

[Р]ЕВОЛЮЦІЙНИЙ СЦЕНАРІЙ РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ: МЕТОДОЛОГІЯ

Проект до обговорення під час круглого столу 9.12.2016

Підготовлено Державною установою "Інститут економіки та прогнозування Національної академії наук України"

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. МЕТОДОЛОГІЯ	5
1.1. Короткий опис методологічного підходу.....	5
1.2. Модель TIMES-Україна.....	7
1.3. Обчислювана модель загальної рівноваги (CGE) GTAP	8
1.3.1. Статична модель GTAP	9
1.3.2. Динамічна модель GTAP-dyn	10
1.3.3. База даних GTAP-Power	11
2. УМОВИ ТА ПРИПУЩЕННЯ ЩОДО ДОВГОСТРОКОВОГО РОЗВИТКУ	12
2.1. Макроекономічні умови та припущення	12
2.2. Прогноз цін на енергетичні ресурси	14
2.2. Демографічні умови та припущення	15
2.3. Вибір базового року	16
3. БАЗОВИЙ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ СЦЕНАРІЇ РОЗВИТКУ	17
3.1. Базовий сценарій	17
3.2. Альтернативні сценарії	17
4. ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ	22
5. НАЦІОНАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ	26
• Сектор виробництва електроенергії та тепла	26
• Сектор будівель	27
• Транспортний сектор	31
• Сільське господарство	32
• Промисловість	34
ДОДАТКИ	39

ВСТУП

Низка країн світу розробили свої цілком реалістичні сценарії щодо повного стовідсоткового енергозабезпечення на основі ВДЕ у довгостроковій перспективі. Зараз слушний час розробити такі ж сценарії для України, що вимагає довготривалих та глибоких досліджень.

В Україні вже існує чимало передумов, необхідних для трансформації (енергетичної [р]еволюції) існуючої енергосистеми в таку, що діятиме на принципах сталого розвитку. Зокрема, Україна входить до переліку країн, які підписали та ратифікували Рамкову конвенцію ООН про зміну клімату та Кіотський протокол до неї, Паризьку угоду, і взяла на себе зобов'язання захищати кліматичну систему для добробут сучасного і майбутнього поколінь. Україна є членом Енергетичного співтовариства та підписала і ратифікувала Угоду про асоціацію з ЄС, взявши зобов'язання підвищувати енергоефективність, розвивати відновлювальну енергетику, скорочувати викиди парникових газів та забруднюючих речовин. На виконання цих зобов'язань прийняті національно-визначені внески України до Паризької угоди¹, затверджено Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 р.² та Національний план дій з відновлювальної енергетики до 2020 р.³, розробляється Національний план скорочення викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря від великих спалювальних установок. Діють механізми «зелених» тарифів та компенсації витрат на енергоефективні заходи.

З іншої сторони, енергетична та екологічна безпека в нашій країні й надалі залишається найбільш пріоритетною і поступається лише проблемі забезпечення територіальної цілісності та соборності. Залежність від імпорту дорогих енергетичних ресурсів породжує в Україні значні соціально-економічні проблеми. Високий рівень смертності внаслідок забрудненості повітря є великою проблемою. Так, з дослідженням Міжнародної організації охорони здоров'я впродовж 2012 р. в Україні від забруднення повітря померло 54 507 осіб⁴, що у 4 рази більше смертей, ніж у 5 "найчистіших країнах" світу (Ісландія, Фінляндія, Ліберія, Канада, Вануату) разом узятих. Високу смертність від забруднення повітря у пострадянських країнах науковці пов'язують із залишеною у спадок від СРСР промисловістю. Найбільше забруднення спричинюють автомобілі, вугільна промисловість, спалювання відходів.

¹ Розпорядження КМУ № 980-р від 16 вересня 2015 р. "Про схвалення Очікуваного національно визначеного внеску України до проекту нової глобальної кліматичної угоди". – Режим доступу: <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/980-2015-%D1%80>

² Розпорядження КМУ № 1228-р від 25 листопада 2015 р. "Про Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 р." – <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1228-2015-%D1%80>.

³ Розпорядження КМУ № 902-р від 1 жовтня 2014 р. "Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 р." – Режим доступу: <http://zakon3.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>.

⁴ <https://www.theguardian.com/environment/2016/sep/27/more-than-million-died-due-air-pollution-china-one-year>

В даній роботі зроблено лише перший крок в напрямку розробки повноцінної стратегії реалізації енергетичної [р]еволюції в Україні до середини XXI століття, а саме розроблено методологічний підхід та концептуальне бачення трьох сценаріїв розвитку енергетичного сектору України. На даному етапі ще не можливо дати відповідь як практично здійснити перехід на 100% ВДЕ у кінцевому енергоспоживанні, однак вже час починати конструктивну дискусію з цього питання. Така дискусія повинна віднайти відповіді на найгостріші та першочергові запитання:

1. Чи існує достатній потенціал відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) в Україні, щоб ним задовольнити енергетичні потреби країни в 2050 р.?

2. Чи існує достатній та надійний набір технологічних рішень щоб перейти на 100% ВДЕ в усіх секторах економіки?

3. Чи можна забезпечити надійне (безперебійне) енергопостачання споживачів використовуючи лише ВДЕ та сучасні (традиційні та інноваційні) технології?

4. Чи покращить це економічну, енергетичну, екологічну, продовольчу та інші безпеки?

5. Чи сприятиме це зростанню добробуту громадян України?

1. МЕТОДОЛОГІЯ

1.1. Короткий опис методологічного підходу

Для підготовки цього дослідження буде використано комплекс економіко-математичних моделей, що дозволяє інтегрувати окремі прогнози агрегованих макроекономічних показників, збудувати на їхній основі прогноз попиту на енергетичні послуги, оптимізувати структуру енергетичного балансу для задоволення перспективного попиту та зробити оцінку соціально-економічних та екологічних наслідків від реалізації енергетичного сценарію. Комплекс моделей складається з динамічної оптимізаційної *моделі TIMES-Україна*⁵ та динамічної обчислювальної моделі загальної рівноваги (*CGE модель*) з розширеним енергетичним блоком. Окрім того, для верифікації структури генеруючих потужностей за накладених техніко-економічних сценарних обмежень можуть бути використані додаткові моделі оптимізації роботи електроенергетичного сектору (рис. 1.1).

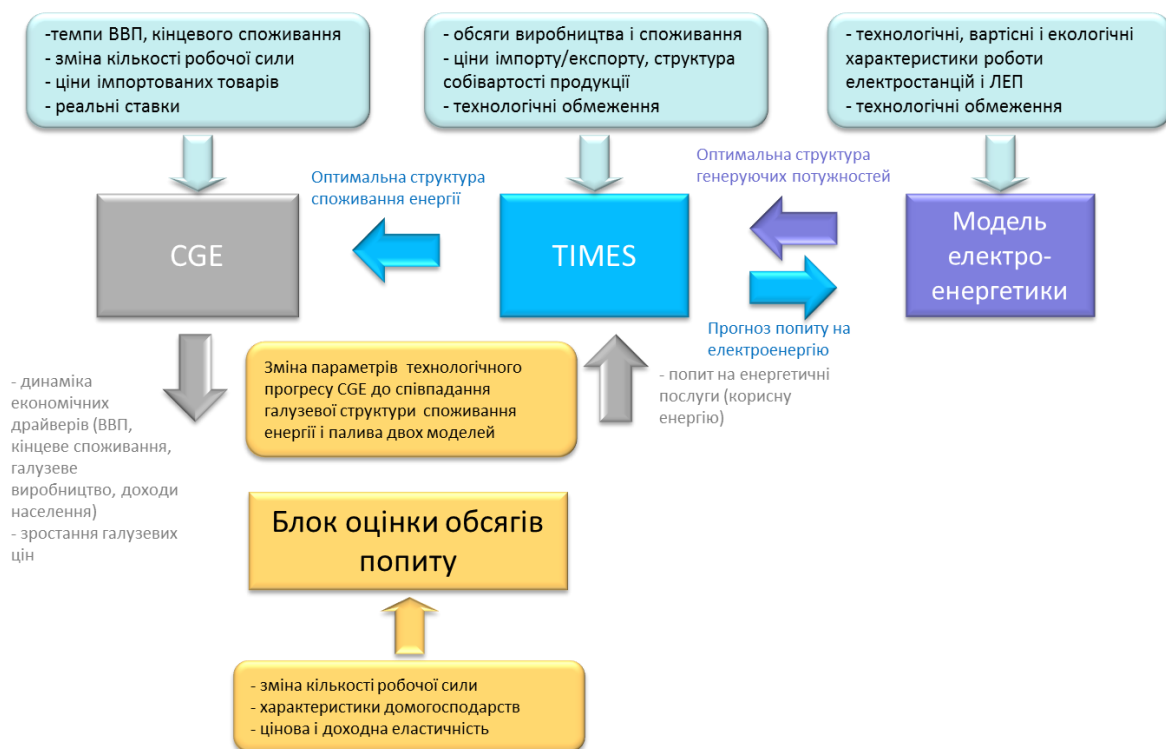


Рис. 1.1. Комплекс економіко-математичних моделей для прогнозування розвитку енергетики

Розвиток енергетики безпосередньо пов'язаний з соціально-економічним розвитком України. Перспективна соціально-економічна модель визначатиме потреби населення та економіки в енергетичних послугах, а рівень розвитку енергетичного сектору – відповідний попит на енергетичні ресурси та інтенсивність їх

⁵ Подолець Р.З., Дячук О.А. Стратегічне планування у паливно-енергетичному комплексі на базі моделі "TIMES-Україна": наук. доп. / НАН України; Ін-т екон. та прогнозів. – К., 2011. – 150 с.

використання для повного задоволення цих потреб, а також необхідні фінансові ресурси (інвестиції) для впровадження сучасних та/або інноваційних технологій.

Тому для розробки сценаріїв розвитку енергетики (див. розділ 2) використано макроекономічні сценарії розвитку країни, які визначають динаміку основних драйверів (керуючих параметрів) попиту на енергетичні ресурси. Такими драйверами є валовий внутрішній продукт (ВВП), додана вартість та обсяги виробництва промислової продукції, кількість та доходи населення, житловий фонд тощо.

На основі макроекономічних сценаріїв буде розраховано оптимальну технологічну структуру виробництва, використання, споживання енергетичних ресурсів (енергетичний баланс), викиди парникових газів, інвестиції, граничні ціни на енергетичні ресурси та ін. з використанням математичної моделі енергетичної системи TIMES-Україна⁶)

Сценарний аналіз, що застосовується в даній роботі, спершу передбачає розробку базового сценарію (див. визначення у розділі 3.1). Наступним кроком є розробка альтернативних до базового сценаріїв, які відображають набір заходів та політик в енергетичній, екологічній, економічній та інших сферах, різні комбінації цих політик, тощо. Порівняння альтернативних сценаріїв з базовим дозволяє визначити та кількісно оцінити переваги і, можливо, недоліки вибраних заходів та політик.

Дослідження альтернативних енергетичних сценаріїв буде завершено економічним аналізом отриманих даних з використанням моделі CGE, яка дозволить оцінити вплив цих сценаріїв на стан економічної рівноваги. Цей вплив можна розглядати як суспільну вартість цільової політики закладеної в альтернативні сценарій, що обчислюється у термінах втрати або збільшення добробуту населення, витрат домогосподарств, обсягах випуску промислової продукції тощо.

Застосований у даному дослідженні методологічний підхід дозволяє, по-перше, проводити факторний аналіз для визначення критичних чинників впливу на розвиток енергетики; по-друге – визначити оптимальний (за певним наперед заданим критерієм або цільовою функцією⁷) набір заходів та політик для досягнення визначених цілей; по-третє – виявляти заходи та політики, що сприяють відхиленню розвитку енергетичної системи від бажаної траєкторії.

⁶ За аналогією із англійською літературою, під терміном «енергетична система» будемо розуміти весь комплекс економіко-господарських відносин, пов'язаних з оборотом енергоносіїв, тож цей термін є ширшим від загальноживаних "енергетична галузь" або "паливно-енергетичний комплекс".

⁷ В моделі TIMES-Україна цільовою функцією розрахунку є задоволення енергетичних потреб споживачів за умови мінімізації загальних витрат (мінімальній втраті вигоди усіх учасників), одночасно оптимізуючи інвестиційні потреби, операційні витрати, структуру первинного постачання та кінцевого споживання енергії. Окрім вартісного критерію, в явному або неявному вигляді (як обмеження), у якості критерію може також слугувати пріоритизація використання конкретного виду енергії або набору енергетичних технологій (наприклад, ВДЕ), мінімізація викидів парникових газів, зменшення частки імпортованого палива тощо.

1.2. Модель TIMES-Україна

В даному дослідженні було використано *модель TIMES-Україна*⁸, що є оптимізаційною моделлю усіх основних енергетичних потоків України і відповідає методичним рекомендаціям міжнародних організацій з розробки енергетичних й екологічних прогнозів, зокрема, рекомендаціям секретаріату Рамкової Конвенції ООН зі зміни клімату стосовно розробки національних повідомлень⁹.

