

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАХІДНОУКРАЇНСЬКИЙ
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Брич Василь, Борисяк Олена

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК КРИТИЧНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ: СКЛАДОВІ
НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ**

Монографія

**Тернопіль
ЗУНУ
2023**

УДК 330.341:502/504:355.45
Б 87

Автори:

Брич Василь – Розділ 1 (п.1.1., п.1.2)
Борисяк Олена – Розділ 1 (п.1.3), Розділ 2 (п. 2.1, 2.2, 2.3),
Розділ 3 (п.3.1, 3.2, 3.3)

Рецензенти:

О. М. Левченко, д. е. н., професор кафедри менеджменту та підприємства Центральноукраїнського державного університету ім. В. Винниченка;

І. Кузнецова, д. е. н., професор, завідувач кафедри менеджменту організації Одеського національного економічного університету;

О. М. Павлова, д. е. н., професор, завідувач кафедри економіки і торгівлі Волинського національного університету ім. Л. Українки

*Рекомендовано Вченою радою Західноукраїнського
національного університету
(протокол № 3 від 25 жовтня 2023 року).*

Б 87 Брич В., Борисяк О. Сталий розвиток критичних технологій: складові національної безпеки: монографія. Тернопіль: ВПЦ «Університетська думка» ЗУНУ, 2023.122 с.

ISBN 978-966-654-816-3

У монографії розглянуто теоретичні засади і прикладні напрями сталого розвитку критичних технологій у сфері національної безпеки. З'ясовано симбіоз кліматичної, енергетичної, продовольчої безпеки та обороноздатності у сталому розвитку критичних технологій. Виокремлено імперативи сталого розвитку критичних технологій для зміцнення кліматичної та енергетичної безпеки. Запропоновано напрями організаційно-інноваційного забезпечення сталого розвитку критичних технологій у сфері національної безпеки.

ISBN 978-966-654-816-3

УДК 330.341:502/504:355.45

©Брич В., Борисяк О.
©ЗУНУ, 2023

ЗМІСТ

ВСТУП..	5
----------------------	----------

РОЗДІЛ 1. КОНЦЕПТУАЛЬНІСТЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРИТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ..	9
--	----------

1.1. Сутність і роль критичних технологій у сфері національної безпеки в умовах сталого розвитку..	9
--	---

1.2. Розвиток критичних технологій: симбіоз кліматичної, енергетичної і продовольчої безпеки..	17
--	----

1.3. Інноваційний потенціал критичних кліматично-нейтральних технологій у контексті зміцнення обороноздатності та енергетичної безпеки..	26
--	----

РОЗДІЛ 2. ІМПЕРАТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРИТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ: АСПЕКТ КЛІМАТИЧНОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ..	35
---	-----------

2.1. Правові засади розвитку критичних технологій для зміцнення кліматичної та енергетичної безпеки України та Європейського Союзу.....	35
---	----

2.2. Трансформація енергоефективності суб'єктів господарювання і розвиток критичних кліматично-нейтральних технологій.....	44
--	----

2.3. Шляхи сталого розвитку критичних технологій для переходу до низьковуглецевої енергетики.....	56
---	----

**РОЗДІЛ 3. ОРГАНІЗАЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНЕ
ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРИТИЧНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ..... 69**

3.1. Ресурсна стійкість підприємств енергетики
з врахуванням кліматичної нейтральності..... 69

3.2. Стратегія розбудови кліматичної політики
енергозабезпечення як «дорожня» карта сталого розвитку
критичних технологій для відновлення України... 88

3.3. Формування міжгалузевого кліматично-нейтрального
ланцюга передачі енергії 98

ЛІТЕРАТУРА..... 107

ВСТУП

Транзитивність організаційно-інноваційних процесів у забезпеченні сталого розвитку національної економіки доповнюється необхідністю переходу до циркулярності через впровадження низьковуглецевих і енергоефективних критичних технологій з метою зміцнення національної безпеки. У цьому контексті, особливе значення має зміцнення екологічної, енергетичної, економічної та соціальної складових сфери національної безпеки в контексті практичної реалізації еколого-енергетичної парадигми адаптації до змін клімату.

Проблеми екології, енергетики та адаптації до зміни клімату сьогодні визнані найбільш актуальними цивілізаційними викликами. Водночас вони виступають важливими загрозами національній безпеці. Тому у контексті зміцнення національної безпеки вирішення цих проблем передбачає застосування критичних технологій як стимулу сталого розвитку національної економіки, що сприяє посиленню екологічної та енергетичної безпеки.

Водночас, впровадження ключових проривних технологій вирішує низку міжгалузевих проблем. Для забезпечення екологічної та енергетичної безпеки держави на засадах кліматично-нейтрального розвитку необхідна оптимізація управління природними аграрними ресурсами. У першу чергу, агробіоресурс може стати значно ефективнішим споживачем вуглекислого газу та продуцентом кисню ніж ліс, тим самим нейтралізуючи негативний вплив на клімат інших економічних чинників. По-друге, перехід до вторинної переробки агробіоресурсів є як способом оптимізаційного природокористування, так і альтернативним джерелом отримання енергії, сировинною базою для виробництва боєприпасів (пороху).

Важливою характеристикою даних культур є її безвідходність і можливість використовувати у багатьох галузях національної економіки, застосування в критичних технологіях за пріоритетними

напрями у т.ч. в оборонній галузі. Все це сприяє розвитку замкнутого економічного циклу в аграрному секторі, енергетиці, транспорті та оборонній галузі. З огляду на це, актуальним питанням є розробка механізму організаційно-інноваційного забезпечення розвитку критичних технологій у сфері національної безпеки шляхом зміцнення кліматичної нейтральності та оптимізації еколого-енергетичного менеджменту національної економіки.

З огляду на це, у монографії розглянуто теоретичні засади і прикладні напрями сталого розвитку критичних технологій у сфері національної безпеки. Визначено закономірності інституційної спроможності використання європейського досвіду організаційно-інноваційного забезпечення сталого розвитку критичних технологій агропромислового та енергетичного секторів національної економіки. Обґрунтовано концепцію комплексного застосування проривних критичних кліматично-нейтральних технологій.

Запропоновано імітаційну модель формування системи кліматично-нейтрального господарювання для агро-енергетичних кластерів (сільськогосподарські підприємства-зелені енергетичні підприємства-підприємства зеленої транспортної сфери), що полягає у впровадженні критичних технологій в умовах інноваційної господарської діяльності у сфері національної безпеки на засадах циркулярного використання ресурсів. Розглянуто науково-теоретичні підходи до концептуальних засад сталого розвитку критичних технологій у сфері обороноздатності та національної безпеки, особливістю яких є обґрунтування комплексного застосування проривних критичних кліматично-нейтральних технологій. Сформовано алгоритм впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій для стимулювання інноваційних рішень щодо ресурсного забезпечення національної економіки, що на відміну від існуючих, полягає у використанні інтервальної методики визначення ресурсної стійкості на мікроекономічному рівні (на прикладі підприємств теплоенергетики) до використання відновлювальних джерел енергії (енергетичні культури як біомаса).

Визначено закономірності інституційної спроможності використання міжнародного досвіду організаційно-інноваційного забезпечення розвитку критичних технологій енергетичного

сектору національної економіки, змістом яких, на відміну від існуючих, є інтеграція енергетичних культур (біомаси) як різновиду відновлювальних джерел енергії у ланцюг виробництва та постачання «зеленої» енергії, що, у свою чергу, що сприяє забезпеченню стійкості енергетичної, екологічної складових національної безпеки та обороноздатності.

Представлені у монографії наукові напрацювання є цінними в суспільній практиці, що полягають у створенні системи розвитку критичних кліматично-нейтральних технологій у сфері обороноздатності та національної безпеки з акцентом на системних міжгалузевих підходах (cross-sectoral approaches), що стимулюватимуть і підтримуватимуть сталий розвиток національної економіки на засадах декарбонізації та переходу до низьковуглецевого виробництва що базуватиметься на використанні європейського досвіду адаптації до кліматичних змін. Розробка інноваційних заходів з впровадження стратегії зміцнення кліматичної безпеки України у рамках Європейської Зеленої Угоди / European Green Deal передбачає активізацію впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій у галузевих напрямках, що буде сприяти: збільшенню абсорбції та поглинанню вуглецю в сільському господарстві; зменшенню викидів метану та оксиду азоту, пов'язаних з виробництвом викопного палива, сільським господарством та поводженням з відходами.

У монографії пропонується бачення шляхів розвитку аграрного, енергетичного сектору та кліматично безпечної діяльності і переходу до низьковуглецевої економіки до 2030 року та досягнення цілей за секторами національної безпеки і шляхи їх досягнення. Теоретико-методичні розробки направлені на конкурентоспроможне споживання енергоресурсів (в тому числі альтернативних), підвищення енергоефективності з метою посилення національної безпеки.

Обґрунтування у монографії пріоритетності збалансованого природокористування, перспективності розвитку сектору агро-біоенергетики, підвищення ефективності впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій в управління аграрним природокористуванням дасть змогу удосконалити адаптивний механізм створення мереж агро-енергетичних кластерів, що функціонують

на засадах кліматично-нейтральної та екологічно безпечної діяльності, що стимулюватиме подальший сталий розвиток не лише сфери обороноздатності і національної безпеки, але й низьковуглецевої економіки в масштабах країни.

РОЗДІЛ 1 КОНЦЕПТУАЛЬНІСТЬ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРИТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

1.1. Сутність і роль критичних технологій у сфері національної безпеки в умовах сталого розвитку

Сталий розвиток передбачає наявність сприятливих умов функціонування економічної та соціальної системи. Ці умови забезпечують не лише їх тривале стабільне функціонування, але й сприяють відновленню окремих їх елементів, що, у свою чергу, забезпечує перспективи розвитку.

Згідно Закону України «Про національну безпеку України», одним із фундаментальних інтересів України (стаття 3) є «сталий розвиток національної економіки, громадянського суспільства і держави для забезпечення зростання рівня та якості життя населення» [9]. У свою чергу, «у загальній системі державного управління національна безпека забезпечує такий стан, за якого відсутні або локалізовані реальні внутрішні й зовнішні загрози національним цінностям, інтересам та національному способу життя, тобто забезпечується реалізація життєво важливих інтересів особистості, суспільства та держави» [10, с. 45]. Як наслідок, виокремлюється взаємозалежність між сталим розвитком та національною безпекою, а саме: з одного боку, сталий розвиток формує сприятливі умови, в яких формуються усі складові національної безпеки, а з іншого – національна безпека є визначальною для сталого розвитку економіки і суспільства.

Саме на стику сталого розвитку та національної безпеки знаходиться ресурсний потенціал країни. Такий ресурсний потенціал розглядається як елемент сталого розвитку при умові достатності та оптимального використання, а також як складова, наявність якої забезпечить суспільство від ключових загроз сучасного світу та полегшить сприйняття глобальних потрясінь, що є визначальним для національної безпеки країни. В умовах російської воєнної агресії в Україні, особливе значення має забезпечення таких ключових складових національної безпеки як обороноздатність, еколого-енергетична стійкість і продовольча безпека (сталість розвитку агропромислової сфери). У цьому контексті, перехід до розвитку критичних технологій у енергетичній та агропромислових сферах на засадах міжгалузевої взаємодії розглядається як спосіб створення умов для стійкості еколого-енергетичної, продовольчої безпеки в умовах воєнного стану.

На цьому шляху, актуальною проблемою є вибір таких напрямів розвитку науково-технічної сфери, які б максимально забезпечили підвищення безпеки та конкурентоспроможності національної економіки. Для цього ведеться робота щодо вибору пріоритетів наукового та технологічного розвитку.

Під пріоритетними напрямками розвитку науки і техніки розуміють основні галузі досліджень та розробок, реалізація яких має забезпечити значний внесок у соціальний, науково-технічний та промисловий розвиток країни та досягнення за рахунок цього національних соціально-економічних цілей. У кожному з пріоритетних напрямів розвитку науки і техніки можна виділити більш конкретні прикладні напрямки, які називають критичними технологіями. Формування науково-технічних пріоритетів використовується для розробки переліку критичних технологій, тобто найважливіші технології, суттєві для розвитку країни і для майбутньої довгострокової національної безпеки та економічного процвітання.

Критичні технології – це високі технології, які мають принципове значення для підтримання національної безпеки або економічного зростання і які потребують збереження та розвитку. Перша доповідь про національні критичні технології з'явилася в 1991 р. в США, і на сьогодні підготовлено декілька доповідей. У першій з них пропонувалися критерії вибору критичних технологій. Друга – присвячена з'ясуванню напрямів впливу критичних

технологій на добробут та економічний розвиток країни. Під час підготовки наступних доповідей було обрано такі технологічні галузі: матеріали; інформатика та зв'язок; виробничі технології; біологічні системи; транспорт; енергетика; якість довкілля.

У США створено спеціальний орган – Інститут критичних технологій, який здійснює роботу з формування переліку критичних технологій, а також проводить кожні 2 роки перегляд та уточнення обраних пріоритетів. При формуванні списку критичних технологій Інститут орієнтується здебільшого на такі критерії оцінки технологій:

- вплив на прогрес даних технологій;
- вплив на досягнення світової конкурентоспроможності галузей економіки країни;
- сприяння забезпеченню національної безпеки та вдосконаленню технологій.

На даний момент актуальним є наступний агрегований список критичних технологій США: енергетика; захист навколишнього середовища; інформаційні комп'ютерні технології; біотехнології та медицина; виробничі технології; нові матеріали; транспорт. При цьому в кожному з цих пунктів окремо виділяються технології військового призначення, яким приділено пріоритетну увагу.

В Україні прийнято Постанову Кабінету Міністрів від 16 травня 1994 р. № 310 «Про розвиток і захист критичних технологій» [11]. Виділяють три пріоритетні напрями критичних технологій:

- а) технології життєзабезпечення населення України (медицина, продовольство й товари народного вжитку, енергетика, екологія);
- б) перспективні технології подвійного використання (транспорт, матеріали, технології машинобудування, інформатика та засоби зв'язку);
- в) технології спеціального призначення (зокрема, оборонний комплекс).

Питання критичності тих чи інших технологій слід розглядати на різних рівнях: технологічний процес, фірма, галузь, регіон, національна економіка, глобальний планетарний рівень. Критичні технології проявляються ще на рівні виробничого процесу і базуються на тому, що їх відсутність суттєво погіршує параметри якості продукції, ефективність використаних ресурсів та виробництва загалом.

Критичні технології для фірми – це конкурентна перевага економічного суб'єкта у вигляді економічного прибутку та/або суттєвої частки ринку.

Критичні технології для галузі – це технологія, володіння якої так само, як і відсутність – визначає можливість ефективної діяльності та розвитку цієї сфери.

Критичні технології рівня регіону, національної економіки, глобального рівня можна визначити як технології, застосування яких дозволяє забезпечити у системі конкурентні переваги для економічного суб'єкта.

Критичні технології глобального планетарного рівня – це технологія, володіння якої сприяє запобіганню, ліквідації порушень та відхилень у коеволуції природи та суспільства. Наприклад, технологія, що дозволяє мінімізувати шкідливі викиди для екології, ліквідувати продуктові проблеми. Отже, властивість критичності проявляється на різних рівнях: від технологічної операції до глобального рівня.

Наукові підходи до оцінки впливу критичних технологій доцільно, на нашу думку, розглядати з точки зору критичності самих галузей економіки та критичності окремих об'єктів у регіональному та загальнодержавному значенні. Однак, помилковим є ототожнення критерію «критичності» для технології, галузі та окремого інфраструктурного об'єкту, оскільки з точки зору технологій під критичними розуміють ключові та визначальні технології вплив на галузі яких формують напрями та темпи їх модернізації. Водночас, критичні галузі та критичні інфраструктурні об'єкти відзначаються рівнем впливу порушень їх роботи на життєзабезпечення окремих територій, регіонів та держави.

У Законі України «Про критичну інфраструктуру» встановлюються такі категорії критичності об'єктів критичної інфраструктури [2]:

– I категорія критичності – особливо важливі об'єкти, які мають загальнодержавне значення, значний вплив на інші об'єкти критичної інфраструктури та порушення функціонування яких призведе до виникнення кризової ситуації державного значення;

– II категорія критичності – життєво важливі об'єкти, порушення функціонування яких призведе до виникнення кризової ситуації регіонального значення;

– III категорія критичності – важливі об'єкти, порушення функціонування яких призведе до виникнення кризової ситуації місцевого значення;

– IV категорія критичності – необхідні об’єкти, порушення функціонування яких призведе до виникнення кризової ситуації локального значення.

На основі категорії критичності об’єктів можемо сформулювати передумови для оцінки впливу критичних технологій на національну безпеку країни через їх взаємозв’язок із критичними об’єктами та галузями, зокрема з енергетикою у контексті переходу до кліматичної нейтральності (рис. 1.1).

Основною метою методу критичних технологій є з’ясування пріоритетів науково-технічного прогресу на середньострокову перспективу (найчастіше до 10 років). Результатом дослідження стають переліки технологій, розробок і напрямів досліджень, котрі матимуть пріоритети в цій країні.

Формування переліків критичних технологій є необхідною умовою для організації ефективних робіт з безперервного аналізу стану та оцінки рівнів розвитку науки і техніки (оскільки неможливо проводити одночасний моніторинг станів усього спектра технологій та науково-технічних напрямів, що впливають на національний економічний розвиток та безпеку країни).

Стрімкий розвиток цифрових технологій кардинально змінює не лише середовище функціонування економіки, а й саму її структуру і зміст. Динамізм середовища та постійні зміни приводять до високої непередбачуваності і вимагають від економічних суб’єктів гнучкості й адаптивності. Ухвалення управлінських рішень перетворюється у складний процес, який потребує різноманітної інформації про всі фактори впливу щодо об’єкта управління. Цифрова економіка, яка характеризується інтеграцією високих інформаційних технологій з бізнес-процесами, впливає на продукти, канали логістики, збут і поставки, кардинально змінюючи принципи організації та функціонування бізнесу.

Технології блокчейн, Big Data, хмарні інструменти, штучний інтелект та інші дають змогу автоматизувати прийняття управлінських рішень. Але в ситуаціях високої динамічності алгоритми можуть приводити до втрати якості інформації, адже процес прийняття рішень надто ускладнюється і вимагає достатньої і достовірної інформації, створеної на запит користувача [13]. На цьому шляху особливе значення має розвиток критичних технологій, як у сфері кібербезпеки зокрема, так і у сфері національної безпеки загалом.

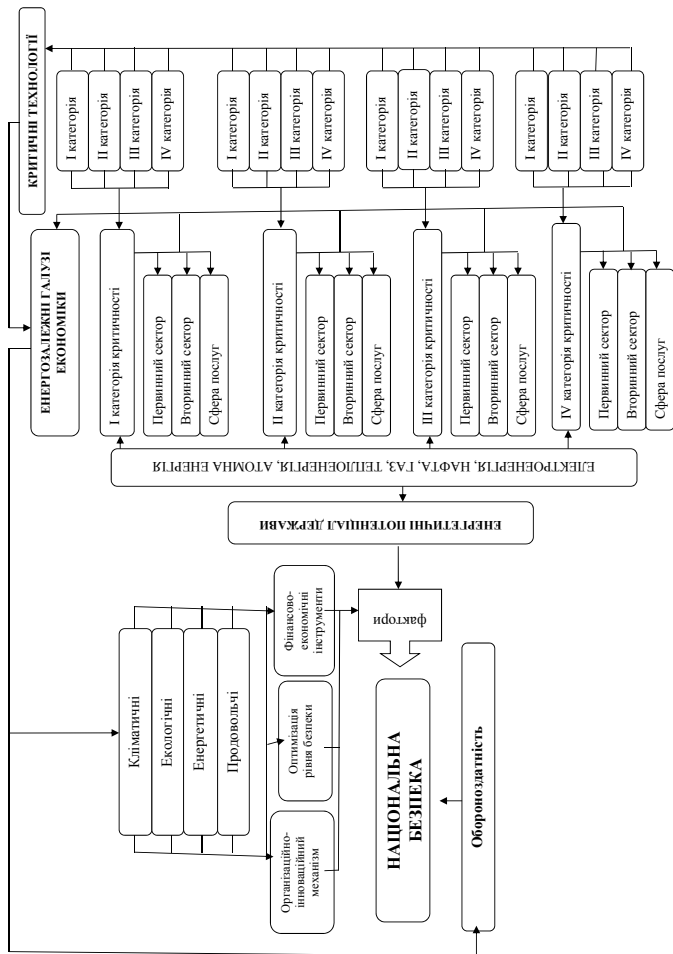


Рис 1.1. Роль критичних технологій у сфері національної безпеки
Джерело: авторська розробка

У свою чергу, розвиток критичних технологій зумовлює залучення інвестицій шляхом реалізації інвестиційних проєктів. Відзначимо, що система, що розробляється, охоплює управління інвестиційними проєктами (об'єкти управління) та управління інвестиційною діяльністю його учасників (суб'єкти управління). Ця система призначена для підвищення ефективності управління проєктами та діяльністю його учасників.

В основі реалізації процедур з розвитку критичних технологій має бути закладений принцип, який дає змогу враховувати ситуації в процесі багатоваріантного моделювання і ухваленні відповідних рішень здійснювати пошук та оптимізацію варіантів рішень в умовах невизначеності інформації, принципів вибору, досліджувати на основі моделі наслідки рішень, котрі приймаються, підвищити гнучкість моделі, оперативність її коректування в процесі зміни виробничої ситуації.

У мережевому моделюванні процедура оптимізації вартості розглядається як частина фази планування проєктів. На практиці оптимізація вартості означає її мінімізацію за певних обмежень. Наявні такі протиріччя:

- визначення можливості виконання проєкту з мінімально можливою вартістю без врахування обмежень на ресурси і час;
- знаходження варіанта реалізації проєкту з мінімальною вартістю з урахуванням обмежень лише на ресурси.

Для формування програми задач інвестиційних проєктів з розробки і впровадження критичних технологій доцільно враховувати такі чинники:

- критерії ефективності вирішень завдань планування в часі;
- обмеження конкретного виробничого середовища;
- способи виконання робіт;
- з постійною та змінною інтенсивністю, безперервно або з перервами;
- залежність між інтенсивністю виконання робіт їх вартістю, дискретний характер цієї залежності;
- багатофакторний вплив на вирішення завдань планування;
- індивідуальний підхід для вирішенні завдань [14].

Одним із методів дослідження стану інноваційного розвитку критичних технологій, аналізу, прогнозу та прийняття відповідних рішень є моніторинг, який є спеціально організованою та постійно діючою системою збору та аналізу інформації, проведення

додаткових інформаційно-аналітичних обстежень (опитування керівників технологічних напрямів), оцінки стану критичних технологій та тенденцій їх розвитку. Моніторингові дослідження пріоритетних напрямів розвитку та розробки критичних технологій, що забезпечують науково-технічний прогрес у сфері енергетики різного цільового призначення, передбачають:

- оцінку стану інноваційного розвитку критичних технологій;
- аналіз реалізації критичних технологій у процесі створення перспективних енергетичних матеріалів;

- розробка рекомендацій щодо ефективного використання критичних технологій в енергетичній галузі;

- формування банку даних, призначеного для систематизації та дієвого використання ресурсів науково-технічного доробку з розробки та розвитку критичних технологій;

- забезпечення своєчасного постачання відповідним замовникам аналітичної інформації, необхідної для вироблення рішень щодо оцінки ефективності реалізації програмних заходів, оцінки відповідності отриманих результатів цілям державної соціально-економічної та науково-технологічної політики, а також внесення необхідних корективів у процес впровадження сучасних та перспективних енергетичних технологій;

- уточнення критичних параметрів технології, що стримують розвиток останніх та практичне їх використання у перспективних розробках.

Під час моніторингу критичних технологій:

- складається прогноз розвитку критичних технологій на коротко-, середньо та довгострокову перспективу;

- розробляються рекомендації, що визначають подальшу підтримку позитивних тенденцій у розвитку енергетичних технологій;

- визначаються пріоритетні технології, на яких слід сконцентрувати науково-конструкторські сили, фінансові та матеріальні ресурси та, насамперед, критичні технології;

- окреслюються нові технології, здатні забезпечити науково-технологічний прорив при створенні перспективних енергетичних технологій, що надають їм нові властивості, а також підвищують рівень їх технічних характеристик;

- складаються схеми застосування проривних технологій при розробці інноваційних зразків в енергетиці.

У технологічно розвинутих країнах на державному рівні розроблена практика цілеспрямованого формування інноваційних систем та розвитку нових технологічних укладів. Особлива роль у цьому відводиться саме критичним технологіям. Розташовані на вершині інноваційно-технологічної піраміди критичні технології мають виняткове значення у забезпеченні стабільного функціонування та розвитку національної безпеки.

Отже, національні критичні технології мають ключове значення для розширення можливостей обороноздатності України та досягнення цілей національної безпеки, зокрема екологічної, енергетичної та продовольчої в системі науково-технологічної безпеки. Тому організація діяльності в цій сфері, державна підтримка і стимулювання критичних технологій мають бути віднесені до пріоритетів державної політики України та сприяти поглибленню наукових пошуків.

1.2. Розвиток критичних технологій: симбіоз кліматичної, енергетичної і продовольчої безпеки.

Згідно з Постановою Кабінету Міністрів України від 9 жовтня 2020 р. № 1109 (в редакції Постанови Кабінету Міністрів України від 16 грудня 2022 р. № 1384) [15] до переліку секторів критичної інфраструктури в сфері агропромислового комплексу належить «виробництво та переробка сільськогосподарської та/або харчової продукції» як окремий елемент. Водночас, для чіткої та системної оцінки розвитку критичних технологій в агропромисловому секторі національної економіки на засадах кліматичної нейтральності та продовольчої безпеки доцільним є градація таких технологій відповідно до критичних сфер агропромислового комплексу (АПК), в основу якого закладено узагальнену нормовану оцінку рівня критичності об'єктів інфраструктури (згідно законодавчої бази України), вплив технологій на рівень критичності об'єктів та галузей, вплив загроз на об'єкти і галузі.

У табл. 1.1. сформовано критерії критичності технологій у сфері агропромислового комплексу. Зокрема, рослинництво, тваринництво та рибне господарство як джерело безпосереднього забезпечення продуктами харчування і як елемент, що прямо

впливає на продовольчу безпеку країни, віднесено до першої категорії критичності.

Таблиця 1.1

Критерії критичності технологій у сфері агропромислового комплексу

Сфера АПК	Критичні технології*			
	1 категорія	2 категорія	3 категорія	4 категорія
1	2	3	4	5
I категорія критичності $0,8 < PK_{ок1} \leq 1^{**}$	Захист від біологічного, техногенного, кліматичного впливу. Мінімізація енергоємності. Скорочення імпорто-незалежності	Безпека процесів. Роботизація та скорочення витрат. Модернізація технологій.	Технології підвищення врожайності рослин та продуктивності тварин.	Технології безперерйного забезпечення та моніторингу ділянок, насаджень та ферм
II категорія критичності $0,63 < PK_{ок1} \leq 0,8^{**}$	Захист підприємств переробки від техногенних загроз. Зниження рівня енергозалежності та енергоємності, скорочення імпортозалежності	Безпека бізнес-процесів та логістики. Підвищення продуктивності праці та фондозброєності	Зниження коефіцієнту зносу, зростання коефіцієнту оновлення основних фондів переробних підприємств	Удосконалення систем моніторингу та контролінгу процесів переробки сировини
III категорія критичності $0,37 < PK_{ок1} \leq 0,63^{**}$	Забезпечення енергоавтономності виробництва, скорочення імпортозалежності, безпека логістики	Постійне оновлення асортименту продукції відповідно до світових стандартів	Технологічне оновлення та модернізація підприємств виробників, з метою підвищення їх продуктивності	Удосконалення систем стандартизації та підвищення якості продукції

Продовження табл. 1.1

1	2	3	4	5
IV категорія критичності $0,2 < PK_{OKI} \leq 0,37^{***}$	Унікальність вітчизняного с/г машинобудування, енергетична незалежність, зменшення рівня імпортозалежності у виробництві комплектуючих	Безпека виробництва, інноваційний розвиток відповідно до світових тенденцій розвитку АПК, підвищення фондоозброєності підприємств	Модернізація процесів виробництва, зменшення енергоємності та безпека виробництва та обслуговування с/г машин	Оновлення діючих підприємств з метою зменшення коефіцієнта зносу, зниження рівня собівартості та підвищення ефективності вітчизняних с/г машин

**I категорія – технології, що дозволяють повністю змінити функціонування об'єктів або галузей та мінімізувати рівень їх критичності через зменшення наслідків впливу загроз до граничного показника мінімуму;*

2 категорія – технології, що дозволяють частково змінити функціонування об'єктів або галузей та знизити рівень їх критичності, що значно обмежує вплив загроз;

3 категорія – технології, що дозволяють модернізувати об'єкти і галузі та частково знизити рівень їх критичності, а також оптимізувати вплив загроз;

4 категорія – технології, що дозволяють оновити об'єкти і галузі та фрагментарно знизити рівень їх критичності і частково знизити вплив загроз.

***Примітка. Критерії критичності визначені згідно Порядку віднесення об'єктів до об'єктів критичної інфраструктури (Постанова КМУ «Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури» від 09.10.2020 № 1109)*

****Примітка. Об'єкт не є критичним, якщо $PK_{OKI} \leq 0,2$ згідно Порядку віднесення об'єктів до об'єктів критичної інфраструктури (Постанова КМУ «Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури» від 09.10.2020 № 1109)*

Джерело: сформовано на основі [15; 16; 23]

Зважаючи на те, що в останні 10 років рослинництво в Україні розвивалося досить стабільно та ефективно (рис. 1.2), оскільки Україна є та залишається країною-експортером зернових і країною, що забезпечує світову продовольчу безпеку, необхідно відзначити реальність загроз які виникли у зв'язку із воєнними діями на території нашої держави.

