

УДК 620.92

ПЕРСПЕКТИВИ ДЕКАРБОНІЗАЦІЇ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ В УКРАЇНІ

Гелетуха Г.Г., доктор техн. наук, Желєзна Т.А., канд. техн. наук, Баштовий А.І., канд. техн. наук

Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, 03057, Україна

<https://doi.org/10.31472/tpe.3.2021.6>

Представлено стан розвитку біоенергетики в світі і в ЄС. Проаналізовано роль біоенергетики в процесі декарбонізації централізованого теплопостачання України. Розроблено рекомендації для запровадження довгострокового планування в секторі теплопостачання України.

Представлено состояние развития биоэнергетики в мире и в ЕС. Проанализирована роль биоэнергетики в процессе декарбонизации централизованного теплоснабжения Украины. Разработаны рекомендации для внедрения долгосрочного планирования в секторе теплоснабжения Украины.

State of the development of bioenergy in the world and in the EU is presented. The role of bioenergy in the process of decarbonization of district heating of Ukraine is analyzed. Recommendations for the introduction of long-term planning in the heat supply sector of Ukraine have been developed.

Бібл. 11, табл. 2, рис. 5.

Ключові слова: відновлювані джерела енергії, біомаса, біопаливо, біогаз, декарбонізація, централізоване теплопостачання.

АДЕ – альтернативні джерела енергії;
ВДЕ – відновлювані джерела енергії;
ЗППЕ – загальне постачання первинної енергії;
ТЕС – теплова електростанція;
ТЕЦ – теплоелектроцентрально;
ТПВ – тверді побутові відходи;
ЦТ – централізоване теплопостачання;

Індекси нижні:
ел. – електричний;
екв. – еквівалент;
т – тепловий.

Актуальність роботи обумовлена нагальною необхідністю декарбонізації енергетичного сектору як такого, що є відповідальним за найбільшу частку загальних викидів парникових газів, пов'язаних з діяльністю людини. **Метою** роботи є визначення перспективних напрямків декарбонізації централізованого теплопостачання в Україні, а також заходів, необхідних для їх практичної реалізації. **Методи дослідження** включають вивчення літературних, статистичних та інших даних, аналіз нормативно-правових актів.

Розвиток біоенергетики у світі та її внесок у боротьбу зі зміною клімату

Боротьба зі зміною клімату є наразі одним з головних глобальних викликів. Для уникнення катастрофічних наслідків зміни клімату необхідно утримувати підвищення середньорічної температури на Землі в межах 2 °С до 2050 року. Саме про це іде мова у Паризькій Угоді 2015 року, мета якої – спрямовувати зусилля країн-підписантів на обмеження зростання температури до 1,5 °С від доіндустріальних рівнів, оскільки це суттєво зменшить ризики і впливи від зміни клімату. Цього можна досягти шляхом масштабного скорочення викидів парникових газів у всіх галузях світової економіки.

Енергетичний сектор є сьогодні відповідальним за дві третини загальних викидів парникових газів, пов'язаних з діяльністю людини. Це означає, що великі зусилля по декарбонізації мають бути спрямовані саме на сектор енергетики, в якому перехід на ВДЕ є одним з найбільш ефективних засобів скорочення викидів парникових газів. За оцінками Міжнародного агентства з відновлюваної енергетики (IRENA), для досягнення ефективної декарбонізації в енергетиці скорочення викидів діоксиду вуглецю має складати в середньому 2,6% на рік, що еквівалентно 0,6 Гт CO₂/рік. Виконання мети Паризької Угоди може бути забезпечено поєднанням значного росту енергоефективності із збільшенням частки ВДЕ у загальному постачанні первинної енергії до принаймні 65% у 2050 році. Такий ріст ВДЕ відповідає сценарію прискореного розвитку відновлюваної енергетики, розробленому IRENA, на противагу базовому сценарію, що враховує тільки існуючі тенденції в енергетиці [1].

Наразі ВДЕ забезпечують 19% світової потреби в енергії із річним ростом їх частки у ЗППЕ на рівні 0,17% протягом останніх п'яти років. Для досягнення 65% у ЗППЕ у 2050 році цей ріст має збільшитися у сім разів. Сценарій IRENA прискореного розвитку відновлюваної

енергетики також передбачає значно менший ріст ЗППЕ у період 2015-2050 рр. порівняно з базовим сценарієм – 23% проти 50%, відповідно.