Об'єктом дослідження в моделі TIMES-Україна є вся енергетична система України (див. Додаток Д.1), яку представлено єдиним регіоном, що складається з семи секторів: сектор постачання енергії (виробництво, імпорт, експорт, міжнародне бункерування, зміна запасів, а також виробництво вторинних енергоресурсів – нафтопродуктів, брикетів та іншого); виробництво електроенергії і тепла; промисловість; транспорт; побутовий сектор (населення); торгівля та послуги; сільське господарство (в т.ч. рибальство). Тобто, структура моделі відповідає структурі енергетичного балансу України¹⁰ за формою Міжнародного енергетичного агентства.

Промисловість фактично представлена лише обробною промисловістю, оскільки галузь видобування енергетичних матеріалів та електроенергетика включені в моделі до енергетичного сектору відповідно до структурної схеми енергетичного балансу, а споживання ними палива на власні потреби та втрати при транспортуванні не входять до обрахунку кінцевого споживання.

Галузі промисловості розділені в моделі на дві категорії за рівнем енергоємності виробництва. Енергоємні галузі представлені в розрізі технологій виробництва основних видів їх продукції (сталь, алюміній, аміак, цемент, вапно, папір, скло тощо). До категорії енергоємних галузей включені металургія, хімічна галузь, виробництво неметалевих мінеральних виробів, целюлозо-паперова галузь. Для решти галузей промисловості структура енергетичних потоків є стандартною і складається з чотирьох типів умовних технологій, що задовольняють потреби у технологічному теплі, машинному приводі, електрохімічному процесі та інших процесах.

Транспортний сектор представлений за його видами: автомобільний, залізничний, трубопровідний, авіаційний та водний. Енергетичні послуги, які надають технології автомобільного та залізничного транспорту, полягають у перевезенні пасажирів і вантажів. Залізничний транспорт розділений на вантажний і пасажирський, а також включає метрополітен.

Споживання енергії побутовим сектором (населенням) визначається за найбільш енергоємними категоріями енергетичних послуг: опалення і кондиціонування приміщень, нагрівання води, освітлення, приготування їжі та інших енергетичних

⁸ Розроблено ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України" для дослідження енерго-екологічної політики та сценаріїв розвитку національної енергетичної системи.

⁹ UNFCCC Resource guide for preparing the National communications of non-Annex I parties. Module 4: measures to mitigate climate change / http://unfccc.int/resource/docs/publications/08_resource_guide4.pdf

¹⁰ Енергетичні баланси України за 2007-2014 рр. / Державна служба статистики України. – Режим доступу: <http://ukrstat.gov.ua/>

послуг для задоволення яких необхідно використовувати електроенергію та/або інше паливо.

Структура моделі побудована з урахуванням існуючих статистичних класифікаторів (КВЕД та НПП) на інформаційній базі первинних статистичних форм Державної служби статистики України з пографною розбивкою. Крім того, для дезагрегації моделі, оцінки виробничих і вартісних параметрів енергетичних технологій використовуються статистичні дані профільних міністерств, державних комітетів і промислових підприємств (див. Додаток Д.2). Станом на сьогодні база даних моделі TIMES-Україна оновлена за даними 2012 року і відкалібрована за цим же роком.

Енергетичні потреби по всім групам споживачів енергоресурсів ідентифіковані в такий спосіб, щоб із врахуванням альтернативних енергетичних технологій¹¹ виробництва продукції або послуг можна було зробити оцінки попиту на окремі енергоресурси. Ще однією обов'язковою умовою при ідентифікації потреб була можливість їх адекватного обліку, і, відповідно, їх кількісної і вартісної оцінки.

На сьогодні в моделі TIMES-Україна налічується понад 1,6 тис. технологій; кількість енергоресурсів, матеріалів, попитів тощо які є або входом або виходом для технологій перевищує 730 шт.; кількість обмежень, що задають умови розрахунку математичної моделі, складає близько 300 шт.; ненульових значень в математичній моделі, які є параметрами будь-яких її елементів, нараховується від 1 до 4 мільйонів, що залежить від періоду прогнозування.

Модель TIMES-Україна, використовується для проведення сценарних досліджень можливих змін в енергетичному господарстві. Накладання в моделі додаткових обмежень на загальні умови функціонування енергетики (наприклад, встановлення цільових показників щодо 100% споживання ВДЕ кінцевими споживачами) дозволяє проводити аналіз окремих політик (регуляторних заходів), які дозволяють досягти ціль. Для всіх сценаріїв розраховуються найменші загальні витрати (або максимальна корисність) у рамках визначеної траєкторії розвитку системи, а також здійснюються відповідні оцінки структури постачання і використання енергії за галузями і видами палива, викидів ПГ за категоріями споживачів, оптимальної технологічної структури виробників і споживачів енергії тощо.

1.3. Обчислювана модель загальної рівноваги (CGE) GTAP¹²

Для оцінювання соціально-економічних наслідків реалізації революційного сценарію розвитку енергетики України в рамках даної наукової роботи буде використано обчислювану модель загальної рівноваги GTAP¹³, база даних якої та

¹¹ Під енергетичною технологією тут розуміється будь-яка установка або пристрій, що виробляє, перетворює, розподіляє або споживає енергію.

¹² Global Trade Analysis Project, <https://www.gtap.agecon.purdue.edu>

¹³ Hertel T.W. (ed.) Global Trade Analysis: Modeling and Applications. Cambridge University Press, 1997. 398 P.

Ianchovichina E. and McDougall R. Theoretical Structure of Dynamic GTAP. GTAP Technical Paper No.17. Available from: <https://www.gtap.agecon.purdue.edu/resources/download/1582.pdf>

сама модель вже неодноразово використовувались для дослідження процесів розвитку відновлюваних джерел енергії¹⁴. Особливістю адаптованого в рамках даної роботи підходу буде використання розширеної бази енергетичних ресурсів GTAP-Power¹⁵, яка включає, зокрема, представлення процесів виробництва електроенергії з відновлюваних джерел.

Загалом, ключовою особливістю моделі GTAP виступає її багаторегіональність, яка дозволяє аналізувати наслідки досліджуваних заходів у міжнародному контексті. На сьогодні в моделі безпосередньо представлено 141 регіон, кожен з яких параметризується з використанням окремої таблиці витрати випуск, дезагрегованої на 57 секторів/галузей в рамках стандартної моделі. Всі таблиці витрати-випуск поєднані між собою інформацією щодо потоків двосторонньої торгівлі товарами та послугами між країнами. Багаторегіональний характер адаптованої у даній роботі моделі має суттєві переваги у порівнянні з використанням моделі для однієї країни, оскільки дозволяє детально досліджувати регіональні аспекти фінансового забезпечення розвитку ВДЕ, а також процеси диверсифікації імпорту та експорту енергоресурсів і технологій, що особливо актуально в контексті забезпечення економічної та енергетичної безпеки України, а також надійності і достовірності отриманих оцінок економічних наслідків.

Умовно, GTAP можна розділити на два окремі компоненти: математичну модель, яка задає правила поведінки економічних агентів і механізми їх взаємодії, та базу даних, яка повністю узгоджена з особливостями моделі або її модифікаціями, але будується в рамках окремого алгоритму. Нижче структуровано представлено ключові характеристики моделі та бази даних GTAP, які буде використано в рамках даного дослідження. І хоча у даній роботі буде використано динамічну модель GTAP, оскільки в її основі лежить статична моделі, опис методології дослідження наведено у структурованого вигляді (статичний блок моделі, динамічне розширення та база даних), що дещо спрощує сприйняття та представлення модельного інструментарію.

1.3.1. Статична модель GTAP

В основі всіх модифікацій моделі GTAP лежить набір базових характеристик та припущень, які є спільними і для базової статичної моделі. Так, в рамках моделі припускається досконала конкуренція та постійний ефект масштабу. Представлення процесів взаємної торгівлі між країнами здійснюється з використанням припущення

¹⁴ Koland O. et al. International Trade of Bio-Energy Products – Economic Potentials for Austria. FIW-Research Reports 2012/13 No 04. Available from: http://www.fiw.ac.at/fileadmin/Documents/Publikationen/Studien_2012_13/04-ResearchReport-KolandSchoenhartSchmid.pdf

Jha V. Removing Trade Barriers on Selected Renewable Energy Products in the Context of Energy Sector Reforms: Modelling the Environmental and Economic Impacts in a General Equilibrium Framework. International Centre for Trade and Sustainable Development. Available from: <http://www.ictsd.org/downloads/2013/12/removing-trade-barriers-on-selected-renewable-energy-products-in-the-context-of-energy-sector-reforms.pdf>

¹⁵ Peters J. The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Data Base. Journal of Global Economic Analysis, Volume 2 (2016), No. 1, pp. 209-250.

Армінгтона, згідно якого товари внутрішнього виробництва та імпорту/експорту є недосконалими замінниками, а можливості заміщення задаються за допомогою окремих параметрів – еластичностей.

Для представлення процесів виробництва в моделі використовуються функції з постійними еластичностями заміщення, які задають зв'язки між випуском товарів/послуг та ресурсами, які використовуються для їх виробництва, включаючи фактори виробництва. Попит на продукцію з боку кінцевих споживачів моделюється за допомогою більш широкого класу виробничих функцій, зокрема з постійною різницею еластичностей. Умови досягнення рівноважного стану в рамках моделі визначаються виконанням трьох груп припущень, які загалом є стандартними для більшості моделей загальної рівноваги, а саме рівності загальних доходів та витрат економічних агентів, рівності попиту і пропозиції та умови нульових прибутків. Остання означає, що виробники отримують певну визначену в рамках моделі норму прибутку.

Загальну схему кругообігу потоків та місце у ній ключових економічних агентів в рамках моделі GTAP представлено у Додатку Д.3.

1.3.2. Динамічна модель GTAP-dyn

Описана вище схема функціонування статичної моделі GTAP зберігається і в рамках динамічної моделі, але для представлення розгортання процесів виробництва, споживання, експорту, імпорту, заощадження, інвестування тощо у часі, необхідне висування додаткових припущень. Зокрема, в модель вводиться поняття неперервного часу, яке дозволяє індексувати положення рівноваги. На відміну від статичної моделі, в рамках якої рух капіталу відбувається лише між секторами, динамічна модель додатково передбачає можливість перетоку капіталу між різними регіонами. В моделі також визначаються такі характеристики, як власник капіталу та фактичне місце знаходження капіталу (регіон/країна).

Динамічний характер моделі задається процесами накопичення капіталу, яке відбувається за рахунок перевищення обсягів валового нагромадження основного капіталу над амортизацією і таким чином призводить до збільшення загальних обсягів основних засобів. В рамках динамічної моделі також висуваються припущення щодо зміни обсягів робочої сили у розрізі аналізованих країн/регіонів.

Процес аналізу тих чи інших заходів економічної/енергетичної політики в рамках динамічної моделі GTAP полягає у розробці базового соціально-економічного сценарію, який передбачає певні зміни макропоказників, темпів нагромадження капіталу, зміни обсягів робочої сили тощо та дослідженні впливу реалізації відповідних заходів на зміну показників цього сценарію. Різниця між показниками базового та отриманого в результаті реалізації досліджуваних заходів сценарію і характеризує множину аналізованих заходів.

1.3.3. База даних GTAP-Power

Стандартна база даних моделі GTAP (як статичної, так і динамічної), хоча і характеризується відносно деталізованим представлення енергетичного сектору – зокрема виділяються 6 галузей¹⁶, включаючи видобуток вугілля, нафтопродуктів, природного газу, виробництво продуктів нафтоперероблення та коксопродуктів, виробництво електроенергії та розподілення газу і гарячої води – не містить окремого представлення технологій виробництва енергії з відновлюваних джерел. Утім, така можливість надається у випадку використання бази даних GTAP-Power, яка додаткового до стандартних секторів моделі GTAP містить також представлення процесів виробництва електроенергії на базі атомних електростанцій, гідроелектростанцій, вітрових та сонячних електростанцій, з використанням вугілля, природного газу, нафти, та інших джерел¹⁷. Зазначена вище дезагрегація секторів реалізується для кожної країни з бази даних GTAP, включаючи і Україну.

¹⁶ Detailed Sectoral List. Global Trade Analysis Project. Available from:
<https://www.gtap.agecon.purdue.edu/databases/contribute/detailedsector.asp>

¹⁷ Peters, J.C. (2016) The GTAP-Power Data Base: Disaggregating the Electricity Sector in the GTAP Data Base. *Journal of Global Economic Analysis*, 1(1) 209-250.

2. УМОВИ ТА ПРИПУЩЕННЯ ЩОДО ДОВГОСТРОКОВОГО РОЗВИТКУ

2.1. Макроекономічні умови та припущення

Для даного дослідження взято базовий макроекономічний сценарій, що був підготовлений фахівцями ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України» в 2016 р. в рамках проекту Агентства США з міжнародного розвитку (USAID) «Муниципальна енергетична реформа в Україні».

При розробці *базового макроекономічного сценарію* припускалося, що врегулювання військово-політичного конфлікту на сході України відбудеться не раніше 2018-2019 рр. За таких умов протягом 2016-2018 рр. економіка України з високою імовірністю не зможе повністю вийти з кризи. Величина агрегованого ВВП навряд чи досягне докризового рівня 2012-2013 рр. хоча й буде спостерігатись незначне економічне зростання. Імовірні відчутні курсові коливання та подальша девальвація гривні становитимуть високий ризик для відновлення економічного зростання. Матиме місце незначне збільшення номінальної заробітної плати, водночас реальна заробітна плата зростатиме лише з 2019 р.