Тенденції у розвитку тваринництва незважаючи на незначний вплив загроз, в останні роки були спрямовані на зниження обсягів вирощування сільськогосподарських тварин (рис. 1.3). А із початком воєнних дій продовжували скорочуватися і за останні десять років в цілому знизилися від 10 до 15 % за окремими напрямками.

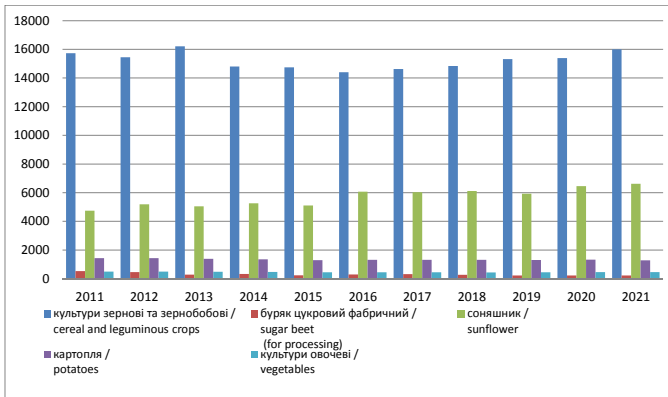


Рис. 1.2. Площа посівна уточнена сільськогосподарських культур, тис.га

Джерело: побудовано за даними [17]

У перспективі, скорочення посівних площ сільськогосподарських культур знизить можливості виробництва кормів для галузі тваринництва. Крім того, фізичне знищення фермерських господарств, руйнування будівель і споруд в результаті обстрілів гостро виділить проблему відновлення цих об'єктів та відродження галузі тваринництва в Україні.

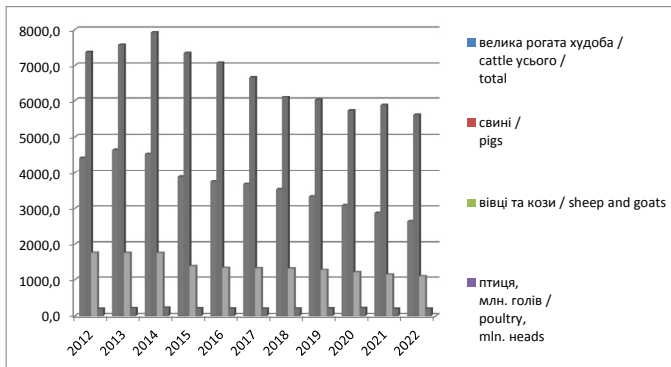


Рис. 1.3. Кількість сільськогосподарських тварин на 1 січня, тис. голів

Джерело: побудовано за даними [18]

У сфері рибного господарства за останні роки відбулося зниження обсягів видобування практично на 35% (у 2018 році – 64737,9 тон, а у 2021 році – 41816,1 тон) [19]. У результаті воєнних дій у 2022 році відбулося значне забруднення водних об'єктів, порушення екосистем річок, озер, ставків, що значно вплине на забезпечення населення продукцією рибництва.

Відтак, динаміка розвитку перших критичних сфер агропромислового комплексу та наслідки впливу загроз, будуть здійснювати безпосередній вплив на другу категорію критичних сфер агропромислового комплексу. До цієї категорії слід віднести переробку продукції рослинництва та тваринництва, оскільки саме ці сфери агропромислового комплексу формують параметри продовольчої безпеки розподіляючи продукцію за відповідними напрямками споживчого попиту.

Так, обсяг реалізованої продукції переробної промисловості за січень-червень 2022 року становив 729565 млн. грн., або 50,1% до загального обсягу реалізованої продукції промисловості. За такий ж період 2021 року цей обсяг становив 993330,2 млн. грн. або 60,8% до загального обсягу реалізованої продукції. Отже, спостерігаємо наслідки впливу загроз які виникли в результаті воєнних дій та збройної агресії на території України, а саме скорочення обсягів реалізованої продукції на 27% [20].

Третя і четверта категорія критичних сфер це є сфери забезпечення основних напрямків сільського господарства. Вплив внутрішніх загроз на ці категорії може бути частково або повністю компенсованим за рахунок імпортової складової, а їх вплив на продовольчу безпеку країни має опосередкований характер. Однак, розвиток цих сфер залежить від стану сфер першої та другої категорії критичності.

Так, наприклад, виробництво агрохімічної продукції у січні-червні 2022 року становило 1597,0 млн. грн., а виробництво готових кормів для тварин – 10615,6 млн. грн., то за такий ж період 2021 року відповідно 1066,6 млн.грн. та 14888,5 млн. грн. Як видно зі статистичних даних, зниження відбулося саме у виробництві готових кормів для тварин як наслідок зниження темпів розвитку рослинництва та тваринництва [20].

Виробництво машин і устаткування для сільського та лісового господарства у 2020 році становила 13016,1 млн. грн, а у 2021 році

становила – 8612,7 млн. грн. Водночас, обсяг реалізованої промислової продукції (товарів, послуг) без ПДВ та акцизу становить 4129,0 млн. грн.. за січень-червень 2022 року (0,3 у % до загального обсягу реалізованої промислової продукції). З нього обсяг продукції, реалізованої за межі країни 1330,1 млн. грн. [20].

Таким чином, оцінка критичних сфер агропромислового комплексу відображає стан, в якому принциповим є пошук або генерація ідей, а також адаптація кращих світових інноваційних розробок, що мають велике значення для забезпечення галузі від загроз зовнішнього і внутрішнього походження, забезпечення її функціонування як елементу системи національної безпеки країни. Серед найбільш значимих на сьогодні в агропромисловому комплексі є інноваційні ідеї, що пов'язуються із системами моніторингу за ростом рослин, а також, автоматичного підбору раціону для тварин (табл. 1.2).

Таблиця 1.2

Ключові новації агробізнесу для першої категорії критичних сфер у 2022 році

Рослинництво		Тваринництво	
Назва ключової новації	Особливості новаторського рішення	Назва ключової новації	Особливості новаторського рішення
1	2	3	4
АЕРО	Система моніторингу шкідників, що функціонує завдяки цифровій зйомці з повітря в ультрафіолетовому діапазоні за допомогою безпілота. Це дозволяє визначити основні скупчення шкідників.	CloudFarm	Мобільний додаток для керування та аналізу виробничих даних свиноферми, що дозволяє контролювати роботу працівників та давати їм розпорядження в онлайн режимі, а також моніторити стан тварин та процеси.

Продовження табл. 1.2

1	2	3	4
CropCare	База засобів боротьби з шкідниками, що оновлюється постійно. Для боротьби з шкідниками достатньо внести культури та GPS-дані полів, що дозволить системі автоматично підібрати оптимальні препарати	Calf Monitoring System	Система моніторингу та управління здоров'ям молодняка великої рогатої худоби. За допомогою датчиків відбувається відслідковування за основними симптомами хвороб телят і система попереджає фермера про можливий спалах захворювання за 3 дні до початку першого захворювання.
AgroGuard	Охоронна система, яка дозволяє за допомогою інфрачервоних датчиків, що розміщені по периметру ділянок посівів та насаджень. При порушенні меж ділянки власник отримує повідомлення на мобільний телефон.	Terra NutriTech OPIS	Система контролю за видачею рідких мінералів для великої рогатої худоби. Ця система дозволяє автоматизувати внесення необхідної кількості мінералів у воду, що дозволяє ефективно використовувати доволі дорогі комплекси корисних мінералів.
DR-TECH	Програма систематизації даних з ділянок та насаджень, що дозволяє сформувати зручну структуру даних та підлаштувати її під смартфон фермера	LelyExos	Робот який самостійно скошує траву і здійснює доставку до тварин. Він дозволяє безперебійно забезпечувати щоденний раціон зеленими кормами, а його невелика вага і компактність дозволяють убезпечити ділянки на яких відбувається скошування від затоптування зеленого покриття
Fractal (на сьогодні апробована в Україні)	Конструктор розумних процесів, за допомогою якого можна максимально автоматизувати процеси в АПК. Мережа характеризується локальністю та дає можливість об'єднати окремі пристрої в єдину мережу	Модульні корівники майбутнього від Wilhelm Kristen GmbH	Конструкція корівника спрямована на роботизацію процесу доїння, годівлі, очистки, а складові частини максимально спрощені, що дозволяє швидко монтувати дану споруду.

Джерело: побудовано за даними [21; 22; 23]

З огляду на стрімкий розвиток сучасних технологій та необхідність їх систематизації, адаптації, а також розширення можливостей для генерування критичних (ключових) новацій в агропромисловому комплексі для забезпечення національної безпеки, в Україні вкрай важливо сформуванню особливий організаційно-інноваційний та фінансово-економічний механізм акумуляції та реалізації інноваційних ідей. Найбільш ефективним з точки зору реалізації інновацій є організація та проведення хакатону. При цьому хакатон, на нашу думку, повинен бути сформовано відповідно до завдань які ставляться в конкретний момент, тобто або як генератор ключових ідей (передумов критичних технологій) або як адаптер критичних технологій [23].

Відповідно до своїх функціональних можливостей, організований агропромисловий хакатон дозволить (рис. 1.4):

- сформуванню організаційно-інноваційний механізм впровадження ключових технологій в агропромисловому комплексі;
- визначити оптимальні інструменти фінансово-економічного забезпечення реалізації новаторських ідей та критичних технологій;
- врахувати детермінанти розвитку галузі, основними з яких є технологічні, екологічні, енергетичні та кліматичні чинники;
- мінімізувати рівень імпортозалежності через пропозиції по збалансуванні інноваційної, інвестиційної, фіскальної та монетарної політики держави.
- виробити ключові рішення для забезпечення продовольчої безпеки країни як елементу національної безпеки.

Серед основних результатів функціонування агропромислового хакатону є вибір інструментів фінансово-економічного забезпечення реалізації критичних технологій та збалансування інноваційної, інвестиційної, фіскальної та монетарної політики. Дилемою у виборі інструментів фінансово-економічного забезпечення є:

- фінансування пулу інноваційних інвестицій через емісію цінних паперів;
- стимулювання венчурного фінансування та вдосконалення механізму франчайзингу;
- законодавче забезпечення та гарантії іноземних інвестицій у розвиток критичних технологій АПК.

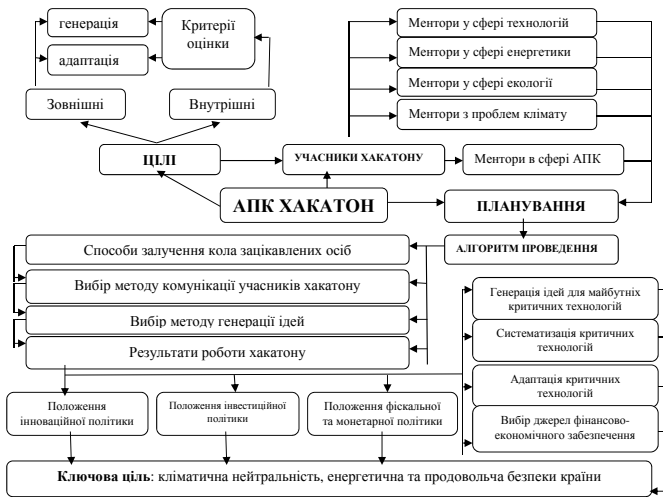


Рис. 1.4. Функціонування агропромислового хакатону

Джерело: авторська розробка

Параметри рекомендацій у сфері державної політики повинні включати:

- напрями оптимізації режиму оподаткування підприємств, що забезпечують продовольчу безпеку країни;
- створення програм кредитування впровадження кредитних технологій;
- залучення страхових компаній до страхування підприємств які впроваджують критичні технології;
- створення механізму небанківського фінансування критичних технологій [23].

Важливим завданням, яке постало сьогодні перед науковцями, є визначення параметрів та цілей системи національної безпеки країни. Чільне місце у цій системі займає розвиток агропромислового комплексу. Однак розвиток цієї галузі економіки неможливий без сучасних інноваційних ідей та технологій. Такі технології нині згруповано відповідно до критерію їх значимості у критичні або ключові технології. Вплив критичних технологій у сфері агропромисловості на національну безпеку у контексті переходу до кліматичної нейтральності є доволі значним, оскільки саме продовольча

безпека як основна ціль функціонування агропромислового комплексу є одним із ключових елементів національної безпеки країни. Це відкриває нове коло завдань перед науковцями – їх впровадження та повноцінна реалізація з максимально ефективним результатом. Одним із ефективних механізмів такого впровадження є організація агропромислового хака톤у.

Формуючи агропромисловий хака톤 можна отримати наступні переваги: конкретизацію цілей, відповідне коло учасників, алгоритм планування та проведення і, як результат, – генеровані ідеї для нових технологій та ідеї для адаптації кращих світових новаторських рішень. Водночас супровідним тут стають рекомендації щодо ключових положень інноваційної, інвестиційної, фіскальної та монетарної політики держави задля забезпечення еколого-енергетичної, кліматичної, продовольчої складових національної безпеки країни.

1.3. Інноваційний потенціал критичних кліматично-нейтральних технологій у контексті зміцнення обороноздатності та енергетичної безпеки

Свідченням утвердження сталого розвитку як парадигми є активна реалізація положень в останнє десятиліття таких ресурсних концепцій як добробуту населення, циркулярної економіки, «зеленої» економіки, інклюзивної економіки, інноваційної економіки та смарт-спеціалізації, коеволюції природи і людини та ін. Натомість, слід відзначити, що природні ресурси характеризуються такими ознаками як обмеженість і непостійність. Зважаючи на це, а також враховуючи актуальність питання з розробки заходів щодо збалансованого ресурсокористування в умовах глобальної зміни клімату особливе значення має застосування оптимізаційного підходу до ресурсокористування.

У розрізі розгляду цього аспекту, доцільно сфокусувати увагу на тому, що у ланцюгу отримання доступу, виробництва, переробки, логістики та споживання ресурсів як товару комплементарними (взаємодоповнюючими) є енергетичні ресурси, які сприяють формуванню зв'язків між процесами у ланцюзі ресурсозабезпечення. За таких умов пріоритетне значення має трансформація системи

еколого-енергетичного менеджменту і зміцнення еколого-енергетичної безпеки, екологізація транспорту, що сприяє переходу до кліматично-нейтрального розвитку [28].

Чергова щорічна Кліматична конференція, організатором якої є Організація Об'єднаних Націй, у листопаді 2021 р. у Глазго засвідчила про важливість консолідації зусиль країн, які підтримали положення Паризької угоди, що вступила в дію у січні 2021 р., щодо розробки заходів з попередження підвищення рівня температури повітря. Зокрема на конференції запропоновано скорочення викидів метану до 2030 року на 30% у порівнянні з 2020 роком. До того ж прийнята у Європейському Союзі у жовтні 2020 р. Метанова стратегія Європейського Союзу спрямована на активізацію діяльності щодо моніторингу викидів метану. Загалом реалізація цілі з адаптації і пом'якшення зміни клімату полягає у впровадженні кліматичних інновацій насамперед у сферах, які зумовлюють зміну клімату.

До галузей, діяльність яких впливає на зміну клімату, належить енергетика. Російська воєнна агресія в Україну засвідчила на міжнародному рівні про стратегічну роль зміцнення як обороноздатності, так й енергетичної безпеки. У цьому контексті, особливе значення має удосконалення використання критичних технологій в енергетиці шляхом пошуку альтернативних (відновлювальних) джерел отримання енергії, що, у свою чергу, дозволяє зберегти реалізацію глобальної цілі щодо переходу до кліматичної нейтральності. У цьому контексті, відзначимо, що пріоритетність впровадження кліматичних інновацій на підприємствах енергетики полягає в тому, що ця сфера належить до критичної інфраструктури. Як наслідок, в умовах воєнного стану вона є у зоні постійного ризику. Це свідчить про необхідність поглиблення розгляду питання диверсифікації джерел отримання енергії, визначення інноваційного потенціалу розвитку підприємств енергетики в умовах воєнного стану та використання критичних кліматичних технологій для альтернативи природних джерел отримання первинної енергії [40].

На сучасному етапі розвитку економічної теорії ресурси розглядаються крізь призму глобалізаційних, альтерглобалізаційних і глокалізаційних процесів. У свою чергу, вважаємо, що балануючу роль у глобально-альтерглобальному ціннісному протиставленні виконує глокалізація, що у науковій літературі трактується як

“процес глобально-локальної взаємодії” [41, с. 23]. Крім того, слід також відзначити, що іншими науковцями [42, с. 54] аспекти ресурсозабезпечення розглядаються крізь призму питання етнічних ідентичностей.

У цьому контексті, впровадження 17 Цілей сталого розвитку, затверджених Генеральною Асамблеєю Організації Об'єднаних Націй у 2015 році, фактично стало свідченням про перезавантаження онтологічного мислення світової спільноти та її об'єднання у реалізації сталого розвитку як можливості самозбереження та самооновлення, а також розгляд засад сталого розвитку уже як парадигми в науковій еволюції, що передбачає збалансований розвиток соціально-економічних систем на основі узгодження соціоприродних цінностей. Водночас, російська воєнна агресія в Україну у лютому 2022 року стала доповнюючим фактором для обґрунтування пріоритетності вирішення завдання щодо забезпечення ресурсами, зокрема енергетичними, а також зміцнення обороноздатності та енергетичної безпеки на національному і глобальному рівнях.

Концепція енергетичної безпеки, на думку О. Миколук, “полягає у розвитку традиційних та відновлюваних джерел енергії для зменшення залежності від імпорту енергоносіїв, посиленні ефективності споживання енергетичних ресурсів, поєднанні ринкових відносин з державним регулюванням, а також стратегічному плануванні запасів паливно-енергетичних ресурсів у випадку форс-мажорних обставин і криз” [5, с. 8]. Цієї ж думки дотримується і А. Завербний, який відзначає, що “енергетична безпека України залежить від рівня диверсифікованості, рівня ефективності використання енергоносіїв, що використовуються для її енергетичних потреб” [43, с. 357]. Інші науковці [44; 45] розглядають аспекти зміцнення енергетичної безпеки крізь призму переходу до використання енергоефективних, енергозберігаючих технологій, впровадження енергетичного менеджменту та розбудови ринку енергосервісу на засадах зміцнення екологічної складової сталого розвитку.

Згідно прогнозних даних [46] “у 2040 році половина енергії світу буде споживатися у формі електроенергії, при цьому збільшення виробництва і споживання буде здійснюватися за рахунок відновлювальних джерел енергії” [5] (табл. 1.3). До прикладу, реалізація Концепції “зеленого” енергетичного переходу України до 2050 року, згідно даних Міністерства енергетики та захисту

довкілля України, передбачає “перехід на екологічно чистий транспорт шляхом використання 70 % відновлювальних джерел енергії у виробництві електроенергії, впровадження ”розумних” мереж і зменшення до 0% частки вугільних теплоенергостанцій в енергетиці” [46].

Таблиця 1.3

Прогноз структури споживання енергії у світі за видами палива, відсотки

Вид енергії	2017	2040	Відхилення між 2040 і 2017
Відновлювальні джерела енергії	4	15	+11
газ	23	26	+3
гідро	7	7	0
атомна	4	4	0
нафта	34	27	-7
вугілля	28	20	-8

Джерело: складено автором на основі [47]

Для реалізації євроінтеграційної цілі у березні 2022 року Україна в умовах воєнного стану приєдналась до електромережі Європейського Союзу. У напрямі зміцнення енергетичної безпеки і попередження зміни клімату шляхом впровадження критичних технологій в енергетиці активну роботу проводять у Європейській Комісії. У квітні 2022 року запущено Платформу закупівлі енергії Євросоюзу, відкриту також для України, Молдови, Грузії та Західних Балкан, щоб сприяти спільним закупівлям газу та водню [48]. У травні 2022 року прийнято план REPowerEU і Стратегію зовнішньої енергетичної взаємодії ЄС “EU external energy engagement in a changing world”, метою яких є ліквідація залежності від російського газу за рахунок розвитку відновлювальної енергетики. Зокрема, “План REPowerEU передбачає залучення додаткових 20 млн. тонн відновлюваного водню до 2030 року” [48].

Зважаючи на те, що у зв’язку з російською агресією в Україну частина природних енергетичних ресурсів стала недоступною, з одного боку, а з іншого – актуальність питання розробки заходів

з адаптації до змін клімату на глобальному рівні, то застосування оптимізаційного підходу до вирішення питання забезпечення енергетичними ресурсами полягає у постійному виборі способу, технології, джерела отримання та споживання ресурсів, що мінімізують антропогенний вплив на навколишнє середовище (екологічний ефект, зокрема: ефект декарбонізації / кліматичний ефект) та максимізують отримання економічного та соціального ефектів (доступ до ресурсів, отримання доданої вартості). У цьому контексті, особливе значення має впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій в енергетиці шляхом розвитку підприємств “зеленої” енергетики, інноваційний потенціал яких полягає у забезпеченні реалізації принципу диверсифікації джерел енергії, циркулярного і кліматично-нейтрального використання ресурсів [40].

За даними Міжнародного енергетичного агентства, “енерго-ефективність (40%) та відновлювальні джерела енергії (30%) відіграватимуть найважливішу роль у запобіганні підвищенню глобальної температури більш ніж на 2°C і скорочення викидів CO₂ у період до 2050 року” [49]. “Відновлювана енергетика критично важлива з точки зору декарбонізації енергосистеми і пом’якшення наслідків антропогенної зміни клімату. Однак наразі на відновлювальні джерела енергії припадає не більше 25 % світових генеруючих потужностей, при цьому 16 % складає гідроенергетика та близько 5% – сонячні та вітрові електростанції. Уразливість гідроенергетики полягає у зміні рівня річкової води і температури через глобальне потепління” [34, с. 27-29].

Серед відновлювальних джерел енергії виділяємо біомасу, зокрема енергетичні культури, які є продуцентами кисню і сировиною для виробництва біопалива. У [50] нами досліджено фактори взаємодії підприємств аграрної сфери і підприємств з виробництва “зеленої” енергії для оптимізації ланцюга постачання біомаси, а у [51] запропоновано застосовувати показник “зеленого” енергоспоживання для визначення позиціонування підприємств “зеленої” енергетики на енергетичному рівні.

Крім того, на шляху переходу до кліматичної нейтральності і, враховуючи наслідки впливу російської воєнної агресії в Україну на розвиток світової економіки і забезпечення світової обороноздатності та енергетичної безпеки, вважаємо, що перспективність конвєртації інноваційного потенціалу розвитку підприємств “зеленої”

енергетики на енергетичному ринку полягає у зміщенні пріоритетів до розбудови сегменту “зеленої” енергетики, що базується не тільки на енергоощадливості і зміцненні енергетичної безпеки, а й забезпечує вуглецево-нейтральне використання енергетичних ресурсів. У цьому контексті, особлива роль належить взаємодії між сегментом виробників “зеленої” енергії (“зеленої” електроенергії, “зеленої” теплоенергії), що використовують альтернативні джерела отримання енергії, а також сегментом енергосервісу, що спрямований на впровадження критичних енергоощадливих і кліматично-нейтральних технологій на усіх етапах ланцюга енергозабезпечення. Як наслідок, реалізація кліматичної політики на енергетичному ринку в умовах воєнного стану є невід’ємною складовою зміцнення обороноздатності та енергетичної безпеки, що передбачає перехід до енергетичної незалежності та пом’якшення зміни клімату [40].

Враховуючи багатофакторність сегментації енергетичного ринку і їхню взаємодію з субринками (джерелами постачання сировини), для концептуального обґрунтування позиціонування “зеленої” енергії як кліматично-нейтрального товару на цьому ринку пропонуємо застосувати інтегрований сегментний підхід, що ґрунтується на визначенні кореляційно-регресійних зв’язків між ознаками сегментів енергетичного ринку (рис. 1.5).

Зокрема, змістом забезпечення реалізації інноваційного потенціалу підприємств “зеленої” енергетики, при застосуванні такого підходу, є створення конкурентного та сприятливого інвестиційного середовища серед виробників і постачальників “зеленої” енергії, удосконалення інституційно-економічного механізму виробництва і споживання такої енергії відповідно до міжнародних стандартів, розвиток енергетичного менеджменту домогосподарств і суб’єктів господарювання на засадах кліматичної нейтральності. Компонентами механізму інноваційного розвитку енергетичного ринку шляхом впровадження критичних кліматичних технологій є диверсифікації джерел отримання “зеленої” енергії, посилення ресурсозбереження і підвищення енергоефективності енергетичних підприємств, розбудова ринку альтернативної енергетики та ринку енергосервісу, реструктуризація “зеленого” тарифу споживання енергії, запуск інноваційних технологій та “розумних” сіток (Smart Grid) енергопостачання на шляху переходу до смарт-технологій [40].

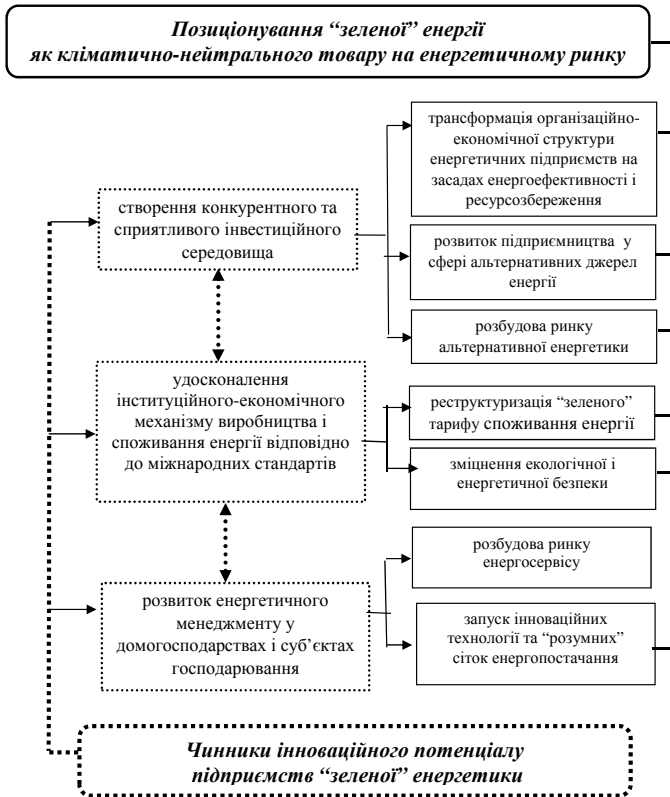


Рис. 1.5. Концептуальна модель позиціонування “зеленої” енергії як кліматично-нейтрального товару на енергетичному ринку

Джерело: авторська розробка

Запропонована концептуальна модель позиціонування “зеленої” енергії як кліматично-нейтрального товару на енергетичному ринку є основою для впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій в енергетиці в результаті розбудови ланцюга партнерських відносин між енергетичними підприємствами, виробниками і постачальниками альтернативних джерел енергії, енергосервісними компаніями (розробка стратегії поведінки компанії на енергетичному ринку: диверсифікації, диференціація,

концентрація та ін.), органами місцевого самоврядування, споживачами “зеленої” енергії. У цьому контексті, практичну цінність має перехід до розвитку замкнутого циклу використання енергетичних ресурсів в аграрному секторі, енергетиці і транспорті у регіонах України, в яких не ведуться бойові дії.

Інтенсивна еволюція ресурсних концепцій в останнє десятиліття доповнена вирішенням питання розробки заходів щодо зміцнення кліматичної безпеки та трансформації до нього підходу у напрямі лібералізації, а саме: відхід від попередження змін клімату та перехід до адаптації і пом'якшення змін клімату. Російська воєнна агресія в Україну стала додатковим фактором для активізації розгляду питання обороноздатності та енергетичної безпеки шляхом переходу до використання відновлювальних джерел енергії, розвитку підприємств “зеленої” енергетики і, як наслідок, максимізації процесу декарбонізації енергетики і впровадження критичних кліматичних технологій в енергетиці.

Застосування інтегрованого сегментного підходу до визначення позиціонування “зеленої” енергії як інноваційного товару на енергетичному ринку дозволило виокремити такі компоненти механізму інноваційного розвитку цього ринку шляхом впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій у поствоєнний час, як диверсифікації джерел отримання “зеленої” енергії, посилення ресурсозбереження і підвищення енергоефективності енергетичних підприємств, розбудова ринку альтернативної енергетики і ринку енергосервісу, реструктуризація “зеленого” тарифу споживання енергії, запуск інноваційних технологій та “розумних” сіток (Smart Grid) енергопостачання [40].

Таким чином, обмеженість природних енергетичних ресурсів, а також необхідність застосування заходів щодо попередження, адаптації і пом'якшення зміни клімату свідчать про конвертацію парадигмального бачення сталого розвитку у сфері енергетики на засадах ресурсоощадливості і кліматичної нейтральності. Це зумовлює актуальність прийняття інноваційних рішень щодо впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій у систему еколого-енергетичного менеджменту підприємств на засадах циркулярного і міжгалузевого використання відновлювальних джерел енергії, а також вивчення аспекту ресурсної стійкості підприємств енергетики до впровадження кліматичних інновацій.

Як наслідок, для зміцнення еколого-енергетичної безпеки шляхом відмови від природних викопних енергетичних ресурсів (природний газ, кам'яне вугілля, нафта) застосування оптимізаційного підходу до ресурсокористування полягає у переході до використання критичних кліматично-нейтральних технологій як кліматичних інновацій в енергетиці, що мають важливе значення для декарбонізації енергетики і диверсифікації джерел виробництва енергії за рахунок циркулярного використання відновлювальних джерел енергії. Результатом впровадження таких технологій має стати перехід до виробництва «зеленої» енергії. До того ж, на цьому шляху стратегічне значення має підготовка фахівців з кліматичного менеджменту за рахунок використання інноваційних технологій навчання і розвитку персоналу на енергетичних підприємствах, розробка і впровадження кліматичних інновацій у систему еколого-енергетичного менеджменту [28].

