

DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2025-77-64>

УДК 33.021.658.264(474.5)

ТРАНСФОРМАЦІЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ: ЛАТВІЙСЬКИЙ ДОСВІД

TRANSFORMATION OF DISTRICT HEATING SYSTEMS: LATVIAN EXPERIENCE

Киризиук Сергій Вікторович

кандидат економічних наук, старший науковий співробітник,

ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7955-1272>**Kyryziuk Sergii**State Organization "Institute for Economics and Forecasting
of the National Academy of Sciences of Ukraine"

У статті здійснено порівняльний аналіз розвитку локальних систем ЦТ в латвійських містах Рига та Салспіс, який може бути використаний в якості успішного досвіду для планування модернізації систем ЦТ в Україні в великих та середніх й малих містах. Латвійські локальні системи ЦТ змогли повністю або частково відмовитись від імпортованих викопних видів палива, замінивши їх на місцеві ВДЕ. Встановлено, що у такий спосіб вдалося знизити ризики тарифних коливань на теплову енергію в умовах цінових шоків на енергетичних ринках. Локальні системи ЦТ аналізованих міст успішно модернізували інфраструктуру теплових мереж, знизивши втрати теплової енергії вдвічі. Відмічено, що великі населені пункти обмежені у використанні твердого біопалива внаслідок логістичних, інфраструктурних та екологічних бар'єрів. Спільним бар'єром на шляху модернізації локальних систем ЦТ для великих та малих міст є значна частка застарілого житлового фонду, підвищення енергоефективності якого вимагає значних капіталовкладень.

Ключові слова: централізоване теплопостачання, відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), декарбонізація, тверде біопаливо, модернізація, тариф, енергоефективність

The Ukrainian energy and district heating systems have struggled to survive for the last four years of war. This forced Ukraine to reconsider its approaches to resisting threats and overcoming challenges to the critical infrastructure. These approaches are based on facility modernization, renewables usage and energy localization. Scientists and experts pointed out that these transformations should be supported by the development of market regulation instead of the current hard state regulation. The DH development of the Baltic countries can be useful for planning the Ukrainian DH renovation due to some common features. This investigation aims to analyze the key aspects of DH modernization according to the modern conditions of market and society development in large and small Latvian settlements. The study combines the use of methods of system and deductive analysis, comparative and graphical analysis. The statistical base of the study was obtained from open resources, in particular, local operators of heating networks in Riga and Salaspils. During the first decade of this century, Latvian local DH systems have been dependent on imported fossil fuels, in particular, natural gas. But due to the implementation of market competition and increasing fossil fuel prices, most settlements have succeeded in replacing them with local renewables, e.g., solid biofuel. It was noted that large settlements like Riga are limited in the use of solid biofuels due to logistical, infrastructural and environmental barriers. In contrast, small cities like Salaspils have almost completely abandoned fossil fuels. It was found that in this way, Salaspils' DH reduced the risks of tariff fluctuations for thermal energy in conditions of price shocks on energy markets. Future reductions in heating tariffs depend not so much on the use of solid biofuels as on the introduction of solar and geothermal energy. The local DH systems of the analyzed cities have successfully modernized their heating network infrastructure, reducing heat energy losses by approximately half. A common barrier to the modernization of local DH systems in both large and small cities is a significant share of outdated buildings, the improvement of which requires substantial capital investments. The conclusions obtained within the investigation can be used for planning the national and/or local strategies of DH modernization and renovation on market-based conditions, which are crucial tasks for 2025-2026.

Keywords: district heating (DH), renewable energy sources (RES), decarbonization, solid biofuel, modernization, tariff, energy efficiency

Постановка проблеми. Україна як і ЄС не відмовляється від затвердженого курсу щодо декарбонізації економіки та здійснення вагомих зусиль щодо пом'якшення наслідків глобальної зміни клімату, незважаючи на зміну вектору кліматичної політики глобальних гігантів, зокрема, США. Очевидно, що в умовах війни можливості країни досить обмежені. Проте навіть за таких обставин Україна демонструє певний прогрес (хоч часто і вимушений) у енергетичній сфері та ЖКГ, модернізуючи виробниче обладнання й інфраструктуру, розвиваючи використання відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) тощо. Саме енергетика й сфера теплопостачання усі чотири роки залишаються суспільно важливим об'єктом воєнної агресії з боку ворога, що змусило Україну переглянути підходи до їх захисту, модернізації й локалізації. Децентралізація енергетичних потужностей з максимізацією використання ВДЕ стала базовим підходом у розвитку галузі. Наявність власної сировинної бази енергетичних ресурсів, зокрема, природного газу, в умовах війни не гарантує можливість його видобутку й транспортування до споживача. Тому локалізація постачання енергетичних ресурсів на основі ВДЕ формує передумови стійкості та енергетичної безпеки країни.