Тим не менше економічне зростання відбуватиметься за рахунок харчової, легкої промисловості та фармацевтичної галузі. Можна очікувати відновлення позитивної динаміки також у виробництві будівельних матеріалів. У машинобудуванні позитивну динаміку демонструватиме виробництво комп'ютерів, електронної та оптичної продукції.

У коротко- та середньостроковому періодах очікується поступове відновлення обсягів виробництва у галузях реального сектору, хоча і дещо нижчими темпами ніж у галузі сільського господарства. У період до 2020 р. зниження обсягів випуску може спостерігатись по окремих видах добувної промисловості, зокрема у сфері видобутку кам'яного та бурого вугілля. Більш активне відновлення видобутку спостерігатиметься в газовій сфері, зокрема в наслідок останніх реформ на ринку газу та підняття відпускних цін для газовидобувних компаній. Загалом, галузі переробної промисловості зростатимуть дещо вищими темпами ніж видобувної, що супроводжуватиметься зниженням частки останньої у ВВП.

Відновлення загальної позитивної динаміки в економіці України можна очікувати з 2017 р. У 2020-2025 рр. економіка розвиватиметься досить високими темпами (табл. 2.1). Видобувна галузь поступатиметься темпами зростання переробній промисловості, і гірничо-металургійний комплекс поступово скорочуватиме свою частку у ВВП. Ця тенденція вірогідно збережеться і у довгостроковому періоді.

Відновлення докризових обсягів виробництва у абсолютній більшості галузей відбудеться протягом 2020-2025 рр., утім для деяких видів економічної діяльності спостерігатимуться досить низькі темпи зростання, що зумовить повернення до докризових обсягів виробництва лише у довгостроковому періоді – після 2030 р. До

таких галузей, зокрема, належать «Добування кам'яного та бурого вугілля», а також «Виробництво хімічних речовин та хімічної продукції».

Серед галузей переробної промисловості у довгострокову періоді найвищі темпи приросту спостерігатимуться для галузей машинобудування, зокрема «Виробництва комп'ютерів, електронної та оптичної продукції» та «Виробництва електричного устаткування», а також харчової та фармацевтичної галузей.

У довгостроковому періоді (2026-2050 рр.) на агрегованому рівні в економіці України не очікується значних структурних зрушень, а темпи приросту сфери послуг будуть співставними з темпами зростання галузей товарного виробництва. Серед видів економічної діяльності третинного сектору очікується, що найбільші темпи приросту будуть характерні галузям «Телекомунікації (електрозв'язок)» та «Комп'ютерне програмування, консультування та надання інформаційних послуг». Загалом, середньорічні темпи приросту ВВП в рамках базового макроекономічного сценарію знаходитимуться на рівні 4.0% (табл. 2.1).

Представлені прогнози ВВП загалом узгоджуються з очікуваннями МВФ та Світового Банку щодо України. Так, прогнози МВФ передбачають середньорічні темпи приросту ВВП протягом 2016-2020 рр. на рівні 2,9%¹⁸. Згідно прогнозів Світового Банку¹⁹ середньорічні темпи приросту ВВП України протягом 2016-2018 рр. становитимуть 2,0% та характеризуватимуться тенденцією до пришвидшення у середньостроковій перспективі (1% - у 2016 р., 2% - 2017 р., 3% - 2018 р.).

Таблиця 2.1

Середньорічні темпи приросту ВВП України на період 2016-2050 рр., %

Сектори\Роки	2016-2020	2021-2025	2026-2030	2031-2035	2036-2040	2041-2045	2046-2050
Сільське, лісове та рибне господарство	1,4	5,7	4,9	5,1	5,1	5,1	5,1
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	3,0	3,4	2,3	2,0	2,0	2,0	2,0
Переробна промисловість	6,5	5,6	4,1	3,3	3,3	3,3	3,3
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	4,4	4,9	4,8	4,5	4,5	4,5	4,5
Будівництво	8,0	6,4	5,1	5,1	5,1	5,1	5,1
Сфера товарного виробництва – разом	4,2	5,3	4,3	4,0	4,0	4,0	4,0
Сфера послуг – разом	2,5	5,0	4,2	4,0	4,0	4,0	4,0
ВВП	2,8	5,0	4,2	4,0	4,0	4,0	4,0

¹⁸ World Economic Outlook Database. International Monetary Fund. Available from: <https://www.imf.org/external/pubs/ft/weo/2016/01/weodata/index.aspx>

¹⁹ Global Economic Prospects. Europe and Central Asia. The World Bank. Available from: <http://pubdocs.worldbank.org/en/484281463605616745/Global-Economic-Prospects-June-2016-Europe-and-Central-Asia-analysis.pdf>

2.2. Прогноз цін на енергетичні ресурси

Прогноз цін на основні енергетичні ресурси базується на припущеннях Міжнародного енергетичного агентства (МЕА) зі звіту щодо світових перспектив технологічного розвитку (Energy Technology Perspective 2016)²⁰ (табл. 2.2).

Згідно припущень МЕА, ціни на енергоносії, в тому числі на викопне паливо, є однією з основних змінних, що впливатимуть на перспективи технологічного розвитку в світі. Постійне збільшення світового попиту на енергію породжує більш високі ціни на енергоносії та паливо. Якщо поточні тенденції зростання енергетичного попиту не порушуватимуться – ріст цін є найбільш ймовірним наслідком.

Для модельного прогнозування світових перспектив технологічного розвитку фахівцями МЕА розроблено три сценарії енергетичного майбутнього до 2050 р., які дозволять обмежити зростання глобальної температури на 2°C, 4°C та 6°C. Кожному із цих сценаріїв відповідатиме своя технологічна структура та кліматична політика, які матимуть значний вплив на енергетичний попит, особливо щодо використання викопних видів палива для його задоволення. Наприклад, зниження попиту на нафту в 2°C та 4°C сценаріях означає, що існуватиме менша потреба в її видобутку з дорогих родовищ і, в результаті, ціни на нафту за цими сценаріями будуть нижчими, ніж в сценарії 6°C. Тому згідно зі сценарієм 2°C, ціни на нафту падають, навіть після 2030 р.

Таблиця 2.2

Прогнозні імпорتنі ціни на основні енергетичні ресурси від МЕА

	Кліматичні сценарії	2014	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<i>МЕА Імпорتنі ціни на нафту (2014 \$/барель)</i>									
	2°C	97	77	87	97	96	95	94	93
	4°C	97	80	97	113	121	128	133	137
	6°C	97	83	107	130	140	150	158	164
<i>ОЕСР Імпорتنі ціни на вугілля (2014 \$/т)</i>									
	2°C	78	80	80	79	78	77	76	75
	4°C	78	94	98	102	105	108	111	114
	6°C	78	99	107	115	119	123	127	131
<i>Природний газ (2014 \$/МБто*)</i>									
США	2°C	4,4	4,5	5,1	5,7	5,8	5,9	5,8	5,8
	4°C	4,4	4,7	5,5	6,2	6,9	7,5	7,8	8,0
	6°C	4,4	4,7	5,5	6,3	7,1	7,8	8,2	8,5
Європа	2°C	9,3	7,5	8,5	9,4	9,2	8,9	8,8	8,7
	4°C	9,3	7,8	9,5	11,2	11,8	12,4	12,9	13,3
	6°C	9,3	8,1	10,3	12,5	13,2	13,8	14,5	15,1
Японія	2°C	16,2	10,7	11,3	11,8	11,5	11,1	11,0	10,9
	4°C	16,2	11,0	12,0	13,0	13,6	14,1	14,7	15,7
	6°C	16,2	11,4	13,2	14,9	15,5	16,0	16,9	17,5

* Мільйон Британських термічних одиниць

Крім того, при дослідженні довгострокових сценаріїв розвитку енергетики України до уваги беруться періодичні середньострокові прогнози цін на енергетичні

²⁰ Energy Technology Perspectives 2016 - Towards Sustainable Urban Energy Systems / International Energy Agency. — <http://www.iea.org/etp/etp2016/>

ресурси Світового Банку (Commodity Markets Outlook²¹), останній з яких вийшов у жовтні 2016 р.

Таблиця 2.3

Прогнозні імпорتنі ціни на основні енергетичні ресурси в Європі від Світового Банку, (номінальні ціни)

Енергетичні ресурси	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025
Нафта (\$/барель)	109,0	104,1	96,2	50,8	43,3	55,2	59,9	62,7	65,6	68,6	71,9	75,3	78,8	82,6
Природний газ (\$/МБто*)	11,7	11,8	10,1	7,3	4,4	4,7	5,0	5,4	5,7	6,1	6,6	7,0	7,5	8,0
Енергетичне вугілля (\$/т)	99,0	84,6	70,1	57,5	58,0	55,0	55,6	56,2	56,8	57,4	58,1	58,7	59,4	60,0

* Мільйон британських термічних одиниць

2.2. Демографічні умови та припущення

Дослідження сценаріїв сталого розвитку енергетичного сектору України базується на використанні прогнозних даних чисельності населення Інституту демографії та соціальних досліджень НАН України (ІДСД НАНУ)²², що є співставними із відповідними прогнозами Департаменту ООН з соціальних та економічних питань²³. Демографічні прогнози вітчизняних науковців по праву можуть вважатися більш надійними, оскільки вони є більш обґрунтованими і краще враховують існуючі реалії в Україні.

В даній роботі результати досліджень ґрунтуються лише на одному демографічному сценарії ІДСД НАНУ (сценарій ССС, табл. 2.3), який передбачає середні темпи народжуваності, середню тривалість життя та середню чисту міграцію в Україні.

Таблиця 2.3

Прогноз чисельності населення України до 2050 р., млн осіб²⁴

Сценарії	2012	2014	2015*	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
ІДСД - Сценарій ССС				44,4	43,6	42,8	41,8	40,8	39,9	38,9
ІДСД - Сценарій ВВВ				45,1	45,1	45,1	45,1	45,2	45,4	45,6
ІДСД - Сценарій ННН				43,4	41,6	39,7	37,8	35,8	33,9	32,0
ІДСД - Сталий сценарій	45,3	45,2	42,7	44,1	42,7	41,1	39,5	37,8	36,1	34,3
ІДСД - Сценарій ССН				44,3	43,3	42,1	40,8	39,5	38,3	37,1
ІДСД - Сценарій ВНВ				44,3	43,5	42,7	41,8	41,1	40,7	40,3
ІДСД - Сценарій НВН				44,2	43,2	42,1	41,0	39,8	38,5	37,0

²¹ Commodity Markets Outlook: October 2016 // World Bank Group. — Режим доступу: <http://pubdocs.worldbank.org/en/229461476804662086/CMO-October-2016-Forecasts.pdf>

²² <http://www.idss.org.ua/monografii/popforecast2014.rar>

²³ http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_population.htm

²⁴ В демографічних сценаріях ІДСД НАНУ аббревіатурні назви сценаріїв означають наступне: ССС – Середня народжуваність, Середня тривалість життя, Середня чиста міграція; ВВВ – Висока народжуваність, Висока тривалість життя, Висока чиста міграція; ННН – Низька народжуваність, Низька тривалість життя, Низька чиста міграція; ССН – Середня народжуваність, Середня тривалість життя, Нульова нетто міграція; ВНВ – Висока народжуваність, Низька тривалість життя, Висока чиста міграція; НВН – Низька народжуваність, Висока тривалість життя, Низька чиста міграція; Сталий сценарій передбачає, що усі компоненти зафіксовані на рівні 2011 року.

Сценарій Департаменту ООН з соціальних та економічних питань				43,7	42,4	40,9	39,3	37,8	36,4	35,1
--	--	--	--	------	------	------	------	------	------	------

* Без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим і м. Севастополя.

Як видно з табл. 2.3, в 2015 р. чисельність населення України різко скоротилася, що пов'язано з тимчасовою окупацією території Автономної Республіки Крим і м. Севастополя. В даній роботі зроблено припущення, що тимчасова окупація триватиме не довше ніж до 2020 р., тому динаміка чисельності населення України повернеться на свою траєкторію, і далі рухатиметься згідно розроблених раніше демографічних сценаріїв.

2.3. Вибір базового року

Базовий рік в дослідженнях довгострокового розвитку енергетичних та економічних систем – це рік, з якого задається основна і найбільш агрегована історична статистична інформація про досліджуваний об'єкт (назвемо його, для прикладу, модельний рік), або рік (чи проміжок часу) з яким порівнюються прогнозні показники (постачання енергоресурсів, енергоспоживання, викиди ПГ, частка ВДЕ тощо) або встановлюються цілі (межі) для прогнозних років порівняно з ним.

Модельним базовим роком для даного дослідження взято 2012-й рік, оскільки саме цей рік для України був останнім в якому вітчизняна економіка була збалансованою, відбувалося економічне зростання і, що особливо важливо, не було військово-політичної кризи породженої діями Російської Федерації і забезпечувалася унітарність та соборність України.