У цьому напрямі інноваційний потенціал підприємств “зеленої” енергетики у реалізації кліматичної політики, зокрема в умовах воєнного стану, полягає у впровадженні критичних кліматично-нейтральних технологій в енергетиці в результаті активізації міжгалузевої взаємодії підприємств регіонів, в яких не ведуться бойові дії, у ланцюгу виробництва, передачі і споживання “зеленої” енергії на засадах циркулярної економіки. Вважаємо, що такий сформований досвід слугуватиме дорожньою картою для повоєнної відбудови енергетичної сфери у регіонах України на засадах ресурсоощадливості і кліматичної нейтральності.

РОЗДІЛ 2 ІМПЕРАТИВИ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРИТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ: АСПЕКТ КЛІМАТИЧНОЇ ТА ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ

2.1. Правові засади розвитку критичних технологій для зміцнення кліматичної та енергетичної безпеки України та Європейського Союзу

Попередження, адаптація і пом'якшення зміни клімату сьогодні є пріоритетним напрямом у зміцненні екологічної безпеки на глобальному і національному рівні. Кліматичні фактори зумовлюють впровадження структурних і технологічних змін в організацію виробничих процесів різних галузей. Водночас, перехід до низькоуглецевої економіки розглядається як чинник, що може попередити або зменшити негативний вплив кліматичних факторів. Проте, вирішення цього питання потребує консолідацію зусиль для розробки і реалізації плану дій з кліматичної нейтральності [27-31].

У сучасних умовах наднаціональний рівень управління енергоефективністю визначають міжнародні угоди, конвенції, які заключені або ратифіковані Україною. Провідну роль у даному управлінні відіграють такі інституції:

- Організація Об'єднання Націй, в рамках якої 193 країни світу, 25 вересня 2015 р. на 70-ій сесії Генеральної Асамблеї ООН у Нью-Йорку визначили нові орієнтири розвитку людства до 2030 р. та 17 цілей сталого розвитку. Нові цілі мають забезпечити інтеграцію зусиль щодо економічного зростання соціальної справедливості і раціонального природокористування;

- Європейська Комісія, який за рахунок використання над-національних норм регулювання сприяє структурній перебудові та створенню полюсів зростання в Європі, розробляє стратегії та програми зростання зайнятості, розвитку освіти, науки, вирішення енергетичних та екологічних питань, сприяє покращенню показників інституційної ефективності для потенційних членів Європейського Союзу, а також застосовує середньострокове програмування [24, с. 23].

На цьому шляху особливо активною є позиція країн-членів Європейського Союзу у створенні умов для переходу до кліматичної нейтральності, що полягає у розробці заходів з адаптації до кліматичних змін до 2030 і 2050 років та їх поширення через формування розгалуженої нормативної бази (Європейська Зелена Угода (2019 р.), Кліматичний цільовий план до 2030 (2020 р.), Формування стійкої до клімату Європи - нова Стратегія ЄС щодо адаптації до змін клімату (2021 р.). Європейський Союз зобов'язується перейти до кліматичної нейтральності до 2050 року та більш амбіційною метою зменшення викидів щонайменше на 55% до 2030 року порівняно з 1990 роком. До того ж, відзначимо, що європейська регуляторна діяльність щодо вирішення питання зміни клімату тісно корелює із трансформацією енергетичної сфери у напрямі її декарбонізації.

Зокрема, зростання ролі формування оновленої спільної кліматичної та енергетичної політики у країнах Європейського Союзу зумовило у грудні 2019 році затвердження Європейською Комісією «Європейської Зеленої Угоди», що спрямована на формування кліматично нейтрального розвитку Європейського Союзу до 2050 року шляхом розвитку таких основних напрямів, як:

- постачання чистої, доступної та безпечної енергії;
- розвиток європейського цифрового ринку енергосервісу;
- забезпечення енергоефективності та енергозбереженості у промисловості та житловій сфері;
- використання екологічно чистого і розумного транспорту (електромобілів);
- розвиток циркулярної економіки і збереження біорізноманіття.

Для забезпечення реалізації цілей Європейської Зеленої Угоди щодо декарбонізації енергетичної системи Європейського Союзу, а

також зобов'язень Європейського Союзу щодо скорочення викидів парникових газів у рамках Паризької угоди, Європейська комісія у 2019 році адаптувала пакет «Чиста енергія для всіх європейців» (Clean energy for all Europeans package), що був опублікований у 2015 році. Зокрема, зроблено фокус уваги на такі цілі:

- енергоефективності будівель (на будівлі припадає 40% споживання енергії та 36% викидів CO₂ у Європейському Союзі, що робить їх найбільшим споживачем енергії в Європі; у Європейському Союзі діє Директива про енергоефективність будівель (ЄС 2018/844) / The Energy Performance of Buildings Directive (EU 2018/844), що визначає конкретні заходи для будівельного сектору для вирішення проблем);

- відновлювальна енергетика (встановлено ціль збільшити до 32% відновлюваних джерел енергії в енергетичному балансі Європейського Союзу до 2030 року; у грудні 2018 р. набула чинності переглянута Директива про відновлювані джерела енергії (2018/2001/ЄС) / Renewable Energy Directive (2018/2001/EU));

- енергоефективність (встановлено ціль щодо підвищення енергоефективності порівняно з нинішніми рівнями щонайменше на 32,5% до 2030 року; з грудня 2018 р. діє Директива з енергоефективності ((ЄС) 2018/2002) / The Directive on Energy Efficiency ((EU) 2018/2002));

- регулювання управління енергетичною системою Європейського Союзу шляхом розробки комплексних 10-річних національних енергетичних та кліматичних планів (NECP) на 2021-2030 роки досягнення цілей пакету «Чиста енергія для всіх європейців» із довгостроковою перспективою до 2050 року;

- створення сучасного дизайну європейського ринку електроенергії, адаптованого до нових комерційних реалій – більш гнучкого та з можливостями інтеграції більшої частки відновлюваних джерел, що передбачає реалізацію двох нових законів про електроенергетику, а також закону про готовність до ризиків і закону про посилення ролі Агентства зі співробітництва регуляторів енергетики (the Agency for the Cooperation of Energy Regulators / ACER) [25; 27-30].

На шляху реалізації загальноєвропейської цілі щодо переходу до кліматичної нейтральності у країнах Європейського Союзу з 2019 р. діють Національні енергетичні і кліматичні плани

(The national energy and climate plans /NECPs), які були запроваджені Регламентом про управління Енергетичним союзом і кліматичними діями (ЄС) 2018/1999 (Regulation on the governance of the energy union and climate action (EU)2018/1999), та узгоджені з пакетом «Чиста енергія для всіх європейців». Зокрема, Національні плани пропонують план дій для країн ЄС на період 2021-2030 років у напрямі енергоефективності, використання відновлюваних джерел енергії, скорочення викидів парникових газів, розвитку взаємозв'язків, досліджень та інновацій. Такі плани спрямовані на координацію цілей усіх державних відомств і забезпечення планування діяльності, який сприятиме залученню та реалізації державних і приватних інвестицій. Крім того, розроблено Національні плани дій з енергоефективності /National Energy Efficiency Action Plans (NEEAP) [26].

У контексті зміцнення національної енергетичної безпеки актуальним питанням у Польщі є інтеграція кліматично-нейтральних інновацій в енергетичну сферу. «Польська генераційна система базується переважно на викопному паливі, що робить її чутливою до кліматичної політики та зростання цін на вугілля. Зокрема, у 2020 р. 70% електроенергії було вироблено з використанням вугілля. У лютому 2021 року Рада міністрів Польщі прийняла документ під назвою «Енергетична політика Польщі до 2040 року» (Energy Policy of Poland until 2040 / EPP2040), що є свідченням підтримки європейської політики до скорочення викидів з 30% до 55%, включеної в пакет Fit for 55. EPP2040 представляє цілісний підхід до енергетичних питань, беручи до уваги основи справедливого переходу, систему енергетичної реконструкції та чисте повітря. Це передбачає повну реконструкцію джерел виробництва електроенергії, систем опалення та розподілених джерел опалення, а також електрифікацію опалення та транспорту. EPP2040 надає прогноз технологічних напрямків реконструкції джерел генерації та змішування первинних джерел енергії. Він передбачає базування виробництва електроенергії на вітрових (морських) і сонячних джерелах, а також атомних електростанціях. Особливу роль мають відігравати прозюмери (prosumers), які є і виробниками, і споживачами енергії. Протягом перехідного періоду природний газ буде паливом, що забезпечує контрольовану генерацію енергії [31].

Серед заходів з попередження зміни клімату розглядають

зменшення концентрації метану в атмосфері за рахунок його переробки на біогаз. «Дослідження Global Carbon Project показало, що концентрація метану в атмосфері на 150% вища, ніж у доіндустріальний період. Більш ніж половина викидів метану в атмосфері пов'язана з діяльністю у таких трьох секторах як видобуток і транспортування викопного палива (35% викидів метану), сільське господарство (40% викидів метану) та відходи (20% викидів метану). Для зменшення викидів метану в енергетичному секторі Єврокомісія вводить зобов'язання щодо вдосконалення методів виявлення та усунення витоків у газовій інфраструктурі (газопроводи, сховища, компресорні станції). Крім того, Єврокомісія планує затвердити певні вимоги щодо імпорту природного газу до ЄС, а також впровадити інструменти для їх забезпечення. Глобальна ініціатива передбачає запровадження країнами-учасницями найкращих сучасних технологій для моніторингу та оцінки викидів метану в усіх секторах, стандартизацію методів виявлення та усунення витоків метану з газової інфраструктури, законодавче визначення обов'язків суб'єктів господарювання щодо запобігання, виявлення та усунення викидів із діючих та закритих родовищ нафти і газу та вугільних шахт. Для реалізації ініціативи Global Methane Pledge в Україні розроблять план дій у сфері видобутку і транспортування викопного палива, у сільському господарстві та у сфері управління відходами» [32].

Водночас, у цьому контексті, слід відмітити вразливість енергетики до зміни клімату, що обумовлена впливом природних факторів (залежність від природних процесів (ритми освітлення, температура повітря) ритмів навантаження станцій; вплив кліматичних умов на графіки споживання енергетичних ресурсів; планування споживання енергетичних ресурсів (за середньобагаторічними чинниками) значно залежить від мінливості природних умов; зміни погодних показників (температура, швидкість вітру, інсоляція) [33, с. 3]. Відповідно до цього, серед можливих наслідків зміни клімату для енергетичної галузі у [34, с. 30-31] виділяють «скорочення до 5 % опалювального сезону; вплив кліматичних умов (температура і вологість повітря) на умови роботи та обладнання енергетичних об'єктів, вплив погодних явищ (снігопади, ожеледь, сильний поривчастий вітер) на роботу ліній електропередачі та надійність енергопостачання та ін.» [34, с. 30-31].

У свою чергу, слід відзначити позитивну тенденцію імплементації міжнародного досвіду із сталого розвитку енергетичної сфери як основи для розвитку критичних кліматично-нейтральних технологій в нормативно-правовій базі України, як однієї з країн-учасниць Європейської політики сусідства, яка діє з 2004 р. Зокрема, у рамках Угоди про Асоціацію з Європейським Союзом реалізуються заходи направлені на зниження енергоємності економіки, диверсифікацію джерел і шляхів постачання енергоресурсів, нарощування вітчизняного виробництва на засадах сталого розвитку.

На шляху реалізації євроінтеграційної цілі в Україні прийнято Закон України від 29 жовтня 1996 р. № 435 «Про ратифікацію Рамкової конвенції ООН про зміну клімату», Закон України від 14 липня 2016 р. № 1469-VIII «Про ратифікацію Паризької угоди», приєднались до реалізації положень Європейської Зеленої Угоди, розпорядження Кабінету Міністрів України від 07 грудня 2016 р. № 932 «Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» (Офіційний вісник України, 2016 р., № 99, ст. 3236), розпорядження Кабінету Міністрів України від 06 грудня 2017 р. № 878 «Про затвердження плану заходів щодо виконання Концепції реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року» розроблено Концепцію «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року (2020 р.) і Стратегію екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату до 2030 року (2021 р.) [27-31].

Інтенсифікація процесів з імплементації міжнародного досвіду щодо переходу до кліматично-нейтрального розвитку національної економіки супроводжується зростанням цінності інноваційного потенціалу. У рамках реалізації положень Європейської Зеленої Угоди, прийнятої Європейською Комісією у грудні 2019 р., в Україні розроблено Концепцію «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року [35], яка спрямована на реалізацію інноваційних проектів з підвищення енергоефективності та екологічної безпеки національної економіки. Зокрема, передбачається запуск таких інноваційних процесів:

– забезпечення енергоефективності та підвищення енергозбереження (промисловість, будівлі, теплоенергетика);

– використання відновлювальних джерел енергії (сонячна енергетика, вітрова енергетика, біоенергетика);

- декарбонізація та екологізація транспорту шляхом переходу на електротранспорт (міський, міжміський, вантажний, приватний);
- управління відходами та впровадження циркулярної економіки;
- діджиталізація та технологічні зміни енергопостачальних та енергорозподільчих систем (запуск «розумних» мереж);
- підтримка науково-дослідних робіт та інновацій з розвитку «зеленої» енергетики та забезпечення енергетичної, екологічної безпеки України [35].

Натомість, відзначимо, що національним інституційним імперативом для реалізації таких інноваційних заходів із підвищення енергоефективності та екологічної безпеки національної економіки була Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» (розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р) [26], у якій виокремлено пріоритети щодо інноваційного розвитку паливно-енергетичного комплексу на засадах екологічного та енергетичного менеджменту. У цьому контексті, зростає роль застосування інноваційних підходів до енергосервісу, трансформації системи управління підприємствами теплоенергетики та електроенергетики, впровадження політики екологічної диверсифікації транспорту у контексті розбудови «розумного» міста, формування системи енергетичного менеджменту суб'єктів господарювання національної економіки, перехід на альтернативні джерела отримання енергії в результаті повторної переробки ресурсів (управління відходами).

Зокрема, відстеження тенденції зміни клімату зумовлює важливість дотримання екологічних цінностей шляхом розвитку критичних технологій як способу зміцнення еколого-енергетичної складової національної безпеки. В умовах розвитку штучного інтелекту і віртуальних підприємств, можливості дистанційної зайнятості актуальним є утвердження такого урбаністичного тренду як міграція робочої сили з мегаполісів у малі міста, зокрема транскордонного регіону, шляхом розвитку системи екологічного транспорту. Як наслідок, формується нова екологічна ціннісна орієнтація як використання транспортних засобів із мінімізацією викидів забруднюючих речовин в атмосферу в транскордонних регіонах.

У Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання [37], схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України

від 18 серпня 2017 р., структурні зміни в управлінні об'єктами у сфері теплопостачання передбачають включення модифікації управління виробництвом, транспортуванням та споживанням теплової енергії, перехід від монополізму до принципів конкурентних ринкових відносин. До того ж Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» [36], схвалена розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р, передбачає інтенсивне залучення інвестицій у сектор відновлювальних джерел енергії, розвиток розподіленої генерації, зокрема розробка та початок реалізації плану впровадження «розумних» енергетичних мереж (Smart Grids) та створення розгалуженої інфраструктури для розвитку електротранспорту. Відзначено, що у сфері транспорту очікується прогресуюча відмова від двигунів внутрішнього згоряння вуглеводнів та заміна значної частини таких транспортних засобів на рухомий склад, що використовуватиме беземісійні електричні двигуни та екологічно чисті водневі двигуни [36].

Іншим актуальним питанням для України, в контексті євроінтеграції, є формування «зеленої» транспортної інфраструктури шляхом розширення доступу до відновлювальних джерел енергії. Слід звернути увагу на позитивну динаміку щодо збільшення споживання електроенергії у 2021 році (рис. 2.1). Зокрема, «за 9 місяців 2021 року обсяг виробництва електричної енергії електростанціями, які входять до ОЕС України, досяг 114 375,4 млн. кВт·год, що на 6 701,9 млн. кВт·год або на 6,2% більше порівняно з відповідним періодом 2020 року. До того ж, зберігається тренд до збільшення виробництва електроенергії з відновлювальних джерел енергії, а саме: за 9 місяців 2021 року ввиробництво електроенергії відновлюваними джерелами енергії (ВДЕ) – електростанціями, що використовують вітрову, сонячну енергію та енергію з біомаси (ВЕС, СЕС, біомаса) порівняно з відповідним періодом 2020 року збільшилось на 888,4 млн. кВт·год або на 10,0% та становило 9 743,4 млн. кВт·год [38, с. 3]

У країнах Європейського Союзу розроблено стратегічний документ «ERTRAC Road Transport Scenario 2030+ «Road to Implementation», який представляє різноманітну групу учасників успішної європейської транспортної системи, а саме: споживачів виробників автомобілів, посередників автомобільного ринку та

послуг із перевезень, операторів дорожньої інфраструктури, постачальників електроенергії та паливно-мастильних матеріалів, а також експертів у галузі державної та місцевої європейської політики. У цьому документі серед векторів екологізації міського транспорту є:

– витрати на електроенергію та викиди парникових газів від автомобільного транспорту повинні бути стабілізовані завдяки енергоефективності через покращення двигунів транспортного засобу, а також замінити невідновлювані види транспорту на відновлювані;



Рис. 2.1. Структура та обсяги виробництва електроенергії по Об'єднаній енергетичній системі (ОЕС) України за 9 місяців 2020, 2021 рр., млн. кВт·год

Джерело: сформовано на основі [38, с. 3]

– енергетична ефективність транспортної системи у містах повинна вдосконалюватися через застосування технологічних та нетехнічних заходів, а саме упровадження енергозберігаючих технологій у галузі автомобілебудування;

– використовувати у громадському транспорті міст більше автомобілів на електродвигунах, що повинно сприяти зростанню уваги до відновлюваних джерел енергії;

– пропонувати різноманітні мотиваційні програми для бізнесу, щоб він був у повній мірі зацікавлений до впровадження нових та економічно ефективних енергетичних транспортних технологій, так як попит та пропозиція на енергозаощаджувальні технології повинні бути збалансованими всіма учасниками ринку: бізнес, міські і державні органи влади, споживачі транспортних послуг, громадськість [39, с. 153-154].

Такі отримані аналітичні результати дослідження зумовлюють зміну підходу до позиціонування «зеленої» енергії як кліматично-нейтрального товару на ринку, а саме поєднання ресурсоощадливого і кліматично-нейтрального підходів шляхом впровадження кліматично-нейтральних інновацій як критичних енергоефективних і кліматично-нейтральних технологій в енергетиці.

2.2. Трансформація енергоефективності суб'єктів господарювання і розвиток критичних кліматично-нейтральних технологій

Відповідно до Європейської Зеленої Угоди [52], прийнятої Європейською Комісією у грудні 2019 р., до виконання якої приєдналась Україна, взято курс на реалізацію заходів із забезпечення кліматично-нейтрального розвитку економіки до 2050 року. Зокрема, напрямками діяльності визначено сталий розвиток (декарбонізація) промисловості, будівництва, транспорту, аграрної сфери, збереження біорізноманіття, постачання чистої, доступної та безпечної енергії, розбудова «розумної» енергетичної інфраструктури. Зважаючи на те, що енергетика належить до галузей, діяльність яких зумовлює викиди вуглекислого газу, серед пріоритетних напрямів визначено інтеграцію відновлювальних джерел енергії у виробництво «зеленої» енергії за рахунок відмови від викопних паливних ресурсів.

У свою чергу, подолання наслідків впливу COVID-19 є на порядку денному у сфері енергетичної безпеки. Консолідація зусиль на регіональному, національному і міжнародному рівнях для обміну досвідом впровадження успішних практик і формування інституційного забезпечення сприяє пост-ковідному відновленню. Енергетика як складова критичної інфраструктури також зазнає трансформацій у напрямі переходу до оптимізації енергетичного менеджменту і

розвитку критичних кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій в умовах адаптації до зміни клімату [53].

У квітні 2020 року Міжнародна енергетична агенція (International Energy Agency) підготувала звіт «Глобальний Енергетичний Огляд 2020 року. Вплив пандемії COVID-19 на глобальне енергетичне споживання та викиди CO₂» [54], у якому сфокусувала увагу на особливості зміну динаміки споживання енергії загалом і окремих видів енергії. Зокрема у 2019 році відстежено тенденцію зниження на 20% споживання електроенергії і спрогнозовано, що кожен новий місяць соціальної ізоляції може знижувати щорічний глобальний попит на енергію приблизно на 1,5%. Крім того, згідно даних у звіті Міжнародна енергетична агенція у першому кварталі 2020 року світовий попит на вугілля знизився майже на 8% порівняно з першим кварталом 2019 року, попит на нафту зменшився майже на 5%, попит на газ зменшився на близько 2% [54]. Натомість, відстежується позитивна динаміка зростання попиту на електроенергію із відновлювальних джерел, а також на відновлювальні джерела енергії (сонячна енергетика, вітрова енергетика, гідроенергетика, геотермальна енергетика), біоенергетику (біопаливо) та виробництво енергії з відходів. Зокрема, згідно даних [55] у 2019 році у Європейському Союзі найбільший приріст у 104% був досягнутий в сегменті сонячних електростанцій.

У цьому контексті, відзначимо, що відповідно до Енергетичної стратегії України до 2035 р. передбачається заміщення вугілля та нафти природним газом та відновлювальними джерелами енергії у структурі використання енергії. Три головні джерела енергії у 2035 р., природний газ, атомна енергія та відновлювальні джерела енергії, будуть забезпечувати 80% первинної енергії. Зокрема, заплановано збільшити обсяг використання відновлювальних джерел енергії (вітрова, сонячна, термальна енергія, біомаса) з 4% у 2020 р. до 25% у 2035 р., адже для виробництва атомної енергії Україна забезпечує тільки 30% потреб в сировині (урані), а решта імпортується [56, с. 6-13].

Загалом пандемія COVID-19 змінила профіль споживання електроенергії відповідно до специфіки діяльності людини. Світове споживання електроенергії домогосподарствами зросло на 40% у зв'язку з тим, що громадяни змушені були працювати вдома, щоб зупинити поширення вірусу. Натомість у період загострення

пандемії скоротилось споживання електроенергії в непобутових секторах [57]. У свою чергу, Аналітичне агентство Renewables Now [58] відзначає про динаміку зростання відновлювальної енергетики у 2020-2021 роках під впливом коронавірусу на 10% [58].

Зміна поведінки і рівня споживання енергії у період пандемії знайшла пряме відображення на світових рівнях викидів CO₂. Зокрема, у 2020 р. зафіксовано про загальне скорочення викидів CO₂ на 2,58 Гт, пов'язаного з енергетикою, у 2020 році на 2,58 Гт. Загалом під час широкого карантину викиди CO₂ зменшилися в середньому на 26% (на піках) в окремих країнах [59].

Складність розбудови кліматичної політики підприємств на енергетичному ринку в умовах коронавірусу полягає в необхідності прийняття швидких управлінських рішень, які дозволять у найкоротші терміни попередити стагнаційні процеси в економіці. Зважаючи на це, екологічні питання (у тому числі питання розробки заходів щодо адаптації до зміни клімату) відносять до заходів, що зумовлюють «непродуктивні витрати економіки», а «диверсифікованість постачань та розвиненість власної ресурсної бази» зумовлюють зростання рівня ризиків в економіці», тоді як заходи з енергоефективності, збільшення частки відновлювальних джерел енергії» як заходи, що направлені на «забезпечення декаплінгу економічного зростання, чинять позитивний вплив на продуктивність і економічне зростання» [60, с. 82].

У цьому контексті, доцільно відзначити той факт, що енергетика є складовою критичної інфраструктури, яка забезпечує життєдіяльність країни. Як наслідок, така дуалістичність підходу до адаптації до зміни клімату в енергетиці, зумовлює необхідність поглиблення досліджень щодо прийняття інноваційних рішень у системі управління підприємств на енергетичному ринку для забезпечення енергетичної безпеки в умовах пост-ковідного і повоєнного відновлення енергетики України шляхом впровадження кліматичних інновацій як критичних кліматично-нейтральних і енергоефективних технологій [53].

В умовах євроінтеграції України особливе значення має врахування аспекту конкурентоспроможності підприємств енергетики на європейському енергетичному ринку. Відзначимо, що у розрізі аналізу інформаційно-аналітичних даних Міністерства енергетики України про основні показники розвитку галузей паливно-

енергетичного комплексу України, а також статистичних даних про енергетичний баланс України упродовж 2017-2019 років відстежено тренд переходу виробництва електроенергії з відновлювальних джерел.

У цьому контексті, для розуміння відповідності енергетичної політики України європейських енергетичним викликам у табл. 2.1 представлено зведені дані щодо структури енергетичних ресурсів в енергетичній системі Польщі у 2018-2020 рр. за джерелом виробництва електроенергії.

Таблиця 2.1

Структура енергетичних ресурсів в енергетичній системі Польщі у 2018-2020 рр. за джерелом виробництва електроенергії, кВт год

	31.12.2018	31.12.2019	31.12.2020	Різниця між 2020 і 2018
Усього	45 939	46 799	49 238	+3 299
Комерційні енергостанції	36 638	36 674	36 364	-274
Комерційні гідроенергостанції	2 341	2 346	2 356	+15
Комерційні теплоенергостанції:	34 296	34 328	34 008	-288
на кам'яному вугіллі	23 215	23 159	22 747	-468
на бурому вугіллі	8 752	8 382	8 478	-274
Газ	2 330	2 788	2 782	-452
Вітрові та інші відновлювані джерела енергії	6 621	7 490	10 229	+3 608
Промислові енергостанції	2 680	2 634	2 645	-35
Централізоване генерування енергії	29 128	29 333	29 429	+301
Нецентралізоване генерування енергії	16 811	17 466	19 810	+2 999

Джерело: сформовано на основі [31]

Зокрема, у Польщі «структура електроенергосистеми складається з трьох таких систем: виробництво електроенергії на електростанціях та теплоелектростанціях, які працюють переважно на бурому вугіллі, кам'яному вугіллі та природному газі, а також на установках відновлюваної енергії, підключених до мережі; мережа передачі від електростанції до замовника, створена лініями електропередач і підстанціями напругою 400 кВт і 220 кВт, є загальнодержавною мережею, керованою загальнонаціональним оператором системи розподілу; розподільна мережа – це лінії та підстанції напругою 110 кВт (високовольтні), середньовольтні та низьковольтні мережі» [31]. Крім того, «внутрішню потребу в електроенергії (прибл. 170 кВт год на рік) у Польщі задовольняють переважно електростанції та теплоелектростанції (з виробництвом близько 155 кВт год на рік). Основною сировиною для задоволення цієї потреби є кам'яне вугілля (70,5 кВт год – 49,9%) та буре вугілля (34,6 кВт год – 24,5%). Водночас, частка відновлюваних джерел енергії (21,6 кВт год – 15,5%) та природного газу (12,5 кВт год – 7,3%) у виробництві енергії поступово зростає. Іншу частину попиту задовольняли енергією, імпортованою в рамках міжнародного обміну. У 2020 році чистий імпорт електроенергії до Польщі становив 13,3 кВт год, що становить менше 8% внутрішнього попиту» [31].

Такі результати аналізу виробництва електроенергії в Польщі свідчать про конкурентоспроможність підприємств енергетики України інтегруватись у європейську енергетичну політику. До того ж, прикладним обґрунтуванням цьому є факт приєднання у березні 2022 році України до європейської електроенергетичної мережі.

Зокрема, в умовах пост-COVID-19 зміцнення енергетичної безпеки на національному рівні полягає у переході до ресурсощадливості та кліматичної нейтральності підприємств на енергетичному ринку за рахунок розвитку відновлювальної енергетики і розглядається як спосіб забезпечення економічного зростання і підвищення соціальних стандартів і добробуту, а також є середовищем для реалізації кліматично-нейтральних інновацій (критичних технологій) Як наслідок, особливе значення має фокус уваги на прийнятті інноваційних пост-пандемічних рішень в енергосфері як складової критичної інфраструктури.

В умовах російської воєнної агресії в Україну особливе значення має забезпечення безпечення безперебійного постачання

електричної та теплової енергії. У цьому контексті, серед пріоритетних напрямів розвитку підприємств теплоенергетики має інтеграція відновлювальних джерел енергії, відпрацьованого тепла, теплових насосів та ін у систему централізованого теплопостачання.

Поряд з цим, уразливість сектору відновлювальної енергетики М. Марінас та ін. [61] підтверджують двоспрямованим причинно-наслідковим зв'язком між обсягами споживання енергії з відновлювальних джерел енергії та економічним зростанням у довгостроковій перспективі. Серед факторів диспропорції енергетичного балансу у відновлювальній енергетиці є зниження ділової активності (зменшення середньодобового енергоспоживання, що спричинило зміни в пропорціях електробалансу між видами енергогенерації); зростання обсягів і кількості обмежень генерації з відновлювальних джерел енергії через загальне падіння енергоспоживання; зменшення платоспроможності споживачів і зростання заборгованості в енергоринку; реконфігурація добового графіка навантаження об'єднаних енергетичних систем [60, с. 80-81].