Якщо енергетика в міру розвитку на засадах ринкових відносин швидше адаптується до нових викликів, то сфера ЖКГ, зокрема, централізоване теплопостачання (ЦТ) відстає від сучасних трендів. Проте не можна не відмітити значний прогрес у розвитку ЦТ в окремих населених пунктах України, як, наприклад, в Луцьку, Рівному, Житомирі, Звягелі та інших. Якщо окремі українські міста роблять свої перші кроки на шляху переходу до сучасних систем теплопостачання, то наші західні сусіди можуть служити корисним прикладом для максимізації позитивних трендів та мінімізації негативних ефектів. Низка спільних передумов розвитку ЦТ дають обґрунтовані підстави для використання досвіду країн Прибалтики:

- важлива роль ЦТ (понад 50% потреб у теплі по країні, а в великих містах показник доходить 70-80%);
- особливості теплогенеруючих потужностей й тепломереж, що обумовлено становленням систем ЦТ в період радянської доби;
- висока залежність від використання викопного палива, зокрема, імпортного природного газу.

З-поміж прибалтійських країн Латвія досягла найвищих результатів у використанні ВДЕ в ЦТ, займаючи лідируючі позиції після скандинавських країн. Енергетична криза 2021–2022 рр. остаточно підтвердила правильний вибір країни щодо заміни використання імпортного природного газу на альтернативні види палива. Україна стоїть на порозі необхідності вирішення аналогічних завдань, які вимагають пошуку шляхів ринкового врегулювання зеленого переходу у сфері централізованого теплопостачання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Провідні дослідницькі та енергетичні інституції, як зокрема, Об'єднаний дослідницький центр (JRC) та Міжнародне агентство з відновлювальних джерел енергії (IRENA), наголошують на підвищенні важливості ЦТ для забезпечення сталого декарбонізованого вектору розвитку суспільства у наступні два десятиліття [1-2]. Українські вчені та експерти, серед яких Дерій В., Селіхов Ю., Рищенко І., Горбунов К., Гелетуха Г. та інші, також солідарні з глобальними трендами щодо необхідності розвитку ЦТ, акцентуючи увагу на проблемних аспектах сучасного стану локальних систем та можливих векторах модернізації й розвитку [3–5]. Модернізація виробничого обладнання та широке використання ВДЕ на ринкових засадах розглядаються як основні напрями переходу на нову систему ЦТ, на чому наголошують колектив авторів на чолі з Кизимом М. та Котляровим Є., Гелетуха Г. та інші й Ющенко Н. [6–8]. При цьому, вітчизняні науковці Бабак В. та інші., Гламаздин П. та інші наголошують на відсутності системності у підходах до модернізації локальних систем ЦТ й нехтуванні можливістю використання досвіду країн Східної Європи та Прибалтики [9–10], що могло б допомогти подолати існуючі бар'єри для трансформації систем ЦТ, які виділяють Савченко О.О. та інші [11].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми. Упродовж 2021–2024 рр. країни Прибалтики змогли трансформувати свої системи теплопостачання у відповідь на загрози та виклики, що виникли, підвищивши не лише їх стійкість, а й енергетичну безпеку країни. Проте ці зміни ще мало вивчені з огляду на малий проміжок часу від їх початку.

Формулювання цілей статті (постановка завдання). З огляду на це, було поставлено за *мету* проаналізувати досвід Латвії у трансформації систем ЦТ у відповідності до

нових вимог розвитку ринку і суспільства, що може бути використано для планування відновлення локальних систем ЦТ в Україні на ринкових засадах.

Матеріали і методи. У дослідженні поєднано використання методів системного та дедуктивного аналізу, порівняльного та графічного аналізу. Статистична база дослідження отримана з відкритих ресурсів, зокрема, локальних операторів тепломереж м. Рига [12] та м. Саласпілс [13].

