

Financed under a grant provided by the Government of Sweden through the SWUK – SIDA-EBRD Ukraine Energy Efficiency and Environment Consultant Cooperation Fund

# SUPPORT TO THE GOVERNMENT OF UKRAINE ON UPDATING ITS NATIONALLY DETERMINED CONTRIBUTION (NDC)

C40502/8492/47661

**ЗВІТ 3/ Звіт з моделювання**



Project implemented by the Institute  
for Economics and Forecasting, NASU



Цей Звіт 3 / Звіт з моделювання був підготовлений Інститутом економіки та прогнозування Національної академії наук України (ІЕПр) для уряду України. Будь-які погляди, думки, припущення, заяви та рекомендації, висловлені в цьому документі, є висловлюваннями ІЕПр і не обов'язково відображають офіційну політику чи позицію уряду України.



Європейський банк реконструкції та розвитку та уряд України не несуть жодної відповідальності стосовно будь-яких вимог будь-якого характеру будь-якої третьої сторони, що прямо або опосередковано стосується ролі ЄБРР у виборі, залученні чи моніторингу роботи ІЕПр ІЕФ та / або як наслідків використання роботи ІЕПр.



Цей Звіт 3 / Звіт з моделювання був підготовлений в рамках Проекту, що здійснюється за фінансової підтримки Швеції

Експерти Проекту, задіяні в підготовці звіту: Олександр Дячук, Наталя Кушко, Ігор Онопчук, Роман Подолець, Максим Чепелев, Сергій Шмарін. Експерти Проекту вдячні Тетяні Зеленюк, Валентині Козюбри, Владиславу Пеккоєву та Андрію Семенюку у допомозі при підготовці цього звіту.

## ОСНОВНІ ВИСНОВКИ

### Мета

- Паризька угода, підписантом якої є Україна, передбачає, що орієнтовно до середини сторіччя або пізніше світ має досягти близького до нуля ("net-zero") рівня викидів ПГ.
- Ми пропонуємо, щоб в рамках Національно-визначеного внеску України були встановлені як довгострокова ціль щодо внеску до глобальної боротьби зі зміною клімат, так і низка середньострокових цілей.
- В рамках цього звіту було проведено аналіз різних траєкторій розвитку української економіки та оцінено наслідки впровадження різних наборів політик і заходів на обсяги витрат та динаміку викидів ПГ.

### Висновки

- Дотримання поточного шляху розвитку відповідного до Базового сценарію не забезпечить відокремлення динаміки економічного зростання від динаміки викидів ПГ (декаплінгу).
- Водночас, результати моделювання демонструють, що перехід до сталої низьковуглецевої та кліматично стійкої економіки з суттєвим зниженням викидів ПГ відповідно до цілей Паризької угоди є можливим для України.
- В цьому відношенні в середньостроковій перспективі критично важливим є повна реалізація діючих та розроблених державних програмних документів та іншого законодавства. Проведений аналіз демонструє, що це може бути досягнуто за помірних структурних трансформацій, проте відкриває можливості для України посилити рівень амбітності та досягти умовно нульових викидів ("net-zero emissions") до 2070 р. (Сценарії 2 і 3).
- Реалізація довгострокових кліматичних амбіцій (сценарій 3) дозволить Україні не лише провести трансформацію в напрямку кліматично нейтральної економіки, але також підвищити інноваційність та конкурентоспроможність економіки, основними складовими якої будуть технологічно розвинені енергетичний сектор та сектор послуг, уникаючи при цьому заморожування капіталу в неефективних та застарілих активах.
- Загальні витрати на реалізацію довгострокової стратегії досягнення умовно нульових викидів ПГ будуть на 49% або на 562 млрд Євро вищими за сценарій, що передбачає інерційний економічний розвиток.

### Що має відбутися

- Багато цільових показників та індикаторів розвитку України до 2030 р. вже розроблено.

- Проте політики та заходи, що дозволять досягти цих показників, все ще повинні бути визначені та впроваджені. По кожному напрямку таких політик мають бути встановлені відповідні цілі. Різниця між Сценаріями 1 та 2 це чітко демонструє важливість реалізації цих політик.
- Зміни мають відбутися за наступними напрямками:
  - Збільшення встановленої потужності енергогенерації з ВДЕ
  - Запровадження новітніх технологій, таких як водень, уловлювання та захоронення вуглецю, тощо
  - Значне підвищення рівня енергоефективності в будівлях
  - Підвищення рівня електрифікації транспорту
  - Покращення практик поводження з відходами та використання води
  - Збільшення вирощування органічних культур та скорочення метану в сільському господарстві
  - Підвищення рівня поглинання шляхом лісорозведення
- Це означає що все кліматично-пов'язане законодавство має стати важливим пріоритетом уряду України та має бути запроваджено без подальших затримок. Це поставить Україну на шлях економічної трансформації та інновації, що вже передбачено Стратегією низьковуглецевого розвитку України до 2050 року.
- Наступним кроком проекту буде розробка Звіту 4, що завершить моделювання та аналіз сценаріїв чутливості та запропонує вуглецевий бюджет, запропонує огляд секторальних політик та заходів, що мають бути впроваджені та аналіз потенційних прогалин, а також дасть рекомендації щодо кліматичного фінансування.

## РЕЗЮМЕ

### 1. Мета звіту

Цей звіт підготовлено в рамках проекту ЄБРР “Підтримка уряду України щодо оновлення НВВ України для Паризької угоди”.

Цей звіт описує підхід та отримані результати моделювання траєкторій викидів парникових газів (далі – ПГ) до 2050 року відповідно до прогнозування виконаного на основі доступних в Україні моделей та засобів, включаючи TIMES-Україна що було використано для секторів Енергетика та Промислові процеси (в розумінні Міжурядової групи експертів з питань зміни клімату (далі - МГЕЗК), модель загальної рівноваги України та комбінованих модельних підходів для секторів Відходи, Сільське господарство та ЗЗЗЛГ.

### 2. Структура звіту

**Розділ 1** звіту нагадає загальний огляд запропонованого методологічного підходу, що було використано для моделювання сценаріїв другого Національно визначеного внеску України (далі – НВВ2), більш детально методологічний підхід було представлено в попередньому звіті проекту – *Довідковий звіт*.

**Розділ 2** звіту надає огляд прогнозів макроекономічного сценаріїв, що були розроблені спеціально для цілей НВВ2 України. Базовий макроекономічний сценарій, що було використано для всіх трьох сценаріїв викидів ПГ, передбачає середнє зростання рівня ВВП на рівні 3,5–4,5% за період 2018-2050 (графік 2.2) як результат структурних макроекономічних реформ в Україні, демографічний прогноз передбачає продовження зниження населення досягаючи 37.7 мільйонів людей в 2030 та 35.6 мільйонна 2050 (графік 2.3). Базовий макроекономічний сценарій використовує данні звіту Міжнародного енергетичного агентства (далі - МЕА) Світовий енергетичний огляд 2018 щодо прогнозований цін на енергоносії (таблиця 2.4) та оцінює потенціал відновлювальної енергетики до 2050 року, використовуючи експертні оцінки та данні звіту, що було розроблено в рамках ініціативи фонду Генріха Бьоля.

**Розділ 3** звіту надає огляд результатів моделювання траєкторій викидів ПГ в Україні до 2050 року для всіх секторів МГЕЗК (енергетика, промислові процеси, відходи, сільське господарство та ЗЗЗЛК) по трьом сценаріям, що було розроблено для НВВ2 України. Сценарій 1 – Бізнес як звичайно/Базовий, Сценарій 2 – Референтний сценарій та Сценарій 3 – Кліматично нейтральна економіка.

**Розділ 4** звіту надає загально економічні результати моделювання для трьох сценаріїв НВВ2, включаючи інформацію щодо сценаріїв сталого розвитку МЕА та сценаріїв Спеціального звіту 1.5С МГЕЗК, водночас припускаючи що рівень викидів ПГ в Україні на душу населення буде 1.7 CO<sub>2</sub>e у 2050 році в рамках впровадження Сценарію 3 що відповідає сценаріям Спеціального звіту 1.5С МГЕЗК.

**Розділ 5** надає короткий опис цілей та припущень сценаріїв чутливості що будуть надалі досліджені та проаналізовані в наступному звіті.

### 3. Три сценарії викидів ПГ для цілей 2-го Національно визначеного внеску

- **Сценарій 1/Базовий:** Цей сценарій базується на поточному (частковому) рівні виконання діючого законодавства, коли законодавство реалізується лише частково або зі значними затримками. Наприклад, хоча і на сьогодні досягнуто прогресу у впровадженні Планів дій з енергоефективності та ВДЕ, однак, не виконано законодавчо закріплених обов'язкових цілей, передбачених цими планами).
- **Сценарій 2/Референтний сценарій.** Цей сценарій створено для отримання модельної оцінки своєчасного та повного впровадження всього діючого законодавства, прийнятого до 01.09.2019 р., а також проектів нормативно-правових актів, розроблених та представлених станом на цю дату.
- **Сценарій 3/Кліматично нейтральна економіка:** Цей сценарій передбачає вчасну імплементацію законодавства (існуючого та проектів) як і у Сценарії 2, а також додаткові кліматичні політики, заходи та інноваційні індустріально-випробувані технології (наприклад технології уловлювання та захоронення вуглецю, водень, паливні комірочки, перетворення енергії в газ/паливо/тепло). Цей сценарій відповідає глобальним зусиллям недопущення підвищення глобальної середньої температури на 1,5 °C від до-індустріального рівня.

Наступні ключові припущення було використано для моделювання траєкторій викидів ПГ за трьома сценаріями в рамках процесу розробки НВВ2 України:

Основні вхідні припущення		2015	2030			2050		
			S1	S2	S3	S1	S2	S3
<b>Економічні параметри</b>								
ВВП, %, середній за період		-9.8	4.2			3.2		
Добувна промисловість, % за період		-13.8	1.7			0.6		
Переробна промисловість, % за період		-15.2	5.1			3.8		
Будівництво, % за період		-18.4	5.3			3.9		
Сфера послуг та транспорт, частка у ВВП, %			55.7			58.4		
<b>Демографічні параметри</b>								
Населення, млн осіб		42.9	39.7			35.6		
Середня тривалість життя, років			73.9			76.7		
Середній вік населення, років			42.7			45.4		
Частка населення працездатного віку, %			48.4			43.0		
Кількість пенсіонерів на одного працюючого, осіб			1.14			1.49		
Частка сільського населення, %		32.8	32.3			31.8		
<b>Енергетичні ціни</b>								
Енергетичні ресурси	Нафта марки Brent, дол. США/барель	85	83			89		
	Енергетичне вугілля, Європа, дол. США/т	52	96			132		
	Природний газ, Європа, дол. США/млн БТО	5.8	8.2			9.9		
<b>Відновлювана енергетика (ВДЕ)</b>								
Потенціал ВДЕ, ГВт	Вітрова, ГВт	0.428	8	16	24	60		
	Сонячна (наземні), ГВт	0.359	9	16	36	90		
	Сонячна (дахові), ГВт	0.022	3	6	12	36		
	Біоенергетика, млн т н.е.	2.1	30			42.1		
	Гідроенергетика (великі), ГВт	5.9	6.3			6.3		
	Гідроенергетика (малі), ГВт	0.09	0.250			0.375		
	Геотермальна енергетика, ГВт	~0.0	0.4	0.8	0.6	1.4		
Частка ВДЕ (разом із ГЕС/ГАЕС) в ЗППЕ, %		3	>4	>17	>17	>4	>25	>25
Частка ВДЕ (разом із ГЕС/ГАЕС) в електрогенерації, %		6	>9	>13	>13	>9	>25	>25

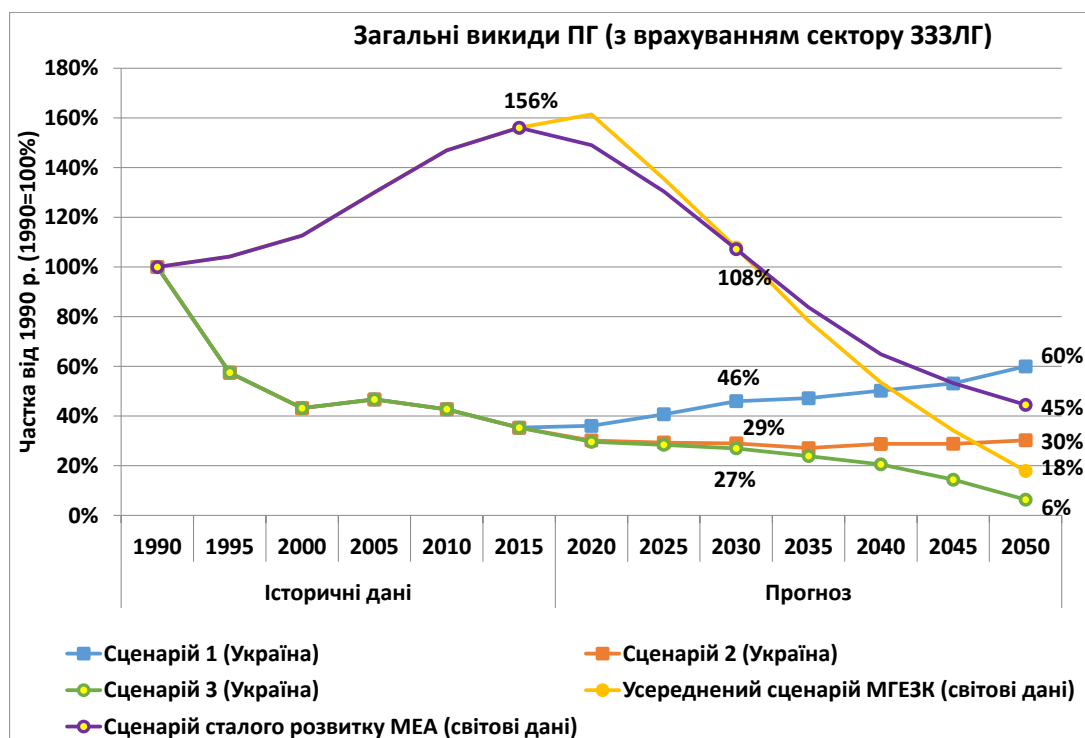
Основні вхідні припущення	2015	2030		2050				
Частка ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні, %	5	>9	>17	>17	>9	>25	>25	
Частка ВДЕ в централізованому тепlopостачанні, %	1	>10	>35	>35	>10	>40	>40	
<b>Енергоефективність (ЕЕ)</b>								
Первинна енергоємність ВВП, т н.е./ 1000 дол. США ВВП за ПКС	0.29	0.23	0.18	0.18	0.18	Н/Ц	Н/Ц	
Первинна енергоємність (лише вуглецеві ресурси), т н.е./1000 дол. США ВВП за ПКС	0.23	0.19	0.11	0.11	0.13	Н/Ц	Н/Ц	
<b>Енергетичні втрати</b>								
Частка втрат в системах тепlopостачання, %	>20	Н/Ц	11	<11	Н/Ц	10	<10	
Частка втрат в електричних мережах, %	12.1	Н/Ц	8	<8	Н/Ц	7	<7	
Частка втрат в газових мережах, % від 2015 р.	–	Н/Ц	20	20	Н/Ц	50	50	
<b>Електроенергетика</b>								
Імплементация Директиви 2010/75/ЄС, %	НІ	НІ	85	100	НІ	100	100	
Частка балануючих потужностей від потужностей ВЕС/СЕС, %	НІ	30/40		30/40		15/20		
Доступність технологій уловлювання та збер-ня вуглецю	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Д	Н/Д	Н/Д	Д	
Доступність технологій паливних елементів (комірок)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Д	Н/Д	Н/Д	Д	
Доступність інноваційних ядерних технологій (ММР)	Н/Д	Н/Д	Н/Д	Д	Н/Д	Н/Д	Д	
<b>Сектор будівель</b>								
Максимальна частка енергозбереження завдяки термомодернізації будівель в домогосподарствах, %		15	50	50	20	75	75	
Максимальна частка енергозбереження завдяки термомодернізації в громадських будівлях, %		15	50	50	20	75	75	
Максимальна частка в опаленні домогосподарств за допомогою сонячних фототермальних технологій, %	0	0.5	10	15	1.5	20	40	
Максимальна частка в опаленні громадських будівель за допомогою сонячних фототермальних технологій, %	0	1.5	10	25	5	25	50	
Максимальна частка в гарячому водозабезпеченні домогосподарств за допомогою сонячних колекторів, %	0	1.5	10	15	5	25	50	
Максимальна частка в гарячому водозабезпеченні громадських будівель за допомогою сонячних колекторів, %	0	1.5	15	35	5	25	60	
<b>Промисловість</b>								
Металургія, % енергозбереження відносно S1		Н/Ц	>10	М/Р	Н/Ц	>15	М/Р	
Хімія, % енергозбереження відносно S1		Н/Ц	>10	М/Р	Н/Ц	>15	М/Р	
Целюлозно-паперова і поліграфічна галузь, % енергозбереження відносно S1		Н/Ц	>10	М/Р	Н/Ц	>15	М/Р	
Виробництво цементу, % енергозбереження відносно S1		Н/Ц	>15	М/Р	Н/Ц	>40	М/Р	
Виробництво скла, % енергозбереження відносно S1		Н/Ц	>15	М/Р	Н/Ц	>30	М/Р	
Виробництво вапна, % енергозбереження відносно S1		Н/Ц	>25	М/Р	Н/Ц	>50	М/Р	
Інша промисловість, % енергозбереження відносно S1		Н/Ц	>25	М/Р	Н/Ц	>50	М/Р	
Промисловість, % енергозбереження відносно S1		Н/Ц	>15	М/Р	Н/Ц	>30	М/Р	
<b>Транспорт</b>								
Електромобілі, % від нових продажів	0	2	10	>20	5	>20	>50	
Водневі автомобілі, % від нових продажів	0	Н/Д	Н/Д	>0	Н/Д	Н/Д	>0	
Частка альтернативного палива (включаючи СНГ, біопаливо, електроенергія, водень), %	9	15	>20	>50	>20	>25	>50	
Частка альтернативного палива (включаючи СНГ, біопаливо, електроенергія, водень) в громадському транспорті, %	9	15	>20	>50	>20	>25	>50	
Частка водневого транспорту в міському громадському транспорті, %	0	Н/Д	Н/Д	>0	Н/Д	Н/Д	>0	
<b>Кліматичні цілі</b>								
Загальні викиди ПГ (з врахуванням ЗЗЗЛГ), млн т CO <sub>2</sub> e	310.2	Н/Ц	Н/Ц	<S2	Н/Ц	Н/Ц	<60	
Вуглецевість	т CO <sub>2</sub> -екв. на людину	7.2	М/Р	М/Р	<S2	М/Р	М/Р	<1.7
	т CO <sub>2</sub> -екв. /1000 дол. США ВВП за ПКС	1.0	М/Р	М/Р	<S2	М/Р	М/Р	<0.1

Основні вхідні припущення	2015	2030		2050			
<b>Сектор «Відходи»</b>							
Продуктування ТПВ на душу населення, т/людину/рік	0.33	0.39	0.39	0.39	0.48	0.48	0.48
Частка сміттєзвалищ для ТПВ, % від продуктування ТПВ	94.4	93.4	30	20	93.4	20	5
Використання метану на сміттєзвалищах, % утворення метану на звалищі	3.5	4.5	23	30	4.5	36	63
Інтенсивність водопостачання порівняно з 2015 роком, %	100	100	70	60	100	50	35
<b>Сектор «Сільське господарство»</b>							
Поголів'я великої рогатої худоби, тисяч голів	2667	3697		4047			
Поголів'я птиці, млн голів	217.4	257.3		282.5			
Видалення метану біогазовими установками відносно загального метану, виділеного гноєм, %	0	0	16	31	0	25	50
Площа органічного рослинництва, тисяч га	270	270	963	1751	270	2000	4000
<b>«Землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство» (ЗЗЗЛГ)</b>							
Лісистість, % від загальної території України	16,1	16.2	17.0	17.0	16.5	20.0	20
Обсяг щорічного лісорозведення, тисяч га	5.23	7.81	60.36	60.36	7.81	90.5	90.5
Частка суцільних рубок головного користування, % від 2015 року	100	100	83	83	100	50	50
Площа ріллі та пасовищ, тисяч га	28786	30147		31347			
Ефективність внесення азотних мінеральних добрив, % від 2015 року	100	100	110	113	100	130	140

Скорочення: **S1** – Сценарій 1; **S2** – Сценарій 2; **S3** – Сценарій 3; **ЗПЛЕ** – Загальне постачання первинної енергії; **ВКЕС** – Валове кінцеве енергетичне споживання; **ВВП** – Валовий внутрішній продукт; **ПКС** – Паритет купівельної спроможності; **НІ** – не імплементовано або немає обмежень; **Н/Ц** – немає цілі в умовах сценарію; **Н/Д** – не доступно в умовах сценарію; **Д** – доступно в умовах сценарію; **М/Р** – модельні результати.

#### 4. Загально економічні результати моделювання

Цей розділ підводить загальні підсумки результатів моделювання за всіма секторами МГЕЗК, включаючи траєкторії викидів ПГ та робить висновки що впровадження обох сценаріїв – Сценаріїв 2 та 3 надає можливість утримувати рівень викидів ПГ України на рівні сценаріїв сталого розвитку МЕА та сценаріїв Спеціального звіту 1.5С МГЕЗК, та впровадження Сценарію 3 надасть можливість Україні утримати рівень викидів ПГ на рівні та нижче сценаріїв Спеціального звіту 1.5°C МГЕЗК.





Ключові вихідні дані	2015	2030			2050		
		S1	S2	S3	S1	S2	S3
<b>Загальні викиди ПГ</b>							
<b>Викиди ПГ, млн т CO<sub>2</sub>-екв.</b>	<b>310.5</b>	<b>408.5</b>	<b>252.7</b>	<b>241.1</b>	<b>523.7</b>	<b>267.3</b>	<b>56.5</b>
<i>Енергетика та Промислові процеси та використання продукції (ППВП)</i>	267.3	359	217	215	466	249	57.2
<i>Сектор «Сільське господарство»</i>	37.3	40.0	38.1	36.6	40.1	36.4	33.1
<i>«Землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство» (ЗЗЛГ)</i>	-6.3	-3.2	-12.2	-18.3	3.0	-24.2	-36.1
<i>Сектор «Відходи»</i>	12.2	12.7	9.8	7.8	14.6	6.1	2.3
<b>Частка викидів ПГ від рівня 1990 року, %</b>	<b>35</b>	<b>46</b>	<b>29</b>	<b>27</b>	<b>60</b>	<b>30</b>	<b>6</b>
<i>Енергетика та ППВП</i>	32	43	26	25	55	30	7
<i>Сектор «Сільське господарство»</i>	45	48	46	44	48	44	40
<i>Сектор ЗЗЛГ</i>	11	5	21	31	-5	41	61
<i>Сектор «Відходи»</i>	103	107	82	65	123	51	19
<b>Викиди ПГ на душу населення, т CO<sub>2</sub>-екв. на людину</b>	<b>7.2</b>	<b>10.1</b>	<b>6.2</b>	<b>6.0</b>	<b>14.2</b>	<b>7.3</b>	<b>1.5</b>
<b>Вуглецеємність ВВП, т CO<sub>2</sub>-екв. / 1000 дол. США ВВП ПКС</b>	<b>0.99</b>	<b>0.77</b>	<b>0.48</b>	<b>0.46</b>	<b>0.58</b>	<b>0.29</b>	<b>0.06</b>
<b>Загальне постачання первинної енергії (ЗППЕ)</b>							
<b>ЗППЕ, млн т н.е.</b>	<b>89.5</b>	<b>124.7</b>	<b>98.6</b>	<b>99.8</b>	<b>162.3</b>	<b>117.3</b>	<b>106.7</b>
<i>вугілля, %</i>	30.2	38.5	23.5	23.1	36.2	24.7	2.0
<i>газ, %</i>	29.0	28.5	27.8	27.3	25.7	18.6	13.8
<i>Нафта та нафтопродукти, %</i>	11.8	11.3	7.9	7.8	12.1	5.9	3.4
<i>Атомна енергія, %</i>	25.5	16.8	24.7	25.4	19.4	26.9	39.5
<i>Електроенергія, %</i>	-0.1	-0.1	0.1	-0.1	0.0	0.0	0.0
<i>Гідроелектроенергія, %</i>	0.6	0.8	1.1	1.1	0.7	0.9	1.1
<i>Вітрова енергія, %</i>	0.1	0.3	1.9	2.0	0.7	4.3	8.5
<i>Сонячна енергія, %</i>	0.0	0.9	1.4	2.3	1.0	4.6	7.8
<i>Біопаливо та відходи, %</i>	2.3	2.5	11.0	11.0	4.2	14.1	23.4
<i>Геотермальна енергія, %</i>	0.6	0.5	0.6	0.1	0.0	0.0	0.5
<b>Частка ВДЕ в ЗППЕ, %</b>	<b>3.6</b>	<b>5.0</b>	<b>16.1</b>	<b>16.5</b>	<b>6.5</b>	<b>24.0</b>	<b>41.1</b>
<b>Частка безвуглецевих енергоресурсів (вкл. атомну енергію) в ЗППЕ, %</b>	<b>29.3</b>	<b>21.8</b>	<b>40.9</b>	<b>41.9</b>	<b>25.9</b>	<b>50.9</b>	<b>80.6</b>
<b>Первинна енергосміність, т н.е. / 1000 дол. США ВВП ПКС</b>	<b>0.29</b>	<b>0.24</b>	<b>0.19</b>	<b>0.19</b>	<b>0.18</b>	<b>0.13</b>	<b>0.12</b>
<b>Первинна вуглецеємна енергосміність, т н.е. / 1000 дол. США ВВП за ПКС</b>	<b>0.21</b>	<b>0.19</b>	<b>0.11</b>	<b>0.11</b>	<b>0.13</b>	<b>0.06</b>	<b>0.02</b>
<b>Кінцеве енергетичне споживання (КЕС) за типами палива</b>							
<b>КЕС, т н.е.</b>	<b>47.5</b>	<b>60.9</b>	<b>50.5</b>	<b>50.7</b>	<b>80.0</b>	<b>55.9</b>	<b>50.4</b>
<i>вугілля, %</i>	12.5	11.7	11.9	12.3	14.9	19.5	0.6
<i>газ, %</i>	29.0	25.0	21.0	21.0	19.5	12.3	4.4
<i>Нафтопродукти, %</i>	18.5	21.2	13.9	13.2	21.9	9.9	6.1
<i>Електроенергія, %</i>	21.5	21.9	27.6	29.1	23.8	38.6	60.6
<i>Теплова енергія, %</i>	15.8	18.7	18.1	17.8	17.9	14.8	18.3
<i>Сонячна енергія, %</i>	0.0	0.1	0.5	0.5	0.2	3.1	3.4
<i>Біопаливо та відходи, %</i>	2.7	1.4	7.0	6.1	1.8	1.8	6.6
<b>Частка ВДЕ у валовому кінцевому енергоспоживанні, %</b>	<b>4.1</b>	<b>6.3</b>	<b>20.7</b>	<b>21.5</b>	<b>8.7</b>	<b>32.3</b>	<b>58.4</b>
<b>Кінцеве енергетичне споживання (КЕС) за секторами</b>							
<b>КЕС, т н.е.</b>	<b>47.5</b>	<b>60.9</b>	<b>50.4</b>	<b>50.7</b>	<b>80.0</b>	<b>55.9</b>	<b>50.4</b>
<i>Промисловість, %</i>	34.5	36.6	39.2	39.6	46.7	50.6	42.4
<i>Населення, %</i>	34.9	28.9	26.6	25.9	19.7	17.7	21.2
<i>Транспорт, %</i>	18.4	21.4	20.4	20.1	21.3	18.3	21.0
<i>Сфера послуг, %</i>	8.1	9.4	9.5	9.7	9.2	8.9	9.7
<i>Сільське господарство, %</i>	4.1	3.7	4.3	4.7	3.1	4.5	5.7
<b>Виробництво електроенергії</b>							
<b>Виробництво електроенергії, млрд кВт-год</b>	<b>157</b>	<b>210</b>	<b>198</b>	<b>207</b>	<b>280</b>	<b>299</b>	<b>385</b>
<i>Вугільні ТЕС/ТЕЦ, %</i>	33	43	18	16	40	14	0.0
<i>Газові ТЕС/ТЕЦ, %</i>	5	4	7	5	2	0	1.3
<i>АЕС, %</i>	56	38	46	46	42	40	41
<i>Біо ТЕС/ТЕЦ, %</i>	0	1	5	5	2	8	9
<i>ВЕС, %</i>	1	2	11	11	5	20	26

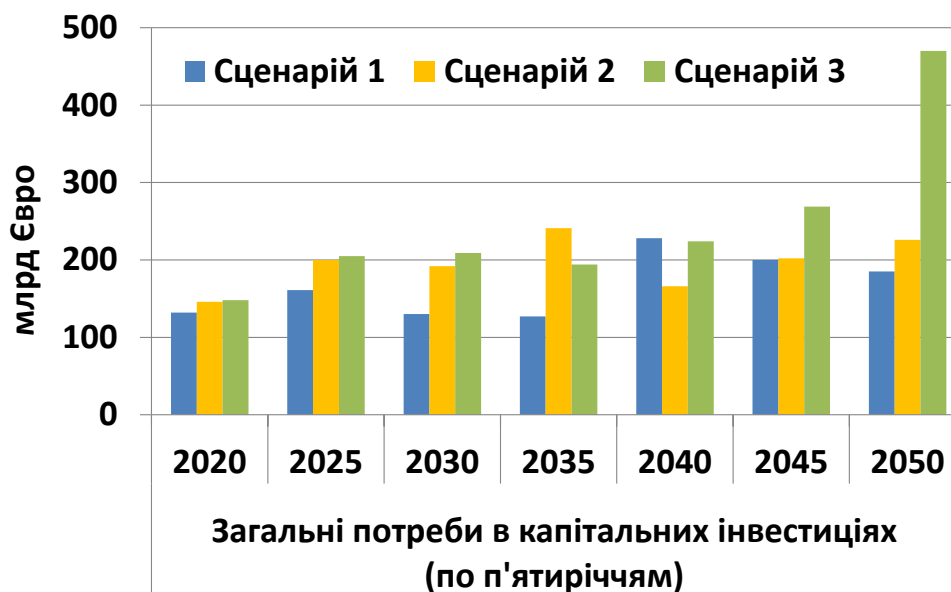
Ключові вихідні дані	2015	2030			2050		
СЕС, %	0	6	7	11	5	14	18
ГЕС/ГАЕС, %	5	6	6	6	4	4	3.4
Геотермальні ЕС, %	0	0		0.3	0	0	1.1
Частка ВДЕ, %	5.9	14.1	29.7	34.1	16.5	46.3	57.7
Частка АЕС, %	56	38	46	46	42	41	40
Частка безвуглецевої енергії, %	62	52	76	80	59	86	99

### Модельні оцінки загальних інвестицій (по 5-річним періодам), млрд Євро

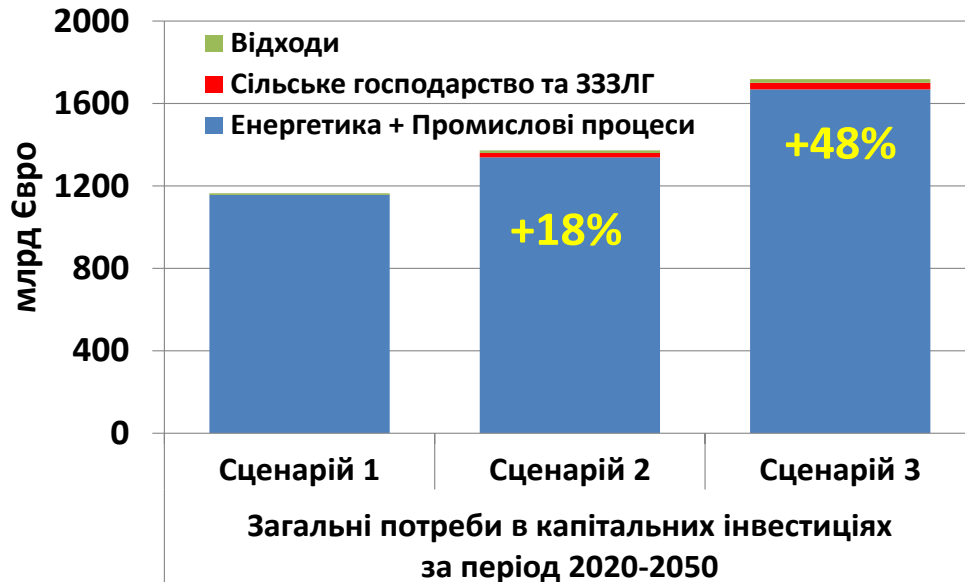
Сценарій	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Енергетика і Промислові процеси та використання продукції, млрд Євро</b>							
Сценарій 1	132	160	129	126	227	199	184
Сценарій 2	144	196	187	236	160	196	220
Сценарій 3	145	199	202	187	216	260	460
<b>Сільське господарство, Землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство, млрд Євро</b>							
Сценарій 1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005
Сценарій 2	1.7	2.1	2.6	3.0	3.5	3.9	4.3
Сценарій 3	1.9	2.8	3.7	4.5	5.4	6.3	7.1
<b>Відходи, млрд Євро</b>							
Сценарій 1	0.04	0.21	0.23	0.25	0.27	0.30	0.32
Сценарій 2	0.4	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1
Сценарій 3	0.6	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9
<b>ВСЬОГО, млрд Євро</b>							
Сценарій 1	132	160	129	126	227	199	184
Сценарій 2	146	200	192	241	166	202	226
Сценарій 3	148	205	209	194	224	269	470

Скорочення: **Сценарій 1** – Базовий сценарій (Business As Usual); **Сценарій 2** – Референтний сценарій або сценарій поточної політики; **Сценарій 3** – Сценарій кліматично-нейтральної економіки; **ППВП** – Промислові процеси та використання продукції; **ЗЗЗЛГ** – Землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство.

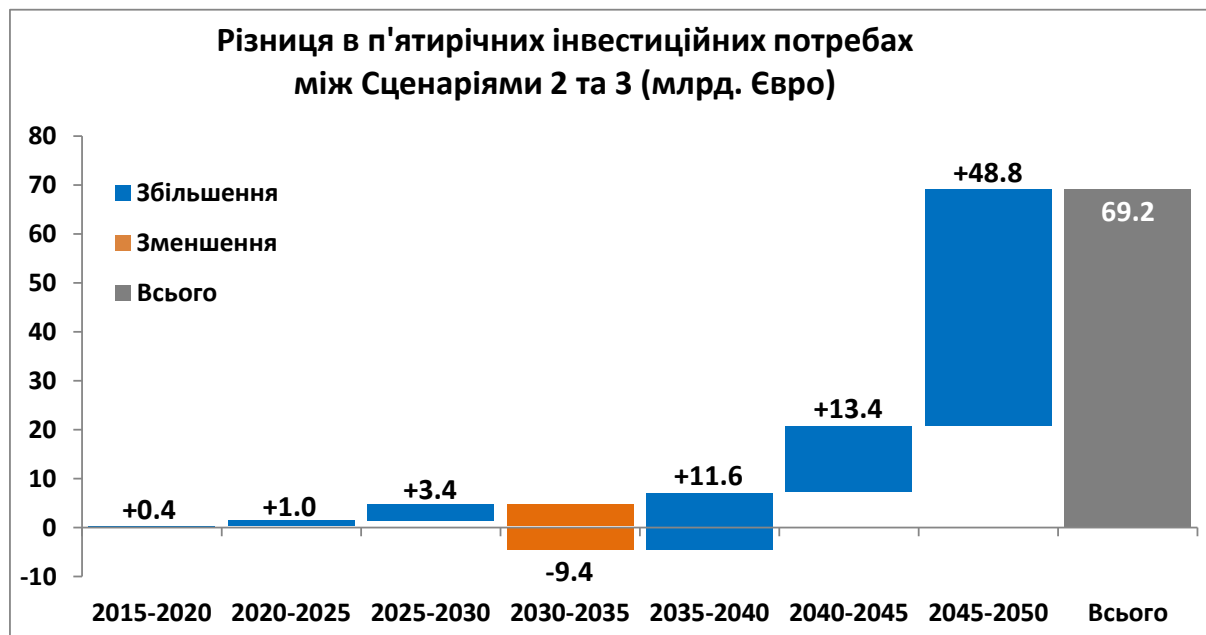
### Загальні потреби в інвестиціях за сценаріями скорочення викидів ПГ за 5-річними періодами.



Більшість інвестицій необхідно залучити в сектори Енергетика та Промислові процеси за трьома сценаріями та відносно незначне збільшення рівня інвестицій необхідно в сектори сільського господарства, ЗЗЗЛК та відходи.



Якщо узагальнити необхідний рівень інвестицій по рокам та оцінити різницю між сценаріями 2 та 3, то можна зробити висновок що рівень інвестицій не значно відрізняється до 2035 року, коли впровадження сценарію 2 буде передбачати менший рівень інвестицій ніж сценарій 3. Тільки на період після 2035 року і далі, рівень необхідних інвестицій буде вищий для сценарію 3, здебільшого за рахунок припущень цін на нові технології, такі як уловлювання та зберігання вуглецю, що оцінено відповідно до сьогоднішніх ринкових умов ціни на технології.



## 5. Результати моделювання сценаріїв НВВ за секторами

Сектори	Номер	Назва сценарію	Результати моделювання (скорочення викидів ПГ порівняно з 1990 р.)	
			2030	2050
Енергетика та Промислові процеси та використання продукції	1	Базовий сценарій	-57% (43% від 1990 р.)	-45% (55% від 1990 р.)
	2	Референтний сценарій	-74% (26% від 1990 р.)	-70% (30% від 1990 р.)
	3	Сценарій кліматично-нейтральної економіки	-75% (25% від 1990 р.)	-93% (7% від 1990 р.)
Сільське господарство	1	Базовий сценарій	-52% (48% від 1990 р.)	-52% (48% від 1990 р.)
	2	Референтний сценарій	-54% (46% від 1990 р.)	-56% (44% від 1990 р.)
	3	Сценарій кліматично-нейтральної економіки	-56% (44% від 1990 р.)	-60% (40% від 1990 р.)
ЗЗЗЛГ*	1	Базовий сценарій	-95% (5% від 1990 р.)	-105% (-5% від 1990 р.)
	2	Референтний сценарій	-79% (21% від 1990 р.)	-59% (41% від 1990 р.)
	3	Сценарій кліматично-нейтральної економіки	-69% (31% від 1990 р.)	-39% (61% від 1990 р.)
Відходи	1	Базовий сценарій	+7% (107% від 1990 р.)	+23% (123% від 1990 р.)
	2	Референтний сценарій	-18% (82% від 1990 р.)	-49% (51% від 1990 р.)
	3	Сценарій кліматично-нейтральної економіки	-35% (65% від 1990 р.)	-81% (19% від 1990 р.)
Економіка в цілому	1	Базовий сценарій	-54% (46% від 1990 р.)	-40% (60% від 1990 р.)
	2	Референтний сценарій	-71% (29% від 1990 р.)	-70% (30% від 1990 р.)
	3	Сценарій кліматично-нейтральної економіки	-73% (27% від 1990 р.)	-94% (6% від 1990 р.)

\* ЗЗЗЛГ – в цьому секторі викиди ПГ є від'ємними і чим більший відсоток скорочення, тим менше вуглецю, порівняно з 1990 р., буде поглинатися природним чином (деревами та іншими рослинами).

Результати моделювання секторів **Енергетика та промислові процеси**, що презентовано в звіті демонструють що відповідно до сьогоденних трендів впровадження діючого законодавства, динаміка викидів ПГ буде співпадати з динамікою економічного зростання без так званого “де-каплінгу”.

- Впровадження Сценарію 1 передбачає що викиди ПГ будуть на рівні 43% в 2030 році та 55% в 2050 році відповідно, в порівнянні з рівнем 1990 року (та досягнемо до-воєнного рівня викидів ПГ 2012 року в 2030 році).
- Сценарії 2 та 3, що передбачають повне впровадження діючого законодавства, включаючи існуючі амбітні цілі по енергоефективності та відновлювальній енергетики, передбачають що рівень викидів ПГ досягне рівня 26% в рамках сценарію 2 в 2030 році та 25% в рамках сценарію 3 в порівнянні з рівнем 1990 року.
- Рівень викидів ПГ в рамках Сценаріїв 2 та 3 є ідентичними до 2030 року у зв'язку з східними вхідними припущеннями. Водночас, після 2030 року, рівень викидів ПГ в рамках сценарію 3 буде поступово знижуватись відповідно до графіків запровадження інноваційних технологій; таким чином рівень ПГ в рамках Сценарію 2 будуть зростати у зв'язку тим, що лише діюче законодавство у сфері зміни клімату було використано для моделювання без запровадження нового законодавства.
- Досягнення цілей з відновлювальної енергетики зробить змістовний внесок в генерацію електричної та теплової енергетики, в той час як заходи з

енергоефективності будуть ставати більш економічно привабливими, особливо в секторі будівництва. ЗППЕ буде вище протягом всього періоду моделювання в порівнянні з 2015 роком та досягне рівня біля 98-100 млн.т.н.е. в 2030 році та 106-117 млн.т.н.е. в 2050 році в рамках сценаріїв 2 та 3, водночас прогнозовано зростання частки відновлювальної енергетики в ЗППЕ з 3-4% протягом 2012-2015 до 16% в 2030 році та 24-41% в 2050 році.

**Сільське господарство** є важливим сектором для України і тому є критично важливим враховувати питання харчової безпеки під час розробки кліматичних політик в цьому секторі.

- В рамках Сценарію 1, рівень викидів ПГ в 2030 році буде на 52% нижче в порівнянні з 1990 роком.
- В рамках Сценарію 2, рівень викидів ПГ в секторі сільського господарства буде в 2030 році 46% та 44% в 2050 році, відповідно, в порівнянні з 1990 роком.
- В рамках Сценарію 3, рівень викидів ПГ буде в 2030 році на рівні 44 % в порівнянні з 1990 роком та на рівні 40 % у 2050 році. Потенціал скорочення викидів ПГ в сільському господарстві України здебільшого залежить від кількості поголів'я в тваринництві.
- В той час як запровадження нових технологій та практик в сільському господарстві буде створювати додатковий потенціал щодо шляхів низьковуглецевого розвитку, в наслідок складності та високої невизначеності потенційних екологічних наслідків для та людських поселень, запровадження цих інновацій має мати потужне наукове підґрунтя щоб уникнути несприятливих наслідків.

Очікується, що сектор **ЗЗЛК** буде зберігати свій статус чистого поглинача за умови посилення впровадження заходів щодо скорочення та поглинання викидів ПГ. В іншому разі є серйозна загроза, що цей сектор стане замість поглинача, сектором що викидає ПГ в 2050 році.

- сектор ЗЗЛК в рамках Сценарію 1 буде викидати ПГ в 2050 р., хоча в 2030 р. все ще буде чистим поглиначем.
- В рамках Сценарію 2 в 2030 р. рівень абсорбції поглиначами буде на рівні 21% в порівнянні з 1990 р. та в 2050 р. – близько 41%.
- В рамках Сценарію 3 очікується, що в 2030 р. рівень абсорбції ПГ поглиначами буде нижчим на 69% в порівнянні з 1990 р. та в 2050 р. на 39% нижче ніж 1990 році.

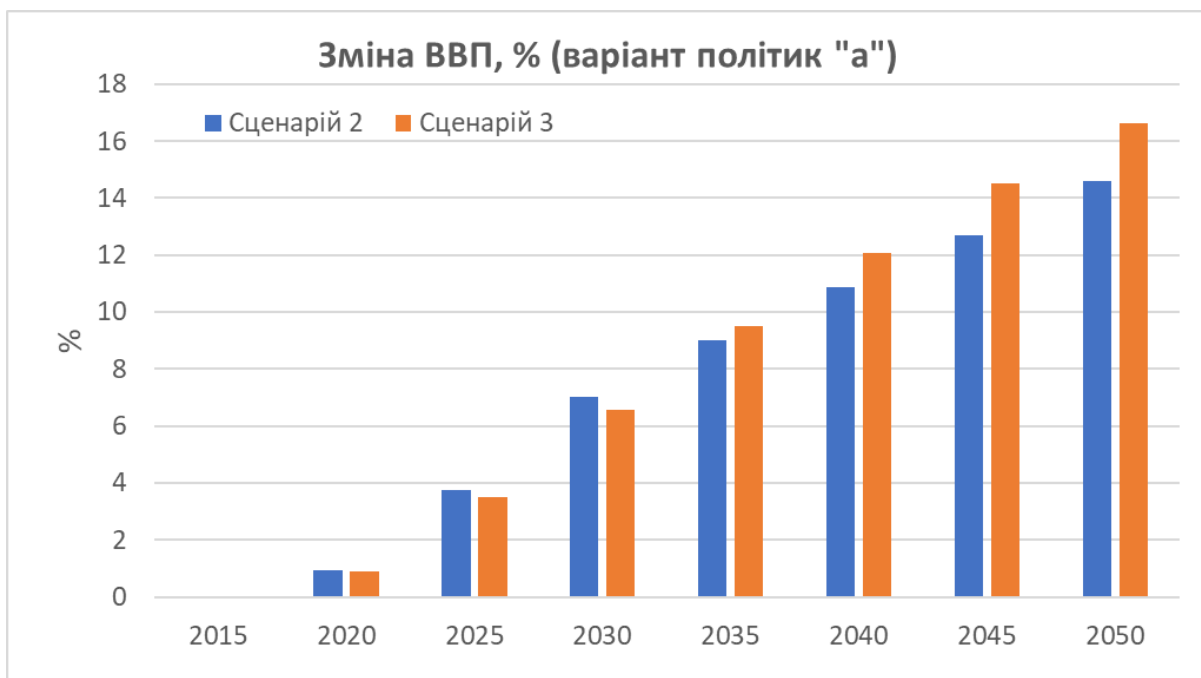
Очікується що сектор **Відходи** буде розвиватися відповідно до найкращих європейських практик ієрархії поводження з відходами та досягне рівня муніципальних відходів на душу населення 1% до 2030 р. зі 100% покриттям всього населення централізованою системою збору муніципальних відходів та часткою твердих побутових відходів захороненнях на покритих сміттєзвалищах з анаеробною системою<sup>1</sup> що сягатиме 100% в рамках сценарію 3.

<sup>1</sup> 2006 Guidelines for National Greenhouse Gas Inventory, Volume 5, Chapter 3: Anaerobic managed landfills have controlled placement of waste (i.e., waste directed to specific deposition areas, a degree of control of scavenging and a degree of control of fires) and will include at least one of the following: cover material; mechanical compacting; or levelling of the waste.

- В рамках Сценарію 1, рівень викидів ПГ в секторі відходи зростає на 7% в 2030 р. та на 23% в 2050 р. в порівнянні з 1990 р. у зв'язку зі збільшенням об'ємів твердих побутових відходів (ТПВ) та стічний вод на душу населення що буде викликано загальним економічним зростанням.
- В рамках Сценарію 2 рівень викидів ПГ буде знижено на 18% до 2030 р. та на 49% до 2050 р. у порівнянні з 1990 р. завдяки широкому використанню технологій компостування та спалювання та практик повторного використання та переробки, що відповідно призводитиме до швидкого скорочення частки сміттєзвалищ ТПВ та використанню технологій утилізації метану сміттєзвалищ в секторі відходи як для ТПВ так і для стічних вод.
- В рамках Сценарію 3 в 2030 р. рівень викидів ПГ буде скорочуватись на 35% та на 81% в 2050 р. у порівнянні з 1990 роком. Такий тренд буде збережено завдяки мінімізації утилізації ТПВ (шляхом використання сучасних технологій спалювання, компостування, практик повторного використання та переробки), модернізації станцій очистки та поводження зі стічними водами та розповсюдженню використання технічно доступних технологій спалювання та використання метану ТПВ та стічних вод.

## 6. Оцінки економічних наслідків

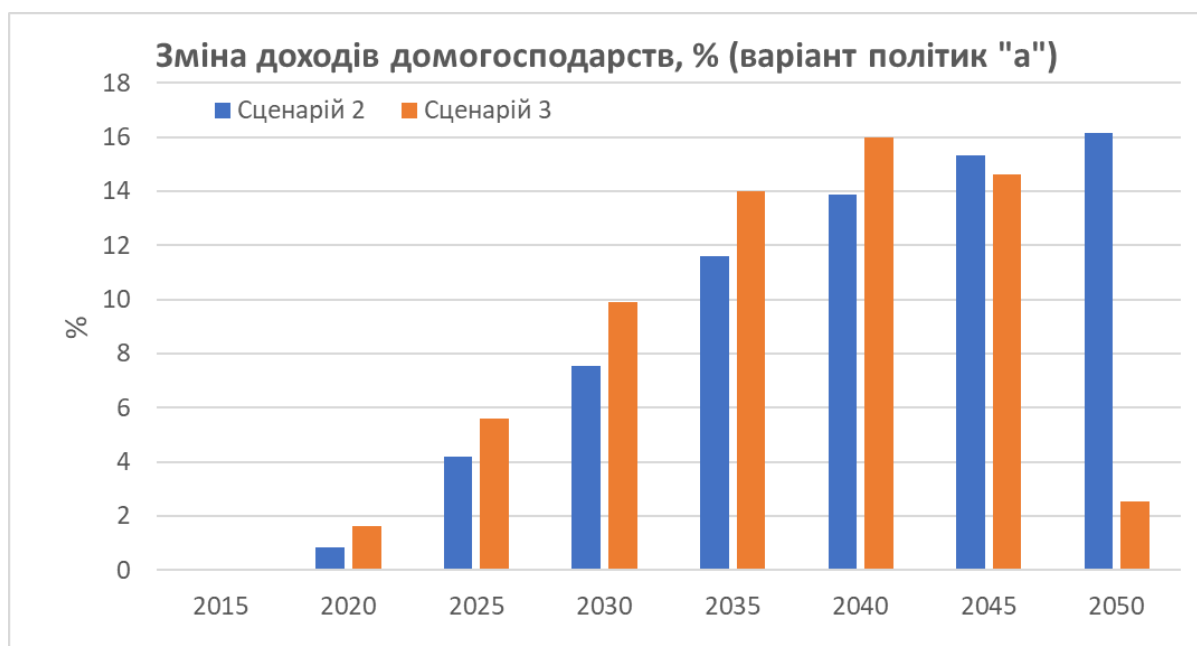
Цей розділ пропонує огляд методологічного підходу та надає оцінку економічних впливів впровадження сценаріїв кліматичної політики (Сценаріїв 2 і 3) за умови різних варіантів впровадження цих політик. Всі економічні наслідки, що описано в цьому розділі оцінено в порівнянні до Базового сценарію 1. Таким чином, негативні цифри/показники для змін в макроекономіці чи в секторальних індикаторах в більшості випадків **відповідають уповільнення темпів зростання, а не скороченню в значеннях у порівнянні з початком періоду (2015 рік як референтний).**



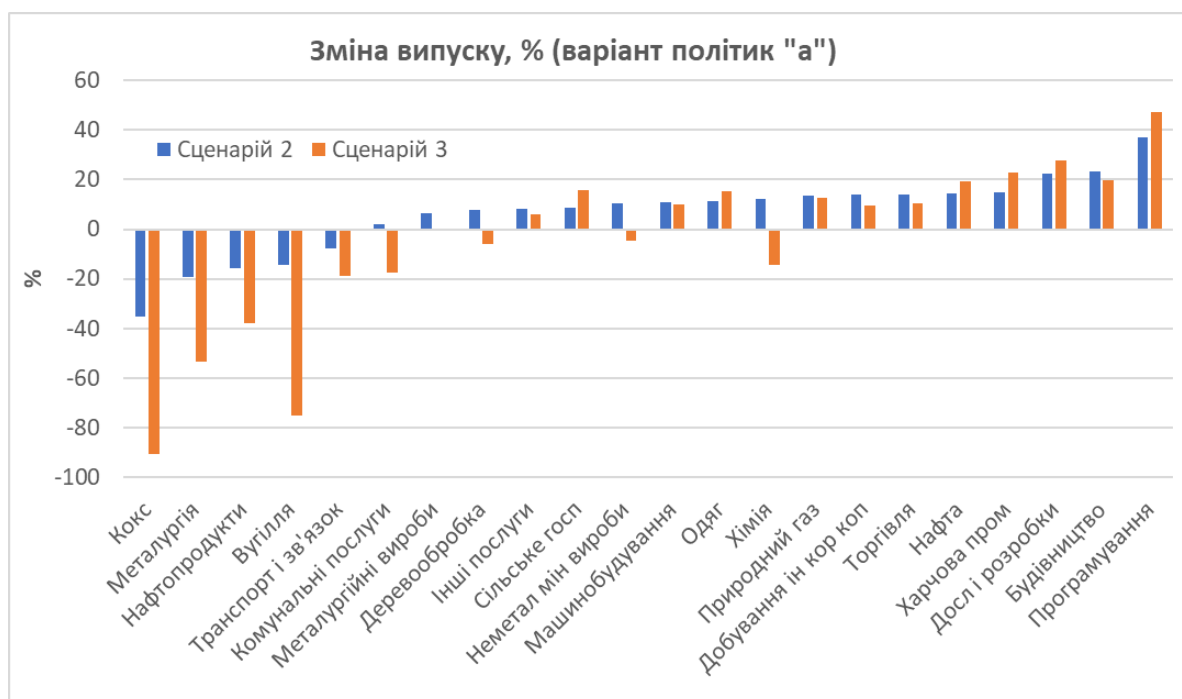
Аналіз фокусується на макроекономічних і секторальних наслідках та пропонує огляд потенційних супутніх вигід, що буде асоційовано з низьковуглецевим шляхом зростання та не є напряму відображені в нашому підході до економічного оцінки.