Враховуючи той факт, що енергетична безпека є складовою національної безпеки, а енергетика входить до об'єктів критичної інфраструктури, то важливим рішенням для забезпечення енергетичної безпеки є створення умов для розвитку і впровадження критичних кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій. Особливе значення має цифровізація енергетичних мереж на шляху переходу до смарт-технологій. Адже загалом розуміння ролі технологій у підтримці людства відкриває нові перспективи для ефективного управління пандемією. Така роль технологій виражається з точки зору безперебійного підключення, швидкого зв'язку, мобільності, технологічного впливу в охороні здоров'я, впливу цифровізації, спостереження та безпеки, штучного інтелекту (AI) та Інтернету речей (IoT) [62].

Погоджуємось із твердженням, що для встановлення двоспрямованого зв'язку між обсягами споживання енергії з відновлювальних джерел енергії та економічним зростанням у довгостроковій перспективі у [61] доцільно зкорегувати свою енергетичну, промислову та інноваційну політику з метою більшого використання власної технологічної бази, власного фінансового і людського капіталу, власних матеріальних ресурсів, а також механізмів державно-приватного партнерства та інноваційних програм на державному

рівні для розвитку енергетичних технологій з відновлювальних джерел енергії для максимізації впливу на сталість економічного зростання [60, с. 82-83].

До того ж прогнозується [56, с. 27, 30] до 2030 року зміна структури споживання видів енергії за джерелом погодження (табл. 2.2) у напрямі надання переваги альтернативним видам енергії (відновні джерела енергії – з 10% до 22%, біомаса – з 4% до 7%) [56, с. 27, 30]. Поряд з розвиненими видами відновлювальних джерел енергії (сонячна енергія, енергія вітру, гідроенергія, геотермальна енергія, тверде біопаливо, біогаз) будуть використовувати у майбутньому й інші джерела (водень, енергія припливів, енергія течій, тепла енергія океану).

Таблиця 2.2

**Прогноз світового споживання різних видів
первинної енергії у 2030 р., %**

Вид енергії	2019	2030	
		За поточних норм регулювання	Сценарій сталого розвитку (за умови впровадження політик, що сприятимуть досягненню Цілей сталого розвитку ООН)
Нафта	32	30	29
Вугілля	26	22	17
Природний газ	23	24	25
Відновлювальні джерела енергії (вітрові і сонячні електростанції)	10	15	22
Атомна енергія	5	5	7
Біомаса	4	4	-

Джерело: сформовано на основі [56, с. 27]

У табл. 2.3 наведено прогноз виробництва електроенергії в Польщі за джерелами виробництва в наступні роки відповідно до Енергетичної політики Польщі до 2040 р. Щодо України, то у

розрізі даних рис. 2.2 також відстежуємо позитивну динаміку зменшення використання природних джерел енергії у якості палива на виробничо-експлуатаційні та комунально-побутові потреби підприємств енергетики.

Відзначимо, що на глобальному рівні процес відмови від природних енергетичних ресурсів прискорився у 2022 р. у зв'язку із російською військовою агресією в Україну. Як наслідок, уже до 2027 року у Європейському Союзі планують мінімізувати використання природних (первинних) енергетичних ресурсів шляхом переходу до відновлювальних джерел енергії, що, у свою чергу, сприятиме реалізації загальноєвропейських заходів з ресурсоощадливості і кліматичної нейтральності до 2050 і 2070 років.

Таблиця 2.3

**Прогноз чистого виробництва енергії у Польщі
відповідно до ЕРР2040, 2021, млн.т**

Первинне джерело енергії	2025	2030	2035	2040	Співвідношення 2040 до 2025
Біомаса і біогаз	6.6	7.4	8.0	7.5	+0,9
Буре вугілля	35.9	26.9	21.8	18.2	-17,7
Кам'яне вугілля	50.6	41.0	18.1	4.6	-46,0
Атомна енергія	0.0	0.0	16.7	33.4	+33,4
Природний газ	45.1	52.6	67.5	67.6	+22,5
Енергія води	1.8	1.8	1.9	1.8	0,0
Енергія вітру та землі	25.4	23.1	14.5	22.1	-3,3
Вітрова енергія та енергія отримана з інших відновлювальних джерел	0.0	24.0	39.2	39.4	+39,4
Сонячна енергія	4.6	4.4	4.3	9.6	+5,0
Усього:	179.1	181.	191.9	204.2	-

Джерело: сформовано на основі [31]

Для розуміння економічних імперативів зміцнення енергетичної безпеки як складової національної безпеки за рахунок переходу підприємств на енергетичному ринку до ресурсоощадливості та кліматичної нейтральності розглянемо динаміку виробництва

і споживання енергії в Україні з відновлювальних джерел енергії і традиційних джерел енергії. У розрізі розгляду цього аспекту, слід відзначити, що насамперед змін зазнає структура енергетичних балансів у напрямі врахування рівня використання відновлювальних джерел енергії, зокрема науковцями пропонується виділення таких критеріїв як «без використання, із частковим використанням (до 10 % від загального обсягу використання), з використанням (10-50 %), з високим рівнем використання (понад 50 %)» [43, с. 52].

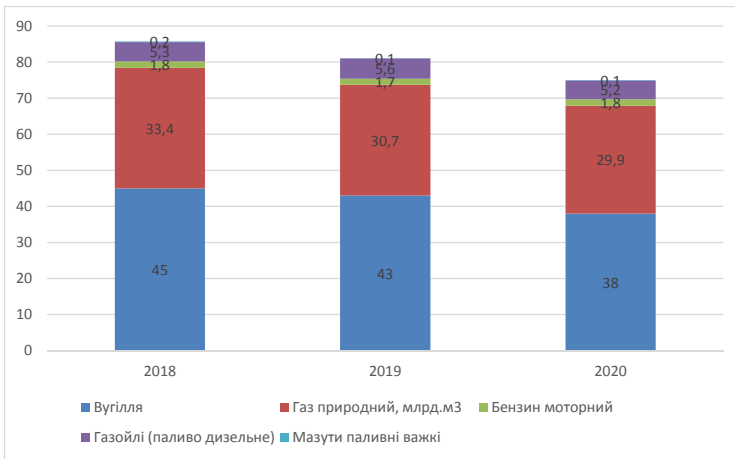


Рис. 2.2. Динаміка використання палива на виробничо-експлуатаційні та комунально-побутові потреби (млн.т, з урахуванням обсягів реалізованих населенню та роздрібного продажу через автозаправні станції)

Джерело: побудовано на основі [63, с. 26]

Відновлювана енергетика критично важлива з точки зору декарбонізації електричних систем і пом'якшення наслідків антропогенної зміни клімату. Однак наразі на відновлювальні джерела енергії припадає не більше 25 % світових генеруючих потужностей, при цьому 16 % складає гідроенергетика та близько 5% – сонячні (СЕС) і вітрові (ВЕС) електростанції. Уразливість гідроенергетики полягає в зміні рівня річкової води і температури через глобальне потепління. [34, с. 27-29]

Для ефективного і збалансованого функціонування енергетичної системи на засадах ресурсощадливості та кліматичної нейтральності шляхом збільшення частки енергії з відновлювальних джерел у ланцюгу енергопостачання необхідна розробка відповідного управлінського механізму розбудови кліматичної політики на енергетичному ринку. Зокрема, фундаментом такого механізму є побудова інноваційного алгоритму кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» енергії. До того ж, такі дані свідчать про необхідність розробки управлінської моделі надання «зелених» енергетичних послуг шляхом використання сучасних маркетингових інструментів просування послуг. Особлива роль належить економічним агентам (стейкхолдерам) розбудови кліматичної політики підприємств на енергетичному ринку [64; 65].

Адже на даний час механізм збереження та управління електроенергією в Україні характеризується концентрованою генерацією, одночасним виробництвом і споживанням, обов'язковістю наявності великих надлишкових потужностей, односторонній потік електроенергії в мережі. Тоді як, інноваційний розвиток енергомережі передбачає децентралізовану генерацію, використання системи збереження енергії, двосторонній потік електроенергії в мережі, використання розумних мереж для виробництва, передачі і споживання енергії (ефективний розподіл енергії та споживання при найнижчих цінах) [56, с. 55].

Водночас, відзначимо, що умовою функціонування енергосистеми є безперервний процес надходження енергії у мережу (забезпечення балансу між виробництвом і споживання енергії у реальному часі), що ускладнює процес переходу на використання енергії з відновлювальних джерел (пік виробництва, яких припадає на денні години 9.00-18.00 год., тоді як споживання – на вечірні години 18.00-22.00 год.). Адже регулювати роботу вітрових і сонячних енергостанцій неможливо, тому доводиться вмикати/вимикати балансуючі потужності, а у разі їх вичерпання обмежувати роботу відновлювальних джерел енергії. Враховуючи тенденцію до зростання таких станцій в Україні з 2 у 2019 р. до 20 у 2020 р. ускладнюється процес інтеграції їхніх потужностей в мережу, що зумовлює необхідність впроваджувати акумулюючі потужності, вводити нові високоманеврові потужності [56, с. 22]

Реалізація державної політики у сфері зміни клімату передбачає застосування заходів з декарбонізації у різних сферах життя людини, збільшення потенціалу поглинання парникових газів, сприяння адаптації території до негативних наслідків зміни клімату. Зокрема, це є перехід до розвитку «зеленої» енергетики, виробництва альтернативних видів палива, впровадження енергетичного менеджменту на промислових підприємствах, застосування енергозберігаючих та екологічно ощадливих технологій у житлово-комунальному господарстві, на транспорті та в індивідуальних домогосподарствах.

В умовах функціонування ринку енергії ланцюг постачання відповідного виду енергії формується на конкурентній основі і залежить від співвідношення попиту і пропозиції на ринку. Зважаючи на це, для забезпечення ефективного управління маркетингом і утвердження позиціонування «зеленої» енергії як кліматично-нейтрального товару на енергетичному ринку важливе значення має визначення рівня енергоспоживання. Зокрема, попит підприємства на енергетичні ресурси визначається специфікою виробничого процесу. Зважаючи на це, «прийняття логістичного рішення в енергозабезпеченні підприємства передбачає такі етапи: планування потреби в енергетичних послугах; вибір варіанту енергоспоживання (варіант 1: електрична енергія, природний газ, тепла енергія; варіант 2: електрична енергія, природний газ; варіант 3 електрична енергія, тепла енергія; варіант 4: електрична енергія); вибір «виробляти або купувати»; вибір постачальника [66, с. 180, 183].

Вважаємо, що валідаційним компонентом переходу до кліматично-нейтрального розвитку підприємств на енергетичному ринку є впровадження кліматичноорієнтованої політики енергоефективності і розвиток енергетичного менеджменту. У розрізі розгляду даного аспекту, погоджуємось із думкою Л. Бицюри про те, що «очікуваним синергетичним ефектом від реалізації політики енергоефективності є оптимальне енергозабезпечення в рамках альтернативності джерел, ефективності фінансових витрат та збалансування енерговитрат» [67, с. 4].

У країнах Європейського Союзу серед перспективних способів забезпечення тепловою енергією домогосподарства розглядається розвиток сфери централізованого тепlopостачання,

що функціонує на основі відновлювальних джерел енергії. Серед таких джерел розрізняють біопаливо (тверде, рідке, газоподібне), що виробляється з біомаси. У цьому контексті, цінним є розбудова сегменту переробки біомаси і виробництва біопалива. Як наслідок, актуальним питанням є розробка факторної моделі взаємодії аграрних підприємств і підприємств з виробництва «зеленої» енергії у для оптимізації ланцюга постачання біомаси.

Біоенергетичний ринок – це система державних, приватних і суспільних інститутів (організацій та заснувань) і технічних засобів, що обслуговують інтереси суб'єктів виробництва біопалива, забезпечують їхню ефективну взаємодію (брокерські фірми, біржі, інвестиційні компанії, банки, лізингові компанії, центри зайнятості тощо) [68]. Інфраструктура виробництва біопалива має свої особливості. Їй притаманні багатоканальність виробництва сировини, одержання видів біопалива, реалізація продукції, широкий спектр виробництва сировини, одержання видів біопалива, реалізація продукції, широкий спектр елементів інфраструктури, котрі дуже змінюються з часом, створення спеціалізованих інституцій, що забезпечують систему логістики для збору сировини та її транспортування, інтегрування інституцій транспортного біопалива з уже існуючими інститутами інфраструктури викопного палива, мережі комунальних заправних станцій тощо [68, с. 72]. Біомаса є основою для виробництва біопалива (твердого, рідкого, газоподібного), яке у кліматично-нейтральному енергетичному ланцюгу є джерелом для виробництва теплової енергії (з твердого біопалива) та електроенергії (з біогазу).

Зважаючи на актуальність питання диверсифікації відновлювальних джерел енергії, а також враховуючи той факт, що згідно статистичних даних [69, с. 166] у структурі викидів забруднюючих речовин та діоксиду вуглецю в атмосферне повітря стаціонарними джерелами забруднення за видами економічної діяльності у 2020 році 38% (849,2 тис.т) забруднюючих речовин і 51,6% (56262,1 тис.т) діоксиду вуглецю становило від постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря [69, с. 166], то цінним для отримання альтернативної (кліматично-нейтральної) первинної енергії є формування міжгалузевого енергетичного кластеру на заходах замкненого циклу використання ресурсів відповідно до рівня забезпечення і доступності сировинної бази для виробництва

«зеленої» енергії: біомаса (за джерелом походження), водні ресурси, вітрові потоки, сонечне тепло і світло, відходи. Крім того, вважаємо, що для ефективного запуску роботи такого кластеру цінним є надання технічної підтримки громадам і регіонам у розробці і реалізації стратегій і планів переходу на чисту енергію.

2.3. Шляхи сталого розвитку критичних технологій для переходу до низьковуглецевої енергетики

Відстеження позитивної динаміки щодо впровадження 17 Цілей сталого розвитку, прийнятих Генеральною Асамблеєю Організації Об'єднаних Націй у 2015 році, у різних сферах життя свідчить про зміну дизайну мислення населення шляхом трансформації ціннісних орієнтацій від егоцентризму до екоцентризму. Змістом такої трансформації є реалізація потреб людей на основі збереження довкілля, розвитку біорізноманіття та, як наслідок, попередження зміни клімату.

Про загрозу і наслідки зміни клімату (розуміння поточного стану клімату, включаючи те, як він змінюється та роль людського впливу, стан знань про можливе майбутнє клімату, інформацію про клімат, що стосується регіонів і секторів, та обмеження зміни клімату, спричиненої людиною) свідчать такі дані [70], зокрема:

- у 2019 році концентрація CO₂ в атмосфері була вищою, ніж будь-коли за останні 2 мільйони років, а концентрації CH₄ та N₂O були вищими, ніж будь-коли за щонайменше 800 000 років;

- з 1970 року глобальна температура поверхні зросла швидше, ніж за будь-який інший 50-річний період принаймні за останні 2000 років. Температури протягом останнього десятиліття (2011–2020) перевищують температури останнього багатолітнього теплого періоду, приблизно 6500 років тому [0,2°C до 1°C відносно 1850–1900];

- у 2011–2020 рр. середньорічна площа арктичного морського льоду досягла найнижчого рівня щонайменше з 1850 р. Наприкінці літа 2020 р. площа арктичного морського льоду була меншою, ніж будь-коли за останні 1000 років;

- глобальний середній рівень моря з 1900 року піднявся швидше, ніж за будь-яке попереднє століття принаймні за останні 3000 років [70].

Сфера енергетики належить до числа галузей, чия діяльність зумовлює негативний вплив на клімат. Енергетична стратегія України до 2035 р. передбачає заміщення вугілля та нафти природним газом та відновними джерелами енергії. Прогнозується, що природний газ, атомна енергія і відновні джерела енергії у 2035 р. будуть забезпечувати 80% первинної енергії [56, с. 11].

Водночас, ефективна реалізація заходів щодо зменшення антропогенного впливу сфери енергетики на навколишнє середовище у регіонах має супроводжуватись забезпеченням економічного зростання і підвищенням соціальних стандартів. З огляду на це, важливе значення належить функціонуванню регіональної системи кліматичного управління підприємств і домогосподарств для зміцнення екологічної та енергетичної складових національної безпеки.

Посилення чутливості до зміни клімату у різних сферах свідчить про необхідність перегляду поведінки людини щодо збереження довкілля. Наслідки зміни клімату спонукають здійснювати пошук інноваційних підходів до раціонального використання природних ресурсів. На цьому шляху консолідація зусиль на національному і міжнародному рівнях передбачає обмін досвідом впровадження кліматичних інновацій, зокрема критичних кліматично-нейтральних технологій, в енергетиці, що направлені на зменшення залежності від природних енергетичних ресурсів і сприяння пом'якшенню змін клімату. Для цього у Європейському Союзі ухвалено «Європейську Зелену Угоду», «Формування стійкої до клімату Європи – нова стратегія ЄС щодо адаптації до зміни клімату» та ін. Крім того, у рамках реалізації стратегічної цілі України щодо вступу у Європейський Союз розроблено «Концепцію «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року», «Стратегію екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року» та ін.

У цьому контексті, сфера енергетики належить до галузей, діяльність якої, з одного боку, залежить від рівня забезпечення природних енергетичних ресурсів (газ, вугілля, нафта), а, з іншого боку – супроводжується викидами діоксиду вуглецю (CO₂). Зважаючи на це, особливе значення для зміцнення енергетичної безпеки і декарбонізації енергетики має запровадження інноваційних рішень щодо забезпечення кліматично-нейтрального переходу підприємств на енергетичному ринку.

Слід відзначити про пріоритетність питань енергоефективності, раціонального і збалансованого природокористування в умовах змін клімату як для домогосподарств, так і для підприємств. Це свідчить про комплексний підхід до вирішення питання декарбонізації енергетики за рахунок впровадження кліматичних інновацій як критичних кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій. Зважаючи на це, актуальним питанням є розширення напрямів інноваційного розвитку підприємств на енергетичному ринку шляхом впровадження кліматично-нейтральних інновацій у сферу енергетики.

Згідно даних Національної економічної стратегії України 2030 виділяють такі прогностичні економічні тренди 2020-2030 як зміна клімату, структурна зміна сектору енергетики, зростання кількості населення, старіння населення, питання приватності, цифровізація і штучний інтелект, формування покоління періналів (соціальна група поза залежністю від віку з цінностями і поведінкою мілєніалів) та ін. До того ж, слід відзначити, що «технології (а точніше технологічні зміни) стали розглядатись як основні двигуни структурних трансформацій територіального економічного розвитку; поява та зникнення нових продуктів та виробничих технологій відбувається в межах конкретних територій та великою мірою залежать від здатності останніх генерувати специфічні інновації» [41, с. 37]. Аналіз економічних трендів свідчить про зростання частки сфери послуг, а інновації служать для забезпечення сталого розвитку (отримання економічного, соціального та екологічного ефектів).

Дослідження «Перспективи субрегіональної інноваційної політики 2020: Східна Європа та Південний Кавказ» [71] Європейської економічної комісії ООН базуються на основі мандату Європейської економічної комісії ООН з питань інновацій, конкурентоспроможності та державно-приватного партнерства і спрямована на виявлення сильних та слабких сторін у національних інноваційних системах і встановлення ефективної інноваційної політики та механізмів підтримки, а також установ і процесів для їх ефективного проектування та управління. У той же час, Українська національна інноваційна стратегія 2030 має на меті усунути правові прогалини, посилити розвиток підприємництва і вдосконалення національної інноваційної інфраструктури.

У 2021 р. Міністерство освіти і науки України затвердило оновлену дорожню карту з інтеграції науково-інноваційної системи України до Європейського дослідницького простору (ЄДП) [72], що направлено на гармонізацію політики у сфері науки та інновацій відповідно до стандартів та норм ЄС, розширення доступу до наукових та інноваційних програм ЄС, розвиток дослідницьких інфраструктур України та їхню інтеграцію до дослідницьких інфраструктур ЄС, створення сприятливих умов для міжнародної та міжгалузевої мобільності вчених, застосування комплексного гендерного підходу у сфері науки та інновацій, застосування принципів відкритої науки та використання інструментів відкритого доступу ЄС, розвиток інноваційної інфраструктури з урахуванням кращих європейських практик, інтернаціоналізацію наукових досліджень та інновацій за межами ЄС.

Для забезпечення реалізації заходів щодо попередження, пом'якшення та адаптації до зміни клімату за рахунок використання «зелених» цифрових технологій у Європейському Союзі схвалено Декларацію «Зелена та цифрова трансформація ЄС». Держави-члени працюватимуть разом, щоб пришвидшити розгортання та розвиток передових цифрових технологій, таких як 5G і 6G, волоконна оптика, високопродуктивні обчислення та Інтернет речей, як ключових рішень для досягнення кліматичної нейтральності та стимулювання зеленого та цифрового переходу в пріоритетні галузі, такі як енергетика, транспорт, виробництво, сільське господарство та будівництво. Інші напрямки діяльності включають просування зеленої хмари, штучного інтелекту і технологій блокчейн, а також стійкого обладнання, зелених державних закупівель, підтримки зелених технологічних стартапів, малого і середнього підприємництва.

Водночас, основними цілями Концепції «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 р. є як збільшення до 70 % частки відновлювальних джерел енергії у виробництві електроенергії, впровадження «розумних» мереж, зменшення до 0 % частки вугільних теплоелектростанцій в енергетиці, так і перехід до користування екологічно чистим транспортом [56]. У цьому контексті, важливе значення має забезпечення інноваційного розвитку муніципальної транспортної інфраструктури на засадах кліматичної нейтральності та енергоефективності, а саме розбудови мережі

зарядних станцій для електромобілей, велодоріжок, формування парку екологічного громадського транспорту. Серед інноваційних рішень виділяємо застосування п'єзоелектричних датчиків, які перетворюють деформації та вібрації на шарах тротуарів, що піддаються механічному навантаженню транспортних засобів, в електричну енергію – п'єзоелектрику як джерела відновлюваної енергії [73]. Окрім того, цінним є врахування європейського досвіду формування «розумних» міст шляхом розробки таких програм на основі Інтернету речей [74]:

- «розумний» транспорт та інноваційне рішення про «корки» в дорожньому русі («розумні» світлофори, що мають вбудовані датчики та вдосконалені системи штучного інтелекту);

- «розумна» енергія та смарт-енергетичні мережі, енергоефективна система діяльності розподільчих енергетичних станцій із застосуванням автоматики;

- «розумний» дім та мережа поставок товарів, надання домашніх послуг;

- мінімізація рівня злочинності (системи відеоспостереження складається з моделей зондування руху з інфрачервоними камерами з низьким рівнем освітлення, а також мають бездротові батареї);

- «розумна» система управління водопостачанням складається з фізичних компонентів, таких як труби, резервуари з вбудованими датчиками, яка працює на аналізі даних;

- «розумна» система управління охороною здоров'я та ін. [74].

Водночас, при розгляді особливостей впровадження кліматичних інновацій на підприємствах і у домогосподарствах як критичних кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій слід відзначити той факт, що такі інновації зазвичай розглядаються крізь призму отримання екологічних ефектів шляхом реалізації таких напрямів діяльності: перехід на альтернативні види палива (інноваційний розвиток енергетичних підприємств); декарбонізація транспорту; використання «розумних» технологій при оцінці впливу на довкілля; впровадження енергетичного менеджменту і формування попиту на енергосервісні технології на промислових підприємствах і домогосподарствах; проведення енергоаудиту в будівництві; оцінювання управління переробкою сільськогосподарської сировини (біомаси). Натомість, інноваційність впровадження таких технологій для зміцнення енергетичної безпеки

є застосування оптимізаційного підходу до вирішення цього питання через обґрунтування економічного ефекту, що, у свою чергу, зумовлює необхідність оптимізаційного моделювання просування «зеленої» енергії, що передбачає максимізацію декарбонізації і мінімізацію витрат на енергоспоживання.

У цьому контексті, ефективність переходу до кліматичного менеджменту ланцюга постачання «зеленої» енергії визначається рівнем розробки і використання кліматичних інновацій як критичних енергоефективних і кліматично-нейтральних технологій. Зокрема, такими інноваціями є впровадження водневих технологій, виробництво безвуглецевої сталі, використання морських водоростей, енергетичних культур як біомаси для виробництва біопалива, тестування прототипу бетонної дороги, здатної заряджати електроавтомобілі на ходу, використання біометану в енергетиці, використання інфрачервоних камер, дронів, супутників для моніторингу викидів вуглекислого газу, у сфері транспорту перехід на електромобілі, в теплоенергетиці використання теплових насосів, твердопаливних котлів, технології когенерації і тригенерації, розвиток сонячної і вітрової електроенергетики та ін.

Одним із способів зменшення антропогенного впливу на навколишнє середовище і попередження змін клімату є впровадження системи екологічного оподаткування (податок на використання енергоресурсів, транспорту, забруднення навколишнього середовища), зокрема шляхом встановлення і «зміни ставок різних видів екологічних податків» [75, с. 120]. Іншим інноваційним рішенням у забезпеченні кліматично-нейтрального переходу підприємств на енергетичному ринку є циркулярне використання відновлювальних джерел енергії.

У польській практиці зворотна логістика відноситься до вузького підходу в рамках управління відходами. «Зворотна логістика розглядається як послідовність дій, необхідних для збору продукту, який використовується споживачем з метою повторного використання, ремонтувати, повторно виготовляти, переробляти або утилізувати його. На практиці це може бути досягнуто шляхом впровадження управління відходами від найменшої соціальної одиниці, тобто домогосподарства, до підприємства, а потім до територіальної одиниці» [76, с. 172].

У той же час у Європейському Союзі одним із найбільш стійких рішень для опалення будівель є централізоване теплопостачання [77], що підкреслює необхідність інтеграції відновлюваних джерел енергії в теплопостачання. Водночас серед викликів інтеграції кліматичних інновацій у централізоване опалення є необхідність у детальному плануванні та довгострокових інвестиціях. У контексті переходу до декарбонізації в енергетиці шляхом підвищення енергоефективності у [78] звернено увагу на той факт, що при визначенні вартості декарбонізації, окрім традиційних витрат (інвестиції, субсидії, навчання персоналу та ін.) необхідно враховувати технологічні особливості роботи енергосистеми такі як оптимальне поєднання технологій для максимізації ефективності ексергії в повністю декарбонізованій енергетичній системі. Ексергія розглядається як критерій ефективності енергетичних систем, що передбачає фокусування уваги на технічній досконалості роботи таких систем при передачі енергії в умовах взаємодії з навколишнім середовищем з метою досягнення термодинамічної рівноваги, а саме врахування особливостей виділення тієї частини енергії, яка не може бути використана для прямого споживання в результаті її витрат під час безпосереднього процесу енергопостачання (наприклад, теплообмін) і, як наслідок, не може бути збережена. Встановлено, що найбільше підвищення ексергетичної ефективності досягається в сферах теплопостачання (за рахунок повного використання надлишкового тепла та теплових насосів) та транспорту (через електроприводи та приводи на паливних елементах) [78].

Окрім того, на визначення формату моделювання кліматичного менеджменту ланцюга передачі зеленої енергії впливають тенденції розвитку штучного інтелекту, що супроводжується трансформацією енергетичного сектору та розвитком розумних енергетичних мереж. Наприклад, «впровадження системи централізованого опалення 4-5-го покоління [79] потребує комплексного рішення, оскільки воно включає джерело енергії, тепломережу та споживачів, що передбачає переобладнання будівель шляхом встановлення енергоефективних технологій». Як наслідок, загалом зміст функціонування таких мереж полягає у забезпеченні автоматизації розподілу енергії, управління технологіями в ланцюзі енергопостачання, оптимізації системи формування цінової політики та зворотного зв'язку зі споживачами.

Прогнозується, що системи централізованого енергопостачання перейдуть до низькотемпературного централізованого опалення та високотемпературного централізованого охолодження [80]. У [81] досліджується застосування наднизькотемпературних систем централізованого опалення та охолодження з робочими температурами від 6 до 40 °С для інтеграції відновлюваних джерел із стратегією зберігання, використовуючи розподільчу мережу як систему зберігання.

Водночас, слід відзначити, що мережі централізованого опалення та охолодження з'єднують і розподіляють ресурси теплової енергії в мережі відповідно до джерел і потреб. Як наслідок, особливу роль має забезпечення оптимального розподілу теплових ресурсів у просторово розподіленій мережі і створення вуглецево-нейтральних енергетичних систем. У [82] запропоновано метод просторової кластеризації, теорію транспортування та лінійне програмування для максимізації розподілених ресурсів за просторових обмежень, що дозволяє широкомасштабний аналіз широкого діапазону геопросторово обмежених ресурсів, особливо при застосуванні картографування відновлюваних джерел енергії для постачання централізованого опалення та охолодження.

У [83] представлено системний підхід до вивчення зв'язку між електроенергією та сектором централізованого теплопостачання для ефективного пом'якшення викидів, що передбачає використання гнучкості системи централізованого теплопостачання для інтеграції великої частки відновлюваних джерел енергії в енергетичні системи [83]. Зважаючи на це, особливе значення має розгляд критичних енергоефективних і кліматично-нейтральних технологій як способу диверсифікації та циркулярного використання відновлювальних джерел енергії.

Загалом у розрізі даних (табл. 2.4) в Україні прогнозується позитивна динаміка виробництва електроенергії з відновлювальних джерел (вітрова, сонячна, гідроелектростанції, біопаливо та відходи). Натомість, виокремлюємо тренд до зменшення виробництва викопних природних енергетичних ресурсів (вугілля й торф, нафта сира), а також атомної енергії.