Виклад основного матеріалу дослідження. Латвія належить до країн з високо-розвиненою системою ЦТ (¾ населення підключено до ЦТ, 2014). Проте її виробничий та інфраструктурний потенціал внаслідок застарілості не відповідав вимогам переходу до сучасних поколінь ЦТ. До 2012 р. локальні системи ЦТ залишались високо залежні від постачання природного газу: його частка складала близько 90% упродовж 2002–2011 років. З 2012 р. почалось поступове нарощування споживання біомаси для потреб виробництва теплової енергії: в цілому по країні її частка зросла до 20% у 2012, 31% у 2014 р. й 61% у 2021 р. Тож, можна констатувати, що Латвія впевнено йде до виконання зафіксованої у Національному плані з енергетики та клімату цілі щодо частки ВДЕ у виробництві теплової енергії та охолодженні на 2030 р. на рівні 66,4%. При цьому, Латвія ставить за мету скоротити на 30% споживання теплової енергії до 2030 р. порівняно з 2020 р. Цього планується досягти за рахунок встановлення вищих вимог енергоспоживання для нових будівель та підвищення енергоефективності старих шляхом їх модернізації. Ключові виклики для досягнення запланованих цілей у сфері теплопостачання можна звести до:

- зношеність основних виробничих фондів ЦТ – 60% котлів мають термін служби понад 15 років, що суттєво знижує їх ефективність;

- застарілість інфраструктури ЦТ й низькі темпи оновлення – лише 12% з 2000 км труб замінені на сучасні;

- низька ефективність використання енергії в індивідуальному теплопостачанні – 80% енергії забезпечується від спалювання твердої біомаси (дров) [14].

Хоча в цілому в Латвії досягли порівняно високого показника використання ВДЕ та когенерації в ЦТ на національному рівні, проте локальні ЦТ досить фрагментовані за цими показниками. У більшості малих та середніх населених пунктах з системами ЦТ ці показ-

ники близькі до максимальних (наприклад, м. Єлгава 85% та 97% відповідно). Проте в окремих населених пунктах (як наприклад, м. Даугавпілс, м. Юрмала) залишається значний потенціал для підвищення цих показників. Також, варто відмітити, що система ЦТ столиці країни – м. Рига, є не лише найбільшою (на неї припадає понад 50% всього обсягу тепла, виробленого централізовано, а друга найбільша система ЦТ м. Даугавпілс має частку 7%, інші системи ЦТ складають 1% і менше), але при цьому суттєво відстає від національних показників розвитку систем ЦТ. Натомість переважна більшість малих систем ЦТ досягли близьких до максимальних показників, як наприклад, в м. Саласпілс, система ЦТ якого складає близько 1% від всього тепла, виробленого в системах ЦТ. Саме досвід м. Рига та м. Саласпілс може бути корисним для України, описуючи загальні тренди модернізації та розвитку для великих та середніх й малих міст.

На початку 2010-х рр. обидві системи ЦТ м. Рига й м. Саласпілс однаково були залежні від природного газу, який забезпечував 98-100% потреб в тепловій енергії. Проте висхідний тренд цін на імпортований природний газ стимулював виробників теплової енергії до пошуку більш дешевих джерел енергії. Це стало можливим внаслідок переходу країни на ринкові умови в сфері теплопостачання, внаслідок допуску третіх виробників теплової енергії до постачання тепла. Конкурентна боротьба на ринку теплової енергії стимулювала зміни в структурі постачання енергетичних ресурсів. Враховуючи один з найвищих показників лісистості території Латвії (45%), цілком очевидно, що саме тверда біомаса стала ключовим енергетичним ресурсом для виробництва теплової енергії у період після 2012 р. У підсумку за десятиріччя обом системам ЦТ вдалося досягти значного прогресу на цьому шляху: у м. Саласпілс у 2021 р. теплові потреби покривали на 85% з ВДЕ, а залежність від природного газу залишилась лише на 15%, а в м. Рига ці показники були дещо скромніші – 55% та 45% відповідно. Успішність впровадження ВДЕ в м. Саласпілс була досягнута за рахунок: по-перше, встановленню нових теплогенераційних потужностей на біомасі (7+3 МВт); по-друге, модернізації котлів, що працюють на природному газі; по-третє, встановлення газових конденсаторів на існуючих котлах, що працюють на біомасі (1,7 МВт). Крім того, у 2019 р. в м. Саласпілс одними з перших в балтійських країнах

було встановлено сонячні колектори площею 22 тис. м² для генерації тепла разом зі сховищем для тимчасового зберігання тепла обсягом 8 тис. м³. Таким чином, вдалося досягнути максимальної частки використання ВДЕ у розмірі 95% у 2022 р. (рис. 1).