Біоенергетика є найбільш потужним сегментом світової відновлюваної енергетики. Її частка у ЗППЕ становить 13%, що відповідає більше 67% внеску всіх ВДЕ. Обсяг виробництва енергії з біомаси у світі за останні 20 років збільшився на 30% і сягає зараз близько 56 ЕДж/рік (рис. 1). За прогнозами IRENA, без подвоєння виробництва енергії з біомаси до 2050 р. неможливо утримати підвищення глобальної температури в межах 2 °С. Це свідчить про надзвичайно важливу роль біоенергетики в загальному процесі декарбонізації.

Біоенергетика традиційно відіграє ключову роль у виробництві теплової енергії, забезпечуючи найбільший внесок серед всіх ВДЕ. Частка теплової енергії з ВДЕ у централізованому тепlopостачанні у світі складає майже 8%, а у виробництві теплової енергії за виключенням ЦТ – 20% (2018 р.). В обох випадках внесок біоенергетики є найбільшим – 96% і 95%, відповідно, і така тенденція зберігається протягом вже багатьох років (рис. 2).

Роль біоенергетики в реалізації Європейського зеленого курсу

Біоенергетика є ключовим сегментом відновлюваної енергетики Євросоюзу вже протягом кількох десятиріч. Її частка у валовому кінцевому енергоспоживанні ЄС становить наразі близько 11%, що складає більше 58% внеску всіх ВДЕ. Із загального обсягу кінцевого споживання біомаси 74% іде на виробництво теплової енергії, 13% – на виробництво електроенергії, решта – на отримання біопалив для транспорту [3].

Очікується, що біоенергетика відіграватиме важливу роль в декарбонізації енергетики ЄС при реалізації Європейського зеленого курсу. Зелений курс є комплексною стратегією переходу Європи до сталої економіки, чистої енергетики і кліматичної нейтральності до 2050 р. В рамках Зеленого курсу реалізується ціла низка стратегій, серед яких Чиста енергія, Стратегія інтеграції енергетичної системи, Стратегія розвитку офшорної відновлюваної енергетики, Воднева стратегія, метанова стратегія та інші. Впровадження цих стратегій передбачає масштабний розвиток відновлюваної енерге-

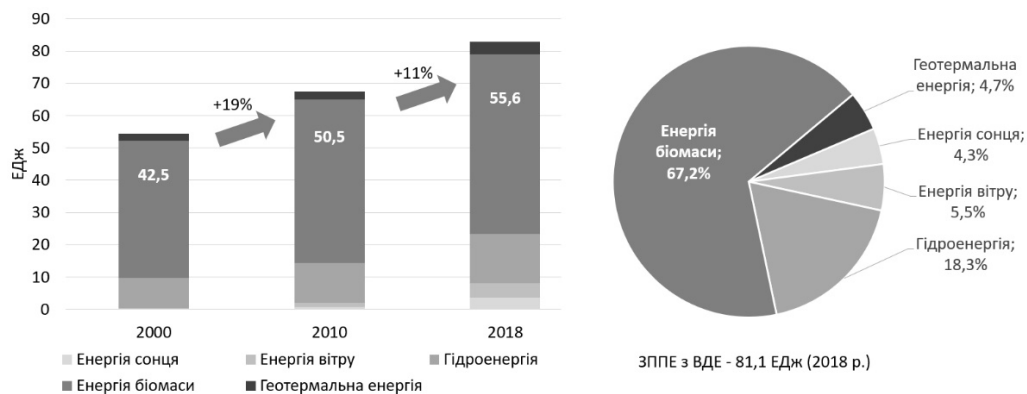


Рис. 1. Розвиток біоенергетики у світі і її місце серед інших ВДЕ [2]