Таблиця 2.4

Структура використання енергії в Україні, %

Вид енергії	2020	2035	Відхилення 2035 від 2020
Природний газ	32	30	-2
Атомна енергія	20	25	+5
Відновлювальні джерела енергії (вітрові електростанції, сонячні електростанції, біомаса, термальна енергія)	4	25	+21
Вугілля	30	13	-17
Нафта	14	7	-7

Джерело: сформовано на основі [56, с 11]

Натомість, відзначимо, що прикладна цінність розвитку сегменту відновлюваної енергетики на енергетичному ринку полягає у декарбонізації підприємств енергетики, а також в інноваційному розвитку підприємницької діяльності у сфері енергетики. Необхідність вирішення питання щодо переходу до відновлювальних джерел енергії активізувалось у 2022 р. у зв'язку із російською воєнною агресією в Україні і, як наслідок, відмови від імпорту російського природного газу.

Як наслідок, серед завдань у реалізації енергетичної політики у сфері зміни клімату на національному і глобальному рівнях є перехід до розвитку «зеленої» енергетики (виробництва альтернативних видів палива, впровадження енергетичного менеджменту на промислових підприємствах, застосування енергозберігаючих та екологічно ощадливих технологій у житлово-комунальному господарстві, на транспорті та в індивідуальних домогосподарствах) шляхом диверсифікації і циркулярного використання відновлювальних джерел енергії. Відповідно до цього, перспективними

сегментами енергетичного ринку є сегмент «зеленої» електро-/теплоенергетики (використання відновних і альтернативних джерел енергії) і сегмент енергосервісу. У свою чергу, серед труднощів розбудови сегменту «зеленої» енергетики є збереження енергії, несталість генерації енергії, інтеграція енергії в енергомережу.

З огляду на це, особливе значення має впровадження інноваційних заходів в енергетичній сфері і створення умов для переходу до кліматичної нейтральності шляхом диверсифікації і циркулярного використання відновлювальних джерел енергії. Для цього у [43] виокремлено екологічну складову енергетичної політики з урахуванням європейських регламентів, запропоновано формування енергетичного балансу із використанням відновлювальних джерел енергії, удосконалено систему взаємозв'язків основних учасників енергетичної системи України та їх впливу на навколишнє середовище, запропоновано метод вартісного оцінювання рівня економічного ефекту від реалізування заходів із енергозбереження від впровадження поновлювальних джерел енергії. У [84] розглянуто механізм довгострокового цінового орієнтування гнучких постачальників енергетичних послуг на основі стохастичних диференціальних методів, що мобілізує гнучкість енергії шляхом опосередкованого контролю попиту на гнучкі енергетичні системи за допомогою сигналів розумної ціни. Порівняння варіантів централізованого опалення в умовах невизначеності за допомогою стохастичного упорядкування проведено у [85], отримані результати якого показали, що тепловий насос, варіант конструкції з низьким вмістом вуглецю, є більш надійним у порівнянні з комбінованою теплоенергією (ТЕЦ) і комбінацією ТЕЦ і теплового насоса.

На цьому шляху особлива роль належить розвитку співробітництва з органами місцевого самоврядування. Зокрема, у [86] представлено шість моделей енергетичних послуг місцевих органів влади Британії як модернізації житла. «Інновація бізнес-моделі під керівництвом місцевих органів влади для модернізації означає поєднання ресурсів різними способами для створення нових потоків цінності за рахунок ефективного використання ресурсів». Це може включати розвиток місцевих енергетичних систем, а також оновлення будівельної системи: звернення до енергосервісних компаній [86, с. 519-520].

Реалізація державної політики у сфері зміни клімату передбачає застосування заходів з декарбонізації у різних сферах життя людини, збільшення потенціалу поглинання парникових газів, сприяння адаптації території до негативних наслідків зміни клімату. Зокрема, це є перехід до розвитку «зеленої» енергетики, виробництва альтернативних видів палива, впровадження енергетичного менеджменту на промислових підприємствах, застосування енергозберігаючих та екологічно ощадливих технологій у житлово-комунальному господарстві, на транспорті та в індивідуальних домогосподарствах. Враховуючи результати дослідження [1, с. 61-63], а також природно-кліматичні умови і географічне розташування території України серед перспективних напрямів переходу до диверсифікації і циркулярного використання відновлювальних джерел енергії розглядаємо біоперобну сферу, зокрема виробництво біопалива з біомаси.

Зокрема, у цьому контексті особливе значення має впровадження кліматичних інновацій в управління аграрних природокористування у контексті зміцнення національної еколого-енергетичної безпеки. Розробка і впровадження технологій вирощування енергетичних відновлюваних рослинних ресурсів, які спеціально використовують не лише в якості більш інтенсивних споживачів вуглекислого газу і продуцентів кисню, але й вуглецево-нейтральних матеріалів, сировини для біопластику, біопалива, виробництва органічних добрив і поруху для оборонної сфери. Зважаючи на це, вважаємо що актуальним питанням є розробка алгоритму і дорожніх карт формування міжгалузевих кластерів для диверсифікації і циркулярного використання відновлювальних джерел енергії за рахунок розвитку партнерства між сільськогосподарськими підприємствами, «зеленими» енергетичними підприємствами, підприємствами «зеленої» транспортної сфери та оборонної промисловості на основі замкнутого циклу використання технічних сільськогосподарських культур в якості джерела декарбонізації, енергії або сировини для підвищення обороноздатності (наприклад, виробництво пороху).

Окрім того, особливе значення в енергетичній безпеці має розвиток «розумних» міст і кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій. Щоб досягти цього, європейські міста застосовують свої міські стратегії на засадах смарт-спеціалізації і на

відкритих веб-платформах, які систематизують різні сектори для створення «розумних» міст [82; 87]. До того ж, Європейська директива з енергоефективності (EED 2012/2018) зобов'язує країни-члени мати всі лічильники електроенергії дистанційно доступний для читання до січня 2027 р. [88].

У [89] запропоновано план провінційної інтегрованої платформи енергетичних послуг на основі SCADA. Платформа заснована на CPS і використовує розробку інтелектуальних енергетичних інтерактивних додатків і додатків для управління бізнесом як основну лінію зв'язку з споживачами електроенергії, постачальниками енергетичних послуг, урядовими департаментами та іншими сторонами. У свою чергу, використання платформи EnergyPlan [90] дозволяє моделювати роботу розумних енергетичних систем з використанням відновлювальних джерел енергії. Для надійного постачання тепла та охолодження використання географічної інформаційної системи (ГІС)/ GIS дозволяє визначити джерела тепла, які можна використовувати для забезпечення теплом або для видалення надлишкового тепла. У [91] пропонують метод визначення можливих джерел тепла для великих теплових насосів і чиллерів, який об'єднує геопросторові дані з адміністративних одиниць, промислових об'єктів і природних водойм.

Об'єднання секторів є необхідним для ефективної інтеграції відновлюваних джерел енергії, оскільки майже всі відновлювані джерела енергії залежать від варіацій параметрів навколишнього середовища [81]. У контексті дослідження особливостей переходу до кліматичного менеджменту ланцюга передачі зеленої енергії та інтеграції смарт-технологій в енергетику важливим є використання розумного підходу до управління кліматом ланцюга передачі зеленої енергії на основі міжгалузевої співпраці та циркулярного використання відновлюваних джерел енергії.

Таким чином, зважаючи на вищевикремлені інституційні, соціально-економічні імперативи утвердження інноваційних процесів енергоефективності у домогосподарствах та на підприємствах, утвердження кліматичної складової в еколого-енергетичній безпеці національної економіки, а також, враховуючи актуальність питання попередження зміни клімату, обмеженість природних енергетичних ресурсів відбувається процес формування кліматичної парадигми сталого ресурсокористування на енергетичному

ринку. Такі інноваційні процеси передбачають трансформацію організаційно-економічного механізму функціонування енергетичного ринку у напрямі переходу до впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій, розвитку «зеленої» енергетики як кліматично-нейтрального сегменту на енергетичному ринку, визначення ресурсної стійкості енергетичних підприємств до впровадження таких інновацій, розширення міжгалузевої взаємодії у кліматичному менеджменті ланцюга передачі «зеленої» енергії як основи для зміцнення еколого-енергетичної складової національної безпеки.

РОЗДІЛ 3 ОРГАНІЗАЦІЙНО-ІННОВАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТАЛОГО РОЗВИТКУ КРИТИЧНИХ ТЕХНОЛОГІЙ У СФЕРІ НАЦІОНАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ

3.1. Ресурсна стійкість підприємств енергетики з врахуванням кліматичної нейтральності.

На шляху євроінтеграції для України особливе значення має імплементація положень Європейського Союзу з питань декарбонізації економіки (нова стратегія ЄС щодо адаптації до зміни клімату, червень 2021 р.). У вирішенні цього питання на національному рівні цінним є Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (документ 377-ІХ прийнятий від 12 грудня 2019 р.) [93], який передбачає окрім моніторингу, підготовки звітності операторів щодо їхніх викидів парникових газів, також верифікацію, зміст якої полягає у перевірці звіту оператора, підготовці та видачі верифікатором (юридичною особою, акредитованою відповідно до Закону України «Про акредитацію органів з оцінки відповідності», яка проводить верифікацію) за результатами такої перевірки верифікаційного звіту».

У Законі розрізняють сутність понять «викиди парникових газів» (надходження в атмосферне повітря парникових газів, визначених щодо певного виду діяльності, з джерел викидів парникових газів на установці), «джерело викидів парникових газів» (окрема частина установки, з якої здійснюються викиди парникових газів, або процес у межах установки, який призводить до викидів парникових газів) і «парникові гази» (гази, а саме: двоокис

вуглецю (CO₂), метан (CH₄), закис азоту (N₂O), гідрофторвуглеці (ГФВ), перфторвуглеці (ПФВ), гексафторид сірки (SF₆) та інші газоподібні складові атмосфери, які поглинають та випромінюють інфрачервоне випромінювання) [93].

До того ж, слід сфокусувати увагу на тому, що у схваленій розпорядженням Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р «Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року» [94] виділено основні проблеми у сфері охорони навколишнього природного середовища та природних ресурсів, які негативно впливають на здоров'я людей та сталість екосистем (наприклад, забруднення навколишнього природного середовища викидами в атмосферне повітря та скидами у водні об'єкти від промислових підприємств; нерациональне використання основних природних ресурсів та їх виснаження), а також крос-секторальні проблеми адаптації до зміни клімату (наприклад, низький рівень запобігання кліматичним загрозам та точкове реагування щодо усунення наслідків і відшкодування збитків без подальшого стратегічного планування підходів до адаптації на середньо- та довгостроковий періоди; відсутність системних секторальних та міжсекторальних досліджень з оцінки ризиків, уразливості та прогнозування зміни клімату на національному та регіональному рівні) [94], що безпосередньо пов'язано як з екологічною, так і енергетичною безпекою. Зважаючи на це, особливе значення має проведення оцінки вразливості енергосфери до зміни клімату.

«Останнім часом Європейський Союз посилив цілі, поставлені для скорочення викидів вуглецю. У секторі виробництва енергії і, зокрема, в системі централізованого теплопостачання досі переважає спалювання викопного палива, що спричиняє значний внесок у такі викиди» [83] Водночас, «У Європі одним із найбільш стійких рішень для теплопостачання будівель є централізоване опалення. Зокрема, використання такого виду опалення добре сприймається в північних країнах Європейського Союзу, який має низький рівень викидів вуглецю та може легко інтегрувати періодичні відновлювані джерела енергії при підключенні до електричної мережі. Водночас, незважаючи на те, що централізоване опалення розглядається як життєво важливий елемент для сталого майбутнього, воно вимагає широкого планування та довгострокових інвестицій» [77].

Зокрема, стійкість функціонування підприємств централізованого теплопостачання на пряму залежить від рівня забезпечення первинними ресурсами, необхідними для виробництва тепла. У цьому контексті, інноваційними рішеннями у системі централізованого теплопостачання є такі: диверсифікація відновлювальних джерел ресурсозабезпечення у системі централізованого теплопостачання із використанням географічної інформаційної системи (GIS); когенерація і тригенерація; використання біомаси для виробництва твердого біопалива; перехід до низькотемпературного централізованого опалення та високотемпературного централізованого охолодження; використання геотермальної енергії; забезпечення оптимального розподілу теплових ресурсів у просторово розподіленій мережі і створення вуглецево-нейтральних енергетичних систем; інтеграція сонячних теплових панелей у центральні теплові станції (*integrating solar thermal panels in to district heating substation*); встановлення теплових насосів та ін. Зважаючи на це, особливу роль має розуміння готовності підприємств централізованого теплопостачання до роботи з такими інноваційними ресурсами на засадах кліматичної нейтральності.

Зважаючи на це, у контексті розбудови кліматичної політики підприємств на енергетичному ринку вважаємо, що важливою складовою переходу до кліматичного управління ланцюгом постачання «зеленої» енергії є врахування особливостей виробництва і використання як електроенергії, так і теплоенергії. Зокрема, прогнозується, що до 2040 року зросте рівень споживання електроенергії у різних сферах (у тому числі це сприятиме розвитку електротранспорту), що сприятиме попередженню, адаптації і пом'якшенню змін клімату. Крім того, очікується, що централізоване теплопостачання відіграватиме важливу роль у декарбонізації енергетичного сектору в найближчі роки, оскільки джерела з низьким вмістом вуглецю, такі як відпрацьоване тепло та біомаса, все частіше використовуються для виробництва тепла [85].

Одним із заходів, запланованих енергетичною політикою Литви в тепловому секторі відновлюваних джерел енергії до 2030 року, є встановлення теплових насосів у мережах централізованого теплопостачання. Застосовуючи термодинамічний аналіз у [95] розроблено математичну модель, яка оцінює здатність теплових насосів підвищувати температуру теплоносія, що подається на

тепловому пункті, і визначає енергоефективність такого рішення. Запропоновано для оцінки потенційного зниження температури системи опалення будівлі встановлення графіку мінімально можливих температур системи опалення будівлі, відповідно до якого вибирається тепловий насос для тепlopункту, який би підвищував температуру теплоносія, що подається з мережі централізованого теплопостачання до необхідної температури для систем опалення та гарячого водопостачання будівлі [95].

Для сприяння розподіленій генерації з відновлюваних джерел енергії у європейському законодавстві введено такі інституції як Співтовариства відновлюваної енергії (Renewable Energy Communities), які дозволяють виробляти та споживати енергію від спільних місцевих електростанцій. Низькотемпературні мережі централізованого опалення та охолодження з розподіленими тепловими насосами продемонстрували свою здатність використовувати відновлювані джерела енергії та джерела відпрацьованого тепла в міському середовищі. Тому вони вважаються перспективною інфраструктурою для декарбонізації будівельного сектору [96].

Використання біомаси як джерела отримання «зеленої» теплової та електричної енергії, а також біопалива (тверде біопаливо: пелети; біогаз; тверде біопаливо: біетанол, біодизель) [97] є основою для розвитку «зеленої» енергетики загалом і біоенергетики зокрема. Встановлено тенденцію переобладнання котелень на використання біомаси і твердого біопалива, будівництво теплоелектростанцій на біомасі, використання біопалива у сфері транспорту. Зокрема, у [98] розглянуто особливості системи централізованого теплопостачання на біомасі в Італії: комплексний метод, заснований на моделях, для оцінки енергетичних, економічних та екологічних показників. «В Італії лише 2,5% кінцевого використання теплової енергії задовольняє системи централізованого теплопостачання, і, хоча широко доступні на території, ті, що працюють на дерев'яній біомасі, становлять менше половини загальної кількості» [98].

Іншим кліматично-нейтральним способом отримання теплової енергії у містах є інтеграція відпрацьованого тепла (у формі відходів і викидів у навколишнє середовище), отриманого у процесі виконання відповідних виробничих процесів у загальну систему теплопостачання. Серед труднощів такої інтеграції є просторовий розподіл міських джерел тепла по відношенню до існуючої теплової

мережі та час розподіл наявності відпрацьованої теплової енергії протягом року.

Наприклад, супермаркети також визнані чудовими джерелами відпрацьованого тепла. Постійне холодильне навантаження для заморожених харчових продуктів і холодних напоїв являє собою відпрацьоване тепло, яке зазвичай викидається в атмосферне повітря. Крім того, температура відхідного тепла зазвичай відносно висока, більше 50 °С. Таким чином, супермаркети стають великими міськими джерелами відпрацьованого тепла, які можна інтегрувати в системи централізованого теплопостачання. У [99] проведено техніко-економічну оцінку інтеграції відхідного тепла супермаркету та електропідстанції в існуючі системи теплопостачання і розроблено модель економічної оцінки інтеграції міських джерел тепла в існуючі системи централізованого опалення.

Серед альтернативних джерел отримання тепла також використовують геотермальну енергію. У звичайних геотермальних системах централізованого теплопостачання геотермальна рідина транспортується до теплового центру, щоб віддати свою теплову енергію вторинній рідині. Потім ця вторинна рідина циркулює в міській мережі, щоб віддати свою теплову енергію в контур опалення через теплообмінники на підстанціях. Нарешті, геотермальна рідина повторно закачується для забезпечення безперервності ресурсів [92].

Дослідження щодо індивідуального та колективного власного споживання фотоелектричної енергії для мережі централізованого теплопостачання п'ятого покоління представлено у [100]. Дослідження спирається на комп'ютерне моделювання, виконане як із фізичними, так і зі статистичними моделями для оцінки профілів електричного навантаження на районному рівні. Результати показують, що екологічна перевага запропонованої системи очевидна, оскільки викиди CO₂ зменшуються на 72–80% порівняно з поточною ситуацією залежно від встановленої фотоелектричної потужності. Також виявилось, що спільне використання фотоелектричної енергії значно покращує власне споживання на районному рівні, зокрема, коли встановлена фотоелектрична потужність обмежена (+45%) [100].

З огляду на це актуальним питанням є перебудова організаційної структури управління енергетичними ресурсами на засадах

мережі, тобто віртуалізації соціально-трудових відносин, при якій відбуваються оперативні процеси поширення інформації (явних знань) і декодифікації її людиною, як чинником впливу, в нові знання [101, с. 175] шляхом нейродіагностики поведінки споживача у залежності від рівня діджиталізації процесів та переходу до використання альтернативних джерел енергії, енергозберігаючих технологій.

До того ж, перехід до використання інноваційних відновлювальних ресурсів у системі централізованого теплопостачання на засадах кліматичної нейтральності потребує оптимізації управління теплоенергопостачанням за рахунок використання смарт-технологій. У [102] в основу смарт-взаємодії виробників «зеленої» теплової енергії і споживачів закладемо особливості роботи проєкту HEAT 4.0, що є інтеграцією інтелектуальних IT-рішень у нову цифрову структуру для досягнення цілісного підходу до централізованого опалення. HEAT 4.0 задовольняє цифрові потреби всього сектора, від виробничого майданчика до розповсюдження до кінцевих користувачів, і створює синергію між проєктуванням, експлуатацією, обслуговуванням та постачанням централізованого опалення. Такі рішення називають Cross System Services (CSS) і засновані на співпраці між постачальниками комплектуючих, науковцями з університетів, компаніями централізованого опалення, консультантами та постачальником загальної платформи [102].

У контексті розгляду питання декарбонізації теплоенергетики шляхом інтеграції кліматичної політики у систему еколого-енергетичного менеджменту, «окремої уваги заслуговує концепція «будинку з нульовим споживанням енергії» (будинок нульового споживання, англ. zero energy building, нім. Nullenergiehaus), яка була вперше запропонована Т. В. Есбенсеном у 1976 р. Ця концепція передбачає, що будівля повинна не тільки мати низьку енерговитратність, але й здатною генерувати енергію для власного використання, створюючи тим самим нульове споживання енергії. Така концепція поєднує дві стратегії проєктування: використання технологій відновлюваної енергії та енергоефективних заходів» [66, с. 183]. У свою чергу, у Данії для оцінки продуктивності мережі централізованого опалення та динаміки попиту підключених будівель, декілька країн, практикують встановлення розумних лічильників тепла в різних містах. [77].

Водночас процес переходу до відновлювальних джерел енергії, інтеграції смарт-технологій у систему управління ланцюгами теплопостачання підприємств централізованого теплопостачання – це довготривалий процес. Його реалізація передбачає формування інструментарію для визначення і забезпечення ресурсної стійкості підприємств централізованого теплопостачання до впровадження кліматичних інновацій. До того ж, важливе значення має створення умов для переходу до кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» теплової енергії на засадах замкненого циклу використання відновлювальних ресурсів. Це, у свою чергу, зумовлює розробку показників спроможності підприємств централізованого теплопостачання використовувати інноваційні відновлювальні ресурси для виробництва «зеленої» теплової енергії [92].

В умовах відстеження тенденції подорожчання вартості природних викопних енергетичних ресурсів (зокрема, газу природнього), а також періодичним порушенням ланцюгів постачання газу природнього і вугілля пріоритетним напрямом для підприємств централізованого теплопостачання є прийняття інноваційних управлінських рішень з оптимізації вартості ланцюга виробництва теплової енергії і підігріву води за рахунок технологічного реінжинірингу і диверсифікації альтернативних джерел отримання первинної енергії.

Проведений аналіз напрямів діяльності і надання послуг у сфері теплоенергетики України на прикладі 7 підприємств централізованого теплопостачання [103-109] свідчить, що упродовж 2017-2021 років була активною інноваційна діяльність з реалізації енергоефективних та екологічних (кліматично-нейтральних) рішень, зокрема на МКП «Чернівцітеплокомуненерго», КПТМ «Тернопільміськтеплокомуненерго», МКП «Хмельницьктеплокомуненерго» (реалізація інвестиційних програм), ДМП «Івано-Франківськтеплокомуненерго» (встановлення котельні на біосировині), Державне комунальне підприємство «Луцьктепло» (розробка екологічної політики), ТОВ «Рівнетеплоенерго» і ЛМКП «Львівтеплокомуненерго» (розробка та реалізація інвестиційних програм, впровадження технологій енергозбереження, перехід до когенерації, постачання електроенергії). До того ж, з метою пришвидшення інноваційного розвитку за рахунок залучення зовнішніх інвестицій на МКП «Чернівцітеплокомуненерго» функціонує відділ стратегічного розвитку та інвестиційної діяльності.

Для визначення особливостей впровадження інноваційності вектору розвитку «зеленої» теплоенергетики на засадах декарбонізації детерміновано основні напрями політики енергоефективності підприємств теплоенергетики України на прикладі МКП «Хмельницьктеплокомуненерго» і ТОВ «Рівнетеплоенерго». Встановлено, що реалізація енергоефективних заходів з отриманням ефекту декарбонізації передбачає залучення інвестиційних програм з виробництва, постачання, транспортування теплової енергії.

Водночас, діагностовано, що реалізація енергоефективних заходів з отриманням ефекту декарбонізації передбачає залучення інвестиційних програм з виробництва, постачання, транспортування теплової енергії, а також формування ланцюгів постачання відновлювальних ресурсів для виробництва «зеленої» теплової енергії. Це зумовлює необхідність формування інструментарію для визначення і забезпечення ресурсної стійкості підприємств централізованого тепlopостачання до впровадження кліматичних інновацій, зокрема використання інноваційних відновлювальних ресурсів для виробництва «зеленої» теплової енергії.

Відзначимо, що підприємства теплоенергетики надають такі послуги з централізованого опалення та гарячої води, як виробництво, розподіл, транспортування тепловими мережами теплової енергії для опалення та підігріву води, сервісне обслуговування трубопроводів, проведення перевірки засобів обліку води. На основі проведеного польового дослідження на базі КПТМ «Тернопіль-міськтеплокомуненерго», МКП «Львівтеплоенерго» встановлено, що основною сировинною базою для виробництва теплової енергії в останнє десятиліття були газ і дрова, що, у свою чергу, свідчило про низький рівень енергоефективності і, як наслідок, пряму залежність тарифу від собівартості сировини, а функціонування підприємства від державних дотацій і особливостей державного регулювання тарифної політики.

Як наслідок, це зумовлює впроваджувати інжинірингові рішення як щодо технологічного процесу роботи котелень, розподілу і транспортування теплової енергії, так і щодо диверсифікації джерел отримання первинної енергії на засадах замкненого циклу використання енергетичних ресурсів шляхом формування міжгалузевих енергетичних кластерів (за джерелом постачання альтернативних первинних джерел енергії) і зміцнення співпраці з

енергосервісними компаніями. Зважаючи на це, змістом переходу до кліматичного управління інноваційними ресурсами підприємств централізованого теплопостачання є забезпечення циркулярного використання ресурсів на усіх етапах теплопостачання.

У цьому контексті, відзначимо реалізацію енергоефективних рішень на таких підприємствах теплоенергетики, що включала комплекс оптимізаційних заходів:

– на МКП «Хмельницьктеплокомуненерго» «створення відділу енергозбереження; реалізація програми встановлення твердопаливних котлів, що працюють на деревній щепі та пелетах з твердих порід дерев, соломи, ріпаку та торфу; на дахах окремих котельнь встановлено сонячні вакуумні колектори; реалізація програми «Літнє гаряче водопостачання» (створення локальних джерел теплової енергії, наближених до споживачів і зниженні таким чином витрат на приготування гарячої води за рахунок виведення з експлуатації в літній період великих котлів та мережевих насосів, потужність яких використовувалася частково, а також значних ділянок деяких магістральних теплових мереж, на яких відбуваються високі втрати теплової енергії)»;

– на ДМП «Івано-Франківськтеплокомуненерго» «реалізація проєкту ЄБРР №39004 «Реконструкція та модернізація системи центрального теплопостачання міста Івано-Франківськ» з модернізації технологічного та допоміжного обладнання котельнь; модернізація котлів за сучасними європейськими технологіями; встановлення економайзерів (приладів для відбору тепла від відпрацьованих димових газів, що виходять із твердопаливних котлів); заміна тепломагістралі; встановлення індивідуальних теплових пунктів в закладах освіти; заміна застарілих котлоагрегатів; демонтаж застарілого обладнання та заміна теплоізоляції» [67, с. 85-101].

Складність впровадження критичних кліматично-нейтральних та енергоефективних інновацій у теплоенергетиці насамперед полягає у реалізації рішень з технологічної модернізації, які напряму залежать від фінансової стійкості підприємства, а саме гнучкості і клієнтоорієнтованості тарифної політики. Відстеження в останні роки зростання вартості на первинні природні енергетичні ресурси (природний газ), зумовлює здорожчення вартості кінцевого споживання теплової енергії, як наслідок спонукає населення до

впровадження енергоефективних технологій у теплозабезпеченні, а саме відмови від централізованого теплопостачання, перехід на індивідуальний електричний спосіб отримання тепла і підігріву води (встановлення бойлерів). У свою чергу, такі обставини на рівні підприємства теплоенергетики зумовлюють з метою збереження конкурентоспроможності на ринку переходити до інноваційного інжинірингу на засадах енергоефективності, ресурсощадливості, кліматичної нейтральності та економічної стійкості.

На даний час на вітчизняних підприємствах теплоенергетики серед таких інноваційних рішень реалізуються заходи щодо технологічної модернізації котельень, відмова від використання природного газу за рахунок альтернативних джерел енергії (біопаливо), встановлення когенераційного (комбіноване виробництво тепла та електроенергії) і тригенераційного (комбіноване виробництво тепла, електроенергії та холоду) обладнання, термомодернізація (термоізоляція) трубопроводів, оптимізація процесу попередження аварій шляхом використання технологій смарт-управління та ін. У цьому контексті, цінним використання міжнародного досвіду розвитку теплоенергетики.

Складовою прийняття рішення про впровадження інновацій (кліматично-нейтральних технологій) на будь-якому енергетичному підприємстві, що базуються на використанні альтернативних джерел енергії є розгляд стратегій попередження ризиків від впровадження інновацій. Серед антикризових стратегій виділяють такі [43, с. 229-230]:

- стратегія диверсифікування, що полягає у розподілі виробництва енергії між декількома організаціями, які безпосередньо не пов'язані між собою, або у залученні коштів (ресурсів) на виконання робіт з багатьох джерел. Зокрема, це може бути розширення постачальників, шляхів та видів енергії, зміна структури виробництва енергії та залучення засобів (у т.ч. енергетичних ресурсів) з різних джерел, що є слабозалежними один від одного;

- стратегія передачі (передавання, трансферу) полягає у тому, що права на загрозу за певну винагороду передають третій стороні. До заходів передачі ризику відносять: страхування; укладання договору з докладним описом прав і зобов'язань сторін за виникнення певних обставин; укладання біржових угод (хеджування)» [43, с. 229-230].

Реформування енергетичної галузі, розвиток ринку теплової енергії передбачає утвердження конкурентних засад взаємодії суб'єктів господарювання природних монополій, перехід при формуванні тарифної політики від витратного методу до стимулюючого методу. У Концепції реалізації державної політики у сфері тепlopостачання, схваленою розпорядженням Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р., структурні зміни в управлінні об'єктами у сфері тепlopостачання передбачають включення модифікації управління виробництвом, транспортуванням та споживанням теплової енергії, перехід від монополізму до принципів конкурентних ринкових відносин [110].

Одним із аспектів впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій на підприємствах теплоенергетики є їхня економічна стійкість за рахунок формування гнучкої тарифної політики. Проведений аналіз основних показників операційної діяльності досліджуваних підприємств теплоенергетики свідчить про доцільність розширення заходів з реалізації енергоефективних (ресурсоощадливих) рішень з екологічним (кліматично-нейтральним) ефектом за рахунок диверсифікації альтернативних джерел первинної енергії.

Як наслідок, у тому числі враховуючи таку форс-мажорну обставину як російська воєнна агресія в Україну, актуальним стало прийняття оперативних ресурсоощадливих рішень в енергетичній сфері різних країн з метою попередження уведення надзвичайного стану на національному рівні через енергетичний дефіцит. Зважаючи на це, пропонуємо сфокусувати увагу на факторному аналізі ефективності/можливостей реалізації кліматичних інноваційних проєктів на підприємствах теплоенергетики, що базуються на переході до відновлювальних джерел енергії, як основи інноваційності «зеленої» теплоенергетики на шляху адаптації до зміни клімату і зміцнення енергетичної безпеки.

