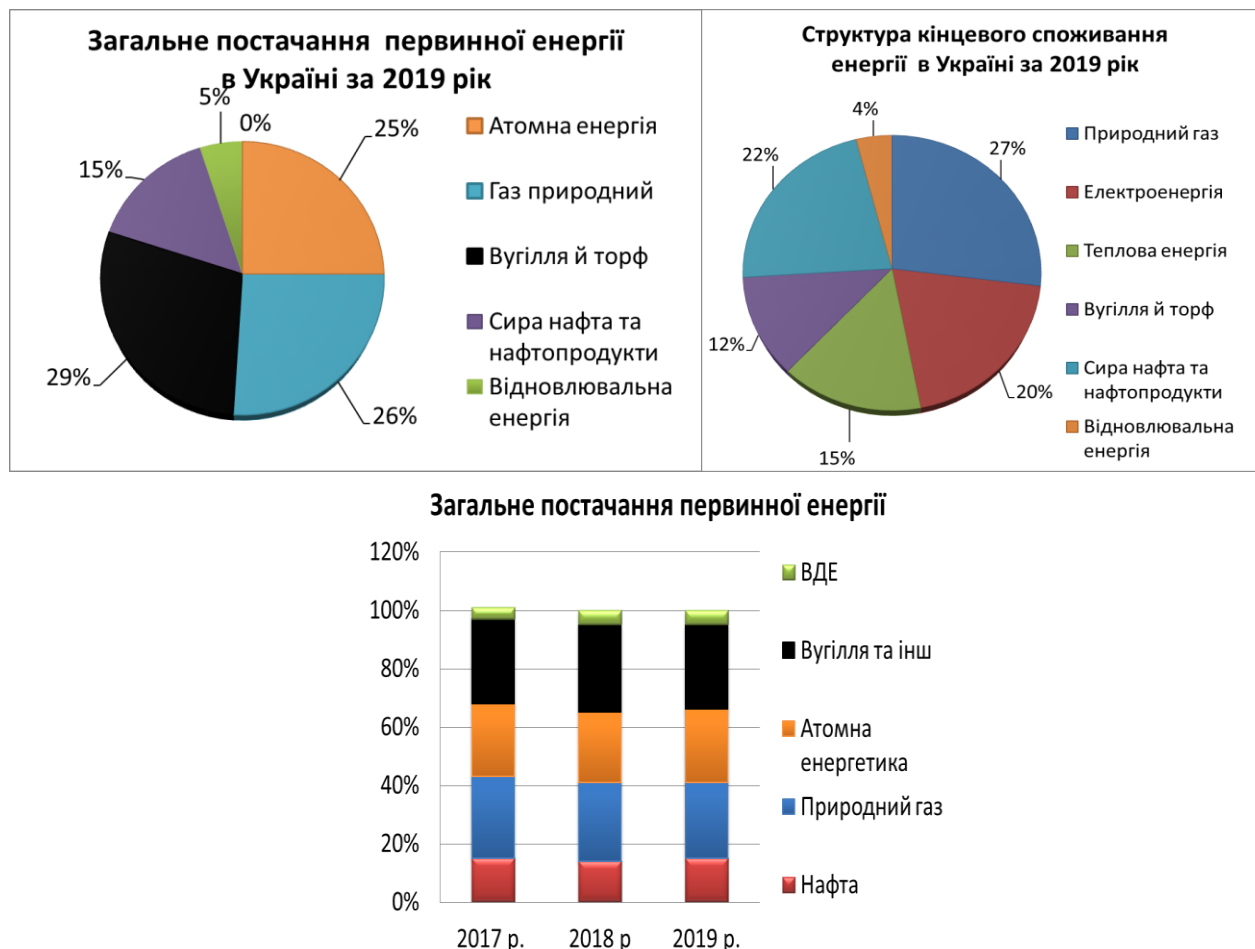


Рис. 4. Сучасний стан розподілу джерел енергії в загальному постачанні первинної енергії в Україні

Статистичні дані рис. 4 свідчать про те, що в Україні ще переважає використання викопного палива – 95%. В загальному постачанні первинної енергії перше місце займає вугілля і торф, які складають 29%. Показник постачання первинної енергії з ВДЕ залишається доволі низьким і складає 5% в порівнянні з ЄС – 34%.