3. БАЗОВИЙ ТА АЛЬТЕРНАТИВНІ СЦЕНАРІЇ РОЗВИТКУ

3.1. Базовий сценарій

В даному дослідженні *Базовий сценарій* розглядається як гіпотетичний сценарій, коли характеристики більшості технологій зберігаються незмінними до 2050 р., такими якими вони були станом на 2012 р. Відбувається поступове заміщення технологій лише в тому випадку, коли термін експлуатації певних існуючих потужностей добігає свого кінця. Вартість та ефективність технологій, що заміщують старі відповідає сучасному рівню: вартість з часом знижується, а ефективність збільшується. Водночас, більшість існуючих технологій ще можуть використовуватися протягом періоду моделювання (2012-2050 рр.). Застосування цього підходу є корисним для оцінки наслідків реалізації альтернативних сценаріїв, а саме ефективності заходів та політик, які стимулюють технологічні зміни в економіці²⁵. Аналогічний підхід використовувався при розробці Національного плану дій з енергоефективності на період до 2020 р. (згідно методології Енергетичного співтовариства); Нової Енергетичної стратегії України до 2020 р.: безпека, енергоефективність, конкуренція; Очікуваних національно-визначених внесків України до нової глобальної кліматичної угоди.

3.2. Альтернативні сценарії

В згаданих вище стратегічних документах альтернативними сценаріями є сценарії²⁶, які на відміну від Базового сценарію, показують яким чином можна досягнути поставленої мети – скоротити кінцеве енергоспоживання, змінити структуру енергопостачання, керувати траєкторією викидів ПГ тощо. В даній роботі пропонується розглянути два альтернативних сценарії.

Перший сценарій "*Безбар'єрний*" (або "Досконалий конкурентний ринок") передбачає наявність досконалої конкуренції на всьому національному енергетичному ринку та його секторах, наявність економічних стимулів для розвитку відновлювальної енергетики та реалізації заходів з енергоефективності та енергозбереження, виконання основних екологічних вимог до об'єктів енергетики, впровадження низьких податків (цін) на викиди CO₂ тощо. Такий сценарій дозволить показати, що при рівних умовах відновлювальна енергетика (або її певні сегменти) є або буде конкурентоспроможною порівняно з традиційною, особливо якщо будуть дотримані екологічні вимоги.

[Р]евольюційний сценарій трансформації вітчизняної енергетики до 2050 р. передбачає єдину комплексну ціль – задоволення енергетичних потреб (попиту) в секторах кінцевого споживання енергетичних ресурсів виключно за рахунок ВДЕ, що значно посилить енергетичну незалежність та кліматичну політику України. При цьому має бути забезпечено зростання добробуту громадян України; надійне енергопостачання

²⁵ https://www.ipcc.ch/publications_and_data/ar4/wg3/en/ch2s2-7-1-1.html

²⁶ Альтернативні сценарії – це сценарії, які відображають набір заходів та політик в енергетичній, екологічній, економічній та інших сферах, різні комбінації цих політик тощо для досягнення наперед заданої цілі або критерію.

та енергетична достатність; економічна, енергетична, екологічна, продовольча та інші безпеки.

В таблиці 3.1 підсумовано ключові умови та припущення Базового та альтернативних сценаріїв. Макроекономічні індикатори, прогнозні ціни на енергоресурси та динаміка чисельності населення України детально наведені в Розділі 2 і є спільними вхідними даними для трьох сценаріїв.

Матриця модельних сценаріїв

Таблиця 3.1

УМОВИ	СЦЕНАРІЇ		
	Базовий сценарій	Безбар'єрний сценарій	[Р]еволюційний (100%ВДЕ) сценарій
ВВП²⁷	<ul style="list-style-type: none"> Середньорічні темпи зростання ВВП впродовж 2016-2050 рр. – 4,0%. До 2050 р. ВВП зросте в чотири рази. 		
Ціни на основні енергоресурси²⁸	<ul style="list-style-type: none"> Імпортна ціна на нафту зросте з \$97 до \$137 (2014)/барель впродовж 2014-2050 рр. Приріст – 41%. Імпортна ціна на вугілля зросте з \$78 до \$114 (2014)/т впродовж 2014-2050 рр. Приріст – 46%. Імпортна ціна на природний газ зросте з \$344 до \$492 (2014)/ 1000 м³ впродовж 2014-2050 рр. Приріст – 43%. 		
Населення України²⁹	<ul style="list-style-type: none"> Чисельність населення України скоротиться з 45,2 млн осіб в 2014 р. до 38,9 млн осіб в 2050 р. 		
Вартість технологій³⁰	<ul style="list-style-type: none"> Припущення щодо вартості технологій (капітальні інвестиції та операційні витрати) з використанням викопних палив, атомної енергії та ВДЕ переважно базуються на оцінках Міжнародного енергетичного агентства та даних, вітчизняних асоціацій в сфері відновлювальної енергетики. 		
Енерго-ефективність	<ul style="list-style-type: none"> Відсутні заходи з підвищення енергоефективності та енергозбереження, навіть економічно привабливі. Ефективність технологій в секторах кінцевого енергоспоживання на рівні 2012 р. Впровадження удосконалених технологій не передбачено. Незначний вплив зовнішніх (глобальних) чинників на вартість та ефективність технологій. Енергоємність ВВП зменшується внаслідок зміни 	<ul style="list-style-type: none"> Можливість запровадження будь-яких заходів з підвищення енергоефективності та енергозбереження Реалізації економічно привабливих енергоефективних заходів. Наявність досконалої конкуренції на всьому національному енергетичному ринку та його секторах. 	<ul style="list-style-type: none"> Діють умови Безбар'єрного сценарію. Стимулюється реалізація будь-яких заходів з підвищення енергоефективності та енергозбереження задля зменшення обсягів використання ВДЕ

²⁷ Див. табл. 2.1 та табл. 2.2.

²⁸ Див. табл. 2.3.

²⁹ Див. табл. 2.4.

³⁰ Див. Додаток 2

	структурних пропорцій економіки відповідно до макроекономічного сценарію та обмежених змін технологічної структури.		
Відновлювальні джерела енергії	<ul style="list-style-type: none"> • "Зелений" тариф діє, однак екологічних, кліматичних або інших обмежень на використання бідъ-якого палива немає. 	<ul style="list-style-type: none"> • "Зелений" тариф діє згідно графіку визначеного законодавством. Відсутні жодні інституційні бар'єри та втручання не передбачені законодавством. • Наявність тільки економічного стимулу для розвитку відновлювальної енергетики. 	<ul style="list-style-type: none"> • Досягнення 100% ВДЕ в кінцевому споживанні енергетичних ресурсів. • "Зелений" тариф діє згідно існуючого графіку. • Досягнення 100% ВДЕ в кінцевому споживанні енергетичних ресурсів забезпечується за рахунок додаткових стимулів.
Атомна енергетика	<ul style="list-style-type: none"> • Відсутність бар'єрів для розвитку. • Можливість продовження експлуатації існуючих блоків максимум на 20 років. • Вартість нових блоків відповідає європейським показникам 	<ul style="list-style-type: none"> • Відсутність бар'єрів для розвитку. • Можливість продовження експлуатації існуючих блоків максимум на 20 років. • Вартість нових блоків відповідає європейським показникам 	<ul style="list-style-type: none"> • Згорання атомної енергетики до 2050 р. • Можливість продовження експлуатації існуючих блоків АЕС максимум на 20 років. • Відсутність будівництва нових блоків АЕС.
Екологічні вимоги	<ul style="list-style-type: none"> • Немає 	<ul style="list-style-type: none"> • Виконання вимог Директиви 2010/75/ЄС щодо викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря великими спалювальними установками (>50 МВт). • Виконання вимог Директиви 2015/2193/ЄС щодо викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря середніми спалюваними установками (1-50 МВт). 	<ul style="list-style-type: none"> • Виконання вимог Директиви 2010/75/ЄС щодо викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря великими спалювальними установками (>50 МВт). • Виконання вимог Директиви 2015/2193/ЄС щодо викидів забруднюючих речовин в атмосферне повітря середніми спалюваними установками (1-50 МВт).

<p>Податки (ціни) на CO₂</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Податки на рівні 2016 р. – 0,33 грн/т (або ~€0,012/т). 	<ul style="list-style-type: none"> • Податки (ціни) на викиди CO₂ в 2025 р. зростуть до рівня €5,3/т, що відповідає середній ціні CO₂ 2016 року в Європейській системі торгівлі викидами • До 2050 р. податки (ціни) на викиди CO₂ зростуть до €10/т. 	<ul style="list-style-type: none"> • Податки (ціни) на викиди CO₂ в 2025 р. зростуть до рівня €5,3/т, що відповідає середній ціні CO₂ 2016 року в Європейській системі торгівлі викидами • До 2050 р. податки (ціни) на викиди CO₂ зростуть до €50/т.
--	--	--	--

4. ПОТЕНЦІАЛ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Для моделювання та прогнозування трансформації енергетичного сектору України згідно [р]еволюційного сценарію необхідно оцінити існуючі можливості України в реалізації потенціалу ВДЕ.

За сьогоднішніх умов розвитку технологій відновлювальної енергетики, Україна має значний економічно-доцільний потенціал ВДЕ, який за даними Держенергоефективності (2015)³¹ складає 101,8 млн т н.е. (або 795 млрд кВт·год), що приблизно дорівнює загальному постачанню первинної енергії в 2014 р. (105,7 млн т н.е.).

За даними Біоенергетичної асоціації України, на основі використання сучасних енергетичних технологій, економічно доцільний **біоенергетичний потенціал**³² складає близько 20 млн т. н.е., а в 2050 р. він може скласти 38 млн т. н.е., а теоретичний є вдвічі більшим (табл. 5.1).

Українська вітроенергетична асоціація припускає два сценарії розвитку своєї галузі. Згідно базового сценарію розвитку вітроенергетики України, виробництво електроенергії цим типом генерації в 2035 р. може досягти 18,5 млрд кВт·год, а в 2050 р. — 22,1 млрд кВт·год. За оптимістичним сценарієм — ці показники становитимуть відповідно 22,4 млрд кВт·год та 38,6 млрд кВт·год. В той же час, за даними Держенергоефективності (2015) річний технічно досяжний енергетичний потенціал енергії вітру складає 60 млрд кВт·год. В табл. 5.2 детально наведено **вітроенергетичний потенціал** та оцінка перспективних технічних характеристик наземних вітроелектростанцій.

Технічно-досяжний **потенціал енергії сонця** на території України оцінюється в 42 млн т н.е., серед яких електричний — 29,5 млн т н.е. або 34,2 млрд кВт·год / рік. В той же час теоретичний потенціал енергії сонця складає 62 млн т н.е. Такі дані наведені в проекті Дорожньої карти розвитку сонячної енергетики на період до 2020 року³³ (далі — ДКРСЕ) розробленого Державним агентством з енергоефективності та енергозбереження України разом з Інститутом відновлюваної енергетики НАН України. За словами авторів ДКРСЕ, використання систем сонячного гарячого водопостачання може дозволити замінити 75-100% літньої та 40-60% річної потреби в органічному

³¹ REMAP –2030: Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні до 2030 року. — Режим доступу: http://saee.gov.ua/sites/default/files/UKR%20IRENA%20REMAP%20_%202015.pdf

³² Дані Біоенергетичної асоціації України та Української вітроенергетичної асоціації щодо біоенергетичного та вітроенергетичного потенціалу були люб'язно надані при виконанні ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України" науково-дослідної роботи «Розробка та оцінка сценаріїв розвитку енергетики України, що можуть бути використані при розробці Енергетичної стратегії України на період до 2035 року», що виконувалася в рамках Агентства США з міжнародного розвитку (USAID) «Муніципальна енергетична реформа в Україні».

³³ Проект Дорожньої карти розвитку сонячної енергетики в Україні на період до 2020 року // Держенергоефективності, Інститут відновлюваної енергетики НАН. — Київ, 2016. — Режим доступу: <http://saee.gov.ua/uk/pressroom/1133>

викопному паливі (залежно від району розташування установок), а системи сонячного опалення — 20-50%. Крім того, "пасивні" системи опалення будівель знижують витрати традиційних енергоресурсів на опалення будівель до 25- 40%, а сезонне акумулюванням теплової енергії дозволяє збільшити частку сонячної радіації в покритті річних витрат енергії на тепlopостачання до 45-75%.

Україна має значну кількість **геотермальних джерел** з високим температурним потенціалом в діапазоні: 120-180°C. Таких температур достатньо для виробництва електроенергії. За різними оцінками, потенціал економічно значних енергетичних ресурсів термальних вод в Україні становить 8,4 млн т н.е. на рік.