Завдяки впровадженню сонячних колекторів м. Саласпілс вдалося повністю покрити потреби у постачанні гарячої води у неопалювальний період й до чверті потреб в тепловій енергії в опалювальний. Незважаючи на всі досягнення у використанні ВДЕ в ЦТ м. Саласпілс, повністю відмовитись від використання природного газу не вдалося через необхідність покриття пікових навантажень в особливо холодні періоди (як правило, січень та лютий).

В м. Рига заміна використання природного газу на біомасу ускладнена необхідністю дотримання жорстких екологічних норм, складністю логістики постачання палива, обмеженістю площ для його зберігання. Висока вартість землі та щільна забудова обмежують можливості розширення використання біопалива в системі ЦТ. В м. Рига один з найвищих рівнів забруднення повітря в Латвії, джерелом якого є транспорт та опалення. Проте ЦТ є джерелом лише чверті викидів твердих частинок (PM2.5), решта надходить від індивідуального опалення, яке досить поширене в столиці.

Важливим досягненням для обох систем ЦТ є скорочення втрат тепла, досягнуте упродовж 2010–2021 рр.: в м. Саласпілс з 22% до 10%, в м. Рига – з 20% до 12%. Це стало можливим завдяки модернізації тепломереж шля-

хом заміни старих труб на нові – попередньо ізольовані: зокрема, в м. Саласпілс показник заміни досягнув понад 90% у 2020 р.

Зменшення залежності від використання природного газу, як підтверджує досвід Латвії, в першу чергу дозволяє частково нівелювати різкі коливання розміру тарифів на тепло. До енергетичної кризи 2021–2022 рр., в системах ЦТ, що працюють переважно на біомасі, порівняно з тими, що використовують більшою мірою природний газ, тарифи на тепло були нижчі в середньому на 12–15%. Тренд поступового зростання тарифів в ЦТ на біомасі співпадає з аналогічною тенденцією для ЦТ на природному газі, що підтверджує залежність цін на біомасу від кон'юнктури на ринку природного газу. Упродовж 2010–2016 рр. різниця в цінах на біопаливо та природний газ складала 2,3–2,8 рази залежно від року на користь біомаси. З 2012 р. відбулось зростання цін на природний газ й біопаливо, проте з 2014 р. сформувалась чітка тенденція до їх зниження. Станом на 2016 р. ціни хоча й відкотилися, проте порівняно з 2010 р. вони все ж були на 23% вище на природний газ й на 21% на біопаливо. Разом з тим, ціни на біопаливо більш стійкі до коливань ринкової кон'юнктури, ніж на природний газ: у період 2010–2016 рр. коливання цін на природний газ досягало 40%, а на біопаливо менше 20%. Також можна констатувати, що зростання попиту на біопаливо меншою мірою впливає на зростання цін, а більшою мірою обумовлено залежністю від формування цін на природний газ. Криза 2021–2022 рр. гіперболувала різницю в тарифах для систем ЦТ