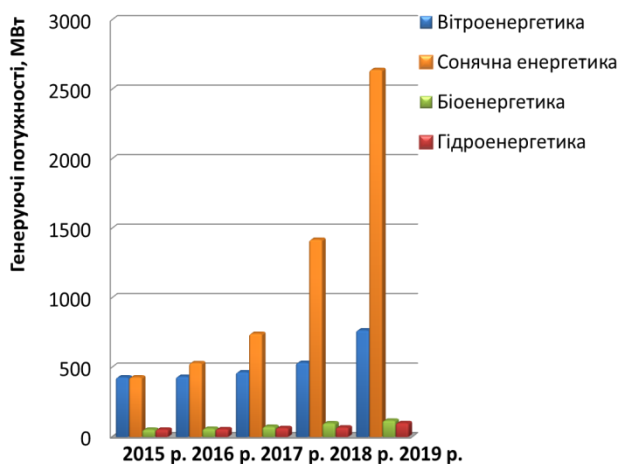
В світі енерговитрати на ВДЕ стали швидко зменшуватися, невдовзі енергія з відновлюваних джерел енергії буде конкурентоспроможною у порівнянні з електричною, виробленою на звичайних електростанціях. Згідно статистичних даних Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії (IRENA) у 2020 р через пандемію COVID-19, глобальний попит на енергію скоротився на 5%, викиди CO₂ від сектору енергетики скоротились на 7%, а інвестиції в енергетику скоротились на 18%. Скорочення попиту на окремі види палива складає: 8% – на нафту, 7% – на вугілля, 3% – на природний газ. В той же час, попит на електроенергію скоротився на символічні 2%, а відновлювані джерела енергії залишились найстійкішими джерелами енергії до викликів пандемії COVID-19 [2].

Аналізуючи виробництво електричної енергії з ВДЕ за останні роки можна впевнено ствердити, що спостерігається активне нарощування потужностей і збільшення виробництва електроенергії з відновлюваних джерел. Особливо важливі зміни відбулися у 2020 р. Це вплинуло на структуру генерації в енергосистемі України. Так в 2020 році генерація на вітрових та сонячних

електростанціях (ВЕС та СЕС) збільшилася вдвічі – до 863 млн кВт•год в порівнянні з 2019 роком (рис. 5). В результаті обсяги виробництва ВЕС та СЕС склали більше 37% генерації на теплових електростанціях (ТЕС) і 11% на атомних (АЕС). Ця тенденція підсилюється зменшенням споживання, яке спричинене сезонним потеплінням та карантинном [5].

За підсумками 2020 року у порівнянні з 2019-м прогнозується збільшення генерації ВДЕ майже вдвічі – до 10,284 млрд кВт•год. Цей обсяг дорівнюватиме 12,8% генерації на АЕС та до 24,4% на ТЕС.

Зростання в Україні потужностей ВДЕ



Українські потужності ВДЕ у 2019 р

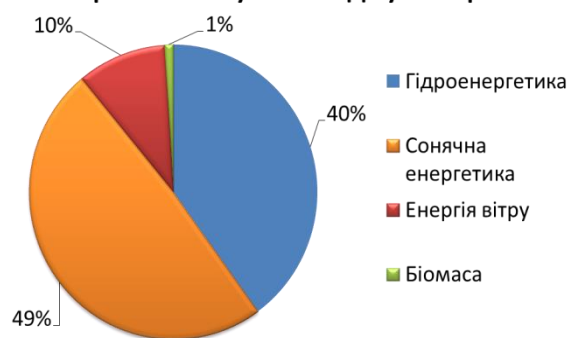


Рис. 5. Аналіз потужностей ВДЕ в Україні

Україна досягла значних успіхів у плануванні майбутнього своєї енергетичної системи та розробці політики в галузі ВДЕ. У звіті Міжнародного агентства з відновлюваної енергії (IRENA) відзначається, що до 2030 року більш широке використання відновлюваної енергії має знизити загальні витрати на енергосистему України. На рис.6 показано прогнози енергії з відновлюваних джерел у загальному кінцевому енергоспоживанні для України до 2030 р відповідно до прийнятої енергетичної політики за період 2009-2030 роки [6].

Прогноз використання ВДЕ в Україні

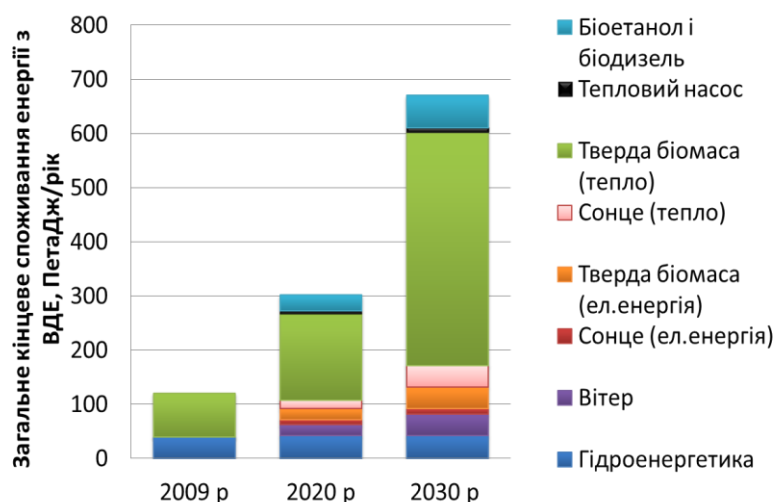


Рис. 6. Перспективи споживання енергії з ВДЕ для України до 2030 р відповідно до прийнятої енергетичної політики за період 2009-2030 роки