Серед проаналізованих в Розділі 4 варіантів впровадження політик, шлях інтенсивних інвестицій в технології енергоефективності є найбільш привабливий як з точки зору макроекономіки так із секторальних перспектив. **У випадку провадження цього варіанту, є значні вигоди як для економіки так і для довкілля, коли відповідно до наших оцінок, ВВП буде зростати до 14%-16% в 2050 р., у порівнянні з базовим/референтним показником для обох сценаріїв 2 та 3. Завдяки більш високому рівню інвестицій та покращень в енергоефективності та відносно низької ціни скорочення викидів ПГ перед 2035-2040, ВВП буде зростати з більшими темпами в рамках Сценарію 3, в порівнянні зі Сценарієм 2. Водночас, після 2035 р., в наслідок більш високого рівня амбіції щодо скорочення викидів ПГ та відповідного зростання *ціни на вуглець* (дивись Додаток 4), додаткові темпи зростання ВВП в рамках сценарію 3 будуть сповільнюватись.**

Відповідно, прибутки домогосподарств мають схожий тренд, хоча в рамках сценарію 2 темпи зростання є вищими. Населення буде стикатися з більш високим рівнем *цін на вуглець* в рамках сценарію 3 (дивись Додаток 4), що буде впливати на їхню купівельну спроможність. Водночас, навіть протягом періоду 2040-2050 років, коли *ціна на вуглець* в рамках сценарію 3 перевищить рівень 100 дол. США/тонну CO<sub>2</sub>-екв. та досягне 1300 дол. США/тонну CO<sub>2</sub>-екв. в 2050 р., населення все ще буде спостерігати зростання рівня реальних доходів у порівнянні з базовим сценарієм 1. **Покращення енергоефективності відіграє ключову роль в тому щоб це відбулось, завдяки значному зниженню ціни на виробництво та відповідно нижчих цін для кінцевих споживачів в домогосподарствах.**



На секторальному рівні, є значні трансформації в структурі виробництва, що призводять до значних скорочень викидів ПГ та енергоємності ВВП. Це є особливо характерно для Сценарію 3, де виробництво/видобування коксу та вугілля впаде більш ніж на 75% в 2050 р. порівняно з Базовим сценарієм 1. Інші енергоємні сектори, такі як виробництво металургійної продукції, нафтохімія, сектор ЖКГ та обробка металу також значно знижують своє виробництво в рамках Сценарію 3. Водночас, є переорієнтація в сторону секторів що генерують інвестиції та відповідні сервіси. Останні включають збільшення виробництва в секторі програмування та дослідної роботи. Сектор будівництва збільшує виробництво як ключових постачальників засобів виробництва товарів. Збільшення виробництва харчових продуктів та сектору сільського господарства здебільшого викликано збільшенням експорту цих товарів.



В той час як шлях інтенсивних інвестицій в енергоефективні технології може розглядатись як найбільш привабливий з точки зору макроекономіки та секторальних перспектив, наше дослідження не відображує деякі потенційні ризики та невизначеності пов'язані з цим варіантом впровадження політики. А саме, наразі передбачається що всі інвестиції за цим варіантом використовуються для внутрішньої економіки, що є ключовим джерелом економічного зростання. Наслідки впровадження можуть бути не такими позитивними, у разі якщо велика частина засобів виробництва буде куплена закордоном.

Інше критичне припущення, що у разі збільшення *вуглецевого податку*, виробники та кінцеві споживачі не тільки трансформують виробництво та шляхи і звички споживання, але й будуть інвестувати в більш енергоефективне. Як приклад, що населення не тільки буде подорожувати менше за умови зростання ціни на паливо, але й куплятиме більше ефективні машини у порівнянні з базовим сценарієм. В Розділі 4 ми демонструємо, що у разі якщо наше припущення не відбудеться, очікувані макроекономічні та секторальні наслідки будуть менш позитивними.



Ми припускаємо що необхідний рівень інвестицій буде досягнуто в рамках обох сценаріїв та *вуглецевий податок* буде джерелом цих інвестицій, значно збільшуючи рівень заощаджень в економіці. Насправді, цього може не відбутися і гроші з надходжень з вуглецевого податку можуть бути використані для держбюджету (для збільшення видатків) або передані домогосподарствам. В Розділі 4 ми аналізуємо такі випадки та показуємо що це є значними ризиками для довготермінового макроекономічного зростання в рамках цих варіантів впровадження політик.

Багато досліджень порахувало що сурові кліматичні політики щодо скорочення викидів ПГ призводять до **значних супутніх вигід**, включаючи скорочення рівня забруднення повітря, покращення енергетичної безпеки та уникнення інших наслідків зміни клімату. Наші результати показують, що **в рамках Сценарію 2 в 2050 р. монетизовані вигоди від скорочень викидів ПГ, внаслідок використання так званого підходу “соціальної ціни на вуглець”, складатимуть від 9.2 млрд дол. США до 33.6 млрд дол. США з середнім значенням 21.4 млрд дол. США. В рамках Сценарію 3 більш високий рівень скорочень викидів ПГ призведе до більш високих оцінок – між \$17.1 мільярдів та \$62.9 мільярди в 2050.**

Щодо покращення якості повітря, наші оцінки передбачають що навіть за умови припущення, що ціна забруднення повітря в Україні не збільшиться з часом (у порівнянні з 2014 р.), **реалізація Сценарію 3 призведе до додаткових вигід біля 68 млрд дол. США в 2050 р. відносно до Сценарію 1 та більш половини з цього (біля 34 млрд дол. США) відповідно в рамках Сценарію 2.**

## 7. Наступні кроки

Наступні звіти будуть включати 1) результати оцінки сценаріїв чутливості, які описано в розділі 5 з метою формування спеціальних політик та заходів; 2) аналіз розподілення так званого “вуглецевого бюджету” за секторами; та 3) відповідні основні політики та заходи задля досягнення рівня скорочення ПГ за секторами та під-секторами, включаючи будівництво, транспорт, сільське господарство, відходи, виробництво електричної та теплової енергії та лісове господарство. Так само буде проаналізовано необхідний рівень кліматичного фінансування з національних та міжнародних механізмів для запровадження запропонованих політик та заходів.

Гармонізація національного законодавства щодо внутрішньої системи торгівлі квотами на викиди ПГ з директивою ЄС 2003/87/ЄС є одним з пунктів Угоди про асоціацію. Хоча, моделювання механізмів *ціни на вуглець* в рамках НВВ2 України, включаючи внутрішню систему торгівлі квотами на викиди та/або *вуглецевого податку*, буде виконано наступним кроком в рамках аналізу сценаріїв чутливості. Це відбулось внаслідок стислості графіку виконання досліджень та політичних/адміністративних обмежень, таких як відтермінування прийняття законопроекту та підзаконних актів щодо створення системи моніторингу, звітності та верифікації викидів ПГ, що розроблено в рамках проекту Світового банку Партнерство заради готовності до ринку, але ще не прийнято станом на початок грудня 2019 року.

## Звіт 3 / Звіт з моделювання (Завдання E, F, G)

### Підтримка уряду України в оновленні НВВ

#### ЗМІСТ

РОЗДІЛ 1. Підхід до сценарного аналізу 2-го НВВ України .....	28
1.1 Методологічний підхід до 2-го НВВ України .....	28
1.2 Ключові припущення моделювання .....	29
1.3 Процес моделювання .....	31
1.3.1 Розробка базового сценарію .....	31
1.3.2 Розробка сценаріїв політик .....	31
1.3.3 Відповідність сценаріїв меті НВВ2 .....	32
1.3.4 Облік витрат та інвестицій .....	32
1.3.5 Аналіз чутливості .....	33
РОЗДІЛ 2. Умови та припущення сценаріїв 2-го НВВ .....	34
2.1 Макроекономічний прогноз .....	34
2.1.1 Короткостроковий макроекономічний прогноз .....	34
2.1.2 Довгостроковий макроекономічний прогноз .....	35
2.2 Демографічний прогноз .....	40
2.3 Прогноз цін на енергоресурси .....	41
2.4 Податок на викиди (ціна вуглецю) .....	41
2.5 Потенціал відновлюваних джерел енергії .....	42
2.5.1 Потенціал вітроенергетики .....	42
2.5.2 Потенціал сонячної енергетики .....	43
2.5.3 Біоенергетичний потенціал .....	43
2.5.4 Потенціал гідроенергетики .....	44
2.5.5 Потенціал геотермальної енергетики .....	45
2.5.6 Електроенергетика .....	45
2.6. Потенціал заходів з підвищення енергоефективності .....	46
2.6.1. Сектор будівель .....	46
2.6.2 Промисловість .....	47
2.6.3 Транспорт .....	48
2.6.4 Передача електроенергії та транспортування природного газу .....	48

2.6.5 Сільське господарство .....	49
РОЗДІЛ 3. Сценарії викидів ПГ в Україні.....	50
3.1 Загальні результати моделювання .....	50
3.1.1 Результати моделювання загальних обсягів викидів ПГ за сценаріями 51	
3.1.2 Капітальні інвестиції у всіх секторах за сценаріями НВВ .....	54
3.2 Сектори Енергетика та Промислові процеси і використання продукції .....	55
3.2.1 Ключові припущення .....	55
3.3.2 Результати моделювання .....	58
3.2.3. Результати моделювання за секторами .....	62
3.2.4 Результати моделювання в електроенергетичному секторі.....	68
3.2.5 Капітальні інвестиції у секторах енергетики, промислових процесів та використання продукції за сценаріями НВВ .....	69
3.3 «Сільське господарство» та «ЗЗЗЛГ».....	70
3.3.1 Ключові припущення .....	70
3.3.2 Результати моделювання .....	74
3.3.3 Потреба в капітальних інвестиціях для реалізації сценаріїв НВВ в секторах «Сільське господарство» та «ЗЗЗЛГ» .....	77
3.4 Сектор «Відходи» .....	78
3.4.1 Ключові припущення .....	78
3.4.2 Результати моделювання .....	83
3.4.3 Потреба в капітальних інвестиціях для реалізації сценаріїв НВВ у секторі «Відходи» .....	87
РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ.....	89
4.1 Оцінка економічного впливу політик низьковуглецевого розвитку: огляд літератури .....	90
4.2 Сценарії політик .....	92
4.3 Оцінка економічних наслідків .....	94
4.3.1 Збільшення інвестицій та підвищення енергоефективності .....	95
4.3.2 Вплив експорту дозволів на викиди.....	97
4.3.3 Вплив рівня енергоефективності .....	98
4.3.4 Альтернативні варіанти перерозподілу доходів від податку на викиди	99
4.3.5 Додаткові переваги від скорочення викидів .....	100
РОЗДІЛ 5. Аналіз чутливості сценаріїв 2-го НВВ України .....	103
5.1 Загальний підхід.....	103
5.2 Сценарії чутливості.....	104

5.3 Умови та припущення сценаріїв чутливості .....	107
ДОДАТКИ	112
Додаток 1. Прогноз ВВП за секторами .....	112
Додаток 2. Вартість нових технологій, врахованих при моделюванні.....	114
Додаток 3. Перспективні технології виробництва електроенергії та тепла .....	122
Додаток 4. Додаткові результати розрахунків на базі ОМЗР України .....	124

## ТАБЛИЦІ

Таблиця 2.1. Параметри короткострокових прогнозів .....	35
Таблиця 2.2. Параметри довгострокового економічного прогнозу .....	37
Таблиця 2.3. Параметри довгострокового демографічного прогнозу .....	40
Таблиця 2.4. Прогноз цін на енергетичні ресурси.....	41
Таблиця 2.5. Потенціал вітрової енергетики, ГВт .....	43
Таблиця 2.6. Потенціал сонячної енергетики, ГВт.....	43
Таблиця 2.7. Біоенергетичний потенціал України .....	44
Таблиця 2.8. Припущення щодо інвестиційних потреб та ефективності заходів з термомодернізації будівель.....	46
Таблиця 2.9. Споживання енергії за умови впровадження нових технологій у промисловості .....	47
Таблиця 2.10. Основні характеристики електромобілів, що використовуються в моделі TIMES-Україна .....	48
Таблиця 2.11. Основні характеристики автомобілів на біопаливі, що використовуються в моделі TIMES-Україна .....	48
Таблиця 3.1. Загальні викиди ПГ в Україні за Сценарієм 1 .....	51
Таблиця 3.2. Загальні викиди ПГ в Україні за Сценарієм 2 .....	51
Таблиця 3.3. Загальні викиди ПГ в Україні за Сценарієм 3 .....	51
Таблиця 3.4. Капітальні інвестиції, необхідні для реалізації сценаріїв в усіх секторах, млрд. євро .....	54
Таблиця 3.5. Основні енергетичні та кліматичні показники в законодавчо затверджених документах України .....	55
Таблиця 3.6. Основні енергетичні та кліматичні показники в проектах (не затверджених) стратегічних документів України.....	57
Таблиця 3.7. Основні результати моделювання для секторів Енергетика та ППВП .....	62
Таблиця 3.8. Результати моделювання викидів і поглинань ПГ .....	76
Таблиця 3.9. Оцінка інвестицій, необхідних для виконання заходів за сценаріями НВВ, тис. Євро .....	78
Таблиця 3.10. Порівняння ключових показників в секторі «Відходи» за Сценаріями НВВ .....	81
Таблиця 3.11. Викиди ПГ в секторі «Відходи» за категоріями, 1990-2050 рр.....	84
Таблиця 3.12. Капітальні витрати, необхідні для реалізації сценаріїв .....	88
у секторі «Відходи», млн Євро .....	88
Таблиця 4.1. Варіанти реалізації політик для оцінки економічних наслідків .....	93

Таблиця А.1.1. Оптимістичний макроекономічний сценарій: зміна ВВП за секторами, 2017 = 100% .....	112
Таблиця А.1.2. Базовий макроекономічний сценарій: зміна ВВП за секторами, 2017 = 100%.....	113
Таблиця А.2.1. Блок №3 на Хмельницькій АЕС .....	114
Таблиця А.2.2. Блок №4 на Хмельницькій АЕС .....	114
Таблиця А.2.3. Продовження терміну експлуатації діючих блоків АЕС .....	114
Таблиця А.2.4. Нові великі блоки АЕС (1000 МВт) .....	114
Таблиця А.2.5. Нові малі блоки АЕС (160 МВт) .....	115
Таблиця А.2.6. Біоенергетика.....	115
Таблиця А.2.7. Газові ТЕС .....	116
Таблиця А.2.8. Газові ТЕС із технологіям уловлювання вуглецю .....	116
Таблиця А.2.9. Вугільні ТЕС .....	116
Таблиця А.2.10. Подовження терміну експлуатації існуючих вугільних ТЕС .....	116
Таблиця А.2.11. Вугільні ТЕС із технологіям уловлювання вуглецю.....	117
Таблиця А.2.12. Біоенергетика.....	117
Таблиця А.2.13. Газові ТЕЦ.....	118
Таблиця А.2.14. Газові ТЕЦ із технологіям уловлювання вуглецю .....	118
Таблиця А.2.15. Вугільні ТЕЦ .....	118
Таблиця А.2.16. Подовження терміну експлуатації існуючих ТЕЦ .....	118
Таблиця А.2.17. Електростанції, що працюють на паливних елементах.....	119
Таблиця А.2.18. Сонячні електростанції .....	119
Таблиця А.2.19. Вітрові електростанції.....	119
Таблиця А.2.20. Гідроелектростанції.....	120
Таблиця А.2.21. Геотермальні електростанції .....	120
Таблиця А.2.22. Акумуляючі електричні технології.....	120
Таблиця А.2.23. Водневі технології .....	120
Таблиця А.2.24. Основні характеристики технологій водневого транспорту, використувані в моделі TIMES-Україна.....	121
Таблиця А.2.25. Технології уловлювання та зберігання вуглецю (CCS).....	121

## РИСУНКИ

Рис. 1.1. Модельний інструментарій НВВ2.....	28
Рис. 2.1. Короткостроковий прогноз ВВП.....	34
Рис. 2.2. Довгостроковий проноз ВВП.....	36
Рис. 2.3. Довгостроковий демографічний прогноз.....	40
Рис. 3.1. Загальні викиди парникових газів на душу населення (вхідні припущення для України)52	
Рис. 3.2. Сценарії викидів ПГ (включаючи ЗЗЗЛГ).....	52
Рис. 3.3. Загальні викиди парникових газів на душу населення (в т.ч. результати моделювання) .....	53
Рис. 3.4. Вуглецеємність ВВП України за сценаріями.....	53
Рис. 3.5. Збільшення інвестиційних потреб та скорочення викидів ПГ за період 2020-2050 рр. за сценаріями НВВ.....	54
Рис. 3.6. Викиди ПГ в секторах Енергетика та ППВП.....	58
Рис. 3.7. Первинна енергоємність ВВП за сценаріями .....	59
Рис. 3.8. Загальне постачання первинних вуглецеємних ресурсів за сценаріями .....	59
Рис. 3.9. Загальне постачання первинної енергії на людину за сценаріями.....	60
Рис. 3.10. Первинна вуглецемістка (вугілля, нафта, газ) енергоємність ВВП.....	60
Рис. 3.11. Викиди ПГ за Сценарієм 1 (сектори Енергетика та ППВП).....	63
Рис. 3.12. Викиди ПГ за Сценарієм 2 (сектори Енергетика та ППВП).....	63
Рис. 3.13. Різниця у викидах ПГ між Сценарієм 2 та Сценарієм 1 (сектори Енергетика та ППВП) .....	65
Рис. 3.14. Викиди ПГ за Сценарієм 3 (сектори Енергетика та ППВП).....	67
Рис. 3.15. Різниця у викидах ПГ між Сценарієм 3 та Сценарієм 1 (сектори Енергетика та ППВП) .....	67
Рис. 3.16. Виробництво електроенергії за Сценарієм 1 .....	68
Рис. 3.17. Виробництво електроенергії за Сценарієм 2.....	68
Рис. 3.18. Виробництво електроенергії за Сценарієм 3.....	69
Рис. 3.19. Інвестиційні потреби в електроенергетичному секторі.....	69
Рис. 3.20. Інвестиційні потреби в електроенергетичному секторі за п'ятилітніми періодами 70	
Рис. 3.21. Загальні інвестиційні потреби за сценаріями НВВ (із врахуванням споживчих витрат) .....	70
Рис. 3.22. Прогнозування рубки деревини.....	71
Рис. 3.23. Динаміка поголів'я тварин .....	71
Рис. 3.24. Загальні викиди ПГ в секторах «Сільське господарство» та «ЗЗЗЛГ» .....	74

Рис. 3.25. Загальна схема моделі балансу мас ТПВ (потоків мас).....	79
Рис. 3.26. Прогнозні викиди ПГ у секторі «Відходи» до 2050 року.....	83
Рис. 3.27. Прогнозні тенденції викидів ПГ у секторі «Відходи» до 2050 року, у % до 1990 року .....	83
Рис. 3.28. Структура викидів ПГ за категоріями IPCC. Сценарій 1 .....	85
Рис. 3.29. Структура викидів ПГ за категоріями IPCC. Сценарій 2 .....	86
Рис. 3.30. Структура викидів ПГ за категоріями IPCC. Сценарій 3 .....	87
Рис. 4.1. Зміна ВВП за варіанту політик “а”: зростання обсягів інвестицій та підвищення енергоефективності.....	95
Рис. 4.2. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик “а”: зростання обсягів інвестицій та підвищення енергоефективності .....	96
Рис. 4.3. Зміни у галузевому випуску продукції у 2050 р. за варіантом політики “а”: зростання обсягів інвестицій та підвищення енергоефективності.....	96
Рис. 4.4. Зміна ВВП за варіанту політик “с”: енергоефективність на рівні базового року                    98	
Рис. 4.5. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик “с”: енергоефективність на рівні базового року .....	99
Рис. 4.6. Зміна ВВП за варіанту політик “d”: перерозподіл доходів від податку на викиди на користь держави .....	99
Рис. 4.7. Зміна ВВП за варіанту політик “e”: дохід від податків на викиди перерозподіляється домогосподарствам .....	100
Рис. 5.1. Матриця сценаріїв чутливості.....	104
Рис. 5.2. Ставка податку на викиди CO <sub>2</sub> у Сценарії S2C .....	108
Рис. 5.3. Динаміка обмежень на викидів ПГ у Сценарії S2H .....	109
Рис. 5.4. Подовження терміну експлуатації існуючих атомних блоків у Сценаріях чутливості S2E & S3E .....	109
Рис. 5.5. КВВП та коефіцієнт готовності АЕС України.....	110
Рис. А.4.1. Схема потоків в ОМЗР України .....	124
Рис. А.4.2. Структура виробництва для всіх секторів за виключенням “hdt”, “othp”, “coke” та “petrol” .....	125
Рис. А.4.3. Структура споживання для домогосподарств та держави .....	126
Рис. А.4.4. Зв'язування моделей TIMES-Україна та ОМЗР України .....	128
Рис. А.4.5. Структура секторів тепlopостачання (“hdt”) та решта електрогенерації (“othp”)            131	
Рис. А.4.6. Структура секторів нафтоперероблення (“petrol”) та виробництво коксу (“coke”)            132	
Рис. А.4.7. Податок на викиди CO <sub>2</sub> за варіанту політик “а”: зростання обсягів інвестицій та покращення енергоефективності.....	132



Рис. А.4.8. Податок на викиди CO <sub>2</sub> за варіанту політик “b”: вплив експорту дозволів на викиди від газового сектору .....	133
Рис. А.4.9. Податок на викиди CO <sub>2</sub> за варіанту політик “c”: енергоефективність на рівні базового року .....	133
Рис. А.4.10. Податок на викиди CO <sub>2</sub> за варіанту політик “d”: дохід від податків на викиди залишається у держави .....	134
Рис. А.4.11. Податок на викиди CO <sub>2</sub> за варіанту політик “e”: дохід від податків на викиди перерозподіляється домогосподарствам .....	134
Рис. А.4.12. Зміна ВВП за варіанту політик “b”: вплив експорту дозволів на викиди від газового сектору .....	135
Рис. А.4.13. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик “b”: вплив експорту дозволів на викиди від газового сектору .....	135
Рис. А.4.14. Зміна випуску за секторами у 2050 р. за варіанту політик “b”: вплив експорту дозволів на викиди від газового сектору .....	136
Рис. А.4.15. Зміна випуску за секторами у 2050 р. за варіанту політик “c”: енергоефективність на рівні базового року .....	136
Рис. А.4.16. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик “d”: дохід від податків на викиди залишається у держави .....	137
Рис. А.4.17. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик “e”: дохід від податків на викиди перерозподіляється домогосподарствам .....	137
Рис. А.4.18. Зміна випуску за секторами у 2050 р. за варіанту політик “d”: дохід від податків на викиди залишається у держави .....	138
Рис. А.4.19. Зміна випуску за секторами у 2050 р. за варіанту політик “e”: дохід від податків на викиди перерозподіляється домогосподарствам .....	138

## Скорочення

BAU	Базовий сценарій (Business as usual)
BECCS	Біоенергетична електростанція з уловлюванням та захороненням вуглецю
BTU	Британська теплова одиниця (British thermal unit)
CCS	Уловлювання та збереження вуглецю (Carbon Capture and Storage)
EE	Енергетична ефективність
PMR	Проект Світового банку «Partnership for Market Readiness»
S1	Сценарій 1 / Базовий сценарій
S2	Сценарій 2 / Референтний сценарій
S3	Сценарій 3 / Сценарій кліматично нейтральної економіки
TIMES	The Integrated MARKAL-EFOM System/ Генератор моделей енергетичних систем
WEO	World Energy Outlook від MEA
АЕС	Атомна електростанція
ВВП	Валовий внутрішній продукт
ВДЕ	Відновлювані джерела енергії
ВЕС	Вітрова електростанція
ВКСЕ	Валове кінцеве споживання енергії
ГЕС	Гідроелектростанція
ДАЕЕ України	Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України
ДВЗ	Двигун внутрішнього згоряння
ЄБРР	Європейський банк реконструкції та розвитку
ЄС	Європейський союз
ЗЗЗЛГ	Землекористування, зміни землекористування та лісове господарство
ЗППЕ	Загальне первинне постачання енергії
ІЕПр	Інститут економіки та прогнозування НАН України
КСЕ	Кінцеве споживання енергії
МВФ	Міжнародний Валютний Фонд
МГЕЗК	Міжурядова група експертів зі зміни клімату
МЕА	Міжнародне енергетичне агентство
МЗП (верифікації)	Системи моніторингу, звітності та перевірки звітів про викиди (верифікації)
НАНУ	Національна академія наук України
НВВ	Національно визначений внесок

НВВ2	2й Національно визначений внесок
НПДВДЕ	Національний план дій з відновлюваних джерел енергії
НПДЕЕ	Національний план дій з енергоефективності
ОЕС	Об'єднана енергосистема України
ОЕСР	Організація економічного співробітництва та розвитку
ОМЗР	Обчислювальна модель загальної рівноваги
ПГ	Парниковий газ
ПЕ	Паливний елемент
ПКС	Паритет купівельної спроможності
ППВП	Промислові процеси і використання продукції
СВВ	Суспільна вартість вуглецю
СЕС	Сонячна електростанція
СНР	Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року
СНГ	Скrapлений нафтовий газ
СПГ	Скrapлений природний газ
СТВ	Схема торгівлі викидами
ТЕС	Теплова електростанція
ТЕЦ	Теплоелектроцентрально
ТПВ	Тверді побутові відходи
УВЕА	Українська вітроенергетична асоціація
УМЗР	Динамічна модель загальної рівноваги України
УУ/КМУ	Уряд України/Кабінет Міністрів України

## РОЗДІЛ 1. ПІДХІД ДО СЦЕНАРНОГО АНАЛІЗУ 2-ГО НБВ УКРАЇНИ

### 1.1 Методологічний підхід до 2-го НБВ України

Методологічний підхід для оцінки цілей другого НБВ України (НБВ2), детальний опис якого наведено у Звіті 2 (Розділ 2.3), передбачає проведення сценарного аналізу з використанням модельного інструментарію, розробленого експертами проекту (Рис. 1.1), у т.ч.:

- Модель енергетичної системи TIMES-Україна, яка охоплює сектори енергетики і промислових процесів (за класифікацією МГЕЗК);
- Модель сектора відходів, інструментарій для моделювання секторів сільського господарства і ЗЗЛГ, які разом з моделлю TIMES-Україна будуть використовуватися для оцінки викидів парникових газів відповідно до різних регуляторних і технологічних припущень;
- Динамічна модель загальної рівноваги економіки України (UGEM) буде використана для оцінки соціально-економічних наслідків реалізації політик і заходів з декарбонізації енергетики;
- Інструментарій для візуалізації і аналізу (V&A tool), що буде використаний для візуалізації поточних даних Національного кадастру антропогенних викидів парникових газів, представлення прогнозних даних на рівні галузей та підгалузей економіки та їхнього порівняння з іншими країнами.

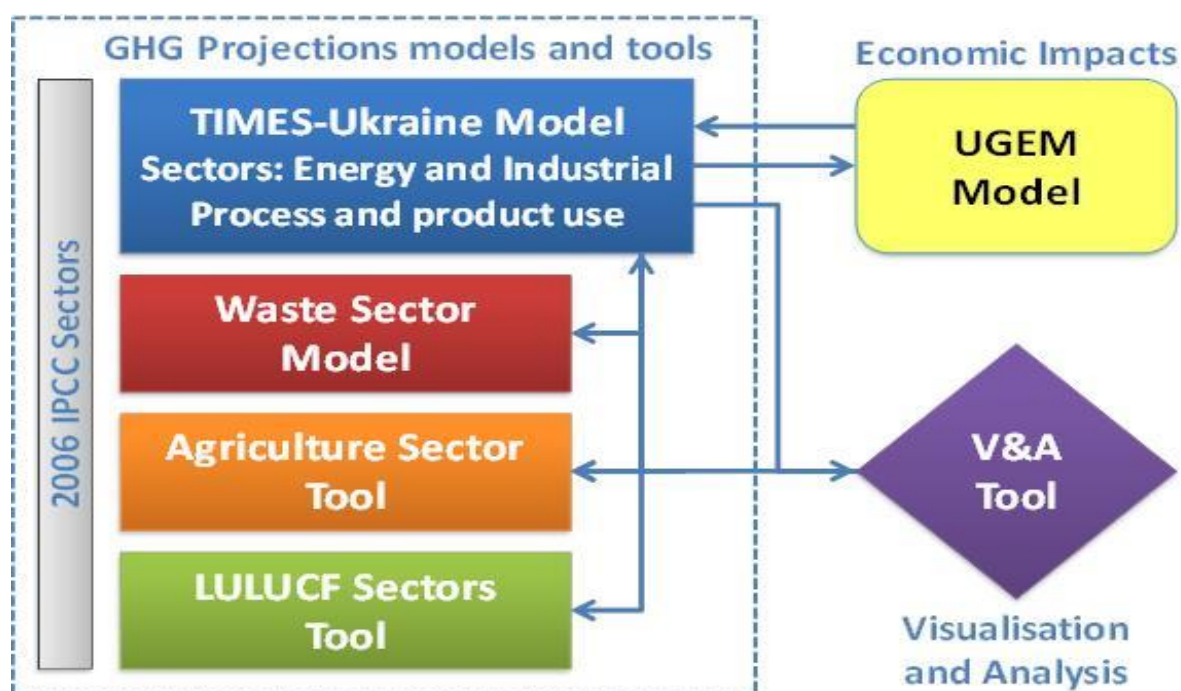


Рис. 1.1. Модельний інструментарій НБВ2

**Поєднання оптимізаційної моделі енергетичної системи, макроекономічних (МЗР) та секторальних моделей є найбільш поширеним підходом для визначення довгострокових, оптимальних за витратами шляхів розвитку енергетики та викидів ПГ.** Базою для таких розрахунків є низка припущень, зокрема: темпи ВВП, економічно доцільний рівень реалізації заходів з енергоефективності та використання потенціалу відновлюваних джерел енергії (ВДЕ), зовнішньоторговельні потоки, розвиток різних видів генерації, виробництво енергії, технології її перетворення та споживання, в тому числі технології з уловлювання та зберігання вуглецю і т.д.

**TIMES-Україна, що є базовою моделлю задіяного інструментарію, використовується для оцінки обсягів використання енергії і палива за секторами та типами енергетичних технологій, обсягів викидів парникових газів, а також витрат (у т.ч. інвестицій).** Для більш докладної інформації щодо методології MARKAL/TIMES див. <https://iea-etsap.org/>.

Інструментарій для моделювання сектору відходів ґрунтується на методології обрахунку балансу мас і був використаний при розробці Національної стратегії управління відходами до 2030 року. Для моделювання викидів ПГ у секторах сільського і лісового господарства застосовувався комбінований підхід, що враховує як рекомендації МГЕЗК, та і національний підхід «знизу-вверх». Спалювання палива у секторах відходів та лісового господарства було враховане при моделюванні в TIMES-Україна.

Для економічної оцінки політик НВВ2 була використана модель UGEM, процедура м'якого поєднання моделей TIMES-Україна і UGEM **описана в Додатку 4.**

Після того, як структура модельного інструментарію була розглянута і схвалена Міністерством енергетики та охорони навколишнього середовища України (на той час - Міністерством екології та природних ресурсів України), а також схвалена на засіданні Міжвідомчої робочої групи з розробки НВВ2 в червні 2019 р., експерти проекту перейшли до етапу моделювання.

## 1.2 Ключові припущення моделювання

Перед оцінкою політик і цілей по викидам ПГ слід розробити припущення, які визначають динаміку основних факторів споживання енергії/викидів парникових газів.

Існує декілька типів припущень, які розробляються для такого моделювання, у т.ч.:

- **Екзогенні припущення щодо неконтрольованих змінних**, які безпосередньо не пов'язані з предметом дослідження і визначають зовнішнє середовище моделювання - економічні і демографічні прогнози, світові ціни на енергоносії, запаси викопного палива або потенціал відновлюваних джерел енергії, технічні параметри енергетичних технологій;
- **Ендогенні припущення щодо контрольованих змінних** використовуються для розробки сценарію з метою його вивчення в процесі модельних розрахунків; в нашому випадку більшість ендогенних припущень стосуються регуляторних заходів у галузі енергетики і захисту навколишнього середовища.

Оцінка екзогенних параметрів є важливим аналітичним підготовчим завданням в рамках алгоритму сценарного аналізу, так як ці припущення можуть істотно вплинути на отриманий розв'язок, наприклад, набір задіяних процесів (технологій) викидів та інтенсивність їх використання.

Моделювання в рамках цього дослідження проводилося відповідно до **принципу «ідеального передбачення»**, тобто припускається, що прогнозовані потреби (попит) в енергетичних послугах, транспортних перевезеннях, харчуванні тощо чітко встановлені з урахуванням *екзогенних припущень* і можуть бути задоволені за допомогою процесів (технологій) з різним рівнем викидів.

Набір таких процесів оцінюється за допомогою моделювання з урахуванням *ендогенних* сценарних припущень. Наприклад, потреба в опаленні приміщень оцінюється на базі загальної площі житлових приміщень (а не в енергетичних одиницях) з урахуванням кількості і категорії житлових будинків в міських і сільських поселеннях, динаміки кількості населення за місцем проживання, структури домогосподарств, динаміки зростання житлової площі на одного члена домогосподарства, темпів будівництва нових житлових приміщень з централізованими і автономними системами опалення та ін.

Оптимальне з економічної точки зору рішення щодо структури палива і набору технологій оцінюється з використанням математичної моделі на основі аналізу альтернативних варіантів технологій виробництва, постачання та споживання теплової енергії, а також заходів з енергозбереження з врахуванням накладених обмежень енергетичних/екологічних політик. Не-технологічні заходи, які можуть впливати на попередньо визначені потреби, наприклад, стимульовані зміни структури транспортних перевезень, соціальних звичок, раціону харчування або режиму роботи не розглядалися у цьому дослідженні.

Припущення стосовно екзогенних параметрів описані в наступному Розділі 2. Зростання ВВП по секторах та інші економічні припущення **базуються на прогнозі економічного і соціального розвитку України до 2022 р., схваленому урядом України в травні 2019 р., що був екстрапольований експертами ІЕПр до 2050 року.** Макроекономічний прогноз **доповнюють:**

- **Демографічний прогноз**, підготовлений Інститутом демографії і соціальних досліджень НАН України;
- **Прогноз світових цін на енергоресурси** з World Energy Outlook 2018 від МЕА;
- Детальні припущення по енергетичному сектору, такі як потенціал енергоефективності (ЕЕ) та ВДЕ по секторах, оскільки ці параметри є також екзогенними в рамках даного звіту.

У той час як екзогенні припущення є однаковими для всіх сценаріїв, набір ендogenous припущень розробляється вже для конкретного сценарію, оскільки цей набір припущень якраз і повинен відобразити умови конкретної політики (досягнення цільових енергетичних або екологічних показників, збільшення частки нових технологій або запровадження податку на викиди вуглецю), наслідки реалізації якої передбачається оцінити з використанням моделі. Дотримання такої послідовності накладання припущень є важливим для гарантування адекватності порівняння модельних розрахунків за окремими сценаріями. Наприклад, при оцінюванні наслідків від досягнення цільового показника (що є ендogenous припущенням), розрахунки як з, так і без накладання цільового обмеження повинні проводитися на однакових економічних припущеннях (екзогенні припущення).

З цих міркувань, три сценарії викидів ПГ (Сценарії НВВ2), що представлені у цьому звіті, **відрізняються один від одного лише припущеннями щодо параметрів енергетичної/ екологічної політики**, такими як перспективні цілі з ЕЕ або по викидам ПГ, і які детально представлені у Розділі 3. Водночас, для дотримання коректності порівняння розрахунків за сценаріями, **інші сценарні припущення, що зумовлюють розвиток енергетичної системи**, такі як макроекономічні (ВВП, додана вартість і виробництво по секторах, ціни на енергоносії), демографічні (кількість і доходи населення, житловий фонд) і технологічні (вартість технологій, наявний потенціал ЕЕ і ВДЕ), є **однаковими для всіх сценаріїв НВВ2**.

### 1.3 Процес моделювання

#### 1.3.1 Розробка базового сценарію

Розробка базового сценарію є важливим етапом дослідження, необхідним для оцінювання потенціалу скорочення викидів ПГ в перспективі до 2050 року. Наприклад, неможливо визначити заходи з попередження зміни клімату в енергетичному секторі, не маючи інформації стосовно «інерційної» прогнозованої траєкторії попиту на енергію за секторами економіки. Розрахунки за базовим сценарієм попиту і постачання енергії надають інформацію про перспективну технологічну структуру енергетичної системи та відповідну структуру палива за існуючого набору політик і заходів.

- Сценарій 1 або **«Базовий (BAU)»** є «експериментальним» сценарієм, що не передбачає яких-небудь радикальних змін у технологічній структурі або регуляторному середовищі енергетичного сектора; зокрема, цей сценарій не передбачає реалізації жодних додаткових заходів зі скорочення викидів ПГ протягом прогнозованого періоду.
- Екзогенні припущення (напр. макроекономічні та демографічні сценарії) є визначальними для динаміки показників споживання енергії, аграрного виробництва або переробки відходів, а також відповідних викидів ПГ в рамках Базового сценарію.

Основною метою розробки Базового сценарію є узгодження економічного та енергетичного прогнозу (калібрування макроекономічної та енергетичної моделей) та створення бази для порівняння розрахунків за іншими сценаріями.

#### 1.3.2 Розробка сценаріїв політик

Наступний етап досліджень полягає в розробці та обчисленні сценаріїв політик для оцінки внеску різних заходів до скорочення викидів ПГ:

- Сценарій 2 або **«Референтний сценарій»** містить численні цільові показники та індикатори, які повинні бути досягнуті відповідно до розроблених та/або затверджених програмних документів. Ці політики сформульовані у моделі у вигляді сценарних обмежень з відповідними термінами їх виконання (наприклад, індикатори та цільові показники Енергетичної стратегії України до 2035 р., НПД ЕЕ, НПД ВЕ, СНР та інші).
- Сценарій 3 або **«Сценарій Кліматично нейтральної економіки»** містить той же набір цільових показників, що й Референтний сценарій, з накладанням додаткового обмеження на рівень питомих викидів ПГ на душу населення у 2050 р. (з розрахунку до 2070 р.).

### 1.3.3 Відповідність сценаріїв меті НВВ2

Відповідно до способу формулювання сценаріїв та накладання сценарних обмежень, обсяги викидів ПГ до 2050 р. за Базовим та Референтним сценаріями розраховуються моделлю, тобто не задаються наперед. Якщо за **Базовим сценарієм** прогнозований рівень викидів ПГ обмовлений поточним рівнем виконання розроблених та/або затверджених програмних документів, то за **Референтним сценарієм** - найбільш економічно доцільним шляхом повної реалізації відповідних політик.

Водночас, за **Сценарієм Кліматично нейтральної економіки** встановлено максимальний рівень питомих викидів ПГ на душу населення в 1,7 т CO<sub>2</sub>-екв/рік у 2050 р. (відповідно до Спеціальної доповіді МГЕЗК про глобальне потепління на 1,5°C), тобто метою моделювання було визначення оптимального шляху реалізації діючих програмних документів з урахуванням встановленого наперед максимального обсягу викидів ПГ. З урахуванням статті 4 Паризької угоди,<sup>2</sup> Сценарій 3 передбачає, що вуглецево-нейтральна модель економіки України може бути досягнута до 2070 року.

Сценарні припущення по секторах наведені в Розділі 3. Для кожного сценарію (Базового, Референтного і Кліматично нейтрального) розраховується траєкторія розвитку системи - за імітаційним підходом для секторів Відходи і ЗЗЗЛГ, та за оптимізаційним підходом за критерієм мінімізації витрат (або коректніше - максимізації корисності) для секторів Енергетика і Промислові процеси. Під розрахунком траєкторії розвитку системи розуміється оцінка широкого набору показників, зокрема, обсягів постачання та використання енергоресурсів за секторами і видами палива, технологічної структури енергетичної системи, викидів парникових газів, граничних (тіньових) цін, інвестицій та інших витрат тощо.

Сценарний аналіз у цьому звіті завершується економічною оцінкою наслідків реалізації сценарних припущень. Економічна оцінка Сценаріїв 2 і 3 наведена у Розділі 4.

### 1.3.4 Облік витрат та інвестицій

Розрахунок траєкторії розвитку енергетичної системи та відповідних викидів ПГ за визначених сценарних умов та обмежень прийнято проводити за критерієм мінімізації **загальних витрат** (або загальної вартості) **енергетичної системи**<sup>3</sup>, що включають:

- капітальні інвестиції (витрати) як на будівництво нових об'єктів енергетичної інфраструктури, які слід розглядати безпосередньо як інвестиції у відповідності з прийнятою термінологією макроекономічної статистики, так і на придбання приладів кінцевого споживання, частину з яких можна вважати не інвестиційними, а проміжними виробничими або кінцевими споживчими витратами (на запровадження енергоменеджменту, встановлення сучасних систем контролю,

<sup>2</sup> Відповідно до статті 4 Паризької угоди, «...Сторони мають на меті якомога швидше досягти глобального піку викидів парникових газів, визнаючи, що досягнення такого піку потребує більш тривалого часу для Сторін - країн, що розвиваються, а також згодом домогтись швидких скорочень відповідно до найкращих наявних наукових знань для того, щоб досягти балансу між антропогенними викидами із джерел та абсорбцією поглиначами парникових газів у другій половині цього століття на основі справедливості та у контексті сталого розвитку і зусиль з викорінення бідності.»

<sup>3</sup> Такий методологічний підхід є традиційним, наприклад, див. Impact Assessment. Energy Roadmap 2050 [https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/sec\\_2011\\_1565\\_part1.pdf](https://ec.europa.eu/energy/sites/ener/files/documents/sec_2011_1565_part1.pdf) або Impact Assessment of the Energy Efficiency Directive (2012/27/EU) for the Energy Community [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/3304025/Report\\_for\\_web.pdf](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/3304025/Report_for_web.pdf)



термомодернізації будівель, придбання побутового обладнання або транспортних засобів тощо);

- постійні та змінні операційні витрати на роботу технологій виробництва, транспортування і споживання енергії;
- витрати на енергію і паливо, що розраховується на базі граничної вартості кожного виду палива із врахуванням вартості імпортованих енергоресурсів;
- пільги та додаткові платежі (цільові надбавки, податок на викиди тощо).

**Такий методологічний прийом дозволяє підходити до розробки енергетичного або екологічного прогнозу з позицій мінімізації суспільних витрат, що досягатиметься одночасно із отриманням максимальної корисності для виробників та споживачів енергії. Капітальні інвестиції, що враховуються в моделі TIMES, не пов'язані лише з інвестиціями в енергетичному секторі, це «інвестиції, пов'язані з енергетикою», що складають близько 70-80% від загальних інвестицій в економіці.**

Залежно від способу формулювання сценарних умов, загальні витрати енергосистеми надають певної метрики при порівнянні різних варіантів сценарних розрахунків. Так, реалізація економічно доцільних заходів з енергоефективності призведе до зменшення загальних витрат у разі, якщо економія коштів від закупівлі палива компенсує додаткові інвестиції на придбання нового обладнання (Сценарій 1). Водночас, у випадку встановленні жорстких цільових показників з енергоефективності інвестиції у необхідне устаткування можуть бути невиправданими з точки зору потенційного енергозберігаючого ефекту у певному часовому проміжку, що призведе до зростання загальних витрат енергосистеми (Сценарій 2 і 3).

**Додаткові прямі економічні ефекти від реалізації цільової енергетичної або екологічної політики, зокрема, внаслідок впливу на зовнішньоторговельний баланс або формування запиту на продукцію галузей реального сектору, що потенційно створюватиме там нові можливості і впливатиме на економічні показники і зайнятість у промисловому виробництві, сфері послуг, будівництві, транспорті та сільському господарстві в моделі TIMES-Україна не розглядаються.** Проте, як свідчить досвід, справжній ефект від запровадження такої політики слід шукати саме в масштабах всієї економіки. Тому оцінка міжгалузевих ефектів від реалізації сценаріїв політик проводилася у цьому дослідженні з використанням моделі UGEM (Розділ4), вхідною інформацією до якої є дизагредована структура загальних витрат енергосистеми в розрізі галузей. Підхід до взаємного калібрування витрат і інвестицій в моделях TIMES-Україна та UGEM детально описано в Додатку 4.

### **1.3.5 Аналіз чутливості**

Сценарний аналіз, представлений у цьому звіті, в подальшому буде доповнений аналізом чутливості результатів розрахунків до додаткових економічних, технологічних або регуляторних припущень.

## РОЗДІЛ 2. УМОВИ ТА ПРИПУЩЕННЯ СЦЕНАРІЇВ 2-ГО НВВ

### 2.1 Макроекономічний прогноз

#### 2.1.1 Короткостроковий макроекономічний прогноз

З метою узгодження макроекономічних сценаріїв з офіційним короткостроковим макроекономічним прогнозом уряду України до 2022 року<sup>4</sup>, розроблені раніше та представлені у Звіті 1 сценарії були оновлені.

В урядовому документі розглядається два варіанти макроекономічного сценарію:

1. **Короткостроковий макроекономічний сценарій 1 (Варіант 1)** передбачає продовження тенденції трьох попередніх років у напрямку зміщення акцентів на користь інвестиційної компоненти і, відповідно, відбуватиметься подальший перехід до експортування Україною товарів з більш високою доданою вартістю.
2. **Короткостроковий макроекономічний сценарій 2 (Варіант 2)** виходить з припущень, що економіка України розвиватиметься за споживчою моделлю, відповідно до якої суттєвіше зростання споживання домогосподарств, простимульоване більшим підвищенням державних соціальних стандартів, надасть більшого імпульсу для розвитку економіки з боку попиту на початковому етапі із затуханням динаміки на кінець прогнозованого періоду.

У цьому короткостроковому прогнозі уряду різниця у ВВП за сценарними варіантами майже не відчувається - середній темп зростання 3,7% у Варіанті 1 та 3,5% у Варіанті 2 (Рис. 2.1).

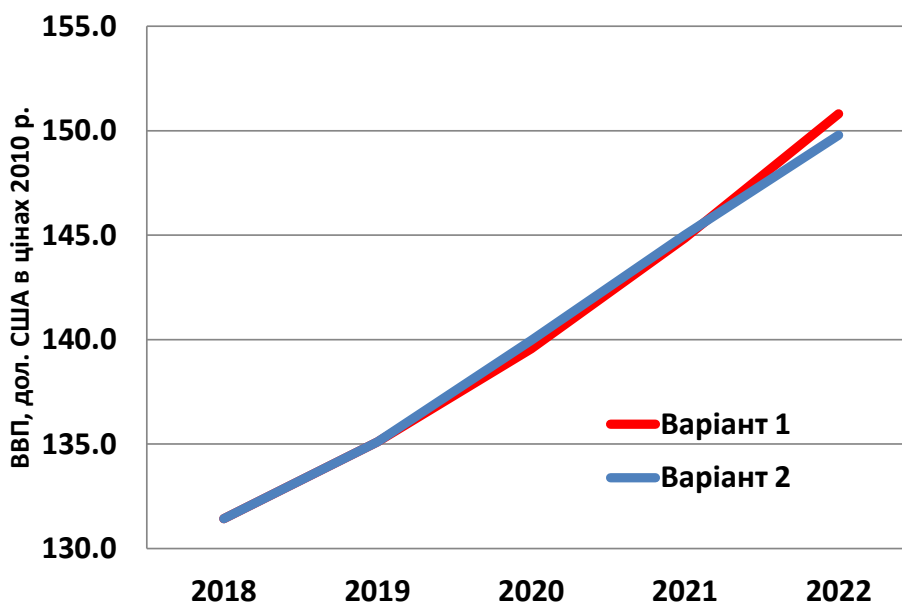


Рис. 2.1. Короткостроковий прогноз ВВП

<sup>4</sup> Постанова КМУ від 15 травня 2019 р. № 555 «Про схвалення Прогнозу економічного і соціального розвитку України на 2020-2022 роки» <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/555-2019-%D0%BF>

Однак більш значні відмінності спостерігаються у мінімальній та середній заробітній платі, споживчому попиті, зовнішній торгівлі, темпах зростання за споживчо- та інвестиційно орієнтованими галузями, темпах інфляції, міграційних потоках та загальній чисельності населення, а також різних макроекономічних балансах (див. Таб. 2.1).

Більш детальну інформацію про прогноз уряду можна знайти на веб-сайті Міністерства економіки <sup>5</sup>.

**Таблиця 2.1. Параметри короткострокових прогнозів**

Показник	Варіант 1	Варіант 2
ВВП,%, середньорічний	3,7	3,5
Індекс випуску промислової продукції, %, середній за період	4,1	3,8
Виробництво продуктів харчування, %, середній за період	3,8	4,2
Виробництво машинобудування, %, середній за період	7,5	6,1
Індекс споживчих цін, %, середньорічний, середній за період	6,3	7,2
Заробітна плата, середньорічна у 2022 р., грн	15 224	16 682
Сальдо торговельного балансу, у 2022 р., млн дол. США	-16 113	-17 250
Сальдо рахунку поточних операцій, у 2022 р., млн дол. США	-6 829	- 7 685
Частка промисловості у ВВП, у 2022 р., %	21,3	21,5

### 2.1.2 Довгостроковий макроекономічний прогноз

Розробка довгострокових прогнозів проводилася експертами ІЕПр НАНУ шляхом екстраполяції до 2050 року припущень урядового прогнозу<sup>6</sup>, зберігаючи при цьому концепцію економічного розвитку за кожним з короткострокових сценаріїв. Так, **"Базовий макроекономічний сценарій"**, узгоджений з Варіантом 2 короткострокового урядового прогнозу, передбачає інерційний соціально-орієнтований розвиток з акцентом на відновлення існуючих виробничих потужностей; натомість **"Оптимістичний макроекономічний сценарій"**, узгоджений з Варіантом 1 короткострокового урядового прогнозу, побудований за припущень активізації інвестиційних процесів та успішної реалізації інноваційної моделі розвитку.

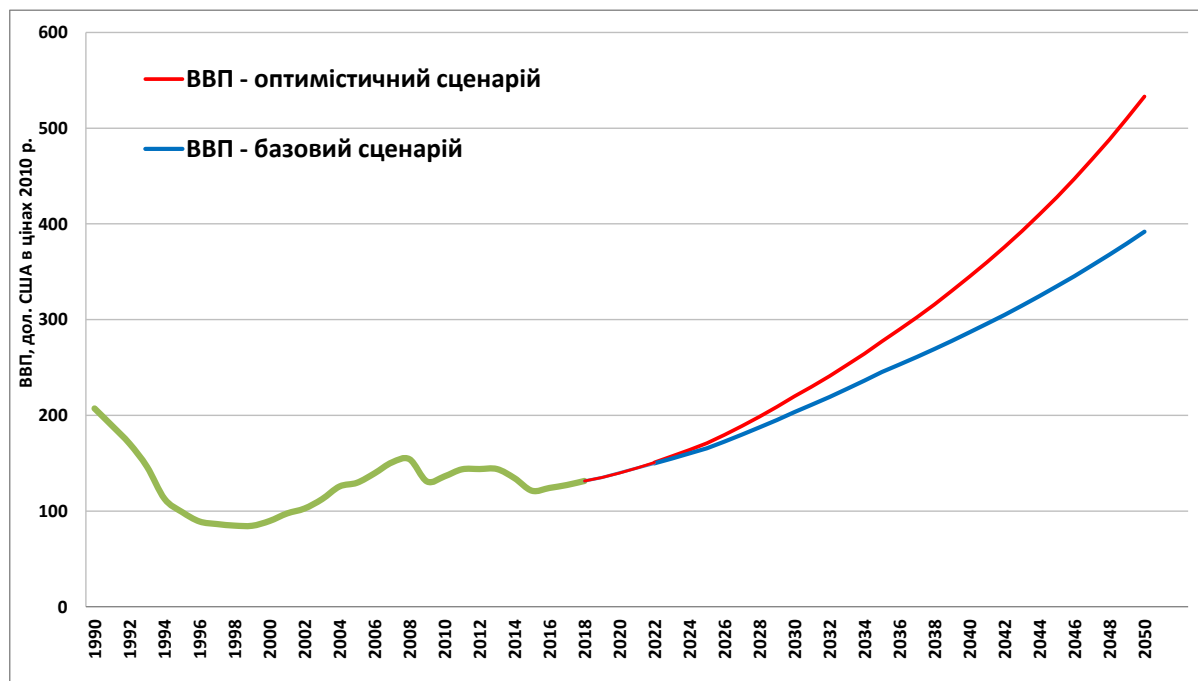
**Базовий макроекономічний сценарій використовується для всіх описаних у цьому звіті сценаріїв НВВ**, тоді як Оптимістичний макроекономічний сценарій НВВ буде використаний пізніше в рамках **аналізу чутливості**.

Незважаючи на економічні реформи та ринкові трансформації останніх десятиліть, економіка України залишається ресурсоемною, низько конкурентоспроможною та технологічно відсталою порівняно з іншими європейськими країнами. Але все ж таки

<sup>5</sup> Прогноз економічного і соціального розвитку України на 2020-2022 роки. <http://www.me.gov.ua/Files/GetFile?lang=uk-UA&fileId=ac8b12ca-b073-4fae-8d02-a334a37a3060>

<sup>6</sup> Прогнозні розрахунки розвитку економіки України до 2050 року здійснено в середовищі модифікованої балансової моделі «Витрати-випуск», розробленої в Інституті економіки та прогнозування НАНУ України: Скрипниченко М.І. Секторальні та міжкраїнні моделі економічного розвитку. – К.: Фенікс, 2004. – 256 с..

можна спостерігати невеликі структурні зрушення, що посилюють диверсифікацію, опір національної економіки зовнішнім шокам та підтримують певне (повільне) економічне зростання. Однак у цьому дослідженні ми припускаємо, що в результаті успішного впровадження в Україні амбітних макроекономічних структурних реформ можна буде досягти стійкого зростання ВВП принаймні **3,5 - 4,5% в середньому за період 2018-2050 років (Рис. 2.2).**



**Рис. 2.2. Довгостроковий прогноз ВВП**

Найважливішими припущеннями / умовами, що визначають глобальні економічні прогнози на наступні 30 років, є:

- **Значне прискорення технологічного прогресу, перехід світової економіки на новий технологічний уклад:** Ми припускаємо, що наступний технологічний прорив відбудеться за рахунок на нано-технологій, технологій стільникового зв'язку, клітинних технологій, що в сукупності знизить енергоємність та матеріалоемність виробництва та відкриє нові можливості для управління властивостями матеріалів та організмів;
- **Сектор послуг стане рушійною силою економічного розвитку:** Важливою особливістю постіндустріальної економічної моделі є фундаментальний перерозподіл ресурсів між первинним (Сільське господарство та видобувна промисловість), вторинним (переробна промисловість) та третинним сектором (Послуги). Коли глобальна економіка пройде через цю "терціарну революцію", основною рушійною силою розвитку національних економік стане сфера послуг;
- **Середньорічні темпи зростання світової економіки протягом 2025-2050 рр. очікуються на рівні 2-3%, середні темпи зростання країн, що розвиваються, становитимуть від 3,5 до 5%.** Більшість останніх досліджень передбачають уповільнення світової економіки в довгостроковій перспективі. Зокрема, в ЄС очікувані середні темпи ВВП в довгостроковій перспективі

становитимуть 1,5-2%, тоді як в Китаї, Індії та інших економіках Азії та Африки очікується 3,5-5% річного зростання.