Таблиця 5.1

Біоенергетичний потенціал України

Вид біомаси	2013			2050		
	Енергетичний потенціал, млн. т у.п.			Енергетичний потенціал, млн. т у.п.		
	Теоретичний	Технічний	Економічний	Теоретичний	Технічний	Економічний
Солома зернових культур	15,14	9,34	4,54	22,71	14,01	6,81
Солома ріпаку	2,10	1,47	0,84	3,15	2,21	1,26
Відходи виробництва кукурудзи на зерно	10,97	7,68	4,39	21,94	15,36	8,78
Відходи виробництва соняшника	4,29	2,88	1,72	6,44	4,32	2,58
Вторинні відходи с/г	1,30	0,74	0,69	2,28	1,30	1,21
Всього Агротенціал	33,80	22,11	12,18	56,51	37,19	20,64
Деревна біомаса (дрова, відходи лісозаготівлі, деревини від рубок, тріска)	2,05	2,01	1,97	3,59	3,52	3,45
Деревна біомаса (рубка лісосмуг, сухостій)	2,40	2,40	2,40	2,88	2,88	2,88
Всього деревина	4,45	4,41	4,37	6,47	6,40	6,33
Біодизель	0,95	0,95	0,47	0,95	0,95	0,47
Біоетанол	9,1	0,99	0,99	9,1	0,99	0,99
Всього біопалива	10,05	1,94	1,46	10,05	1,94	1,46
Біогаз з побічних продуктів АПК (гній+харчова промисловість)	1,96	1,48	0,97	5,43	4,10	2,69
Біогаз з органічних фракцій ТПВ (полігони та БГУ)	0,77	0,46	0,26	1,54	0,92	0,52
Біогаз з осадів станцій аерації	1,17	0,76	0,27	1,17	0,76	0,27
Всього біогаз	3,9	2,7	1,5	8,14	5,78	3,48
Спалювання ТБО	3,80	1,90	0,00	3,80	1,90	1,90
Енергетичні культури						
- тополя, міскантус, акація, вільха, верба	6,97	6,28	6,28	13,94	12,56	12,56
- ріпак (солома)	1,65	1,15	0	3,3	2,3	0
- ріпак (біодизель)	0,78	0,78	0	1,56	1,56	0
- кукурудза (біогаз)	4,08	3,68	3,68	8,16	7,36	7,36
ВСЬОГО ЕНЕРГЕТИЧНІ КУЛЬТУРИ	13,48	11,89	9,96	26,96	23,78	19,92
Торф	0,77	0,46	0,4	1,54	0,92	0,8
ВСЬОГО, млн т у.п.	69,48	44,95	29,47	111,93	76,99	53,72
ВСЬОГО, млн. т н.е.	48,64	31,47	20,63	78,36	53,90	37,61

Джерело: Біоенергетична асоціація України, 2016

Таблиця 5.2

Вітроенергетичний потенціал України та оцінка перспективних технічних характеристик наземних вітроелектростанцій

		2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Вартість встановленої потужності (overnight cost ³⁴), євро/кВт	Мінімальні	1600	1500	1500	1440	1350	1300	1250	1250
	Середнє	1665	1590	1590	1505	1440	1365	1325	1300
	Максимальне	1730	1680	1680	1570	1530	1430	1400	1350
Операційні витрати (орех), євро/кВт	Мінімальні	20	23	26	29	32	35	35	35
	Середнє	25	28	31	34	37	40	40	40
	Максимальне	30	33	36	39	42	45	45	45
Усереднений КВВП по всім ВЕС в країні		36%	36%	36%	36%	37%	38%	39%	40%
Базовий сценарій для вітроенергетики України									
Загальна встановлена потужність, ГВт		0,426	2,28	4,5	5,4	5,7	5,9	6,1	6,3
Загальне виробництво електроенергії, млрд кВт·год		1,25	7,2	14,2	17,0	18,5	19,6	20,8	22,1
Місцева складова, %		50%	70%	70%	100%	100%	100%	100%	100%
Оптимістичний сценарій для вітроенергетики України									
Загальна встановлена потужність, ГВт		0,426	2,25	4,8	6,1	6,9	7,8	8,5	11,0
Загальне виробництво електроенергії, млрд кВт·год		1,25	7,2	15,1	19,2	22,4	26,0	29,0	38,5
Місцева складова, %		50%	75%	75%	100%	100%	100%	100%	100%

Джерело: Українська вітроенергетична асоціація, 2016

³⁴ Overnight cost includes pre-construction (owner's), construction (engineering, procurement and construction) and contingency costs, but not interest during construction (IDC).

5. НАЦІОНАЛЬНІ ТЕХНОЛОГІЧНІ ПЕРСПЕКТИВИ

Зростання в енергобалансі країн частки енергетики, яка використовує ВДЕ, є сталою загальносвітовою, зокрема європейською тенденцією. Основними її драйверами є глобальні кліматичні зміни, необхідність надійного постачання енергоресурсів секторам економіки, а також забезпечення сталості енергетики. Це й стосується України, що закріплено відповідними міжнародними зобов'язаннями України та Національним планом дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року.

• Сектор виробництва електроенергії та тепла

Технологічні перспективи сектору виробництва електроенергії та тепла для реалізації [р]евольюційного сценарію 100% ВДЕ в кінцевому споживанні енергетичних ресурсів в Україні головним чином визначатимуться такими факторами:

- попит на електроенергію і тепло, а також політика і заходи енергоефективності, спрямовані на його оптимізацію;
- наявність та доступність відповідних апробованих техніко-технологічних рішень виробництва електроенергії і тепла на основі ВДЕ;
- готовність технічної інфраструктури (електричних та теплових мереж) до інтеграції ВДЕ;
- умови інституційного середовища, зокрема нормативно-правового регулювання процесів інтеграції ВДЕ;
- кон'юнктура ринку електроенергії і тепла та конкурентоздатність технологій на основі ВДЕ;
- доступність інвестиційних ресурсів, необхідних для реалізації [р]евольюційного сценарію на основі ВДЕ.

Серед основних техніко-технологічних рішень, які вже використовуються в Україні при виробництві електроенергії та тепла необхідно відзначити: вітрову енергетику (великі наземні вітрові електростанції (ВЕС) та локальні малої потужності); сонячну енергетику (великі сонячні електростанції (СЕС) та локальні сонячні панелі малої потужності); велику та малу гідроенергетику (ГЕС, ГАЕС); котельні, що працюють на біопаливі (пелетах, паливних брикетів, біогазі тощо). Самі ці технологічні напрями будуть основою відновлювальної енергетики України, принаймні у найближчі десятиліття³⁵. Крім того, Україна має потенціал розвитку геотермальної енергетики для виробництва електроенергії, опалення та гарячого водопостачання.

Досить перспективними в Україні виглядають технології комбінованого виробництва електричної та теплової енергії (когенерації) (теплоелектроцентралі (ТЕЦ), що працюють на біопаливі). Серед основних ресурсів біомаси в Україні варто

³⁵ REMAP – 2030 Перспективи розвитку відновлюваної енергетики в Україні до 2030 року. – Режим доступу: http://saee.gov.ua/sites/default/files/UKR%20IRENA%20REMAP%20_%202015.pdf.

відзначити такі: солома зернових культур, рапсу; відходи від переробки кукурудзи (стебло, листя, стрижні качанів); відходи соняшника (стебло, головки); сільськогосподарські вторинні відходи (жом цукрового буряку, лузга соняшника, рисове лушпиння); деревна біомаса; енергетичні культури – верба, тополя, китайська тростина, акація, вільха; біогаз з гною, залишків харчових продуктів, відходів цукрового виробництва; звалищний газ; газ стічних вод; біогаз кукурудзяного силосу.

Реалізація [р]еволюційного сценарію розвитку енергетики України потребує значно масштабнішої модернізації електричних та теплових мереж, а ніж необхідно для базового сценарію, оскільки їхній поточний критичний рівень фізичного зношення спричиняє зниження надійності постачання електроенергії та тепла і серйозно ускладнює технічні можливості інтеграції ВДЕ. До того ж в Об'єднаній енергетичній системі України існують «вузькі місця», що ускладнюють транспортування електроенергії між регіональними електричними мережами країни. Тому необхідне не лише технічне оновлення магістральних мереж, але й якісно глибша їх модернізація і розширення на локальному рівні з метою розвитку розподіленої генерації на основі ВДЕ.

В перехідному періоді реалізації [р]еволюційного сценарію важливими є технології накопичення та зберігання енергії (акумуляючі технології³⁶), що передусім пов'язано з технологічними особливостями і нерівномірністю виробництва та споживання електроенергії і тепла протягом доби. Вони необхідні і для заміщення потужностей традиційної енергетики, які виконують також компенсаторну роль відносно потужностей на ВДЕ. Однак, поки-що широкого використання вони не набули через їх високу вартість.

Крім того, з метою підвищення гнучкості (адаптивності), збалансованості та надійності функціонування енергетичної системи України, а також її децентралізації, розвитку розподіленої генерації вкрай важливою є інтелектуалізація електричних та теплових мереж (впровадження "смарт" технологій). Інтеграція електричних та теплових мереж зменшуватиме необхідність їхнього екстенсивного розширення.

• Сектор будівель³⁷

Енергетичні технології з виключним або частковим використанням ВДЕ, що застосовуються для опалення і гарячого водопостачання в секторі будівель, які, в першу чергу, використовуються для теплозабезпечення і гарячого водопостачання, це:

- ТЕЦ і установки на біомасі (відходи рослинництва, деревообробки, на біопаливі II покоління);

³⁶ До акумуляючих енергетичних технологій належать: теплові насоси; великі акумуляторні батареї; системи збереження стисненого повітря; гідроакумуляючі електростанції та інші. Перспективними вважаються і водневі акумулятори (Альтернативна енергетика в Україні: монографія / Г.Г. Півняк, Ф.П. Шкрабець; Нац. гірн. ун-т. Д.: НГУ, 2013. – 109 с.).

³⁷ Сектор будівель включає усі житлові і нежитлові приміщення в яких використовуються енергетичні ресурси для задоволення певних потреб в житлово-комунальному господарстві, комерційному та бюджетному секторах, а також в різних секторах промисловості (адміністративні, складські приміщення тощо).

- ТЕЦ і установки на твердих побутових відходах (ТПВ);
- ТЕЦ і установки на біогазі;
- комбінована газифікація (IGCC) зокрема на використанні викопного палива разом із біомасою та ТБО;
- сонячна теплова енергетика (сонячні колектори та панелі);
- теплонасосні технології (утилізація теплоти доквілля і стічних вод, інших техногенних скидних теплових ресурсів);
- теплові утилізатори та рекуператори тепла (утилізація теплоти вентиляційних викидів, теплових викидів промисловості);
- теплові насоси для використання геотермальної теплової енергії;
- електро та теплоакumuлюючі технології із використанням ВДЕ.

Когенераційні установки (ТЕЦ, блок-станції) в будівлях використовуються, в першу чергу, для локального виробництва теплової енергії (без використання централізованого постачання тепла). Разом із тим, надлишки теплової енергії можуть постачатися іншим споживачам на задоволення їхніх потреб в опаленні приміщень, гарячій воді тощо. Уся вироблена електроенергія постачається до Об'єднаної енергетичної системи України.

Важливим напрямком в політиці сталого розвитку енергетики є термомодернізація або термореновація будівель. Термореновація будівель, а саме утеплення огороджуючих конструкцій споруд і модернізація систем тепlopостачання, яка хоча й не є енергогенеруючою технологією, проте є основним ресурсом зменшення потреби в енергії у секторі будівель. За досвідом проектів з термореновації в Україні, при проведенні системи відповідних заходів для будівель збудованих до 2006 р. (в Україні – це понад 95%), можливим є зменшення втрат тепла (енергозбереження) в 2,3-2,4 рази (з 235 до 104 кВт·год/м² на рік)³⁸.

Що стосується нового будівництва, то для даного сектору також є важливою технологія «пасивних» будинків, яка дозволяє максимально оптимізувати і мінімізувати енергоспоживання. Стандарт тепловтрат пасивних будівель – не більше 15 кВт·год/м² на рік, що в 20 разів нижче, ніж у звичайних будівель. Стандарт EnerPHit термомодернізованих будівель – не більше 25 кВт·год/м² на рік.

Нижче більш детально розглянуто перспективні технології для їх використання у секторі будівель.

ТЕЦ і установки на біогазі є вельми конкурентоспроможними в сегменті виробництва електроенергії та тепла з ВДЕ, особливо зі впровадженням для біогазових установок «зеленого» тарифу. Однак розташування станцій прив'язане до об'єктів

³⁸ В.Дутко Термореновации зданий социальных объектов как фактор уменьшения антропогенного воздействия на окружающую среду. Матеріали конференції «Енергоефективність: технології, менеджмент, інвестиції», 18.11.2011, <http://cmpe.com.ua/18112011-vystupleniya-uchastnikov-konferentsii-energoeffektivnost-tekhnologii-menedzhment-investitsi>

сільськогосподарського призначення, які утворюють відходи, тому використання теплової енергії можливе лише для опалення розташованих поруч житлових і нежитлових приміщень, теплиць тощо.

Досвід скандинавських країн^{39, 40} показує, що ТЕЦ і установки на твердих побутових відходах (ТПВ) мають доволі конкурентний рівень вартості встановлення і експлуатаційних витрат, враховуючи позитивні соціальні та екологічні екстерналії: зменшення і раціональне використання площ, що використовуються під полігони сміттєзвалищ, нівелювання негативного впливу сміттєзвалищ на розташовані поруч населені пункти. При цьому може навіть відбуватися імпорту ТПВ з інших країн. Однак, лише третину вартості установки складає спалювальне та енергогенеруюче обладнання, а дві третини – вартість «хвоста», тобто систем очищення вихідних газів.

Сонячні колектори⁴¹ відіграватимуть важливу роль у децентралізації теплогенерації і вже набувають дедалі ширшого застосування особливо на півдні України та у сільській місцевості. – Існуючі на ринку України сонячні колектори здатні забезпечити потребу в гарячій воді у зимовий період – лише на 10-20%, у весняно-осінній – до 60%, у літній – значно більше 60% та підтримку в опаленні до 30% від загальних потреб, у літній – до 60%^{42,43}.

Теплонасосні технології є універсальними технологіями для тепlopостачання та гарячого водopостачання в секторі будівель. Існують теплонасосні технології: «повітря-повітря» (по суті, звичайний кондиціонер), «повітря-вода», «ґрунт-вода», "вода-вода" та «ґрунт-повітря». Коефіцієнт перетворення використаної енергії в корисну теплову енергію – 300-500%⁴⁴, тобто до 80% теплової енергії вивільняється за рахунок ВДЕ.