З діаграми видно, що біоенергія домінує у структурі ВДЕ, а її частка залишається на рівні 67% – 84% до 2030 року. Спостерігається тенденція до зростання кількісних потужностей вітрової та сонячної енергетики. Втім, у електроенергетиці основну перевагу складають ГЕС та ВЕС (70% від загального виробництва з ВДЕ). Друге місце по енергоспоживанню займають установки на біомасі та сонячні фотоелектричні станції. Одним з найперспективніших видів відновлювальних джерел енергії є біомаса, з якої можна отримати 2 млрд т. у. п. енергії в рік, що складає близько

14% загального споживання первинних енергоносіїв в світі (в країнах, що розвиваються, – більше 30%, іноді до 50...80%). Біомаса для України в перспективі може стати основним джерелом енергії у секторах теплопостачання та транспорту.

Аналізуючи показники енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007 – 2019 роки можна зробити висновок, що біомаса становить основу альтернативних ресурсів України (табл. 1). У 2019 р. енергоспоживання з при використанні біопаливних ресурсів та відходів має найвищий показник в порівнянні з іншими ресурсами ВДЕ і відповідає 3362 тис. т н.е.

Таблиця 1

Енергоспоживання на основі відновлюваних джерел за 2007-2019 роки [5]

Постачання первинної енергії	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Гідроенергетика, тис. т н.е.	1131	941	901	1187	729	464	660	769	897	560
Енергія біопалива та відходи, тис. т н.е.	1476	1563	1522	1875	1934	2102	2832	2989	3208	3362
Вітрова та сонячна енергія, тис. т н.е.	4	10	53	104	134	134	124	149	197	426
Загальне постачання енергії від відновлюваних джерел, тис. т н.е.	2611	2514	2476	3166	2797	2700	3616	3907	4302	4348

Забезпечення інновацій та сталого розвитку енергетичного сектору є пріоритетними діями високоіндустріальних країн світу. Технічно-технологічні зміни у виробництві енергії визначають динаміку економічного та соціального зростання держави та дозволяє підтримувати енергетичну безпеку. Однак у наш час ресурси викопного палива є головними причинами енергетичного потенціалу та конкурентоспроможності економіки. Їх надмірне використання в процесах спалювання спричинило виснаження родовищ та забруднення навколишнього середовища. Тому існує певна переорієнтація в енергетичному секторі, в якому відновлювані джерела енергії (ВДЕ) стають все більш важливими. Україна, відповідно до взятих на себе зобов'язань за міжнародними договорами, повинна реформувати енергетичні ринки та імплементувати європейське законодавство у сфері енергоефективності та енергозбереження.

Одними з основних документів ЄС в галузі енергоефективності є Директива ЄС зі збільшення частки використання відновлюваних джерел енергії (2009/28/EU). Згідно з Законом України "Про альтернативні джерела енергії" та Розпорядження Кабінету Міністрів України "Про схвалення Енергетичної стратегії до 2030 року" загальний обсяг інвестицій у розвиток галузі біоенергетики становить близько 12 млрд грн. Очікується, що енергетичне використання біомаси щорічно здатне забезпечити заміщення викопних палив у розмірі 9,2 млн т у.п., у тому числі за рахунок переробки соломи на енергоресурси 2,9 млн т у.п., торфу – 0,6 млн т у.п., відходів деревини – 1,6 млн т у.п., використання біогазу – 1,3 млн т у.п., використання твердих побутових відходів – 1,1 млн т у.п. й використання етанолу та біодизеля – 1,8 млн т у.п. [4].

Перевагою біомаси є її проекологічність. Біомасу можна виробляти та використовувати без значних технологічних вкладень; енергія, що міститься в біомасі, є найменш капіталоемним джерелом відновлюваної енергії; виробництво енергії з біомаси може покращити паливний баланс енерговикористання регіону. До переваг використання біомаси можна також віднести: екологічно чисті продукти горіння, можливість використання відходів після спалювання в якості натуральних добрив; утворений в результаті спалювання двоокис вуглецю не впливає на збільшення так званого «парникового ефекту», оскільки його концентрація зберігається на постійному рівні через замкнутий цикл кругового обігу в результаті процесів фотосинтезу.