Зважаючи на обмеженість доступу до первинних природних викопних джерел енергії (природний газ, вугілля, нафта) особливе значення має прогнозування рівня доступності підприємств централізованого тепlopостачання до відновлювальних джерел для виробництва теплової енергії та електричної енергії. Для визначення рівня готовності до кліматичного управління інноваційними ресурсами проведено онлайн-опитування серед 21 менеджерів

7 підприємств централізованого теплопостачання. Враховуючи природно-кліматичні умови території України респондентам було запропоновано спершу проранжувати за показником доступності такі види відновлювальних ресурсів, необхідних для виробництва «зеленої» електроенергії і теплової енергії:

- біомаса (аграрні підприємства, які вирощують енергетичні культури);

- водні ресурси: річкові ресурси, термальні води (гідроелектроенергії; рібні, водні рекреаційні господарства);

- вітрові потоки (вітрові станції, рекреаційні господарства, домогосподарства);

- сонячне тепло і світло (сонячні станції, рекреаційні господарства, домогосподарства);

- відходи (промислові виробництва, сміттесортувальні господарства, домогосподарства).

Наступним етапом опитування було згрупувати види відновлювальних ресурсів, необхідних для виробництва «зеленої» теплової енергії за показником збалансованого ресурсокористування, показником кліматичної нейтральності та показником економічної доцільності.

За результатами проведеного опитування встановлено, що за показником доступності, показником збалансованого ресурсокористування, показником кліматичної нейтральності та показником економічної доцільності пріоритетна роль належить біомасі і відходах. У свою чергу, респонденти відзначили, що за показником збалансованого ресурсокористування перспективним є використання водних ресурсів, тоді як за показником кліматичної нейтральності є використання сонячної енергії.

У цьому контексті, під час емпіричних досліджень діагностовано, що на підприємствах теплоенергетики серед пріоритетних інжинірингових рішень щодо диверсифікації джерел отримання первинної енергії є розробка заходів щодо переходу на біомасу. Зокрема, це передбачає модернізацію технологічного процесу роботи котелень, розподілу і транспортування теплової енергії, а також використання теплових насосів для перетворення електроенергії у теплову енергію [92].

Зважаючи на це, для визначення ресурсної стійкості RS підприємств теплоенергетики до впровадження кліматично-

нейтральних інновацій шляхом виробництва «зеленої» теплової енергії, в основі якого закладено використання альтернативної (відновлювальної) сировини, пропонуємо провести оцінку внутрішнього ресурсного потенціалу підприємств теплоенергетики до впровадження таких інновацій на підприємстві на основі даних із звітів про фінансовий стан (баланс). З метою визначення особливостей кореляційних залежностей факторів впливу (рівень ресурсозабезпечення) і ресурсного потенціалу для впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій як кліматичних інновацій проведемо розрахунок ресурсної стійкості для МКП «Чернівцітеплокомуненерго», яке є активним учасником реалізації проєктів із залученням зовнішніх інвестицій з переходу на альтернативні джерела енергії, і КПТМ «Тернопільміськтеплокомуненерго», який проводить технологічну модернізацію за рахунок внутрішніх ресурсів із залученням з частковим зовнішніх інвестицій з метою використання альтернативних джерел отримання сировини для виробництва теплової енергії, взявши за основу дані про необоротні активи, власний капітал і довгострокові зобов'язання і забезпечення (табл. 3.1-3.2).

Таблиця 3.1

**Вихідні дані для моделювання ресурсної стійкості
нівцітеплокомуненерго» (тис. грн)**

Рік	Нематеріальні активи, r_1	Незавершені капітальні інвестиції, r_2	Основні засоби, r_3	Власний капітал, r_4	Довгострокові зобов'язання і забезпечення, r_5
2016	32 958	3 551	69 710	67 886	1 790
2017	32 948	7 849	71 982	49 907	2 636
2018	34 963	11 422	80 240	23 140	4 926
2019, 9 міс.	34 699	12 895	78 786	6 776	17 979
2020, 9 міс.	34 346	23 884	79 157	32 310	16 564
2021, 6 міс.	32 803	25 972	76 207	95 301	35 091
Різниця між 2021 і 2016	-155	+22 421	+6 497	-27 415	+33 301

Джерело: сформовано на основі даних фінансової звітності підприємства [103]

Таблиця 3.2

**Вихідні дані для моделювання ресурсної стійкості
КПТМ «Тернопільськтеплокомуненерго»**

Рік	Нематеріальні активи, r_1	Незавершені капітальні інвестиції, r_2	Основні засоби, r_3	Власний капітал, r_4	Довгострокові зобов'язання і забезпечення, r_5
2016	167	8 047	69 795	10 118	33 769
2017	180	34 425	67 885	(74 523)	70 490
2018	166	121 383	86 279	(123 388)	279 798
2019	166	266 939	79 931	(151 362)	362 643
2020	26	429 387	74 556	(210 177)	486 468
2021	2	629 390	68 812	78 663	513 702
Різниця між 2021 і 2016	-167	+621 343	-983	+68 545	+479 933

Джерело: сформовано на основі даних фінансової звітності підприємства [108]

Для оцінки внутрішнього ресурсного потенціалу підприємств теплоенергетики застосуємо теоретико-множинний підхід до розрахунку коефіцієнта ресурсної стійкості підприємств теплоенергетики до впровадження кліматично-нейтральних інновацій, застосувавши методи інтервального аналізу, які дозвлять досягнути поставленої цілі без формування великої кількості рядів динаміки даних, зокрема інтервальне представлення даних у такому вигляді:

$$\overline{RS} = \begin{bmatrix} [RS_1^-, RS_1^+] \\ \vdots \\ [RS_i^-, RS_i^+] \\ \vdots \\ [RS_N^-, RS_N^+] \end{bmatrix}, \quad (3.1)$$

де $RS_i^- = RS_i - \Delta$, $RS_i^+ = RS_i + \Delta$, Δ – обмежена похибка з відомим діапазоном можливих значень.

Вибір методу для побудови моделі на основі інтервального підходу базується на його перевагах щодо стохастичних методів, а саме:

– інтервальный аналіз даних не вимагає дослідження статистичних характеристик факторів, (корельованість факторів з детермінантою визначається в ході побудови моделі: фактори, які не корелюються з детермінантою виключаються з моделі на основі загально прийнятих гіпотез інтервального аналізу, наприклад коли інтервальна оцінка вагового коефіцієнта фактора включає нуль – це свідчить про незначущість даного фактора);

– інтервальні методи, на відміну від стохастичних, дозволяють отримувати адекватні моделі на основі невеликих вибірок статистичних даних. Це ґрунтується на визначенні адекватності моделі, що є наслідком можливості розв’язку (сумісності) системи інтервальних рівнянь, який забезпечує задані прогностичні властивості одержаних моделей [92].

Для представлення моделей використовують інтервальні функціональні коридори у такому вигляді:

$$[RS(r)] = [RS^-(r); RS^+(r)]$$

Враховуючи інерційність економічних процесів використовують інтервальні моделі динаміки показників, які описують дискретними різницевиими рівняннями у такому вигляді:

$$RS_{t+1} = \sum_{i=1}^S \alpha_{i,j} \cdot RS_{i,t} + \sum_{i=1}^L \beta_{i,j} \cdot r_{i,t}, \quad (3.2)$$

де

t – час, який змінюється дискретно, $t = 0, \dots, N - 1$ де N – кількість дискрет;

RS_{t+1} – значення досліджуваного показника економічного процесу в $(t+1)$ -й дискретний момент часу та $RS_{i,t}$ – значення показника економічного процесу в t дискретний момент часу, $i=1, \dots, S$, де S – кількість дискрет стану показника, що досліджуються;

$\vec{r}_t = (r_{t,1}, \dots, r_{t,L})^T$ – вектор факторів впливу (ресурсне забезпечення впровадження кліматично-нейтральних інновацій) в t дискретний момент часу; α_{ji}, β_{ji} – невідомі коефіцієнти моделі економічного процесу або системи.

Визначення коефіцієнтів моделі, уможлиблює отримання інтервальних коридорів прогнозних оцінок досліджуваного показника у такому вигляді:

$$[\overline{RS}_{t+1}] = \overline{a}^T \cdot [\overline{RS}_t] + \overline{b} \cdot \overline{r}_t \quad (3.3)$$

де $[\overline{RS}_{t+1}], [\overline{RS}_t]$ – інтервальні прогнози досліджуваного показника; \overline{a} , \overline{b} – оцінки коефіцієнтів моделі та факторів управління економічним процесом, відповідно.

Було запропоновано динаміку зміни фінансового стану (виробництва теплової енергії) визначити як індикатор ресурсозабезпечення підприємства теплоенергетики з інтервальною похибкою 1%.

Крім того, враховуючи той факт, що проведення оцінки внутрішнього ресурсного потенціалу підприємств теплоенергетики базується на даних фінансової звітності, то відповідно фінансові показники слід розглядати як факторні ознаки для побудови інтервальної моделі:

$r_{1,t}$ – нематеріальні активи, тис. грн;

$r_{2,t}$ – незавершені капітальні інвестиції, тис. грн;

$r_{3,t}$ – основні засоби, тис. грн;

$r_{4,t}$ – власний капітал, тис. грн;

$r_{5,t}$ – довгострокові зобов'язання і забезпечення, тис. грн;

де, $t=0, \dots, 5$ – період, що відповідає 2016–2021 рр. діяльності підприємств.

Відповідно до наявних даних (табл. 3.9-3.10) інтервальні динамічні моделі управління ресурсною стійкістю підприємств теплоенергетики будуть мати такий вигляд:

$$RS_{j,t+1} = a \cdot RS_{j,t} + \sum_{i=1}^5 b_i \cdot r_{j,t+1,i} \quad (3.4)$$

де $RS_{j,k+1}, RS_{j,k}$ – значення показника ресурсної стійкості (баланс) j -го підприємства, $j=1,2$, в $t+1$ -й та t дискретний моменти часу;

$\vec{r}_{j,t} = (r_{j,t,1}, \dots, r_{j,t,5})^T$ – вектор факторів впливу (забезпечення впровадження кліматично-нейтральних інновацій) в t дискретний момент часу J -го підприємства;

a – невідомий коефіцієнт моделі (для спрощення в моделі враховується тільки один попередній стан показника, тобто $S = 1$);

b_j – невідомі коефіцієнти факторів ресурсної стійкості j -підприємства.

Далі було проведено ідентифікацію параметрів цих рівнянь із використанням методів аналізу інтервальних даних із врахуванням статистичної похибки за такими умовами:

$$RS_{j,k} \in [RS_{j,k}^-; RS_{j,k}^+],$$

$$j=1,2; t=0,\dots,5.$$

У табл. 3.3-3.4 наведено вихідні дані для показника ресурсної стійкості (баланс) досліджуваних підприємств в умовах COVID-19

Таблиця 3.3

**Вихідні дані для показника ресурсної стійкості (баланс)
досліджуваних підприємств в умовах COVID-19**

Підприємства	2016	2017	2018	2019*	2020*	2021**
МКП «Чернівцітеплокомуненерго», (тис. грн)	215 812	211 576	251 336	190 975	212 225	274 225
КПТМ «Тернопіль-міськтеплокомуненерго», (тис. грн)	264 894	322 295	619 800	696 967	878 815	1 070 481

* дані МКП «Чернівцітеплокомуненерго» за 9 міс.

** дані МКП «Чернівцітеплокомуненерго» за 6 міс.

Джерело: сформовано на основі даних фінансової звітності підприємства

Таблиця 3.4

Інтервальні значення показника ресурсної
стійкості підприємств

Дискрета	Інтервальні межі доходів підприємств, млн. грн.			
t	$RS_{1,t}^-$	$RS_{1,t}^+$	$RS_{2,t}^-$	$RS_{2,t}^+$
0	213653.9	217970.1	262245.1	267542.9
1	209460.2	213691.8	319072.1	325518
2	248822.6	253849.4	613602	625998
3	189065.3	192884.8	689997.3	703936.7
4	210102.8	214347.3	870026.9	887603.2
5	271482.8	276967.3	1059776	1081186

Джерело: складено авторами

Обчислення коефіцієнтів моделей базується на розв'язку системи інтервальних рівнянь такого вигляду:

$$\begin{cases} [RS_{j,1}] = a_j \cdot [RS_{j,0}] + \vec{b}_j \cdot \vec{r}_{j,0} \\ \vdots \\ [RS_{j,t+1}] = a_j \cdot [RS_{j,t}] + \vec{b}_j \cdot \vec{r}_{j,t+1}, \\ \vdots \\ [RS_{j,6}] = a_j \cdot [RS_{j,5}] + \vec{b}_j \cdot \vec{r}_{j,5} \end{cases} \quad (3.5)$$

$$j = 1, 2$$

Для спрощення побудови моделі достатньо отримати розв'язок у вигляді точки області розв'язків даної системи, тому запишемо її у такому вигляді:

$$\begin{cases} RS_{j,1}^- \leq a_j \cdot RS_{j,0} + \vec{b}_j \cdot \vec{r}_{j,0} \leq RS_{j,1}^+ \\ \vdots \\ RS_{j,t+1}^- \leq a_j \cdot RS_{j,t} + \vec{b}_j \cdot \vec{r}_{j,t+1} \leq RS_{j,t+1}^+ \\ \vdots \\ RS_{j,6}^- \leq a_j \cdot RS_{j,5} + \vec{b}_j \cdot \vec{r}_{j,5} \leq RS_{j,6}^+ \end{cases} \quad (3.6)$$

$$j = 1, 2$$

де, $RS_{j,t}$ – центр інтервального значення j -го підприємства.

Для проведення обчислень застосуємо засоби ППП MatLab, а саме the Optimization Toolbox MATLAB for linear programming (LP). Здійснивши оцінку коефіцієнтів інтервальної моделі динаміки ресурсної стійкості МКПвцітеплокомуненерго» і КПТМ «Тернопільськтеплокомуненерго», отримали такі результати у вигляді точкових моделей:

$$\begin{cases} RS_{1,t+1} = -0,055 \cdot RS_{1,t} - 39,4672 \cdot r_{1,1,t} - 3,6184 \cdot r_{1,2,t} + 0,6462 \cdot r_{1,3,t} + \\ \quad + 1,3677 \cdot r_{1,4,t} - 0,8322 \cdot u_{1,5,t}, \\ RS_{2,t+1} = -0,8244 \cdot RS_{2,t} + 1056,211 \cdot r_{2,1,t} + 2,0169 \cdot r_{2,2,t} + 3,3616 \cdot r_{2,3,t} + \\ \quad + 0,2 \cdot r_{2,4,t} - 0,5377 \cdot u_{2,5,t}, \end{cases} \quad (3.7)$$

де, $RS_{1,t+1}$, $RS_{2,t+1}$ – прогнорзні значення показника ресурсної стійкості до впровадження кліматичних інновацій МКПвцітеплокомуненерго» та КПТМ «Тернопільськтеплокомуненерго», відповідно.

Одержані модель слугують аналітичним інструментом для прийняття рішень з впровадження кліматично-нейтральних інновацій на основі прогнозування показника ресурсної стійкості підприємства [92].

Отримані результати свідчать про ресурсну стійкість до впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій як кліматичних інновацій МКП «Чернівцітеплокомуненерго» і КПТМ «Тернопільськтеплокомуненерго» в умовах COVID-19, що є основою для розбудови кліматичної політики на підприємствах теплоенергетики шляхом впровадження кліматично-нейтральних технологій на засадах диверсифікації альтернативних (відновних) джерел сировини для виробництва теплової енергії. На шляху прийняття такого інноваційного управлінського рішення на підприємствах централізованого тепlopостачання має розвиток критичних кліматично-нейтральних технологій для зміцнення національної еколого-енергетичної безпеки за рахунок формування циркулярно-го ланцюга виробництва, передачі і споживання «зеленої» енергії.

3.2. Стратегія розбудови кліматичної політики енергозабезпечення як «дорожня» карта сталого розвитку критичних технологій для відновлення України

Російська збройна агресія проти України активізувала міжнародну спільноту щодо зміцнення своєї енергетичної безпеки і прийняття рішень з впровадження інновацій в енергетиці. Забезпечення енергетичними ресурсами передбачає пошук альтернативних джерел його отримання. У цьому контексті, особливе значення має розвиток “зеленої” енергетики і використання відновлювальних джерел для її виробництва. Крім того, перехід до “зеленої” енергетики дозволяє мінімізувати залежність від первинних (природних) джерел енергії і забезпечити реалізацію такої глобальної цілі як кліматична нейтральність.

У попередніх параграфах розглянуто особливості зміни підходу до ресурсного забезпечення на енергетичному ринку у напрямі ресурсоощадливості і кліматичної нейтральності. Встановлено, що основними напрямками розвитку енергетичного ринку у довоєнний період були використання і споживання енергії з природних невідновних джерел, виробництво і споживання альтернативної енергії (“зеленої” енергії), а також розбудова енергосервісу. У свою чергу, інноваційність підходу до реалізації кліматичної політики на енергетичному ринку в умовах воєнного стану полягає у міжгалузевій взаємодії підприємств у ланцюгу виробництва, передачі і споживання енергії у регіонах, де не ведуться бойові дії.

Російська воєнна агресія в Україну засвідчила на міжнародному рівні про стратегічну роль зміцнення енергетичної безпеки. У цьому контексті, особливе значення має пошук альтернативних (відновлювальних) джерел отримання енергії, що, у свою чергу, дозволяє зберегти реалізацію глобальної цілі щодо переходу до кліматичної нейтральності. У цьому контексті, відзначимо, що пріоритетність впровадження кліматичної політики на підприємствах енергетики полягає в тому, що ця сфера належить до критичної інфраструктури. Як наслідок, в умовах воєнного стану вона є у зоні постійного ризику. Це свідчить про необхідність поглиблення розгляду питання диверсифікації джерел отримання енергії та визначення інноваційного потенціалу розвитку підприємств “зеленої”

енергетики в умовах воєнного стану, як альтернативи отримання первинної енергії з природних джерел, а також розробки «дорожніх» карт повоєнної відбудови енергетичної інфраструктури у регіонах України, де велися активні бойові дії [29; 40].

Слід відзначити, що для реалізації євроінтеграційної цілі у березні 2022 року Україна в умовах воєнного стану спільно з Молдовою приєдналась до електромережі Європейського Союзу. У напрямі зміцнення енергетичної безпеки і попередження зміни клімату активну роботу проводять у Європейській Комісії. У квітні 2022 року запущено Платформу закупівлі енергії Євросоюзу «*EU Energy Platform*», відкриту також для України, Молдови, Грузії та Західних Балкан, щоб сприяти спільним закупівлям газу та водню» [48]. У квітні 2022 року у Німеччині прийнято «Великодній пакет» («*Osterpaket*»), що передбачає активізацію процесу переходу до використання відновлювальних джерел енергії. У травні 2022 року Європейська Комісія прийняла план REPowerEU, Стратегію Перської затоки і Стратегію зовнішньої енергетичної взаємодії ЄС “EU external energy engagement in a changing world”, що спрямовані на застосування заходів з відмови від російського газу до 2027 року шляхом переходу до альтернативних джерел отримання енергії і посилення енергоефективності. Зокрема, “План REPowerEU передбачає залучення додаткових 20 млн. тонн відновлюваного водню до 2030 року. Крім того, заплановано розробку і реалізацію заходів щодо відновлення енергетичної системи України (REPowerUkraine) [48].

Російське воєнне вторгнення в Україну зумовило перегляд векторів розвитку і забезпечення стійкості соціально-економічної, енергетичної та екологічної складових національної безпеки. Особливе значення має консолідація зусиль на міжнародному рівні щодо зміцнення енергетичної безпеки шляхом пошуку альтернативних джерел отримання енергетичних ресурсів. Відзначимо, що вирішення цього питання, передбачає прийняття компромісного рішення, що дозволить поєднати ресурсоощадливість і кліматичну нейтральність економіки.

У свою чергу, для України в умовах воєнного стану суб’єкти енергетики як важливий компонент критичної інфраструктури є у зоні ризику руйнувань через загрозу пожеж від військових обстрілів. Як наслідок, енергетична безпека зазнає ризиків на рівні

виробництва, зберігання, розподілу, постачання та споживання енергії. Аджі порушення доступу до первинних (природних) джерел енергії негативно впливає на балансування енергосистеми. Крім того, ці негативні наслідки загострюють проблему зміни клімату [29; 40].

З метою повосенного відновлення енергетичної галузі України особливе значення на даному етапі має надання фінансової та технологічної підтримки, обмін досвідом світової спільноти щодо впровадження успішних практик зміцнення економічної, енергетичної та екологічної складових національної та глобальної безпеки. У травні 2022 році Європейська Комісія запропонувала створення Міжнародної координаційної платформи відбудови України, яку очолюватиме вона спільно з урядом України для відбудови за підтримки Європейського Союзу. На даному етапі Платформа затвердила План відбудови «RebuildUkraine», що передбачає проведення оцінки рівня потреб і визначення пріоритетних напрямів підтримки відбудови України [111].

У контексті розгляду питання визначення кліматично-нейтрального потенціалу енергетичного ринку України в умовах воєнного стану, слід звернути увагу на те, що реалізація Концепції переходу України до зеленої енергетики до 2050 р., затверджена у довоєнний період (2020 р.), передбачає перехід на екологічно чистий транспорт за рахунок «використання 70% відновлюваних джерел енергії у виробництві електроенергії, впровадження інтелектуальних мереж та відмова від вугільних теплоенергостанцій. Крім того, упродовж 2020 року в Україні відстежено позитивну динаміку виробництва «зеленої» електроенергії з біогазу (з 34,9 млн. кВт-год у січні до 43,1 млн.кВт-год у листопаді) і біомаси (з 20,7 млн.кВт-год у січні до 27,8 млн.кВт-год у листопаді)» [112]. Такі дані свідчать про наявність кліматично-нейтрального потенціалу енергетичного ринку України, зокрема в умовах воєнного стану, шляхом використання відновлювальних джерел енергії. У цьому контексті особливе значення має налагодження міжгалузевої взаємодії між аграрними підприємствами і підприємствами з виробництва «зеленої» енергії на засадах кліматичної нейтральності у межах регіонів України, у яких не ведуться активні бойові дії.

Крім того, у довоєнний період на національному рівні активно впроваджувались регуляторні заходи у напрямі сталого розвитку

енергетики та адаптації до зміни клімату. Зокрема, Енергетична стратегія України до 2035 року «Безпека, Енергоефективність, Конкурентоспроможність», Стратегія екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року, а також Закон України «Про енергоефективність» передбачали реалізацію заходів із поетапного оновлення енергетичної системи і переходу на відновлювальні джерела енергії, проведення моніторингу вразливості енергетики до змін клімату, а також розробки на регіональному рівні Планів дій з сталого енергетичного розвитку та адаптації до зміни клімату. На шляху формування Національного плану енергетики та клімату (враховуючи досвід країн Європейського Союзу) розроблено Стратегію низьковуглецевого розвитку України до 2050 року, у якій серед стратегічних цілей є декарбонізація енергетики за рахунок реалізації запропонованих сценаріїв за такими напрямками як енергоефективність, відновлювальна енергетика, модернізація та інновації, трансформація ринку та інституцій [113; 114]. Крім того, серед напрямів Національної економічної стратегії на період до 2030 року є напрям «Енергетика», що включає такі стратегічні цілі: забезпечення високого рівня енергетичної безпеки та інтеграція України в європейський енергетичний ринок; забезпечення функціонування розумної, модернізованої та надійної енергосистеми, яка повністю задовольняє вимоги та потреби кінцевих споживачів; забезпечення функціонування вільних, ефективних та конкурентних ринків; підвищення енергоефективності економіки та забезпечення екологічності енергетичного сектору [115, с. 117-126].

З метою забезпечення повоєнного відновлення України створено Національну раду з відновлення України від наслідків війни (Указом Президента 266/2022), а також розроблено Плану відновлення України з трьома етапи реалізації (“терміново” (2022), “відбудова” (2023-2025) та “модернізація” (2026-2032)), яку презентували міжнародній спільноті 4-5 липня 2022 р. у Лугано [116, с. 9]. Відзначимо, що у Плані відновлення України [117] серед 15 національних програм є програми щодо повоєнного відновлення довкілля та енергетики, а саме:

– Національна програма «Відбудова чистого та захищеного середовища», що передбачає реалізацію таких кліматичних заходів: Створення Національного кліматичного фонду, як окремого

органу; реформування процедури оцінки впливу на довкілля (ОВД); розбудова інституційної та технічної спроможності для забезпечення участі України в глобальних зусиллях у боротьбі зі зміною клімату; створення Інноваційного центру технологій для запобігання та адаптації до зміни клімату, впровадження національної системи торгівлі квотами на викиди парникових газів та удосконалення системи моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів, планування та подальше відновлення інфраструктури громад, адаптоване до наслідків зміни клімату, що були визначені оцінкою вразливості до зміни клімату; створення системи рекуперації, регенерації, рециклінгу та утилізації відходів [118];

– Національна програма «Енергетична незалежність та Зелений Курс», що передбачає реалізацію таких «зелених» енергетичних заходів: будівництво розумних мереж (smart grids); локалізація виробництва обладнання для ВДЕ (вітрові вежі, трансформатори, кабелі, електролізери, батареї); будівництво 3,5 ГВт гідроелектростанцій і насосних гідроелектростанцій; розвиток виробництва біопалива (біоетанолу, біодизелю, біометану, біомаси) із сільськогосподарської продукції, залишків та відходів [119].

У цьому контексті, іманентне значення має забезпечення балансу між цілями щодо національного повоєнного відновлення енергетики, а також глобальної відмови від викопних (природних) енергетичних ресурсів за рахунок переходу на альтернативні джерела енергії та низьковуглецевої енергетики. На цьому шляху особливе значення, на нашу думку, є формування стратегії управлінського механізму розбудови кліматичної політики енергозабезпечення як «дорожньої» карти повоєнного відновлення енергетики України, що, у свою чергу, слугуватиме драйвером кліматично-нейтрального розвитку енергетики на зконсолідованих ціннісних засадах світової спільноти щодо сталого і стійкого розвитку.

Крім того, швидкість та ефективність реалізації зеленого повоєнного відновлення енергетики України залежить від рівня фінансового забезпечення. У довоєнний період у цьому напрямі на національному рівні застосовувались такі фінансові регуляторні інструменти кліматичної політики в енергетичній сфері як «зaproвадження механізмів фінансування енергоефективних рішень, надання пільгових кредитів чи пільг при оподаткуванні при розробці

кліматичних бізнес-рішень (будівництво ВДЕ станцій, ЕСКО, енергокооперативи тощо), відмова від субсидій викопного палива і підвищення цін на традиційні енергоресурси, підвищення податків на викиди (Урядова програма «теплих кредитів», «зелений тариф» (встановлення високої фіксованої ціни на енергію, вироблену ВДЕ, а також гарантія викупу всього обсягу генерації; пільгові умови ввезення в Україну електромобілів, що сприяло скороченню викидів від приватного транспорту; програм енергоефективності та ін.)» [120, с. 30-33]. Водночас, вважаємо, що перспективність визначення інвестиційної привабливості стратегій, планів дій пов'язаного кліматичного відновлення енергетики України полягає у забезпеченні зв'язку із міжнародним інституційним та інноваційно-організаційним забезпеченням розбудови кліматичної політики в енергетиці.

У рамках реалізації кліматичної діяльності Організацією Об'єднаних Націй запущено роботу Мережі рішень для сталого розвитку (the Sustainable Development Solutions Network), що скеровує свою діяльність на надання комунікативної підтримки щодо прискорення кліматично-нейтрального переходу у різних сферах. Серед пріоритетних напрямів дослідження є клімат та енергетика «Climate and Energy». Зокрема, за цим напрямом Мережа рішень для сталого розвитку розробила програму «Climate and Energy Program» і серію Дорожніх карт до 2050 р. (у 2019 р. «Дорожня карта до 2050 року: Посібник для націй з декарбонізації до середини століття»/ the Roadmap to 2050: A Manual for Nations to Decarbonize by Mid-Century, у 2021 р. «Дорожня карта до 2050 року: взаємозв'язок біопалива між землею, водою та енергією»/ Roadmap to 2050: The Land-Water-Energy Nexus of Biofuels) [121; 122].

Відзначимо, що у «Дорожній карті до 2050 року: взаємозв'язок біопалива між землею, водою та енергією»/ Roadmap to 2050: The Land-Water-Energy Nexus of Biofuels» запропоновано інноваційні підходи до впровадження технологій з виробництва біопалива на засадах кліматичної нейтральності (мінімізація викидів CO₂ у процесі переробки біомаси і максимізації отримання продуктів кисню від виробництва біомаси) шляхом встановлення взаємозв'язку земельних, водних, енергетичних ресурсів, а саме: перехід до вирощення багаторічних енергетичних культур, переробка морських водоростей. Серед загроз переходу до виробництва біопалива

виділяють порушення збалансованості продовольчої безпеки, екологічного ландшафту і еколанцюгів, комерціалізація сільськогосподарських угідь.

Російська воєнна агресія в Україну активізувала вирішення на міжнародному рівні питання кліматичної нейтральності в енергетиці шляхом відмови від використання природних енергетичних ресурсів і переходу до розвитку відновлювальної енергетики. Післявоєнна українська енергетика потребує трансформації у бік переходу на «зелену» енергетику, оптимізації енергоменеджменту та розвитку критичних технологій в контексті адаптації до кліматичних змін. Підвищення ефективності транснаціонального енергетичного ринку, забезпечення енергоефективності та енергозбереження підприємств і домогосподарств передбачає перехід на виробництво, маркетинг і споживання «зеленої» енергії та розвиток «розумних» енергомереж. Все це спонукає нас до кардинальної зміни форм та джерел використання енергії на основі кліматично-нейтрального енергоспоживання, у тому числі в умовах воєнного стану, коли обмежений доступ до природних енергетичних ресурсів.