Повноцінне використання теплових насосів може замінити більше 10 млрд м³ природного газу. Потенціал ринку становить щонайменше 1 млн теплових насосів для опалення, кондиціонування та гарячого водopостачання зі встановленою тепловою потужністю 5000 МВт. Вартість 1 кВт встановленої потужності теплового насосу складає від 400 до 750 євро залежно від його типу і характеристик. Для будинку, що має площу 100 м² необхідно приблизно 16 кВт встановленої потужності теплового насосу.

³⁹ The Swedish recycling revolution <https://sweden.se/nature/the-swedish-recycling-revolution/>

⁴⁰ Eurostat. Waste statistics http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics#Waste_treatment

⁴¹ Пристрої, що використовують сонячну теплову енергію для потреб опалення і гарячого водopостачання приватних будівель, невеликих пансіонатів, готелів, для автономного водopостачання і потреб систем «тепла підлога» багатоквартирних будинків, навіть крупних промислових об'єктів та водонагріву басейнів

⁴² В.Колосюк Використання сонячної енергії для тепlopостачання – перший крок до енергетичної незалежності. <http://www.thermo-auto.com.ua/index.php?section=text&id=7>

⁴³ <http://solar.atmosfera.ua/geliosistemy/ispolzovanie-geliosistem/>

⁴⁴ У середньому для отримання 3-5 кВт тепла за допомогою теплового насосу витрачається 1 кВт електричної потужності.

Вартість *геотермальних установок* є високою – до 5 тис євро / кВт⁴⁵. При цьому первинні інвестиції у розвідку ресурсів і будівництво станцій будуть складати значну частку загальних витрат (витрати на буріння – до половини). Експлуатаційні витрати порівняно невисокі та оцінюються на рівні 80 євро на кВт встановленої потужності.

Електричні та електротеплові акумулятори. При суттєвому зростанні частки ВДЕ в енергосистемі (національній чи локальній) з'являються надлишки електроенергії в певний період доби. Наприклад, в домогосподарствах влітку як правило кількість електроенергії виробленої вдень за допомогою сонячних колекторів перевищує попит на неї. Використання акумулюючих пристроїв дозволяє ефективно використовувати надлишки енергії "заряджаючись", коли є її перевиробництво і "видавати" закумульовану енергію коли попит переважає пропозицію. Це сприяє згладжуванню графіку навантажень енергосистеми (національної або локальної), що зменшує потребу в енергетичних ресурсах, додаткових енергогенеруючих потужностях, а, відповідно, додаткових інвестиціях.

Перехід кінцевих споживачів енергетичних ресурсів на 100% ВДЕ, на сьогодні, видається не можливим без масштабного використання електричних та електротеплових акумуляторів в межах усієї країни. Потенційний ринок електричних акумулюючих пристроїв поки-що не вивчений в Україні, а ось загальна потужність теплоакумулюючих пристроїв (ТАП), при створенні відповідних умов, оцінюється на рівні декількох тисяч мегават⁴⁶. Для опалення великих площ існують стаціонарні теплоаккумуляційні установки потужністю 20-60 кВт (€200-130/кВт).

Використання ТАП технічно можливе як у житлово-комунальному господарстві, комерційному та бюджетному секторах, так і в промисловості та сільському господарстві. В промисловості сферою для застосування можуть бути енергоємні виробництва: гальванічні цехи (ванни-акумулятори для підтримання температури електроліту), хімічна промисловість (реактори-акумулятори для середньотемпературних хімічних процесів), сушильні камери, у т.ч. для полімеризаційних процесів тощо. В Україні промислове впровадження таких технологій широко не представлено. В централізованому опаленні і гарячому водопостачанні найбільш перспективним є їх використання в медичних закладах, навчальних установах, адміністративних будівлях. В Україні є успішне впровадження таких проектів. Серед сільського населення масштабне заміщення традиційних індивідуальних систем опалення на ТАП обмежене малою потужністю та зношеністю електромереж. Тому таке впровадження повинно відбуватися за участю енергопостачальних компаній паралельно із виконанням ними інвестиційних програм із модернізації мереж.

⁴⁵ Олександр Домбровський. Виступ на конференції «IX Міжнародна спеціалізована виставка - відновлювана енергетика, альтернативні види палива, енергоефективні та енергозберігаючі технології, обладнання, матеріали в енергетиці, промисловості, будівництві, ЖКГ, АПК» 9 листопада 2016 р.

⁴⁶ А.Праховник, В.Находов, А. Замулко, "ЭПУ" №11, 2004 г.

Акумулятори теплової енергії можуть накопичувати її і зберігати в періоди її надлишку (або можливості отримання дешевим способом), а пізніше використовувати коли попит на неї зростає. Установка ємкості в сучасній комбінованій системі тепlopостачання дає можливість максимально ефективно використовувати теплову енергію, котра виробляється в різні періоди доби і з різних джерел енергії. За аналогією з вирівнюванням графіку споживання електроенергії відбувається вирівнювання графіку виробництва та споживання теплової енергії. Такі установки є досить апробованими і поширеними в Україні, однак їх використання в комбінації з технологіями відновлювальної енергетики, в першу чергу з сонячними колекторами, є малопоширеними.

• Транспортний сектор

Відповідно до глобальних сценаріїв 100% ВДЕ після 2050 р. у транспортному секторі очікується використання лише електроенергії, тобто це означає, що такі відновлювані види палива, як моторне біопаливо чи біогаз не будуть використовуватись ні як самостійні види палива, ні як домішки до нафтопродуктів (у випадку біопалива). До 2050 р. для декарбонізації транспорту моторне біопаливо відіграватиме важливу роль, проте воно має відповідати критеріям сталості (які поки що не затверджені в Україні).

В Україні наявне виробництво біопалива, зокрема біодизелю та біоетанолу (як домішка до бензину). Так, виробництво біодизелю у 2015 р. склало близько 20 тис. т, а біоетанолу – 28 тис. т. Сумарні виробничі потужності біопалива складають 128 тис. т.

Щодо електричного транспорту, то в Україні досить поширеним є електричний громадський транспорт (трамваї, тролейбуси, метро), залізничний транспорт на електротязі. З 2014 р. в Україні почав "зароджуватися" ринок електромобілів, чому посприяла відміна ввізного мита у 2015 р., існують певні економічні переваги для їх експлуатації (вартість 1 км пробігу електромобілем коштує дешевше ніж автомобілем з двигуном внутрішнього згорання) та досить динамічно формується інфраструктура (вже існують безкоштовні станції зарядки акумуляторів, хоча їх ще дуже мало).

Вантажний електричний транспорт в Україні ще не поширений, хоча в світі вже починають досить інтенсивно його випробовувати та експлуатувати.

Щодо авіаційного та навігаційного транспорту, то біопаливо та синтетичні палива, вироблені на основі ВДЕ – це єдиний на сьогодні реальний варіант заміщення вуглецевих палив. Однак, в Україні такого заміщення поки-що не спостерігається.

Заходи з енергоефективності разом з більш ефективними транспортними засобами можуть зменшити потребу в електроенергії на половину⁴⁷. Наявні зараз електричні транспортні засоби мають вартісні та інші характеристики, наведені у табл. 5.3. Зазначені вартісні характеристики легкових автомобілів притаманні як країнам ЄС, США, так і Україні.

⁴⁷ Roadmap 2050: a practical Guide to a prosperous, low-carbon Europe www.ROADMAP2050.Eu

Електричні транспортні засоби станом на 2016 рік

	Вартість, USD	Строк служби	Пасажиро- місткість	Вантажо- місткість
Автомобільний легковий	9000	Батар. 16 років	2	
	15000-23000	Батар. 16 років	4	
	25000-29000	Батар. 16 років	5	
вантажний	32000-77000	Батар. 16 років		500кг
	670 000			27000 кг
				2800-7300 кг
Автобус на батареї	80 000-400 000	Батар 12 років	15-75	
Автобус на паливних комірках	1 000 000	Комірки 8 років	75	
Залізничний	12 000 000	30 років	1000	
Метро	9 000 000	30 років	800	
Трамваї	4 000 000	30 років	300	
Внутрішні авіаперевезення	Немає даних, технології та стадії розробки			
Внутрішнє судноплавство	Немає даних, технології та стадії розробки			

Джерело: «Energy [R]evolution. A sustainable world Energy Outlook 2015. 100% renewable energy for all». Greenpeace International, Global wind energy Council, Solar PowerEurope September 2015

Як в Україні, так і в інших країнах світу транспортні засоби на метані, пропан-бутані та на двигунах, розрахованих на невеликий вміст моторного біопалива, коштують приблизно однаково – від 5 до 24 тис дол. США (залежно від класу, комплектації тощо). В Україні автомобілі на моторному біопаливі (біодизелі, біоетанолі) малопоширені через відсутність економічних стимулів для розвитку даного ринку. За бажання автолюбителя автомобіль може бути переобладнаний на використання підвищеного вмісту моторного біопалива; вартість переобладнання становить близько 300 дол. США.

Можна припустити, що до 2050 р. паливний «мікс» у транспортному секторі включатиме як електроенергію, так і моторне біопаливо наступних поколінь та паливні комірочки. Для цього вже зараз потрібна розробка відповідних стандартів щодо викидів забруднюючих речовин, формування відповідної інфраструктури для зарядних станцій, розробка дієвих програм з енергоефективності.

• Сільське господарство

Сільське і лісове господарство саме по собі використовує не більше 5%⁴⁸ кінцевого попиту на енергію і має всі передумови для повної відмови від викопного палива та переходу на використання енергії з ВДЕ. В першу чергу заслуговують на увагу технології точного землеробства, які дозволяють провести декілька сільськогосподарських операцій за один прохід техніки.

⁴⁸ Сільськогосподарські машини включено в сектор транспорту.

Як зазначалося вище, Україна має значний біоенергетичний потенціал і відходи сільськогосподарського виробництва складають значну його частину⁴⁹. Таким чином, сільськогосподарські підприємства можуть повністю забезпечити свої потреби у електроенергії та теплі за рахунок біомаси. І в Україні вже є позитивні приклади. Станом на травень 2015 р. встановлені потужності з виробництва енергії на основі біомаси склали 3670 МВт_т та 14 МВт_е⁵⁰. Особливо перспективним є використання біогазу для подальшого виробництва тепла та електроенергії, яку можна використовувати для власних потреб чи продавати за «зеленим» тарифом. Наразі в Україні функціонують близько 20 біогазових комплексів, найбільші з яких мають такі компанії як «Українська молочна компанія» (1 МВт), «Оріль Лідер» (5,7 МВт), Рокитнянський цукровий завод (2,38 МВт), «Даноша» (1,2 МВт).

В сільському господарстві можливе використання ВДЕ-когенераційних установок (ТЕЦ та міні-ТЕЦ з використанням біогазу, біомаси), геотермальних установок⁵¹ для нагрівання води/ виробництва електроенергії..

Заміщення викопного палива на біоетанол, біодизель та біогаз є також надзвичайно важливим для переходу на 100% ВДЕ у сільськогосподарському секторі. Моторні біопалива мають відповідати критеріям сталості, передбаченим ст. 17 Директиви ЄС 2009/28/ЄС від 23 квітня 2009 р.

Сільськогосподарські машини та механізми на біогазі лише перебувають на стадії випробувань перед виробництвом у промисловому масштабі (наприклад, модель New Holland Methane Power Tractor⁵²). Більш поширеним є варіант переобладнання наявних тракторів та інших механізмів з двигунів внутрішнього згорання на електроприводи. Лише набувають поширення електротрактори з ціною 8000-10000 дол. США (виробництво Китай) з вантажопідйомністю до 300 кг⁵³. Також наявні вантажівки (б/в, за ціною від 5000 США на метані, ціна в Україні), трактори (б/в, за ціною від 1000 США на метані, ціна в Україні), молоковози (б/в, за ціною 4000-5000 США на метані, ціна в Україні), тягачі, рокли (б/в, за ціною від 9000 США на метані, ціна в Україні, з вантажопідйомністю близько 2000 кг). Електротрактори (б/в) в Україні коштують в середньому 13000-15 000 дол. США, проте вони ще не є поширеними. Очікується

⁴⁹ За оцінками Біоенергетичної асоціації, потенціал сільськогосподарських відходів та залишків становив... у 2013 і до ... рр. може зрости до

⁵⁰ Гелетуха Г.Г., Железна Т.А., Крамар В.Г., Кучерук П.П. Перспективи розвитку біоенергетики як інструменту заміщення природного газу в Україні Аналітична записка БАУ №12 2015 р.

⁵¹ Геотермальні установки в Україні особливо перспективні на Західній Україні (Тернопільська, Львівська, Закарпатська обл.), а також на Сході України (Сумська, Полтавська обл.). Основною перешкодою поширенню геотЕС є високі інвестиції – інвестиції на кВт встановленої потужності для геотЕС є у 2-3 рази вищими, ніж інвестиції у ТЕС на біомасі. У США собівартість виробництва енергії на геотЕС складає 0,015–0,025 дол. США/кВт. Джерело: Перспективи энергетических технологий. Сценарии и стратегии до 2050 г. 2006 г. International Energy Agency

⁵² <http://agriculture.newholland.com/ir/en/WNH/CEL/Pages/methane.aspx>

⁵³ <https://www.alibaba.com/countrysearch/CN/electric-tractor.html>

випуск вітчизняних електротракторів марки «Едісон» на базі Харківського тракторного заводу⁵⁴.