Постановка завдання. Метою дослідження є аналіз енергетичної ефективності біомаси, визначення ефективних способів перетворення і перспектив її використання. Для досягнення мети були поставлені такі завдання:

- проаналізувати використання і виробництво електричної енергії з ВДЕ;
- запропонувати класифікацію біомаси в залежності від її походження, проаналізувати її якісні характеристики;
- запропонувати класифікацію основних типів енергетичних процесів, які пов'язані з переробкою біомаси і проаналізувати їх енергоефективність;
- обґрунтувати і виділити основні перспективні біоресурси і технології для перетворення та отримання біопалив в Україні;
- визначити перспективи використання біомаси в Україні.

Виклад основного матеріалу. Вітчизняна енергетична галузь, яка в основному базується на ядерній енергетиці та кам'яному вугіллі, є джерелом значної кількості забруднюючих речовин, що викидаються в атмосферу. Скорочення цих забруднюючих речовин пов'язано з впровадженням нових рішень у галузі відновлюваних джерел енергії. Біомаса як відновлюване джерело енергії (ВДЕ) є важливим елементом енергетичної економіки світу. Прийняття засад енергетичного використання біомаси вимагає уточнення самого поняття біомаси та зазначення її джерел. Отже, біомасою вважаються тверді або рідкі речовини, рослинного або тваринного походження, а також з відходів та залишків виробництва сільського й лісового господарства, переробної промисловості, продуктів (наприклад зернових культур), які не відповідають показникам якості та підлягають біодеградації, (рис. 7).

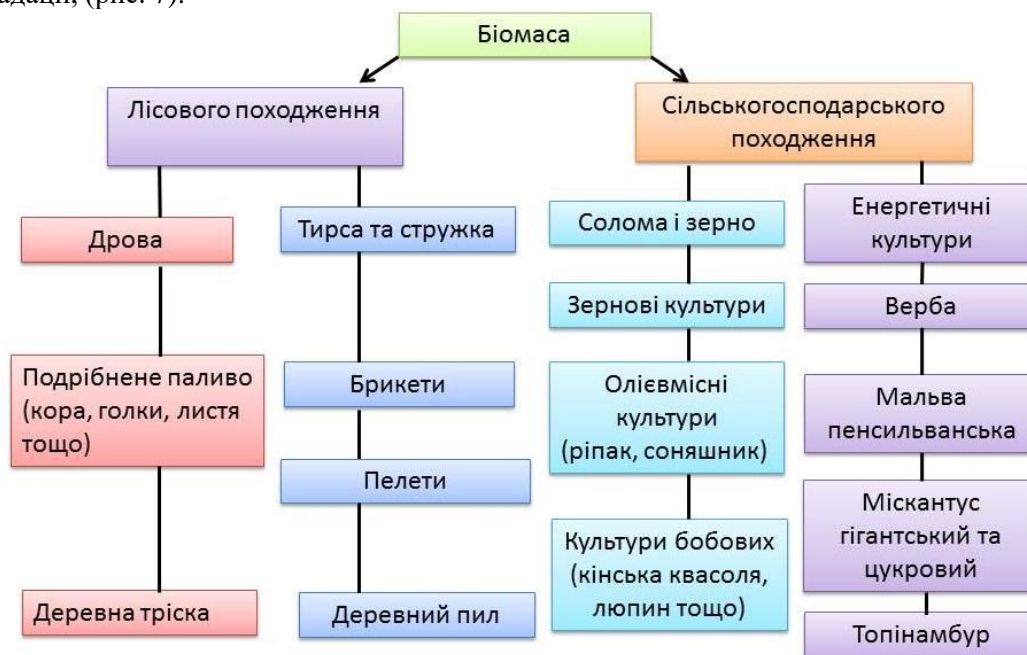


Рис. 7. Класифікація біомаси за походженням

Зазвичай біомаса збирається при виробництві та переробці рослинних продуктів, а більша її частина, яка спалюється в енергетичних котлах, має рослинне походження. Енергетичні рослини характеризуються високим річним приростом та теплотворною здатністю палива, стійкістю до хвороб та шкідників і відносно низькими вимогами до ґрунту. До таких культур, серед інших, належать: верба, мальва пенсильванська, топінамбур, багаторічні трави. Їх вирощування є найкращим способом оздоровлення деградованих сільськогосподарських угідь. Це також надзвичайно важливою можливістю механізації агротехнічних робіт, пов'язаних із посадкою насаджень та збиранням врожаю. Вирощування енергетичних культур є екологічно чистим, і, може використовуватися в середньому протягом 15-20 років.

Енергетична ефективність біомаси визначається її кількістю, яку можна отримати на даній території протягом певного часу, а її вартість залежить головним чином від коливань ринку та походження (лісова, сільськогосподарська або біовідходи), що визначає її фізико-хімічні властивості та впливає на технологічні процеси її переробки. В енергетичному секторі найчастіше використовується біомаса рослинного походження у вигляді тріски, тирси, пелетів та брикетів.