Слід звернути увагу на те, що, у контексті інтеграції засад циркулярної економіки в енергетику і пом'якшення зміни клімату, біопаливо у залежності від джерела походження біомаси поділяють на такі групи [122, с. 4-11]:

– біопаливо рослинного походження – біопаливо, виготовлене з сільськогосподарських продуктів, включаючи цукрову тростину, пшеницю, кукурудзу та сою;

– біопаливо другого покоління – біопаливо, для виробництва якого джерелом біомаси є деревина, органічні відходи, харчові відходи, енергетичні агрокультури (енергетична верба, тополя, міскантус, павлонія);

– біопаливо третього покоління – біопаливо, вироблене з сільськогосподарських культур, спеціально призначених для біопалива таких як морські і річкові водорості («макроводорості», включаючи більші види, такі як ламінарія, і «мікроводорості», що стосуються як менших видів, так іціанобактерії, різні прокаріотичні види);

– біодизель – це відновлюване, біорозкладане паливо з рослинних олій (наприклад, пальмова олія, ріпакова олія), тваринних

жирів або перероблених ресторанних мастил, які піддаються повторній переробці;

– етил-трет-бутиловий ефір – паливний ефір або суміш компонент для палива, який містить кисень у ланцюзі атомів вуглецю та водню, який можна змішувати з бензином або біопаливом для зменшення викидів і покращення продуктивності палива завдяки високому вмісту кисню і октановому вмісту; етил-трет-бутиловий ефір ЕТВЕ можна виробляти з етанолу та ізобутилен (невідновлюваний), або через відновлюваний етанол і відновлюваний ізобутен (відновлюваний) [122, с. 4-11].

У розрізі аналізу прогнозних даних за період 2019-2028 рр. [122, с. 17] основним джерелом для виробництва біопалива у глобальному масштабі є біомаса першого покоління, тоді як відкритим питанням у перспективі розвитку енергетики з відновних джерел є перехід до виробництва біопалива з біомаси другого і третього поколінь (у залежності від природно-кліматичних особливостей регіону), що дозволяє посилити енергоефективність і забезпечити кліматично-нейтральний перехід галузей, що у своїй діяльності використовують біопаливо.

Зважаючи на це, на шляху переходу до кліматичної нейтральності і, враховуючи наслідки впливу російської агресії в Україну на розвиток світової економіки і забезпечення світової енергетичної безпеки, вважаємо, що перспективність конвертації інноваційного потенціалу розвитку підприємств енергетики на енергетичному ринку і впровадження критичних кліматичних технологій полягає у зміщенні пріоритетів до розбудови сегменту “зеленої” енергетики, що базується не тільки на енергоощадливості і зміцненні енергетичної безпеки, а й забезпечує вуглецево-нейтральне використання енергетичних ресурсів. У цьому контексті, особлива роль належить взаємодії між сегментом виробників “зеленої” енергії (“зеленої” електроенергії, “зеленої” теплоенергії), що використовують альтернативні джерела отримання енергії, технології когенерації і тригенерації, а також сегментом енергосервісу, що спрямований на впровадження енергоощадливих і кліматично-нейтральних технологій на усіх етапах ланцюга енергозабезпечення. Як наслідок, реалізація кліматичної політики на енергетичному ринку в умовах воєнного стану є невід’ємною складовою зміцнення енергетичної безпеки, що передбачає перехід до енергетичної незалежності та пом’якшення зміни клімату.

Крім того, зважаючи на те, що у зв'язку з російською агресією в Україну частина природних енергетичних ресурсів стала недоступною, з одного боку, а з іншого – актуальність питання розробки заходів з адаптації до змін клімату на глобальному рівні, то обгрунтованим є запропоноване нами у розділі 1 застосування оптимізаційного підходу до вирішення питання забезпечення енергетичними ресурсами, що полягає у постійному виборі способу, технології, джерела отримання та споживання ресурсів, що мінімізують антропогенний вплив на навколишнє середовище (екологічний ефект, зокрема: ефект декарбонізації / кліматичний ефект) та максимізують отримання економічного та соціального ефектів (доступ до ресурсів, отримання доданої вартості). У цьому контексті, особливе значення має розвиток підприємств “зеленої” енергетики, інноваційний потенціал яких полягає у забезпеченні реалізації принципу диверсифікації джерел енергії, циркулярного і кліматично-нейтрального використання ресурсів.

Слід відзначити, що російська воєнна агресія в Україну у лютому 2022 року стала доповнюючим фактором для обгрунтування пріоритетності вирішення завдання щодо забезпечення ресурсами, зокрема енергетичними, а також зміцнення енергетичної безпеки на національному і глобальному рівнях. Запропонована у попередніх розділах концептуальна модель позиціонування “зеленої” енергії як кліматично-нейтрального товару на енергетичному ринку дозволила визначити компоненти управлінського механізму розбудови кліматичної політики на енергетичному ринку, які пропонуємо взяти за основу для формування стратегії впровадження управлінського механізму розбудови кліматичної політики енергозабезпечення у повоєнний час, а саме: диверсифікація джерел отримання “зеленої” енергії, посилення ресурсозбереження і підвищення енергоефективності енергетичних підприємств, розбудова ринку альтернативної енергетики та ринку енергосервісу, реструктуризація «зеленого» тарифу споживання енергії, запуск інноваційних технологій та “розумних” сіток (Smart Grids) енергопостачання.

Відзначимо, що у науковій площині вирішення питання щодо розробки інструментарію зміцнення енергетичної безпеки шляхом переходу до відновлювальної енергетики тісно корелюється із вирішенням таких екологічних питань як раціональне і збалансоване природокористування (використання водних, земельних ресурсів,

повітря, продовольча безпека), збереження довкілля і зміна клімату. За рахунок утвердження такого глобального світоглядного тектонічного зміщення, в основу концептуалізації складових формування стратегії впровадження управлінського механізму розбудови кліматичної політики на енергетичному ринку пропонуємо закласти міждисциплінарний підхід, що передбачає врахування особливостей наукових розвідок щодо енергоефективності і зміни клімату крізь призму менеджменту, маркетингу, енергетики, природничих наук, інноваційного інжинірингу, інформаційних технологій, штучного інтелекту та ін.

Крім того, вважаємо, що ключову роль у реалізації стратегії матиме інтеграція кліматичних інновацій як кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій, що поєднують у собі засади розвитку смарт-технологій, циркулярного використання енергетичних ресурсів, міжгалузевої кластерної взаємодії. У контексті надання технічної підтримки з розробки і впровадження стратегій і планів переходу на чисту енергію на рівні громад, важливими складовими інноваційно-організаційного забезпечення стратегії впровадження управлінського механізму розбудови кліматичної політики енергозабезпечення є врахування досвіду смарт-спеціалізації і створення кластерів [123-125] як способу інноваційного розвитку на регіональному рівні, що базується на взаємодії, реалізації потенціалу, смарт-технологіях, а також виокремлення кліматичного менеджменту ланцюга передачі «зеленої» енергії і кліматичного маркетингу енергетичними продуктами і послугами.

У свою чергу, для утвердження позиціонування “зеленої” енергії як кліматично-нейтрального товару на енергетичному ринку важливим є розвиток міжгалузевого партнерства з оптимізації енергоспоживання шляхом розбудови ланцюга партнерських відносин між енергетичними підприємствами, виробниками і постачальниками альтернативних джерел енергії, енергосервісними компаніями (розробка стратегії поведінки компанії на енергетичному ринку: диверсифікації, диференціація, концентрація та ін.), органами місцевого самоврядування, споживачами “зеленої” енергії. У цьому напрямі інноваційний потенціал підприємств “зеленої” енергетики у реалізації кліматичної політики, зокрема в умовах воєнного стану, полягає в активізації міжгалузевої взаємодії підприємств регіонів, в яких не ведуться бойові дії, у ланцюгу

виробництва, передачі і споживання “зеленої” енергії на засадах циркулярної економіки.

3.3. Формування міжгалузевого кліматично-нейтрального ланцюга передачі енергії.

Викликом пост-COVID-19 і поствоєнного відновлення для енергетики є забезпечення швидкого економічного зростання, енергетичної безпеки і переходу до кліматично-нейтрального розвитку. У цьому контексті, відбувається зміщення пріоритетів щодо джерел отримання первинної енергії у напрямі переходу до використання енергії з відновлювальних джерел, що, у свою чергу, сприяє низьковуглецевому розвитку. Зважаючи на це, серед заходів щодо відновлення енергетики є розвиток кліматичних інновацій як критичних кліматично-нейтральних технологій для зміцнення енергетичної безпеки. Водночас, перспективність розвитку таких технологій залежить від можливості отримання як екологічного, так і економічного ефекту.

Для цього необхідна розробка організаційно-інноваційного забезпечення розвитку критичних технологій у сфері національної безпеки в умовах переходу енергетики до кліматично-нейтрального розвитку. Як наслідок, як було доведено у попередніх параграфах на прикладі підприємств теплоенергетики, перспективність розвитку кліматичних інновацій як критичних кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій для енергетичної безпеки полягає у переході до крос-секторальної взаємодії на засадах замкненого циклу споживання енергії з відновлювальних джерел і переходу до смарт-технологій. На цьому шляху важливе значення має розбудова взаємодії аграрних підприємств (виробників біомаси) і підприємств з виробництва «зеленої» енергії в результаті факторного моделювання оптимізації ланцюга постачання біомаси. Наступним етапом має стати алгоритмізація процесу щодо організаційно-економічне забезпечення розвитку і впровадження критичних кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій у сфері національної безпеки на засадах кліматично-нейтральної кластеризації (міжгалузевої взаємодії і розвитку смарт-технологій) та оптимізації еколого-енергетичного менеджменту національної економіки.

Загалом кліматичні виклики останніх десятиліть змусили змінити ставлення до форм взаємодії з навколишнім середовищем. Зменшення природних енергетичних ресурсів призводить до пошуку альтернативних джерел енергії. З огляду на це актуальним питанням є організаційно-економічне забезпечення переходу до кліматичного менеджменту ланцюга передачі зеленої енергії на основі циркулярної економіки та смарт-технологій.

У цьому контексті важливу роль відіграє розробка алгоритму застосування інтелектуального підходу до управління кліматом ланцюга передачі зеленої енергії на основі циркулярної взаємодії підприємств аграрної, енергетичної та транспортної галузей. Обґрунтуванням такої нашої думки є той факт, що виробництво та перехід на переробку агробіоресурсів є як способом нейтралізації негативного впливу на клімат (вирощування фотосинтезуючих рослин), так і альтернативним джерелом енергії (біопаливо). У передніх розділах цього дослідження встановлено, що в теплоенергетиці використання відновлюваних джерел енергії (біопалива) та енергії відходів транспорту та житлово-комунального (побутового) сектору розглядається як шлях переходу до кліматично нейтрального виробництва теплової енергії. Зокрема, на теплових електростанціях передача такої відпрацьованої енергії відбувається на основі зворотної логістики (переробки енергоресурсів) [126].

У сфері теплоенергетики використання відновлювальних джерел енергії (біопалива) та відпрацьованої енергії, отриманої в результаті роботи транспорту (зокрема, електромобілів), розглядається як спосіб переходу до кліматично-нейтрального виробництва теплової енергії. На підприємстві теплоенергетики, передача відпрацьованої енергії, отриманої від «зеленого» транспорту, а також побутових приладів домогосподарств за рахунок встановлення теплових насосів (повітря-повітря / повітря-вода), може відбуватися на засадах реверсної логістики циркулярної економіки. У цьому контексті, особливе значення має посилення спроможності розвитку міжгалузевого партнерства з створення кліматично-нейтральних кластерів (сільськогосподарські підприємства-зелені енергетичні підприємства-підприємства зеленої транспортної сфери-домогосподарства) на засадах смарт-спеціалізації. Зокрема, це передбачає впровадження кліматичних інновацій як критичних проривних технологій у сфері енергетичної безпеки шляхом

переходу до міжгалузевої взаємодії на засадах циркулярного використання енергетичних ресурсів [126].

Для досягнення даного результату необхідним є формування алгоритму управління впровадження критичних кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій на енергетичному ринку для стимулювання інноваційних рішень щодо ресурсного забезпечення національної економіки.

В основі обґрунтування ідеї переходу до кліматичного управління ланцюгом постачання «зеленої» енергії шляхом кластеризації аграрної, енергетичної, транспортної галузей на засадах циркулярної економіки закладено поєднання системного та синергетичного підходів, що дозволило визначити особливості переходу до кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» енергії. Методологічна новизна такого підходу полягає в можливості розробки єдиної системи моделей у межах міжсекторальної співпраці, які спрямовані на оптимізацію розвитку «зелених» сільського господарства та енергетики шляхом оптимізації процесів виробництва, постачання і споживання рослинних біоресурсів (агросировини), переходу до засад циркулярної економіки, підвищенню екологічної безпеки населення, а також розвитку «зеленого» транспорту.

Виокремлення тренду інтеграції смарт-технологій в енергетику стало основою для дослідження особливостей смарт-переходу до кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» енергії. Зокрема для алгоритмізації впровадження управлінського механізму розбудови кліматичної політики підприємств на енергетичному ринку як комплексу критичних кліматичних технологій використано імітаційного моделювання, яке дозволило розробити алгоритм застосування смарт-підходу до кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» енергії на засадах роботи смарт-технологій [126]. Пропонуємо деталізувати результати цього дослідження.

При формуванні алгоритму імітаційного моделювання переходу до кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» енергії вважаємо за доцільне врахувати аспект розробки і реалізації “зеленої” аграрної політики (використання біомаси – виробництво енергетичних культур, які є поглиначами вуглекислого газу) в контексті еколого-енергетичної безпеки. У розрізі цього питання заслуговує на увагу засади функціонування циркулярної економіки, що передбачає безвідходне використання наявних ресурсів від

виробництва до споживання, у тому числі повторне використання ресурсів за принципом реверсної логістики.

Перехід від ресурсоощадливого до кліматично-нейтрального підходу свідчить про значимість заходів з впровадження критичних кліматично-нейтральних технологій як кліматичних інновацій в енергетиці шляхом диверсифікації альтернативних джерел отримання енергії на засадах замкненого циклу використання енергетичних ресурсів, декарбонізації ланцюга енергозабезпечення шляхом застосування низьковуглецевих енергоефективних технологій на засадах смарт-управління. Зважаючи на це, для розбудови низьковуглецевої та енергоефективної економіки цінною є розробка алгоритму застосування смарт-підходу до кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» енергії шляхом міжгалузевої взаємодії підприємств підприємств аграрної, енергетичної, транспортної, енергосервісної і житлово-комунальної (домогосподарської) сфер на засадах замкненого циклу використання енергетичних ресурсів [126].

Відзначимо, що відмінною особливістю формування кліматично-нейтрального ланцюга постачання «зеленої» енергії є забезпечення замкненого циклу споживання енергетичних ресурсів (первинної і вторинної енергії) і, як наслідок, досягнення нульового вуглецевого сліду у заходах з пом'якшення змін клімату. У такому ланцюгу пропонуємо виділити суб'єкти виробництва і постачання первинної енергії (аграрні підприємства як виробники біомаси – енергетичних рослин), переробки первинної енергії в вторинну енергію (підприємства з виробництва біопалива і підприємства «зеленої» теплоенергетики), постачання і сервісне обслуговування вторинної енергії (розподільчі станції, енергосервісні компанії) безпосередньо споживачі (домогосподарства, транспортна сфера). Інноваційність побудови такого ланцюга полягає в дотриманні принципу кліматичної нейтральності на усіх етапах перетворення енергії, що передбачає закладання в основі управлінської моделі надання «зелених» енергетичних послуг отримання такого оптимізаційного ефекту як максимізація екологічного ефекту (декарбонізація навколишнього середовища) і мінімізація витрат на енергоспоживання.

У контексті формування ланцюга передачі «зеленої» енергії транспорт розглядаємо як споживача енергії (наприклад, електромобілі), так і джерело для виробництва цієї енергії в результаті

рециклінгу (реверсної логістики) тепла, що виділяється під час роботи транспорту. Таке відпрацьоване тепло можна використовувати в системах централізованого опалення. Крім того, домогосподарства за рахунок встановлення теплових насосів повітря-повітря / повітря/вода можуть переробляти відпрацьоване тепло від побутових приладів на підігрів води або опалення приміщення. Як наслідок, застосування реверсної логістики відходів для транспортної сфери і домогосподарств дозволяє інтегрувати транспорт і домогосподарства як споживачів і виробників «зеленої» теплової енергії на засадах замкненого циклу споживання енергетичних ресурсів.

Таким чином, основними суб'єктами кліматичного управління у ланцюзі передачі «зеленої» енергії на засадах замкненого циклу використання енергетичних ресурсів є аграрні підприємства (виробники біомаси, енергетичних культур) – підприємства з переробки біомаси – підприємства з виробництва «зеленої» електро-/теплоенергії – підприємства транспортної сфери – домогосподарства. Кінцевими споживачами «зеленої» енергії у ланцюзі є домогосподарства та суб'єкти господарської діяльності. Водночас, у цьому ланцюгу пропонуємо виокремити енергосервісні компанії як посередників у забезпеченні оптимізації витрат на обслуговування ланцюга передачі «зеленої» енергії шляхом впровадження кліматично-нейтральних та енергоефективних технологій. Крім того, враховуючи воєнний стан в Україні і пріоритетність посилення обороноздатності як складової національної безпеки, пропонуємо також включити у цей ланцюг підприємства сфери обороноздатності (використання біовідходів (агросировини) для виробництва біопалива, вибухових речовин).

Для ефективного функціонування такого міжгалузевого кліматично-нейтрального ланцюга передачі «зеленої» енергії необхідна розробка відповідного управлінського механізму розбудови кліматичної політики на енергетичному ринку. Як спосіб для вирішення цього питання на рис. 3.1 побудовано імітаційна модель смарт-переходу до кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» енергії на засадах міжгалузевої взаємодії шляхом замкненого циклу використання відновлювальних джерел енергії, що передбачає створення регіональних кліматичних енергокластерів (агро-енергетичних кластерів).

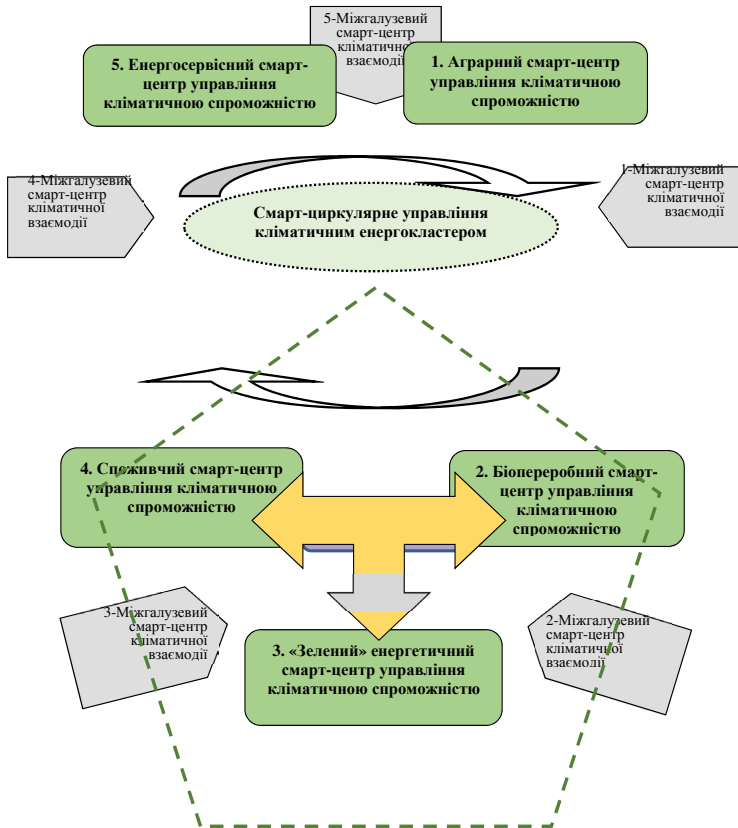


Рис. 3.1. Смарт-підхід до кліматичного управління ланцюгом передачі «зеленої» енергії і формування агро-енергетичних кластерів

Джерело: авторська розробка

З метою оптимізації витрат і підвищення ефективності роботи учасників такого ланцюга (кліматичного енергокластера) передбачено функціонування:

- галузевих смарт-центрів управління кліматичною спроможністю (може бути на рівні одного підприємства або групи підприємств галузі), які відповідають за моніторинг економічної та екологічної ефективності виробництва, використання

енергетичних ресурсів (аграрний смарт-центр управління кліматичною спроможністю; біопереробний (біоенергетичний, оборонний, продовольчий) смарт-центр управління кліматичною спроможністю; «зелений» енергетичний (електро-/теплоенергія) смарт-центр управління кліматичною спроможністю; споживчий (домогосподарський, транспортний, промисловий) смарт-центр управління кліматичною спроможністю);

- міжгалузевих смарт-центрів кліматичної взаємодії, які відповідають за оптимізацію фактор-ризиків при передачі енергетичних ресурсів;

- енергосервісних смарт-центрів, які відповідають за підтримку прийняття енергоефективних рішень на рівні галузі (окремого підприємства) і впровадження кліматично-нейтральних технологій в енергетичному ланцюзі;

- смарт-реверсний логістичний центр, який відповідає за переробку відходів (реверсна логістика) від основної діяльності споживачів енергетичних ресурсів (наприклад, використання відпрацьованого тепла від діяльності транспорту, роботи побутової техніки домогосподарств для виробництва теплової енергії і підігріву води).

В основі імітаційного моделювання смарт-циркулярного управління кліматичним енергокластером закладено специфіку роботи смарт-технологій, що дозволяє забезпечити оптимізаційне комплексне прийняття рішення і омноканальність взаємодії усіх учасників ланцюга передачі «зеленої» енергії. Зокрема, перехід до впровадження низькотемпературних теплових рішень у централізованому тепlopостачанні передбачає переобладнання будівель та впровадження енергоефективних технологій. Реалізація цього завдання зумовлює встановлення взаємодії між домогосподарствами, енергосервісними компаніями і виробниками «зеленої» теплової енергії. Таку роль у нашому кліматичному енергокластері буде виконувати міжгалузевий смарт-центр кліматичної взаємодії.

До того ж, наукова новизна запропонованого імітаційного моделювання впровадження управлінського механізму розбудови кліматичної політики підприємств на енергетичному ринку як комплексу критичних кліматичних технологій за рахунок створення кліматичних енергокластерів на засадах циркулярного використання енергетичних ресурсів і смарт-технологій, що відрізняється

спрямованістю на створення комплексного системного механізму організаційно-інноваційного забезпечення розвитку і впровадження критичних енергетичних і низьковуглецевих технологій як для зміцнення енергетичної, екологічної, кліматичної безпеки, так і для зміцнення обороноздатності, національної безпеки. Зокрема реалізація оборонної складової національної безпеки є пріоритетною в умовах воєнного стану в Україні. У цьому контексті важливою характеристикою енергетичних культур, зокрема технічної коноплі є її безвідходність і можливість використовувати у багатьох галузях національної економіки, застосування в критичних технологіях за пріоритетними напрямками у т.ч. в оборонній галузі (використання в якості сировини для виготовлення пороху).

Практичне значення такого імітаційного моделювання полягає у спрямованості його складових на прийняття інноваційних рішень щодо забезпечення розвитку низьковуглецевих технологій генерування енергії у сфері озброєння та військової техніки. Запропонований спосіб впровадження управлінського механізму розбудови кліматичної політики на енергетичному ринку сприятиме посиленню організаційно-інноваційного забезпечення розвитку і впровадження критичних енергетичних технологій у сфері обороноздатності і національної безпеки, а також забезпечить замкнений цикл використання ресурсів шляхом формування міжгалузевої кластерної взаємодії підприємств сільського господарства, енергетики та оборонної сфери з використанням речовин та матеріалів із спеціальними властивостями для виробництва вибухових речовин на засадах низьковуглецевої економіки.

У той же час світова спільнота наразі недостатньо готова до зростання інтенсивності, частоти та поширеності наслідків зміни клімату, значною мірою через зростання викидів. Стійкість до кліматичних змін має бути створена швидко – від підвищеної громадської обізнаності та занепокоєння до масштабних дій з адаптації. Особливо важливим є застосування інноваційних заходів міжгалузевої взаємодії для підвищення екологічної та енергетичної безпеки та переходу до кліматично контрольованого управління енергоресурсами на основі циркулярної економіки та розвитку смарт-технологій.

Для забезпечення ефективного функціонування управлінського механізму розбудови кліматичної політики на енергетичному

ринку за рахунок створення кліматичних агро-енергокластерів важливе значення має визначення кліматичної спроможності галузей. Для цього пропонуємо методику визначення кліматичної спроможності галузей, які є найбільшими споживачами енергії і, водночас, зазнають впливу змін клімату (наприкладі, промисловість, транспорт, сільське господарство України), до інтеграції у кліматичні енергокластери і переходу до зеленої енергії на засадах ресурсоощадливості (раціонального використання енергетичних ресурсів) і кліматичної нейтральності.

Таким чином, резюмуючи результати дослідження слід наголосити, що зміцнення національної безпеки і обороноздатності потребує концептуального розуміння транзитивності організаційно-інноваційних процесів у забезпеченні сталості розвитку національної економіки на шляху її переходу до циркулярності, впровадження управлінського механізму розбудови кліматичної політики на енергетичному ринку як основи для розвитку критичних технологій у сфері обороноздатності та національної безпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гальчинська Ю. М. Розвиток біоенергетичного ринку України на засадах маркетингу : дис. на здоб. наук. ступ. докт. екон. наук : 08.00.03 – економіка та управління національним господарством. К. : Національний університет біоресурсів і природокористування України, 2019. 500 с. URL: https://nubip.edu.ua/sites/default/files/u145/dis_galchinska.pdf (дата звернення: 13.02.2021).
2. Kaletnik G.M., Bilokinna I.D., Pryshliak N.V., Shpykuliak O.G., Tokarchuk D.M., Zdyrko N.G. Economic aspects of energy efficient and environmentally safe directions for the development of rural areas : collective monograph. Sofia : VUZF Publishing House «St. Grigorii Bogoslov», 2021. 215 p. URL: https://www.researchgate.net/publication/363293927_Economic_aspects_of_energy_efficient_and_environmentally_safe_directions_for_the_development_of_rural_areas_collective_monograph_Kaletnik_GM_Bilokinna_ID_Pryshliak_NV_Shpykuliak_OG_Tokarchuk_DM_Zdyrko (дата звернення: 07.10.2022)
3. Степанова І. Проблеми забезпечення агросировиною твердопаливного сектора біоенергетики в Україні. *Agricultural and Resource Economics : International Scientific E-Journal*. 2017. Vol. 3. № 4. 135–146. URL: www.are-journal.com (дата звернення: 28.11.2022).
4. Pubule J., Gancone A., Bumbiere K., Blumberga D. Sustainable biogas application in energy sector. 2020 IEEE 61th International Scientific Conference on Power and Electrical Engineering of Riga Technical University (RTUCON). 2020. DOI: 10.1109/RTUCON51174.2020.9316593 (дата звернення: 30.06.2022)
5. Миколюк О. А. Управління енергетичною безпекою підприємств : теорія, методологія, практика : монографія. Хмельницький : ХНУ, 2019. 481 с.