Таким чином, при реалізації [р]еволюційного сценарію для сільського господарства важливим буде перехід на точне землеробство, використання когенераційних установок на ВДЕ-, які можуть використовувати локальну сировинну базу, та заміщення моторних палив на біоетанол та біодизель (мають відповідати критеріям сталості) та електроенергію у сільськогосподарському транспорті.

• Промисловість

Металургійна промисловість. В Україні виробництво сталі⁵⁵ здійснюється за трьома технологічними процесами: киснево-конверторним (**ОБС – Oxygen-Blown Converter**), мартенівським⁵⁶ (**ОНФ – Open Hearth Furnace**) (*провідними країнами не використовується*) та електродуговим (**ЕФ – Electric Furnace**). В цілому витрати електроенергії на виробництво тонни сталі залежить від низки факторів, зокрема від ємності електропечі, тривалості плавки тощо і можуть коливатися від 325 до 735 кВт·год/т. Як свідчить практика, термін експлуатації зазначених потужностей з урахуванням модернізації може досягати 50-ти і більше років⁵⁷.

З точки зору реалізації [Р]еволюційного сценарію переходу на 100% ВДЕ в металургійній галузі для діючих підприємств найбільш реальним є перехід від мартенівського способу виробництва до «**електродугового**»⁵⁸, що дозволить суттєво скоротити витрати електроенергії на виробництво трони продукції.

При будівництві нових металургійних заводів, як правило, перевагу віддають дуговим електропечами трьохфазного перемінного току з високим повним електричним опором контуру, які працюють з вторинною напругою 1000 В і більше (ДЕП) і дуговими печами постійного току (ДППТ) з одним катодом (див. порівняння технічних характеристик ДЕП та ДППТ в Таблиці 5.4.)⁵⁹. Як свідчить досвід промислової експлуатації, дугові електропечі та дугові печі постійного току будуються за однаковим принципом проектування і управління, тому технологія переплаву металошихти в цих печах і техніко-економічні показники плавки не мають суттєвих відмінностей.

⁵⁴ В Украине выпускают электротрактор, не имеющий аналогов

<https://www.autocentre.ua/kommercheskie/novinka-kommercheskie/v-ukraine-vypustyat-elektrotraktor-ne-imeyuschiy-analogov-45612.html>

⁵⁵ Сталь виробляється із залізної руди і металобрухту. Із залізної руди в доменних печах виплавляється первинний сплав заліза – передільний чавун, який переробляється на сталь. Крім отримання передільного чавуну за останні сорок років широке застосування набув спосіб прямого отримання заліза безпосередньо із рудних матеріалів, не застосовуючи стадію виробництва чавуну в доменних печах. Сьогодні у світі близько 5% всієї сталі виробляється із DRI(?). Ще близько 35% нерафінованої сталі отримують із металобрухту. Розвиток цих технологій є перспективним з точки зору реалізації [р]еволюційного сценарію 100% ВДЕ в металургійній галузі України.

⁵⁶ За результатами 2014 р. понад 20% (або 5,6 млн т) сталі в Україні вироблено мартенівським способом.

⁵⁷ Так, наприклад, вітчизняний електрометалургійний завод "Дніпроспецсталь" здійснив першу плавку електросталі ще у 1932 р.

⁵⁸ При виробництві тонни електросталі споживається від 4 до 6 ГДж первинної енергії.

⁵⁹ Дуговые печи переменного и постоянного тока / Украинская ассоциация сталеплавателей. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <<http://uas.su/books/2011/minizavod/221/razdel221.php>>.

В Україні, для переходу на технологію електросталі, за розрахунками ДУ «Інститут економіки та прогнозування НАН України»⁶⁰, вітчизняним підприємствам необхідно витратити близько 4 млрд дол. США, або близько 540 дол. США/т сталі. Прикладом може слугувати нещодавно побудований корпорацією «Інтерпайп» новий електрометалургійний завод «Інтерпайп Сталь» потужністю 1,3 млн т круглої заготовки в рік вартістю близько 700 млн дол. США. Основною перешкодою при переході на виробництво електросталі є обмеженість металобрухту.

Таблиця 5.4

Технічні характеристики типових ДЕП та ДППТ

Показник	ДЕП на заводі Badische «Stahlwerke GmbH» (Німеччина)	ДЕП на заводі «Nucor Yamato Steel» (США)	ДППТ на заводі «Peiner Trager GmbH» (Німеччина)
Вага плавки, т	80	112	100
Повна електрична потужність, МВА	57	90	140
Вторинна напруга, В	660	1100	1120
Сила струму дуги, кА	56	н.д.	125
Розміри кожуха: днище/каркас, м	5,5/5,8	6,7/н.д.	7,1/7,3
Діаметр електродів, мм	550	610	750
Продуктивність, тис. т/рік	829	1427	1032
Максимальна кількість плавок за добу	51	н.д.	43
Питомі витрати:			
електроенергії, кВт.год/т	325	342	350
електродів, кг/т	1,8	1,6	0,9
Кисню, куб.м/т	48	51	28

Хімічна промисловість

Лише деякі виробничі процеси хімічної промисловості є суттєвими з точки зору енерговитрат. Зокрема, понад 70% всієї кінцевої енергії, що споживається в хімічній промисловості припадає на⁶¹:

В нафтохімії: паровий крекінг сирової нафти, етану та іншої сировини для виробництва етилену, пропилену, бутадієну та ароматичних сполук; обробку ароматичних сполук; виробництво метанолу.

В неорганічній хімії: виробництво аміаку; виробництва аміаку та гідроксиду натрію.

⁶⁰ Імплементация Угоди про асоціацію між Україною та ЄС: рекомендації на основі досвіду країн Східної Європи: наукова доповідь / за ред. Акад. НАН України В.М. Гейця; чл.-кор. НАН України А.І. Даниленка, чл.-кор. НААН України, д-ра екон. наук Т.О. Осташко; НАН України, ДУ «Ін-т екон. та прогноз. НАН України». – К., 2015. – 104 с. – С.86.

⁶¹ Перспективы энергетических технологий. В поддержку Плана действий «Группы восьми». Сценарии и стратегии до 2050 г. ОЭСР/МЭА, WWF России (перевод на русский язык, ред. часть 1 А. Кокорин, часть 2 Т. Муратова. – М.: 2007. – 586 с. – С. 505.

Серед хімічних підприємств України найбільш енергоємною є продукція основної хімії. В цілому підприємства вітчизняної хімічної промисловості щорічно споживають близько 6,6 млрд. кВт·год електроенергії⁶² – що має бути замінено на електроенергію з ВДЕ в рамках запровадження [Р]еволюційного сценарію 100% ВДЕ в цій галузі.

За експертними оцінками, за умов впровадження у виробництво сучасних технологій, енергетичні витрати на виробництво основних хімічних речовин (аміаку і нафтопродуктів) можуть бути знижені щонайменше на 20%⁶³.

Целюлозно-паперова промисловість. Споживання енергії цією галуззю ділиться між декількома видами різних процесів виробництва целюлози і паперу. До основних процесів належать: хімічна і термохімічна варка целюлози; механічна варка целюлози; переробка макулатури; виробництво паперу.

Під час механічної варки целюлози споживається найбільша кількість електроенергії. У процесі хімічної варки в якості побічного продукту спалюється чорний луг, який пізніше спалюється в котлі-утилізаторі для виробництва тепла і електроенергії. На тонну целюлози в результаті спалювання чорного лугу можна отримати приблизно 22 ГДж енергії. При ефективній схемі утилізації і певній конфігурації, установка хімічної варки може слугувати справжнім генератором енергії.

Практика доводить, що в целюлозно-паперовому виробництві існує потенційна можливість заміни традиційних енергоресурсів на відновлювальні.

Основні підприємства галузі являють собою або целюлозні фабрики, або фабрики повного циклу з виробництва целюлози і паперу. Фабрика з повним виробничим циклом є більш ефективною з енергетичної точки зору, ніж комбінація окремих фабрик з виробництва целюлози і паперу. Проте, фабрика з повним циклом потребує подачі електроенергії з електромережі та додаткового паливно-енергетичних ресурсів.

Сучасні заводи з виробництва хімічної целюлози використовують лише біомасу, є самодостатніми відносно енергозабезпечення і постачають надлишки електроенергії в електромережу. Споживання пари такою фабрикою, як правило, становить 10,4 ГДж/т целюлози, а надлишок електроенергії складає 2 ГДж/т. фабрика з повним циклом споживає 13,6 ГДж/т (маючи незначний надлишок біопалива) і має дефіцит електроенергії в 1,8 ГДж/т.

За нашими розрахунками вартість реалізації [р]еволюційного сценарію 100% ВДЕ в цій галузі до 2050 р. може становити 250–300 дол./т продукції.

⁶² Галузева програма енергоефективності та енергозбереження на період до 2017 р., затверджена Мінпромполітики України від 25.02.2009 р. №152 [Електронний ресурс]. – Доступний з: <http://refdb.ru/look/2511500-pall.html>

⁶³ 1) Енергозбереження в промисловості. Частина 1 / А.В. Праховник, О.М. Суходоля, С.П. Денисюк, В.В. Прокопенко. [Електронний ресурс]. – Доступний з :
«http://www.electroprivod.kpi.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=139&Itemid=57»;
2) Перспективы энергетических технологий. В поддержку Плана действий «Группы восьми». Сценарии и стратегии до 2050 г. ОЭСР/МЭА, WWF России (перевод на русский язык, ред. часть 1 А. Кокорин, часть 2 Т. Муратова. – М.: 2007. – 586 с. – С. 505.

Виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції. Виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції включає в себе цемент, вапно, скло, соду, кераміку, цеглу та інші матеріали.

Понад 60% енерговитрат на виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції йде на виробництво цементу. Найбільш енергоємним процесом при цьому є виробництво цементного клінкеру із вапна і крейди. Найчастіше застосовують портланд-цемент, 95% якого складається з клінкеру. Виробництво клінкеру відбувається шляхом нагріву вапна до температури понад 950 °С.

У цементній промисловості застосовуються три способи виробництва клінкеру, що відрізняються технологією підготовки сировинних сумішей: мокрий, сухий і комбінований. Найбільш енергоефективним є сухий спосіб виробництва цементу (витрати палива на випалення клінкеру можуть бути на 40–50% нижчими порівняно з мокрим способом).

Сьогодні, середнє споживання енергії на тонну виробленого портланд-цементу в індустриально розвинутих країнах становить близько від 3,0 до 4,0 ГДж⁶⁴. На думку експертів⁶⁵ теоретично мінімальне енергоспоживання може складати 1,76 ГДж на тонну цементного клінкеру. Водночас енергоефективність існуючих печей з підігрівачами й попереднім обпалюванням складає 3,06 ГДж енергії на тонну клінкеру, в той час як за мокрою технологією споживається від 5,3 до 7,1 ГДж на тонну клінкеру.

Частка споживання енергоресурсів при виробництві цементу (різні технології) може коливатися: вугілля – від 7 до 96%; нафти – від <1 до 52%; природного газу – від 0 до 68%; інших енергоресурсів – від 0 до 42%. Однак, сьогодні, завдяки наявним перспективним технологіям у процесі виробництва цементу існує можливість повної заміни викопного палива відходами або біомасою⁶⁶ (зношені шини, деревина, пластмаса, хімікати та інші відходи у великій кількості). В Україні прикладом використання відходів можуть бути такі підприємства, як Івано-Франківськцемент, Миколаївцемент, Волинь-цемент, Подільський цемент

Зазначимо, що сучасні сухі барабанні клінкерні печі характеризуються досить високими показниками економії енергоресурсів, споживаючи близько 3 ГДж/т. Термодинамічний мінімум, необхідний для підтримки ендотермічної реакції становить близько 1,8 ГДж/т.

Як приклад, виходячи із вітчизняного досвіду, зокрема спорудження нової сухої печі та консервації 4-х мокрих на ПАТ «Подільський цемент» для реалізації на даному

⁶⁴ Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Production of Cement, Lime and Magnesium Oxide / [Електронний ресурс]. – Доступний з : eippcb.jrc.ec.europa.eu/reference/BREF/CLM_30042013_DEF.pdf

⁶⁵ Миколюк О., Ковальчук І. Практика впровадження енергоефективних технологій на підприємствах цементної промисловості України / О. Миколюк, І. Ковальчук // Вісник Хмельницького національного університету. – 2014. – № 1. – С. 227–230.

⁶⁶ В Бельгії, Франції, Німеччині, Нідерландах і Швейцарії за рахунок заміщення палива отримують у середньому від 35 до 70% і більше всієї використовуваної енергії. На деяких заводах досягнуто 100-й рівень заміщення. Водночас, високий рівень заміщення можливий лише за наявності системи попередньої обробки й контролю.

етапі [р]еволюційного сценарію 100% ВДЕ в цементній промисловості⁶⁷, за нашими розрахунками необхідно близько 1,3 млрд. євро, або близько 85 євро/т. Термін експлуатації зазначених технологій може сягати 50-т і більше років.