Основним параметром оцінки енергетичних ресурсів є показник теплотворної здатності. Він визначає основні якісні параметри твердого біопалива. Цей показник може коливатися від 6-8 МДж/кг для біомаси із вмістом вологи 50–60% до 15-17 МДж/кг для висушеної біомаси, вологість якої становить 10-20%, до 19 МДж/кг для повністю висушеної біомаси. Однак теплотворна здатність біомаси значно нижча ніж у кам'яного та бурого вугілля (табл. 2).

Високий вміст вологи в біомасі, низькі показники насипної щільності призводить до зростання витрат на транспорт біомаси від джерела її збору до місця спалювання. Крім того, інфраструктура зберігання є дуже важливим аспектом. При використанні біомаси в енергетичному секторі повинні бути розроблені спеціальні силоси, конвеєрні стрічки для біомаси, ваги та герметичні контейнери, тому в результаті використання біомаси є відносно дорогою інвестицією порівняно з використанням вугілля. Логістика біомаси – дуже важлива і відповідальна сфера

роботи ряду фахівців на кожній електростанції та ТЕЦ, яка використовує біомасу для виробництва електроенергії та тепла. Для зберігання біомаси потрібні великі звалища та спеціально підготовлені склади з покриттям.

Таблиця 2

Показники палива

Показник	Солома	Деревина	Торф	Буре вугілля	Кам'яне вугілля
Вологість,%	12-70	20-60	90-95	20-55	5-20
Зольність,%	4-7	0,8-1,6	1-25	1-50	3-20
Вміст сірки в сухому стані, S,%	0,05-0,12	0,06	0,1-1,2	0,3-6	0,3-2,5 (6)
Вміст водню в сухому стані, H,%	38-44	40-44	30-40	12-30	2-15
Вміст карбону в сухому стані, C,%	47-48	50-52	55-60	58-78	75-93
Вміст летючих речовин в сухому стані,%	73-80	76-80	65-70	54-65	3-45
Вища теплота згорання, МДж/кг	17-18	18-21	21-22	22-31	до 36,5
Нижча теплота згорання, МДж/кг	16-17	17-20	20-21	21-30	До 35,6

У 2006 році використання біомаси в світі енергетичних цілях було на рівні 1186 млн т.у.п., а до 2030 р. очікується досягнення 1660 млн. т.у.п.. Ці дані свідчать, що із швидко зростаючим світовим попитом на первинну енергію, частка біомаси залишиться на рівні приблизно 10%. Такий низький відсоток використання пов'язаний з необхідністю перетворення біомаси в зручну форму, яке може відбуватися трьома головними шляхами (рис. 8). Використання різних способів перетворення біомаси дозволяє її ефективно використати в якості біопалива (наприклад, пелети); отримати в результаті процесів термохімічної та біохімічної конверсії тепло, генерувати електроенергію та виробляти біопаливо для транспортної галузі господарства (біодизель, біоетанол).

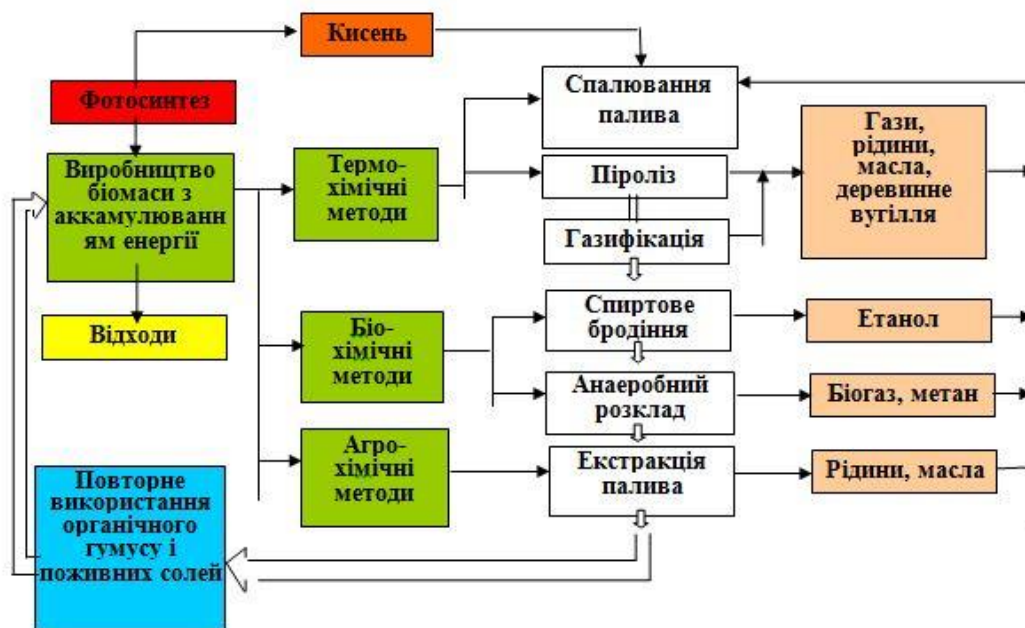


Рис. 8. Класифікація основних типів енергетичних процесів, які пов'язані з переробкою біомаси