**Таблиця 2.2. Параметри довгострокового економічного прогнозу**

Індикатор	2021-2030		2031-2040		2041-2050	
	Базов.	Опт.	Базов.	Опт.	Базов.	Опт.
ВВП, %, середній за період	3.8	4.6	3.5	4.6	3.2	4.4
Добувна промисловість та розроблення кар'єрів, %, середній за період	2.0	2.2	1.2	1.2	0.6	0.4
Переробна промисловість, %, середній за період	4.5	5.6	4.2	5.6	3.8	5.3
Промисловість, %, середній за період	3.5	4.3	3.2	4.3	2.9	4.2
Будівництво, %, середній за період	5.0	6.7	4.3	6.1	3.9	5.6
Виробництво послуг, частка у ВВП, середня за період, %	52.7	52.9	54.3	55.3	55.7	57.4
Сільське господарство, частка у ВВП, середня за період, %	9.3	9.2	8.2	7.8	7.3	6.6

Хоча розвиток української економіки в минулі роки не завжди співпадав з глобальними економічними трендами (зокрема, позитивних економічних трансформацій), у цьому дослідженні ми припускаємо поступове зближення тенденцій розвитку економіки України із загальносвітовою динамікою:

- Темпи ВВП в Україні в прогностичний період дещо перевищуватимуть середні світові темпи зростання, що характерно для малих економік, які почали здійснювати ефективні структурні реформи.
- Структурна перебудова економіки забезпечить поступовий відхід від сировинної орієнтації зовнішньої торгівлі, що зумовить зменшення питомої ваги добувної промисловості та сільського господарства у ВВП на користь зростання частки переробної промисловості.
- Поступове зростання доходів населення забезпечить гармонізацію витрат домогосподарств і зумовить збільшення питомої ваги сектора послуг.
- Модернізація української економіки відбуватиметься у напрямку енерго- та ресурсозбереження, забезпечення екологічної безпеки усіх сфер виробництва та життєдіяльності.

**Базовий та Оптимістичний макроекономічні сценарії відрізняються темпами зростання ВВП, доходами домогосподарств та інвестиційним потенціалом, що призводить до різних темпів та глибини структурних трансформацій.**

### *2.1.2.1 Базовий макроекономічний сценарій*

**За базовим сценарієм річний приріст ВВП протягом 2018-2050 років становитиме в середньому 3,5%** що призведе до збільшення ВВП у три рази до кінця прогнозного періоду. Доходи домогосподарств щорічно збільшуватимуться в середньому на 5-6%.

**Розвиток галузей добувної промисловості, енергетика та сільське господарство** відбуватиметься меншими темпами відносно інших видів діяльності: Сільське господарство буде зростати із середньорічними темпами 2,3%, добувна промисловість - 1,3%, частка сільського господарства зменшиться з 10% до 7%, добувної промисловості - з 6% до 3%. Продукція аграрного сектору у більших обсягах спрямовуватиметься на переробку в Україні, що призведе до 4-кратного збільшення **виробництва харчових продуктів** до 2050 року із середньорічним приростом до 3,8%. Частка **машинобудування** значно збільшиться, виробництво транспортних засобів збільшиться в 8 разів, комп'ютерів, електронного та оптичного обладнання - в 7 разів, електротехнічного обладнання - в 6 разів. Відносно повільне зростання доходів домогосподарств дещо обмежить розвиток сфери послуг, а її частка у ВВП зросте до 56%. Комп'ютерне програмування, консультації та послуги, пов'язані з туризмом, демонструватимуть найбільше зростання у Секторі послуг.

**Результати сценарно-імітаційних розрахунків показують, на перший погляд, несуттєві структурні зміни у ВДВ до 2030 року**, однак слід врахувати, що період 2020-2030 рр. припускається як періодом індустріального відновлення до рівня 2013 року. Лише більш віддалений горизонт 2030-2050 років може показати перспективи нового зростання та, відповідно, структурних змін у випуску товарів і послуг (див. Таблицю 2.2).

**Фактичне зростання ВВП в Україні залежатиме від** успішності реалізації структурних реформ, продуктової і географічної диверсифікації експорту та, особливо, розігрівання внутрішнього ринку. Для цього, вже починаючи з 2020 р., необхідно проведення масштабної інвестиційної кампанії., темпи приросту валового накопичення основного капіталу протягом 2020-2025 років повинні досягти не менше 8-14%, а в 2021-2050 рр. - 15-18%, при цьому норма нагромадження основного капіталу до ВВП має досягати 20-24%, що є вихідною умовою прискорення економічного зростання.

Серед інших важливих факторів, які мають забезпечити економічне зростання в Україні, є досягнення **загальнополітичного консенсусу та припинення військового конфлікту з Російською Федерацією**. У такому випадку українська економіка отримає сильний імпульс для розвитку через розширення внутрішнього ринку та необхідність відновлення зруйнованої інфраструктури.

Модельні оцінки темпів зростання за секторами наведено у Додатку 1.

### *2.1.2.2 Оптимістичний макроекономічний сценарій*

**Оптимістичний макроекономічний сценарій був розроблений для аналізу чутливості результатів розрахунків до зміни макроекономічних драйверів. Відповідно до оптимістичного сценарію, середньорічні темпи приросту ВВП складуть 4,45%**, що призведе до 4-кратного зростання ВВП у 2050 р. порівняно з 2017 роком. Очікується, що доходи домогосподарств будуть зростати з більш високими темпами – 7-9% на рік.

Очікувані темпи зростання ВВП та доходів домогосподарств забезпечать достатній інвестиційний потенціал для реалізації програм енергоефективності та відповідної структурної перебудови економіки України, що знизить енергоємність товарів та послуг. Темпи зростання видобутку нафти, газу, вугілля та виробництва електроенергії будуть меншими відносно темпів зростання інших галузей.

Ключові прогностичні тренди:

- Серед видів діяльності **переробної промисловості** суттєво збільшиться питома вага машинобудування, насамперед, виробництва комп'ютерів, електронної та оптичної техніки (утричі), виробництва будівельних матеріалів, фармацевтичної продукції, чому сприятиме активна політика імпортозаміщення. Натомість перехід на нові технології та новостворені види матеріалів призведе до скорочення частки виробництва деревини, коксу та металургійного виробництва у ВВП.
- Хоча питома вага переробної промисловості та будівництва досить суттєво збільшиться, повільніші темпи зростання **добувної промисловості, аграрного сектору та енергетики** зумовлять зменшення загальної частки реального сектору у ВВП з 49% до 42%, а частка сектору послуг відповідно збільшиться з 51% до 58%.
- Необхідність модернізації виробничої і соціальної інфраструктури та збільшення фінансових можливостей держави і населення зумовлять високі темпи зростання **будівельних робіт** – обсяги будівництва збільшаться майже у 7 разів, а частка сектору у ВВП збільшиться вдвічі до 2050 року.
- Найбільше зростання серед **послуг** демонструватиме комп'ютерне програмування, консультування та надання інформаційних послуг: виробництво у секторі послуг зросте майже в 9 разів, а його частка у ВВП зросте з 2,3% до майже 4,8%. Вищими, ніж темпи зростання ВВП, зростатимуть також види послуг, пов'язані з розвитком туризму: тимчасове розміщування й організація харчування та мистецтво, спорт, розваги та відпочинок. Суттєво вищі темпи зростання матиме й наука, що забезпечить збільшення її частки у ВВП майже удвічі до кінця прогностичного періоду.
- В аграрному секторі вищі темпи розвитку демонструватиме тваринництво, тоді як можливості значного збільшення обсягів виробництва у рослинництві в Україні обмежені природно-кліматичними умовами. Загалом до 2050 р. очікується збільшення сільськогосподарського виробництва у 2,6-2,7 рази. Продукція аграрного сектору переважно перероблятиметься в Україні, що зумовить значне нарощування обсягів виробництва продуктів харчування і зростання питомої ваги виробництва харчових продуктів з 3,3% до 4,5%.

## 2.2 Демографічний прогноз

Макроекономічні сценарії, підготовлені для 2-го НВВ України, визначають перспективну структуру економіки, відповідні обсяги використання енергії та викидів ПГ, а також встановлюють умови демографічного розвитку.

Для цього проекту експерти Інституту демографії та соціальних досліджень НАНУ оновили демографічні прогнози відповідно до наявних даних державної статистики та з урахуванням припущень макроекономічних прогнозів, описаних вище.

Для демографічних Середнього та Високого сценаріїв (відповідно до базового та оптимістичного макроекономічних сценаріїв) було зроблено різні припущення щодо тривалості життя, рівня смертності, коефіцієнту народжуваності (к-сть дітей/жінку), ймовірності смерті, народжених живими, міграції та інших стандартних демографічних параметрів за віком та статтю. Отримані результати цих прогнозів наведені на рис. 2.3 та узагальнені в таб. 2.3.

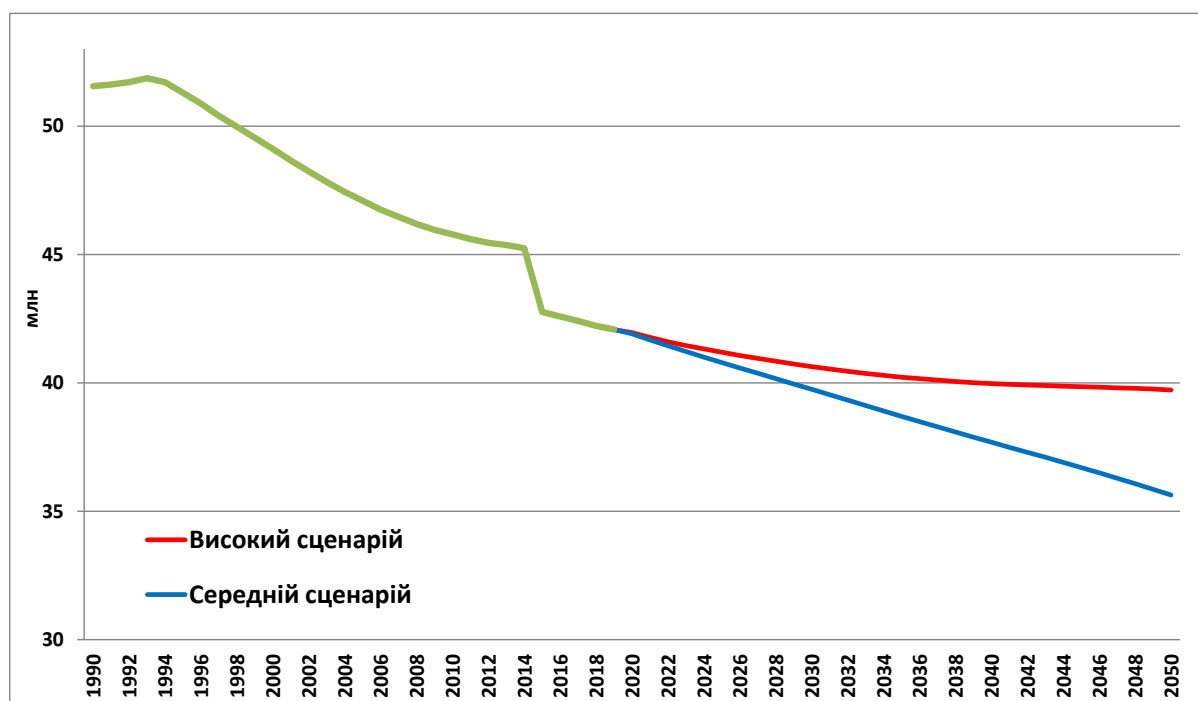


Рис. 2.3. Довгостроковий демографічний прогноз

Таблиця 2.3. Параметри довгострокового демографічного прогнозу

Індикатори	2018	2030		2040		2050	
		Сер.	Вис.	Сер.	Вис.	Сер.	Вис.
Кількість населення*, млн.	42.4	39.7	40.6	37.7	40.0	35.6	39.7
Середня тривалість життя, обидві статі, роки	72.2	73.9	75.0	75.3	77.1	76.7	79.1
Середній вік населення, обидві статі, роки	40.5	42.7	42.5	44.4	43.9	45.4	42.6
Частка населення працездатного віку, обидві статі, %	51.1	48.4	48.1	47.5	46.7	43.0	45.6
Відношення кількості пенсіонерів до працюючих осіб, обидві статі, осіб	0.99	1.14	1.16	1.24	1.30	1.49	1.43
Частка сільського населення, %	32.6	31.6	32.3	30.2	32.0	28.6	31.8

\* Кількість населення узгоджена із звітними даними, наданими Державною службою статистики України, та не включає населення анексованої території Республіки Крим. Для розрахунку цілей 2-го НВВ кількість населення буде відповідно скоригована.



## 2.3 Прогноз цін на енергоресурси

Комплексний прогноз цін на енергетичні ресурси є настільки ж важливим для результатів моделювання, як і макроекономічні драйвери або цілі енергетичної політики, оскільки різна динаміка цін на різні види енергоресурсів визначає зміну цінового паритету між видами палива і, таким чином, може вплинути на економічну доцільність вибору конкретних енергетичних технологій або варіантів політик.

В цьому дослідженні був використаний прогноз Міжнародного енергетичного агентства (World Energy Outlook 2018, Сценарій нових політик, табл. 2.4)<sup>7</sup>.

**Таблиця 2.4. Прогноз цін на енергетичні ресурси**

Енергетичні ресурси	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Енергетичне вугілля, ринок ЄС, дол. США/т в цінах 2017 року	85	90	80	83	84	85	87	89
Нафта сорту Brent, дол. США/барель в цінах 2017 року	52	65	88	96	105	112	121	132
Природний газ, ринок ЄС, дол. США/бто в цінах 2017 року	5.8	6.0	7.8	8.2	8.6	9.0	9.4	9.9

## 2.4 Податок на викиди (ціна вуглецю)

Запровадження в Україні системи торгівлі квотами на викиди ПГ (СТВ, англ. Emission Trading Scheme, ETS) відповідно до положень Директиви 2003/87/ЄС передбачене Угодою про асоціацію між Україною та ЄС. Попри затверджений план імплементації цього завдання, наразі важко говорити про конкретні терміни запровадження ринку торгівлі квотами на викиди. Це пов'язано як з об'єктивними політичними та адміністративними складнощами, такими як затримка із запровадженням нової моделі ринку електроенергії (літо 2019 р.) та неможливість повноцінного охоплення установок із річним обсягом викидів парникових газів 200 млн т CO<sub>2</sub>-екв в АР Крим та ОРДЛО, так і незавершеністю нормативно-правової бази.

Зокрема, функціонування СТВ неможливе без належної системи моніторингу, звітності та верифікації звітів про викиди (МЗВ). На сьогодні в Україні відсутня єдина методика розрахунку викидів ПГ, а також процедура верифікації та відповідний уповноважений орган. Відповідний законопроект<sup>8</sup> і урядові розпорядження<sup>9</sup> були розроблені Міністерством екології ще восени 2018 року, однак на момент підготовки цього звіту не були затверджені.

З огляду на високий рівень невизначеності щодо термінів повноцінного запровадження СТВ в Україні, її організаційної структури та учасників, досить важко оцінити можливий рівень цін на квоти на викиди, що складеться на ринку, та інкорпорувати умови

<sup>7</sup> IEA (2018), World Energy Outlook 2018, IEA, Paris, <https://doi.org/10.1787/weo-2018-en>.

<sup>8</sup> Проект Закону України про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів [http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4\\_1?pf3511=64881](http://w1.c1.rada.gov.ua/pls/zweb2/webproc4_1?pf3511=64881)

<sup>9</sup> Проект постанови КМУ про затвердження порядку верифікації звіту оператора про викиди парникових газів <http://www.greenmind.com.ua/images/2019/proekt-postanovy-kmu-pro-modernizatsiyu-potochnoyi-veryfikatsiyi-zvilnennya-operatora-pro-vikifikatsiyu-parnykh-haziv.pdf>; Проект постанови КМУ про затвердження порядку здійснення моніторингу та звітності викидів парникових газів <http://www.greenmind.com.ua/images/2019/proekt-postanovy-kmu-11-04-18-1.pdf>; Проект постанови КМУ про затвердження переліку видів діяльності, на які поширюються моніторинг, звітність та верифікація викидів парникових газів <http://www.greenmind.com.ua/images/2019/proekt-postanovy-kmu.pdf>

функціонування такого ринку до сценаріїв НВВ2 без додаткових припущень. З огляду на це в рамках дослідження було прийняте рішення не включати припущення щодо ринку торгівлі викидами до умов Сценаріїв 2 та 3, які побудовані з урахуванням чітко визначених цілей діючих урядових документів. Натомість, оцінка впливу цін на викиди ПГ буде виконано в рамках аналізу чутливості за такими можливими варіантами:

- Запровадження СТВ в Україні на умовах, запропонованих у звіті по ціноутворенню на викиди ПГ (2019) за результатами проекту PMR (Partnership for Market Readiness) Світового банку, одночасно із запровадженням податку на викиди в секторах, не охоплених СТВ. Водночас, оскільки обмеження на викиди для секторів, що входять до СТВ, у цьому звіті будуть відрізнятися від оцінок, зроблених у звіті проекту PMR, ціна на викиди в межах СТВ ймовірно також буде відрізнятися.
- Однаковий податок на викиди ПГ запроваджується для всіх категорій споживачів енергоресурсів; проведення розрахунків за різної ставки податку дозволить дослідити вплив плати за викидів ПГ на оптимальний розв'язок.

Запровадження СТВ та/або податку на викиди в рамках аналізу чутливості є додатковими заходами до тих, що вже включені до Сценарію 2. Для забезпечення більшої гнучкості системи, сучасні технології, які доступні в Сценарії 3, також будуть доступні для цього аналізу чутливості за Сценарієм 2.

На основі узагальнення експертних оцінок щодо майбутньої кліматичної політики ЄС, динаміки ціни на викиди ПГ в СТВ ЄС та припущень стосовно вуглецеємності секторів, на продукцію яких може бути накладене вуглецеве мито ЄС, в подальшому експертами проекту буде здійснено оцінку макроекономічних наслідків транскордонного коригування податку на викиди ПГ (cross-border carbon adjustment tax macroeconomic impact assessment).

## 2.5 Потенціал відновлюваних джерел енергії

Потенціал ВДЕ в Україні, використаний для моделювання сценаріїв динаміки викидів ПГ для НВВ2, з незначними оновленням і доопрацюванням відповідає тому, що представлений у звіті «Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 року»<sup>10</sup>.

### 2.5.1 Потенціал вітроенергетики

Україна володіє значним природним потенціалом для реалізації вітроенергетичних проектів, що визначає зацікавленість держави в розвитку цієї галузі і привертає велику кількість потенційних вітчизняних та іноземних інвесторів. Світовий досвід показує, що найбільш ефективно енергія вітру використовується в морських і прибережних районах, а також в гірських і пересічених місцевостях. З цієї точки зору, України володіє необхідними географічними характеристиками і має значну кількість перспективних для вітроенергетики зон.

Згідно з останніми оцінками Української вітроенергетичної асоціації (УВЕА), сектор вітроенергетики України володіє потенціалом в 16 ГВт ВЕС. Якщо коефіцієнт

<sup>10</sup> «Перехід України на відновлювану енергетику до 2050 р.» Олександр Дячук, Максим Чепелев, Роман Подолець, Галина Трипольська, Віталій Венгер, Тетяна Саприкіна та Роман Юхимець; за редакцією Ю. Огаренко та О. Алієвої // Регіональне представництво фонду Гайнріха Бьолля в Україні. – Київ: Видавництво «Арт Книга», 2017. – 88 стор.

використання встановленої потужності (КВВП) становить щонайменше 40% - як підтверджено на практиці в Запорізькій, Херсонській та Миколаївській областях - річне виробництво електроенергії може скласти до 56 млрд кВт-год. Це еквівалентно 29% від загального обсягу виробництва електроенергії в Україні до окупації АР Крим і міста Севастополя Російською Федерацією та її військової агресії на території окремих районів Донецької і Луганської областей. На основі даних того ж 2016 р., 56 млрд кВт-год становить до 34% від загального обсягу виробництва електроенергії.

Потенціал наземної (on-shore) вітроенергетики до 2050 р., застосований в Сценаріях НВВ2, представлений в таблиці 2.5. В рамках процесу оптимізації витрат на побудову оптимальної системи енергогенерації, яка задовольняє усі споживчі енергопотреби, модель обиратиме рівень потужності вітрових електростанцій (ВЕС) не вище, ніж значення, вказані в Резюме в таблиці з ключовими вхідними припущеннями.

**Таблиця 2.5. Потенціал вітрової енергетики, ГВт**

	2020	2030	2035	2050
Наземні вітроелектростанції	1,65	8,0	16,0	24

З урахуванням останніх світових тенденцій у галузі розвитку відновлюваних джерел енергії, в тому числі вітрової енергетики на суші та морі, економічно доцільний потенціал вітроенергетики в Україні може бути значно більшим і додаткові її можливості розглянуті в рамках Сценарію 3.

### **2.5.2 Потенціал сонячної енергетики**

За даними Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, теоретично-можливий потенціал енергії сонця на території України складає більше 730 млрд кВт-год на рік, але технічно-можливий - лише 34,2 млрд кВт-год на рік.

Однією з головних перешкод на шляху інтенсивного розвитку відновлюваної енергетики є слабо розвинена енергетична мережа і застарілий централізовано-вертикальний підхід. Згідно з оцінками національних експертів, технології використання відновлюваних джерел енергії в Україні можуть покрити до 80% попиту на електроенергію, приймаючи до уваги поточний рівень розвитку технологій.

У сценаріях НВВ2 максимальний потенціал сонячної енергетики, був застосований на рівні, представлений в таблиці 2.6. Окремо був модельно оцінений потенціал дахових сонячних електростанцій приватних домогосподарств та комерційної нерухомості, в тому числі промисловості і сільського господарства.

**Таблиця 2.6. Потенціал сонячної енергетики, ГВт**

	2030	2035	2050
Наземні сонячні електростанції	6	12	36
Дахові сонячні електростанції	2	4	12

### **2.5.3 Біоенергетичний потенціал**

Згідно з даними Біоенергетичної асоціацією України<sup>11</sup>, нинішній економічно-доцільний потенціал біоенергетики становить близько 20 млн т н.е. і може досягнути 42 млн т н.е. у 2050 р. (таблиця 2.7), що стане можливим за рахунок збільшення використання

<sup>11</sup> <http://uabio.org/>

кукурудзи у виробництві біогазу, вирощування енергетичних культур та розширеного використання біогазу.

**Таблиця 2.7. Біоенергетичний потенціал України**

Вид біомаси	2015			2050
	Теоретичний потенціал, млн. т	Частка, доступна для енергетики, %	Економічний потенціал, млн. т у.п.	Економічний потенціал, млн. т у.п.
Солома зернових культур	35,14	30	5,22	7,83
Солома ріпаку	3,10	40	0,62	0,93
Відходи виробництва кукурудзи на зерно (стебла, стрижні)	30,3	40	3,31	4,97
Відходи виробництва соняшника	21,2	40	1,74	1,74
Вторинні відходи с/г (лушпиння соняшника)	1,9	41	0,39	0,39
<b>Всього Агротененціал</b>	<b>91,64</b>		<b>11,28</b>	<b>15,86</b>
Деревна біомаса (дрова, відходи лісо-заготівлі, деревини від рубок, тріска)	8,8	41	1,47	2,97
Деревна біомаса (рубка лісосмуг, сухостій)	11,0	58	2,57	1,47
<b>Всього деревина</b>	<b>14,80</b>		<b>3,45</b>	<b>4,44</b>
Біодизель	-	-	0,27	0,27
Біоетанол	-	-	0,77	0,77
<b>Всього біопалива</b>	<b>-</b>	<b>-</b>	<b>1,04</b>	<b>1,04</b>
Біогаз з побічних продуктів АПК (гній+харчова промисловість)	1,6 10 <sup>9</sup> м <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	50	0,97	3,40
Біогаз з полігонів ТПВ	0,6 10 <sup>9</sup> м <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	34	0,26	0,85
Біогаз зі стічних вод	1,0 10 <sup>9</sup> м <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	23	0,27	0,56
<b>Всього біогаз</b>	<b>3,2·10<sup>9</sup> м<sup>3</sup> CH<sub>4</sub></b>		<b>1,5</b>	<b>4,81</b>
тополя, міскантус, акація, вільха, верба	11,5	90	6,28	18,84
кукурудза (біогаз)	3,3 10 <sup>9</sup> м <sup>3</sup> CH <sub>4</sub>	90	3,68	14,72
<b>Всього енергетичні культури</b>			<b>9,96</b>	<b>33,56</b>
Торф			0,4	0,4
<b>ВСЬОГО, млн т у.п.</b>			<b>27,63</b>	<b>60,10</b>
<b>ВСЬОГО, млн. т н.е.</b>			<b>19,34</b>	<b>42,07</b>

Джерело: дані надано Біоенергетичною асоціацією України (<http://uabio.org/>), 2017

#### 2.5.4 Потенціал гідроенергетики

Розвиток великої гідроенергетики обмежений в сценаріях НВВ2, оскільки цей тип генерації з відновлюваних джерел енергії визнаний несталим. Згідно такого підходу, потенційно розглядається лише добудова Каховської ГЕС-2 на основі існуючої греблі, оскільки серйозних екологічних наслідків при цьому не передбачається. Виходячи з таких припущень потужність великої гідроенергетики (ГЕС та ГАЕС) складатиме 6033 МВт (2015 рік) + 250 МВт (Каховська ГЕС-2), що в сумі складатиме 6283 МВт.

На думку представників екологічних неурядових організацій (НУО), в Україні не існує таких малих ГЕС, які б повністю відповідали екологічним вимогам, і вони приносять набагато більше шкоди навколишньому середовищу, ніж потенційні вигоди від, наприклад, скорочення викидів парникових газів. У той же час, є приклади повністю безпечних для навколишнього середовища малих ГЕС в Австрії і Норвегії. Тому в даній роботі пропонується використання 50% наявного потенціалу малих ГЕС за умови дотримання найсуворіших екологічних критеріїв. Станом на 2016 р. встановлена потужність малих ГЕС становила 90 МВт<sup>12</sup>.

<sup>12</sup> Звіт «Розвиток відновлюваних джерел енергії в Україні», <http://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2017/03/Rozvitok-VDE-v-Ukrai--ni.pdf>

Максимальна потужність малих ГЕС до 2030 р. за даними Інституту відновлюваної енергетики НАН України складає 250 МВт. Тобто, додатковий до існуючого потенціал –  $250 - 90 = 160$  МВт. Припускаючи, що 50% нових малих ГЕС відповідатимуть усім екологічним критеріям, то додатковий приріст виходить 80 МВт. При цьому ми припускаємо, що значну частину цього потенціалу має бути реалізовано внаслідок модернізації та підвищення ефективності існуючих малих ГЕС. Нові малі ГЕС можуть бути побудовані тільки за умови дотримання суворих екологічних критеріїв, які повинні бути введені на законодавчому рівні.

Для розвитку великої гідроенергетики в Україні існує більший потенціал, але, беручи до уваги зростаючий негативний вплив і подальші наслідки розвитку великої гідроенергетики в зв'язку зі зміною клімату, великі ГЕС не можуть в подальшому розглядатися як відновлювані джерела енергії.

### **2.5.5 Потенціал геотермальної енергетики**

Згідно з інформацією, поданою на сайті Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження, Україна має певний потенціал для розвитку геотермальної енергетики. Проте, на даний час наукові, геолого-розвідувальні та практичні роботи в Україні зосереджені тільки на геотермальних ресурсах, які представлені термальними водами. За різними оцінками, економічно-доцільний енергетичний ресурс термальних вод України становить до 8,4 млн т н.е. на рік. Однак, економічний потенціал геотермальної електроенергетики в Україні виглядає не досить значним. Тим не менш такий вид електрогенерації представлено в моделі TIMES-Україна.

### **2.5.6 Електроенергетика**

Модель TIMES-Україна містить достатньо повний список технологій виробництва електроенергії і тепла (Додаток 2) задля проведення оцінки потенціалу скорочення викидів ПГ в Україні. Основними типами заходів скорочення викидів ПГ є покращення існуючих технологій, виведення з експлуатації старих і розвиток нових технологій відновлюваної енергетики разом із зміною структури виробництва електричної та теплової енергії, але також існують можливості для розвитку атомної енергетики, яка розглядається як низьковуглецеве джерело електрогенерації.

Вітрова та сонячна енергетика є відновлюваною, однак, з негарантованим графіком виробництва електричної енергії, тому для забезпечення надійності та стабільності роботи Об'єднаної енергетичної системи України при моделюванні застосовується низка припущень, які передбачають розвиток великих (промислових) об'єктів сонячної та вітрової енергетики паралельно із балансуєчими та маневреними технологіями, такими як акумулюючі технології (батареї) та газові технології (в т.ч. на водні та паливних елементах). Зокрема, основне припущення стосується того, що на кожен 1 МВт нових потужностей ВЕС та/чи СЕС має бути збудовано 0,1 МВт (або 10%) акумулюючих потужностей і на кожен 1 МВт ВЕС та СЕС має бути збудовано 0,3 МВт (або 30%) та 0,4 МВт (або 40%) відповідно газових потужностей зі швидким стартом.

Зелений тариф для об'єктів відновлюваної енергетики діятиме згідно діючого законодавства і лише до 2030 року. Надалі відновлювана енергетика конкуруватиме з рештою типів генерації без спеціальної підтримки.

## 2.6. Потенціал заходів з підвищення енергоефективності

Підвищення енергоефективності відбувається в різних секторах завдяки технологічним удосконаленням, модернізації та заміні застарілого обладнання. Нижче наведено умови реалізації потенціалу енергоефективності, що були враховані при моделюванні сценаріїв НВВ2 на базі моделі TIMES-Україна. Детальний звіт про підвищення потенціалу енергоефективності в Україні за секторами можна знайти за посиланням <sup>13</sup>.

### 2.6.1. Сектор будівель

Незважаючи на визначення енергоефективності як одного з головних пріоритетів державної політики та поступову активізацію урядових ініціатив щодо стимулювання споживачів до ощадливого використання енергії у побуті, технічний стан більшості існуючих житлових та нежитлових будівель та відповідних енергетичних систем не дозволяє забезпечити необхідний рівень енергетичних характеристик будівель. Енерговитрати на опалення м2 загальної площі становлять в Україні – 250 – 400 кВт год на м2 в рік (рис. 9.2), водночас у Німеччині – 180, у країнах Скандинавії – 150, а у будинках, зведених із застосуванням теплозберігаючих технологій – 60 – 80 кВт год на м2 в рік.<sup>14</sup>

В Таб. 2.8. наведено припущення щодо інвестиційних потреб та ефективності заходів з термомодернізації будівель, складені за даними Асоціації енергетичних аудиторів України <sup>15</sup> та компанії SEVEn Energy company<sup>16,17</sup>.

**Таблиця 2.8. Припущення щодо інвестиційних потреб та ефективності заходів з термомодернізації будівель**

	Приватні житлові		Багатоквартирні		Нежитлові	
	інвестиції	економія	інвестиції	економія	інвестиції	економія
	млн Євро / ПДж	%	млн Євро / ПДж	%	млн Євро / ПДж	%
Швидка санація	28.9	14	31.0	14	38.8	10
Повна санація	117.0	52	125.6	46	165.0	55
Додаткова модернізація	140.0	74	180.0	75	220.0	75

Аналіз перспективної потреби в опаленні та використанні енергоресурсів на інші побутові потреби виконувався з урахуванням припущень демографічного сценарію, зокрема умов життя домогосподарств, а також прогнозних темпів зростання і структури сектору послуг. У секторі домогосподарств, незважаючи на закладений прогноз щодо подальшого поступового скорочення кількості населення, темпи зростання житлової площі будуть переважати цю негативну тенденцію: загальна площа житлових приміщень збільшиться до 2050 р. на 14,5% відносно 2015 року, при цьому середня

<sup>13</sup> “Transition of Ukraine to the Renewable Energy by 2050” / O. Diachuk, M. Chepeliev, R. Podolets, G. Trypolska and oth. ; edited by Y. Oharenko and O. Aliieva // Heinrich Boell Foundation Regional Office in Ukraine. – Kyiv: Publishing house “Art Book” Ltd., 2017. – 88 pages.

<sup>14</sup> Ukraine on the way to independence. Achievements and perspectives // State Agency on Energy Efficiency and Energy Saving of Ukraine. – Kyiv, 2016. – 45 pages

<sup>15</sup> <http://aea.org.ua/>

<sup>16</sup> <http://www.svn.cz>

<sup>17</sup> Impact Assessment of the Energy Efficiency Directive (2012/27/EU) for the Energy Community, [https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC\\_HOME/DOCS/3304025/0633975ADB617B9CE053C92FA8C06338.PDF](https://www.energy-community.org/portal/page/portal/ENC_HOME/DOCS/3304025/0633975ADB617B9CE053C92FA8C06338.PDF)

площа помешкань для домогосподарств, які мешкають в багатоквартирних будинках, складе близько 60 м<sup>2</sup>, в приватних будинках – 90-100 м<sup>2</sup>.

Теплоізоляції будівель наразі є очевидно найбільш дієвим типом заходом для реалізації потенціалу енергоефективності у житловому секторі, хоча це не єдиний захід, що був врахований під час моделювання. Підвищення ефективності систем опалення, нагріву води, охолодження, освітлення та інших енергетичних технологій також є важливими і були змодельовані у TIMES-Україна за типом технології та видом спожитого палива. Політики та заходи щодо скорочення викидів ПГ у житловому секторі також передбачають можливість розвитку біо-, гео- та сонячних технологій, які і технологій централізованого постачання теплової та електричної енергії, виробленої з відновлюваних джерел.

### 2.6.2 Промисловість

Задля зменшення використання традиційних енергоресурсів і пов'язаних з цим зменшення негативного впливу на навколишнє середовище важливо розширювати використання ВДЕ та альтернативних видів палива на промислових підприємствах України.

**Таблиця 2.9. Споживання енергії за умови впровадження нових технологій у промисловості**

Сектор	Поточні середні витрати енергії на т продукції <sup>18</sup>	Перспективні витрати енергоресурсів / т продукції <sup>19</sup>	Вартість технології, \$/т продукції****
Металургія	13-14 ГДж / т чавуну	від 750 до 325 кВт*год / т сталі (1,2-2,7 ГДж)	\$540-600/т сталі
Виробництво аміаку	35-38 ГДж / т	27 GJ/t	\$30-50/т
Целюлозно-паперова	29-32 ГДж / т	від 18.7 до 17.1 ГДж / т	\$600-800/т
Цемент	Wet technology: 5.3-7.1 ГДж/т; Dry technology: 3-4 ГДж/т	від 3.0 до 2.5 ГДж / т цементу	\$90-130/т
Виробництво скла		10.8 ГДж / т	\$250-300/т

Важливою частиною цього процесу є впровадження нових перспективних технологій, що надають можливість використання альтернативних видів енергії у промисловості.

Розвиток електродугового способу виробництва сталі в металургійній галузі, нові перспективні технології (+20% до ефективності використання енергії) в хімічній промисловості, нові технології в целюлозно-паперовій, цементній промисловості і т.д., на основі біомаси, електричної та теплової енергії (зокрема, електроенергії та теплоенергії, вироблених з відновлюваних джерел) можуть забезпечити перехід від

<sup>18</sup> Perspectives of energy technologies. In support of the G-8 Action Plan. Scenarios and Strategies up to 2050. OECD/IEA, WWF of Russia (translation into Russian, Part 1 edited by A. Kokorin, Part 2 edited by T. Muratova. – Moscow: 2007 – 586 pages. – Pages. 485; 499; 505; 519. Nordic Energy Technology Perspectives 2016 (NETP 2016) is a Nordic edition of the International Energy Agency's (IEA) global Energy Technology Perspectives 2016. – 211 pages. – Page 87. Available at: <http://www.nordicenergy.org/project/nordic-energy-technology-perspectives>.

<sup>19</sup> Kudrin, B. Electricity in electrometallurgy / B.I. Kudrin // Electricity. – 2003. – Pages. 35-45; Prospects for energy technologies In support of the G-8 Action Plan. Scenarios and Strategies up to 2050. OECD/IEA, WWF of Russia (translation into Russian, Part 1 edited by A. Kokorin, Part 2 edited by T. Muratova. – Moscow: 2007 – 586 pages. – Page 514; Nordic Energy Technology Perspectives 2016 (NETP 2016) is a Nordic edition of the International Energy Agency's (IEA) global Energy Technology Perspectives 2016. – 211 pages. – Page 87. Available at: <http://www.nordicenergy.org/project/nordic-energy-technology-perspectives>; Mykoliuk O.; Kovalchuk I. Practice of Implementation of Energy Efficient Technologies at Cement Industry Enterprises in Ukraine / O. Mykoliuk, I. Kovalchuk // Bulletin of the Khmelnytskyi National University – 2014. – No. 1. – Pages 227-230

споживання традиційних паливно-енергетичних ресурсів до використання енергії з відновлюваних джерел.

### 2.6.3 Транспорт

За даними Міністерства інфраструктури України, станом на червень 2019 р. зареєстровано 10 000 електромобілів.

Електромобілі можуть заряджатися електроенергією з відновлюваних джерел енергії. Крім того, збільшення електромобільності може також зменшити потребу в енергії в цілому, оскільки електромобілі більш енергоефективні, ніж автомобілі з двигунами внутрішнього згоряння (ДВС). ККД електродвигунів досягає 90-98%, в той час як у ДВС становить 30-45%. Основні характеристики електричних і біопаливних транспортних засобів, що використовуються в моделі TIMES-Україна, представлені в таблиці 2.10-2.11.

**Таблиця 2.10. Основні характеристики електромобілів, що використовуються в моделі TIMES-Україна**

Вид транспорту	Вартість, тис. євро		Термін використання	Ефективність, км/ГДж		Річний пробіг, тис. км
	2015	2050		2015	2050	
Міжміські автобуси	300	260	20	230	277	27.5
Міські автобуси	300	260	20	325	390	27.5
Легкові авто	35	25	20	765	890	17.5
Вантажівки	300	175	20	235	285	22.0
Мотоцикли	5.0	5.0	10	777	850	4.8

**Таблиця 2.11. Основні характеристики автомобілів на біопаливі, що використовуються в моделі TIMES-Україна**

Вид транспорту	Вартість, тис. євро		Термін використання	Ефективність, км/ГДж		Річний пробіг, тис. км
	2015	2050		2015	2050	
Міжміські автобуси	250	205	20	93	112	27.5
Міські автобуси	250	205	20	325	390	27.5
Легкові авто	30	29	20	308	370	14.5
Вантажівки	140	135	20	125	142	22.0

Залізничний транспорт України електрифіковано на 95% і передбачається, що цей показник не буде зменшений. Авіація і судноплавство в Україні володіють потенціалом як для використання біопалива, так і для електрифікації, не зважаючи на нерозвиненість цих технологій в Україні, однак, вже існують пілотні демонстраційні проекти. Експерти проекту припустили можливість перейти на 100% біопалива до 2050 р. в Україні за допомогою існуючих технологій.

### 2.6.4 Передача електроенергії та транспортування природного газу

Одним із заходів зі зменшення викидів ПГ від передачі електроенергії і транспортування природного газу є уникнення і мінімізація втрат та витоків енергоресурсів, особливо в поточній ситуації, коли під час передачі і розподілу електроенергії втрати складають 12% від всієї електроенергії, виробленої в Україні. Транспортування природного газу, в тому числі в ЄС, вимагає багато енергії для компресорних станцій, яка потенційно може бути замінена на електроенергію, що



дозволить водночас збільшити ефективність газотранспортної системи і зменшити викиди ПГ від витоків природного газу.

Модель TIMES-Україна показує економічну доцільність скорочення до 7% втрат при передачі і розподілі електроенергії. Перехід від газових турбін до електричних двигунів під час транспортування природного газу дозволить скоротити до 80% втрат енергії на одиницю транспортованого природного газу.

#### **2.6.5 Сільське господарство**

Сільське господарство (виключно, як споживач енергії) представлене в моделі TIMES-Україна у спрощеній формі. Визначено п'ять підгалузей: рослинництво, тваринництво, локальний транспорт, неенергетичне споживання та інші потреби. Споживання енергії для автономного виробництва електроенергії і тепла включене не в цьому секторі, а в секторі виробництва електроенергії та тепла. В моделі передбачається потенційна можливість задоволення енергопотреб кожної з виділених підгалузей сільського господарства із застосуванням технологій, що використовують біопаливо (біомасу), а також електроенергію та тепло з відновлюваних джерел енергії.

## РОЗДІЛ 3. СЦЕНАРІЇ ВИКИДІВ ПГ В УКРАЇНІ

### 3.1 Загальні результати моделювання

В цілому, результати моделювання за Сценарієм 1 показують, що викиди ПГ будуть зростати, починаючи з 2020 р., в той час як рівень поглинання в секторі 333ЛГ спадатиме. Загальний обсяг викидів ПГ за Сценарієм 1 може досягати 408,734 млн т CO<sub>2</sub>-екв. в 2030 р. і 523,573 млн т CO<sub>2</sub>-екв. у 2050 р., що складе 44% і 55% викидів парникових газів від рівня 1990 р. відповідно, 10,1 і 14,2 т CO<sub>2</sub>-екв. викидів ПГ на душу населення.

Сценарій 2 прогнозує, що викиди ПГ будуть на відносно стабільному рівні протягом періоду 2020-2050 рр. на рівні 240-267 млн т CO<sub>2</sub>-екв, що відповідає 27-30% від рівня викидів ПГ в 1990 році. Викиди ПГ на душу населення протягом 2020-2035 рр. будуть на рівні 6,1-6,3 т CO<sub>2</sub>-екв. і почнуть збільшуватися після 2035 р., досягаючи 7,3 т CO<sub>2</sub>-екв. на душу населення в 2050 р., що вище, ніж в 2015 році. Поглинання сектору 333ЛГ може сягнути 12 млн т CO<sub>2</sub>-екв. в 2030 р. і понад 24 млн т CO<sub>2</sub>-екв. в 2050 році.

Рівень викидів ПГ за Сценарієм 3 буде безперервно знижуватися, досягнувши 241,1 млн т CO<sub>2</sub>-екв. або 27% від рівня 1990 р. в 2030 р. і 56,5 млн т CO<sub>2</sub>-екв. або 6% в 2050 році. За Сценарієм 3 викиди ПГ на душу населення складуть 6,0 т CO<sub>2</sub>-екв. в 2030 р., що схоже з рівнем Сценарію 2, однак лише 1,5 т CO<sub>2</sub>-екв. на душу населення в 2050 р., що можна порівняти з досягненням мети по недопущенню зростання глобальної температури на 1,5°C до кінця століття. За Сценарієм 3, потенціал поглинання сектору 333ЛГ досягне 18 млн т CO<sub>2</sub>-екв. в 2030 р. і більш ніж 36 млн т CO<sub>2</sub>-екв. в 2050 році. Крім того, впровадження біоенергетичних технологій виробництва електроенергії та тепла разом із технологіями уловлювання та зберігання вуглецю (BECCS) може збільшити рівень поглинання ще на 2,3 млн т CO<sub>2</sub>-екв. у 2050 р. (доступність технологій BECCS для України розглядатиметься лише після 2030 р.).

За Сценарієм 3 частка викидів ПГ в секторах Енергетика та Промислові процеси складе 89% в 2030 р. і 101% в 2050 р. від загальної кількості викидів ПГ, частка сільського господарства 15% і 59% відповідно, частка сектора відходів 3% і 4% відповідно. Рівень поглинання в секторі 333ЛГ становитиме 8% в 2030 р. і 64% в 2050 році.

Вуглецеємність економіки у всіх трьох сценаріях зменшуватиметься, в тому числі і в Сценарії 1, оскільки зростання економіки відбуватиметься швидше, ніж зростання/падіння викидів ПГ. Вуглецеємність економіки за Сценаріями 2 і 3 буде знижуватися, досягаючи рівня 0,45 і 0,47 т CO<sub>2</sub>-екв/1000 дол. США ВВП за ПКС в 2030 р. відповідно, і 0,29 та 0,06 т CO<sub>2</sub>-екв/1000 дол. США ВВП за ПКС у 2050 р. відповідно.

## 3.1.1 Результати моделювання загальних обсягів викидів ПГ за сценаріями

Таблиця 3.1. Загальні викиди ПГ в Україні за Сценарієм 1

Сектори	Базовий рік	Історичні дані*, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.						Прогноз, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.						
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всього (чисті викиди)	879311	879311	505076	379881	410741	375758	310490	316525	364745	408734	416700	456385	486947	523573
1+2. Енергетика + Промислові процеси та використання продукції	843307	843307	489363	378488	395735	360866	267283	273586	318532	359242	364409	402225	430914	465787
3. Сільське господарство	83372	83372	57987	35659	32355	31817	37278	39005	39713	39983	40227	40214	40194	40125
4. Землекористування, зміна землекористування та лісове господарство	-59292	-59292	-53822	-45655	-29343	-29345	-6281	-8286	-5909	-3234	-1075	386	1787	3039
5. Відходи	11924	11924	11548	11389	11995	12420	12210	12220	12409	12743	13139	13560	14052	14622

\* Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990-2017 доступний в <https://unfccc.int/documents/195605>

Таблиця 3.2. Загальні викиди ПГ в Україні за Сценарієм 2

Сектори	Базовий рік	Історичні дані*, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.						Прогноз, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.						
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всього (чисті викиди)	879311	879311	505076	379881	410741	375758	310490	261854	258876	252647	239397	255112	255902	267104
1+2. Енергетика + Промислові процеси та використання продукції	843307	843307	489363	378488	395735	360866	267283	221589	220060	216966	208716	228630	233553	248790
3. Сільське господарство	83372	83372	57987	35659	32355	31817	37278	38683	38585	38052	37491	37155	36813	36431
4. Землекористування, зміна землекористування та лісове господарство	-59292	-59292	-53822	-45655	-29343	-29345	-6281	-10274	-10679	-12182	-15753	-18736	-21623	-24220
5. Відходи	11924	11924	11548	11389	11995	12420	12210	11856	10910	9811	8943	8063	7159	6103

\* Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990-2017 доступний в <https://unfccc.int/documents/195605>

Таблиця 3.3. Загальні викиди ПГ в Україні за Сценарієм 3

Сектори	Базовий рік	Історичні дані*, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.						Прогноз, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.						
		1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Всього (чисті викиди)	879311	879311	505076	379881	410741	375758	310490	258579	250222	241098	209321	180777	127973	56453
1+2. Енергетика + Промислові процеси та використання продукції	843307	843307	489363	378488	395735	360866	267283	219636	216691	214994	192347	170000	123146	57192
3. Сільське господарство	83372	83372	57987	35659	32355	31817	37278	38579	37811	36606	35366	34619	33867	33077
4. Землекористування, зміна землекористування та лісове господарство	-59292	-59292	-53822	-45655	-29343	-29345	-6281	-11129	-14138	-18284	-24535	-28539	-32448	-36070
5. Відходи	11924	11924	11548	11389	11995	12420	12210	11493	9858	7782	6143	4697	3408	2254

\* Ukraine's Greenhouse gas inventory 1990-2017 доступний в <https://unfccc.int/documents/195605>

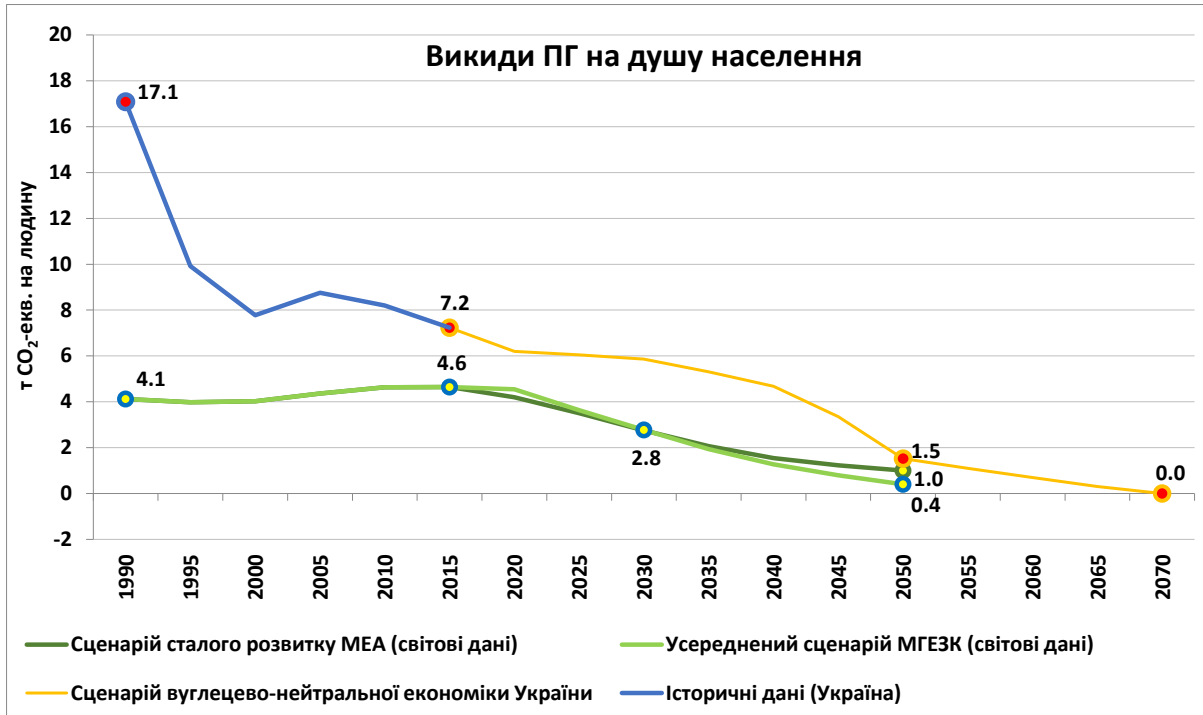


Рис. 3.1. Загальні викиди парникових газів на душу населення (вхідні припущення для України)

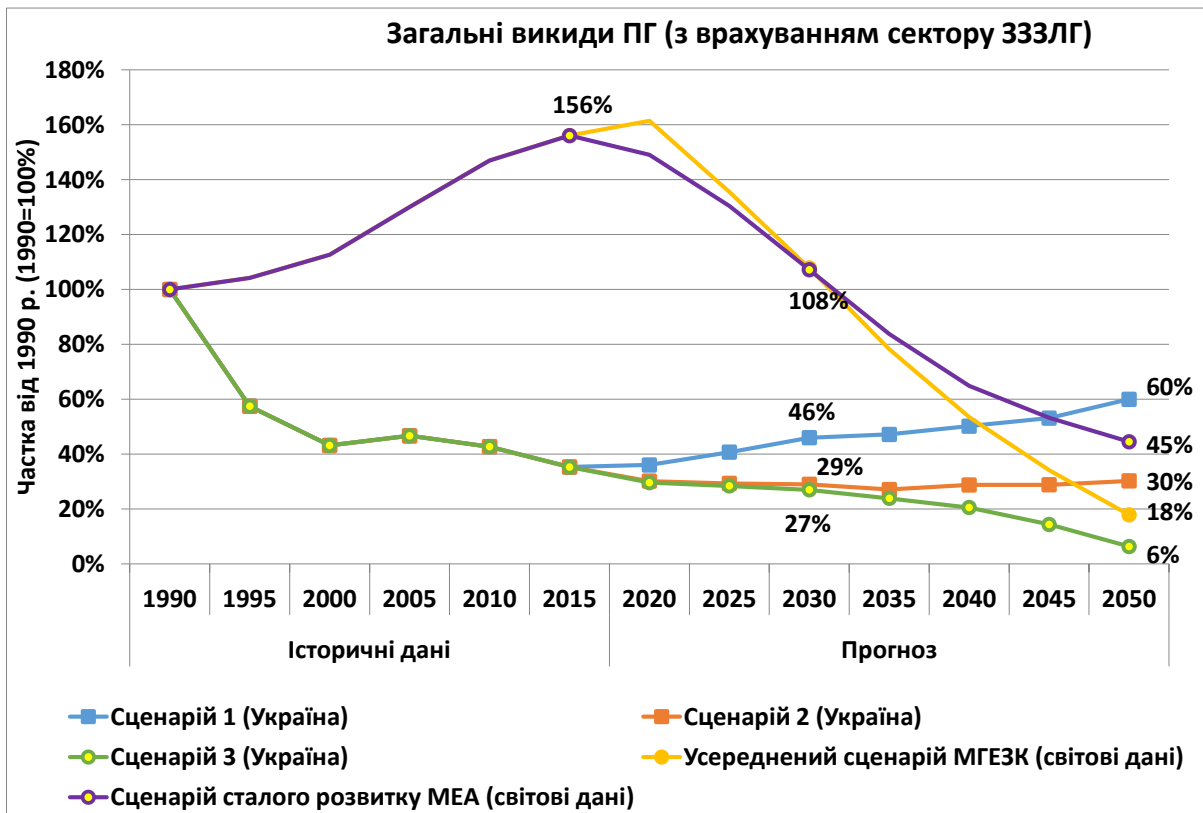


Рис. 3.2. Сценарії викидів ПГ (включаючи ЗЗЗЛГ)

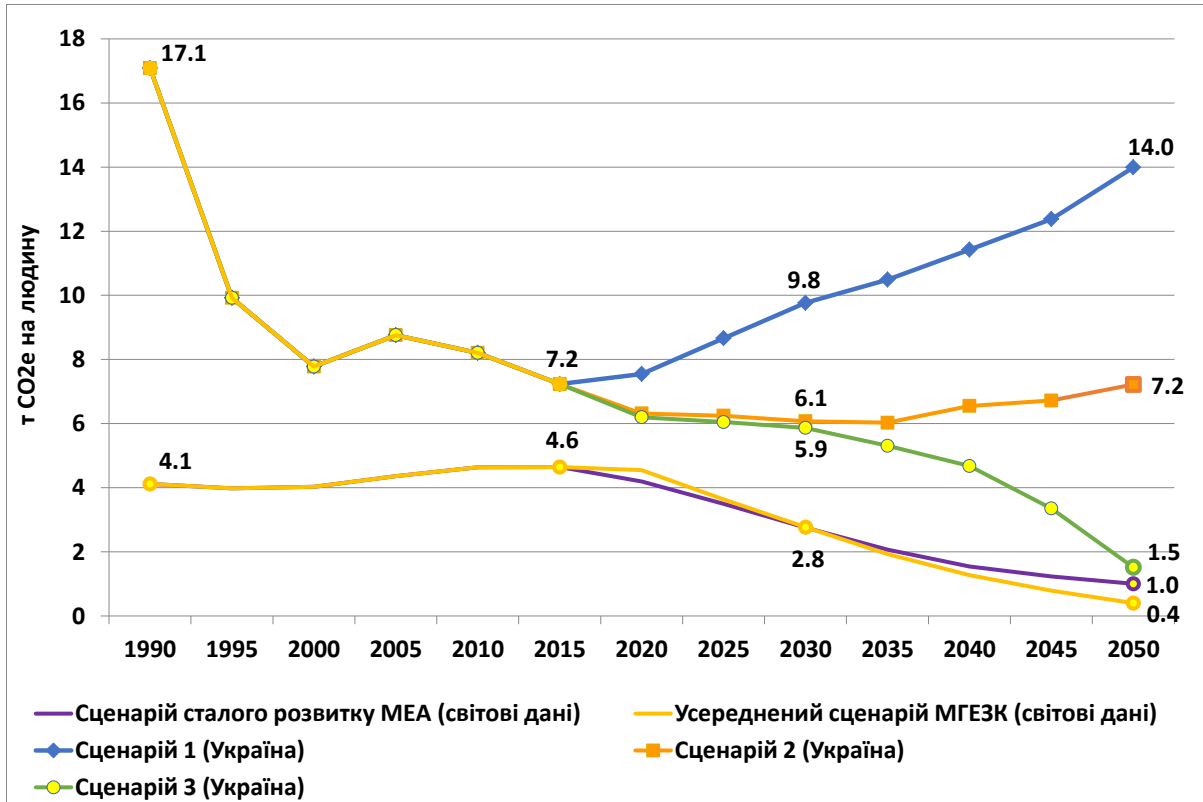


Рис. 3.3. Загальні викиди парникових газів на душу населення (в т.ч. результати моделювання)

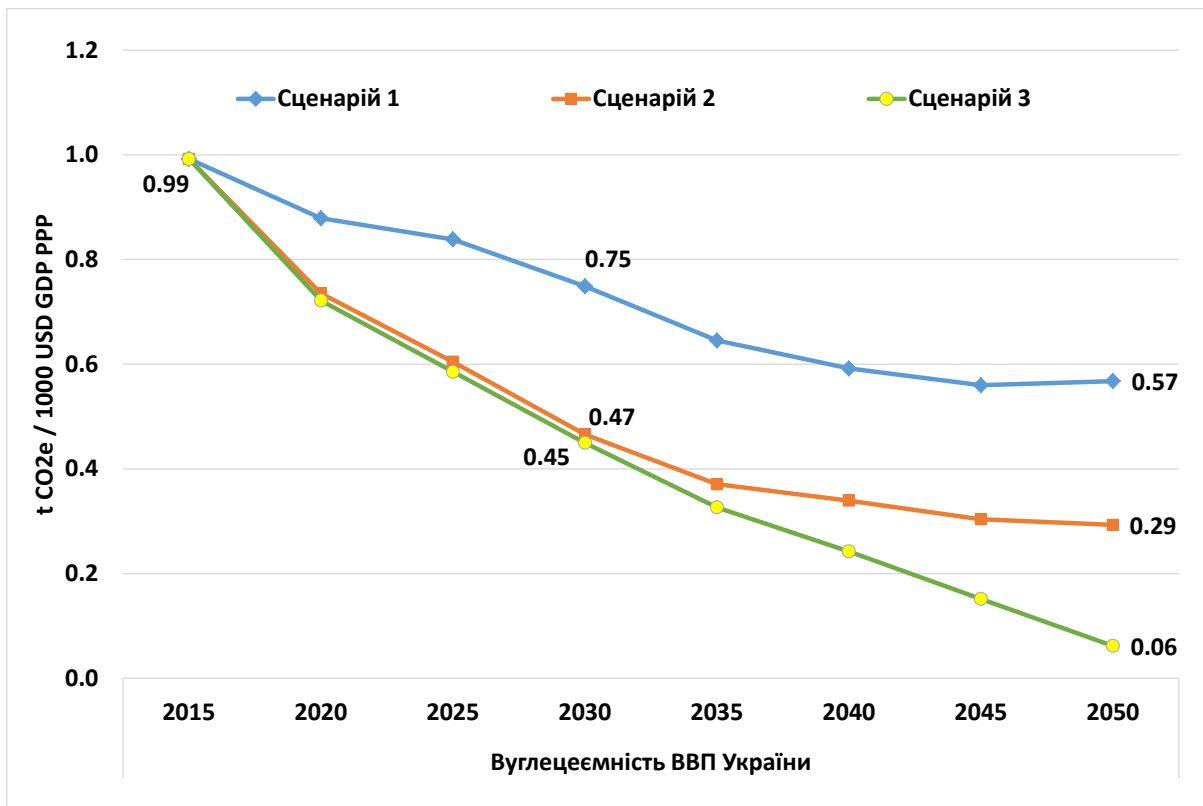


Рис. 3.4. Вуглецеємність ВВП України за сценаріями

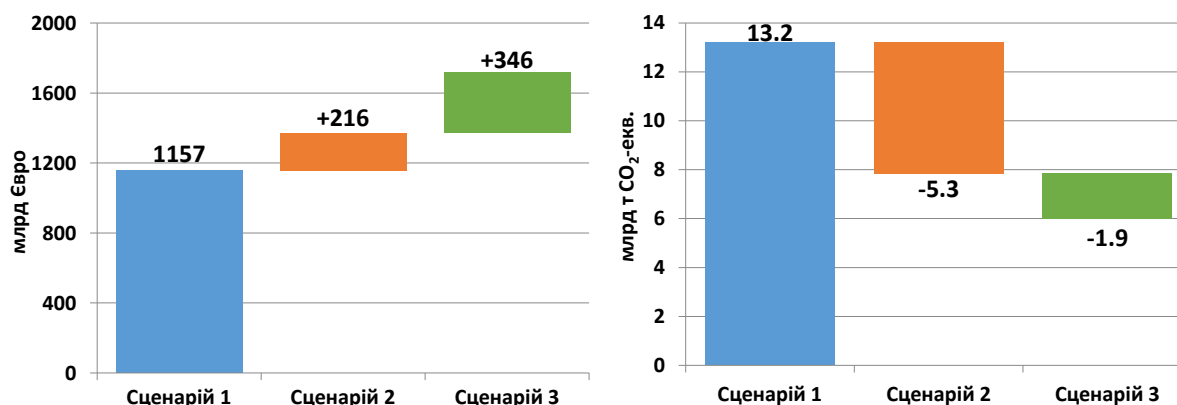
### 3.1.2 Капітальні інвестиції у всіх секторах за сценаріями НВВ

Частка секторів «Енергетика», «Промислові процеси і використання продукції» серед капітальних витрат, необхідних для реалізації всіх трьох сценаріїв, складає близько 97-99%. Капітальні витрати сектора Енергетика включають всі інвестиції в енергетичні технології та інфраструктуру не тільки електро- і теплоенергетики, але також інвестиції (витрати) в технології кінцевого споживання енергії (наприклад, ремонт будівель і техніки, різних транспортних засобів (легкові автомобілі, поїзди, кораблі і т.д.), освітлювальні прилади, промислове обладнання і т.п.).