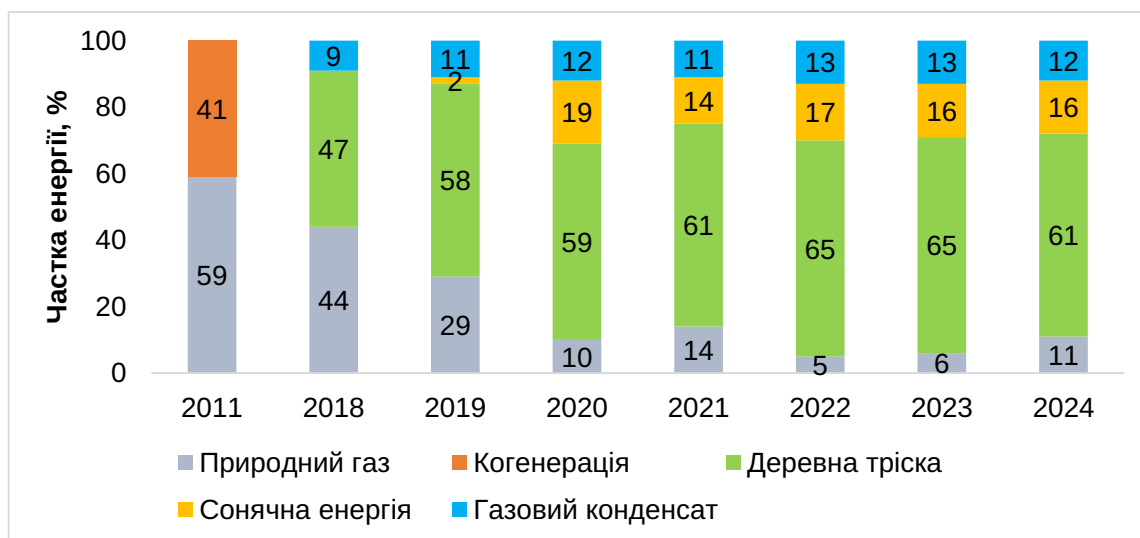


Рис. 1. Структура постачання теплової енергії за джерелами в м. Саласпілс

Джерело: узагальнено автором за [15]

на біомасі (як, зокрема, м. Саласпілс) й зі значною часткою використання природного газу (м. Рига), коли різниця в тарифах перевищила двократну різницю (рис. 2).

Таким чином, можна констатувати, що системи ЦТ з використанням переважно твердого біопалива внаслідок здатності до поглинання значних коливань на ринках енергоресурсів є більш стійкими до ринкових шоків, хоча не позбавлені залежності від загальної ситуації на ринку. В цілому в ЄС роль твердого біопалива залишатиметься важливою до 2030 р. як в абсолютному, так і у відносному значенні, й найімовірніше буде значною й до 2050 р. [1]. Проте потенціал для скорочення тарифів на тепло пов'язаний з інтеграцією інших ВДЕ. Зокрема, суттєвого скорочення вартості тепла можна досягти використанням енергії сонця – сонячних колекторів. Впровадження промислових теплових насосів хоч і перспективна технологія, проте до 2030 р. вартість отриманого тепла не дозволить забезпечити зниження вартості теплової енергії: вартість отриманого тепла згідно оцінок може бути на 55% вище, ніж при впровадженні сонячних колекторів, але при цьому вона буде нижча майже на 10%, ніж вартість тепла при спалюванні природного газу [16].

Збільшення використання таких ВДЕ, як сонячна та геотермальна енергія, є частиною переходу до четвертого покоління ЦТ. Проте такий перехід ускладнений великою часткою успадкованої від радянської доби інфраструктури та житлового фонду, які не придатні для цього без суттєвої модернізації.

Перш за все, мова йде про необхідність мінімізації тепловтрат будівлями. Впровадження енергоефективних заходів в багатоквартирних будинках Латвії свідчать про зна-

чний потенціал скорочення витрат енергії для обігріву приміщень. Практичні дослідження підтверджують, що в середньому можна досягнути 50% скорочення споживання енергії (з 151 до 75 кВт*год/м²) при варіації від 35 до 67% за рахунок утеплення фасадів і дахів, перекриття дахів, заміни вікон та дверей, модернізації систем вентиляції й системи теплопостачання (заміни однотрубною на двотрубну систему) [17]. Проте незважаючи на певні кроки на національному рівні, які впроваджуються ще з середини 2000-х рр., темпи термомодернізації житлового фонду в Латвії досить низькі: в столиці утеплено близько 2%, а по всій країні близько 5% (2023 р.) будівель, що їй підлягають.

По-друге, перехід на низькотемпературний режим вимагає зміни (заміни) джерела теплообміну або його модернізації (наприклад, встановлення засобів для підвищення теплообміну) в старій житловій забудові додатково після підвищення термоізоляції будівлі [18].

По-третє, зміна режиму теплопостачання вимагає певної модернізації системи ЦТ, що пов'язано з необхідністю збільшення теплообміну. Цього, як правило, досягають збільшенням потужності або кількості насосних станцій для прокачування теплоносія, зменшенням діаметру мережевих труб. Хоча в цілому така модернізація менш капіталоемка, ніж термомодернізація будівель, проте вимагає точного проектування, кваліфікованої робочої сили для проведення робіт й подальшого обслуговування.