Розглянемо особливості технології та тенденції виробництва, а також способи використання різних видів біомаси. Основними технологіями термічного способу переробки деревини та біомаси в твердому агрегатному стані є процеси прямого спалювання. В такий спосіб можна отримати теплову, а також електричну енергію. Біомасу можна спалювати безпосередньо, як самостійне паливо або додавати його, наприклад, до вугілля. Технологія спалювання біомаси з вугіллям чинить менший шкідливий вплив на довкілля через те, що нижчі концентрації викидів і пилу потрапляють у повітря. Дані технології є найбільш доступними, отримали широке розповсюдження і практичне застосування через простоту та низьку енерговитратність.

В енергетичній галузі значне місце займає "агро" біомаса. В основному вона походить з відходів сільськогосподарського виробництва. Класифікувати біомасу з відходів можна за вмістом вологості: відходи сухі і мокрі (рис. 9).

Найбільше серед сільськогосподарських відходів біомаси на даний момент використовується солома. В Україні цей енергоресурс складає 50 мільйонів тон щороку. Солома в основному складається з целюлози, геміцелюлози та лігніну. До брикетування найбільш придатна солома з жита, пшениці, ріпаку, гречки та кукурудзи. Калорійність соломи як енергетичного палива залежить від її виду, вологості та техніки зберігання. Доцільніше використовувати солому сіру, тобто підсушену попередньо в погодних умовах у полі. Такий продукт характеризується дещо кращими енергетичні властивості від соломи жовтої свіжозрізаної, оскільки при її спалюванні утворюється менші кількості сполук сірки та хлору. Занадто волога солома має не тільки нижчу енергетичну цінність, але також спричиняє більше викидів забруднюючих речовин при спалюванні.

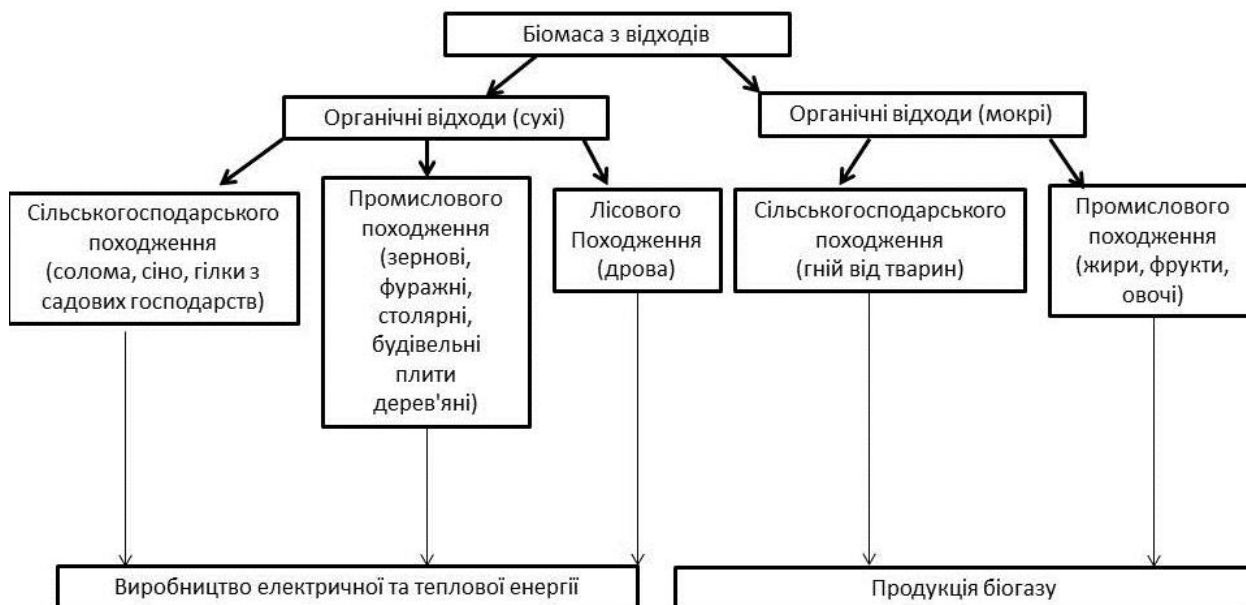


Рис. 9. Класифікація біомаси з відходів

До біопалива з відходів тваринного походження відносять біогаз, який отримують при анаеробній ферментації суспензії гною тварин; при бродінні мулу на очисних спорудах. При цьому існує два способи ферментації – сухий і мокрий. Під час бродіння більше половини органічних відходів перетворюється на біогаз.