**Таблиця 3.4. Капітальні інвестиції, необхідні для реалізації сценаріїв в усіх секторах, млрд. євро**

Сценарій	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050	ВСЬОГО
<b>1+2. Енергетика + Промислові процеси та використання продукції, мільярдів євро</b>								
Сценарій 1	132	160	129	126	227	199	184	1,157
Сценарій 2	144	196	187	236	160	196	220	1,339
Сценарій 3	145	199	202	187	216	260	460	1,669
<b>3+4. Сільське господарство + Землекористування, зміни в землекористуванні та лісове господарство, мільярдів євро</b>								
Сценарій 1	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.005	0.04
Сценарій 2	1.7	2.1	2.6	3.0	3.5	3.9	4.3	21.1
Сценарій 3	1.9	2.8	3.7	4.5	5.4	6.3	7.1	31.7
<b>5. Відходи, мільярдів євро</b>								
Сценарій 1	0.04	0.21	0.23	0.25	0.27	0.30	0.32	1.6
Сценарій 2	0.4	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	2.1	12.9
Сценарій 3	0.6	2.8	2.9	2.9	2.9	2.9	2.9	17.9
<b>ВСЬОГО</b>								
Сценарій 1	132	160	129	126	227	199	184	1,159
Сценарій 2	146	200	192	241	166	202	226	1,373
Сценарій 3	148	205	209	194	224	269	470	1,719

За Сценарію 1 необхідно залучити 1157 млрд Євро інвестицій, в той час як за Сценарієм 2 потрібно більше на 18% і майже на 50% більше за Сценарієм 3.



**Рис. 3.5. Збільшення інвестиційних потреб та скорочення викидів ПГ за період 2020-2050 рр. за сценаріями НВВ**

## 3.2 Сектори Енергетика та Промислові процеси і використання продукції

### 3.2.1 Ключові припущення

- Збереження обмеженого рівня реалізації політик, який спостерігався в попередні роки, зі значними затримками між формулюванням, прийняттям та реалізацією політик (наприклад, недостатня продуктивність реалізації законодавства в сфері енергоефективності та відновлюваної енергетики).
- Поточні умови інвестування, в тому числі умови зелених інвестицій і поточна ситуація на товарних ринках.
- Більшість технологій залишатимуться незмінними в період між 2015 і 2030 рр. (заміна технології відбувається лише після закінчення декілька разів подовженого проектного терміну експлуатації обладнання або для покриття додаткового попиту).

**Референтний/Сценарій поточної політики** Оцінка комплексного впливу своєчасної та повної реалізації чинного законодавства (станом на 1 вересня 2019 р.), в тому числі, але не обмежуючись:

- Закон України Про основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року;
- Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року;
- Енергетична стратегія України до 2035 року;
- План дій з реалізації етапу «Реформа енергетичного сектора (2020)» Енергетичної стратегії України до 2035 року;
- Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року;
- План розвитку системи транспортування природного газу для 2018-2027 років;
- Національний план дій з енергетичної ефективності до 2020 року;
- Національний план дій з відновлюваних джерел енергії до 2020 року;
- Концепція державної політики з теплопостачання до 2035 року;
- Концепція реалізації державної політики у сфері зміни клімату на період до 2030 року та план дій її впровадження.

**Таблиця 3.5. Основні енергетичні та кліматичні показники в законодавчо затверджених документах України**

Індикатори	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035
<b>Закон України Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року<sup>[20]</sup></b>									
Частка відновлювальних джерел енергії (включно з гідроенергуючими потужностями та термальною енергією), відсотків загального споживання енергії	4					8	12	17	
Енергоємність валового внутрішнього продукту, т н.е. /1000 дол. США ВВП за ПКС	0,28					0,2	0,18	0,13	
Викиди парникових газів, % обсягу викидів парникових газів у 1990 році	37,8					<76	<60	<60	
Викиди забруднюючих речовин у атмосферне повітря від стаціонарних джерел, % обсягу викидів у 2015 році	100					<6	<16,5	<22,5	
Електротранспорт, % загальної кількості нових придбаних автотранспортних засобів						0,1	0,5	10	

<sup>20</sup> Закон України Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-viii>

Індикатори	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030	2035
<b>Енергетична стратегія України на період до 2035 року "Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність"<sup>[21]</sup></b>									
Енергоємність ВВП, ЗППЕ у т н.е./тис. дол. ВВП (ПКС)	0,28					0,20	0,18	0,15	0,13
Частка ВДЕ (включно з гідрогенеруючими потужностями та термальною енергією) у ЗППЕ, %						8	12	17	25
Частка ВДЕ (включно з гідрогенеруючими потужностями) у генерації електроенергії, %	5					7	10	>13	>25
Викиди CO <sub>2</sub> до рівня 1990 року						<60	<60	<60	<50
Зниження викидів в CO <sub>2</sub> екв. на кінцеве споживання палива, % від 2010 року						>5	>10	>15	>20
<b>Національна транспортна стратегія України на період до 2030 року<sup>[22]</sup></b>									
Обсяги викидів парникових газів в атмосферне повітря від пересувних джерел, % від рівня 1990 року								<60	
Рівень застосування альтернативних видів палива та електроенергії, %	10							50	
Частка використання електротранспорту та електромобілів, %								75	
<b>Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року<sup>[23]</sup></b>									
Частка ВДЕ в системах опалення та охолодження, %	6,7	7,7	8,9	10	11,2	12,4			
Частка ВДЕ в електроенергетиці, %	8,3	8,8	9,7	10,4	10,9	11			
Частка ВДЕ в транспортному секторі, %	5	6,5	7,5	8,2	9	10			
Загальна частка ВДЕ у валовому кінцевому споживанні енергії, %	6,7	7,4	8,3	9,1	10,1	11			
<b>Національний план дій з енергоефективності на період до 2020 року<sup>[24]</sup></b>									
Частка термомодернізованих житлових будівель, %						25			
Частка термомодернізованих громадських будівель, %						20			
Частка будівель з близьким до нульового споживанням енергії, відсотків на рік						3			
Частка економії енергоресурсів в 2020 р. порівняно із середнім кінцевим енергоспоживанням в 2005-2009 рр., %						9			
<b>Концепція реалізації державної політики у сфері тепlopостачання<sup>[25]</sup></b>									
Цільовий рівень втрат теплової енергії під час її виробництва, %				8					
Цільовий рівень втрат теплової енергії під час її транспортування, %				12					10
Частка використання альтернативних джерел енергії у виробництві теплової енергії, %							30		40
Індикатори	2015	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року<sup>[26]</sup></b>									
Частка викидів ПГ порівняно з 1990 р. за найбільш амбітним сценарієм, %	31	31	31	31	29	28	31	31	31

<sup>21</sup> Енергетична стратегія України до 2035. Взято з <https://zakon0.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>

<sup>22</sup> Національна транспортна стратегія України на період до 2035 року. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/430-2018-%D1%80>

<sup>23</sup> Про Національний план дій з відновлюваної енергетики на період до 2020 року. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/902-2014-%D1%80>

<sup>24</sup> Національний план дій з енергоефективності до 2020. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/n0001824-15#n2>

<sup>25</sup> Про схвалення Концепції реалізації державної політики у сфері тепlopостачання до 2035. Взято з <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/569-2017-%D1%80>

<sup>26</sup> Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року. Взято з [https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Ukraine\\_LEDS\\_en.pdf](https://unfccc.int/sites/default/files/resource/Ukraine_LEDS_en.pdf)



Крім того, розглядаються додаткові політики та заходи, розроблені в проектах стратегічних документів, пов'язаних з пом'якшенням наслідків зміни клімату, однак, які ще не були прийняті в Україні станом на 1 вересня 2019 р., зокрема:

- Проект Стратегії сталого розвитку України до 2030 року;
- Проект Стратегії розвитку промислового комплексу України;
- Проект цілі для нового Національного плану дій з енергетичної ефективності до 2030 року;
- Звіт з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей підготовлений НЕК «Укренерго»;
- Проект Плану розвитку системи передачі на 2019 – 2028 роки.

**Таблиця 3.6. Основні енергетичні та кліматичні показники в проектах (не затверджених) стратегічних документів України**

Індикатори	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2025	2030
<b>Стратегія сталого розвитку України до 2030 року (проект 2017 року)<sup>[27]</sup></b>								
Частка енергії, виробленої з відновлюваних джерел, у загальному кінцевому споживанні енергії, %	6,7					11	14,2	17,1
Енергоємність ВВП (витрати первинної енергії на одиницю ВВП), кг нафтового еквіваленту на 1 дол. США ВВП	0,28					0,27	0,23	0,2
Частка викидів парникових газів порівняно з 1990 р., %								<60
<b>Проект Стратегії розвитку промислового комплексу України на період до 2025 року<sup>[28]</sup></b>								
Енергоємність ВВП (витрати первинної енергії на одиницю ВВП), кг нафтового еквіваленту на \$1 за паритетом купівельної спроможності	0,28						0,17	
<b>Розрахунок національних цілей з енергоефективності до 2020 та 2030 років<sup>[29]</sup></b>								
Скорочення кінцевого енергоспоживання порівняно з базовим сценарієм розробленим в діючого НГДЄЕ України до 2020 року, %						-20		-30
Кінцеве енергетичне споживання, млн т н.е.						55,5		57,2
Загальне первинне споживання енергії, млн т н.е.						101		109
<b>Проект Звіту з оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей<sup>[30]</sup></b>								
Індикатори	2015	2025-2050						
Відношення акумулюючих потужностей до непостійних ВДЕ-потужностей (вітрова та сонячна енергії)	0	0,1						
Відношення високоманеврених газових потужностей (включаючи швидкий старт) до потужностей вітроенергетики	0	0,3						
Відношення високоманеврених газових потужностей (включаючи швидкий старт) до потужностей сонячної енергетики	0	0,4						

<sup>27</sup> Проект Стратегії сталого розвитку України до 2030 (заснована на ЦСР). Взято з [https://www.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP\\_Strategy\\_v06-optimized.pdf](https://www.undp.org/content/dam/ukraine/docs/SDGreports/UNDP_Strategy_v06-optimized.pdf)

<sup>28</sup> Проект Стратегії розвитку промислового комплексу України. <http://www.me.gov.ua/Documents/Detail?lang=uk-UA&id=10ef5b65-0209-4aa1-a724-49fd0877d8d6&title=ProektRozporiadzhenniaKabinetuMinistrivUkrainiproSkhvalenniaStrategiiRozvitkuPromislovoogoKompleksuUkrainiNaPeriodDo2025-Roku>.

<sup>29</sup> Кінцевий проект розрахунку цілей з енергетичної ефективності до 2020 (включаючи перспективу до 2030). - <https://library.e.uneighbours.eu/content/final-draft-energy-efficiency-target-till-2020-calculation>.

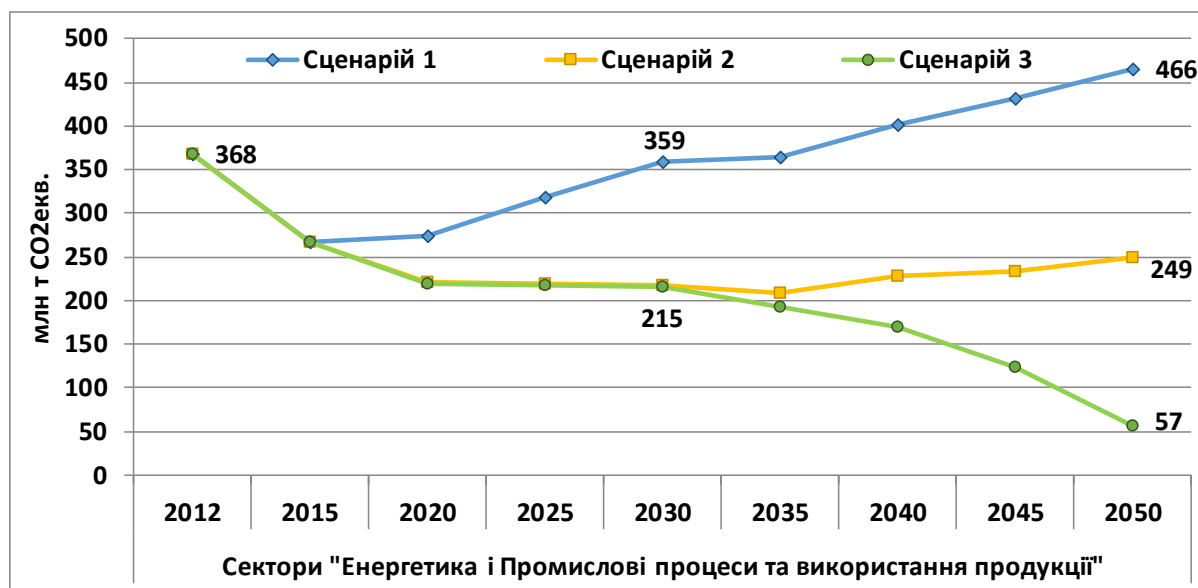
<sup>30</sup> Проектний звіт Укренерго «З оцінки відповідності (достатності) генеруючих потужностей». Взято з <https://ua.energy/wp-content/uploads/2018/11/Zvit-z-otsinky-vidpovidnosti-dostatnosti-generuyuchyhpotuzhnostej.pdf>

**Кліматично нейтральна економіка** Повна реалізація всіх розроблених та/або затверджених нормативно-правових актів та додаткових заходів і політик, які будуть відповідно з глобальними зусиллями утримувати до кінця століття зростання глобальної середньої температури значно нижче 1,5 °С від доіндустріального рівня.

- Включає в себе політики та заходи Сценарію 2, плюс найбільш інноваційні та сучасні, випробувані на міжнародному рівні, визнані дружніми для клімату, заходи та технології, такі як уловлювання та зберігання вуглецю (CCS), технології перетворення електроенергії в газ, тепло, інші види палива, паливні елементи, водневі технології і т.д. Основні припущення по цим інноваційним технологіям представлені в Додатку 2.
- Ціль щодо скорочення ПГ в Сценарії 3 для України до 2050 р. відповідає Сценарію сталого розвитку MEA<sup>31</sup> і усередненим значенням сценаріїв, представлених в Спеціальному звіті МГЕЗК<sup>32</sup>. З урахуванням статті 4 Паризької угоди в Сценарії 3 передбачається, що кліматично-нейтральна економіка України може бути досягнута в 2070 році (Рис. 3.1).

### 3.3.2 Результати моделювання

Згідно з результатами моделювання, загальні обсяги викидів ПГ в секторах Енергетика та Промислові процеси та використання продукції (ППВП) у 2030 р. будуть між 215 і 359 млн т CO<sub>2</sub>-екв, або між 25% і 43% від рівня 1990 року (рис 3.6).

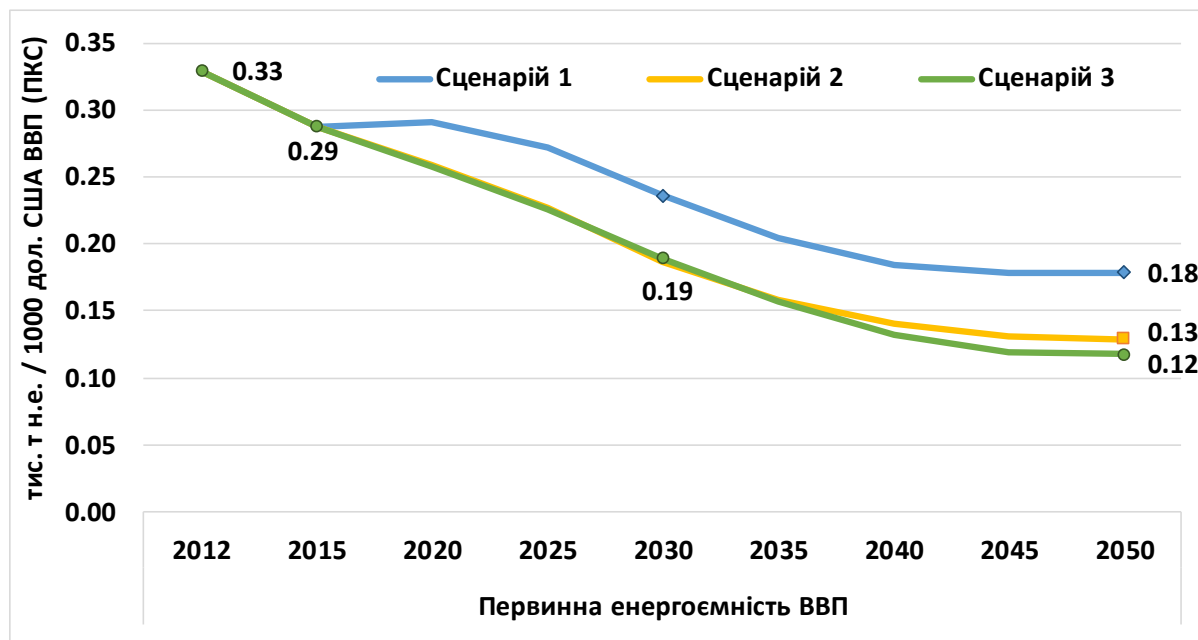


**Рис. 3.6. Викиди ПГ в секторах Енергетика та ППВП**

<sup>31</sup> Sustainable Development Scenario. World Energy Outlook 2018 // International Energy Agency. – <https://www.iea.org/weo/weomodel/sds/>

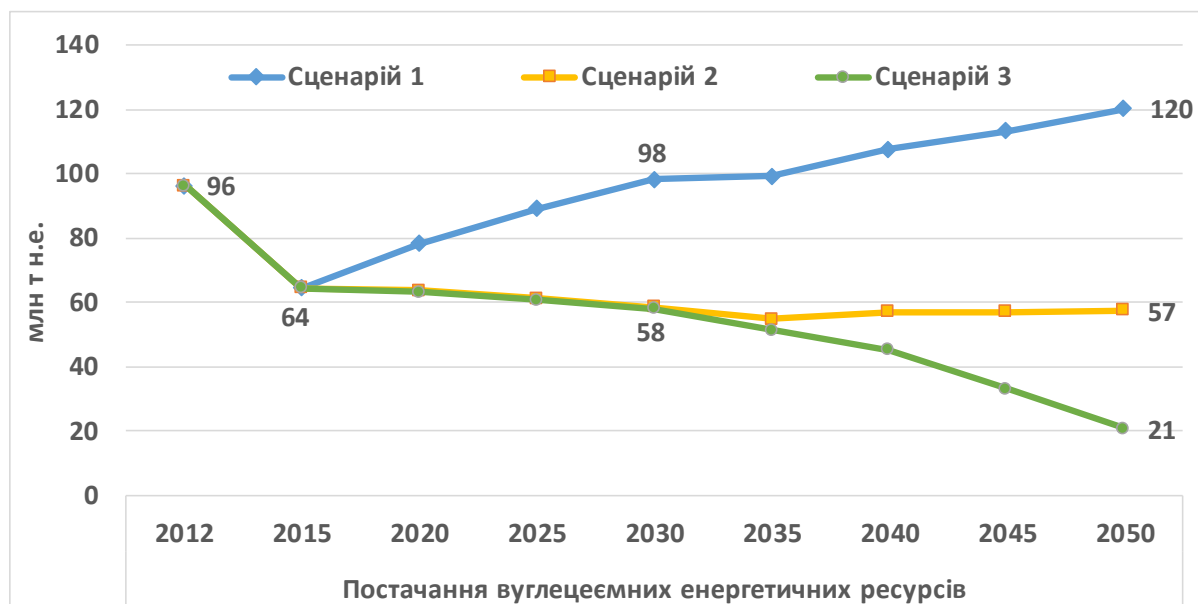
<sup>32</sup> IPCC, 2018: Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, and T. Waterfield (eds.)]. – <https://www.ipcc.ch/sr15/>

Первинна енергоємність в Сценаріях 2 та 3 не відрізняється до 2035 р., оскільки цілі з енергоефективності (енергоємності) одні і ті ж і взяті з Енергетичної стратегії України до 2035 року, тому є ідентичними для цих сценаріїв (рис 3.7).



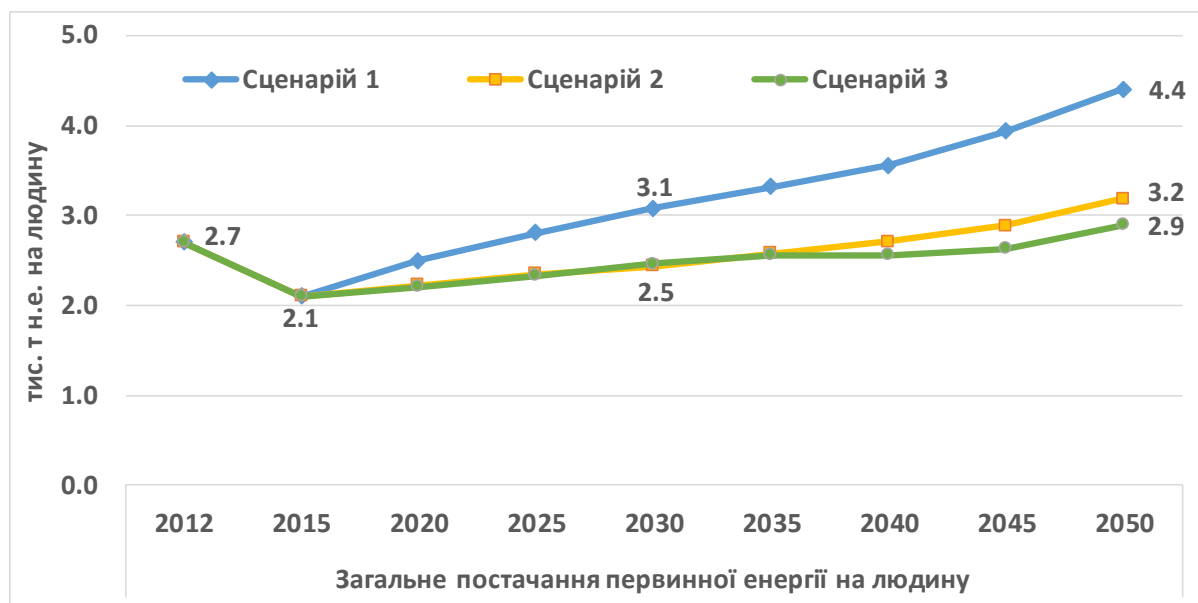
**Рис. 3.7. Первинна енергоємність ВВП за сценаріями**

Загальне постачання первинної енергії (ЗППЕ) не зменшується значною мірою, але в Сценарії 3 частка вуглецеємних енергетичних ресурсів набагато менше в порівнянні зі Сценарієм 2 (рис 3.8).



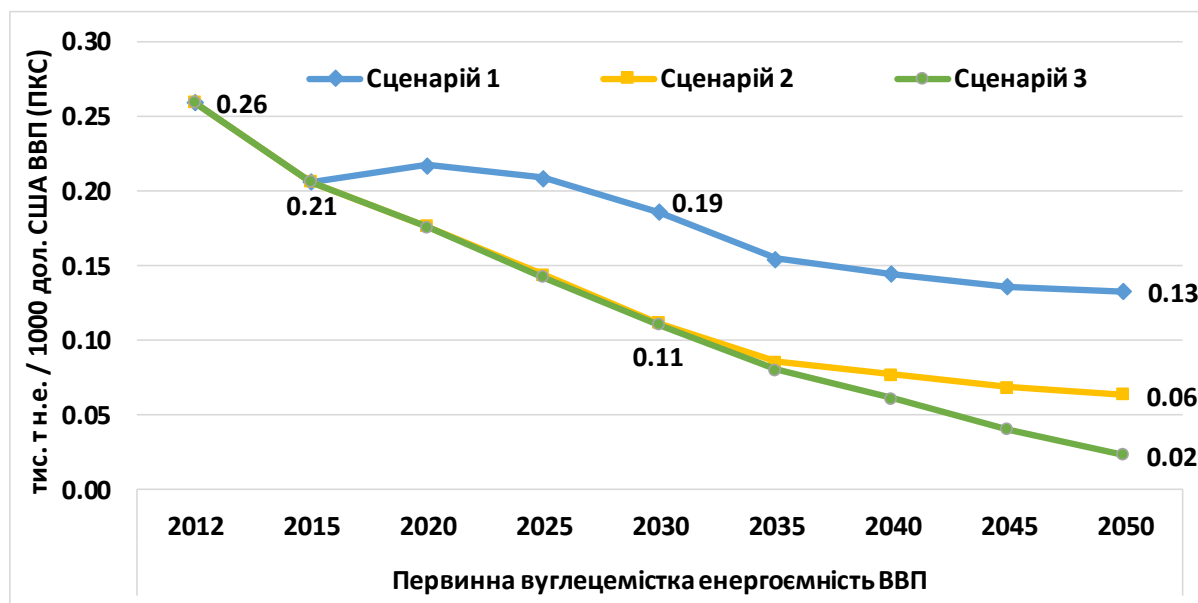
**Рис. 3.8. Загальне постачання первинних вуглецеємних ресурсів за сценаріями**

ЗППЕ на душу населення в 2017 р. в країнах ЄС-28 було на рівні 3,16 т н.е./особу і 4,10 т н.е./особу в країнах ОЕСР, в той час як в Україні було 2,0 т н.е./особу. У Сценаріях 2 та 3 цей показник у 2030 р. буде 2,4 і 2,5 т н.е./особу, і 3,2 і 2,9 т н.е./особу в 2050 р. відповідно (рис 3.9).



**Рис. 3.9. Загальне постачання первинної енергії на людину за сценаріями**

Загальне постачання первинної вуглецеємної енергії (вугілля, нафта, газ) на ВВП буде знижуватися в Сценаріях 2 і 3 до 2030 р. на 46% в порівнянні з 2015 р., в той час як в Сценарії 1 тільки на 10%. У 2050 р. цей показник у порівнянні з 2015 р. (0,21 т н.е./1000 дол. США ВВП за ПКС), зменшиться на 36% до 0,13, на 69% до 0,06, і на 89% до 0,02 т н.е./1000 дол. США ВВП за ПКС в Сценаріях 1, 2 і 3, відповідно. (Рис. 3.10).



**Рис. 3.10. Первинна вуглецеємність (вугілля, нафта, газ) енергоємність ВВП**

Таблиця 3.7 відображає ключові результати моделювання в TIMES-Україна для секторів Енергетика та Промислові процеси і використання продукції. Результати моделювання Сценарію 1 (Базовий сценарій) показують, що викиди ПГ будуть на рівні 43% і 55% в 2030 р. і 2050 р. відповідно в порівнянні з 1990 роком.

Виконання всього існуючого і запланованого законодавства, політик і заходів за Сценарієм 2 до 2035 р. може знизити рівень викидів ПГ до 25-26% від рівня 1990 р. в першу чергу шляхом досягнення основних цілей Енергетичної стратегії України до 2035 року. Рівень викидів ПГ може зрости після 2035 р. через відсутність довгострокових планів або стратегій по скороченню викидів ПГ або стратегій, пов'язаних з кліматом/енергетикою, наприклад реалізації цілей Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року (СНР). Проте в Сценарії 2 передбачається, що мета СНР буде досягнута.

Сценарій 3 (Сценарій кліматично-нейтральної економіки) спільно з глобальними зусиллями утримує збільшення глобальної середньої температури значно нижче 1,5 °С від доіндустріального рівня. За результатами моделювання Сценарію 3, викиди ПГ на душу населення в 2050 р. будуть на рівні 1,7 тонни, тобто у 2050 р. викиди ПГ у всіх секторах будуть на рівні, що не перевищує прогнозоване населення України в 1,7 рази. Тому, виходячи з припущень, представлених в таблиці ключових вхідних припущень в Резюме та на Рис. 3.1, рівень викидів парникових газів у 2050 р. за Сценарієм 3 повинен бути не вищим, ніж 7,2% від 1990 р. або 61 млн т CO<sub>2</sub>-екв. Згідно з результатами моделювання, викиди ПГ в секторах Енергетика та ППВП у 2050 р. за Сценарієм 3 буде 57 млн т CO<sub>2</sub>-екв., що становить близько 7% від рівня 1990 року. Водночас, частка викидів ПГ у 2030 р. за Сценарієм 3 в порівнянні з 1990 р. буде тільки на 1% нижче, ніж у Сценарії 2, через припущення, згідно з яким, всі інноваційні технологічно перевірені і дружні для клімату політики, заходи і технології, такі як уловлювання і зберігання вуглецю, технології перетворення електроенергії в газ, а потім знову в електроенергію (power-to-gas-to-power), паливні елементи, водневі технології, будуть запуснені в реалізацію, починаючи лише з 2030 року.

Очікується, що економіка України зростатиме, тому буде потреба у більшій кількості енергетичних ресурсів. ЗППЕ збільшиться у всіх сценаріях, однак, у Сценаріях 2 і 3 ЗППЕ збільшиться на 10-11% до 2030 р., в той час, як за Сценарієм 1 зростання складе 29% в порівнянні з 2015 роком. У 2050 р. ЗППЕ в Сценарії 1 збільшиться на 80%, у Сценарії 2 – на 30% і у Сценарії 3 – на 20%, в той час як частка вуглецеємних енергоресурсів у ЗППЕ складатиме 75%, 50% і 20% відповідно.

Декарбонізація секторів Енергетика та ППВП стимулюватиме використання більших обсягів електроенергії. За всіма сценаріями виробництво електроенергії зросте на 22-29% у 2030 р., але в 2050 р. різниця у виробництві е/е між Сценарієм 3 та іншими сценаріями НВВ буде дуже суттєвою. У 2050 р. виробництво е/е за Сценаріями 1 і 2 збільшиться на 72-84%, в той час, як за Сценарієм 3 воно зросте майже в 2.4 рази, однак і частка ВДЕ буде вищою.

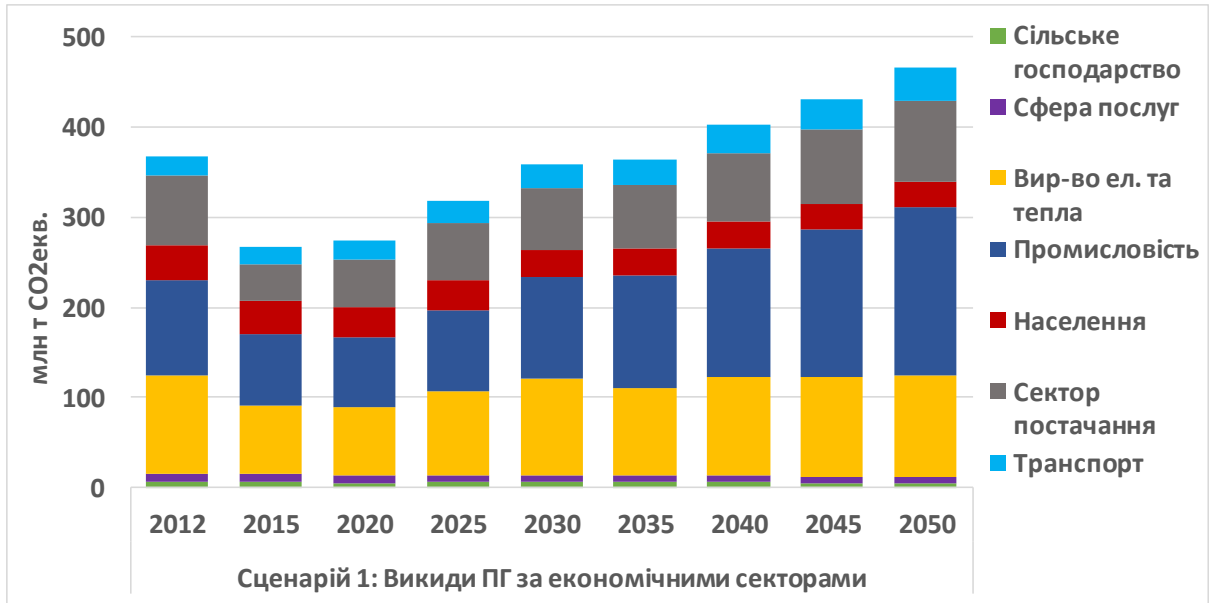
Згідно з результатами моделювання загальні інвестиції, необхідні для секторів Енергетика та ППВП на період 2020-2050 рр. за Сценаріями 1,2 і 3 очікуються на рівні 1,16, 1,34 і 1,67 трильйонів Євро відповідно. Тоді як загальні інвестиції, необхідні для втілення Сценарію 3 будуть більшими на 44%, ніж для Сценарію 1, а потреби в інвестиціях для електроенергетичного сектору будуть вдвічі більшими.

Таблиця 3.7. Основні результати моделювання для секторів Енергетика та ППВП

Сценарій	2012	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Викиди ПГ, млн т CO<sub>2</sub>екв.</b>									
Сценарій 1	368	267	274	319	359	364	402	431	466
Сценарій 2	368	267	222	220	217	209	229	234	249
Сценарій 3	368	267	220	217	215	192	170	123	57
<b>Частка викидів ПГ відносно 1990 року, %</b>									
Сценарій 1	44%	32%	32%	38%	43%	43%	48%	51%	55%
Сценарій 2	44%	32%	26%	26%	26%	25%	27%	28%	30%
Сценарій 3	44%	32%	26%	26%	25%	23%	20%	15%	7%
<b>Загальне постачання первинної енергії, тис. т н.е.</b>									
Сценарій 1	122.5	90.1	105	116	125	131	137	149	162
Сценарій 2	122.5	90.1	93	97	99	102	105	109	117
Сценарій 3	122.5	90.1	93	97	100	101	99	99	107
<b>Загальне постачання первинної вуглецемісткої енергії, тис. т н.е.</b>									
Сценарій 1	96.4	64.4	78	89	98	99	108	113	120
Сценарій 2	96.4	64.4	64	61	59	55	57	57	57
Сценарій 3	96.4	64.4	63	61	58	51	45	33	21
<b>Первинне споживання енергії, тис. т н.е.</b>									
Сценарій 1	116	87	100	110	118	123	128	138	150
Сценарій 2	116	87	89	91	92	94	96	99	106
Сценарій 3	116	87	88	91	93	93	90	89	95
<b>Виробництво електроенергії, млрд кВт·год</b>									
Сценарій 1	198	163	175	196	210	218	233	255	280
Сценарій 2	198	163	156	175	199	226	238	268	300
Сценарій 3	198	163	155	176	208	229	242	290	389
<b>Частка ВДЕ (включаючи великі ГЕС та ГАЕС) в структурі виробництва електроенергії, %</b>									
Сценарій 1	5.9%	5.8%	11%	12%	14%	14%	18%	18%	17%
Сценарій 2	5.9%	5.8%	16%	21%	30%	40%	47%	48%	47%
Сценарій 3	5.9%	5.8%	16%	26%	34%	40%	48%	55%	58%
<b>Частка АЕС в структурі виробництва електроенергії, %</b>									
Сценарій 1	45.9%	55.0%	52%	44%	38%	44%	35%	38%	42%
Сценарій 2	45.9%	56.2%	58%	53%	46%	43%	34%	37%	40%
Сценарій 3	45.9%	56.2%	59%	53%	46%	48%	43%	45%	41%
<b>Загальні інвестиційні потреби (кумулятивно за 5 років), млрд євро</b>									
Сценарій 1	–	–	132	160	129	126	227	199	184
Сценарій 2	–	–	144	196	187	236	160	196	220
Сценарій 3	–	–	145	199	202	187	216	260	460

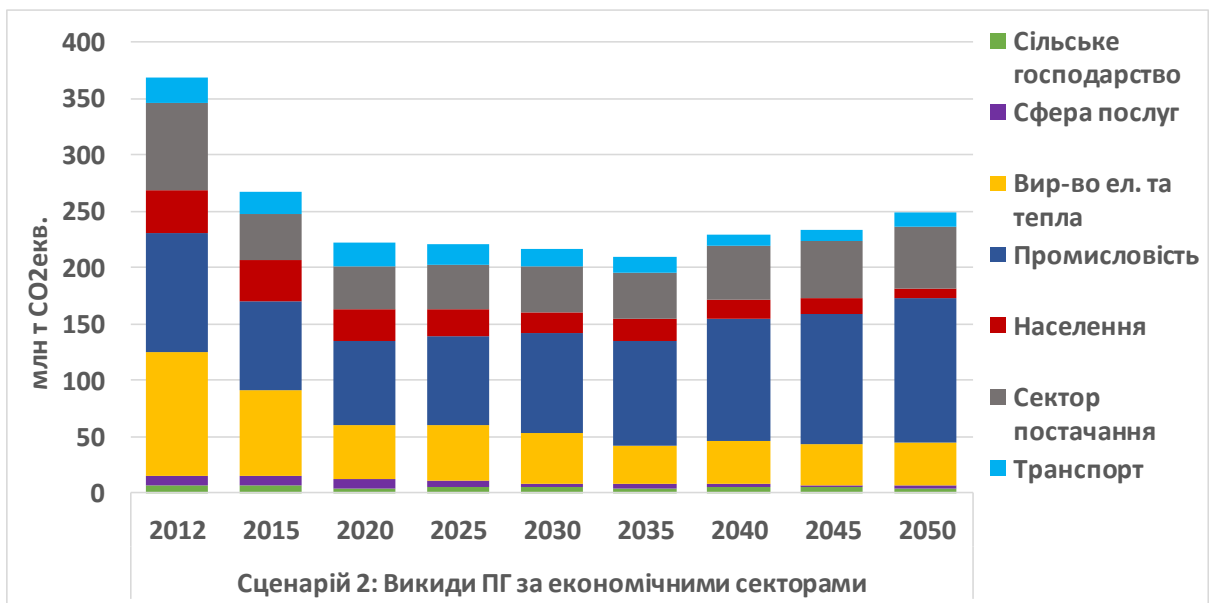
### 3.23. Результати моделювання за секторами

Обмежені темпи запровадження національних та муніципальних політик (кліматичних, з енергоефективності та розвитку ВДЕ та ін.), що спостерігались у попередні роки і збереження яких передбачене у Сценарій 1, все ще матимуть вплив на загальні викиди ПГ в Україні, особливо в секторі будівель (населення і сфера послуг) і секторах електро- та теплоенергетики, однак, без нових чи оновлених кліматичних політик у промисловості, постачанні енергоресурсів та транспорті, викиди ПГ зростатимуть дуже стрімко (Рис. 3.11).



**Рис. 3.11. Викиди ПГ за Сценарієм 1 (сектори Енергетика та ППВП)**

Досягаючи вже запланованих кліматичних цілей у різних секторах економіки, можна зменшити загальні викиди ПГ в секторах Енергетика та ППВП на 19% у 2030 р. в порівнянні з 2015 роком (Рис. 3.12). За Сценарієм 2 викиди ПГ у всіх секторах знизяться у 2030 і 2050 р. за виключенням промисловості та постачання енергоресурсів, які залишатимуться найбільш енергоємними секторами економіки. У 2050 р. зменшення викидів ПГ у секторі будівель може скласти 77%, у електро- та теплоенергетичному секторах на 50%, транспорті на 38% та сільському господарстві на 30% в порівнянні з 2015 р., проте загальне зменшення викидів ПГ у 2050 р. складе лише 7%.



**Рис. 3.12. Викиди ПГ за Сценарієм 2 (сектори Енергетика та ППВП)**

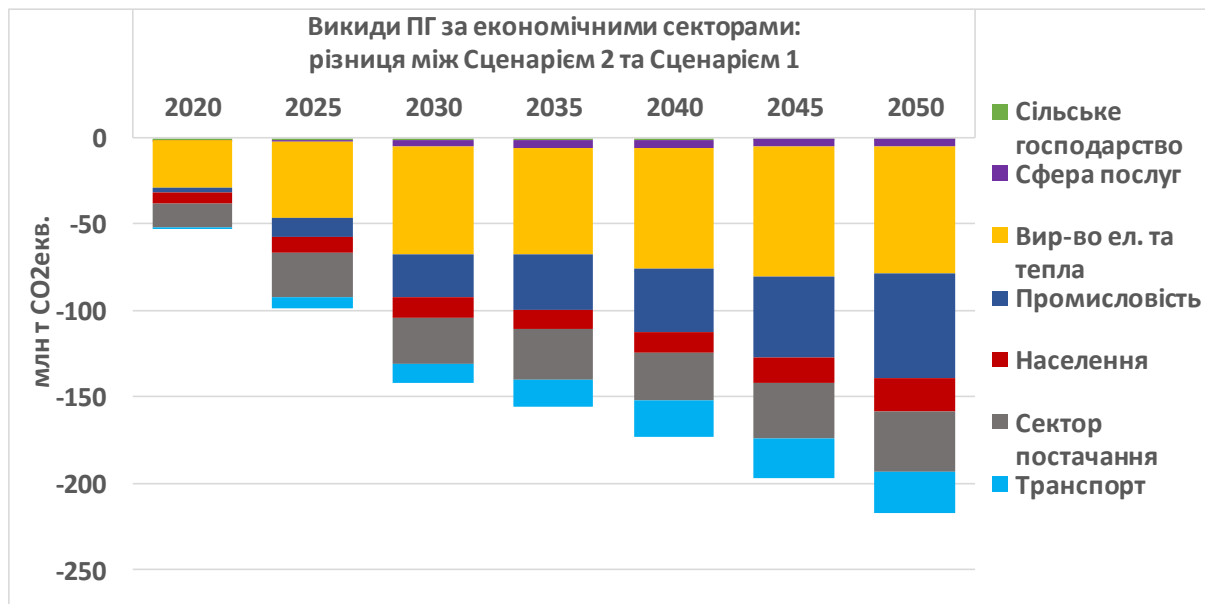
Ключові політики та заходи зі зменшення викидів ПГ за Сценарієм 2 за секторами (за результатами моделювання):

- **Сектор будівель:**
  - Термомодернізація будівель;
  - Вдосконалення електричних та газових бойлерів для опалення та нагріву води;
  - Модернізація централізованого тепло- та водопостачання;
  - Встановлення систем нагріву води з використанням сонячної енергії.
- **Промисловість:**
  - Підвищення енергоефективності шляхом впровадження новітніх та інноваційних технологій;
  - Зменшення частки вуглецеємних енергоресурсів;
  - Підвищення частки вторинного використання матеріальних ресурсів;
  - Використання надлишкового тепла;
  - Інтенсифікація електрифікації виробництва сталі та інших процесів;
  - Електрифікація заводського транспорту.
- **Транспорт:**
  - Оновлення рухомого складу приватного та громадського транспорту (підвищення енергоефективності);
  - Продовження стимулювання переходу на використання електротранспорту у пасажирських перевезеннях;
  - Продовження стимулювання використання скрапленого природного газу (дешевше, менше викидів ПГ та шкідливих речовин);
  - Зростання частки споживання біопалива вже у наступні 10-20 років;
  - Оптимізація структури пасажирських та вантажних перевезень у містах.
- **Сільське господарство:**
  - Збільшення ефективності споживання енергоресурсів;
  - Збільшення споживання локального біопалива та біо-відходів ;
  - Збільшення використання енергії сонця і вітру.
- **Електро- та теплоенергетика:**
  - Зменшення кількості вугільних ТЕС;
  - Збільшення виробництва енергії з сонця та вітру;
  - Зростання частки біомаси у виробництві електроенергії та тепла, включаючи централізоване опалення;
  - Втримання частки атомної енергетики на рівні 45-50%;



- Зменшення забруднення від великих спалювальних установок;
  - Стимулювання когенерації електроенергії та тепла (ТЕЦ);
  - Модернізація існуючих електростанцій;
  - Втримування чи збільшення частки виробництва е/е на ГЕС;
  - Будівництво акумулюючих потужностей (батарей) задля балансування та маневрування;
  - Стимулювання використання біомаси у централізованому опаленні;
  - Чистий імпорт електроенергії практично не впливатиме на загальні обсяги виробництва е/е;
- **Сектор постачання:**
    - Зменшення втрат газу, тепла та електроенергії;
    - Підвищення енергоефективності;
    - Зростання частки ВДЕ.

Різниця у викидах ПГ за секторами між Сценаріями 2 і 1 відображені на Рис. 3.13.



**Рис. 3.13. Різниця у викидах ПГ між Сценарієм 2 та Сценарієм 1 (сектори Енергетика та ППВП)**

На додачу до політик та заходів Сценарію 2, Сценарій 3 передбачає реалізацію наступних заходів до 2050 року:

- **Сектор будівель:**
  - Додаткове збільшення частки ВДЕ у кінцевому споживанні;
  - Збільшення технологічних можливостей використання водню у опаленні;
  - Розвиток систем опалення та нагріву води, що працюють за принципами сонце-електроенергія і сонце-газ (природний газ та/або водень);

- Використання геотермальної енергії для опалення;
- **Промисловість:**
  - Додаткове підвищення енергоефективності шляхом впровадження новітніх та інноваційних технологій;
  - Подальша електрифікація технологічних процесів;
  - Додаткове зменшення використання вуглецеємних енергоресурсів;
  - Декарбонізація допоміжних процесів;
  - Можливість використання технологій уловлювання та зберігання вуглецю в металургії, хімічній промисловості, цементному виробництві та інших галузях.
- **Транспорт:**
  - Повна декарбонізація транспорту шляхом переходу на електро-, біопаливний та водневий пасажирський і вантажний транспорт;
  - Використання біопалива у авіації та судноплавстві.
- **Сільське господарство:**
  - Повне заміщення вуглецеємних енергоресурсів локальним біопаливом та біомасою;
  - Більше сонця та вітру у виробництві енергії.
- **Електро- та теплоенергетика:**
  - Повна декарбонізація виробництва електроенергії;
  - Більше виробництва е/е з сонця, вітру та геотермальних джерел енергії;
  - Більше когенерації електроенергії та тепла;
  - Використання технологій уловлювання та зберігання вуглецю (CCS), зокрема і в біоенергетичних станціях (BECCS);
  - Розвиток технологій з використанням паливних елементів.
  - Будівництво малих модульних атомних реакторів.

Спираючись на результати моделювання Сценарію 3, викиди ПГ у 2030 р. знизяться на 37% у сільському господарстві, на 60% у секторі послуг, на 45% у житловому господарстві, на 43% у електро- та теплоенергетиці, на 13% у транспорті. Проте у 2050 р. викиди ПГ у перелічених секторах мають знизитися майже до нуля. Більше того, викиди ПГ у електро- та теплоенергетиці можуть стати від'ємними завдяки використанню технологій BECCS (Рис. 3.14). В цьому сценарії викиди ПГ в промисловості та секторі постачання енергоресурсів у 2030 р. можуть триматися на рівні 2015 р., однак у 2050 р. можуть знизитись не менше ніж на 50% (при зростанні промислового виробництва).