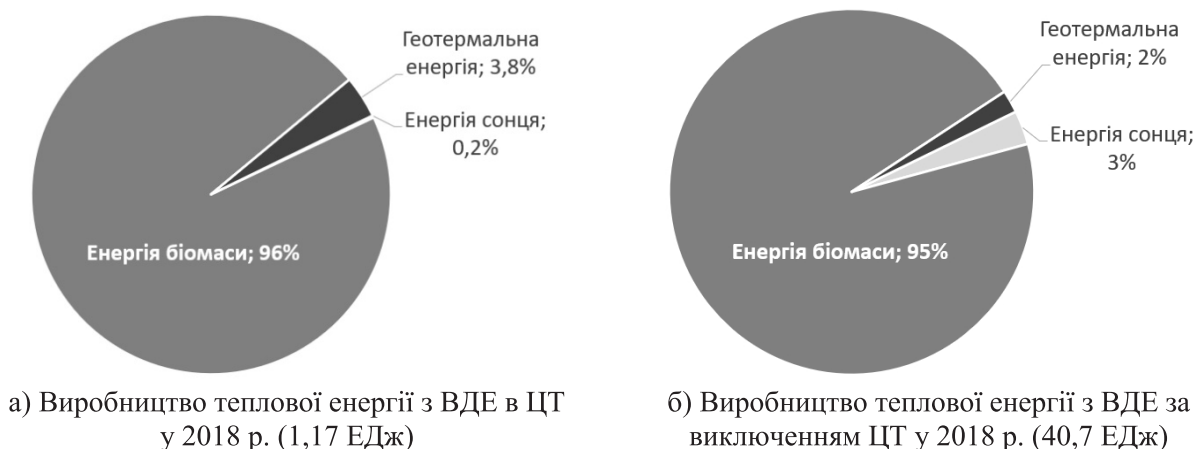


Рис. 2. Структура виробництва теплової енергії з ВДЕ у світі (2018 р.) [2]

тики, у тому числі біоенергетики. Особливий акцент робиться на сталі виробництво біогазу і біопалив з аграрних залишків, а також широке використання біопалив в галузях, що важко піддаються декарбонізації шляхом «зеленої» електрифікації. За оцінками європейських експертів, для досягнення кліматичної нейтральності у 2050 році в структурі енергобалансу ЄС має бути більше 60% ВДЕ, з яких принаймні третина забезпечується біоенергетикою (тверді та рідкі біопалива, біогаз, відходи) (рис. 3) [4, 5].

Говорячи про «зелений» енергетичний перехід, деякі фахівці розуміють цей перехід виключно в електроенергетиці. Сектор електроенергетики безперечно важливий, але не єдиний, в якому необхідні декарбонізація і залучення ВДЕ. У багатьох країнах ЄС і в Україні понад половини загального споживання енергії припадає на теплову енергію. Очевидно, що без декарбонізації тепlopостачання, як і транспорту, загальні плани країн по декарбонізації і переходу до ВДЕ виконати буде не можливо.

Місце біоенергетики у виробництві теплової енергії в ЄС

Сьогодні в ЄС відновлювана енергія забезпечує більше 22% всієї енергії для опалення та охолодження. Ця частка постійно зростає, наприклад, у 2014 році вона становила лише 12%. Серед лідерів даного напрямку – Швеція, Латвія, Фінляндія та Естонія, які мають цей

показник понад 50% (рис. 4) [6]. Показово, що країни-лідери з розвитку відновлюваного тепла займають провідні позиції і з розвитку ВДЕ в цілому.

Більше 80% відновлюваного тепла в Європі виробляється з біомаси. Решта отримується з усіх інших ВДЕ (теплові насоси, сонячна тепла енергія, тепло з побутових відходів). Майже половина теплової енергії, виробленої з біомаси, споживається населенням, 26% – промисловістю, 17% – системами централізованого тепlopостачання [7].

Євросоюз планує прискорення в секторі відновлюваного тепла. Так, згідно Директиви 2018/2001 Європейського Парламенту та Ради (RED II) заплановано збільшення частки ВДЕ у тепlopостачанні та охолодженні в середньому на 1,3% за рік до 2030 року. При цьому понад 75% цього зростання має відбутися в системах централізованого тепlopостачання. Таким чином, в 2030 році частка ВДЕ в системах опалення і охолодження має становити вже понад 36% [8].

Для забезпечення запланованого зростання в Директиву уведена норма щодо встановлення обов'язку для операторів систем ЦТ підключати постачальників теплової енергії з ВДЕ або скидного тепла від незалежних виробників (третьох сторін) на основі недискримінаційних критеріїв. Відмова у підключенні та придбанні тепла з ВДЕ від третьох сторін можлива тільки у наступних випадках:

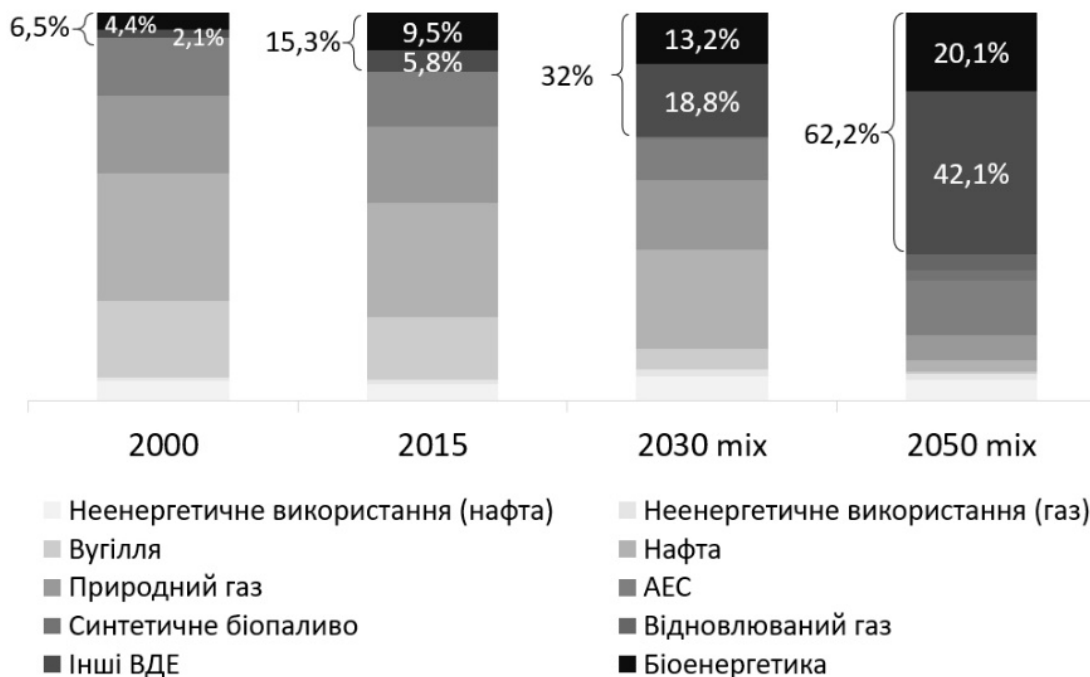


Рис. 3. Зміна структури енергобалансу ЄС для виконання кліматичних цілей 2030 р. і 2050 р. (один з можливих сценаріїв) [5]

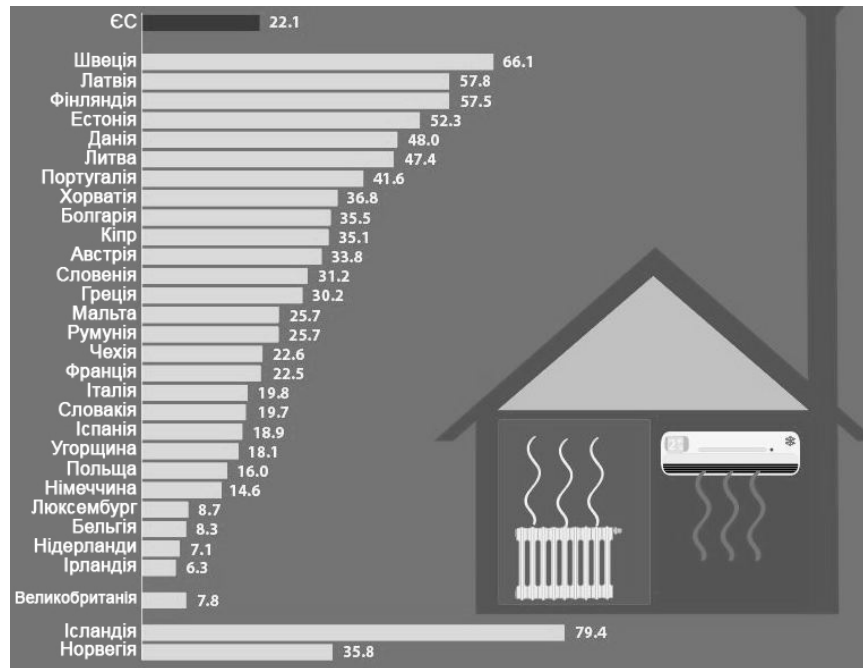


Рис. 4. Частка відновлюваної енергії в опаленні та охолодженні ЄС-27 (2019 р.) [6]

- система не має необхідної ємності через вже наявну високу частку тепла з ВДЕ, скидного тепла або тепла, виробленого високоефективною когенерацією;

- тепло від третіх сторін не відповідає технічним умовам, необхідним для підключення і забезпечення надійної роботи систем ЦТ;

- оператор може продемонструвати, що надання доступу призведе до надмірного підвищення ціни на теплову енергію для кінцевих споживачів.