Склад біопалива біогазу може змінюватися залежно від типу, кількості та якості біомаси. В складі біогазу в більшій мірі переважає метан CH_4 40% – 80%; вуглекислий газ CO_2 20% – 55%; сірководень H_2S 0,1% – 5,5%; у незначних кількостях: водень H_2 , чадний газ CO , азот N_2 , кисень O_2 . Спалюючи біогаз можна отримати тепло або електроенергію. Другим способом біохімічного перетворення біомаси є процес спиртового бродіння в результаті якого відбувається розщеплення вуглеводів під впливом ферментів, що виробляються дріжджами. Продуктом спиртового бродіння є етиловий спирт і вуглекислий газ. Після зневоднення етилового спирту його можна використовувати як добавку до бензину або як замітник. Ще одним шляхом отримання рідких біопалив є агрохімічний спосіб перетворення олієвмістних культур. Рідке біопаливо отримують з насіння енергомістких культур. Технологія виробництва біодизельного палива з ріпакової олії побудована на механічній і хімічній переробці відфільтрованої олії до форми метилового ефіру. Даний продукт утворюється у результаті хімічної реакції: рослинна олія (жир) + метиловий спирт (у присутності каталізатора) = метиловий ефір. Теплотворна здатність біопалива 37 МДж/кг або 33 МДж/л. Виробництво біодізелю, орієнтованого на використання ріпаку, сої та кукурудзи як вихідної сировини, також залежить від запровадження сучасних технологій покращення жирнокислотного складу вихідної сировини, застосування новітніх підходів до етерифікації жирних кислот, використання сучасних каталізаторів та побічних продуктів його виробництва, у першу чергу таких, як гліцерин. Ще однією важливою культурою з погляду біоенергетики для отримання біоетанолу шляхом біохімічного перетворення біомаси для України є цукровий буряк. Технологія його

виращування, транспортування і зберігання добре розроблена, і у разі вирішення проблеми енергетичних витрат на його переробку можливо одержану вати біоетанол з цієї сировини [7].

Біомасу можна перетворювати на біопаливо шляхом проведення процесу газифікації. Газифікація – це процес, при якому під впливом високих температур з обмеженим вмістом кисню або повітря біомаса перетворюється в деревний газ. Отриманий газ також можна використовувати в газових плитах, газових турбінах для виробництва електроенергії. Але ці технології вимагають більших витрат, тому знаходяться на демонстраційному рівні розвитку. Перетворення біомаси в результаті піролізу дозволяє отримати кілька видів біопалива в різних агрегатних станах біогаз, рідке біопаливо та кокс. Піроліз – це процес розкладання органічних речовин без кисню. Властивості біопалива, що утворюється в результаті піролізу, залежать від типу біомаси: її складу та температурних режимів, часу, присутності води, кисню. Через багатостадійність, складність та енергоємність ця технологія знаходиться на дослідному рівні розвитку.

Значні перспективи для біоенергетики в Україні мають культури, здатні накопичувати велику біомасу: спориш сахалінський (*Polygonumsachalinense*), міскантус (*Miscanthusspp.*), очеретяна канарейка (*Phalarisarundinacea*), топінамбур (*Helianthustuberosus*), багатоквіткова троянда; нові сорти тополі, верби та інших деревних культур.

Висновки. Біопаливо сьогодні розглядається в Україні як вагома альтернатива традиційним енергоресурсам. До переваг біомаси слід віднести «нульовий» баланс викидів CO₂ в результаті процесів горіння, оскільки під час росту рослин відбувається поглинання CO₂ з атмосфери. Також біомаса містить незначну кількість сірки, через що при її спалюванні в атмосферу викидається менші концентрації SO_x. У порівнянні з традиційними видами палива, у її складі міститься значно більше кисню у структурах хімічних сполук, що призводить до нижчої концентрації енергії на одиницю маси (щільність енергії). До недоліків біомаси можна віднести також великі коливання хімічного складу (азоту, хлору, лугів) та вмісту води, тенденція до утворення смол і низька температура плавлення золи.

Виробництво енергоносіїв біологічного походження для свого ефективного функціонування потребує певних умов: наявності сировинної бази, певної технології перероблення сировини та виготовлення готового продукту, а також ринку збуту продукції. Несформованість сировинної бази та відсутність гарантій щодо стабільних поставок сировини зараз є тими факторами, які гальмують розробки та впровадження проєктів з використання біомаси в центральних системах теплопостачання у якості основного енергоресурсу або будівництва заводів для технологічного перетворення біомаси з метою отримання біопалив. Однак в Україні є всі передумови для інтенсивного розвитку, видобутку та використання нетрадиційних джерел енергії.