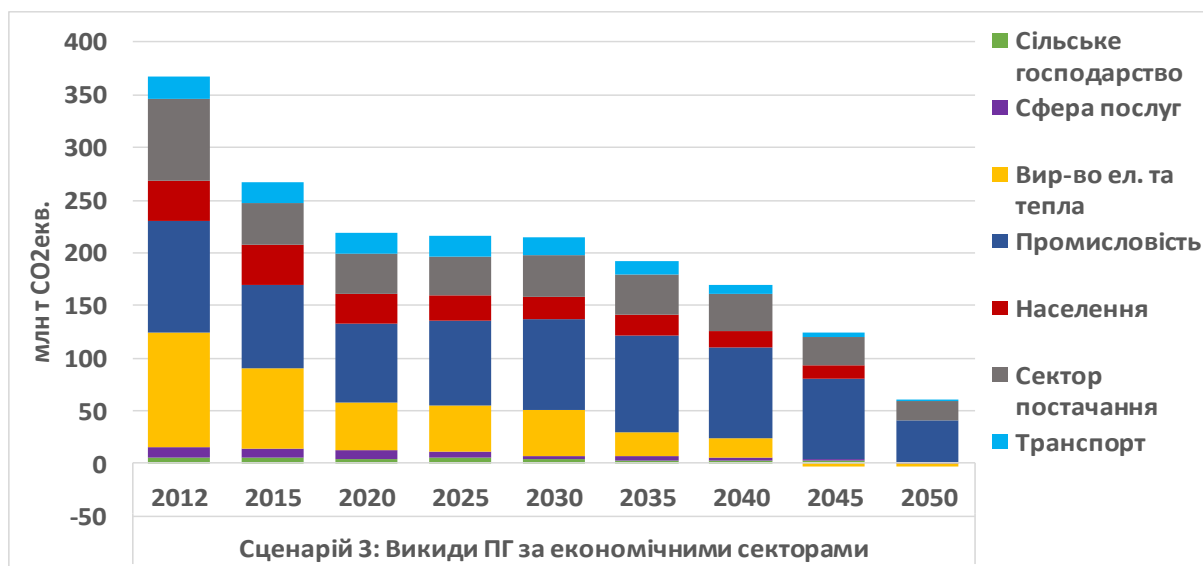


Рис. 3.14. Викиди ПГ за Сценарієм 3 (сектори Енергетика та ППВП)

Різниця у викидах ПГ за секторами в Сценаріях 3 і 1 відображені на Рис. 3.15.

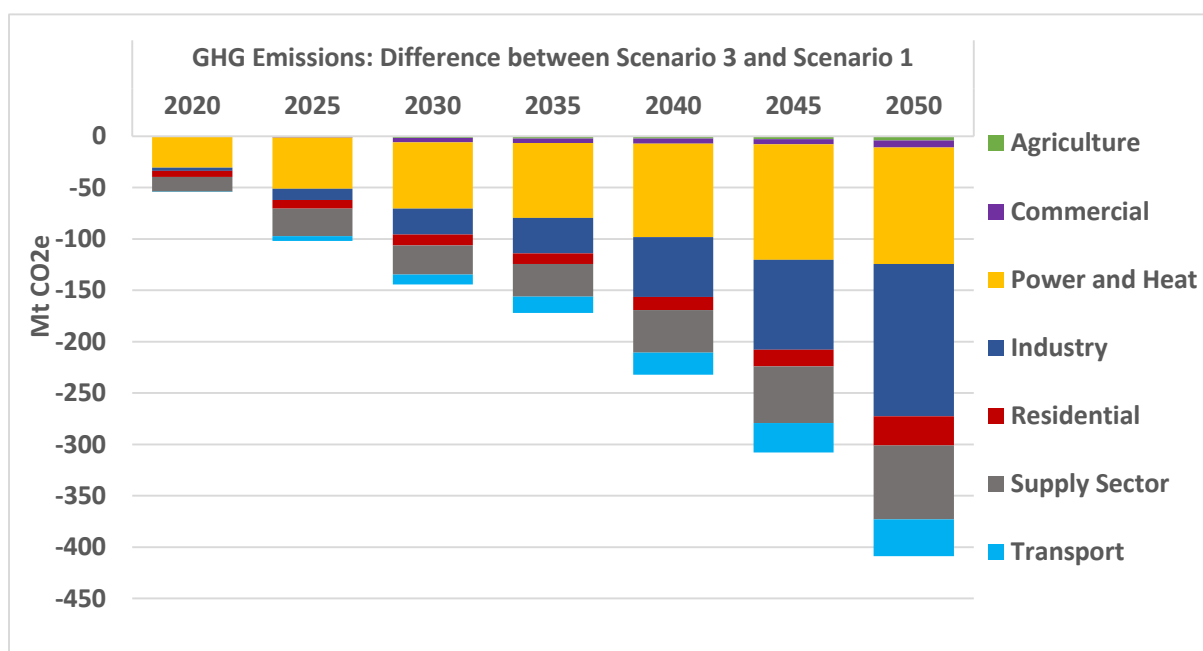


Рис. 3.15. Різниця у викидах ПГ між Сценарієм 3 та Сценарієм 1 (сектори Енергетика та ППВП)

### 3.2.4 Результати моделювання в електроенергетичному секторі

Згідно з результатами моделювання, у Сценарії 1 вугілля та атомна енергія будуть домінуючими у виробництві е/е, а частка ВДЕ не перевищуватиме 25% в 2050 році (Рис. 3.16).

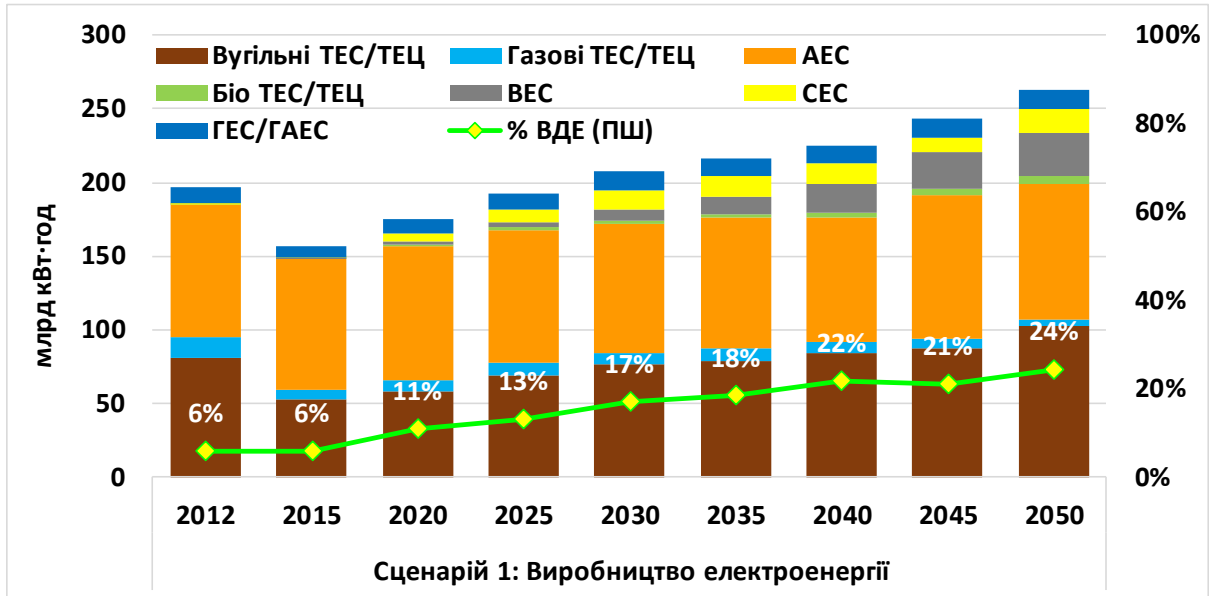


Рис. 3.16. Виробництво електроенергії за Сценарієм 1

Впроваджуючи політики та заходи зі Сценарію 2, частка вугільної генерації зменшиться до 9%, починаючи з 2030 року (Рис. 3.17). Виробництво електроенергії на атомних станціях може збільшуватись до 2035 р. і поводити себе аналогічно до Сценарію 1 після 2035 р., проте серед загального виробництва її частка знизиться в період між 2020 та 2040 рр. з 58% до 37% і до 2050 р. зросте до 44%. Частка ВДЕ зросте вдвічі до 2030 р. і буде складати 41% у 2035 р. та близько 45-47% у 2040-2050 роках.

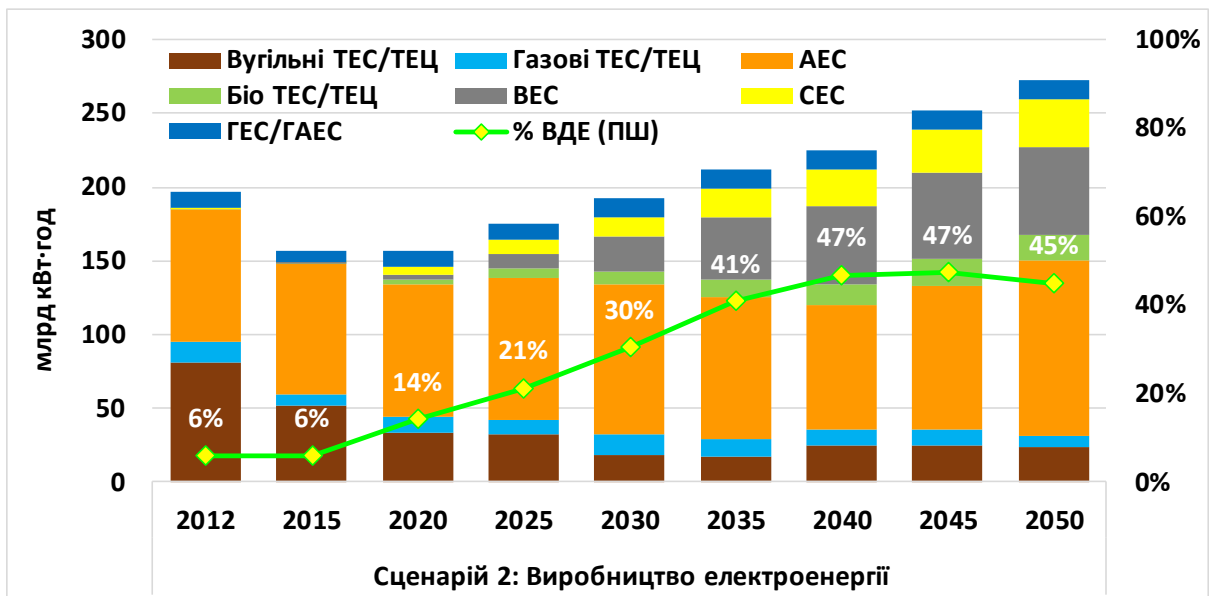


Рис. 3.17. Виробництво електроенергії за Сценарієм 2

Додаткові заходи, передбачені умовами Сценарію 3, відіграють ключову роль у скороченні частки вугільної генерації, яка досягне нуля в 2045 році (Рис. 3.18.). В той же час, частки ВДЕ і атомної енергії зростають.

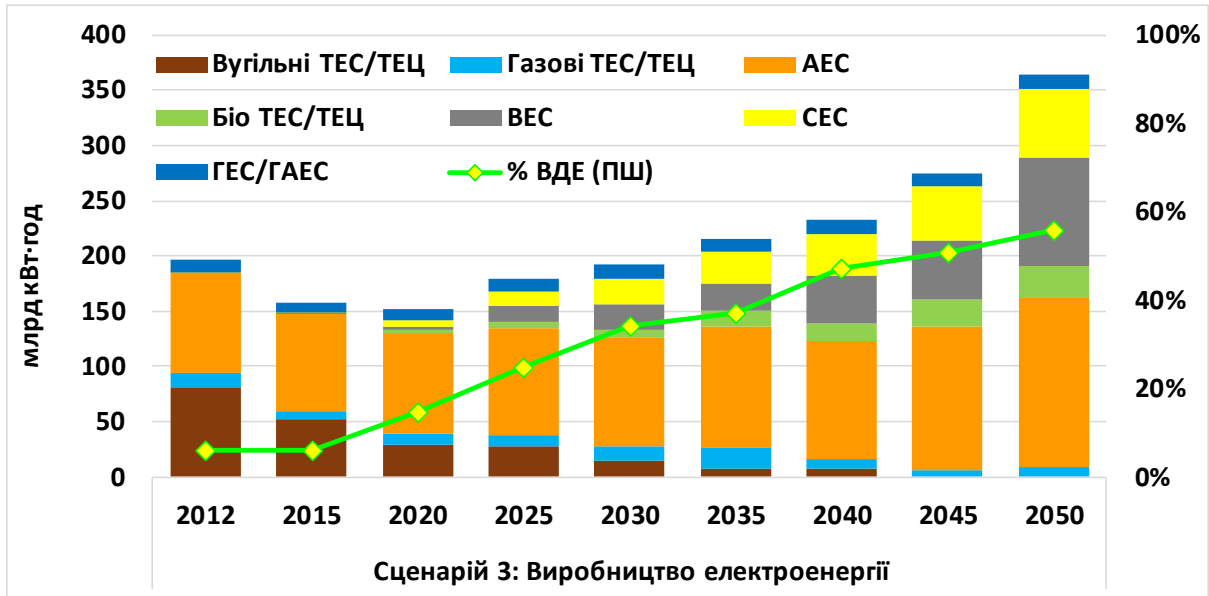


Рис. 3.18. Виробництво електроенергії за Сценарієм 3

### 3.2.5 Капітальні інвестиції у секторах енергетики, промислових процесів та використання продукції за сценаріями НВВ

Для реалізації Сценаріїв 2 і 3, наприклад, для сектору електроенергетики, необхідно відповідно на 36% і на 100% більше інвестицій порівняно зі Сценарієм 1 (Рис. 3.19). Найбільшою потреба у інвестиціях буде в 2040-2050 роках (Рис. 3.20).

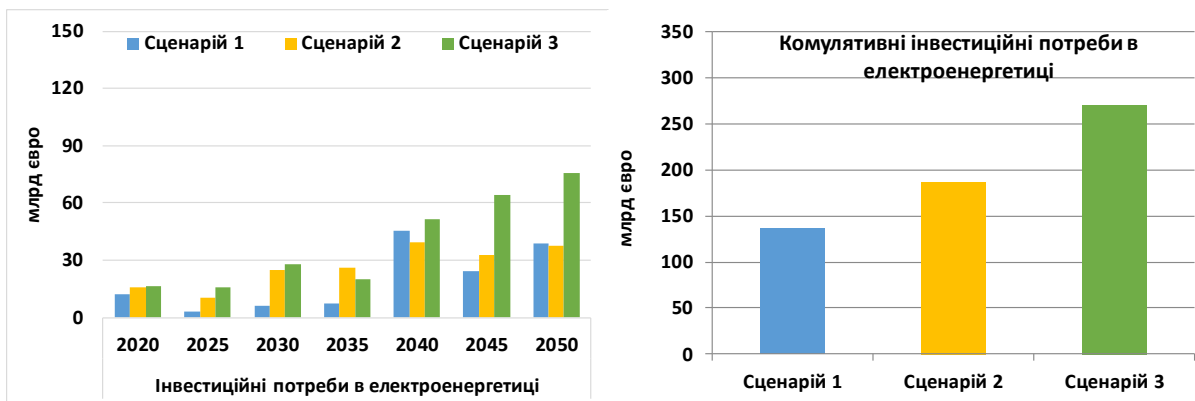
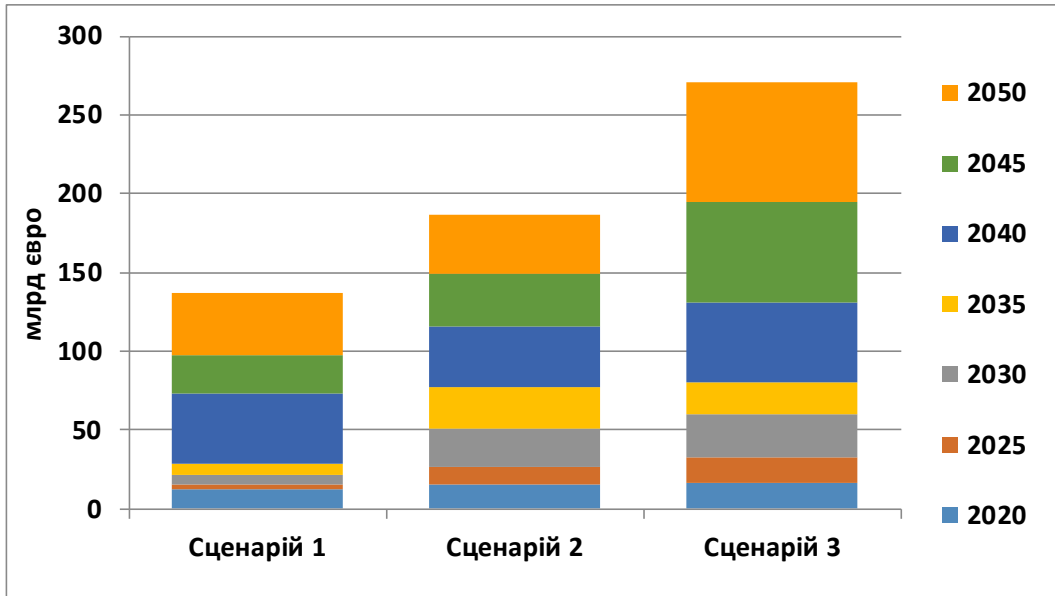
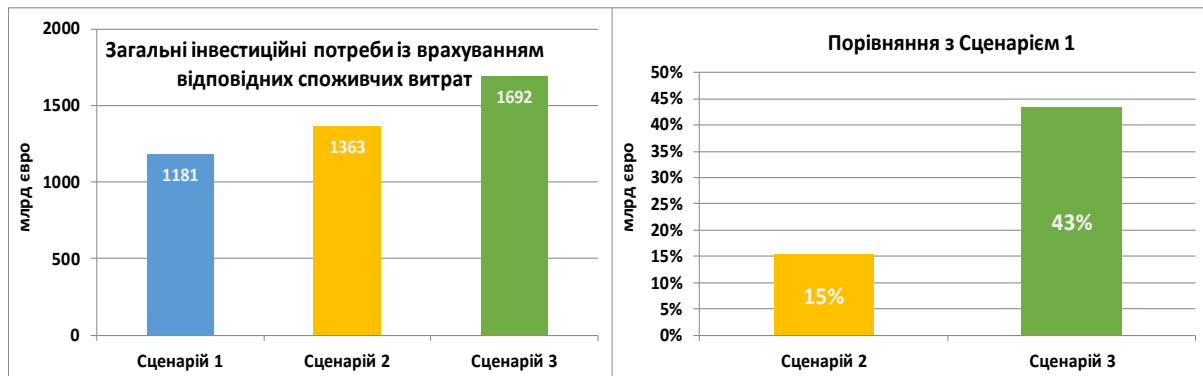


Рис. 3.19. Інвестиційні потреби в електроенергетичному секторі



**Рис. 3.20. Інвестиційні потреби в електроенергетичному секторі за п'ятилітніми періодами**

Загальна потреба в капітальних інвестиціях буде на 15% більше за Сценарієм 2 і на 43% більше за Сценарієм 3 порівняно зі Сценарієм 1 (Рис. 3.21).



**Рис. 3.21. Загальні інвестиційні потреби за сценаріями НВВ (із врахуванням споживчих витрат)**

### 3.3 «Сільське господарство» та «ЗЗЗЛГ»

#### 3.3.1 Ключові припущення

Для цілей розробки 2-го НВВ України були застосовані визначення секторів за РКЗК ООН/МГЕЗК, а відтак і кожен із видів діяльності, що входять у них. Це є перевагою для дотримання принципу порівнюваності із поточною звітністю про викиди та поглинання ПГ, однак створює деякі суперечності у заходах між секторами (наприклад, коли зниження в секторі «Сільське господарство» призводить до збільшення викидів у секторі «ЗЗЗЛГ» та навпаки). Тим не менше, сумарний ефект був оцінений наскільки це можливо. Для прогнозування у лісовому господарстві не було закладено суттєвих змін у власності на ліси у майбутньому. Відтак була залишена поточна структура управління лісами між відомствами.

Передбачається, що заготівля деревини в майбутньому буде збільшуватися. Базуючись на даних Державного агентства лісових ресурсів України, Україна використовує приблизно 60% щорічного приросту деревини. Водночас, такі країни, як Швеція, Австрія, Швейцарія використовують приблизно 80-90% щорічного приросту деревини, підтримуючи при цьому високу залісненість території та дотримуючись принципу сталості у лісовому управлінні. Тому було оцінено, що заготівля деревини може збільшитись до рівня 28 млн куб. м у 2050 році.

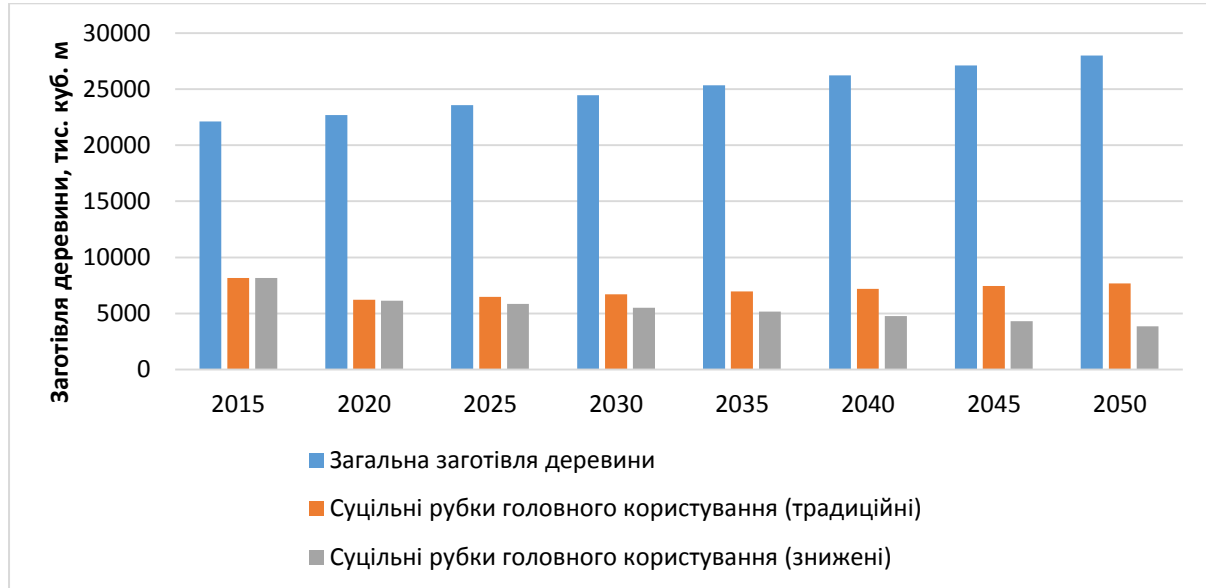


Рис. 3.22. Прогнозування рубки деревини

Для сектору «Сільське господарство» одними із найважливіших є дані про поголів'я сільськогосподарських тварин. Для цілей дотримання принципу порівнюваності результатів моделювання, поголів'я тварин було прийнято однаковим для усіх сценаріїв.

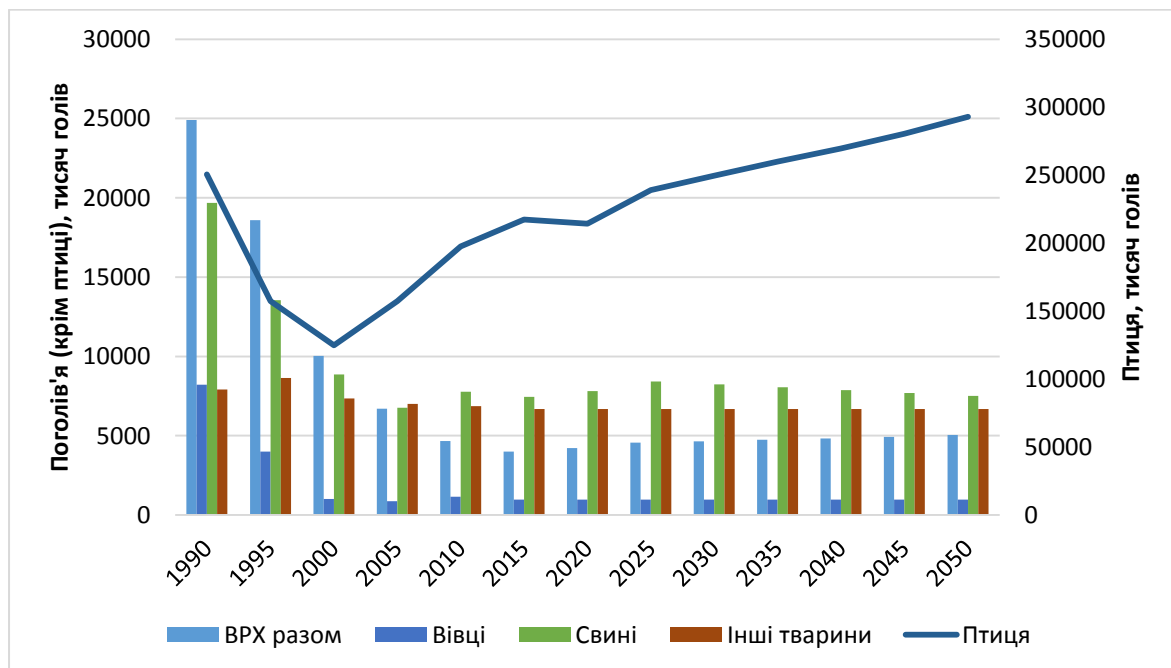


Рис. 3.23. Динаміка поголів'я тварин

**Сценарій 1 (Базовий сценарій)** базується на минулих і поточних тенденціях в сільському та лісовому господарстві. Більше того, майбутні зміни клімату та відповідні наслідки у цих секторах були враховані (наприклад, збільшення негативного впливу у лісах від стихійних явищ, зміна урожайності в рослинництві тощо).

В лісовому господарстві передбачається подальше зростання обсягів рубок деревини через збільшення попиту, як зазначається вище. Були зроблені припущення щодо збереження поточної практики рубок, згідно з якими половина зрубаної деревини заготовлюється від суцільних рубок головного користування (позначено, як «традиційні» на рис. 3.22).

У «Державній екологічній стратегії до 2030 року» передбачено збільшення вкритих лісом територій, однак через відсутність чіткого механізму реалізації та фінансування даних заходів, Сценарій 1 передбачає збільшення лісистості до 16,5% у 2050 р., що приблизно відповідає поточному рівню лісорозведення.

В «Сільському господарстві» Сценарій 1 базується на поточних тенденціях споживання, імпорту та експорту молока та м'яса і поточного числа тварин. Для цілей прогнозування поголів'я були використані статистичні дані про виробництво м'яса та молока, імпорт та експорт, а також відносно споживання населенням. Через війну, що почалась у 2014 р., а відтак зниження добробуту населення, споживання знизилось. У прогнозуванні було передбачено відновлення середніх показників споживання молока і м'яса, що були до 2014 року. Це призводить до зміни трендів для різних груп тварин: збільшення поголів'я ВРХ та птиці, стабільний рівень поголів'я овець та зниження поголів'я свиней (рис. 3.23).

У «Державній екологічній стратегії до 2030 року» заплановано збільшення площі пасовищ та сінокосів до 15,8% від загальної площі країни, але в Сценарії 1 було припущено, що збільшення площі буде залежати від попиту на сінокосіння та для випасу.

**Сценарій 2 (Референтний сценарій)** включає такі ж тренди та процеси, що і в Сценарій 1, однак цей сценарій включає повне виконання національних політик та стратегій, таких як «Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року» (СНР), «Державна екологічна стратегія до 2030 року». Передбачено також імплементацію деяких технологій, визначених у проекті «Визначення технологічних потреб».

Для лісового сектору передбачається повна імплементація «Державної екологічної стратегії до 2030 року» у частині збільшення лісистості до 2030 р. з подальшим зростанням до 19% у 2050 році. Ціль із екологічної стратегії була включена для прогнозування, так як СНР містить менш амбітну ціль із лісорозведення.

Заплановано більші території заповідних лісів, як це передбачено в СНР та екологічній стратегії, тому частка суцільних рубок головного користування запроєктовано бути нижчою згідно з екологічною стратегією з одночасним збільшенням селективних рубок. Зокрема, починаючи з 2020 р. передбачено поступове зниження суцільних рубок головного користування, досягаючи 50% вирубки деревини селективними рубками у 2050 р. (позначено, як «знижені» на рис. 3.22).



В сільському господарстві передбачається, що ціль відповідно до «Державної екологічної стратегії до 2030 року» із збільшення площ пасовищ та сінокосів буде виконана до 2030 року з таким же рівнем збільшення до 2050 року.

У рослинництві СНР передбачає зниження викидів ПГ внаслідок більш ефективного використання азотних мінеральних добрив, але додатковий аналіз технологій необхідний для оцінки того, чи можливо поточними технологіями досягти такого рівня зниження. Більше того, Сценарій 2 передбачає розвиток та поширення нових технологій у рослинництві. Серед них, нові інформаційні та телекомунікаційні технології можуть додати до 10% у більшій ефективності внесення азотних мінеральних добрив, обробіток ґрунту зі зниженим оборотом скиби (або без обороту) можуть знизити викиди ПГ на площі до 5 млн га, а органічне рослинництво може бути розгорнуте на площі до 2 млн га.

Для сектору тваринництва в даному сценарію передбачено імплементація технологій із виробництва біогазу із гною, що дозволить не тільки замінити викопне паливо для енергетичних цілей, але і знизити рівень викидів ПГ у сільському господарстві від гною на 25% до 2050 року.

**Сценарій 3 (Сценарій кліматично нейтральної економіки)** базується на імплементації усіх заходів, описаних у Сценарії 2. Крім того, передбачається розширений масштаб імплементації технологій, ідентифікованих експертами проекту із оцінки технологічних потреб, як високо пріоритетні. Очевидною також є потреба в нових технологіях та підходах для досягнення дуже високих амбіцій у скороченні викидів та збільшенні поглинання ПГ, зокрема використання перспективних технологій, що нині не використовуються на ринку через їхній загальний недостатній ефект скорочення, нестачу знань та дуже високі затрати.

У лісовому господарстві за Сценарієм 3 включені ті ж заходи, що й у Сценарії 2. З метою пом'якшення негативних наслідків зміни клімату були заплановані розширені заходи запобіганню стихійних явищ, а також із більш раннього виявлення лісових пожеж. Для цього були включені заходи із збільшення кількості протипожежних спостережних вишок, розширення заходів із запобігання пожеж на землі та використання перспективних інструментів, таких як дрони. Було припущено, що це дозволить знизити викиди ПГ від негативних наслідків стихійних явищ на 50% у порівнянні із попереднім сценарієм.

У майбутньому доступність землі для лісового господарства зустрине посилену конкуренцію з боку сільського господарства. Якщо технологічні перепони можуть бути вирішені шляхом застосування нових підходів, що досліджуються тепер (наприклад, використання дистанційних інструментів, нових підходів і засобів механізації та автоматизації в лісовому секторі), то доступність землі для лісового господарства матиме більший фокус. Сільське господарство, як основний компонент продовольчої безпеки, не може бути заміщене лісовим господарством. Тим не менше, всеохоплююче ландшафтне планування повинно бути необхідним кроком до прийняття рішень щодо прийнятності землекористування для певної діяльності в певних умовах.

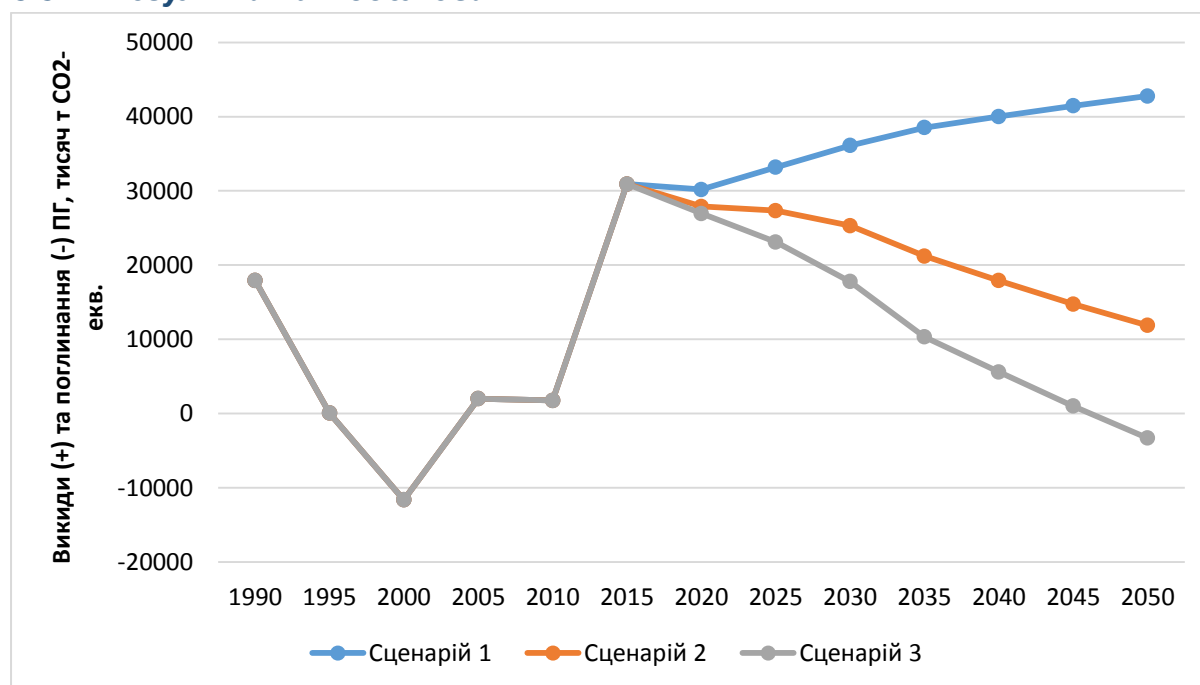
Рослинництво за цим сценарієм включає усі заходи із Сценарію 2. Зокрема, включені заходи із скорочення викидів від азотних мінеральних добрив, запланованих в СНР,

нові інформаційні та телекомунікаційні технології в сільському господарстві, обробіток ґрунту зі зниженим оборотом скиби, органічне рослинництво та збільшена ефективність внесення азотних добрив. Збільшений масштаб імплементації цих технологій передбачено в Сценарії 3.

Для сектору тваринництва, імплементація технологій для виробництва біогазу із гною включено в даний сценарій, що дозволить не тільки замінити викопні види палива в енергетичних цілях, а й передбачається, що дозволить скоротити викиди ПГ в сільському господарстві в категорії управління гноєм на 50% до 2050 року.

Існують перспективні технології, що поки не використовуються на ринку, наприклад, використання водоростей в промисловості, відходах та сільському господарстві для поглинання вуглецю, що може також бути заходом із збільшення поглинання ПГ. Тим не менше, поточні знання потенціалу, комерційна цінність та економічний ефект недостатньо вивчений.

### 3.3.2 Результати моделювання



**Рис. 3.24. Загальні викиди ПГ в секторах «Сільське господарство» та «ЗЗЗЛГ»**

У Сценарії 1 сектор «ЗЗЗЛГ» стає нетто джерелом викидів ПГ у 2050 р., залишаючись нетто поглиначем у 2030 році. Це спричинено двома основними факторами: нетто поглинаннями лісовими землями та нетто викидами на ріллі та пасовищах.

Лісові землі продовжують бути поглиначем. Тим не менше, через збільшення площ рубок та збільшення втрат деревини від стихійних явищ поглинання вуглецю знизиться. Тому, у 2030 р. абсорбція ПГ у категорії досягне 70% від рівня 1990 р., а у 2050 р. – близько 63%. У категоріях ріллі та пасовищ продовжать відбуватися викиди ПГ. Більше цього, їх збільшення буде викликане продовженням поточних тенденцій низького рівня внесення органічних добрив із подальшим збільшенням площ збору врожаю. У 2030 р. викиди в категорії збільшаться у порівнянні із 1990 р. у приблизно 5 разів.

В секторі «Сільське господарство» викиди ПГ будуть нижчими, ніж у 1990 р., приблизно удвічі, однак в порівнянні із поточним рівнем вищими на приблизно 7%. Зокрема, зниження викидів ПГ від внутрішньої ферментації досягне 20% від рівня 1990 року. Схожа тенденція відбуватиметься й у категорії поводження із гноєм – викиди будуть на рівні 30% від 1990 року. Це пов'язано із зниженням поголів'я у тваринництві порівняно із базовим роком. Викиди від сільськогосподарських ґрунтів зростуть в порівнянні із поточними викидами через збільшення площ ріллі, однак будуть нижчими, ніж у базовому році. У 2030 р. викиди в цій категорії передбачаються на рівні 93% від 1990 р., а також 95% у 2050 році.

**У Сценарії 2** сектор «ЗЗЗЛГ» буде нетто поглиначем, зберігаючи абсорбцію від лісів вищими, ніж викиди від рослинництва. Це дозволить збільшити нетто поглинання майже удвічі в порівнянні із 2015 роком. В категорії лісів передбачаються вищі темпи поглинання ПГ ніж у Сценарії 1. Зокрема, у 2030 р. поглинання оцінюються на рівні 77% від 1990 р., а в 2050 р. – приблизно 92%. Це пов'язано із вищими площами лісорозведення та зміною вікової структури через зміну підходу до рубок, що мають на меті заготівлю деревини. У категоріях ріллі та пасовищ заходи із скорочення викидів ПГ у формі збільшення ефективності використання азотних мінеральних добрив, обробітку ґрунту зі зниженим оборотом скиби та збільшення площ органічного виробництва матимуть позитивний вплив через зниження викидів ПГ на 10% у 2030 р. та 15% у 2050 р. в порівнянні із поточним рівнем.

У секторі «Сільське господарство» в усіх категоріях передбачається зниження викидів ПГ. Це досягається за рахунок скорочення викидів ПГ від внесення азотних мінеральних викидів, зниження мінералізації сільськогосподарських ґрунтів та збільшення використання установок із генерації біогазу із гною, а також використання додаткових речовин у годівлі. В результаті цього, в секторі «Сільське господарство» викиди ПГ становитимуть 49% у 2030 р. та 47% у 2050 р. від рівня 1990 року.

**У Сценарії 3** передбачається, що сектор «ЗЗЗЛГ» матиме вищий рівень поглинань, ніж за Сценарієм 2. Зокрема, у 2030 р. прогнозується абсорбція в 3 рази вищою, ніж у 2015 році.

У категорії лісових земель продовжить відбуватися сумарні поглинання із вищою інтенсивністю, ніж у Сценарії 2. Зокрема, це пов'язано із зниженням викидів від імплементації заходів із пом'якшення наслідків від стихійних явищ. В свою чергу, передбачається, що в 2030 р. поглинання будуть нижчі від рівня 1990 р. на 12%, а у 2050 р. – лиш на 5%. В категоріях ріллі та пасовищ ширше використання заходів, ідентифікованих проектом із визначення технологічних потреб, дозволить скоротити викиди ПГ на 23% у 2030 р. та 38% у 2050 р. в порівнянні із поточним рівнем.

Згідно із Сценарієм 3 у секторі «Сільське господарство» відбуватиметься більше скорочення викидів ПГ, ніж за Сценарієм 2. Зокрема, це відбуватиметься в результаті імплементації заходів, включених у Сценарій 2, але із більшим масштабом, ніж це

оцінено в проєкті. Найбільший вплив матиме покращена ефективність від внесення азотних мінеральних добрив, зниження мінералізації сільськогосподарських ґрунтів та використання установок із генерації біогазу від гною. Тому, викиди ПГ становитимуть 47% від рівня 1990 р. у 2030 р. та 42% у 2050 році.

Разом обидва сектори мають високий потенціал із скорочення викидів та збільшення поглинань ПГ. Згідно із уже затвердженими політичними цілями та заходами, Україна може досягти скорочення викидів у цих секторах у 2030 р. на приблизно 10 Мт CO<sub>2</sub>-екв. із подальшим продовженням цього тренду у 2050 році. Посилення заходів, що включені в Сценарій 3, може призвести до нетто поглинання сумарно від двох секторів у 2050 році.

**Таблиця 3.8. Результати моделювання викидів і поглинань ПГ**

Викиди (+) та поглинання (-), тисяч т CO <sub>2</sub> екв.	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Лісові землі													
Сценарій 1	-68129	-61729	-62837	-55743	-52271	-51534	-51881	-50027	-47950	-46339	-44988	-43698	-42555
Сценарій 2	-68129	-61729	-62837	-55743	-52271	-51534	-52308	-51663	-52182	-54705	-57477	-60152	-62537
Сценарій 3	-68129	-61729	-62837	-55743	-52271	-51534	-52493	-52158	-52985	-55817	-58898	-61881	-64575
Рілля та пасовища													
Сценарій 1	-8163	3633	13549	23085	21768	41786	41023	41557	42106	42655	42765	42875	42985
Сценарій 2	-8163	3633	13549	23085	21768	41786	38792	35458	32091	28672	27749	26823	25895
Сценарій 3	-8163	3633	13549	23085	21768	41786	41023	41557	42106	42655	42765	42875	42985
Водно-болотні угіддя													
Сценарій 1	12267	785	244	273	276	349	225	214	263	263	263	263	263
Сценарій 2	12267	785	244	273	276	349	225	214	263	263	263	263	263
Сценарій 3	12267	785	244	273	276	349	225	214	263	263	263	263	263
Інші викиди													
Сценарій 1	4732	3489	3388	3042	882	3117	2347	2347	2347	2347	2347	2347	2347
Сценарій 2	4732	3489	3388	3042	882	3117	2347	2347	2347	2347	2347	2347	2347
Сценарій 3	4732	3489	3388	3042	882	3117	2347	2347	2347	2347	2347	2347	2347
<b>Разом у секторі «ЗЗЗЛГ»</b>													
<b>Сценарій 1</b>	<b>-59292</b>	<b>-53823</b>	<b>-45656</b>	<b>-29344</b>	<b>-29345</b>	<b>-6281</b>	<b>-8286</b>	<b>-5909</b>	<b>-3234</b>	<b>-1075</b>	<b>386</b>	<b>1787</b>	<b>3039</b>
<b>Сценарій 2</b>	<b>-59292</b>	<b>-53823</b>	<b>-45656</b>	<b>-29344</b>	<b>-29345</b>	<b>-6281</b>	<b>-10274</b>	<b>-10679</b>	<b>-12182</b>	<b>-15753</b>	<b>-18736</b>	<b>-21623</b>	<b>-24220</b>
<b>Сценарій 3</b>	<b>-59292</b>	<b>-53823</b>	<b>-45656</b>	<b>-29344</b>	<b>-29345</b>	<b>-6281</b>	<b>-11129</b>	<b>-14138</b>	<b>-18284</b>	<b>-24535</b>	<b>-28539</b>	<b>-32448</b>	<b>-36070</b>
Внутрішня ферментація													
Сценарій 1	39139	29801	17312	12963	9785	8747	8191	8413	8400	8368	8315	8257	8167
Сценарій 2	39139	29801	17312	12963	9785	8747	7957	7772	7360	6933	6810	6684	6533
Сценарій 3	39139	29801	17312	12963	9785	8747	7957	7772	7360	6933	6810	6684	6533
Поводження із гноєм													
Сценарій 1	6573	4153	2235	1904	2060	1936	1971	2105	2105	2100	2090	2078	2058
Сценарій 2	6573	4153	2235	1904	2060	1936	1901	1905	1779	1650	1617	1583	1543
Сценарій 3	6573	4153	2235	1904	2060	1936	1798	1611	1301	990	923	857	788
Сільськогосподарські ґрунти													
Сценарій 1	31508	19930	14489	16481	19277	26505	28843	29194	29478	29760	29810	29859	29900
Сценарій 2	31508	19930	14489	16481	19277	26505	28825	28908	28913	28907	28728	28546	28355
Сценарій 3	31508	19930	14489	16481	19277	26505	28825	28427	27945	27442	26886	26325	25755
<b>Разом у секторі «Сільське господарство»</b>													
<b>Сценарій 1</b>	<b>77220</b>	<b>53884</b>	<b>34036</b>	<b>31348</b>	<b>31122</b>	<b>37188</b>	<b>39005</b>	<b>39713</b>	<b>39983</b>	<b>40227</b>	<b>40214</b>	<b>40194</b>	<b>40125</b>
<b>Сценарій 2</b>	<b>77220</b>	<b>53884</b>	<b>34036</b>	<b>31348</b>	<b>31122</b>	<b>37188</b>	<b>38683</b>	<b>38585</b>	<b>38052</b>	<b>37491</b>	<b>37155</b>	<b>36813</b>	<b>36431</b>
<b>Сценарій 3</b>	<b>77220</b>	<b>53884</b>	<b>34036</b>	<b>31348</b>	<b>31122</b>	<b>37188</b>	<b>38579</b>	<b>37811</b>	<b>36606</b>	<b>35366</b>	<b>34619</b>	<b>33867</b>	<b>33077</b>

## **Взаємозв'язок між секторами «ЗЗЗЛГ» і «Сільське господарство» та іншими секторами**

Існує слабкий зв'язок між секторами «Сільське господарство» і «ЗЗЗЛГ» із сектором «Енергетика» та «Промислові процеси». Зокрема, це стосується в використанні біомаси рослинних решток сільськогосподарських культур та деревини для спалювання з енергетичною метою. Тим не менше, так як викиди ПГ в секторі «Енергетика» від спалювання біомаси не додається до сумарних викидів, тому що біомаса вважається джерелом відновлюваної енергії, подвійний облік чи недооцінка викидів відсутні.

Взаємозв'язки між секторами «Сільське господарство» та «ЗЗЗЛГ» відносно сильні. Кілька рядів вихідних даних перетікають між цими секторами та використовуються для різних стадій розрахунків: кількість гною, що утворена від тваринництва, кількість рослинних решток від сільськогосподарських культур, що була залишена на полях для перегнивання, кількість внесених азотних мінеральних добрив. В результаті моделювання цих даних чи факторів зазнають впливу обидва сектори. Тим не менше, існує чітке керівництво стосовно віднесення викидів і поглинань в той чи інший сектор відповідно до вимог РКЗК ООН з метою уникнення недооцінки чи подвійного обліку, що було дотримане у моделюванні.

Взаємозв'язок між секторами «Сільське господарство» та «ЗЗЗЛГ» і «Відходи» досить слабкий. Він пов'язаний із виробами із біомаси вкінці їх циклу використання, а також із прямими відходами біомаси. Якщо ці продукти не використовуються з енергетичною метою (див. вище), вони обліковуються у секторі «Відходи» в якості матеріалів для спалювання без виробництва енергії, повторного використання чи видалення на звалища.

### **3.3.3 Потреба в капітальних інвестиціях для реалізації сценаріїв НВВ в секторах «Сільське господарство» та «ЗЗЗЛГ»**

Таблиця 3.9 нижче містить інформацію про потреби в інвестиціях. Сценарій 1 містить дані про інвестиції, необхідні для підтримання поточного рівня лісорозведення. Інвестиції за Сценаріями 2 та 3 відображають потреби для досягнення певного рівня управління у лісовому та сільському господарстві, що були закладені при моделюванні.

Припущення щодо необхідного обсягу фінансування з лісорозведення базуються на типових заходах в минулому, які виконували підприємства для успішного створення нових лісів. Вони включають витрати на зміну призначення земель для ведення лісового господарства, висадку та початковий догляд.

Зняття мораторію на продаж та сильну підтримку створення ринку сільськогосподарських земель парламентом та урядом України може суттєво вплинути на затрати на лісорозведення. Зокрема, важливим для майбутньої можливості та інвестицій на створення нових лісів є механізм визначення земель для лісорозведення. Він може включати пряму купівлю земель урядом у власників на ринку для лісорозведення, компенсації за землі іншими цінностями тощо.

**Таблиця 3.9. Оцінка інвестицій, необхідних для виконання заходів за сценаріями НВВ, тис. Євро**

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Сценарій 1	4686	4686	4686	4686	4686	4686	4686
Лісові землі	4686	4686	4686	4686	4686	4686	4686
Сценарій 2	1693305	2136528	2583132	3034048	3468853	3905646	4344421
Лісові землі	19400	19730	36905	55260	55458	55599	55676
Рослинництво	1542289	1656165	1756578	1860124	1965716	2073354	2183036
Тваринництво	131616	460633	789649	1118664	1447679	1776693	2105708
Сценарій 3	1896208	2810573	3673989	4543757	5399458	6259194	7122957
Лісові землі	20007	21768	40249	59910	61413	62860	64242
Рослинництво	1612985	1867571	2054492	2246583	2442766	2643041	2847406
Тваринництво	263216	921233	1579249	2237264	2895279	3553293	4211308

### 3.4 Сектор «Відходи»

#### 3.4.1 Ключові припущення

Моделювання Сценаріїв НВВ було виконано на підставі вихідних даних про викиди ПГ у 2017 р., останнього доступного року ретроспективних даних згідно Національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні на момент складання звіту. Використані методологічні підходи розрахунків прогнозних викидів ПГ повністю узгоджені із методологічними засадами, на базі яких складено сектор «Відходи» Національного кадастру антропогенних викидів із джерел та абсорбції поглиначами парникових газів в Україні за період з 1990 по 2017 роки. Перелік потенційних практик поводження з відходами та відповідні доступні технології визначено на підставі Звіту з оцінки технологічних потреб в Україні (боротьба зі зміною клімату<sup>33</sup>), опублікованому у 2019 році. Під час моделювання у секторі «Відходи» було використано наступні показники та тенденції за категоріями, де специфічні для зазначеного сектору показники виділені курсивом:

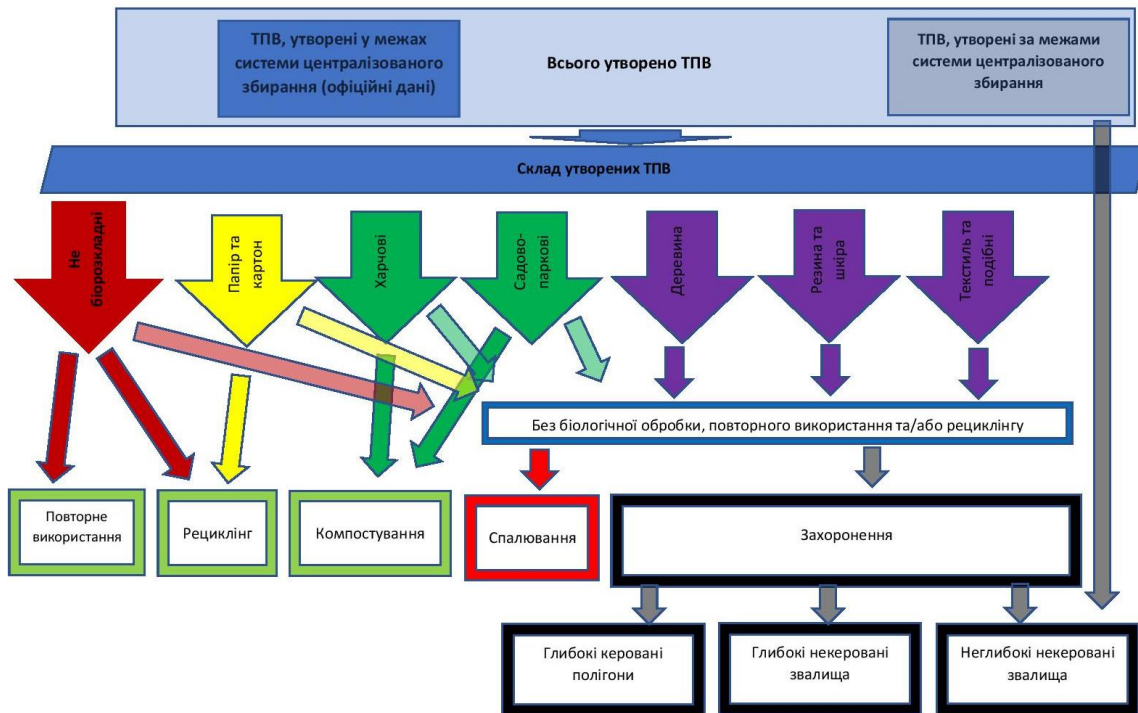
**Захоронення твердих відходів:** населення, *питомі обсяги утворення ТПВ (тверді побутові відходи) на одного мешканця, практика поводження з відходами (частка захоронення, повторного використання, рециклінгу, компостування, спалювання), охоплення населення системою централізованого збирання відходів, будівництво нових санітарних (глибоких керованих) полігонів ТПВ, склад ТПВ, частка факельного спалювання та рекуперації звалищного газу.* Для забезпечення принципу прозорості використано модель балансу мас ТПВ під час моделювання викидів ПГ у секторі «Відходи» наведено на рис. 3.25, з якого випливають наступні базові положення математичного моделювання:

1. Загальна кількість утворених ТПВ відповідає сумі офіційно та несанкціоновано захоронених ТПВ<sup>34</sup>. Вихідними даними для оцінки обсягів утворення ТПВ є: кількість населення, охоплення населення системою централізованого збору ТПВ, питомі обсяги утворення ТПВ на одного мешканця.

<sup>33</sup> Technology Needs Assessment Report. Mitigation. Technology Prioritization. Output of the Technology Needs Assessment project, funded by the Global Environment Facility (GEF) and implemented by the United Nations Environment Programme (UN Environment) and the UNEP DTU Partnership (UDP) in collaboration with University of Cape Town. – Kyiv. – 2019. – 119 pp. Available at: <https://tech-action.unepdtu.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/08/tna-01-mitigation-ua-final-190731.pdf>

<sup>34</sup> Невизначена практика (наприклад, прибудинкове компостування, рециклінг за сірою схемою тощо) поводження з ТПВ, що не охоплені системою централізованого збирання, виключена з балансу мас, тому що вона не призводить до значних викидів ПГ.

- Після оцінки обсягів утворення ТПВ, ці обсяги розділяються на окремі потоки компонентів ТПВ, величина яких в свою чергу визначається на підставі їх компонентного (морфологічного) складу. Такими потоками є: папір та картон, харчові відходи, садово-паркові відходи, деревина, засоби особистої гігієни, резина та шкіра, текстиль та небіорозкладні складові (включають чорні метали, кольорові метали, скло, пластик, небезпечні та інші неорганічні). При цьому ТПВ, що не охоплено системою централізованого збирання, піддаються захороненню на некерованих неглибоких звалищах.
- Харчові та садово-паркові компоненти у складі потоку змішаних ТПВ формують потік для компостування (біологічне оброблення), обсяг якого визначається загальною часткою компостування.
- Скло формує потік для повторного використання, обсяг якого визначається часткою повторного використання.
- Папір, картон та небіорозкладні компоненти (у т.ч. пластик та метали) формують потік для рециклінгу, обсяг якого визначається загальною часткою рециклінгу.
- Інша частина (залишок) ТПВ розділяються на два потоки: спалювання та захоронення, які в свою чергу визначаються часткою спалювання.
- Розподіл за типами місць захоронення визначається будівництвом нових санітарних полігонів ТПВ.