Необхідність запровадження довгострокового планування в секторі теплопостачання України

Потребують вирішення існуючі проблеми довгострокового планування на державному та регіональному рівнях в секторі теплопостачання України. Щодо державного рівня, треба зазначити, що єдиним стратегічним документом на сьогодні є Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання (2017 р.) [9]. Цей дуже короткий документ (4, 5 стор.) має декларативний характер, в його змісті спостерігається розрив між поставленою метою і засобами її реалізації. Концепція розроблена для систем централізованого і автономного теплопостачання, але зі сфери її дії випали системи індивідуального опалення і постачання тепла для власних потреб в промисловості. Недоліком Концепція є також те, що вона не ставить в якості пріоритету збереження і розвиток систем ЦТ, пропонуючи «оптимальне поєднання» різних видів теплопостачання. При цьому якихось кількісних орієнтирів щодо цього «оптимального поєднання» не визначено. В документі не враховано,

що системи ЦТ знаходяться в жорсткій конкуренції з автономним/індивідуальним теплопостачанням і на сьогодні програють їй з економічної точки зору. Не запропоновано об'єктивних показників для прийняття рішень про доцільність відмови від ЦТ, а також конкретних шляхів виходу з цієї ситуації. Крім того, не поставлена мета розробки більш детального документу – Стратегії теплопостачання України.

Єдиний вид існуючого документу регіонального (міського) рівня у сфері теплозабезпечення – схеми теплопостачання, які не мають статусу документів, обов'язкових для виконання. Через від'єднання споживачів від мереж ЦТ, деякі райони населених пунктів, де раніше ЦТ вважалось пріоритетним, можуть потрапити в розряд таких, де має реалізуватися автономне чи навіть індивідуальне опалення. Це в подальшому робить неможливим впровадження в таких районах когенераційних технологій і теплової генерації на базі альтернативних джерел енергії. Існуюча практика планування не враховує можливість появи нових незалежних виробників тепла. Відбір на конкурсних засадах нових теплогенеруючих об'єктів передбачений в Законі України «Про теплопостачання» лише у випадку збільшення обсягів теплоспоживання і з-поміж тих проєктів, що вже були призначені до будівництва згідно існуючої схеми «на перспективу». Також немає механізму попадання цілей із загальнодержавних документів до схем теплопостачання і узгодження цілей на державному та регіональному рівнях.

Для запровадження довгострокового планування ЦТ в Україні на державному рівні вважаємо за необхідне розробити Стратегію теплопостачання до 2035 року, побудовану за принципом Енергетичної стратегії України, а також План дій з її реалізації. До законодавства України потрібно увести термін «ефективне централізоване теплопостачання», що відповідає Директиві 2012/27/ЄС «Про енергоефективність», і задекларувати мету збільшення частки таких систем у ЦТ. Згідно Директиви 2012/27/ЄС, «ефективне централізоване теплопостачання і охолодження – це система ЦТ або охолодження, що використовує мінімум 50% відновлюваної енергії, 50% скидного тепла, 75% тепла від когенерації або 50% комбінації такої енергії та тепла» [10].

Рекомендуємо включити до Стратегії теплопостачання наступні кількісні цільові показники з термінами їх досягнення: частка ЦТ, частка ефективних систем ЦТ, рівень об'єднання дефрагментованих теплових мереж міста в одну мережу, частка тепла з АДЕ, частка тепла від ТЕЦ і когенерації, у т.ч. з АДЕ, частка використання скидного тепла, вторинних енергоресурсів, низькопотенційних джерел енергії, рівень втрат тепла в мережах, рівень конкуренції.

Для запровадження довгострокового планування ЦТ в Україні на регіональному рівні вважаємо за доцільне включити до регіональних (міських) схем теплопостачання всі цільові показники національного рівня. При цьому їх сума повинна дорівнювати відповідним цифрам (цілям), зазначеним у загальнодержавних документах. Це вимагає запровадження механізму узгодження цільових показників документів державного і регіонального рівнів.