Представлені в роботі методи перетворення біомаси в енергію об'єднує те, що завдяки даним технологіям суспільство отримує величезні можливості використання ВДЕ для енергетичного споживання. Наведені вище приклади та досвід розвинених країн показує, що варто розглядати біовідходи як джерело доходу. Стосується це особливо тих держав, де кожен день велика кількість з них відправляється на звалища.

Масштаб потенційних установок з використанням біомаси залежить не тільки від щодо наявності самих відходів, їх кількості, але і якості та придатності для кожної країни тих або інших процесів перетворення. Безумовно, оптимальним економічним кроком для міських агломерацій є перетворення біомаси термічними методами, а для сільських господарств – біологічні методи. У першому випадку це, як правило, потужні системи переробні заводи, а в інших – мікроустановки середнього масштабу. Початковою точкою для використання потенціалу муніципальних та промислових відходів є їх вибіркового збір та належне сортування, що слід враховувати перед плануванням цього виду інвестицій.

Використання біомаси в енергетичних цілях може принести багато переваг, пов'язаних зі зменшенням викидів парникових газів, збільшенням зайнятості в сільській місцевості та підвищенням ефективності сільськогосподарського виробництва на сімейних фермах. Однак при цьому слід пам'ятати про концепцію сталого розвитку, який дозволяє використовувати природні блага при збереженні їхніх ресурсів для майбутніх поколінь.

Література

- 1 World Energy Balances: Overview 2020. <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview>.
- 2 IRENA (2019). Renewable Energy Statistics (2019). The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi <https://www.irena.org/publications/2019/Jul/Renewable-energy-statistics-2019>.

- 3 Міністерство енергетики України. – Режим доступу: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245475362.
- 4 Енергетична стратегія України до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність". – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>.
- 5 Державна служба статистики України. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- 6 IRENA (2015). REmap 2030. Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні, IRENA, Абу-Дабі. URL: www.irena.org/remap.
- 7 Geletukha H., Zheliezna T.. Status and prospects of bioenergy development in Ukraine. Industrial Heat Engineering. 2017. Vol. 2. Issue 39. P. 60-64.

G. Koshlak, A. Pavlenko

*Ivano-Frankivsk National Technical
University of Oil and Gas*

PROSPECTS OF ENERGY USE FROM BIOMASS IN UKRAINE

The article analyzes the state of production and use of energy resources in the world, as well as current trends and forecasts of energy use from renewable sources in the final energy consumption. The definition and classification of bioresources depending on their origin are proposed and their qualitative characteristics are analyzed. Legislative norms and documents related to the development of fuel and energy sectors and prospects for the development of renewable energy sources in Ukraine are analyzed.

It is determined that the main problems that hinder the development of bioenergy are the need for biomass conversion, complexity and energy intensity of biofuel production technologies, immature raw material base, inconsistent raw material composition and lack of guarantees for stable supply of raw materials. Based on the analysis of biomass conversion methods, a classification of the main types of energy processes related to biomass processing is proposed. The analysis of biomass conversion technologies helped to conclude that at this stage the technologies of thermochemical conversion of direct biomass combustion are actively developing due to the simplicity of technology and low energy consumption.

The analysis of the dynamics of capacity growth of renewable energy sources in Ukraine helped to conclude that Ukraine has all the prerequisites for intensive development, production and use of non-traditional energy sources. This is facilitated by promising bioresources for electricity and heat generation technologies, it is substantiated that bioenergy has the potential to become one of the main strategic resources for improving energy and environmental security of the country.

Key words: energy balance of renewable energy sources, emission reduction, biomass, biofuels, methods of biomass conversion, barriers to bioenergy development, heat and electricity generation, sustainable development

References

- 1 World Energy Balances: Overview 2020. <https://www.iea.org/reports/world-energy-balances-overview>.
- 2 IRENA (2019). Renewable Energy Statistics (2019). The International Renewable Energy Agency, Abu Dhabi <https://www.irena.org/publications/2019/Jul/Renewable-energy-statistics-2019>.
- 3 Ministry of Energy of Ukraine. Access mode: http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/publish/article?art_id=245475362.
- 4 Ukraine's energy strategy until 2035 "Security, energy efficiency, competitiveness". URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358>.
- 5 State Statistics Service of Ukraine. [Electronic resource]. – Access mode: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
- 6 IRENA (2015). REmap 2030. Perspektivy rozvytku vidnovliuvanoi enerhetyky v Ukraini, IRENA, Abu Dhabi. URL: www.irena.org/remap.
- 7 Geletukha H., Zheliezna T. Status and prospects of bioenergy development in Ukraine. Industrial Heat Engineering. 2017. Vol. 2. Issue 39. P. 60-64.

Надійшла до редакції 21 січня 2021 р.