6. Джеджула В. В., Єпіфанова І. Ю. Інновації в системі управління енергозбереженням промислових підприємств. *Економіка та суспільство*. 2017. № 9. С. 395-398. URL: <http://economyandsociety.in.ua> (дата звернення: 27.11.2022).
7. Mucha-Kuś K., Sołtysik M., Zamasz K., Szczepańska-Woszczyzna K. Cooperative Nature of Energy Communities – The Energy Transition Context. *Energies*. 2021. Vol. 14. 931. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14040931> (дата звернення: 21.11.2022)
8. Mäki E., Kannari L., Hannula I., Shemeikka J. Decarbonisation of a district heating system with a combination of solar heat and bioenergy: A techno-economic case study in the Northern European context. *Renewable Energy*. 2021. Vol. 175. P. 1174-1199. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.04.116> (дата доступу: 07.12.2021)
9. Про національну безпеку : Закон України редакція від 15.06.2022 № 2469-VIII. *Відомості Верховної Ради*. 2018. № 31. Ст.241. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2469-19#Text> (дата звернення: 21.11.2022).
10. Примуш Р. Б. Національна безпека як важливий чинник функціонування держави в умовах сучасних глобальних викликів. *Інвестиції : практика та досвід*. 2022. № 7-8. С. 42-45.
11. Про розвиток і захист критичних технологій : Постанова Кабінету Міністрів від 16 травня 1994 р. № 310. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/310-94-%D0%BF#Text> (дата звернення: 28.11.2022)
12. Про критичну інфраструктуру : Закон України від 16.11.2021 № 1882-IX / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1882-20#Text> (дата звернення: 28.11.2022)
13. Семанюк В., Мельник Н. Вплив цифрових технологій на інформаційне середовище бізнесу в умовах п'ятої промислової революції. *Вісник економіки*. 2022. № 3. С. 203-212.
14. Микитюк П., Микитюк Ю., Завитій Я. Дослідження концепції організації проектування та оцінка факторів формування економічної ефективності інвестиційних проектів. *Вісник економіки*. 2022. № 3. С. 169-182.
15. Деякі питання об'єктів критичної інфраструктури : Постанова Кабінету Міністрів від 9 жовтня 2020 р. № 1109

- (редакція від 20.12.2022). URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1109-2020-%D0%BF#Text> (дата звернення: 28.11.2022)
16. Україна та глобальна продовольча безпека в умовах війни. URL: <https://niss.gov.ua/news/komentari-ekspertiv/ukrayina-ta-hlobalna-prodovolcha-bezpeka-v-umovakh-viyny> (дата звернення: 28.11.2022)
 17. Рослинництво. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 28.11.2022)
 18. Тваринництво. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 28.11.2022)
 19. Добування водних біоресурсів. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 28.11.2022)
 20. Обсяг реалізованої промислової продукції за видами діяльності. URL: <https://www.ukrstat.gov.ua/> (дата звернення: 28.11.2022)
 21. Нові ідеї і смарт-технології, які тільки починають спрваджуватися в аграрну сферу або знаходяться на стадії розробки. URL: <https://blog.agrokebety.com/smart-tehnologii-v-agro-menedgmente-ua> (дата звернення: 28.11.2022)
 22. Ферма в телефоні та сканер хвороб — чим дивував EuroTier 2022. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/1389-ferma-v-telefoni-ta-skaner-hvorob--chim-divuvav-eurotier-2022> (дата звернення: 28.11.2022)
 23. Брич В., Борисяк О., Ткач У. Розвиток критичних технологій в аграрній сфері на засадах кліматичної нейтральності, зміцнення енергетичної та продовольчої безпеки. *Економічний аналіз*. 2022. № 4.
 24. Микитюк П. П., Федірко М. М. Інституційні аспекти забезпечення розбудови ринку енергетичних послуг в Україні. *Вісник Тернопільського національного економічного університету*. 2017. №4. С. 18-30. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Vtneu_2017_4_4 (дата звернення: 09.07.2022).
 25. Clean energy for all Europeans package. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-strategy/clean-energy-all-europeans-package_en (дата звернення: 25.06.2022).
 26. National energy and climate plans. URL:

- eu-countries/energy-and-climate-governance-and-reporting/national-energy-and-climate-plans_en (дата звернення: 04.09.2022)
27. Борисяк О. В. Кліматичні інновації як компонент енергетичного менеджменту підприємств. *Економічний і соціальний розвиток України в XXI столітті: національна візія та виклики глобалізації* : зб. тез доп. XIX Міжнародної науково-практичної конференції молодих вчених (Тернопіль, 13 травня 2022 р.). Тернопіль : ЗУНУ, 2022. С. 44-46.
 28. Борисяк О. В. Критичні кліматично-нейтральні технології як інноваційний спосіб циркулярного використання відновлювальних джерел енергії. *Глокалізаційні аспекти інноваційного розвитку економіки*: Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених (20 жовтня 2022 р., м. Одеса). Одеса: ОНЕУ, 2022. С. 16-17.
 29. Борисяк О. Кліматично-нейтральний потенціал енергетичного ринку України в умовах воєнного стану. *Проблеми раціонального використання соціально-економічного, еколого-енергетичного, нормативно-правового потенціалу України та її регіонів*: матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції ГО «ІЕЕЕД», (Луцьк, 1 червня 2022 року), Луцьк: СПД Гадяк Ж. В., друкарня «Волиньполіграф», 2022, С. 81-83 89.
 30. Борисяк О. Розбудова кліматичної політики на енергетичному ринку: передумови, виклики і переваги. *Економічний аналіз*. 2022. Том 32, № 2. С. 22-32. DOI: <http://dx.doi.org/10.35774/econa2022.02.022> (дата звернення: 11.07.2022)
 31. Borysiak O., Mucha-Kuś K., Brych V., Kinelski G. *Toward the Climate-Neutral Management of Innovation and Energy Security in Smart World* : monograph. Berlin, Germany: Logos Verlag Berlin GmbH. 2022. 176 p.
 32. Савицький О. Україна долучається до боротьби з кліматичною кризою разом з ЄС та США. Що це буде? *Економічна правда* : веб-сайт. <https://www.epravda.com.ua/publications/2021/11/3/679366/> (дата звернення: 07.11.2022)
 33. Іваненко Н. П., Сас Д.П. Оцінка вразливості та можливі шляхи адаптації енергетичного сектора України до зміни клімату. *Проблеми загальної енергетики*. 2011. Вип. 2 (25). С. 54–56.

34. Зміна клімату : наслідки та заходи адаптації : аналіт. доповідь / [С.П. Іванюта, О. О. Коломієць, О. А. Малиновська, Л. М. Якушенко]; за ред. С. П. Іванюти. К. : НІСД, 2020. 110 с.
35. Концепція «зеленого» енергетичного переходу України до 2050 року. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України* : веб-сайт. URL: <https://menr.gov.ua/news/34424.html> (дата звернення: 13.05.2022).
36. Енергетична стратегія України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність» : розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р / Кабінет Міністрів України. URL: <http://mpe.kmu.gov.ua/minugol/control/uk/doccatalog/list?currDir=50358> (дата звернення: 07.08.2022)
37. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання : розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 569-р / Кабінет Міністрів України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80> (дата звернення: 07.08.2022)
38. Інформаційна довідка про основні показники розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу України за вересень та 9 місяців 2021 року (за фактичними даними). 10 с. *Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів України* : веб-сайт. URL: https://www.mev.gov.ua/sites/default/files/field/pdf/2022-02/inf_dov_veres_9mis_21_zv_0.pdf (дата звернення: 24.10.2022)
39. Хрупович С. Є. Імплементация світового досвіду використання джерел енергії при плануванні вантажопотоків міського транспорту. // *Маркетингове забезпечення сталого розвитку міського громадського транспорту* : монографія ; за ред. Т. М. Борисової, Г. Л. Монастирського. - Тернопіль : Осадца Ю. В., 2019. С. 141-158.
40. Борисяк О.В. Інноваційний потенціал підприємств енергетики і критичні кліматичні технології в умовах воєнного стану. *Інноваційна економіка*. 2022. № 2-3 (91). С. 21-28. DOI: <https://doi.org/10.37332/2309-1533.2022.2-3.4> (дата звернення: 24.11.2022)
41. Сталий розвиток України в контексті формування нового світового економічного і фінансового порядку : монографія /

- А. І. Крисоватий, Є. В. Савельєв, А. Д. Войцещук [та ін.] ; за наук. ред. А. І. Крисоватого, Є. В. Савельєва. Тернопіль : Осадца Ю. В., 2019. 484 с.
42. Koziuk V., Hayda Yu., Dluhopolskyi O., Kozlovskyi S. Ecological Performance: Ethnic Fragmentation versus Governance Quality and Sustainable Development. *Problemy ekorozwoju*. 2020. Vol. 15, no 1, P. 53-64. URL: http://r.donnu.edu.ua/bitstream/123456789/722/1/KSV_S_2020_6.pdf (дата звернення: 20.09.2022)
 43. Завербний А. С. Економічна політика України в сфері енергетики в умовах євроінтеграції : Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора економічних наук за спеціальністю 08.00.03 «Економіка та управління національним господарством». Національний університет «Львівська політехніка» Міністерства освіти і науки України, Львів, 2019. 539 с.
 44. Сотник І. М., Харчишина О. В., Коваленко Є. В. Реформування системи субсидій населенню в контексті сталого енергоефективного розвитку України. *Актуальні проблеми економіки*. 2017. № 1. С. 243–252.
 45. Dontu A. I., Gaiginschi L., Barsanescu P. D. Reducing the urban pollution by integrating weigh-in-motion sensors into intelligent transportation systems. State of the art and future trends. *ModTech 2019* : 7th International Conference on Modern Technologies in Industrial Engineering (Romania; 19-22 June 2019). 2019. 591 (1). URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/591/1/012087> (дата звернення: 20.09.2022)
 46. Інфографічний довідник «Енергетика України». URL: https://businessviews.com.ua/ru/get_file/id/the-infographics-report-energy-of-ukraine-2020.pdf (дата звернення: 20.09.2022)
 47. *EU Market Outlook for Solar Power 2019-2023*. URL: <https://www.solarpowereurope.org/eu-market-outlook-for-solar-power-2019-2023/> (дата звернення: 15.07.2022)
 48. *Energy policy is at the centre of EU foreign policy*. Press and information team of the Delegation to UKRAINE. 23.05.2022. URL: https://www.eeas.europa.eu/delegations/ukraine_uk (дата звернення: 15.07.2022)
 49. Домбровський О., Гелетуха Г. Паризька кліматична угода : Україні треба скоротити викиди на 70%. URL: <https://www.>

- pravda.com.ua/publications/2016/03/18/585855/ (дата звернення: 20.09.2022)
50. Brych V., Borysiak O., Yushchenko N., Bondarchuk M., Aliexsieiev I., Halysh N. Factor Modeling of the Interaction of Agricultural Enterprises and Enterprises Producing Green Energy to Optimize the Biomass Supply Chain. 2021 11th *International Conference on Advanced Computer Information Technologies (ACIT)*. Deggendorf, Germany, 2021. P. 425-427, doi: 10.1109/ACIT52158.2021.9548463 (дата звернення: 12.04.2022)
 51. Brych V., Zatonatska T., Dluhopolskyi O., Borysiak O., Vakun O. Estimating the Efficiency of the Green Energy Services' Marketing Management Based on Segmentation. *Marketing and Management of Innovations*. 2021. Vol. 3, P. 188-198, doi: <http://doi.org/10.21272/mmi.2021.3-16> (дата звернення: 12.04.2022)
 52. The European Green Deal. URL: https://ec.europa.eu/info/sites/info/files/european-green-deal-communication_en.pdf (дата звернення: 08.05.2022)
 53. Borysiak O., Brych V. Post-COVID-19 Revitalisation and Prospects for Climate Neutral Energy Security Technologies. *Problemy Ekorozwoju*, 2022, 17(2), pp. 31-38, doi: <https://doi.org/10.35784/pe.2022.2.04> (дата звернення: 17.11.2022)
 54. Global Energy Review, 2020, The impacts of the Covid-19 crisis on global energy demand and CO2emissions, International Energy Agency, <https://www.iea.org/reports/global-energy-review-2020> (дата звернення: 13.06.2021).
 55. Білявський М. Орієнтири розвитку альтернативної енергетики України до 2030 р. URL: <https://razumkov.org.ua/statti/oriientyru-rozvytku-alternatyvnoi-energetyky-ukrainy-do-2030r> (дата звернення: 08.05.2022)
 56. Інфографічне дослідження про енергетику України Top Lead. Розвиток відновлювальних джерел енергії в Україні «Енергетика України 2021» URL: https://businessviews.com.ua/ru/get_file/id/energy-of-ukraine-2021.pdf (дата звернення: 07.11.2022)
 57. Soava G., Mehedintu A., Sterpu M., grecu E. The Impact of the COVID-19 Pandemic on Electricity Consumption and

- Economic Growth in Romania. *Energies*. 2021. Vol. 14. 2394. DOI: <https://doi.org/10.3390/en14092394> (дата звернення: 25.04.2022).
58. Renewables now. 2021. URL: <https://renewablesnow.com/> (дата звернення: 25.04.2022)
59. Peng J., Yee V. F., Jiří J. K. Impacts of COVID-19 on energy demand and consumption: Challenges, lessons and emerging opportunities. *Applied Energy*. 2021. Vol. 285. 116441. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2021.116441> (дата звернення: 25.04.2022).
60. Письменна У. Є., Трипольська Г. С., Сотник І. М. Уразливість сектору відновлювальної енергетики під дією загроз енергобезпеці, посилених пандемією COVID-19. *Підприємництво та інновації*. 2020. Вип. 14. С. 79-85. DOI: <https://doi.org/10.37320/2415-3583/14.16> (дата звернення: 28.11.2022)
61. Marinas M. Renewable energy consumption and economic growth. Causality relationship in Central and Eastern European countries. *PLoS One*. 2018. Vol. 13(10). e0202951. DOI: <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0202951> (дата звернення: 25.04.2022).
62. Elavarasan R. M., Pugazhendh I. R., Shafiullah G. M., Irfan M., Anvari-Moghaddam A. A hover view over effectual approaches on pandemic management for sustainable cities – The endowment of prospective technologies with revitalization strategies, *Sustainable Cities and Society*. 2021. Vol. 68. 102789. Doi: 10.1016/j.scs.2021.102789 (дата звернення: 02.10.2022).
63. Україна у цифрах 2020. Статистичний збірник Відп. за випуск О. А. Вишневецька. Київ : Державна служба статистики України, 2021. 46 с. URL: http://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/07/zb_Ukraine%20in%20figures_20u.pdf (дата звернення: 17.06.2022)
64. Борисяк О.В. Кліматичний менеджмент підприємств як інструмент зміцнення еколого-енергетичної безпеки. *Підприємництво та інновації*. 2022. Вип. 24. С. 49-54.
65. Борисяк О.В. Перехід до кліматично-нейтральних інновацій підприємств на енергетичному ринку. *Інфраструктура ринку : електрон. наук. фахове вид.* 2022. № 67. URL: <http://www.market-infr.od.ua/uk/67-2022> (дата звернення: 22.11.2022)

66. Пудичева Г. О. Прийняття логістичних рішень в енергозабезпеченні підприємств. *Вісник соціально-економічних досліджень*. 2021. № 1(76). С. 176-189. URL: http://journals.uran.ua/vsed_oueu/article/view/244536 (дата звернення: 17.06.2022)
67. Бицюра Л. О. Формування стратегії енергоефективності на підприємстві : дис. ... канд. екон. наук : 08.00.04. Тернопіль : ЗУНУ, 2020. 255 с.
68. Борисяк О. Брич В., Галиш Н., Стратегія управління підприємством з виробництва біопалива : монографія. Тернопіль : ВПЦ «Економічна думка ТНЕУ», 2020. 224 с.
69. Статистичний щорічник України 2020 / За ред. І.Є. Вернера. Київ: Державна служба статистики України, 2021. 455 с. URL: https://ukrstat.gov.ua/druk/publicat/kat_u/2021/zb/11/Yearbook_2020.pdf (дата звернення: 24.10.2022)
70. Climate Change 2021 : The Physical Science Basis : Sixth Assessment Report (AR6) of the Intergovernmental panel on climate change (IPCC). URL: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/wg1/#FullReport> (дата звернення: 09.08.2022)
71. Sub-regional Innovation Policy Outlook 2020: Eastern Europe and the South Caucasus. 2021. UNECE. URL: <https://unece.org/economic-cooperation-and-integration/publications/sub-regional-innovation-policy-outlook-2020> (дата звернення: 07.08.2022)
72. Про затвердження дорожньої карти з інтеграції науково-інноваційної системи України до європейського дослідницького простору : Наказ Міністерства освіти і науки України від 10 лютого 2021 р. № 167 / Міністерство освіти і науки України. URL: <https://mon.gov.ua/ua/npa/pro-zatverdzhennya-dorozhnoyi-karti-z-integraciyi-naukovo-innovacijnoyi-sistemi-ukrayini-do-yevropejskogo-doslidnickogo-prostoru> (дата звернення: 08.08.2022).
73. Mota, B.C.; Neto, B.A.; Barroso, S.H.A.; Aragão, F.T.S.; Ferreira, A.J.L.; Soares, J.B.; Brito, L.A.T. Characterization of Piezoelectric Energy Production from Asphalt Pavements Using a Numerical-Experimental Framework. *Sustainability* 2022. Vol. 14, 9584. DOI: <https://doi.org/10.3390/su14159584> (дата звернення: 04.08.2022)

74. Gurani P., Sharma M., Nigan S., Soni N., Kumar K. IOT smart city : Introduction and challenges. *International Journal of Recent Technology and Engineering*. 2019. Vol. 8. Issue 3. P. 3484-3487. URL: <https://www.ijrte.org/wp-content/uploads/papers/v8i3/C5245098319.pdf> (дата звернення: 28.03.2022)
75. Koziuk V., Hayda Yu., Dluhopolskyi O., Martynyuk V., Klapkiv Yu. Efficiency of environmental taxation in European countries: comparative analysis. *Naukovyi Visnyk Natsionalnoho Hirnychoho Universytetu*. 2020. № 5. P. 115-121. doi: <https://doi.org/10.33271/nvngu/20205/115> (дата звернення: 02.03.2022).
76. Zielińska A. A comparative analysis of reverse logistics implementation for waste management in Poland and other European Union countries. *Journal of International Studies*. 2020. Vol. 13. No 4. P. 171-183. doi: [10.14254/2071-8330.2020/13-4/12](https://doi.org/10.14254/2071-8330.2020/13-4/12) (дата звернення: 16.03.2022).
77. Leiria D., Johra H., Marszal-Pomianowska A., Pomianowski M. Z., Heiselberg P. K. Using data from smart energy meters to gain knowledge about households connected to the district heating network: A Danish case. *Smart Energy*. 2021. Vol. 3, 100035. doi: [10.1016/j.segy.2021.100035](https://doi.org/10.1016/j.segy.2021.100035) (дата звернення: 25.04.2022).
78. Sejkora C., Kühberger L., Radner F., Trattner A., Kienberger T. Exergy as criteria for efficient energy systems – Maximising energy efficiency from resource to energy service, an Austrian case study. *Energy*. 2022. Vol. 239. 122173.
79. Pakere I., Gravelins A., Lauka D., Bazbauers G., Blumberga D. Linking energy efficiency policies toward 4th generation district heating system. *Energy* 2021, 234, 121245. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121245> (дата звернення: 07.11.2022)
80. Zhang Y., Johansson P., Kalagasidis A.S. Assessment of district heating and cooling systems transition with respect to future changes in demand profiles and renewable energy supplies. *Energy Conversion and Management*. 2022. Vol. 268, 116038. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.enconman.2022.116038> (дата звернення: 04.09.2022)
81. Quirosa, G.; Torres, m.; Soltero, V.M.; Chacartegui, R. Analysis of an ultra-low temperature district heating and

- cooling as a storage system for renewable integration. *Applied Thermal Engineering*. 2022. Vol. 216. 119052. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.applthermaleng.2022.119052> (дата звернення: 04.09.2022)
82. Li X., Walch A., Yilmaz S., Patel M., Chambers J. Optimal spatial resource allocation in networks: Application to district heating and cooling. *Computers & Industrial Engineering*. 2022. Vol. 171. 108448. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.cie.2022.108448> (дата звернення: 04.09.2022)
83. Bashir A. A., Jokisalo J., Heljo J., Safdarian A., Lehtonen M. Harnessing the Flexibility of District Heating System for Integrating Extensive Share of Renewable Energy Sources in Energy Systems. *IEEE Access*. 2021. Vol. 9. P. 116407-116426. Doi: [10.1109/ACCESS.2021.3105829](https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3105829) (дата звернення: 08.05.2022)
84. Yin L., Qiu Y. Long-term price guidance mechanism of flexible energy service providers based on stochastic differential methods. *Energy*. 2022. Vol. 238. Part B. 2022, 121818. doi: [10.1016/j.energy.2021.121818](https://doi.org/10.1016/j.energy.2021.121818) (дата звернення: 25.05.2022).
85. Volodina V., Wheatcroft E., Wynn H. Comparing district heating options under uncertainty using stochastic ordering. *Sustainable Energy, Grids and Networks*. 2022. Vol. 30. 100634. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.segan.2022.100634> (дата звернення: 17.03.2022)
86. Tingey M., Webb J., Van der Horst D. Housing retrofit: six types of local authority energy service models. *Buildings and Cities*. 2021. Vol. 2(1). P. 518–532. DOI: <http://doi.org/10.5334/bc.104> (дата звернення: 07.11.2022)
87. Chiordi S., Desogus G., Garau C., Nesi P., Zamperlin P. A Preliminary Survey on Smart Specialization Platforms: Evaluation of European Best Practices. *Lecture Notes in Computer Science*. 2022. 13382.
88. Wang, X.; Zhang, X.; Duan, J.; Chen, W.; Sun, X.; Xia, J. Design of Provincial Comprehensive Energy Service Platform Based on SCADA. *Communications in Computer and Information Science*. 2022. 1587.
89. Tunzi M., Svendsen S. Digitalization of the Demand-Side: The enabler for low-temperature operations in existing buildings

- connected to district heating networks. *Hot Cool*. 2022. Vol. 4. P. 7-9.
90. Lund H., Thellufsen J.Z., Østergaard P.A., Sorknæs P., Skov I.R., Mathiesen B.V. EnergyPLAN – Advanced analysis of smart energy systems. *Smart Energy*. 2021. Vol. 1. 100007. Doi: <https://doi.org/10.1016/j.segy.2021.100007> (дата звернення: 07.08.2022)
91. Pieper H., Lepiksaar K., Volkova A. GIS-based approach to identifying potential heat sources for heat pumps and chillers providing district heating and cooling. *International Journal of Sustainable Energy Planning and Management*. 2022. Vol. 34. P. 29-44.
92. Borysiak O., Skowron Ł., Brych V., Manzhula V., Dluhopolskyi O., Sak-Skowron M., Wołowiec T. Towards Climate Management of District Heating Enterprises' Innovative Resources. *Energies*. 2022, 15(21), 7841; doi: <https://doi.org/10.3390/en15217841> (дата звернення: 17.18.2022)
93. Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів : Закон України від 12 грудня 2019 р. № 377-IX / Верховна Рада України. *Відомості Верховної Ради України*. 2020. № 22. Ст.150. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/377-20#Text> (дата звернення: 30.10.2022)
94. Про схвалення Стратегії екологічної безпеки та адаптації до зміни клімату на період до 2030 року : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 20 жовтня 2021 р. № 1363-р / Кабінет Міністрів України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1363-2021-%D1%80#Text> (дата звернення: 28.11.2022).
95. Rogoža A., Misevičiūtė V. Research of technological possibilities of heat pumps' application in district heating of residential buildings. *Mokslas – Lietuvos Ateitis / Science – Future of Lithuania*. 2022. Vol. 14. Doi: <https://doi.org/10.3846/mla.2022.17224> (дата звернення: 04.09.2022)
96. Vivian J., Chinello M., Zarrella A., De Carli M. Investigation on Individual and Collective PV Self-Consumption for a Fifth Generation District Heating Network. *Energies*. 2022. Vol. 15. 1022. Doi: <https://doi.org/10.3390/en15031022> (дата звернення: 04.11.2022)

97. Про розвиток біоенергетики в Україні (біогаз, біометан). URL: <https://uabio.org/biogas-and-biomethane/> (дата звернення: 30.10.2022)
98. Ferla G., Caputo P. Biomass district heating system in Italy: A comprehensive model-based method for the assessment of energy, economic and environmental performance. *Energy*. 2022. Vol. 244. Part B. 123105. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0360544222000081> (дата звернення: 16.06.2022)
99. Dorotić H., Čuljak K., Miškić J., Pukšec T., Duić N. Technical and Economic Assessment of Supermarket and Power Substation Waste Heat Integration into Existing District Heating Systems. *Energies*. 2022. Vol. 15. 1666. Doi: <https://doi.org/10.3390/en15051666> (дата звернення: 04.11.2022)
100. Vivian J., Chinello M., Zarrella A., De Carli M. Investigation on Individual and Collective PV Self-Consumption for a Fifth Generation District Heating Network. *Energies*. 2022. Vol. 15. 1022. Doi: <https://doi.org/10.3390/en15031022> (дата звернення: 04.11.2022)
101. Barzotto M., Proprijs L. D. Skill up : Smart work, occupational mix and regional productivity. *Journal of Economic Geography*. 2019. Vol. 19. Issue 5. P. 1049–1075. Doi: <https://doi.org/10.1093/jeg/lby050> (дата звернення: 16.06.2022)
102. Heller A., Rasmussen E.L. HEAT 4.0 takes the district heating sector into the next digital level. *Hot Cool*. 2022. Vol. 1. P. 16-19.
103. Фінансово-господарська діяльність. Річні звіти. МКП «Чернівцітеплокомуненерго» : веб-сайт. <https://teplo.cv.ua/finansovo-gospodarska-diyalnist/> (дата доступу: 17.06.2022)
104. Про котельню на біосировині. Державне міське підприємство «Івано-Франківськтеплокомуненерго». URL: <http://tke.if.ua/> (дата звернення: 17.06.2022)
105. Екологічна політика. Державне комунальне підприємство «Луцьктепло». URL: https://teplo-dkr.lutsk.ua/ua/ekologichna_polityka/ (дата звернення: 17.06.2022).
106. Енергозбереження. ТОВ «Рівнетеплоенерго». URL: <http://rivneteploenergo.com/energozb/2016> (дата звернення: 17.06.2022).
107. Сайт ЛМКП «Львівтеплоенерго». URL: <https://lmkp.lte.lviv.ua/> (дата звернення: 17.06.2022)

108. Звітність. КПТМ «Тернопільміськтеплокомуненерго»
URL: <https://teplo.te.ua/blog.php?category=9> (дата звернення: 17.06.2022).
109. Сайт МКП «Хмельницьктеплокомуненерго». URL: <https://www.teplo.km.ua/> (дата звернення: 17.06.2022).
110. Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері теплопостачання : розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 569-р / Кабінет Міністрів України. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80> (дата звернення: 07.08.2022)
111. Ukraine: Commission presents plans for the Union's immediate response to address Ukraine's financing gap and the longer-term reconstruction. *Press and information team of the Delegation to UKRAINE. Brussels.* 18.05.2022. URL: https://www.eeas.europa.eu/delegations/ukraine_uk (дата звернення: 28.05.2022).
112. Статистика. Біоенергетична асоціація України. URL: <https://uabio.org/statistics/> (дата доступу: 25.05.2022).
113. Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. Київ, 2018. 79 с. URL: https://mepg.gov.ua/files/docs/Proekt/LEDS_ua_last.pdf (дата звернення: 01.10.2022)
114. Ейл-Маззегга М.-А., Матъє К. Розробка національного плану з енергетики та клімату України: основні цілі, стратегічні питання та варіанти. м. Берлін: BE Berlin Economics GmbH, березень 2019 р.
115. Національна економічна стратегія на період до 2030 року: Затверджено постановою Кабінету Міністрів України від 3 березня 2021 р. № 179. 264 с.
116. Зелене повоєнне відновлення України: візія та моделі: аналітична записка. Серпень 2022 р. ГО «Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля». 32 с.
117. План відновлення України. URL: <https://recovery.gov.ua/> (дата звернення: 01.10.2022)
118. Проекти нацпрограми. Відбудова чистого та захищеного середовища. URL: <https://recovery.gov.ua/project/program/re-build-clean-and-safe-environment> (дата звернення: 01.10.2022)

119. Проекти нацпрограми Енергетична незалежність та Зелений Курс. URL: <https://recovery.gov.ua/project/program/energy-independence-and-green-deal> (дата звернення: 01.10.2022)
120. Єременко І., Винярська М., Мельник Ю. Кліматична політика України: енергетична складова. Київ: Представництво Фонду ім. Г. Бюлля в Україні, 2019. 43 с.
121. Climate and Energy. the Sustainable Development Solutions Network. <https://www.unsdsn.org/climate-and-energy> (дата звернення 03.07.2022)
122. Roadmap to 2050: The Land-Water-Energy Nexus of Biofuels. URL: <https://roadmap2050.report> (дата звернення: 04.09.2022)
123. Брич В., Пуцентейло П., Костецький Я., Гунько С. Смарт-спеціалізація як драйвер системи інноваційного регіонального розвитку. Інноваційна економіка. 2022. № 1. С. 141-151
124. Rzeńca A. Ecological clusters in the context of smart specialisation strategies and key clusters: the case of Poland. *Management & Gouvernance. Entreprises - Territoires – Sociétés*. 2017. № 17. P. 83-91. URL: <https://www.ereco.eu/wp-content/uploads/2022/09/MGPGV17.pdf#page=84> (дата звернення: 02.10.2022)
125. Lankauskiene, R.; Simonaityte, V.; Gedminait e- Raudone, Ž.; Johnson, J. Addressing the European Green Deal with Smart Specialization Strategies in the Baltic Sea Region. *Sustainability*. 2022. Vol. 14. 11912. URL: <https://doi.org/10.3390/su141911912> (дата звернення: 02.10.2022).
126. Borysiak O., Wołowiec T., Gliszczyński G., Brych V., Dluhopolskyi O. Smart transition to climate management of the green energy transmission chain. *Sustainability*. 2022. 14(18), 11449. doi: <https://doi.org/10.3390/su141811449>

Наукове видання

Брич Василь, Борисяк Олена

**СТАЛИЙ РОЗВИТОК КРИТИЧНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ: СКЛАДОВІ НАЦІО-
НАЛЬНОЇ БЕЗПЕКИ**

Монографія

Підписано до друку 26.10. 2023 р.
Формат 60х84 1/16. папір офсетний
Гарнітура друк офсетний
Умов. друк. арк. 7,09 Обл. вид. арк. 7,9
Замовне. Наклад.

Видавець та виготовлювач
Західноукраїнський національний університет
вул. Львівська, 11, м. Тернопіль, 46004

Свідоцтво про внесення суб'єкта видавничої справи
до Державного реєстру видавців, виготовлювачів і розповсюджувачів
видавничої продукції ДК № 7284 від 18.03.2021 р.

Видавничо-поліграфічний центр «Університетська думка»
вул. Бережанська 2 м. Тернопіль 46004
тел. (0352) 47-58-72
E-mail: edition@wunu.edu.ua

Віддруковано ФОП Шпак В.Б.
Свідоцтво про державну реєстрацію
ВО2 № 924434 від 11.12.2006 р.
Свідоцтво платника податку Серія Е № 897220
м. Тернопіль 46000 вул. Просвіти, 6
тел. +(38)0972993899
E-mail: tooums@ukr.net