Висновки. Латвійська модель ринку теплової енергії ґрунтується на поєднанні ринкових умов розвитку зі збереженням контрольних функцій держави для підтримання соціальної справедливості та доступності послуг тепло-

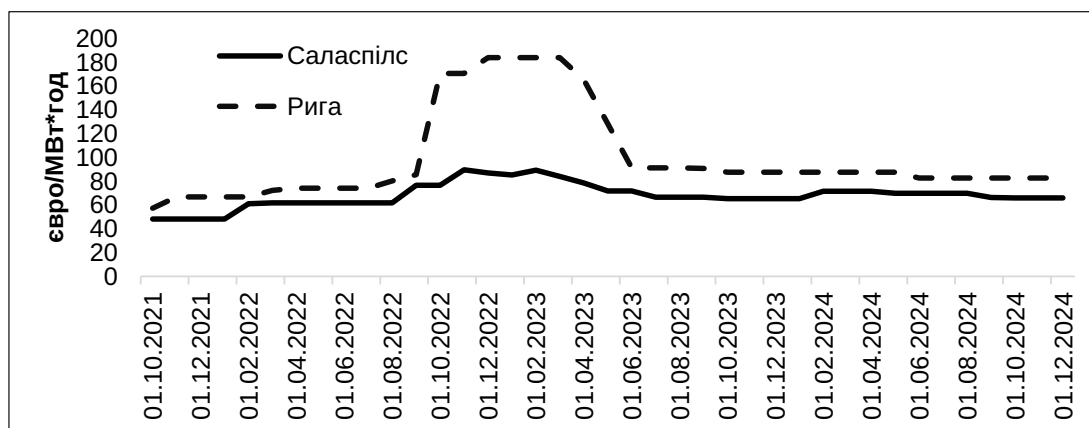


Рис. 2. Динаміка тарифів на теплову енергію

Джерело: побудовано за даними локальних операторів ЦТ [12–13]

постачання. Завдяки цьому в системах ЦТ відбуваються трансформації, які підтримують загальноєвропейський тренд ринкового розвитку ЦТ: зростання ролі ВДЕ; ринкове формування тарифів у відповідності з трендами на ринках енергоресурсів; модернізація інфраструктури ЦТ з метою підвищення готовності до переходу до нового етапу розвитку, ґрунтованого на низькотемпературному режимі. Орієнтир на розвиток ринку твердого біопалива в країні дозволив Латвії досягти одних з найвищих результатів в ЄС

в частині використання ВДЕ для теплопостачання, тим самим знизивши залежність від імпортного природного газу та забезпечивши вищу економічну стійкість локальних систем до шоків на енергетичних ринках. Однією з ключових перешкод до переходу систем ЦТ на низькотемпературні режими роботи є значна частина старого житлового фонду, який має низький рівень енергоефективності. Термомодернізація житлових будівель вимагає значних інвестицій, що гальмує темпи її проведення.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Regional energy transition outlook: European Union. IRENA. 2025. Abu Dhabi. URL: https://energypedia.info/wiki/Publication_-_Regional_energy_transition_outlook:_European_Union (дата звернення: 26.08.2025)
2. Jimenez Navarro J.P., Filippidou F., Kavvadias K. and Carlsson J. Efficient District Heating and Cooling. EUR 30986 EN. Publications Office of the European Union. Luxembourg. 2022. DOI: <https://doi.org/10.2760/854480>
3. Дерій В. О. Тенденції розвитку систем централізованого теплопостачання України. *Проблеми загальної енергетики*. 2021. Вип. 1. С. 52–59. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE_2021_1_8 (дата звернення: 26.08.2025)
4. Селіхов Ю. А., Рищенко І. М., Горбунов К. О. Інтеграція роботи системи теплопостачання. *Інтегровані технології та енергозбереження*. 2023. № 4. С. 3–16. DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2023.4.01>
5. Гелету́ха Г. Г., Крамар В. Г., Олійник В. М., Антоненко В. О. Аналіз можливостей збереження і розвитку централізованого теплопостачання в Україні. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2018. 41(1). С. 53–58. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.31472/tpe.1.2019.7>