Для збереження і розвитку систем ЦТ в Україні вважаємо за необхідне:

- Запровадити принцип зонування території при розробці міських схем теплопостачання.

- Увести заборону на від'єднання споживачів від систем ЦТ у зонах ЦТ.

- Надати схемам теплопостачання статусу обов'язкових для розробки та виконання.

- Спростити і здешевити процедуру підключення нових будинків до теплових мереж.

- Запровадити положення, які вимагали б від розробників схем теплопостачання:

узгодження із загальнодержавними цілями, у т.ч. обґрунтування для населеного пункту конкретних кількісних показників виконання поставлених цілей, що можуть бути досягнуті за існуючої ситуації, а також при впровадженні певних додаткових заходів;

пріоритетного розгляду проєктів з когенерації, залучення джерел скидної теплоти, низькопотенційних джерел енергії, виробництва теплової енергії з АДЕ;

розгляду можливостей розширення зон ЦТ шляхом об'єднання окремих теплових мереж, приєднання нових споживачів (нових будівель) або тих, що раніше від'єдналися від ЦТ.

Біоенергетика як шлях до декарбонізації централізованого теплопостачання України

За даними Енергетичного балансу України, частка ВДЕ в системах опалення в 2019 р. становила 9,0%. Спостерігається певне сповільнення розвитку сектору через невирішеність ряду проблем, серед яких нерозвиненість ринку твердих біопалив, відсутність біопаливної біржі, проблеми з підключенням третіх сторін до теплових мереж ЦТ, сплата котельними і ТЕС/ТЕЦ на біомасі податку на викиди CO₂.

На жаль протягом останнього часу в Україні виникли нові ризики для сектору теплопостачання. Один

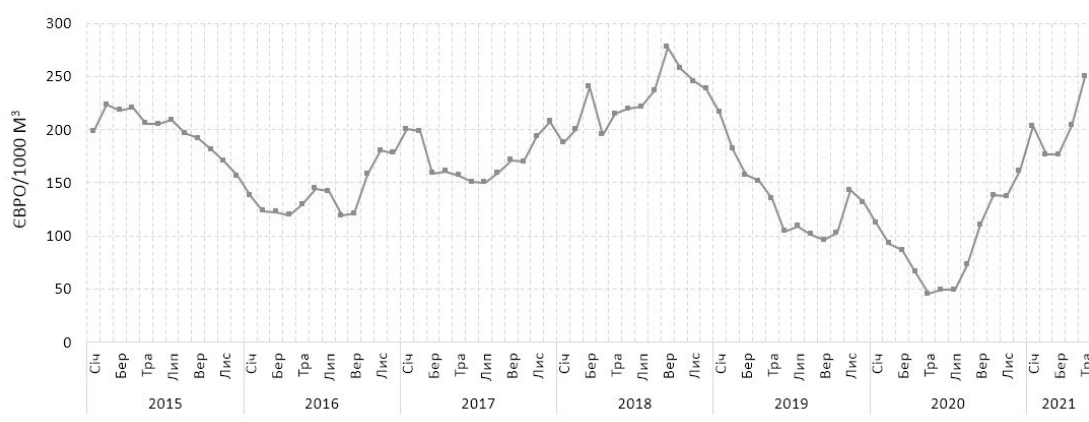


Рис. 5. Динаміка зміни ціни природного газу на газовому хабі TTF, Нідерланди

з них пов'язаний з високими цінами на природний газ навіть після завершення опалювального сезону. Так, ціна в травні 2021 року виявилась майже максимальною за останні три роки (рис. 5). При цьому Світовий банк прогнозує зростання ціни на газ ще у 2,5 разів в Євросоюзі до 2030 р. порівняно з 2020 р.

Наступний ризик обумовлений відміною спеціальних обов'язків щодо продажу природного газу підприємствам теплопостачання з 20 травня 2021 р. Отже, в новий опалювальний сезон теплокомуненерго увійдуть з повністю комерційними цінами на газ. Це, відповідно, призведе до суттєвого підвищення тарифу на теплову енергію, оскільки в його структурі паливна складова становить близько 70%.

Крім того, можливий сценарій припинення транзиту російського газу через територію України після 2024 р. У цій ситуації виникають ризики припинення або суттєвого обмеження постачання газу в окремі регіони країни.