**Рис. 3.25. Загальна схема моделі балансу мас ТПВ (потоків мас)**

**Біологічне оброблення (компостування) твердих відходів):** населення, показники розвитку промислового та сільськогосподарського секторів, *питомі обсяги утворення ТПВ на одного мешканця, частка компостування і технології компостування.*

**Інсінерація та відкрите спалювання відходів:** зростання ВВП, показник розвитку промислового сектору, *специфічне для категорії законодавство (заборона на спалювання ТПВ без енергетичного використання).*

**Очищення та скидання стічних вод:** населення, частка міського та сільського населення, показники розвитку секторів (енергетика, чорна металургія, сільське господарство, харчова промисловість тощо), *частка очищення та скидання; споживання м'ясної продукції, молочної продукції та фруктів на одного мешканця, розвиток технологій, частка факельного спалювання та рекуперації метану, що утворився під час очищення стічних вод.*

**Сценарій 1 (Базовий Сценарій)** сформовано за даними діючої системи поводження з відходами в Україні станом на 2017 р. на підставі загальних міжсекторальних макроекономічних та соціально-демографічних прогнозів. Цей сценарій передбачає, що значних змін у секторі поводження з відходами відбуватись не буде та що основні показники поводження з відходами залишаться подібними до 1991-2017 рр., а саме: близько 95 % від офіційно утворених ТПВ буде захоронено, потужності з очищення стічних вод не буде модернізовано, а частка факельного спалювання та рекуперації (менше 5 %) залишиться на тому самому рівні.

**Сценарій 2 (Референтний сценарій)** побудовано на підставі припущень, що всі заявлені в діючому законодавстві (закони, стратегії, плани, концепції, програми тощо) цілі буде виконано у повному обсязі. Базові нормативні акти буде повністю імplementовано, а саме: Національна стратегія управління відходами в Україні до 2030 року та Національний план управління відходами до 2030 року. Також Сценарій 2 узгоджений з припущеннями та положеннями, визначеними у Стратегії низьковуглецевого розвитку України до 2050 року (СНР). Цей сценарій передбачає, що СНР буде повністю імplementована, а заявлені Міністерством економічного розвитку і торгівлі України цілі сталого розвитку будуть досягнуті, серед яких: зниження частки неочищених стічних вод, збільшення питомого споживання харчової продукції, зниження питомого споживання водних ресурсів за ВВП тощо. При визначенні ключовий прогнозних показників також були враховані показники ефективності успішних прикладів систем поводження з відходами в країнах ЄС. Цей сценарій, зокрема, передбачає зниження частки захоронення ТПВ до 30 % до 2030 р. та 20 % у 2050 р.; збільшення частки утилізації звалищного газу до 23 % у 2030 р. та 36 % у 2050 р.; побудову новий підприємств з компостування відходів з нижчими питомими показниками викидів  $\text{CH}_4$  та  $\text{N}_2\text{O}$ ; питомі показники викидів  $\text{N}_2\text{O}$  від споживання протеїну досягнуть типових для країн ЄС значень; утилізація утвореного під час очищення стічних вод метану досягне 41 % у 2030 р. та 70 % у 2050 р.; питоме споживання водних ресурсів на одиницю ВВП у 2050 р. знизиться до показнику 0.5 у порівнянні з 2015 роком.

**Сценарій 3 (Сценарій кліматично нейтральної економіки)** побудовано виходячи з того, що заявлені цілі у діючому законодавстві та інших нормативних актах буде значно перевиконано за рахунок широкого впровадження сучасних технологій та найкращих світових практик (за прикладом Німеччини, Швеції тощо) у сфері поводження з відходами в Україні – найбільш інноваційних, визнаних на міжнародному рівні як кліматично дружніх політик, заходів та технологій, а саме: мінімізація захоронення ТПВ у межах технічного потенціалу, широке розповсюдження технологій компостування,



високотехнологічного спалювання, рециклінгу та повторного використання; глибока утилізація (факельне спалювання та рекуперація) метану, утвореного у наслідок біорозкладання органічного матеріалу; суттєве зниження питомих показників споживання водних ресурсів тощо.

**Загальні тенденції утворення відходів та поводження з ними для Сценаріїв 1, 2 та 3.** Очікується, що питомі обсяги утворення ТПВ будуть щорічно збільшуватись на 1%. Так, він збільшиться з 0.347 тонн в рік на одного мешканця у 2017<sup>35</sup> р. до 0.480 тонн в рік на одного мешканця у 2050 р., що відповідає теперішньому усередненому показнику для країн ЄС. Споживання харчової продукції у 2017 р. складало 51 кг/меш/рік для м'ясної продукції, 210 кг/меш/рік – для молочної; та 51 кг/меш/рік – для фруктів; та очікується, що воно зростає до 80, 380 та 90 кг/меш/рік відповідно до 2030<sup>36</sup> року. Охоплення населення централізованою системою збирання ТПВ у 2017 р. складало 77%, що є сталим показником для Сценарію 1, а за Сценаріями 2 та 3 цей показник досягне значення 100% у 2030<sup>37</sup> році.

Частка захоронення ТПВ на глибоких керованих полігонах у 2017 р. складала 26.2%, 42.2% для глибоких некерованих звалищ та 31.6% для неглибоких некерованих звалищ. За Сценарієм 1 ця тенденція збережеться, а за Сценаріями 2 та 3 починаючи з 2030 р. усі ТПВ будуть захоронюватися на глибоких керованих полігонах ТПВ. За Сценарієм 1 обсяги несанкціоновано захоронених ТПВ оцінено на рівні 2017 р. або 10% від офіційно зібраних ТПВ для усіх прогнозних років. За Сценаріями 2 та 3 практика несанкціонованого захоронення зникне починаючи з 2030 року.

Частка забруднених стічних вод за Сценарієм 1 відповідатиме рівню 2017 р. або 15.7% для всіх прогнозних років. Для Сценаріїв 2 та 3 це значення знизиться до 2.5% до 2030 року<sup>38</sup>. Ключові прогнозні показники моделювання викидів ПГ у секторі «Відходи» наведено нижче в табл. 3.10.

**Таблиця 3.10. Порівняння ключових показників в секторі «Відходи» за Сценаріями НВВ**

Показник		Одиниці	2030			2050		
			Сценарій			Сценарій		
			1	2	3	1	2	3
Практика	Повторне використання	%	0.00 <sup>39</sup>	10 <sup>40</sup>	10	0.00	10	10

<sup>35</sup> Включає офіційно зібрані ТПВ, що охоплені централізованою системою збирання відходів; утворені відходи, що не охоплені такою системою та розрахункові дані на тимчасово окупованих територіях (за методологією Кадастру викидів ПГ в Україні). Розрахунки проведено за даними Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України станом на 2017 р. (за масовими показниками), див. за посиланням: <http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2017-rik/>; кількість неофіційно захоронених ТПВ оцінено у 10% від кількості офіційно зібраних; кількість утворених ТПВ на тимчасово окупованих територіях України є пропорційною кількості населення, що там мешкає.

<sup>36</sup> Цілі сталого розвитку: Україна. Міністерство економічного розвитку та торгівлі України.– 176 С. – Київ. – 2017.

<sup>37</sup> Оцінено на підставі даних Національної стратегії управління відходами в Україні до 2030 року.

<sup>38</sup> Includes recycling and composting.

<sup>39</sup> Based on Ministry of Regional Development, Construction and Housing statistics on 2017 (estimated on mass indicators), also see: <http://www.minregion.gov.ua/napryamki-diyalnosti/zkh/terretory/stan-sferi-povodzhennya-z-pobutovimi-vidhodami-v-ukrayini-za-2017-rik/>; assumption that amount of illegally dumped MSW is equal to 10 % of officially collected one; amount of generated MSW at the temporarily occupied territories is proportional to population living at this area.

Показник		Одиниці	2030			2050		
			Сценарій			Сценарій		
			1	2	3	1	2	3
поводження з ТПВ	Перероблення <sup>38</sup>	%	4.11 <sup>38</sup>	50 <sup>41</sup>	55	4.11	55	60
	Рециклінг	%	4.10 <sup>38</sup>	34 <sup>41</sup>	37	4.10	35	40
	Компостування	%	0.01 <sup>38</sup>	16 <sup>41</sup>	18	0.01	20	20
	Спалювання	%	2.49 <sup>38</sup>	10 <sup>41</sup>	15	2.49	15	25
	Захоронення	%	93.4	30 <sup>41</sup>	20 <sup>42</sup>	93.4	20 <sup>43</sup>	5 <sup>44</sup>
MSW composition (after sorting and recycling) <sup>45</sup>	Папір та картон	%	14.3	11.0	5.8	14.3	12.1	9.4
	Текстиль	%	4.2	9.5	12.6	4.2	10.8	12.6
	Харчові відходи	%	34.5	41.8	43.7	34.5	37.5	43.7
	Деревина	%	1.9	4.3	5.7	1.9	4.9	5.7
	Садово-паркові відходи	%	3.9	4.8	5.0	3.9	4.3	5.0
	Засоби особистої гігієни	%	1.5	3.3	4.5	1.5	3.8	4.5
	Резина та шкіра	%	2.0	4.5	6.0	2.0	5.2	6.0
	Пластик	%	13.4	8.5	2.2	13.4	9.5	6.7
	Скло	%	6.7	1.3	0.2	6.7	1.5	0.3
	Чорні метали	%	2.0	0.5	0.7	2.0	0.6	0.1
	Кольорові метали	%	0.4	0.1	0.2	0.4	0.2	0.0
	Небезпечні відходи	%	0.6	0.1	0.2	0.6	0.1	0.1
Інші неорганічні відходи	%	14.6	10.2	13.1	14.6	9.5	5.8	
Утилізація звалищного газу <sup>46</sup>	%	4.48	23 <sup>47</sup>	30 <sup>48</sup>	4.48	36 <sup>48</sup>	63 <sup>48</sup>	
Спалювання на факелі	%	0.01	6 <sup>47</sup>	8 <sup>48</sup>	0.01	6 <sup>48</sup>	16 <sup>48</sup>	
Рекуперація	%	4.47	17 <sup>47</sup>	22 <sup>48</sup>	4.47	30 <sup>48</sup>	47 <sup>48</sup>	
Біологічне оброблення, питомий показник викидів CH <sub>4</sub> <sup>49</sup>	г/кг	4.00	2.00	0.50	4.00	1.00	0.03	
Біологічне оброблення, питомий показник викидів N <sub>2</sub> O <sup>49</sup>	г/кг	0.30	0.15	0.09	0.30	0.07	0.03	
Базовий питомий показник викидів N <sub>2</sub> O від споживання населенням протеїну <sup>50</sup>	г/меш/рік	78	66	42	78	55	17	
Утилізація метану при очищенні стічних вод <sup>46</sup>	%	0	41 <sup>51</sup>	66 <sup>51</sup>	0	70 <sup>51</sup>	95 <sup>51</sup>	
Спалювання на факелі	%	0	0 <sup>51</sup>	5 <sup>51</sup>	0	5 <sup>51</sup>	10 <sup>51</sup>	
Рекуперація	%	0	41 <sup>51</sup>	61 <sup>51</sup>	0	65 <sup>51</sup>	85 <sup>51</sup>	
Питоме водоспоживання на одиницю ВВП <sup>52</sup>	Індекс до 2015	1.00	0.70	0.60	1.00	0.50	0.35	

<sup>40</sup> Based on the Waste Management Strategy

<sup>41</sup> Waste Management Strategy does not provide concrete data on MSW processing, e.g. recycling and composting targets, nevertheless it includes target for the overall waste processing share equal to 50 %. Moreover, historical data provided for waste processing corresponds to statistics on MSW treatment. Accordingly MSW processing target for projections was defined based on overall waste determined target. To split MSW processing value by recycling and composting, the average value typical for EU countries was used which is equal to 16 % for 2017, also see Eurostat waste database (footnote "a").

<sup>42</sup> According to Scenario 3 it's expected that the level of MSW disposal in 2030 will be similar to MSW treatment practice in United Kingdom and France as for 2015.

<sup>43</sup> According to Scenario 2 it's expected that the level of MSW disposal in 2050 will be similar to MSW treatment practice in Great Britain and France as for 2015.

<sup>44</sup> According to scenario 3 it's expected that the level of MSW disposal in 2050 will be similar to MSW treatment practice in Sweden and Denmark as for 2015.

<sup>45</sup> MSW composition changes take into account implemented and/or expended modern treatment practices based on Waste Management Strategy targets which typically are used on certain fraction; for example, reuse is mostly focused on glass, recycling – on paper and cardboard, metals, metals, composting – on food and park waste.

<sup>46</sup> Utilization includes recovery and flaring.

<sup>47</sup> Methane recovery facilities are much more efficient if they are planned to be put into operation at the design stage of the landfill. Methane recovery was assumed to be proportional to trend of the new modern regional landfills, which are determined to be constructed by 2030 according to Waste Management Strategy (50 new regional well-managed landfills by 2030). Landfill gas flaring will is assumed not to be occurred because of green tariff stimulus.

<sup>48</sup> EU countries' landfill gas recovery/flaring common practice for 2017 was taken into account to identify national attainable/feasible targets for 2050, also see EU's GHG Inventory, available at: <https://unfccc.int/documents/194946>. Value for flaring in 2030 reflects sanitary requirements for landfill operation.

<sup>49</sup> Lower implied emission factors will be in place due to implementation of well-organized waste composting facilities.

<sup>50</sup> Technology level development influencing N<sub>2</sub>O emission reduction from protein consumption was considered through statistical analysis of EU countries' GHG Inventories (Poland, Sweden, Spain, Germany, France).

<sup>51</sup> There're no quantitatively determined targets in Ukraine's strategies, plans, concepts or other national development documents. EU countries' wastewater biogas recovery/flaring common practice for 2017 was taken into account to identify national attainable/feasible targets for 2050, also see EU's GHG Inventory (Poland, Sweden, Spain, Germany, France), available at: <https://unfccc.int/documents/194946>.

### 3.4.2 Результати моделювання

Детальні результати моделювання викидів ПГ за сценаріями НВВ наведено в табл. 3.11, а також проілюстровано в абсолютних величинах на рис. 3.26 та у відносних до рівню 1990 року на рис. 3.27.

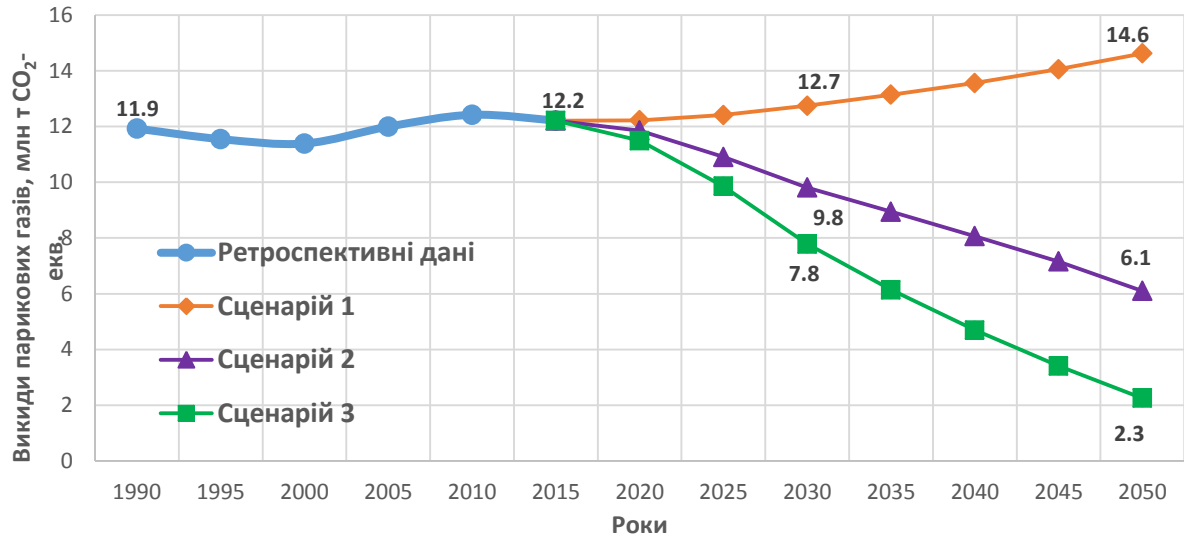


Рис. 3.26. Прогнозні викиди ПГ у секторі «Відходи» до 2050 року

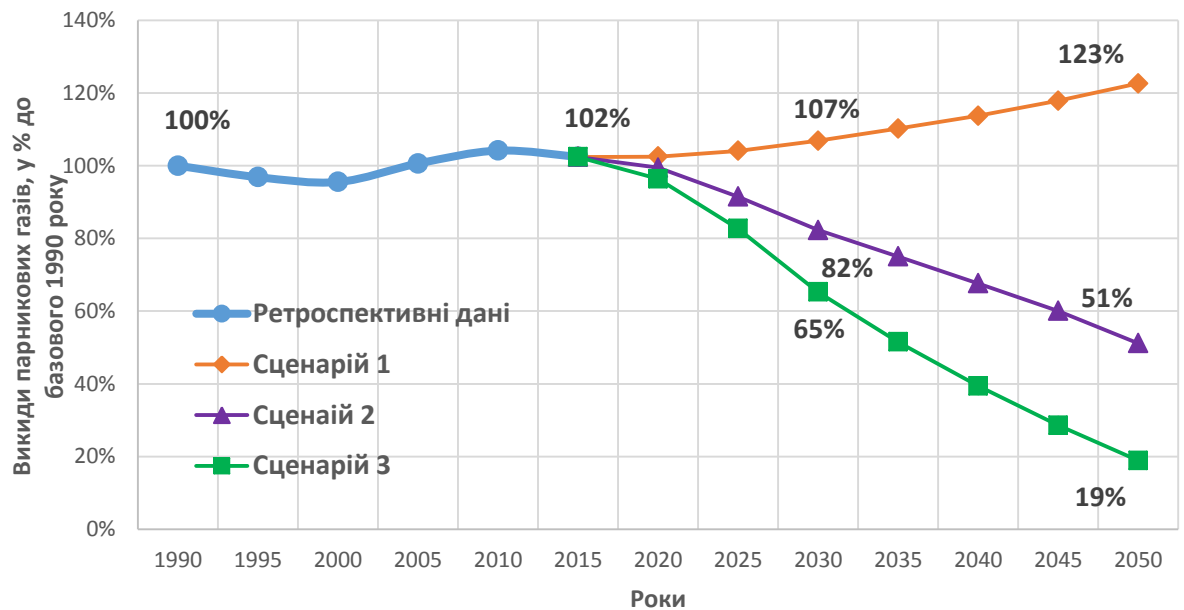


Рис. 3.27. Прогнозні тенденції викидів ПГ у секторі «Відходи» до 2050 року, у % до 1990 року

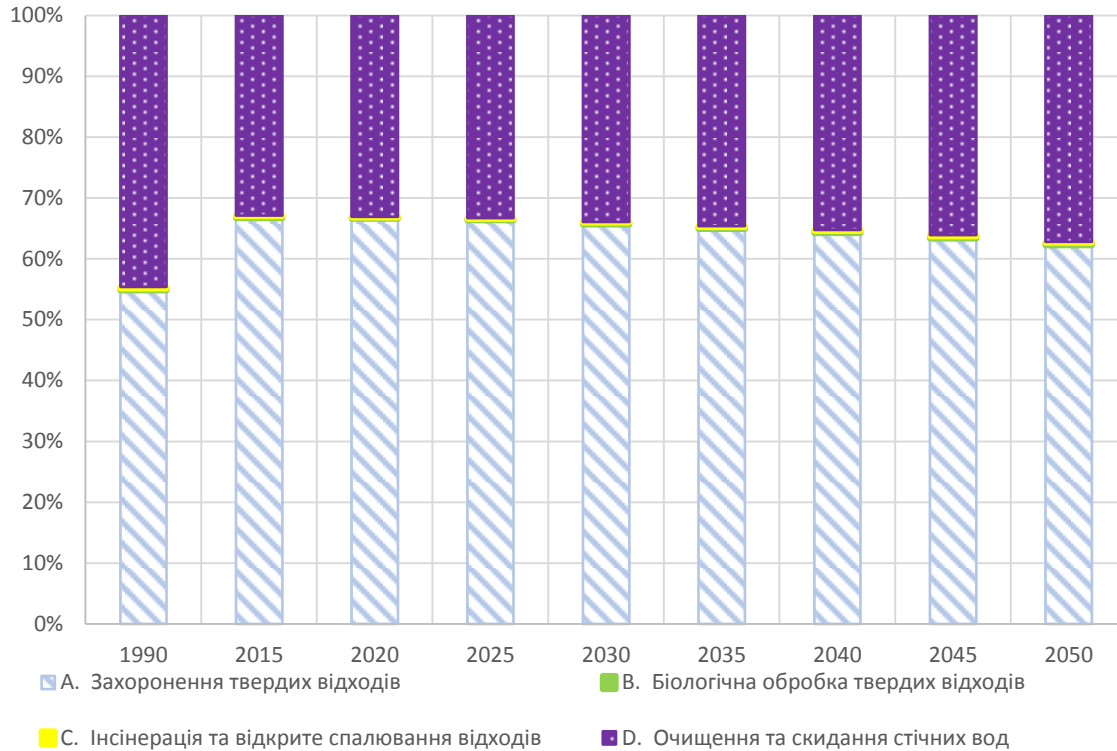
<sup>52</sup> Water supply intensity by 2030 corresponds to Ukraine's Sustainable Development Goals. It's expected to reach the values of 0.60 and 0.35 for scenarios 2 and 3 by 2050 based on general trends of new technology implementation.

Таблиця 3.11. Викиди ПГ в секторі «Відходи» за категоріями, 1990-2050 рр.

Викиди (+) та поглинання (-)	1990	1995	2000	2005	2010	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Захоронення твердих відходів, млн т CO <sub>2</sub> -екв.													
Сценарій 1							8.1	8.2	8.4	8.5	8.7	8.9	9.1
Сценарій 2	6.5	7.3	7.4	7.6	8.0	8.1	7.9	7.1	6.2	5.7	5.1	4.6	4.2
Сценарій 3							7.7	6.7	5.4	4.2	3.2	2.3	1.6
Біологічне оброблення твердих відходів, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.													
Сценарій 1							28	31	36	42	47	52	59
Сценарій 2	34	23	10	5	3	39	107	213	268	256	238	215	185
Сценарій 3							108	176	124	118	110	101	90
Інсінерація відходів, тис. т CO <sub>2</sub> -екв.													
Сценарій 1							12	14	16	19	22	23	29
Сценарій 2	36	31	40	57	59	12	11	13	17	20	23	26	28
Сценарій 3							11	13	17	20	23	26	28
Очищення та скидання стічних вод, млн т CO <sub>2</sub> -екв.													
Сценарій 1							4.0	4.1	4.3	4.5	4.8	5.1	5.4
Сценарій 2	5.3	4.2	4.0	4.3	4.3	4.0	3.9	3.6	3.3	3.0	2.7	2.3	1.7
Сценарій 3							3.6	2.9	2.2	1.8	1.4	1.0	0.6
<b>Загалом сектор «Відходи», млн т CO<sub>2</sub>-екв.</b>													
<b>Сценарій 1</b>							12.2	12.4	12.7	13.1	13.6	14.1	14.6
<b>Сценарій 2</b>	11.9	11.5	11.4	12.0	12.4	12.2	11.9	10.9	9.8	8.9	8.1	7.2	6.1
<b>Сценарій 3</b>							11.5	9.9	7.8	6.1	4.7	3.4	2.3

За **Сценарієм 1** очікується, що викиди ПГ у секторі «Відходи» у 2030 р. зростуть на 6.9% у порівнянні з 1990 р. та досягнуть 12.74 млн т CO<sub>2</sub>-екв., а у 2050 р. вони збільшаться на 22.6% та досягнуть рівня 14.62 млн т CO<sub>2</sub>-екв. Така висхідна тенденція буде мати місце переважно за рахунок збільшення питомих показників утворення твердих відходів, а також обсягів промислових стічних вод, спричиненого загальним економічним зростанням.

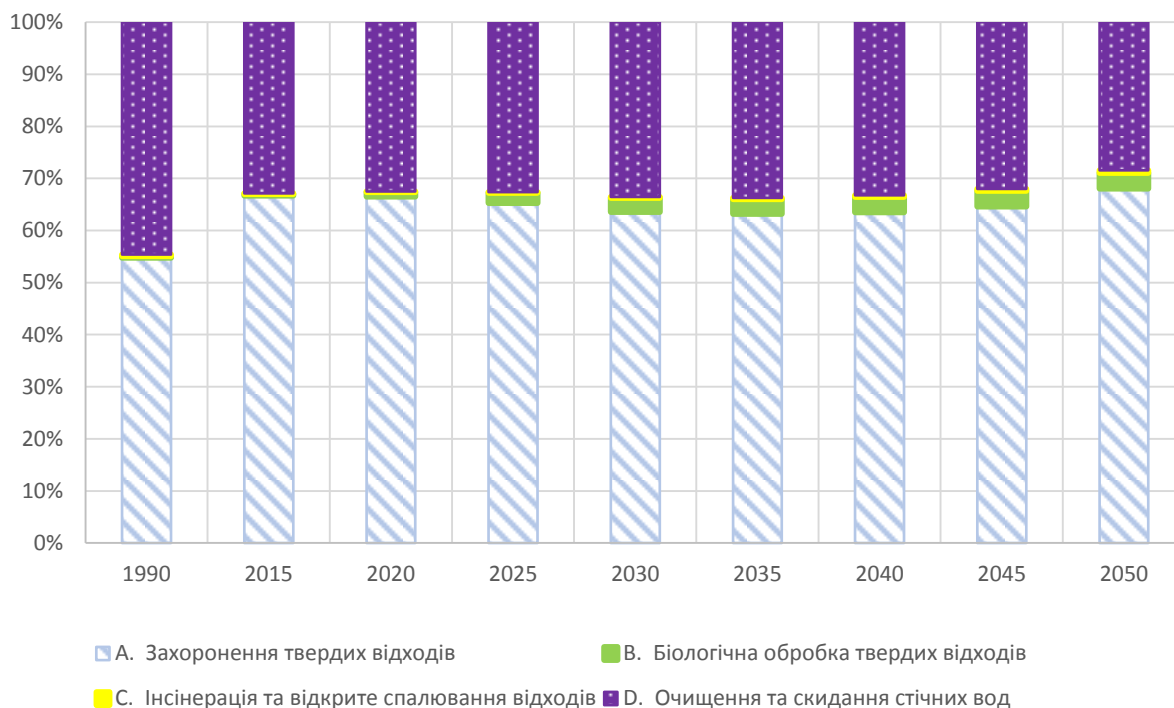
Структуру викидів ПГ у секторі «Відходи» за категоріями РКЗК ООН згідно Сценарію 1 наведено на рис. 3.28. Частка викидів ПГ від захоронення твердих відходів складала 55% у 1990 р. та 67% у 2015 р. від загальносекторальних викидів; очікуючи значення 66% у 2030 р. та 62% у 2050 р.; для поводження зі стічними водами – 45% у 1990 р., 33% у 2015 р., 34% у 2030 р. та 37% у 2050 році. Інші джерела викидів є несуттєвими протягом усього горизонту прогнозування.



**Рис. 3.28. Структура викидів ПГ за категоріями IPCC. Сценарій 1**

За **Сценарієм 2** очікується, що викиди ПГ у секторі «Відходи» знизяться на 17.9% у 2030 р. та на 48.8% у 2050 р. у порівнянні з 1990 роком. Така спадна тенденція буде обумовлена значним зниженням частки захоронення ТПВ – з 93.4% до 20% у 2050 р., широким розповсюдженням технологій утилізації/рекуперації метану у секторі «Відходи» як для твердих, так і для рідких відходів. Утилізація метану на підприємствах з очищення стічних вод збільшиться від 0.0% у 2017 р. до 70% у 2050 році. Частка утилізації звалищного газу зросте з 4.48% у 2017 р. до 36% у 2050 р. за рахунок розбудови мережі нових регіональних санітарних полігонів ТПВ.

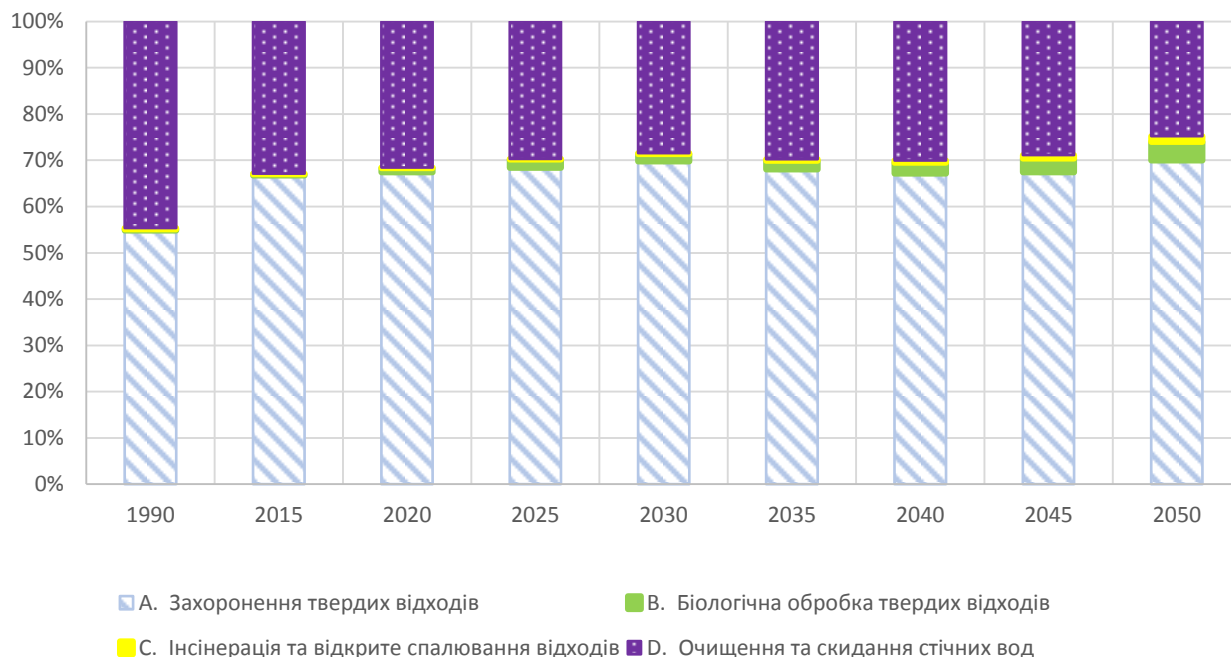
Структуру викидів ПГ у секторі «Відходи» за категоріями РКЗК ООН згідно Сценарію 2 наведено на рис. 3.29. Частка викидів ПГ від захоронення твердих відходів складала 55% у 1990 р. та 67% у 2015 р. від загальносекторальних викидів; очікуючи значення 64% у 2030 р. та 68% у 2050 р.; для поводження зі стічними водами – 45% у 1990 р., 33% у 2015 р., 34% у 2030 р. та 28% у 2050 році. Викиди ПГ від біологічного оброблення відходів сягнуть 3% у 2050 р., а викиди від інсинерації та відкритого спалювання будуть несуттєвими.



**Рис. 3.29. Структура викидів ПГ за категоріями IPCC. Сценарій 2**

За **Сценарієм 3** очікується, що викиди ПГ у секторі «Відходи» знизяться на 34.7% у 2030 р. та на 81.1% у 2050 р. у порівнянні з 1990 роком. Така амбітна спадна тенденція буде обумовлена фізично можливим зниженням частки захоронення ТПВ до 5% у 2050 р., а також широким у межах технічної доступності розповсюдженням технологій утилізації/рекуперації метану у секторі «Відходи» як для твердих, так і для рідких відходів. При цьому, частка утилізації метану на підприємствах з очищення стічних вод досягне 95% у 2050 році. Впровадження новітніх технологій з компостування відходів з дуже низькими питомими викидами  $\text{CH}_4$  та  $\text{N}_2\text{O}$  значно сповільнить висхідну тенденцію збільшення викидів від компостування відходів, обумовлену багатократним збільшенням цих обсягів як альтернативи захороненню ТПВ. Частка утилізації звалищного метану збільшиться з 4.48% у 2017 р. до 63% у 2050 р., що буде обумовлено не тільки розбудовою мережі нових санітарних регіональних полігонів, а також й рекуперацією та факельним спалюванням на середніх та малих полігонах та звалищах в Україні. Подальше збільшення обсягів рекуперації/факельного спалювання має технологічні обмеження, пов'язані з ефективністю збирання біогазу на старих полігонах та звалищах ТПВ.

Структуру викидів ПГ у секторі «Відходи» за категоріями РКЗК ООН за Сценарієм 3 наведено на рис. 3.30. Частка викидів ПГ від захоронення твердих відходів складала 55% у 1990 р. та 67% у 2015 р. від загальносекторальних викидів; очікуючи значення 70% у 2030 р. та 70% у 2050 р.; для поводження зі стічними водами – 45% у 1990 р., 33% у 2015 р., 28% у 2030 р. та 25% у 2050 році. Викиди ПГ від біологічного оброблення відходів сягнуть 4% у 2050 р., а від інсинерації – близько 1%.



**Рис. 3.30. Структура викидів ПГ за категоріями IPCC. Сценарій 3**

### 3.4.3 Потреба в капітальних інвестиціях для реалізації сценаріїв НВВ у секторі «Відходи»

Капітальні витрати, необхідні для реалізації Сценаріїв 1, 2 та 3, було розраховано на підставі техніко-економічних показників, визначених у звіті «Оцінка технологічних потреб в Україні (скорочення викидів парникових газів)». У Додатку II «Картка обраних технологій. – Відходи» для кожної із запропонованих технологій поводження з відходами було оцінено економічні розрахунки розповсюдження цих технологій в умовах України. Загальні обсяги необхідних коштів для реалізації сценаріїв було розраховано на підставі доцільності та технологічних обмежень застосування кожної окремої технології, серед яких було детально проаналізовано наступні:

- Уловлювання метану на полігонах та звалищах ТПВ з метою виробництва енергії;
- Закриття старих полігонів та звалищ та будівництво факельних установок (спалювання, біопокриття, пасивна вентиляція тощо);
- Будівництво нових регіональних санітарних полігонів ТПВ;
- Сортування відходів (сортування ресурсоцінних компонентів ТПВ з подальшим переробленням залишку відходів іншими технологіями);
- Аеробне біологічне оброблення (компостування) харчових та садово-паркових залишків відходів;
- Механіко-біологічне оброблення відходів з виробництвом біогазу та енергії (анаеробне розкладання органічних компонентів ТПВ);
- Механіко-біологічне оброблення відходів з виробництвом альтернативного палива (SRF) для цементної промисловості;

- Механіко-біологічне оброблення відходів з виробництвом альтернативного палива (RDF) для централізованого опалення та/або виробництва електроенергії;
- Спалювання залишків ТПВ для централізованого опалення та/або виробництва електроенергії;
- Газифікація/ піроліз ТПВ для великих енергогенеруючих станцій;
- Біологічна стабілізація ТПВ;
- Анаеробне оброблення осаду стічних вод.

Результати розрахунків обсягів коштів, необхідних для реалізації кожного зі сценаріїв НВВ у розрізі 5-річних інтервалів до 2050 року наведено у табл. 3.12.

**Таблиця 3.12. Капітальні витрати, необхідні для реалізації сценаріїв у секторі «Відходи», млн Євро**

Сценарій	2020*	2025	2030	2035	2040	2045	2050	УСЬОГО
<b>Сектор «Відходи»</b>								
Сценарій 1	37	206	229	251	273	295	316	1,606
Сценарій 2	408	2,056	2,080	2,093	2,099	2,104	2,107	12,947
Сценарій 3	564	2,845	2,881	2,900	2,910	2,914	2,912	17,925

\* для 2020 року



## РОЗДІЛ 4. ОЦІНКА ЕКОНОМІЧНИХ НАСЛІДКІВ

Тиск людства на планету Земля вже перевищив безпечні межі існування за декількома напрямками.<sup>53</sup> Один з таких напрямів стосується зміни клімату, де як розвинені країни, так і країни з перехідною економікою стикаються з проблемами низьковуглецевого розвитку. У цьому контексті прийняття Паризької кліматичної угоди стало символічним рішенням для світової спільноти.<sup>54</sup> Це матиме значний вплив на розвиток світової економіки та енергетики, а також окремих країн, оскільки має на меті утримати середнє підвищення температури на планеті значно нижче 2°C (порівняно з до індустріальним рівнем). У випадку країн, що розвиваються, це завдання може бути навіть складнішим, ніж для розвинених економік, оскільки урядам потрібно забезпечити додаткове економічне зростання та одночасне покращення соціальної рівності. У цьому контексті економічні наслідки виступають ключовим критерієм пріоритетності екологічних політик, так як їх реалізація повинна бути спрямована насамперед на підвищення енергоефективності та скорочення викидів парникових газів, але економічно та соціально прийнятним чином.

Незважаючи на те, що країни з перехідною економікою часто стикаються з набагато складнішими екологічними викликами, ніж розвинені країни, їх початкове становище часто забезпечує набагато кращі можливості для екологічного, соціального та економічного розвитку. У деяких країнах є навіть передумови для досягнення ефекту "подвійних дивідендів",<sup>55</sup> шляхом одночасного покращення екологічних умов та досягнення економічного розвитку. Як було зазначено у попередніх розділах цього звіту, у випадку України, реалізація сценаріїв низьковуглецевого розвитку (Сценарій 2 та Сценарій 3) потребує значних додаткових інвестицій – від 180 до 420 млрд Євро, залежно від обраного сценарію.

Значні трансформації у вітчизняній енергетичній системі, необхідні для досягнення амбітних цілей щодо скорочення викидів, також потребують відповідних цінових сигналів для забезпечення таких змін. Підвищення цін на енергоресурси може вплинути на виробничі та споживчі витрати, що може призвести до уповільнення економічного зростання. З іншого боку, враховуючи поточну ситуацію з низькою енергоефективністю та високою вуглецеємністю, український енергетичний сектор може отримати суттєву вигоду від додаткових інвестицій та послужити драйвером економічного зростання. За даними Світового банку,<sup>56</sup> Україна займає п'яте місце за рівнем вуглецеємності ВВП, а частка відновлюваних джерел в загальному споживанні енергоресурсів у 2014 р. становила лише 4,2%, що майже в п'ять разів менше середньосвітового показника (20%).<sup>57</sup>

<sup>53</sup> Steffen, W., et al. 2015. Planetary boundaries: guiding human development on a changing planet. *Science* 347: 736–746.

<sup>54</sup> United Nations Framework Convention on Climate Change (UNFCCC). 2017. Communication of long-term strategies. [http://unfccc.int/focus/long-term\\_strategies/items/9971.php](http://unfccc.int/focus/long-term_strategies/items/9971.php)

<sup>55</sup> Parry, I., Bento, A. 2000. Tax Reductions, Environmental Policy, and the "Double Dividend" Hypothesis. *Journal of Environmental Economics and Management*. Vol. 39, Issue 1: 67-96.

<sup>56</sup> The World Bank (WB). 2017. CO2 emission (kg per PPP \$ of GDP). [https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PP.GD?view=map&year\\_high\\_desc=true](https://data.worldbank.org/indicator/EN.ATM.CO2E.PP.GD?view=map&year_high_desc=true)

<sup>57</sup> International Energy Agency (IEA). 2018. Statistics. <http://www.iea.org/statistics/>

У цьому розділі були досліджені можливості досягнення ефекту "подвійних дивідендів" в Україні, шукаючи шляхи та варіанти політик, які могли б призвести до таких результатів. У цьому контексті була проведена економічна оцінка двох сценаріїв енергетичної політики, тобто Сценаріїв 2 та 3, представлених у попередніх розділах цього звіту. Поєднання моделей TIMES-Україна та обчислюваної моделі загальної рівноваги економіки України (ОМЗР або UGEM) використовується для оцінки макроекономічних та галузевих наслідків розглянутих політик.

Матеріал розділу організовано наступним чином. Спочатку ми наводимо огляд існуючих досліджень, в яких оцінюється економічний вплив політик низьковуглецевого розвитку в різних країнах. Потім ми наводимо опис методології дослідження, включаючи опис моделі та бази даних, а також опис підходу, який використовується для зв'язування моделей ОМЗР України та TIMES-Україна. Далі ми надаємо опис проаналізованих сценаріїв. Нарешті, ми надаємо огляд ключових макроекономічних та галузевих наслідків реалізованих сценаріїв за різних варіантів політик.

#### 4.1 Оцінка економічного впливу політик низьковуглецевого розвитку: огляд літератури

Існує чимало досліджень, в яких проводилися економічні оцінки сценаріїв низьковуглецевого розвитку загалом та національно визначених внесках зокрема. І хоча аналізовані дослідження різняться регіональним охопленням, часовими рамками та рівнем цільового показника скорочення викидів, більшість авторів приходять до висновку, що слід очікувати негативний вплив на ВВП та добробут внаслідок реалізації заходів низьковуглецевого розвитку.

Gurgel та ін. (2019)<sup>58</sup> досліджують економічні наслідки імплементації НВВ Бразилії, що відповідає скороченню викидів вуглецю на 43% у 2030 р. та на 50% у 2050 р. (відносно рівня 2005 р.).<sup>59</sup> Вони показують, що за внутрішньої системи торгівлі викидами (однаковий податок на викиди CO<sub>2</sub> у всіх секторах економіки) ВВП знизиться на 0,5% у 2035 р. та на 3,3% у 2050 р., тоді як відповідні податки на викиди вуглецю становлять 3 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. у 2030 р. та 103 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. у 2050 році.

Rajbhandari та ін. (2019)<sup>60</sup> досліджують декілька сценаріїв скорочення викидів в контексті НВВ Таїланду, використовуючи модель загальної рівноваги. Єдиний податок на викиди вуглецю використовується для досягнення цілей скорочення викидів ПГ, а доходи від податку на викиди вуглецю перерозподіляються домогосподарствам. Автори показують, що для досягнення мети скорочення викидів – 25% у 2030 р. (відносно базового сценарію) ціна на вуглець має становити 54,6 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв., що призведе до скорочення ВВП приблизно на 2,5%. Водночас, для досягнення більш амбітної мети скорочення викидів – 50% у 2050 р., податок на CO<sub>2</sub> має досягти 91

<sup>58</sup> Gurgel, A.C., S. Paltsev and G.V. Breviglieri (2019): The Impacts of the Brazilian NDC and their contribution to the Paris Agreement on Climate Change. *Energy and Development Economics*, 1-18 (doi:10.1017/S1355770X1900007X)

<sup>59</sup> According to the baseline scenario, 2030 GHG emissions are lower than in 2005, therefore relative to baseline, a lower reduction target is applied in 2030 (around 35% relative to 2030 baseline). 2050 reduction target is around 56% relative to the 2050 baseline emissions.

<sup>60</sup> Rajbhandari, S., Limmeechokchai, B. & Masui, T. 2019. The impact of different GHG reduction scenarios on the economy and social welfare of Thailand using a computable general equilibrium (CGE) model. *Energy, Sustainability and Society* 9, 19 (2019) doi:10.1186/s13705-019-0200-9

дол.°США/тCO<sub>2</sub>-екв., тоді як ВВП може скоротитись на 11,9% у 2050 році. Ще вищий рівень скорочення викидів (90% до 2050 р. відносно базового сценарію) потребуватиме значно вищих податків на викиди – 584 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. у 2045 р. та понад 33805 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. у 2050 році. За такого сценарію ВВП може знизитися на 21% у 2045 році. Дослідження також показує, що підвищення рівня ефективності технологій на 40% (відносно базового сценарію) може знизити ціну на вуглець на 53%-69% залежно від сценарію.

Vandyck та ін. (2016)<sup>61</sup> досліджують економічні наслідки досягнення Паризьких зобов'язань та сценарію 2°C для обраного набору країн та регіонів. Вони показують, що на світовому рівні скорочення викидів ПГ на 21,6% у 2030 р. (відносно базового рівня) призведе до падіння світового ВВП на 0,7%. Водночас, економічні витрати сильно відрізняються за країнами, наприклад, у Росії скорочення викидів на 28,4% призводить до падіння ВВП на 3,4% у 2030 р., у ЄС зменшення викидів на 3,85% призводить до зниження ВВП на 0,2%, Центральна Азія та Кавказ можуть зіткнутися з падінням ВВП на 1,76% в результаті скорочення викидів на 26,7% у 2030 році. За зниження світових викидів на 21,6% у 2030 р. середньосвітова ціна на вуглець встановлюється на рівні 53 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв.

Mittal та ін. (2018)<sup>62</sup> надають оцінку НВВ Індії. Вони показують, що за сценарію 2°C ціна вуглецю зросте з 74 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. в 2030 р. до 187 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. у 2050 р., тоді як ВВП у 2050 р. може знизитись на 3,2%. Якщо Індія почне реалізовувати сценарій 2°C після 2030 р., то ціна вуглецю становитиме близько 551/тCO<sub>2</sub>-екв., а втрати ВВП оцінюються у 5,3% (у 2050 р. відносно базового сценарію). Сценарій 1.5°C, у випадку реалізації з 2020 р. вимагатиме значно вищих цін на вуглець – 328 дол.°США/тCO<sub>2</sub>-екв. у 2030 р. та 860 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. у 2050 році.

Lee та інші (2018)<sup>63</sup> оцінюють економічний вплив імплементації НВВ Японії. Автори досліджують різні сценарії перерозподілу доходів від податку на CO<sub>2</sub>, включаючи зміни рівня податку на споживання, податку на прибуток та внесків на соціальне страхування. Вони показують, що для зменшення викидів приблизно на 16% у 2030 р. по відношенню до базового рівня, знадобиться податок на викиди вуглецю в межах від 55 дол.°США/тCO<sub>2</sub>-екв. до 101 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв., залежно від обмежень на використання атомної енергетики за сценаріями. Якщо не застосовується механізм перерозподілу доходів від податків на викиди, ВВП в 2030 р. впаде на 0,2%-0,5% відносно базового рівня. Впровадження механізму перерозподілу доходів від оподаткування вуглецю дозволяє досягти зростання ВВП на 0,3%-0,8% у 2030 році. Результати дозволяють припустити, що найефективніший метод перерозподілу доходів від оподаткування, який сприятиме зростанню ВВП, це зниження ставки податку на споживання.

---

<sup>61</sup> Vandyck, T., Keramidis, K., Saveyn, B., Kitous, A., Vrontisi, Z. 2016. A global stocktake of the Paris pledges: Implications for energy systems and economy. *Global Environmental Change*. Vol. 41, November 2016, Pages 46-23. <https://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2016.08.006> \t "\_blank" \o "Persistent link using digital object identifier"

<sup>62</sup> Mittal, S., Liu, J.-Y., Fujimori, S., Shukla, P.R. 2018. An Assessment of Near-to-Mid-Term Economic Impacts and Energy Transitions under “2 °C” and “1.5 °C” Scenarios for India. *Energies* 2018, 11 (9), 2213; <https://doi.org/10.3390/en11092213>

<sup>63</sup> Lee, S., Chewpreecha, U., Pollitt, H. et al. *Environ Econ Policy Stud* (2018) 20: 411. <https://doi.org/10.1007/s10018-017-0199-0>

В останні роки було опубліковано декілька досліджень, які надають оцінки сценаріїв оподаткування викидів CO<sub>2</sub> в Україні. Зокрема, з використанням статичної моделі загальної рівноваги, Frey (2017)<sup>64</sup> показує, що податок на викиди вуглецю у розмірі 3,46 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. призведе до зменшення викидів на 22%. Перерозподіл доходів від оподаткування за рахунок зниження податку на споживання призведе до позитивних макроекономічних наслідків – ВВП зростає на 0,1%.

Нещодавній звіт PMR (2019)<sup>65</sup> для України показує, що для досягнення 5% скорочення викидів вуглецю у 2030 р. (відносно базового сценарію) податок на викиди вуглецю має становити 2,68 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. Звіт показує, що такий рівень податку не має значного впливу на ВВП – помірно зниження на менше ніж 0,1%.

Загалом, можна виділити кілька ключових пунктів, які можна узагальнити з огляду існуючої літератури щодо оцінки заходів оподаткування ПГ. Мало амбітні цілі щодо скорочення викидів (наприклад, нижче 10%-20%), особливо у випадку країн, що розвиваються, зазвичай мають обмежений вплив на національну економіку та добробут, а відповідні ціни на вуглець також відносно низькі (не перевищують 5 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. у випадку України). В контексті варіантів перерозподілу доходів від оподаткування викидів вуглецю, наявні дослідження показують, що зниження податків на споживання є найбільш ефективним заходом з точки зору максимізації зростання ВВП. У деяких випадках така політика може призвести навіть до ефекту подвійних дивідендів (Frey, 2017 та Lee та ін., 2019). Загалом, високо-амбітні цілі щодо скорочення викидів (наприклад, понад 50%) вимагають порівняно високих податків навіть у країнах, що розвиваються, таких як Бразилія та Індія – близько 100 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. Такі амбітні цілі скорочення викидів у більшості випадків призводять до значних втрат ВВП, що перевищують 3%-5% у довгостроковій перспективі. Підвищення енергоефективності в контексті заходів низьковуглецевого розвитку може призвести до значного зниження витрат на реалізацію необхідних політик (Rajbhandari та ін., 2019).

## 4.2 Сценарії політик

Загальний підхід до оцінки економічних наслідків включає розробку базового сценарію (Сценарій 1), який у нашому випадку включає калібрування галузевих темпів зростання ВВП, а також узгодження рівня викидів ПГ та структури генерації електроенергії з результатами розрахунків в моделі TIMES-Україна. Для оцінки економічних наслідків розглядаються два сценарії викидів – Сценарій 2 та Сценарій 3. Що стосується скорочення викидів за сценаріями політик, викиди скорочуються на 40,1% у 2030 р. (відносно базового рівня за Сценарієм 1) за Сценаріями 2 та 3. У 2050 році викиди скорочуються на 46,6% за Сценарієм 2 (відносно Сценарію 1) та на 87,8% за Сценарієм 3.

Для кожного сценарію скорочення викидів (Сценарії 2 та 3) розглядаються п'ять сценаріїв (варіантів) політики ((a)-(e)). Відповідно, для кожного з них, ціль скорочення викидів, визначена у Сценаріях 2 та 3, досягається **за допомогою впровадження**

<sup>64</sup> Frey, M. (2017). Assessing the impact of a carbon tax in Ukraine. *Climate Policy*, 17(3), 378–396. <https://doi.org/10.1080/14693062.2015.1096230>

<sup>65</sup> Partnership for Market Readiness (PMR). 2019. Ukraine Carbon Pricing Options. Modelling Report. August 2019.

податку на викиди CO<sub>2</sub> на всі процеси спалювання викопного палива, але для досягнення цієї мети використовуються різні додаткові варіанти політики. У таблиці 4.1 наведено загальний огляд розглянутих варіантів політики.

**Таблиця 4.1. Варіанти реалізації політик для оцінки економічних наслідків**

Варіант політики	Припущення щодо енергоефективності	Припущення щодо перерозподілу доходів від оподаткування викидів	Додаткові припущення
(a)	Зміни рівня енергоефективності за секторами беруться з моделі TIMES-Україна	Доходи від податку на викиди використовуються для покриття інвестиційних потреб; надмірний дохід від податку на викиди вуглецю перерозподіляється домогосподарствам	Немає
(b)	Зміни рівня енергоефективності за секторами беруться з моделі TIMES -Україна	Доходи від податку на викиди використовуються для покриття інвестиційних потреб; надмірний дохід від податку на викиди вуглецю перерозподіляється домогосподарствам	Український газовий сектор експортує 10 млн. т CO <sub>2</sub> за ціною 20 Євро/tCO <sub>2</sub>
(c)	Зміни рівня енергоефективності дотримуються Сценарію 1	Доходи від податку на викиди використовуються для покриття інвестиційних потреб; надмірний дохід від податку на викиди вуглецю перерозподіляється домогосподарствам	Немає
(d)	Зміни рівня енергоефективності згідно Сценарію 1	Доходи від податку на викиди перерозподіляються в державний бюджет	Немає
(e)	Зміни рівня енергоефективності згідно Сценарію 1	Доходи від податку на викиди перерозподіляються домогосподарствам	Немає

*Джерело:* Складено авторами.

Єдиний податок на викиди вуглецю встановлюється для всіх джерел спалювання викопного палива, включаючи населення. З точки зору оцінки економічних наслідків, такий підхід можна вважати еквівалентним **впровадженню системи торгівлі викидами (СТВ), яка охоплює всіх споживачів енергії** та запроваджує єдину узгоджену ціну на вуглець для всіх споживачів енергоресурсів, де держава продає квоти на викиди, збирає та перерозподіляє відповідний дохід.

З точки зору витрат, з якими стикаються емітенти, і які неявно ідентифіковані в моделі (marginal abatement cost curves (MACC)), вони не змінюються залежно від впровадженого механізму скорочення викидів (MACC однакові для СТВ та податків на викиди). Різниця у (галузевому) покритті механізму регулювання викидів (наприклад, лише вибрані галузі, що беруть участь у СТВ) може змінити питомі загальнонаціональні витрати на скорочення викидів, загалом, призводячи до їхнього збільшення у порівнянні з випадком єдиного податку на викиди вуглецю (з охопленням всіх економічних агентів).

Згідно варіанту політик **(a)**, для досягнення цілей скорочення викидів вводиться **єдиний податки на викиди вуглецю, доходи від податку на викиди вуглецю збираються та перерозподіляються галузям, які потребують додаткових інвестицій у обсягах, оцінених на базі моделі TIMES-Україна.** У перші роки імплементації політик дохід від зібраних податків на викиди вуглецю нижче, ніж щорічні інвестиційні потреби, але починаючи приблизно з 2025-2030 рр. або пізніше, залежно

від сценарію та варіанту політик, зібраний дохід від податку на викиди вуглецю перевищує інвестиційні потреби. Починаючи з моменту (року) коли сукупні інвестиції, отримані у формі надходжень від податків на викиди, перевищують сукупні інвестиційні потреби, надмірні надходження від податку на викиди вуглецю перерозподіляються на користь домогосподарств. Якщо такий момент часу не досягається, усі додаткові інвестиції перерозподіляються виробникам. Зміни рівня енергоефективності відносно базового сценарію (Сценарій 1) відповідають оцінкам моделі TIMES-Україна.