6. Напрямки ринкових перетворень у сфері теплопостачання України : монографія / за ред. М. О. Кизима, Є. І. Котлярова. Харків : ФОП Лібуркіна Л. М., 2024. 338 с.
7. Гелету́ха Г. Г., Железна Т. А., Баштовий А. І. Проблеми та перспективи довгострокового планування у секторі теплопостачання України. *Теплофізика та теплоенергетика*. 2019. 41(2). С. 72–77. DOI: <https://doi.org/10.31472/tpe.2.2019.10>
8. Ющенко Н. Економічна доцільність розвитку в Україні помірно лібералізованого ринку теплової енергії. *Економіка та суспільство*. 2021. (23). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-23-21>
9. Бабак В., Нікітін Є., Тесленко О. Цілісний підхід до системної трансформації електроенергетики, централізованого теплопостачання та комунальної інфраструктури. *Системні дослідження в енергетиці*. 2024. 4 (80). С. 6–25. DOI: <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.04.006>
10. Гламаздін П., Баранчук К., Приймак О. В. Нові підходи до організації централізованого теплопостачання. *Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання*. 2021. 39. С. 38–46. DOI: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.39.38-46>
11. Савченко О. О., Юркевич Ю. С., Возняк О. Т. Оцінка можливості впровадження низькотемпературних систем централізованого теплопостачання. *Екологічна безпека та природокористування*. 2024. 1 (49). С. 17–33. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.17-33>
12. AS "Rīgas Siltums" siltumenerģijas tarifs. Rīgas Siltums. URL: <https://www.rs.lv/saturs/rigas-siltums-siltumenerģijas-tarifs> (дата звернення: 26.08.2025)
13. Tariff history. For customers. Salaspils Siltums. URL: <https://salaspilssiltums.lv/en/for-customers/tariff-history/> (дата звернення: 26.08.2025)
14. Latvia's National Energy and Climate Plan 2021–2030. Riga. 2020. ENER-2019-00002-00-04-EN-TRA-00. URL: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-04/lv_final_necp_main_en_0.pdf (дата звернення: 26.08.2025)
15. Heat sources and fuel diversification. About the company. Salaspils Siltums. URL: <https://salaspilssiltums.lv/en/par-uznemumu/siltumavoti-un-kurinama-diversifikacija/> (дата звернення: 26.08.2025)
16. Ziemele J., Gravelsins A., Blumberga A., Blumberga D. Sustainability of heat energy tariff in district heating system: Statistic and dynamic methodologies. *Energy*. 2017. 137. P. 834–845. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.130>
17. Prozuments, A., Borodinecs, A., Zaharovs, S., Banionis, K., Monstvilas, E., & Norvaišienė, R. Evaluating Reduction in Thermal Energy Consumption across Renovated Buildings in Latvia and Lithuania. *Buildings*. 2023. 13(8). 1916. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13081916>