В Європі існують стійкі тренди на декарбонізацію, згідно яких нові проєкти з видобутку природного газу не підтримуватимуться в країнах ЄС. Поступове підвищення вартості CO₂ також сприятиме росту ціни природного газу для споживачів. Наприклад, при оподаткуванні у 50 євро/т CO_{2екв} ціна природного газу

зростає майже у 1,5 рази – з 200 до 294 євро/1000 м³. Такий рівень вартості викидів CO₂ практично досягнуто вже сьогодні у внутрішній системі торгівлі викидами ЄС. Україна також поступово підвищуватиме це оподаткування до європейського рівня. Цьому активно сприятиме механізм коригування вартості вуглецю, що планують запустити в ЄС з 2023 р.

Один зі шляхів, що може суттєво покращити ситуацію в Україні – широке залучення в сектор теплопостачання біомаси і твердих біопалив. Для ефективної реалізації цієї задачі необхідне започаткування роботи системи електронної торгівлі твердим біопаливом (біопаливної біржі), впровадження конкуренції в системах централізованого теплопостачання, а також виконання комплексу інших дій і заходів, представлених в табл. 1.

Впровадження цих заходів дасть можливість не тільки стабілізувати ситуацію з теплопостачанням в Україні, але і знизити тариф на теплову енергію для кінцевих споживачів на 15-20%. Порівняння вартості одиниці енергії в традиційних енергоносіях і біопаливі показує, що в останньому вона суттєво нижче. Наприклад, порівняно з природним газом для населення (річний тариф) вартість енергії, виражена у грн/ГДж (з ПДВ), є в середньому меншою у 1,6 разів для гранул з

Табл. 1. Заходи для можливості широкого залучення біомаси і твердих біопалив в сектор ЦТ України

Сфера	Опис заходу
Торгівля біопаливом	Впровадження системи електронної торгівлі твердим біопаливом (біопаливної біржі). Відповідний проєкт закону вже кілька років узгоджується міністерствами.
Підключення незалежних виробників тепла	Встановлення обов'язку для операторів систем ЦТ підключати постачальників теплової енергії з ВДЕ від незалежних виробників на основі недискримінаційних критеріїв, як цього вимагає європейська директива RED II.
Конкуренція	Впровадження конкуренції в системах централізованого теплопостачання
Оподаткування	Відміна сплати податку на викиди CO ₂ котельними, ТЕС/ТЕЦ на біомасі і біогазі.
Аукціони з підтримки об'єктів на ВДЕ	Забезпечення квот для проєктів на біомасі та біогазі на аукціонах з підтримки об'єктів на ВДЕ, що мають розпочати свою роботу в 2021 р., на рівні не менше 200 МВт/рік. Значна частина цих об'єктів буде побудована як ТЕЦ і відпускати теплову енергію дешевше, ніж коштує теплова енергія з природного газу.
Енергетичні рослини	Прийняття проєктів законів № 5227 і № 5228 від 12.03.2021, спрямованих на стимулювання вирощування енергетичних рослин.
Біометан	Прийняття проєкту закону №5464 від 05.05.2021, спрямованого на стимулювання виробництва біометану в Україні.
ТПВ	Підняття тарифу за обробку твердих побутових відходів до економічно обґрунтованого рівня, що дасть можливість залучити ТПВ до виробництва теплової і електричної енергії.

деревини, у 2,6 разів – для деревної тріски, у 3,1 разів – для гранул з лушпиння, у 4,2 рази – для тюків соломи чи стебел кукурудзи (табл. 2).

Поточну і перспективну значну роль біоенергетики у виробництві теплової енергії відображено в розробленій авторами Дорожній карті розвитку біоенергетики в Україні до 2050 року [11]. Згідно Дорожній карті, у 2050 році в країні буде споживатися більше 20 млн т н.е./рік біомаси та біопалив, забезпечуючи 44% загального виробництва тепла, близько 8% виробництва електроенергії і 14% споживання енергії на транспорті. Очікується, що із загального обсягу споживання біомаси більше половини припадатиме на використання твердих біопалив для виробництва теплової енергії – 11,7 млн т н.е. у 2050 році. Це відповідає загальній встановленій потужності обладнання 46,5 ГВт і майже 2 ГВтел, має результатом заміщення 14,2 млрд м³/рік природного газу, скорочення близько 28 млн т/рік емісії CO₂, а також створення більше 100 тис. нових робочих місць. Аналогічні показники для систем ЦТ, в яких у 2050 році очікується споживання 4,3 млн т н.е. твердих біопалив, наступні: встановлена потужність обладнання – 21 ГВт і 1,3 ГВтел, заміщення природного газу – 5,3 млрд м³/рік, скорочення викидів CO₂ – 10,3 млн т/рік, кількість створених робочих місць – близько 62 тис.