Згідно варіанту політик **(b) припускається, що український сектор видобування газу експортує 10 мільйонів тонн CO<sub>2</sub> із загального вуглецевого бюджету України за ціною 20 Євро за тону CO<sub>2</sub>-екв.** Припускається, що дохід від експорту дозволів на викиди інвестується у сектор видобування газу протягом 2025-2027 років. Використання додаткових фінансових інструментів (левередж) дозволить збільшити загальні додаткові інвестиції у газовий сектор до 1 млрд. євро протягом 2025-2027 років. Припускається, що ці інвестиції додатково збільшуватимуть енергоефективність сектору видобування газу на 1% щорічно, починаючи з 2028 року.

У варіанті політик **(с)**, перерозподіл доходів від оподаткування відповідає опції (а), але **виключаються додаткові зміни енергоефективності для Сценаріїв 2 та 3, оцінені на базі TIMES-Україна.** У цьому варіанті політик ми дотримуємось стандартного припущення, яке використовується при оцінці економічних наслідків заходів низьковуглецевого розвитку і полягає у **відсутності явного зв'язку між обсягами інвестицій та рівнем енергоефективності.** Таке припущення не виключає змін у структурі проміжного та кінцевого споживання внаслідок зміни відносних ціни на товари та послуги, утім, рівень питомої технологічної ефективності залишається на рівні базового сценарію (Сценарій 1). Використання такого припущення також дозволяє розкласти наслідки варіанту політик (а) на компоненти, які відповідають за підвищення рівня енергоефективності та решту факторів.

Нарешті, у варіантах політики (d) та (e) **всі надходження від податку на викиди вуглецю розподіляються відповідно уряду та домогосподарствам.**

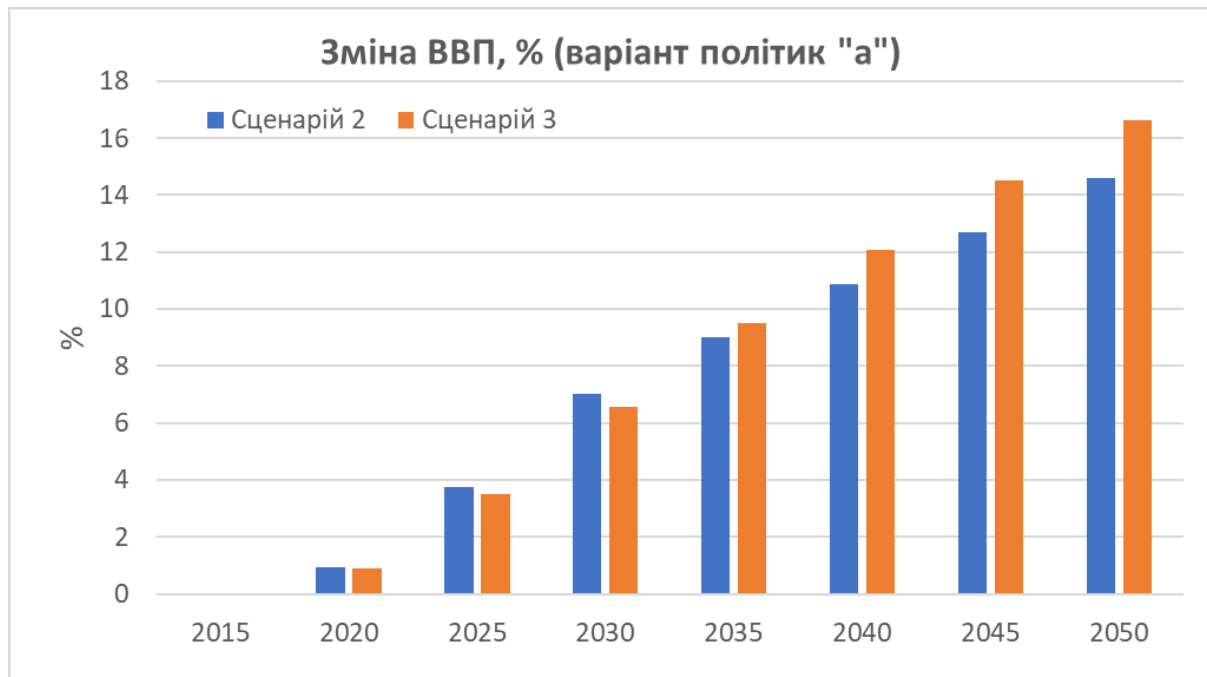
#### 4.3 Оцінка економічних наслідків

У цьому підрозділі ми надаємо оцінку економічних наслідків заходів низьковуглецевого розвитку за різних варіантів політики. Усі наслідки, представлені у даному підрозділі, оцінюються відносно базового сценарію (Сценарій 1). Відтак, негативні значення змін макроекономічних або галузевих показників у більшості випадків відповідають уповільненню темпів зростання, а не зменшенню рівня показника відносно початкового періоду (2015-й базовий рік). Наприклад, зменшення рівня показника у 2050 р. на 11% відносно базового сценарію відповідатиме уповільненню середньорічних темпів зростання на 0,3% (наприклад, замість того, щоб зростати 4% на рік, відповідний показник буде зростати на рівні 3,7% на рік).

У представленому аналізі ми зосереджуємось на макроекономічних та галузевих показниках, а також обговорюємо позитивні екстерналії (co-benefits), які пов'язані зі сценаріями низьковуглецевого розвитку, але безпосередньо не враховані при оцінці економічних наслідків.

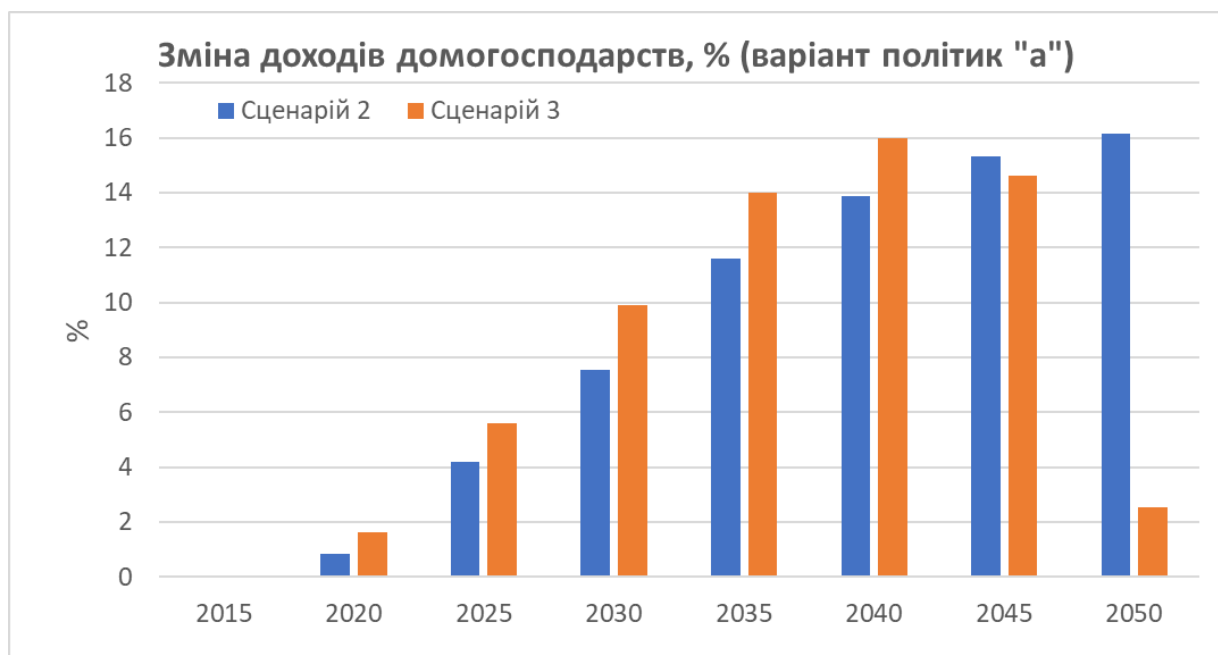
#### 4.3.1 Збільшення інвестицій та підвищення енергоефективності

Варіант політик "а" може розглядатися як найбільш оптимістичний випадок реалізації заходів скорочення викидів – і економіка, і екологія значно виграють від такого сценарію. За нашими оцінками, варіант політик "а" призводить до зростання ВВП на 14% -16% у 2050 р. відносно базового сценарію (Рис. 4.1). Через більш високий рівень інвестицій та підвищення енергоефективності, а також відносно низьку вартість скорочення викидів до 2035-2040 рр. ВВП зростає значно більшими темпами в Сценарії 3 порівняно зі Сценарієм 2. Водночас, приблизно після 2035 р., зі зростанням рівня амбітності скорочення викидів ПГ та цін CO<sub>2</sub> (Додаток 4), темпи зростання ВВП у Сценарії 3 сповільнюються.



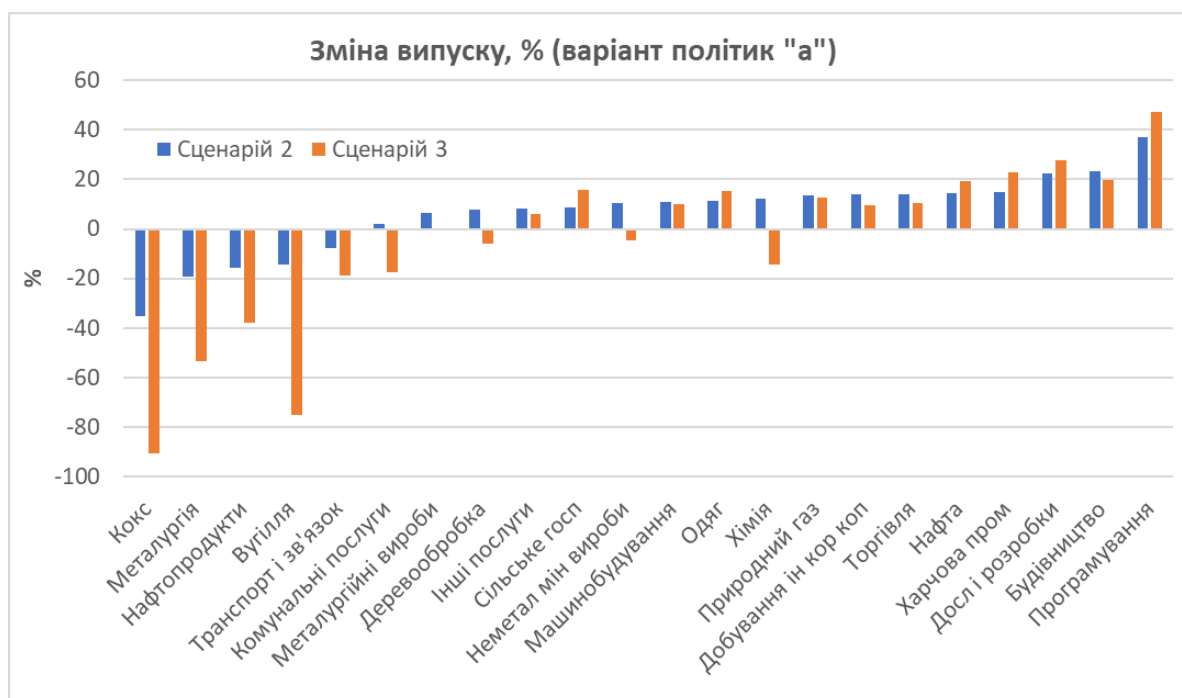
**Рис. 4.1. Зміна ВВП за варіанту політик "а": зростання обсягів інвестицій та підвищення енергоефективності**

Якісно подібна тенденція спостерігається і щодо доходів домогосподарств (Рис. 4.2), хоча в цьому випадку Сценарій 2 призводить до більш високих темпів зростання даного показника. Домогосподарства стикаються зі значно вищими цінами на вуглець в рамках Сценарію 3 (додаток 4), що суттєво впливає на їх споживчі витрати. Водночас, навіть у 2040-2050 рр., коли ціни на вуглець за Сценарієм 3 перевищують 100 дол. США/тCO<sub>2</sub>-екв. і досягають 1300 дол.°США/тCO<sub>2</sub>-екв. в 2050 р., реальний дохід домогосподарств все ще більший ніж за базового сценарію. Як буде детальніше описано у розділі 4.3.3., підвищення рівня енергоефективності відіграє ключову роль у позитивному характері наслідків, оскільки призводить до значного зниження виробничих витрати та цін для кінцевих споживачів.



**Рис. 4.2. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик "а": зростання обсягів інвестицій та підвищення енергоефективності**

На галузевому рівні відбуваються значні трансформації у структурі випуску продукції, що призводить до значного зниження вуглецеємності та енергоемності ВВП. Особливо це стосується Сценарію 3, де виробництво коксу та вугілля у 2050 р. знижується на понад 75% відносно базового сценарію. Інші енергоємні сектори, такі як металургійне виробництво, видобуток нафтопродуктів та комунальні послуги, також значно зменшують обсяги випуску в рамках Сценарію 3 (Рис. 4.3).



**Рис. 4.3. Зміни у галузевому випуску продукції у 2050 р. за варіантом політики "а": зростання обсягів інвестицій та підвищення енергоефективності**



Водночас зростає частка галузей сфери послуг та інвестиційно-орієнтованих секторів. Останнє включає в себе підвищення обсягів виробництва у секторах програмування та науково-дослідної діяльності. Будівельний сектор збільшує випуск продукції, оскільки є ключовим постачальником інвестиційних товарів. Збільшення обсягів виробництва харчової промисловості та сільського господарства обумовлено головним чином збільшенням експорту цих товарів. Випуск деяких інших товарів кінцевого споживання, таких як одяг, машини та обладнання, зростає під впливом збільшення кінцевого попиту.

Хоча інвестиційно-активний шлях економічного розвитку зі спрямуванням додаткових інвестицій на покращення рівня енергоефективності можна вважати найпривабливішим як з макроекономічної, так і галузевої перспектив, проведений аналіз не охоплює деяких можливих ризиків та невизначеностей, пов'язаних із цим сценарієм.

Зокрема, припускається що всі інвестиції в рамках цього сценарію здійснюються в середині країни, що є одним із ключових джерел спостережуваного економічного зростання. Ефекти можуть бути не настільки позитивними, якщо велика частка інвестиційних товарів буде придбана за кордоном.

Ще одне важливе припущення полягає у тому, що, зіштовхуючись зі зростаючими податками на викиди, виробники та споживачі не лише змінюють структури виробничих та споживчих витрат під впливом більш високих цін, але й інвестують у більш енергоефективне обладнання. Наприклад, домогосподарства не лише подорожують менше через підвищення цін на нафтопродукти, але й купують більш ефективні автомобілі, ніж у базовому сценарії. У розділі 4.3.3 буде показано, що якщо це припущення не виконується, спостережувані макроекономічні та галузеві наслідки є значно менш позитивними.

Нарешті, ми припускаємо, що необхідний рівень інвестицій досягається за обох сценаріїв політик, а податки на викиди вуглецю є джерелом для цих інвестицій, що значно підвищує норму накопичення (заощаджень). Насправді це не завжди виконується, і кошти, зібрані з податків на викиди вуглецю, можуть бути перераховані до державного бюджету (для збільшення видатків) або передані домогосподарствам. У розділі 4.3.4 ми вивчаємо такі варіанти та показуємо, що за такого розвитку подій існують значні ризики для довгострокового макроекономічного зростання.

#### **4.3.2 Вплив експорту дозволів на викиди**

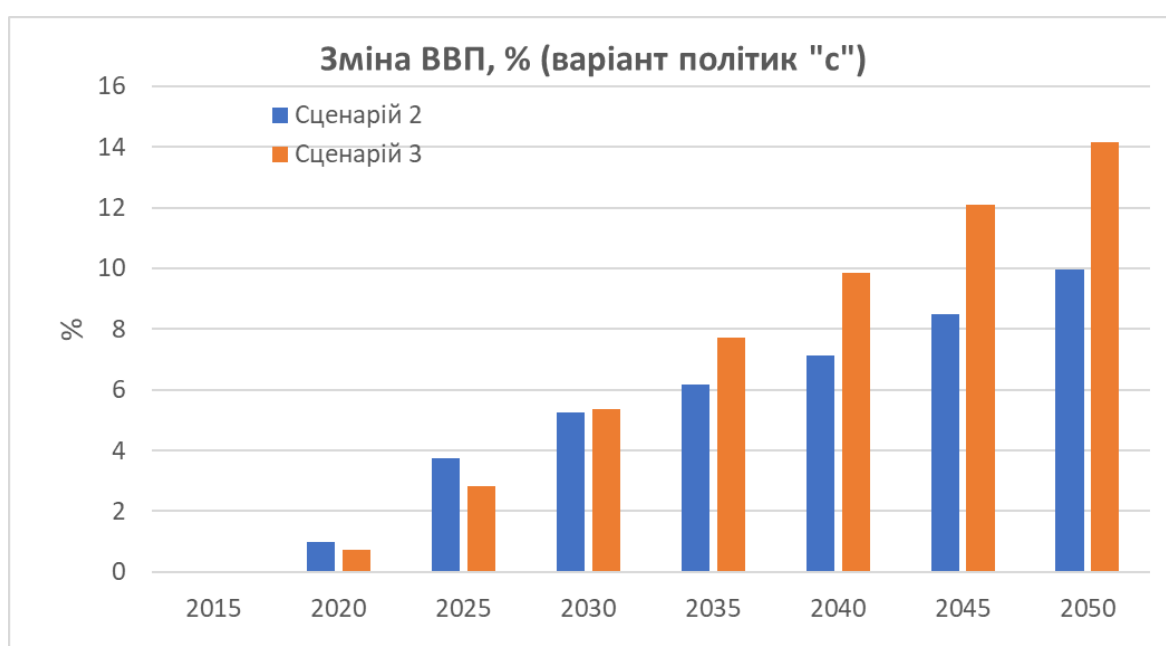
В рамках цього сценарію ми припускаємо, що український газовий сектор експортує 10 млн т CO<sub>2</sub> із загального вуглецевого бюджету України за ціною 20 Євро/т CO<sub>2</sub>-екв. Ми припускаємо, що дохід від цього продажу інвестується у сектор видобутку газу протягом 2025-2027 років. Застосування додаткових фінансових інструментів (левереджу) дозволить збільшити загальні додаткові інвестиції у газовий сектор до 1 млрд Євро протягом 2025-2027 років. Ми припускаємо, що ці інвестиції додатково збільшуватимуть рівень енергоефективності сектору видобутку газу на 1% щорічно, починаючи з 2028 року.

Результати показують, що обмежений експорт дозволів на викиди вуглецю не має значного економічного впливу. Зміни рівня реального ВВП та доходів домогосподарств залишаються такими ж, як у варіанті політики "а", із позитивним трендом (Додаток 4, Рис.

А.4.12 та Рис. А.4.13). На галузевому рівні спостерігаються незначні зміни, зокрема, у Сценарії 2 спостерігаються дещо вищі середньорічні темпи зростання обсягів виробництва для газового сектору, утім різниця становить близько 1% у 2050 році.

### 4.3.3 Вплив рівня енергоефективності

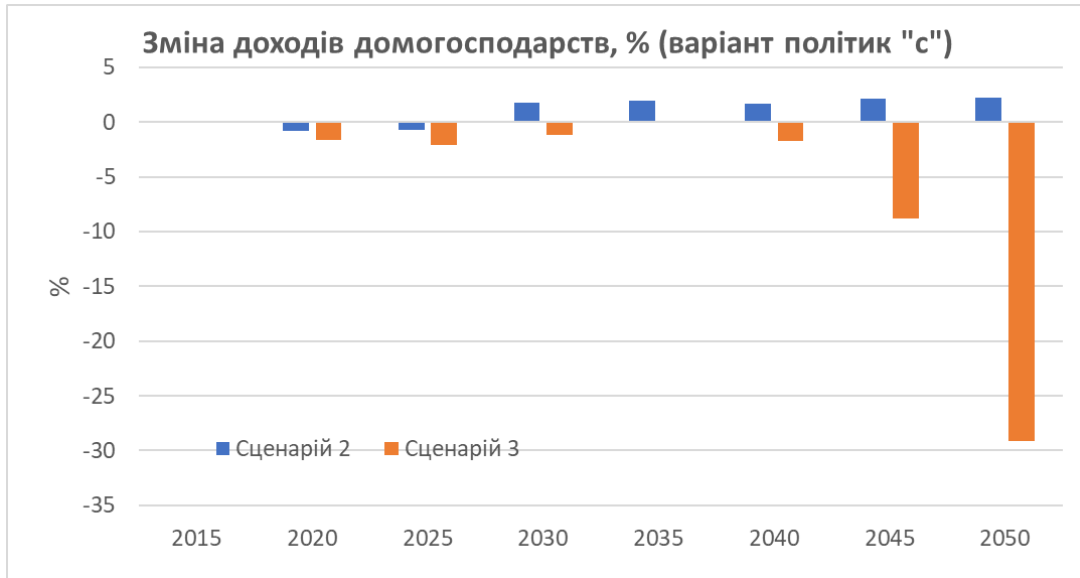
Результати моделювання показують, що додаткове підвищення рівня енергоефективності, впроваджене в рамках Сценаріїв 2 та 3 (варіанти політик "а" та "b"), відіграють ключову роль у стимулюванні зростання ВВП та реальних доходів домогосподарств. Якщо такі покращення не розглядати, що є традиційним підходом у більшості економічних оцінок на основі моделей загальної рівноваги, темпи приросту ВВП суттєво скорочуються (Рис. 4.4). Це особливо стосується Сценарію 3, де підвищення енергоефективності вище ніж в рамках Сценарію 2. Порівнюючи варіанти політики "а" та "с", можна спостерігати, що у 2050 р. додаткове підвищення енергоефективності відповідає більш як половині додаткового зростання ВВП.



**Рис. 4.4. Зміна ВВП за варіанту політик "с": енергоефективність на рівні базового року**

Ще важливішою є роль підвищення енергоефективності у забезпеченні зростання доходів домогосподарств за Сценарієм 3 (Рис. 4.5). Якщо не враховувати підвищення енергоефективності, реальні доходи домогосподарств можуть знизитись у довгостроковій перспективі відносно базового сценарію (Сценарій 1). Якщо покращення енергоефективності за Сценарієм 2 не відбувається, реальні доходи домогосподарств залишаються майже такими ж, як і у базовому сценарії, з незначним збільшенням у 2050 році.

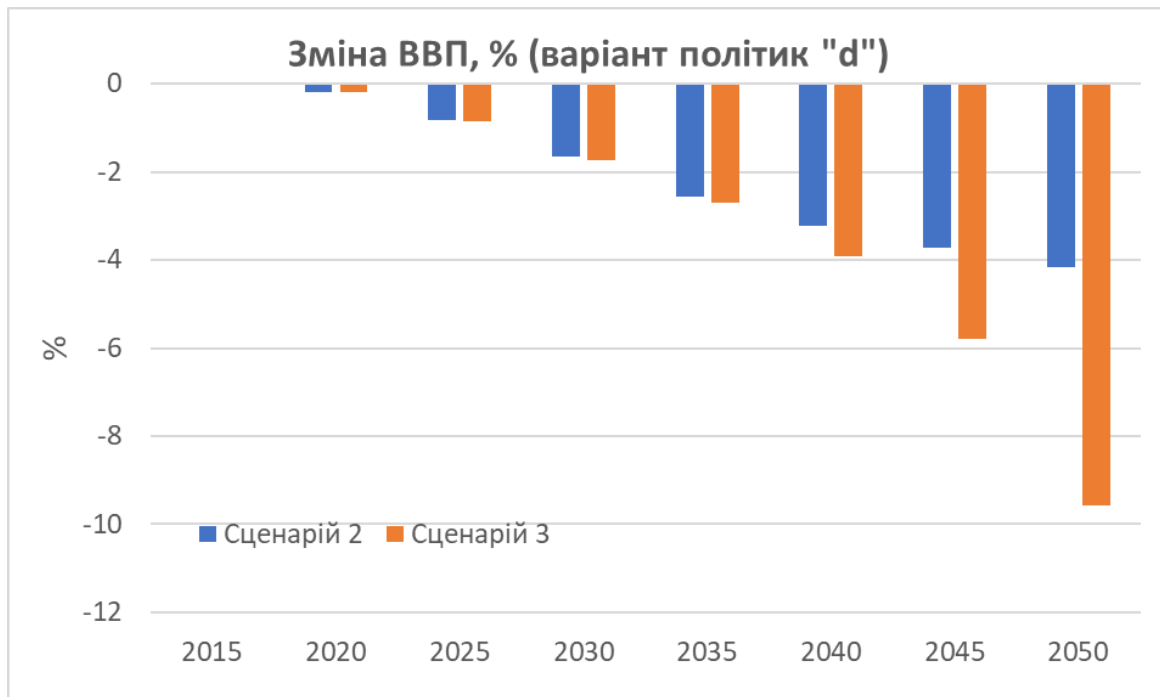
Випуск продукції в енергоємних галузях значно скоротиться, якщо не відбудеться змін в енергоефективності, те саме стосується галузей з постачання та перетворення викопних видів палива (Додаток 4, Рис. А.4.15).



**Рис. 4.5. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик "с": енергоефективність на рівні базового року**

#### 4.3.4 Альтернативні варіанти перерозподілу доходів від податку на викиди

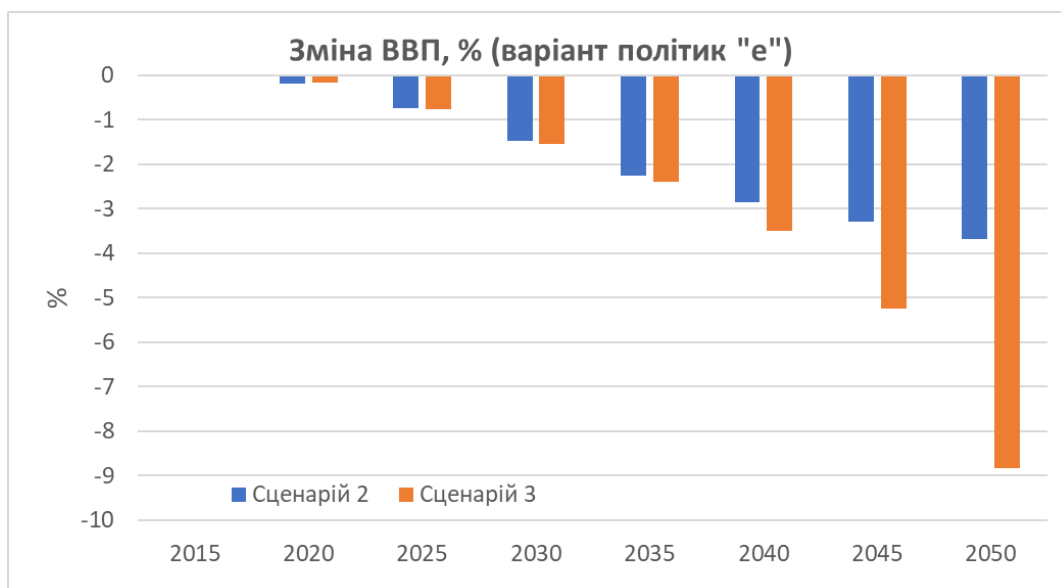
Окрім реінвестування коштів від податку на викиди можна розглянути й інші варіанти перерозподілу податкових надходжень. Було досліджено два таких варіанти – перерозподіл зібраних коштів на користь держав (опція "d") та домогосподарств (опція "e"). Проведені оцінки свідчать, що в обох випадках це призведе до негативних макроекономічних та галузевих наслідків, де варіант "e" (перерозподіл на користь домогосподарств) є дещо привабливішим за варіант "d" (Рис. 4.6, 4.7).



**Рис. 4.6. Зміна ВВП за варіанту політик "d": перерозподіл доходів від податку на викиди на користь держави**

Водночас, Сценарій 3 призводить до значно менших скорочень темпів зростання ВВП порівняно з базовим рівнем, ніж Сценарій 2. Зокрема, зменшення ВВП на 3,5% - 4% до 2050 р. для обох варіантів політики перерозподілу для Сценарію 2 еквівалентно уповільненню річного темпу зростання ВВП на близько 0,1%. У випадку Сценарію 3 відповідне уповільнення становить близько 0,3%. Потрібно враховувати, що Сценарій 3 встановлює дуже амбітну ціль щодо скорочення викидів (на 87% у 2050 р. відносно базового сценарію) та враховуючи додаткові вигоди (co-benefits) від скорочення викидів ПГ (обговорюватиметься у розділі 4.3.5), це не має розглядатись як висока вартість імплементації заходів низьковуглецевого розвитку.

Варіанти політики "d" та "e" також призводять до зменшення доходів домогосподарств відносно базового сценарію (Додаток 4, Рис. А.4.16 та А.4.17). Загалом, результати альтернативних механізмів розподілу доходів від податку на викиди ще більше підкреслюють важливість забезпечення інвестиційно-активного шляху розвитку та роль заходів з підвищення енергоефективності.



**Рис. 4.7. Зміна ВВП за варіанту політик "e": дохід від податків на викиди перерозподіляється домогосподарствам**

#### 4.3.5 Додаткові переваги від скорочення викидів

У багатьох дослідженнях наголошується, що імплементація амбітних політик боротьби зі зміною клімату пов'язана зі значними додатковими вигодами (окрім скорочення викидів ПГ), включаючи зниження рівня забруднення повітря та підвищення енергетичної безпеки.<sup>66</sup> Економічні переваги, пов'язані зі скороченням викидів, також можуть бути оцінені шляхом розрахунку т.з. показника суспільної вартості вуглецю.

<sup>66</sup> Nemet, G.F.; Holloway, T.; Meier, P. Implications of incorporating air-quality co-benefits into climate change policymaking. *Environ. Res. Lett.* 2010, 5.

Mittal, S., Liu, J.-Y., Fujimori, S., Shukla, P.R. 2018. An Assessment of Near-to-Mid-Term Economic Impacts and Energy Transitions under "2 °C" and "1.5 °C" Scenarios for India. *Energies* 2018, 11 (9), 2213; <https://doi.org/10.3390/en11092213>

Що стосується змін рівня енергетичної безпеки, у літературі є декілька підходів, які використовуються для вимірювання цього показника, включаючи диверсифікацію джерел енергії, підвищення енергоефективності, рівня ринкової конкурентоспроможності тощо.<sup>67</sup> У цьому звіті ми використовуємо індекс Шеннона-Вінера для порівняння змін у структурі первинного постачання енергії:

$$H = -\sum_i p_i \ln(p_i)$$

Де  $p_i$  – частка джерела енергії  $i$  в загальному постачанні первинної енергії. Чим вище  $H$ , тим різноманітніша структура, що краще з точки зору енергетичної безпеки. Цей показник вимірює лише один аспект енергетичної безпеки, а саме – диверсифікацію первинного енергопостачання. Існує декілька обмежень, які слід враховувати при тлумаченні цього показника. По-перше, оскільки акцентується увага на первинному постачанні енергії, імпорт та внутрішнє постачання розглядаються агреговано. Тому два сценарії з різною структурою імпорту енергоресурсів, але однаковою структурою первинного енергопостачання будуть мати однаковий рівень індексу Шеннона-Вінера. По-друге, первинне енергопостачання викопного палива та відновлюваних джерел енергії трактується рівнозначно, тобто немає пріоритетності відновлюваних джерел енергії відносно викопних видів палива в структурі первинного енергопостачання.

Результати показують, що у 2050 р. в рамках базового сценарію (Сценарій 1) значення  $H$  дорівнює 1,54 і збільшується до 1,79 за Сценарієм 2. Дещо менший приріст спостерігається за Сценарієм 3, де  $H$  дорівнює 1,66, головним чином через меншу частку вугілля та газу та більшу частку відновлюваних джерел енергії та атомної енергетики. Водночас, і Сценарій 2, і Сценарій 3 призводять до значного покращення рівня енергетичної безпеки України в контексті зростання диверсифікації структури первинного енергопостачання.

Для монетизації шкоди (користі) від зміни обсягів викидів  $\text{CO}_2$  у літературі широко використовується поняття суспільної вартості вуглецю (СВВ).<sup>68</sup> СВВ представляє собою середній показник загального збитку від 1 т викидів  $\text{CO}_2$ . Ми використовуємо значення 35 дол. США/т $\text{CO}_2$  (IMF, 2015).<sup>69</sup> Припускаємо, що СВВ зростає на 3% щорічно. На підставі метаналізу СВВ та інших досліджень (van den Bergh and Botzen, 2014),<sup>70</sup> ми використовуємо нижню межу в розмірі 15 дол. США/т $\text{CO}_2$  і верхню межу – 55 дол. США/т $\text{CO}_2$ .

Результати оцінок показують, що у випадку Сценарію 2 у 2050 р. монетизовані вигоди від скорочення викидів вуглецю в результаті застосування значень СВВ становитимуть від 9,2 млрд дол. США до 33,6 млрд дол. США, середнє значення - 21,4 млрд дол. США. У випадку Сценарію 3 збільшення обсягу скорочення викидів призведе до набагато більшої економічної вигоди – від 17,1 млрд дол. США до 62,9 млрд дол. США у 2050 році.

<sup>67</sup> Kruyt, B.; van Vuuren, D.P.; de Vries, H.J.M.; Groenenberg, H. Indicators for energy security. *Energy Policy* 2009, 37, 2166–2181

<sup>68</sup> van den Bergh, J.C.J.M and Botzen, W.J.W. 2014. A lower bound to the social cost of  $\text{CO}_2$  emissions. *Nature Climate Change* volume 4, pages 253–258. <https://www.nature.com/articles/nclimate2135>

<sup>69</sup> International Monetary Fund (IMF). 2015. Energy Subsidies Template. <http://www.imf.org/external/np/fad/subsidies/>

<sup>70</sup> van den Bergh, J.C.J.M and Botzen, W.J.W. 2014. A lower bound to the social cost of  $\text{CO}_2$  emissions. *Nature Climate Change* volume 4, pages 253–258. <https://www.nature.com/articles/nclimate2135>

Кілька досліджень показують, що високий рівень забруднення повітря може призводити до суттєвих економічних втрат через збільшення смертності, захворюваності та падіння продуктивності. Наприклад, в роботі OECD (2016)<sup>71</sup> розглядають довгострокові збитки від забруднення повітря. Модель загальної рівноваги ENV-Linkages була застосована для прогнозування економічної діяльності з 2015 по 2060 рр. та оцінювала зміни концентрації PM2.5 та озону і пов'язувала їх з впливом на кількість втрачених робочих днів, лікарняними та впливом на продуктивність сільського господарства. З кожним каналом впливу асоціюється грошова вартість.

Автори роблять висновок, що загальні річні ринкові витрати на боротьбу із забрудненням повітря оцінюються на рівні 0,3% світового ВВП у 2015 р. та 1,0% у 2060 році. Деякі дослідження також показують, що існують значні вигоди від скорочення викидів парникових газів, пов'язаних зі зниженням рівня забруднення атмосферного повітря, і що в деяких випадках такі вигоди можуть перевищувати витрати на впровадження кліматичних політик.<sup>72</sup>

Як показує дослідження IMF (2015)<sup>73</sup> в Україні втрати від забруднення атмосферного повітря у 2014 р. становили близько 68 млрд дол. США. Забруднення від спалювання вугілля є головною складовою оцінених збитків (понад 97% загальних втрат). У базовому сценарії (Сценарій 1) первинне постачання вугілля зростає з часом, тим самим призводячи до більш високого рівня забруднення, не передбачаючи значних змін у коефіцієнтах викидів. У Сценарію 2 постачання вугілля на 51% нижче, ніж у базовому сценарії, що принесе значні позитивні наслідки для здоров'я населення за рахунок зменшення рівня забруднення. Ще більші вигоди від покращення якості повітря слід очікувати у Сценарії 3, де вугілля майже не використовується у 2050 році. Навіть якщо припустити, що втрати від забруднення атмосферного повітря в Україні не змінюються з часом (базовий рівень 2014 р. згідно оцінок IMF (2015)), Сценарій 3 принесе додаткові переваги у розмірі близько 68 млрд дол. США у 2050 р. порівняно з базовим сценарієм та приблизно половину цієї суми (близько 34 млрд дол. США) у порівнянні зі Сценарієм 2.

---

<sup>71</sup> Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). 2016. The economic consequences of outdoor air pollution. <https://www.oecd.org/environment/indicators-modelling-outlooks/Policy-Highlights-Economic-consequences-of-outdoor-air-pollution-web.pdf>

<sup>72</sup> Vandyck, T., Keramidas, K., Kitous, A. et al. Air quality co-benefits for human health and agriculture counterbalance costs to meet Paris Agreement pledges. *Nat Commun* 9, 4939 (2018) doi:10.1038/s41467-018-06885-9

<sup>73</sup> International Monetary Fund (IMF). 2015. Energy Subsidies Template. <http://www.imf.org/external/np/fad/subsidies/>

## РОЗДІЛ 5. АНАЛІЗ ЧУТЛИВОСТІ СЦЕНАРІЇВ 2-ГО НВВ УКРАЇНИ

### 5.1 Загальний підхід

Результати моделювання, представлені в Розділі 3, показали, що накладене на 2050 р. обмеження на викиди ПГ у відповідності з висновками МГЕЗК про бажану траєкторію викидів для стримання глобального потепління не вище 1,5°C (Сценарій 3), істотно не впливає на траєкторію викидів ПГ до 2030 р. порівняно з тією, що закладена у політиках та цілях діючих програмних документів (Сценарій 2). **Це підтверджує, що найближчим часом зосередження уваги на повній реалізації існуючих та запланованих політик та заходів є критично важливим**, в той час як нові інноваційні енергетичні технології, які, очікується, стануть комерційно доступними після 2030 р. та дозволять Україні збільшити рівень амбітності своїх цілей в довгостроковій перспективі.

Повна реалізація існуючих стратегій відповідно до Сценарію 2 та екстраполяція відповідних цілей до 2050 р. вже саме по собі є амбітною задачею і вимагатиме кратного збільшення інвестицій в енергетичний сектор до обсягів, порівнюваних з кращими прикладами країн, економіка яких інтенсивно розвивається. Між тим, навіть такого довгострокового подовження політик із існуючим рівнем амбіцій не буде достатньо для стабілізації викидів ПГ, рівень яких у Сценарії 2 починає помірно зростати після 2035 року.

Хоча Сценарії 2 та 3 фактично накладаються один на одного до 2030 року і вже лише цим можуть надати певну інформацію в рамках процесу підготовки 2-го НВВ, в довгостроковій перспективі динаміка викидів ПГ за цими сценаріями суттєво відрізняється, що актуалізує необхідність проведення подальшого аналізу чутливості.

Результати аналізу чутливості розрахунків за Сценаріями 2 та 3 будуть **представлені у Звіті 4**. Основна мета аналізу чутливості – **перевірити додаткові варіанти технологій та політик, які не були враховані в первинних Сценаріях 2 та 3, проте які потенційно можуть призвести до:**

- i) **зменшення загальних викидів ПГ із адекватним збільшенням витрат (застосовано до Сценарію 2);**
- ii) **зниження необхідних загальних інвестицій до прийняттого рівня (застосовано до Сценарію 3, хоча врахування таких політик призведе до здешевлення також і Сценарій 2, тож для коректності оцінювання ефекту від політик вони будуть застосовані і до Сценарію 2).**

Крім того, метою проведення аналізу чутливості також є **перевірка на стійкість результатів розрахунків за первинними сценаріями при накладанні різних макроекономічних та технологічних припущень.**

Для проведення аналізу чутливості були визначені найважливіші фактори/змінні (див. Рис. 5.1), які можуть впливати на перспективну траєкторію викидів ПГ. Розрахунок з накладанням цих факторів/змінних на первинні сценарії дозволить визначити діапазон прогнозних обсягів викидів ПГ та відповідних витрат протягом прогнозованого періоду. Моделювання сценаріїв чутливості також дозволить оцінити важливість додаткових варіантів технологій та політик та чи потребують такі політики більш ретельного аналізу та рекомендацій (для Звіту 4).

Опція	Припущення / Змінна опцій	Назва	S2	S3	Коментар
A	Оптимістичний макроекономічний сценарій	S2A S3A	X	X	Буде застосований пізніше в комбінації з сценарієм чутливості (B-G)
B	Система торгівлі на викиди ПГ (СТВ)	S2B	X		Аналізується з використанням моделі, що використовується для оцінки макроекономічних наслідків
C	Податок на викиди CO2	S2C	X		
D	Нова траєкторія обмеження викидів ПГ порівняно з S3	S2D	X		Аналізується S2 з обмеженнями на викиди CO2 як за Сценарієм 3, але з іншим рівнем обмежень
E	Без нових атомних блоків	S3E		X	
F	Інші опції атомної енергетики (рівень капітальних інвестицій, КВВП, термін експлуатації)	S2F S3F	X	X	Аналіз чутливості до S2 може знадобитися пізніше, поки-що такого не зроблено
	Без нових та модернізованих вугільних блоків				Аналіз чутливості для S3 не потрібен, оскільки в S3 не передбачається нових чи модернізованих вугільних блоків.
G	Балансуючі потужності	S2G S3G	X	X	Аналіз чутливості до S2 може знадобитися пізніше, поки-що такого не зроблено
H	Обмежене впровадження заходів поводження з відходами	S3H		X	
I	Вплив вуглецевого мита ЄС	S2I S3I	X	X	

**Рис. 5.1. Матриця сценаріїв чутливості**

Передбачається, що в результаті аналізу чутливості буде розроблено комбінований сценарій чутливості, який буде включати всі додаткові варіанти політик та технологічних рішень з помітним позитивним ефектом на обсяги викидів та необхідних інвестицій.

**ПРИМІТКА:** Для адекватного порівняння сценаріїв чутливості, оригінальний Сценарій 2, описаний у розділах 3 та 4 цього звіту, також буде включати набір нових технологій, що доступні у Сценарії 3. Присутність нових технологій у оптимальному рішенні за оригінальним Сценарієм 2 дуже обмежена, тож це додаткове припущення щодо Сценарію 2, зроблене в рамках аналізу чутливості, істотно не впливає на результати, представлені в попередніх розділах. Між тим, додаткові припущення у сценаріях чутливості можуть збільшити потребу в нових технологіях.

## 5.2 Сценарії чутливості

В цьому розділі наведено перелік сценаріїв чутливості та вказується, на базі якого оригінального Сценарію 2 або 3 проводимуться розрахунки.

### **Сценарії S2A та S3A: Оптимістичний макроекономічний сценарій**

Якщо в найближчому майбутньому в Україні не розірвати залежність між динамікою економічного зростання та викидів ПГ, швидше за все, зростання ВВП призведе до більш високих викидів ПГ як за Сценарієм 2, так і Сценарієм 3. Тому важливо перевірити, наскільки чутливими є результати розрахунків за Сценаріями 2 та 3 до зміни умов базового макроекономічного прогнозу (див. розділ 2.1.2), що використовувався для первинних сценаріїв.



Макроекономічний прогноз, наданий Мінекономіки у січні 2020 р., є навіть більш оптимістичний, ніж Оптимістичний макроекономічний прогноз, наведений у розділі 2.1.2, тож для розуміння, як вищі темпи економічного зростання можуть змінити/вплинути на майбутні викиди ПГ та які заходи з попередження та адаптації до зміни клімату повинні у такому разі бути передбачені, аналіз чутливості буде проведено як для Сценарію 2, так і для Сценарію 3:

- i) аналіз чутливості для Сценарію 2 дозволить визначити на скільки зростуть обсяги викидів ПГ до 2050 р. за більш високих темпів зростання ВВП; тоді як
- ii) аналіз чутливості для Сценарію 2 проілюструє, наскільки дорожчим буде досягти заданого рівня скорочення викидів ПГ у 2050 р. та які додаткові технологічні рішення для цього будуть обрані моделлю.

Водночас, подальше зростання викидів ПГ у Сценарії 2 або ж витрат за Сценарієм 3 не надасть достатньої інформації для визначення оптимального шляху, який гарантував би стримання глобального потепління не більше 1,5°C. Тому ми пропонуємо застосувати базовий макроекономічний сценарій до комбінованого сценарію чутливості, **який буде розроблено після аналізу усіх сценаріїв чутливості.**

Цей сценарій чутливості також вкаже додатковий (максимальний за оптимістичних макроекономічних припущень) рівень викидів ПГ у 2030 р., який важливо врахувати при визначенні цілі 2-го НВВ.

#### ***Сценарії S2B та S2C: Податок та система торгівлі квотами на викиди ПГ***

Оскільки для обрахунку викидів була використана динамічна оптимізаційна модель, припущення щодо запровадження податку на викиди ПГ накладалися лише на Сценарій 2, за умовами якого **не накладається жодних обмежень на викиди CO<sub>2</sub>, а ціна на вуглець таким чином задається екзогенно.** Залежно від заданого рівня податку модель оцінить нову траєкторію викидів ПГ з моменту накладення податку і до 2050 року. **Для Сценарію 3, де існує попередньо встановлене обмеження на викиди CO<sub>2</sub>, модель розраховує граничну вартість CO<sub>2</sub> що можна розглядати як податок на викиди або ціну на вуглець в СТВ.**

Таким чином, застосування податку на викиди ПГ / СТВ у рамках аналізу чутливості до Сценарію 2 є важливим для опрацювання рекомендацій у Звіті 4, водночас накладання податку на викиди на Сценарій 3 могло б мати ефект лише у випадку, якщо б рівень податку перевищував розраховану граничну вартість CO<sub>2</sub>, чого не спостерігається.

#### ***Сценарій S2D: Нова траєкторія викидів ПГ зі збереженням мети досягнення вуглецево-нейтральної економіки до 2070 року***

Цей сценарій чутливості був запропонований Міністерством енергетики та захисту довкілля з огляду на значний приріст інвестиційних потреб протягом 2040-2050 рр. за Сценарієм 3.

#### ***Сценарій S3E: Без нових великих блоків АЕС***

В первинних сценаріях НВВ не встановлено жодних обмежень на будівництво нових блоків АЕС; більш того, розрахунки підтверджують важливу роль атомної енергетики у досягненні амбіційної цілі щодо скорочення викидів ПГ. Між тим, можна припустити, що з неекономічних причини (політичних, ставлення громадської думки) будівництво нових атомних блоків буде заблоковано. Оскільки у Сценарії 2 не визначається жодних цілей

після 2035 р., відмова від будівництва нових блоків АЕС однозначно призведе до зростання викидів ПГ; більше того, в первинному **Сценарію 2** можлива **суттєва недооцінка обсягів викидів ПГ у випадку, якщо використання нових атомних блоків стане неможливим**.

Оскільки Сценарій 3 містить жорстке обмеження на викиди ПГ, результатом розрахунків моделі вже є оптимальна за економічним критерієм технологічна структура енергетики з урахуванням екологічного обмеження. Заміщення нових атомних блоків (у випадку, якщо вони передбачалися в оптимальному рішенні) на інші вуглецево-нейтральні види генерації обов'язково збільшить інвестиційні витрати та граничну вартість електроенергії. Однак аналіз чутливості дозволить зрозуміти, наскільки критичним є відмова від будівництва нових блоків АЕС з огляду на додаткові витрати та чи достатнім є потенціал ВДЕ та інших технологій для компенсації такої відмови.

**Сценарії S2F та S3F: Інші припущення щодо розвитку атомної енергетики: 1) Прийнята в ЄС вартість будівництва нових блоків АЕС; 2) коригування прогнозного коефіцієнту використання встановленої потужності; 3) додаткове подовження терміну експлуатації існуючих блоків АЕС**

Поєднання різних додаткових припущень щодо розвитку атомної енергетики, де припущення 1 і 2 знижуватимуть конкурентоспроможність атомних електростанцій, натомість припущення 3 посилюватиме ринкові позиції атомної енергетики, вплине на обсяги викидів ПГ у Сценарії 2 та технологічну структуру генерації у Сценаріях 2 та 3.

**N/A: Без нових або модернізованих вугільних блоків**

Розрахунки свідчать, що в Сценарії 3 виробництво електроенергії на вугільних ТЕС припиниться після 2040 р. через накладене жорстке обмеження на обсяги викидів ПГ, тоді як відсутність такого обмеження в Сценарії 2 дає можливість вугільним енергоблокам продовжувати працювати приблизно на рівні 2020 року. Між тим, якщо в Сценарії 2 накласти аналогічні екологічні цілі або передбачити додаткові заходи, наприклад, запровадження податку на викиди ПГ, вугільні установки також будуть змушені припинити роботу, як й у Сценарії 3. За таких умов накладання додаткового обмеження на введення в експлуатацію нових вугільних блоків у Сценарії 3 не має сенсу; рішення щодо накладання обмеження щодо вугільних блоків у Сценарії 2 або в Комбінованому сценарію чутливості буде прийняте після додаткового обговорення.

**Сценарії S2G та S3G: Балансуючі потужності**

Будівництво додаткових потужностей великих гідроелектростанцій та технологічно обумовлена зміна необхідних обсягів додаткових балансуєчих (резервних) потужностей вплине на обсяги викидів ПГ у Сценарії 2 та на технологічну структуру генерації у Сценаріях 2 та 3.

**Сценарій S3H: Обмежена реалізація заходів у сфері поводження з відходами**

Заходи, включені до Національної стратегії поводження з відходами, відрізняються між собою як за питомими інвестиціями, так і за обсягами скорочення викидів, які вони можуть забезпечити. Водночас, деякі з цих заходів потенційно можуть призвести навіть до збільшення викидів, наприклад: будівництво нових регіональних сміттєзвалищ та закриття погано обладнаних сміттєзвалищ, збільшення частки населення з централізованою системою збору твердих відходів тощо.

Метою цього сценарію чутливості є аналіз того, чи існує розумне зменшення амбіційності політики у сфері поводження з відходами, що може сприяти скороченню необхідних інвестицій за умови обмеженого впливу на обсяги скорочення викидів ПГ, досягнуті в оригінальному Сценарії 3.

### **Сценарії S2I та S3I: Наслідки запровадження вуглецевого мита ЄС**

Оцінка економічних наслідків, представлена у Розділі 4 цього звіту, виявила широкий діапазон можливих наслідків (невизначеностей) реалізації внутрішньої енергетичної та екологічної політики. І хоча інвестиційно-активний шлях розвитку був визнаний найбільш привабливим з економічної точки зору, існує низка важливих ризиків та невизначеностей, пов'язаних із цим сценарієм, які були також наведені у Розділі 4. Зокрема було наголошено, що за певних умов наслідки низьковуглецевого сценарію розвитку можуть бути негативним для економіки України навіть у довгостроковій перспективі. Водночас, наслідки перспективної політики, що буде проводитися іншими країнами, включаючи ключових торгових партнерів України, наразі не досліджувалися. У цьому сценарії чутливості буде зосереджена увага на тих заходах, які можуть бути реалізовані іншими країнами та мажуть мати вплив на економіку України.

## **5.3 Умови та припущення сценаріїв чутливості**

### **Змінна А: Макроекономічні припущення**

Якщо в найближчому майбутньому в Україні не розірвати залежність між динамікою економічного зростання та викидів ПГ, швидше за все, зростання ВВП призведе до більш високих викидів ПГ як за Сценарієм 2, так і Сценарієм 3. Тому важливо перевірити, наскільки чутливими є результати розрахунків за Сценаріями 2 та 3 до зміни умов базового макроекономічного прогнозу (див. розділ 2.1.2), що використовувався для первинних сценаріїв. Макроекономічний прогноз, наданий Мінекономіки у січні 2020 р., є навіть більш оптимістичний, ніж Оптимістичний макроекономічний прогноз, наведений у розділі 2.1.2, тож для розуміння, як вищі темпи економічного зростання можуть змінити/вплинути на майбутні викиди ПГ та які заходи з попередження та адаптації до зміни клімату повинні у такому разі бути передбачені, аналіз чутливості буде проведено як для Сценарію 2, так і для Сценарію 3. Аналіз чутливості для Сценарію 2 дозволить визначити на скільки зростуть обсяги викидів ПГ до 2050 р. за більш високих темпів зростання ВВП; тоді як аналіз чутливості для Сценарію 2 проілюструє, наскільки дорожчим буде досягти заданого рівня скорочення викидів ПГ у 2050 р. та які додаткові технологічні рішення для цього будуть обрані моделлю.

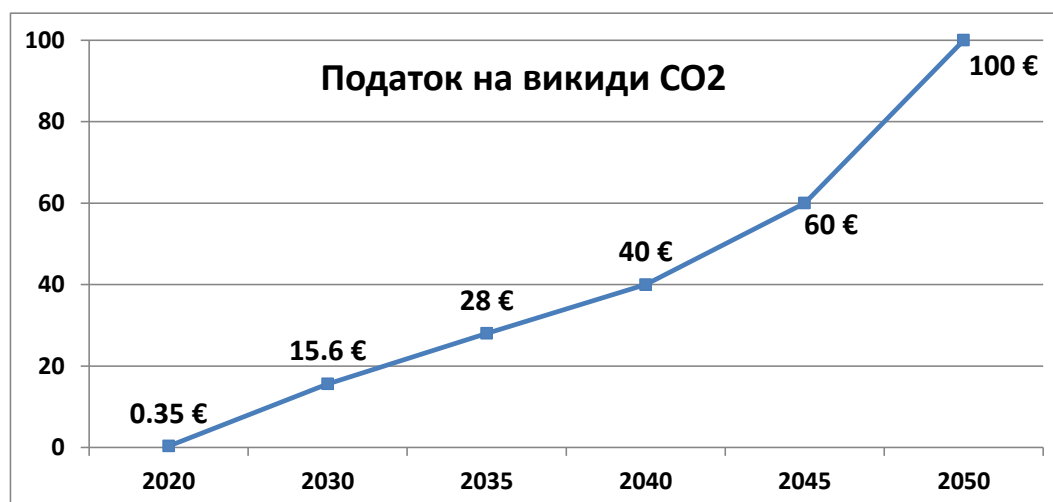
Аналіз чутливості буде проведено на базі **оновленого макроекономічного оптимістичного сценарію** відповідно до [переглянутої Постанови КМУ від 15.05.2019 № 555 в редакції від 23.10.2019](#) (сценарій 2 прогнозу).

### **Змінні В та С: Податок та система торгівлі квотами на викиди ПГ**

**ПРИМІТКА:** В рамках цього сценарію ми не даємо рекомендацій щодо конкретних регуляторних механізмів, а лише аналізуємо потенційний вплив впровадження «ціни / податку на вуглець» на динаміку викидів ПГ. Отже, термін "ціна / податок на CO<sub>2</sub>", що використовується в цьому сценарії чутливості, означає "інструмент політики, призначений для сприяння попередженню зміни клімату".