18. Лисак О. Аналіз зміни тепловіддачі радіаторів внаслідок переходу до низькотемпературного опалення з використанням геотермальної енергії. *Відновлювана енергетика*. 2025. 1(80). С. 108–115. DOI: <https://doi.org/10.36296/1819-8058>

REFERENCES:

1. IRENA (2025) *Regional energy transition outlook: European Union*, International Renewable Energy Agency. Abu Dhabi. Available at: https://energypedia.info/wiki/Publication_-_Regional_energy_transition_outlook:_European_Union (accessed August 26, 2025)
2. Jimenez Navarro J. P., Filippidou, F., Kavvadias K. and Carlsson J. (2022) Efficient District Heating and Cooling. EUR 30986 EN. Publications Office of the European Union. Luxembourg. DOI: <https://doi.org/10.2760/854480,JRC126522>
3. Deriy V. O. (2021) Tendentsii rozvytku system tsentralizovanoho teplopostachannia Ukrainy [Trends of development of district heating of Ukraine]. *Problemy zahalnoi enerhetyky – Problems of General Energy*. No. 1, pp. 52–59. Available at: http://nbuv.gov.ua/UJRN/PZE_2021_1_8 (in Ukrainian) (accessed August 26, 2025)
4. Selikhov Yu. A., Ryshchenko I. M., Horbunov K. O. (2023) Intehratsiia roboty systemy teplopostachannia [Integration of heating system operation]. *Intehrovani tekhnolohii ta enerhozberezhennia – Integrated Technologies and Energy Saving*. No. 4, pp. 3–16. DOI: <https://doi.org/10.20998/2078-5364.2023.4.01> (in Ukrainian)
5. Heletukha H. H., Kramar V. H., Oliinyk V. M., Antonenko V. O. (2018) Analiz mozhlyvostei zberezhennia i rozvytku tsentralizovanoho teplopostachannia v Ukraini [Analysis of the possibilities for saving and development of district heating systems in Ukraine]. *Teplofizyka ta teploenerhetyka – Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 41(1), pp. 53–58. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.31472/tpe.1.2019.7> (in Ukrainian)
6. Kyzym, M. and Kotlyarov, Y. (2024), *Napriamky rynkovykh peretvoren u sferi teplopostachannia Ukrainy: monohrafiia* [Directions of marketing transformations in the heating sphere of Ukraine: monograph]. PE Liburkina L. M. Kharkiv, Ukraine, 338 p. (in Ukrainian)
7. Heletukha H. H., Zheliezna T. A., Bashtovyi A. I. (2019) Problemy ta perspektyvy dovhostrokovoho planuvannia u sektori teplopostachannia Ukrainy [Problems and prospects of long-term planning in the heat supply sector of Ukraine]. *Teplofizyka ta teploenerhetyka – Thermophysics and Thermal Power Engineering*, 41(2), pp. 72–77. Available at: <https://ihe.nas.gov.ua/index.php/journal/article/view/327/269> (in Ukrainian) (accessed August 26, 2025)
8. Yushchenko N. (2021) Ekonomichna dotsilnist rozvytku v Ukraini pomirno liberalizovanoho rynku teplovoi enerhii [Economic feasibility of development in Ukraine moderate liberalized market of thermal energy]. *Ekonomika ta suspilstvo – Economy and Society*. (23). DOI: <https://doi.org/10.32782/2524-0072/2021-23-21> (in Ukrainian)
9. Babak V., Nikitin Y., Teslenko O. (2024). Tsilisnyi pidkhid do systemnoi transformatsii elektroenerhetyky, tsentralizovanoho teplopostachannia ta komunalnoi infrastruktury [Holistic approach to the systemic transformation of the electric power industry, district heating and municipal infrastructure]. *Systemni doslidzhennia v enerhetytsi – System Research in Energy*. (4 (80), pp. 6–25. DOI: <https://doi.org/10.15407/srenergy2024.04.006> (in Ukrainian)
10. Hlamazdin P., Baranchuk K., Pryimak O. V. (2021). Novi pidkhody do orhanizatsii tsentralizovanoho teplopostachannia [New approachers to organization of district heating]. *Ventylatsiia, osvittennia ta teplohaizopostachannia – Ventilation, Lightening and Heating*. 39, pp. 38–46. DOI: <https://doi.org/10.32347/2409-2606.2021.39.38-46> (in Ukrainian)
11. Savchenko O. O., Yurkevyc Y. S., Voznyak O. T. (2024). Otsinka mozhlyvosti vprovadzhennia nyzkotemperaturnykh system tsentralizovanoho teplopostachannia [Possibility assessment of the low-temperature district heating systems implementation in Ukraine]. *Ekolohichna bezpeky ta pryrodokorystuvannia – Environmental Safety and Natural Resources*. 49(1), pp. 17–33. DOI: <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.1.17-33> (in Ukrainian)
12. Rīgas Siltums. AS “Rīgas Siltums” siltumenerģijas tariffs. Available at: <https://www.rs.lv/saturs/rigas-siltums-siltumenerģijas-tarifs> (accessed August 26, 2025)
13. Salaspils Siltums. Tariff history. Available at: <https://salaspilssiltums.lv/en/for-customers/tariff-history/> (accessed August 26, 2025)
14. Latvia's National Energy and Climate Plan 2021–2030. Riga, 2020. ENER-2019-00002-00-04-EN-TRA-00 – Available at: https://energy.ec.europa.eu/system/files/2020-04/lv_final_necp_main_en_0.pdf (accessed August 26, 2025)
15. Salaspils Siltums. Heat sources and fuel diversification. Available at: <https://salaspilssiltums.lv/en/par-uznemumu/siltumavoti-un-kurinama-diversifikacija/> (accessed August 26, 2025)
16. Ziemeļe J., Gravelsins A., Blumberga A., & Blumberga, D. (2017). Sustainability of heat energy tariff in district heating system: Statistic and dynamic methodologies. *Energy*, 137, pp. 834–845. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2017.04.130>

17. Prozuments A., Borodinecs A., Zaharovs S., Banionis K., Monstvilas E., & Norvaišienė R. (2023). Evaluating Reduction in Thermal Energy Consumption across Renovated Buildings in Latvia and Lithuania. *Buildings*. 13(8), 1916. DOI: <https://doi.org/10.3390/buildings13081916>
18. Lysak O. (2025). Analiz zminy teploviddachi radiatoriv vnaslidok perekhodu do nyzkoterperaturnoho opalennia z vykorystanniam heothermalnoi enerhii [Analysis of changes in heat output from radiators during the switch to low-temperature heating using geothermal energy]. *Vidnovluvana energetika – Renewable Energy*, 1(80), pp. 108–115. DOI: <https://doi.org/10.36296/1819-8058> (in Ukrainian)