Висновки

Біоенергетика є найбільш потужним сегментом відновлюваної енергетики у світі і в Європі. Особливо значним є її внесок у виробництво теплової енергії. Декарбонізація сектору теплопостачання є необхідною умовою для виконання загальних планів країн по переходу на відновлювані джерела енергії і скороченню викидів парникових газів. Для покращення ситуації в секторі теплопостачання України рекомендується широкое залучення в сектор біомаси і твердих біопалив, а також впровадження низки заходів, спрямованих на перехід до ВДЕ і збереження систем ЦТ. Це дасть можливість не тільки стабілізувати ситуацію з теплопостачанням в Україні, але і знизити тариф на теплову енергію для кінцевих споживачів на 15-20%.

ЛІТЕРАТУРА

1. *Renewable Energy: a key climate solution*, IRENA
<https://www.irena.org/climatechange/Renewable-Energy-Key-climate-solution>
2. *Global bioenergy statistics 2020*, World Bioenergy Association
<http://www.worldbioenergy.org/uploads/201210%20WBA%20GBS%202020.pdf>

Табл. 2. Порівняння вартості одиниці енергії в традиційних енергоносіях і біопаливі

Вид палива або енергоносія	Вартість (на травень 2021 р.), грн/т з ПДВ	Нижча теплотворна здатність, МДж/кг	Вартість одиниці енергії, грн/ГДж з ПДВ
	А	Б	А/Б
Природний газ для населення (тариф річний)	7800...13500 грн/тис. м ³	34,0 МДж/м ³	229...397
Природний газ для теплокомуненерго (3-річний контракт)	7420 грн/тис. м ^{3*}	34,0 МДж/м ³	218
Природний газ для промисловості	10964 грн/тис. м ³	34,0 МДж/м ³	322
Вугілля	6600	25,0	264
Мазут	7800	42,0	186
Електроенергія для населення	1,68 грн/кВт·год	-	467
Електроенергія для непобутових споживачів (II півріччя 2020 р.)	2,088 грн/кВт·год	-	580
Деревна тріска	1140	10,1	113
Дрова нерубані	1056	13,4	79
Гранули з деревини	3240	17,0	191
Гранули з лушпиння	1680	17,5	96
Тюки соломи чи стебел кукурудзи	1056	14,6	72

* без врахування тарифу оператора газотранспортної системи.

3. *Bioenergy in Europe*, ETIP Bioenergy, 2020
https://etipbioenergy.eu/images/ETIP_B_Factsheet_Bioenergy%20in%20Europe_rev_feb2020.pdf
4. Желєзна Т.А. Європейський «зелений» курс і нові можливості для розвитку відновлюваної енергетики // Теплофізика та теплоенергетика. – 2021, т. 43, № 1, с. 75-81. <https://doi.org/10.31472/ttpe.1.2021.9>
5. M. Leonard, J. Pisani-Ferry, J. Shapiro et al. The geopolitics of the European Green Deal. Policy Brief, 2021
<https://ecfr.eu/publication/the-geopolitics-of-the-european-green-deal/>
6. *Renewable energy statistics*. Eurostat <https://bit.ly/3ce7lrK>
7. *Policy brief: biomass for heat*, Bioenergy Europe, 2020
<https://bioenergyeurope.org/article.html/258>
8. *Directive (EU) 2018/2001* of the European Parliament and of the Council of 11 December 2018 on the promotion of the use of energy from renewable sources (recast)
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L2001&from=EN>
9. *Концепція реалізації державної політики у сфері теплопостачання*. Затверджено розпорядженням КМУ № 569-р від 18.08.2017 <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80#Text>
10. *Directive 2012/27/EU* of the European Parliament and of the Council of 25 October 2012 on energy efficiency
<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32012L0027&from=en>
11. Гелетуха Г.Г., Желєзна Т.А., Матвєєв Ю.Б. та ін. Дорожня карта розвитку біоенергетики України до 2050 року. Аналітична записка Біоенергетичної асоціації України № 26, 2020
https://uabio.org/wp-content/uploads/2020/11/PP-UABIO-26-UA_26-11-2020.pdf