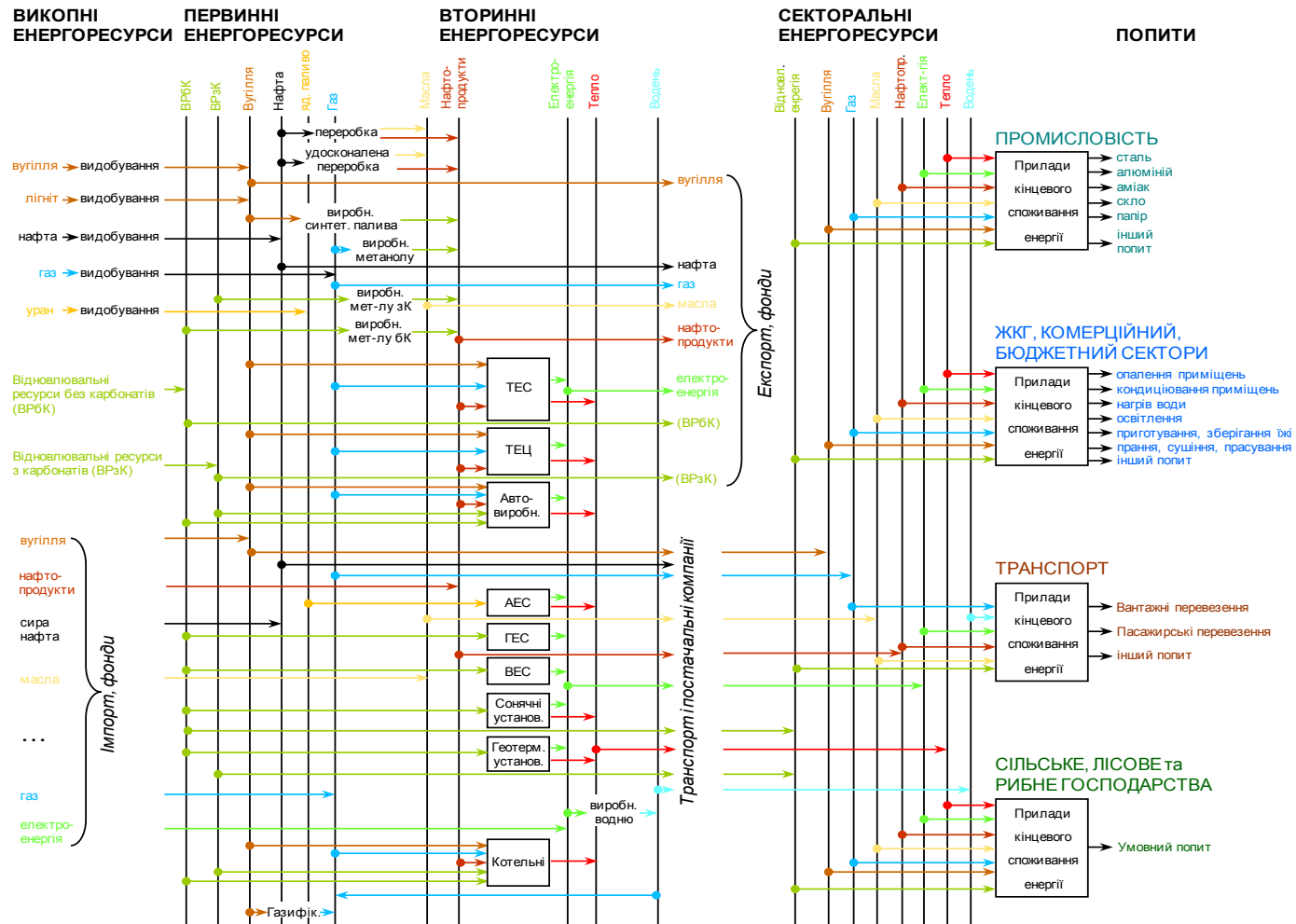
Основним бар'єром до переходу на використання альтернативних паливних ресурсів при виробництві цементу – суперечливий вплив на довкілля сміттєспалювальних установок.

Інші галузі промисловості. Інші галузі промисловості стандартною представлено у моделі TIMES чотирма типами умовних технологій, що задовольняють потреби у технологічному теплі, машинному приводі, електрохімічному процесі та інших процесах. Всі ці процеси, в рамках реалізації [р]еволюційного сценарію 100% ВДЕ, теоретично можуть бути забезпеченні використанням електричної та теплової енергії отриманих з відновлювальних джерел.

⁶⁷ За даними Державної служби статистики України у 2015 р. вітчизняними підприємствами було вироблено 8,5 млн т цементу. Водночас за експертними оцінками за сприятливих умов в Україні може вироблятися близько 24 млн т цементу.

ДОДАТКИ

Додаток Д.1. Базова структура енергетичної системи в моделі TIMES-Україна



Додаток Д.2. База даних моделі TIMES-Україна

База даних моделі TIMES- Україна містить звітні дані статистичних спостережень Державної служби статистики України, зокрема:

- форми: 1П-НПП "Звіт про виробництво промислової продукції"; 4-мтп "Звіт про використання енергетичних матеріалів та продуктів перероблення нафти"; 11-мтп "Результати використання палива, теплоенергії та електроенергії"; №4-ТЗ "Звіт про кількість та технічний стан автомобілів, автобусів, мототранспорту і причепів (напівпричепів)"; №51-авто "Звіт про обсяги вантажних та пасажирських перевезень залізничним транспортом загального користування"; №2-тр "Звіт про роботу автотранспорту"; №2-етр "Звіт про роботу міського електротранспорту"; №51-ЦА "Звіт про основні показники роботи авіаційного підприємства"; №31-вод "Звіт про перевезення вантажів і пасажирів водним транспортом"; №1-торг (нафтопродукти) "Звіт про продаж світлих нафтопродуктів і газу"; "Експорт-імпорт окремих видів товарів за країнами світу";

- збірники "Виробництво і споживання електроенергії та окремі техніко-економічні показники роботи електростанцій в Україні"; "Про основні показники роботи опалювальних котелень і теплових мереж України"; "Транспорт і зв'язок в Україні"; «Житловий фонд України»; «Наявність у домогосподарствах товарів тривалого користування»; «Соціально демографічні характеристики домогосподарств України»; «Готелі та інші місця для тимчасового проживання»; «Дошкільна освіта України»; «Загальноосвітні навчальні заклади України»; «Основні показники діяльності вищих навчальних закладів України»; «Заклади культури, мистецтва, фізкультури та спорту України»; «Заклади охорони здоров'я та захворюваність населення України»; «Мережа роздрібної торгівлі та ресторанного господарства підприємств»; «Наявність і використання торгової мережі на ринках»; «Про основні показники роботи водопровідного господарства України»; «Про основні показники роботи газового господарства України».

Також база даних моделі TIMES- Україна містить інформацію Міністерства енергетики та вугільної промисловості України, зокрема звітні форми: "Виробництво і відпуск електроенергії енергетичними компаніями та електростанціями"; "Відпуск теплоенергії енергетичними компаніями та електростанціями"; "Робота енергоблоків 150, 200, 300 і 800 МВт"; "Рух палива на енергетичних підприємствах"; "Питомі витрати умовного палива на відпуск електроенергії енергетичними компаніями та електростанціям України"; "Питомі витрати умовного палива на відпуск теплоенергії енергетичними компаніями та електростанціям України"; "Технологічні витрати електроенергії на передачу електричними мережами"; "Витрати (втрати) теплової енергії на її транспортування в теплових мережах"; "Собівартість електричної і теплової енергії"; "Добові графіки споживання потужності ОЕС України".

Для верифікації існуючих і перспективних технологій використовуються дані Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, вітчизняних

енергогенеруючих, енерго- і газопостачальних компаній, а також компаній з видобування нафти, газу і вугілля.

Для визначення перспективних енергетичних технологій та їх техніко-економічних характеристик використовувалися дані Міжнародного енергетичного агентства, що міститься в періодичних публікаціях, зокрема, в Energy Technology Perspectives⁶⁸, та інформаційно-аналітична база енергетичних технологій E-TechDS⁶⁹, створена Програмою системного аналізу енергетичних технологій (ETSAP). Також було використано дані університету DIW Berlin, зокрема робота "Current and Prospective Costs of Electricity Generation until 2050"⁷⁰. Високої уваги заслуговує робота (звіт) "Projected Costs of Generating Electricity"⁷¹ здійснена такими провідними і авторитетними установами, як Міжнародне енергетичне агентство та Агентство з ядерної енергетики (АЯЕ) при Організації економічного співробітництва та розвитку.

Інформація щодо ефективних технологій використання енергоресурсів наявна також на сайтах вітчизняних компаній-виробників або компаній-постачальників, однак, переважно, вона не містить усіх необхідних даних. Більш систематизовані дані можна знайти на інформаційних ресурсах профільних асоціацій (Біоенергетична асоціація України⁷², Українська вітроенергетична асоціація⁷³, Українська асоціація відновлювальної енергетики⁷⁴), НАЕК «Енергоатом»⁷⁵ та ін.

Для визначення показників довгострокового економічного розвитку України використовуються дані ДУ "Інститут економіки та прогнозування НАН України", міжнародних фінансових, рейтингових агентств та ін. організацій (наприклад, Міжнародного валютного фонду, Світового банку, Standard & Poor's тощо), а також Міністерства економічного розвитку і торгівлі України.

Наразі прогноз цін на основні енергетичні ресурси базується на даних Світового Банку, а саме на звіті Commodity Markets Outlook⁷⁶. Однак, при проведенні досліджень щодо перспектив реалізації [р]евольюційного сценарію в Україні буде розглянуто можливість використання прогнозних імпорتنих цін на основні енергетичні ресурси від

⁶⁸ Energy Technology Perspectives / IEA. — Режим доступу: <http://www.iea.org/etp/>

⁶⁹ E-TechDS – Energy Technology Data Source / The Energy Technology Systems Analysis Program (ETSAP) — Режим доступу: <http://iea-etsap.org/index.php/energy-technology-data>

⁷⁰ Current and Prospective Costs of Electricity Generation until 2050 // Deutsches Institut für Wirtschaftsforschung. Режим доступу: http://www.diw.de/documents/publikationen/73/diw_01.c.424566.de/diw_datadoc_2013-068.pdf

⁷¹ Projected Costs of Generating Electricity // International Energy Agency, Nuclear energy agency under the Organisation for Economic Co-operation and Development, 2015. Режим доступу: <https://www.oecd-ne.org/ndd/pubs/2015/7057-proj-costs-electricity-2015.pdf>

⁷² <http://www.uabio.org/>

⁷³ <http://www.uwea.com.ua/>

⁷⁴ <http://uare.com.ua/>

⁷⁵ Стратегічний розвиток ядерної галузі України / НАЕК «Енергоатом», 2016. — Режим доступу: http://www.atom.gov.ua/ua/press/nngc/45256-strategchniy_rozvitok_yaderno_galuz_ukrani_sluhannya_komtetu_vr_z_pitan_pek_yaderno_poltiki_ta_yaderno_bezpeki/

Міжнародного енергетичного агентства, що представлено в Energy Technology Perspectives 2016 - Towards Sustainable Urban Energy Systems⁷⁷.

Прогнозної демографічної динаміки в Україні базується на даних Інституту демографії та соціальних досліджень НАН України⁷⁸ і Департаменту ООН з соціальних та економічних питань⁷⁹ щодо.

Коефіцієнти для викидів CO₂, CH₄ та N₂O при спалюванні палива в стаціонарних установках в різних секторах, ґрунтуються на даних, Національного кадастру антропогенних викидів із джерел і абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за 1990-2014 рр.⁸⁰

Додаток Д.3. Кругообіг потоків в моделі GTAP

Для представлення кінцевих споживачів в моделі використовується поняття «Регіонального домогосподарства», яке виступає узагальненням процесів отримання доходів кінцевого споживання і заощадження домогосподарствами та державою. Два інших ключових агенти в моделі – це «Виробники» та «Решта світу».

В рамках моделі розрізняють різні рівні цін залежно від етапу оподаткування та визначення витрат на транспортування продукції між країнами. Так, в моделі виділяють ринкові ціни, які домінують на ринку. Після накладання на них експортного податку, отримуємо т.з. ціну FOB, якщо до неї додати витрати на транспортування, отримуємо ціну CIF, якщо на ринкові ціни факторів виробництва чи товарів і послуг накласти податки, отримуємо ціни агентів – виробників, домогосподарств чи держави. Загальна схема кругообігу потоків, представлена нижче, зберігається і в рамках подальших удосконалень/модифікацій моделі, зокрема і при переході до динамічної моделі GTAP-dyn.

⁷⁷ Energy Technology Perspectives 2016 - Towards Sustainable Urban Energy Systems / International Energy Agency. — <http://www.iea.org/etp/etp2016/>

⁷⁸ Демографічний прогноз по Україні на 2014-2061 рр. // Інститут демографії та соціальних досліджень НАН України. — Режим доступу: <http://www.idss.org.ua/monografii/popforecast2012.zip>

⁷⁹ World Population Prospects: The 2012 Revision // Population Division of the United Nations Department of Economic and Social Affairs of the United Nations Secretariat. — Режим доступу: http://esa.un.org/unpd/wpp/unpp/panel_population.htm

⁸⁰ National Inventory Submissions 2016 / United Nation Framework Convention on Climate Change. — Режим доступу: http://unfccc.int/files/national_reports/annex_i_ghg_inventories/national_inventories_submissions/application/zip/ukr-2016-nir-18jul16.zip