**Сценарій S2B:** Визначення галузевих обмежень на викиди ПГ та запровадження СТВ на умовах, запропонованих у звіті проекту PMR Світового банку, одночасно із запровадженням податку на викиди в секторах, не охоплених СТВ. Оскільки обмеження на викиди для секторів, що входять до СТВ, у цьому звіті будуть відрізнятися від оцінок, зроблених у звіті проекту PMR, ціна на викиди в межах СТВ ймовірно також буде відрізнятися.

**Сценарій S2C:** Однаковий податок на викиди ПГ запроваджується для всіх категорій споживачів енергоресурсів. Для першої ітерації розрахунків буде використано ставку податку на викиди вуглецю зі Звіту PMR (18 дол. США або ~ 15,6 Євро /т CO<sub>2</sub>) у 2030 р. з подальшою екстраполяцією до 100 Євро /т CO<sub>2</sub> у 2050 році (рис. 5.2.)



**Рис. 5.2. Ставка податку на викиди CO<sub>2</sub> у Сценарії S2C**

Запровадження СТВ та/або податку на викиди в рамках аналізу чутливості є додатковими заходами до тих, що вже включені до Сценарію 2. Для забезпечення більшої гнучкості системи, сучасні технології, які доступні в Сценарії 3, також будуть доступні для цього аналізу чутливості за Сценарієм 2.

**Змінна D: Нова траєкторія викидів ПГ зі збереженням мети досягнення вуглецево-нейтральної економіки до 2070 року**

Цей сценарій чутливості (в т.ч. динаміки обмежень на викидів ПГ, наведена на рис. 5.3) був запропонований Міністерством енергетики та захисту довкілля з огляду на значний приріст інвестиційних потреб у 2040-2050 рр. за Сценарієм 3.

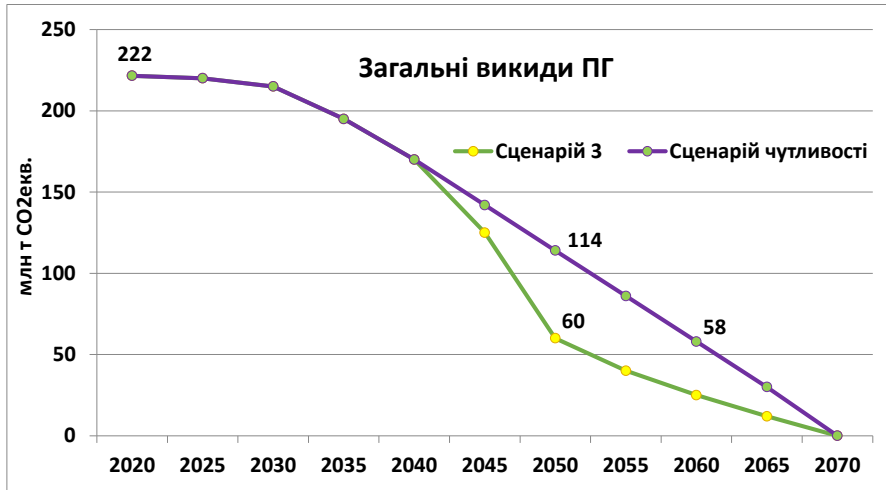


Рис. 5.3. Динаміка обмежень на викидів ПГ у Сценарії S2H

*Змінні E та F: Припущення щодо розвитку атомної енергетики*

**Сценарій S3E:** Обмеження будівництва нових великих (1000+ МВт) атомних блоків в Україні в період 2020-2050 років;

**Сценарії S2F & S3F:** Інші припущення щодо розвитку атомної енергетики. Припускає побудову нових блоків:

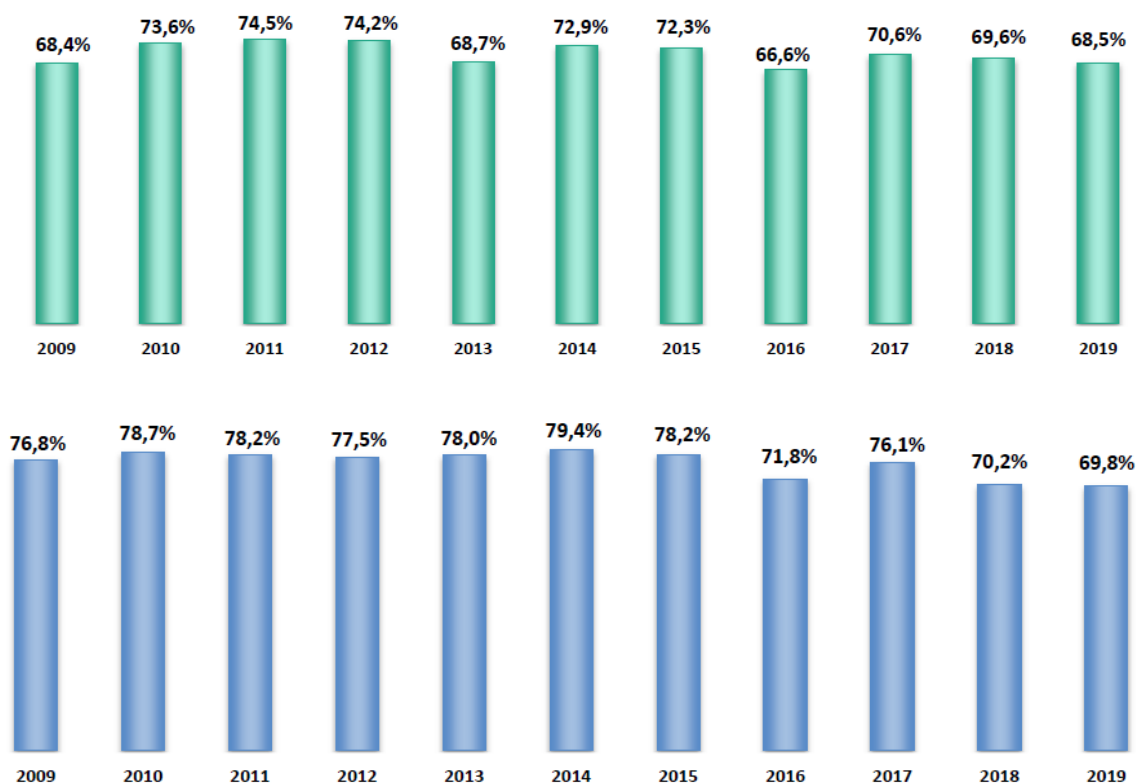
**F.1:** Встановлення вартості будівництва нових блоків АЕС на рівні країн ЄС: великі блоки (включаючи нові блоки 3, 4 на Хмельницькій АЕС) - 5922 Євро (~ 7000 дол. США) /кВт;

**F.2:** Додаткове подовження терміну експлуатації існуючих блоків АЕС на 5-10 років: згідно з інформацією, наданою НАЕК "Енергоатом", термін експлуатації діючих атомних блоків може бути подовжений на додаткові 5-10 років наступним чином (рис. 5.4.);

Електрична станція	Номер енергоблока	Електрична потужність, МВт	Дата вводу в промислову експлуатацію	Продовження строку експлуатації енергоблоків	Потенційно граничний термін експлуатації*
Рівненська АЕС	1	420	22.12.1980	22.12.2030	2030 (2035)
	2	415	22.12.1981	22.12.2031	2031 (2036)
	3	1000	21.12.1986	11.12.2037	2037 (2047)
	4	1000	10.10.2004	планується	2055 (2065)
Южно-Українська АЕС	1	1000	31.12.1982	02.12.2023	2033 (2043)
	2	1000	09.01.1985	31.12.2025	2035 (2035)
	3	1000	20.09.1989	Планується	2040 (2050)
Запорізька АЕС	1	1000	10.12.1984	23.12.2025	2035 (2045)
	2	1000	22.07.1985	19.02.2026	2036 (2046)
	3	1000	10.12.1986	05.03.2027	2037 (2037)
	4	1000	18.12.1987	04.04.2028	2038 (2048)
	5	1000	14.08.1989	Планується	2040 (2040)
	6	1000	19.10.1995	Планується	2046 (2056)
Хмельницька АЕС	1	1000	22.12.1987	13.12.2028	2038 (2038)
	2	1000	07.08.2004	Планується	2055 (2065)
	3			Не добудований	
	4			Не добудований	

Рис. 5.4. Подовження терміну експлуатації існуючих атомних блоків у Сценаріях чутливості S2E & S3E

**F.3:** Встановлення прогнозного коефіцієнту використання встановленої потужності блоків АЕС України відповідно до його поточного рівня (Рис. 5.5).



**Рис. 5.5. КВВП та коефіцієнт готовності АЕС України**

**Без нових або модернізованих вугільних блоків**

**Будівництво нових вугільних енергоблоків та модернізація існуючих енергоблоків** в період 2020-2050 рр. **не передбачається** (незважаючи на чинну редакцію [Національного плану зі скорочення викидів від великих спалювальних установок](#))

**Змінна G: Припущення щодо балансуєчих потужностей**

Передбачається додаткове збільшення потужностей **великих гідроелектростанцій** на 1.7 ГВт та технологічно обумовлена зміна необхідних обсягів додаткових балансуєчих (резервних) потужностей для генерації з негарантованим графіком виробництва електроенергії (ВЕС та СЕС, за винятком дахових панелей):

- додаткове будівництво потужностей ГАЕС не більше 387 МВт в 2020 р., 898 МВт в 2025 р., 1222 МВт в 2027 р. і 1675 МВт в 2030 році; у період 2031-2050 рр. додаткового будівництва великих ГАЕС не передбачено; максимальна додаткова потужність великих ГАЕС у 2030-2050 рр. становить 1675 МВт;
- зміна необхідних обсягів додаткових балансуєчих (резервних) потужностей для генерації з негарантованим графіком виробництва електроенергії (ВЕС та СЕС:

- від 1% у 2020 р. до 10% у 2050 р. систем акумулювання електричної енергії на одиницю встановленої потужності ВДЕ генерації;
- від 10% у 2020 р. до 0% у 2050 р. балансуючих потужностей (високоманеврові газові електростанції, гідроелектростанції, паливні елементи, імпорт електроенергії) на одиницю встановленої потужності ВДЕ генерації завдяки технологічному прогресу та вдосконаленню прогнозування генерації електроенергії на ВЕС та СЕС.

**Змінна Н: Обмежена реалізація заходів у сфері поводження з відходами.** У Сценарії 3 будуть змінені наступні припущення:

- Частка звалищ ТПВ у 2030 р., у % до створених ТПВ;
- Частка населення, охопленого централізованою системою збору ТПВ у 2030 р., у % від загальної кількості;
- Кількість нових регіональних санітарних сміттєзвалищ, які планують побудувати в 2020-2030 роках;
- Кількість існуючих сміттєзвалищ, що підлягають модернізації в 2020-2030 роках.

### **Змінна І: Наслідки запровадження вуглецевого мита ЄС**

Хоча оцінка економічних наслідків, представлена у Розділі 4 цього звіту, була зосереджена на аналізі наслідків реалізації внутрішньої енергетичної та екологічної політики, на українську економіку також можуть вплинути різні варіанти політик, запроваджених іншими країнами, включаючи ключових торговельних партнерів України. Хоча на даний момент існує певна невизначеність щодо набору варіантів екологічної політики ЄС, з якими Україна може зіткнутися в майбутньому. Однією з таких політик, яка буде досліджена в рамках Проекту, є запровадження транскордонного коригування податку на викиди ПГ або, інакше, накладання «вуглецевого мита» на імпорт з України. Цей аналіз чутливості має на меті показати можливі наслідки такої політики для української економіки, визначити ризики та можливості у випадку, якщо така політика буде реалізована. У цьому сценарії чутливості буде розглядається набір можливих ставок вуглецевого мита.

**Рекомендація:** Аналіз наслідків запровадження **вуглецю мита** з використанням моделювання доцільно здійснюватися після остаточного врегулювання законодавство ЄС та безпосереднього запровадження вуглецевого мита (це може бути зроблено аналогічно до використання припущень щодо ціни на викиди ПГ в рамках СТВ ЄС).

## ДОДАТКИ

## Додаток 1. Прогноз ВВП за секторами

Таблиця А.1.1. Оптимістичний макроекономічний сценарій: зміна ВВП за секторами, 2017 = 100%

	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Сільське, лісове та рибне господарство	100	107.6	124.5	147.6	171.7	196.6	255.8
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	100	105.7	116.5	129.4	139.5	146.6	152.5
Добування кам'яного та бурого вугілля	100	110.4	114.0	120.8	122.0	123.1	126.4
Добування сирової нафти та природного газу	100	104.9	116.6	130.2	141.4	148.9	154.0
Добування металевих руд інших корисних копалин	100	105.1	117.1	131.3	143.1	151.5	159.5
Переробна промисловість	100	106.6	137.5	186.8	247.3	321.2	535.9
Виробництво харчових продуктів; напоїв та тютюнових виробів	100	106.5	137.8	187.8	249.4	324.8	543.9
Текстильне виробництво, виробництво одягу, шкіри та ін.	100	98.4	131.4	184.9	252.1	335.4	581.4
Виробництво деревини, паперу; поліграфічна діяльність	100	100.9	121.0	150.4	183.7	221.4	322.5
Виробництво коксу та коксопродуктів	100	104.4	117.7	134.4	149.7	163.1	186.5
Виробництво продуктів нафтоперероблення	100	108.7	137.9	183.7	239.3	306.4	499.2
Виробництво хімічних речовині хімічної продукції	100	122.0	157.7	214.5	284.5	370.0	618.4
Виробництво основних фармацевтичних продуктів	100	110.0	146.4	205.4	279.3	371.0	641.1
Виробництво гумових і пластмасових виробів	100	108.8	146.4	207.8	285.1	381.5	666.7
Виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції	100	106.5	145.3	209.0	289.7	390.8	691.3
Металургійне виробництво	100	108.0	127.5	155.4	186.0	219.6	306.6
Виробництво готових металевих виробів, крім машин	100	107.0	147.2	213.4	297.5	403.2	718.2
Виробництво комп'ютерів, електронної та оптичної продукції	100	114.0	182.1	299.8	455.0	655.8	1270.2
Виробництво електричного устаткування	100	76.6	114.7	179.6	264.1	372.4	701.0
Виробництво машин і устаткування, інше	100	112.3	148.4	206.7	279.5	369.5	633.8
Виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів	100	102.0	152.2	237.6	348.7	491.1	923.0
Виробництво інших транспортних засобів	100	111.3	147.6	206.4	279.8	370.8	638.4
Виробництво меблів; ремонт і монтаж машин і устаткування	100	110.7	141.9	191.4	251.9	325.6	538.7
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	100	106.1	118.0	132.1	143.7	151.9	158.7
Будівництво	100	136.7	181.8	254.9	346.3	459.8	793.9
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	100	119.3	143.1	178.0	217.6	262.4	382.3
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів	100	110.4	138.4	181.8	233.9	296.2	472.9
Транспорт, складське господарство	100	108.9	136.4	179.1	230.2	291.3	464.6
Поштова і кур'єрська діяльність	100	106.9	129.6	163.4	202.4	247.2	369.5
Тимчасове розміщування й організація харчування	100	112.2	150.3	212.4	290.2	386.9	672.3
Видавнича діяльність; діяльність радіо та телевізійного мовлення	100	107.0	136.1	181.7	237.1	304.1	496.2
Телекомунікації (електрозв'язок)	100	114.3	145.6	194.7	254.6	327.0	534.9
Комп'ютерне програмування, консультування та надання послуг	100	118.6	170.3	256.9	368.6	510.3	936.7
Фінансова та страхова діяльність	100	117.3	146.7	192.1	246.5	311.4	495.1
Операції з нерухомим майном	100	110.2	135.8	174.8	220.8	274.8	425.3
Діяльність у сферах права та бухгалтерського обліку; діяльність у сферах архітектури; технічні випробування та дослідження	100	114.4	136.1	167.5	202.7	241.8	344.8
Наукові дослідження та розробки	100	117.8	162.6	236.6	330.7	448.9	801.2
Рекламна діяльність і дослідження кон'юнктури ринку; наукова та технічна діяльність; ветеринарна діяльність	100	114.8	140.1	178.2	222.5	273.9	415.6
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	100	113.6	139.3	178.4	224.1	277.6	425.9
Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування	100	109.8	133.4	168.5	209.2	256.1	384.3
Освіта	100	109.6	135.6	175.6	222.9	278.7	435.3
Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	100	112.0	143.7	193.9	255.3	330.0	545.6
Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок	100	101.9	138.6	198.8	274.9	370.0	652.1
Надання інших видів послуг	100	113.2	140.0	181.1	229.7	287.1	447.8
Всього	100	110.2	136.3	176.2	223.4	279.3	435.9
Податки на продукти	100	108.5	131.6	166.1	206.0	251.9	377.3
Субсидії на продукти	100	136.2	147.7	166.5	180.4	187.4	232.8
ВВП	100	109.9	135.5	174.6	220.8	275.1	427.2



**Таблиця А.1.2. Базовий макроекономічний сценарій: зміна ВВП за секторами, 2017 = 100%**

	2017	2020	2025	2030	2035	2040	2050
Сільське, лісове та рибне господарство	100	107.6	120.7	138.6	156.5	173.1	212.0
Добувна промисловість і розроблення кар'єрів	100	105.7	114.2	124.3	133.4	140.0	148.0
Добування кам'яного та бурого вугілля	100	110.4	112.5	114.3	118.7	120.6	119.0
Добування сирової нафти та природного газу	100	104.9	113.9	124.7	133.7	140.1	147.2
Добування металевих руд і інших корисних копалин	100	105.1	115.0	127.1	137.8	146.2	158.8
Переробна промисловість	100	106.6	130.6	167.6	209.6	253.0	367.5
Виробництво харчових продуктів; напоїв та тютюнових виробів	100	106.5	129.3	164.1	203.5	243.8	349.5
Текстильне виробництво, виробництво одягу, шкіри та ін.	100	98.4	127.3	172.9	226.5	282.9	436.5
Виробництво деревини, паперу; поліграфічна діяльність	100	100.9	115.9	137.1	159.5	181.1	232.8
Виробництво коксу та коксопродуктів	100	104.4	117.2	134.5	151.8	167.6	202.0
Виробництво продуктів нафтоперероблення	100	108.7	132.2	168.2	208.9	250.7	360.4
Виробництво хімічних речовин і хімічної продукції	100	122.0	153.8	203.6	261.2	321.4	483.4
Виробництво основних фармацевтичних продуктів	100	110.0	135.5	174.8	219.7	266.2	389.3
Виробництво гумових і пластмасових виробів	100	108.8	137.4	182.2	234.2	288.6	435.0
Виробництво іншої неметалевої мінеральної продукції	100	106.5	135.7	181.5	234.8	290.7	441.9
Металургійне виробництво	100	108.0	125.0	149.4	175.6	201.2	263.6
Виробництво готових металевих виробів, крім машин	100	107.0	135.6	180.4	232.5	287.0	434.0
Виробництво комп'ютерів, електронної та оптичної продукції	100	114.0	153.8	217.9	294.1	375.4	599.8
Виробництво електричного устаткування	100	76.6	108.1	159.5	221.4	287.8	473.0
Виробництво машин і устаткування, інше	100	112.3	141.9	188.3	242.2	298.5	450.1
Виробництво автотранспортних засобів, причепів і напівпричепів	100	102.0	144.1	212.8	295.5	384.4	632.2
Виробництво інших транспортних засобів	100	111.3	137.0	176.6	221.9	268.6	392.5
Виробництво меблів; ремонт і монтаж машин і устаткування	100	110.7	138.1	180.8	230.0	281.2	418.0
Постачання електроенергії, газу, пари та кондиційованого повітря	100	106.1	116.0	128.3	139.2	149.2	160.6
Будівництво	100	136.7	168.5	217.6	273.8	331.9	486.0
Водопостачання; каналізація, поводження з відходами	100	117.0	136.3	164.4	194.6	224.4	298.1
Оптова та роздрібна торгівля; ремонт автотранспортних засобів	100	111.4	131.9	162.3	195.6	229.2	314.3
Транспорт, складське господарство	100	109.9	130.5	161.0	194.6	228.5	314.9
Поштова і кур'єрська діяльність	100	104.9	121.7	146.0	172.0	197.6	260.2
Тимчасове розміщування й організація харчування	100	110.1	139.4	185.1	238.1	293.6	442.9
Видавнича діяльність; діяльність радіо та телевізійного мовлення	100	105.0	127.1	160.6	198.1	236.7	337.0
Телекомунікації (електрозв'язок)	100	112.1	137.8	177.1	221.8	268.1	390.1
Комп'ютерне програмування, консультування та надання послуг	100	116.4	151.6	207.5	273.0	342.3	531.2
Фінансова та страхова діяльність	100	115.0	138.8	174.6	214.7	255.7	362.2
Операції з нерухомим майном	100	111.3	131.3	160.7	193.0	225.3	306.9
Діяльність у сферах права та бухгалтерського обліку; діяльність у сферах архітектури; технічні випробування та дослідження	100	115.5	133.6	159.6	187.3	214.3	280.0
Наукові дослідження та розробки	100	115.5	143.0	185.4	233.7	283.9	417.2
Рекламна діяльність і дослідження кон'юнктури ринку; наукова та технічна діяльність; ветеринарна діяльність	100	112.6	132.5	161.8	193.6	225.5	305.6
Діяльність у сфері адміністративного та допоміжного обслуговування	100	111.4	131.7	161.7	194.6	227.7	311.4
Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування	100	107.7	126.9	155.0	185.6	216.3	293.5
Освіта	100	110.6	135.2	172.7	215.1	258.9	373.8
Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги	100	113.1	138.5	177.4	221.5	267.0	386.8
Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок	100	102.9	134.8	185.4	244.9	308.0	480.1
Надання інших видів послуг	100	111.0	132.8	165.5	201.8	238.8	333.7
Всього	100	110.3	130.4	160.3	193.3	226.5	313.5
Податки на продукти	100	108.5	127.4	155.2	185.5	215.8	291.8
Субсидії на продукти	100	132.3	140.3	133.9	109.6	130.3	157.5
ВВП	100	109.9	129.9	159.6	192.3	225.1	308.4

## Додаток 2. Вартість нових технології, врахованих при моделюванні

## Атомні електростанції (АЕС)

Таблиця А.2.1. Блок №3 на Хмельницькій АЕС

Technical and economic parameters	2025-2050
Капітальні витрати, дол. США/ кВт ел.	1751
Операційні фіксовані витрати, дол. США/ кВт ел	73,35
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	1,65
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	10
ККД, %	33
КВВП, %	83
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	0,03
Термін експлуатації, років	60
Термін будівництва, років	4
Потенційно можливий рік введення в експлуатацію (оптимістично)	2025
Власне споживання електроенергії, % від загального виробництва блоком	5

Джерело: Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»

Таблиця А.2.2. Блок №4 на Хмельницькій АЕС

Technical and economic parameters	2030-2050
Капітальні витрати, дол. США/ кВт ел.	1672
Операційні фіксовані витрати, дол. США/ кВт ел	73,35
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	1,65
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	10
ККД, %	33
КВВП, %	83
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	0,03
Термін експлуатації, років	60
Термін будівництва, років	5
Потенційно можливий рік введення в експлуатацію (оптимістично)	2030
Власне споживання електроенергії, % від загального виробництва блоком	5

Джерело: Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»

Таблиця А.2.3. Продовження терміну експлуатації діючих блоків АЕС

Technical and economic parameters	2015-2050
Вартість продовження терміну експлуатації на 20 (30) років, дол. США/кВт <sub>ел.</sub>	300 (400)
Операційні фіксовані витрати, дол. США/ кВт ел	73,35
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	1,65
ККД, %	33
КВВП, %	80
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	0,03

Джерело: Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»

Таблиця А.2.4. Нові великі блоки АЕС (1000 МВт)

Technical and economic parameters	2025-2100 рр.
Капітальні витрати, дол. США/ кВт ел.	5250
Операційні фіксовані витрати, дол. США/ кВт ел	73,35
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	1,65
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	400
ККД, %	33,8
КВВП, %	93
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	0,04
Термін експлуатації, років	80
Термін будівництва, років	5
Потенційно можливий рік введення в експлуатацію (оптимістично)	2031
Власне споживання електроенергії, % від загального виробництва блоком	5

Джерело: Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»

Таблиця А.2.5. Нові малі блоки АЕС (160 МВт)

Parameters	Data
Капітальні витрати, дол. США/кВт ел.	5250
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВт ел	73,35
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	1,65
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	400
ККД, %	32
КВВП, %	98
Термін експлуатації, років	80
Термін будівництва, років	3
Потенційно можливий рік введення в експлуатацію (оптимістично)	2025
Власне споживання електроенергії, % від загального виробництва блоком	5

Джерело: Державне підприємство «Національна атомна енергогенеруюча компанія «Енергоатом»

## Теплові електростанції (ТЕС)

Таблиця А.2.6. Біоенергетика

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Біомаса з деревини</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	2800	2800	2800	2600	2500	2400	2200	2000
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	30							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	6.12							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5%							
ККД, %	24							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	30							
<b>Біомаса з відходів АПК</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	3500	2890	2800	2700	2600	2500	2300	2100
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	30							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	6.12							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5%							
ККД, %	23							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	30							
<b>Біогаз</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	4500	4400	4300	4200	4100	4000	3900	3800
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	30							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	6.12							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5%							
ККД, %	42							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	30							
<b>Енергетичні культури</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	3300	2900	2800	2700	2600	2500	2300	2100
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	30							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	6.12							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5%							
ККД, %	24							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	30							
<b>Промислові відходи</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	3500	2890	2800	2700	2600	2500	2300	2100
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	30							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-год ел	6.12							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5							
ККД, %	23							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	30							
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю	0.05							

виробленої електроенергії, МВт·год теплової енергії/МВт·год електричної енергії	
---	--

Джерело: Українська біоенергетична асоціація

**Таблиця А.2.7. Газові ТЕС**

	2015-2050			
	Комбінований цикл	Газова турбіна	Парова турбіна	Газова турбіна із швидким стартом
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	1000	600	920	1000
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	20	11.9	16,6	20
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт·годел	2	4.1	2,1	0.555
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	2	2	2	2
ККД, %	60	40	42	50
КВВП, %	50	50	50	50 (as balancing ~1.5%)
Термін експлуатації, років	35	30	30	35
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт·год теплової енергії/МВт·год електричної енергії	0.05	0.05	0.05	

Джерело: US EIA. Capital Cost Estimates for Utility Scale Electricity Generating Plants. November 2016, Wärtsilä Oyj Abp

**Таблиця А.2.8. Газові ТЕС із технологіям уловлювання вуглецю**

	2015-2050	
	Combined Cycle + CCS	Combustion Turbine + CCS
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	2450	2050
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	24	14.3
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт·годел	2	4.1
ККД, %	51	34
КВВП, %	50	50
Термін експлуатації, років	35	30
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт·год теплової енергії/МВт·год електричної енергії	0,05	0,05

**Таблиця А.2.9. Вугільні ТЕС**

	2015-2050			
	IGCC	Суперкритичні параметри	Підкритичні параметри	Циркулюючий киплячий шар
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	1800	1300	1600	1700
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	63	43	30	27
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт·годел	5.8	6	6	6
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	5	5	5	5
ККД, %	46	43	39	43
КВВП, %	50	50	50	50
Термін експлуатації, років	35	40	35	35
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт·год теплової енергії/МВт·год електричної енергії	0.15	0.15	0.15	0.15

Джерело: Прогнозована вартість електроенергії 2015

**Таблиця А.2.10. Подовження терміну експлуатації існуючих вугільних ТЕС**

	2015-2050
	Капітальні витрати, дол. США/кВтел.
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	33
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт·годел	18
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	5
ККД, %	33-40
КВВП, %	34-62
Термін експлуатації, років	30
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт·год теплової енергії/МВт·год електричної енергії	0.04

Джерело: національні дані.

Таблиця А.2.11. Вугільні ТЕС із технологіям уловлювання вуглецю

	2015-2050			
	IGCC	Суперкритичні параметри	Підкритичні параметри	Циркулюючий киплячий шар
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	4400	3900	4650	4300
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	75	52	36	34
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	5.8	6	6	6
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	5	5	5	5
ККД, %	39	37	33	36
КВВП, %	50	50	50	50
Термін експлуатації, років	35	35	35	35
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	0.15	0.15	0.15	0.15

## Теплоелектроцентралі (ТЕЦ)

Таблиця А.2.12. Біоенергетика

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
	<b>Біомаса з деревини</b>							
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	3500	3400	3300	3200	3100	3000	2900	2800
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	50							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	6							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5							
ККД, %	20							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	35							
	<b>Біомаса з відходів АПК</b>							
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	3500	3400	3200	3100	2900	2900	2800	2800
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	56							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	6.6							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5							
ККД, %	19							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	35							
	<b>Біогаз</b>							
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	5500	5400	5200	5100	5000	4800	4500	4500
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	56							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	3.4							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5							
ККД, %	25							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	35							
	<b>Енергетичні культури</b>							
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	3500	3400	3300	3200	3100	3000	3000	3000
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	50							
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	6							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.5							
ККД, %	20							
КВВП, %	50							
Термін експлуатації, років	35							

Джерело: Українська біоенергетична асоціація

Таблиця А.2.13. Газові ТЕЦ

	2015-2050	
	Комбінований цикл	Парова турбіна
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	800	920
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	42	42
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	1.55	1.55
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	2.0	2.0
ККД, %	50	45
КВВП, %	50	50
Термін експлуатації, років	35	30
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	1.5	1.5

Джерело: Прогнозована вартість електроенергії 2015

\* КВВП знаходиться в діапазоні від 46 - 90% відповідно з прогнозованою вартістю електроенергії 2015

Таблиця А.2.14. Газові ТЕЦ із технологіям уловлювання вуглецю

	2015-2050	
	Комбінований цикл + CCS	Парова турбіна + CCS
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	2450	2050
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	24	14.3
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	2	4.1
ККД, %	51	34
КВВП, %	50	50
Термін експлуатації, років	35	30
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	0,05	0,05

Таблиця А.2.15. Вугільні ТЕЦ

	2015-2050	
	Комбінований цикл	Парова турбіна
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	1200	1100
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	52	52
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	5.76	5.76
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	5.0	5.0
ККД, %	36	33
КВВП, %	50	50
Термін експлуатації, років	35	35
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	1.5	1.5

Джерело: Прогнозована вартість електроенергії 2015

Таблиця А.2.16. Подовження терміну експлуатації існуючих ТЕЦ

	2015-2050	
	Газові	Вугільні
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	280-650	880-1300
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	41-51	51
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	0.3	1.0
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	2.0	5.0
ККД, %	25-34	16-26
КВВП, %	50	50
Термін експлуатації, років	15	15
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	1.55	1.1

Джерело: Прогнозована вартість електроенергії 2015

\* КВВП знаходиться в діапазоні від 46 - 90% відповідно з прогнозованою вартістю електроенергії 2015

Таблиця А.2.17. Електростанції, що працюють на паливних елементах

	2025-2050	
	ТЕС	ТЕС
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	844	844
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	62	62
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	14	14
ККД, %	50	50
КВВП, %	85	60
Термін експлуатації, років	10	10
Коефіцієнт виробництва тепла на одиницю виробленої електроенергії, МВт-год теплової енергії/МВт-год електричної енергії	–	0.64

## Інші електростанції

Таблиця А.2.18. Сонячні електростанції

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Промислові наземні (без трекеру)</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	1300	750	725	700	630	560	510	475
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	15							
КВВП, %	12,5							
Термін експлуатації, років	25							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1%							
Термін будівництва, років	1							
<b>Промислові наземні (з трекером)</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	1450	920	850	800	720	645	590	540
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	17.3							
КВВП, %	14,5							
Термін експлуатації, років	25							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1%							
Термін будівництва, років	1							
<b>Дахові</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	1700	900	875	850	800	750	700	600
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	12							
КВВП, %	13,0							
Термін експлуатації, років	25							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1%							
Термін будівництва, років	1							

Джерело: national data and US EIA Capital cost estimates for utility scale electricity generating plants. November 2016

Таблиця А.2.19. Вітрові електростанції

	2015	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
<b>Наземні</b>								
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	1665	1350	1350	1350	1325	1275	1225	1200
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	25	25	26	28	37	40	40	40
КВВП, %	36							
Термін експлуатації, років	20							
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1%							
Термін будівництва, років	1.5							

Таблиця А.2.20. Гідроелектростанції

	2015-2050		
	Великі	ГАЕС	Малі
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	3000-3300	1500	3000-3150
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	45	45	59
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	3.0	3.0	3.0
КВВП, %	33-36	26	30
Термін будівництва, років	60	60	40

Таблиця А.2.21. Геотермальні електростанції

	2015-2050
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	3800-4000
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	143.5
Вартість виведення з експлуатації, % від капітальної вартості блоку	1.0
КВВП, %	35-55
Термін будівництва, років	25

Таблиця А.2.22. Акумуляючі електричні технології

	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050
Капітальні витрати, дол. США/кВтел.	600	570	542	514	489	464	441
Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	8,6	8,1	7,6	7,0	6,5	6,5	6,5
Операційні змінні витрати, дол. США/МВт-годел	2,50	2,20	1,91	1,61	1,32	1,32	1,32
ККД, %	92%						
КВВП, %	33,3						
Термін будівництва, років	3						
Термін експлуатації, років	10						

## Сектор постачання

Таблиця А.2.23. Водневі технології

Типи технологій	Вхід	Потенційний початок експлуатації	Обсяг і вхідного палива	КВВП	Термін експлуатації	Капітальні витрати	Операційні фіксовані витрати, дол. США/кВтел	Операційні змінні витрати
	Енергоресурс			%	років	М€/ПДж/рік	М€/ПДж	М€/ПДж
H2 Електролізер централізований	Електроенергія	2030	1.43	90	10	21.9	0.44	
H2 НТ Паровий електролізер централізований	Електроенергія	2030	1.07	90	10	40.3	0.81	
	Тепло		0.20					
H2 SMR централізований	Природний газ	2030	1.35	90	10	10.6	0.53	0.51
H2 Електролізер децентралізований	Електроенергія	2030	1.43	90	10	27.3	0.55	
H2 SMR децентралізований	Природний газ	2030	1.50	90	10	21.9	1.09	0.51
H2 Зрідження	Водневий газ	2035	1.00	75	10	9.5	0.57	
	Електроенергія		0.21					

Джерело: Cascade-Mints D1.1 Fuel cell technologies and Hydrogen production/Distribution options, DLR



## Транспорт

**Таблиця А.2.24. Основні характеристики технологій водневого транспорту, використовувані в моделі TIMES-Україна**

Вид транспорту	Вартість, тис. євро		Термін експлуатації, років	Ефективність, км/ГДж		Річний пробіг, тис. км
	2015	2050		2015	2050	
Міжміські автобуси	320	280	20	277	332	27.5
Міські автобуси	320	280	20	270	324	27.5
Приватні авто з довгим запасом ходу (газоподібне паливо)	61	41	20	900	1200	17.5
Приватні авто з коротким запасом ходу (газоподібне паливо)	61	41	20	765	792	17.5
Приватні авто з довгим запасом ходу (рідке паливо)	59	38	20	900	1200	17.5
Приватні авто з коротким запасом ходу (рідке паливо)	59	38	20	765	792	17.5
Вантажівки	350	200	20	285	340	22.0

## Промисловість

**Таблиця А.2.25. Технології уловлювання та зберігання вуглецю (CCS)**

Technology Description	Ефективність	КВВП	Термін експлуатації	Капітальні витрати	Потенційний початок запуску
	%	%	років	дол. США / т CO <sub>2</sub> екв.	рік
Металургія	80	90	10	65-70	2031
Виробництво цементу	90	90	10	110	2031
Виробництво аміаку	100	90	10	100	2031
Виробництво етилену	100	90	10	190	2031

Джерело: Mission Possible: Reaching net-zero carbon emissions from harder-to-abate sectors by mid-century / ETC, -

<http://www.energy-transitions.org/mission-possible>; Decarbonization of industrial sectors: the next frontier //

McKinsey&Company, 2018. -

<https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/business%20functions/sustainability/our%20insights/how%20industry%20can%20move%20toward%20a%20low%20carbon%20future/decarbonization-of-industrial-sectors-the-next-frontier.ashx>

## Додаток 3. Перспективні технології виробництва електроенергії та тепла

Технології	Капітальні витрати, Євро/ кВтел							ККД, %	КВВП, %	Термін експлуатації, років	Коефіцієнт виробництва тепла на од. виробленої електроенергії
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050				
<b>ТЕС та ТЕЦ</b>											
<b>Ядерні</b>											
Новий блок №3 на Хмельницькій АЕС				1481				33	85	60	0.03
Новий блок №4 на Хмельницькій АЕС				1415				33	85	60	0.03
Нові великі блоки АЕС (1050-1770 МВт)				4230				42	93	30	0.04
Продовження терміну експлуатації діючих блоків АЕС				254				42	80	30	0.04
Нові малі блоки АЕС (160 МВт)				4230				32	98	80	0.04
<b>Природний газ</b>											
ТЕС, комбінований цикл				1000				60	50	35	0.15
ТЕС, газова турбіна				600				40	50	30	0.15
ТЕС, парова турбіна				920				42	50	30	0.15
Газова турбіна із швидким стартом (як балансуєча)				1000				50	1.5	35	–
ТЕС, комбінований цикл + CCS				2450				51	50	35	0.05
ТЕС, газова турбіна + CCS				2050				34	50	30	0.05
ТЕЦ, комбінований цикл				800				50	50	35	0.84
ТЕЦ, парова турбіна				920				45	50	35	0.95
Подовження терміну експлуатації існуючих ТЕЦ				280-650				19-43	50	15	1.1-3.0
ТЕЦ, комбінований цикл + CCS				2250				45	50	35	0.84
<b>Вугілля</b>											
ТЕС, інтегрований цикл газифікації (IGCC)				1800				46	50	35	0.15
ТЕС, надкритичні параметри				1300				43	50	40	0.15
ТЕС, підкритичні параметри				1600				39	50	35	0.15
ТЕС, циркулюючий киплячий шар				1700				43	50	35	0.15
ТЕС, спільне спалювання з біомасою, підкритичні пр.				2050				33	50	35	0.15
Подовження терміну експлуатації існуючих ТЕС				950				33-40	34-62	20	0.01-0.19
ТЕС, IGCC + CCS				4400				39	50	35	0.15
ТЕС, надкритичні параметри + CCS				3900				37	50	35	0.15
ТЕС, підкритичні параметри + CCS				4650				33	50	35	0.15
ТЕС, циркулюючий киплячий шар + CCS				4300				28	50	35	0.15
ТЕЦ, комбінований цикл				1200				40	50	35	0.84
ТЕЦ, парова турбіна				1100				35	50	35	0.90
ТЕЦ, комбінований цикл + CCS				2650				35	50	35	0.84

RESTRICTED

Технології	Капітальні витрати, Євро/ кВтел							ККД, %	КВВП, %	Термін експлуатації, років	Коефіцієнт виробництва тепла на од. виробленої електроенергії	
	2020	2025	2030	2035	2040	2045	2050					
<b>Біоенергетика</b>												
ТЕС, біомаса з деревини	2800	2800	2600	2500	2400	2200	2000	24	50	30	–	
ТЕС, біомаса з відходів	2890	2800	2700	2600	2500	2300	2100	23	50	30	0.3	
ТЕС, біогаз	4400	4300	4200	4100	4000	3900	3800	42	50	30	–	
ТЕС, енергетичні культури	2900	2800	2700	2600	2500	2300	2100	24	50	30	–	
ТЕС, біомаса з деревини + CCS								3650	24	50	30	–
ТЕС, біогаз + CCS								5350	42	50	30	–
ТЕС, енергетичні культури + CCS								3750	24	50	30	–
ТЕЦ, біомаса з деревини	3400	3300	3200	3100	3000	2900	2800	20	50	35	2.0	
ТЕС, біомаса з промислових відходів	3400	3200	3100	2900	2900	2800	2800	19	50	35	1.9	
ТЕС, біомаса з побутових відходів	3400	5200	5100	5000	4800	4500	4500	25	50	35	1.2	
ТЕЦ, енергетичні культури	3400	3300	3200	3100	3000	3000	3000	20	50	35	2.0	
ТЕЦ, біомаса з деревини + CCS								4450	20	50	35	1.5
ТЕЦ, енергетичні культури + CCS								4450	20	50	35	1.5
<b>Вітроенергетика</b>												
Наземні ВЕС	1350	1350	1350	1325	1275	1225	1200	–	36	20	–	
<b>Сонячна енергетика</b>												
Промислові наземні (без трекеру)	750	725	700	630	560	510	475	–	12.5	25	–	
Промислові наземні (з трекером)	920	850	800	720	645	590	540	–	14.5	25	–	
Дахові	900	875	850	800	750	700	600	–	13.5	25	–	
<b>Геотермальна</b>												
Геотермальні електростанції								3800-4000	–	35-55	25	–
<b>Гідроенергетика</b>												
Малі ГЕС								3000-3150	–	30	40	–
Великі ГЕС								3000-3300	–	33-36	60	–
ГАЕС								1500	–	26	60	–
<b>Акумуляючі електричні технології</b>												
Акумуляючі батареї	600	570	540	515	490	465	440	92	33	10	–	
<b>Паливні елементи (водень)</b>												
Водневі ТЕС	2530	1125	1125	844	844	844	844	50	85	10	–	
Водневі ТЕЦ	2530	1125	1125	844	844	844	844	50	60	10	0.64	

## Додаток 4. Додаткові результати розрахунків на базі ОМЗР України

### Динамічна обчислювана модель загальної рівноваги (ОМЗР) України

Оскільки наслідки енергетичної політики виходять далеко за межі енергетичного сектору, для їх адекватної оцінки виникає необхідність використання підходу до моделювання, який би надав комплексний (“top-down”) погляд на економіку країни. У попередніх звітах було проведено огляд наявних підходів до моделювання та оцінки економічних наслідків політик низьковуглецевого розвитку, включаючи НВВ. Як показав проведений порівняльний аналіз, ОМЗР можуть вважатись найбільш ефективним інструментарієм для такого моделювання. У даному розділі, додатково до моделі TIMES-Україна, яка надає оцінки ключових енергетичних та екологічних наслідків політик НВВ, ми використовуємо динамічну ОМЗР України (або модель UGEM) для оцінки множини економічних наслідків. Поточна версія моделі базується на статичній моделі<sup>74</sup> та динамічних елементах представлених у TRPC (2014),<sup>75</sup> додаткової дезагрегації секторів та енергетичних даних, імплементованих в контексті даної роботи. Це типова динамічна модель загальної рівноваги, яка описує економіку однієї країни з розподілом виробників на 88 секторів. Рисунок А.4.1 представляє схему потоків в ОМЗР України.

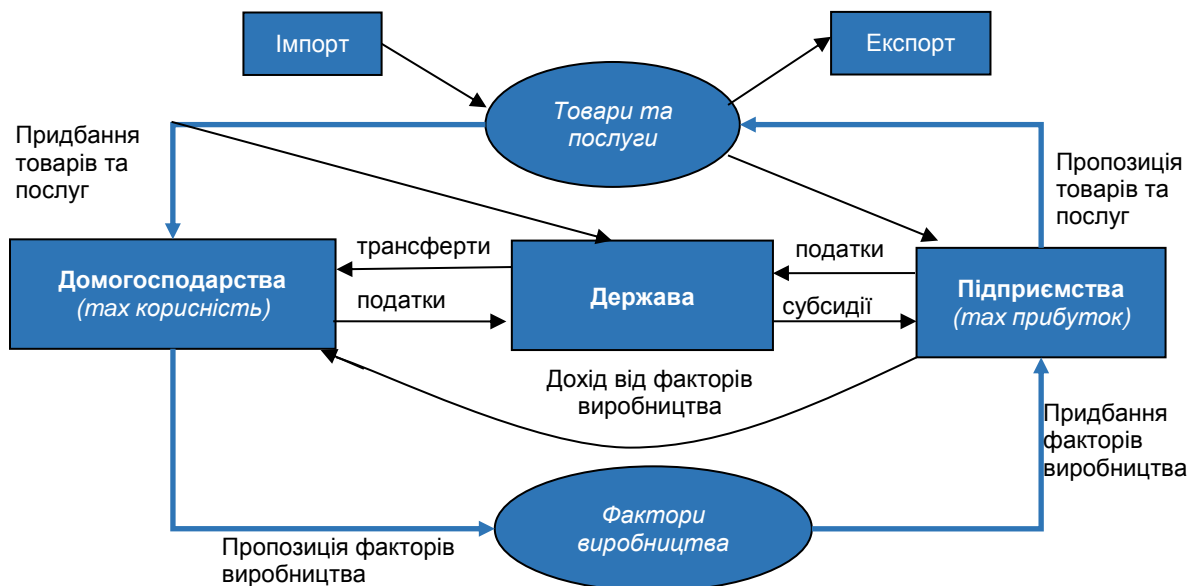


Рис. А.4.1. Схема потоків в ОМЗР України

Джерело: Автори.

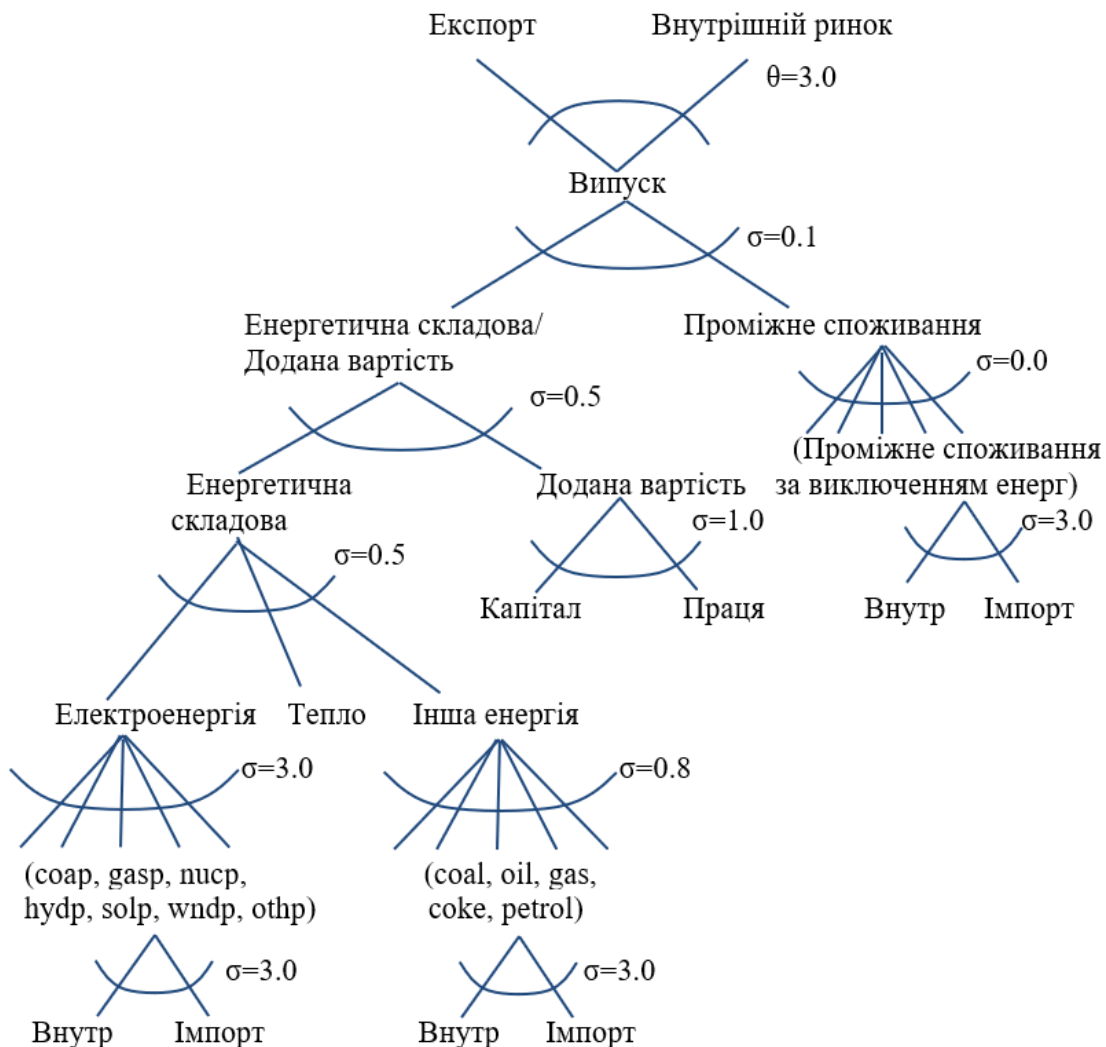
Припускається, що виробники максимізують прибуток, а кінцеві споживачів максимізують корисність. Підприємства виробляють товари та надають послуги використовуючи капітал, працю та товари проміжного споживання. Виробники продають продукцію на внутрішньому та зовнішньому ринках. На внутрішньому ринку товари кінцевого споживання купуються домогосподарствами, державою або інвестуються. Домогосподарства отримують плату за працю та капітал, а також грошові трансферти. Держава отримує податкові надходження та інші доходи, надає субсидії та трансферти домогосподарствам та виробникам. Для

<sup>74</sup> Chepeliev, M. 2014. Simulation and economic impact evaluation of Ukrainian electricity market tariff policy shift. *Economy and forecasting*, 1(1), 1-24. [https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract\\_id=2608980](https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2608980)

<sup>75</sup> Thompson Reuters Point Carbon (TRPC). 2014. Improving the existing carbon charge in Ukraine as an interim policy towards emissions trading – Detailed Report. <http://www.ebrdpeter.info/uploads/media/report/0001/01/9705b0af32bc096636a81554c185d9181b49d916.pdf>

представлення процесів виробництва та споживання в ОМЗР України використовуються функції з постійними еластичностями заміщення (ПЕЗ).<sup>76</sup> Різні структури нестінгу використовуються для представлення різних секторів ОМЗР України. На Рисунку А.4.2 представлено структуру виробництва, яка використовується для більшості секторів ОМЗР України. Інші структури виробництва використовуються для секторів Виробництво тепла (“hdt”), Решта електрогенерації (“othp”), Виробництво коксу (“coke”) та Виробництво продуктів нафтоперероблення (“petrol”).

У основному виробничому блоці використовується багаторівнева структура нестінгу, у якій вирізняються енергетичні та неенергетичні товари, а також додана вартість. Енергетичну складову розділено на електроенергію та інші енергоресурси. Виробництво електроенергії розділено на сім технологій – вугільна генерація, газова генерація, атомна енергетика, гідроенергетика, сонячна генерація, вітрогенерація та решта електроенергетики (здебільшого генерація електроенергії на основі біомаси). Складова інших енергоресурсів включає вугілля, нафту, газ, кокс та нафтопродукти. Структуру нестінгу для кінцевих споживачів представлено на Рисунку А.4.3.

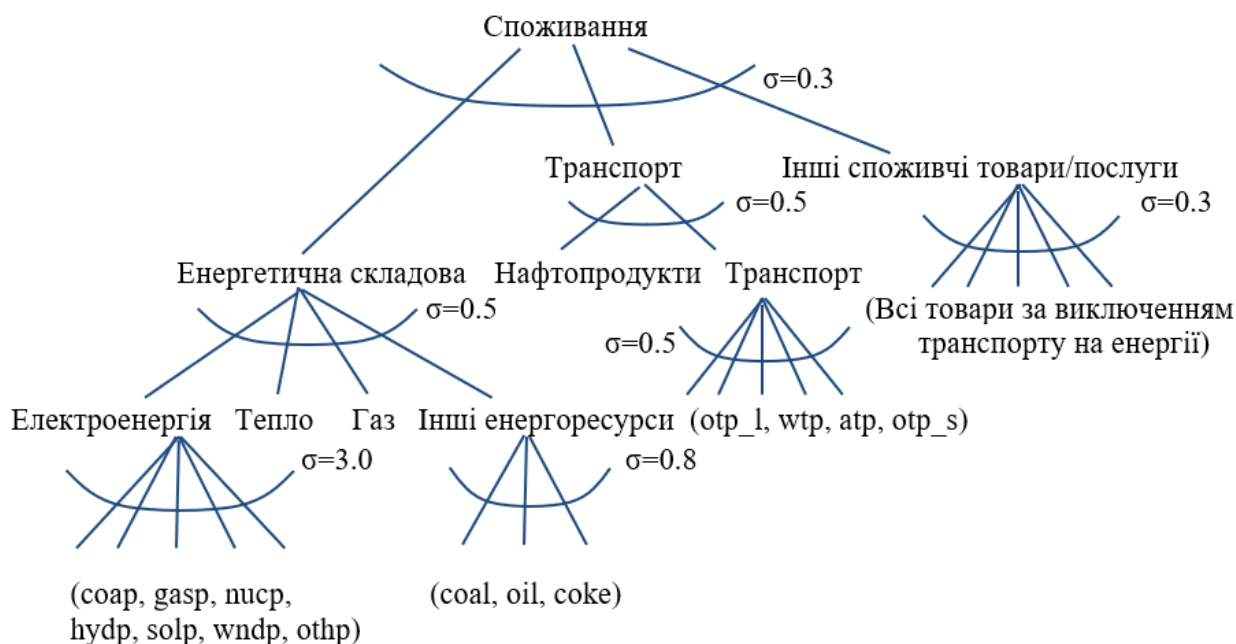


**Рис. А.4.2. Структура виробництва для всіх секторів за виключенням “hdt”, “othp”, “coke” та “petrol”**

Джерело: Автори.

Примітка: “σ” позначає еластичність заміщення для відповідного процесу; “θ” позначає еластичність трансформації.

<sup>76</sup> Еластичність заміщення показує міну відносних обсягів споживання внаслідок зміни відносних цін.



**Рис. А.4.3. Структура споживання для домогосподарств та держави**

Джерело: Автори.

Примітка: "σ" позначає еластичність заміщення для відповідного процесу.

ОМЗР України розроблено як статична модель, яка розв'язується покроково для кожного року/періоду. Обсяг основних засобів оновлюється у кожному періоді на базі рівняння:

$$CS_{i,t+1} = (1 - \delta)CS_{i,t} + Inv_{i,t},$$

де  $CS_{i,t+1}$  – обсяг основних засобів на початку періоду  $t + 1$  у  $i$ -му секторі;  $\delta$  – норма амортизації;  $Inv_{i,t}$  – обсяг інвестицій, вкладених у  $i$ -й сектор протягом періоду  $t$ .

Основні вхідні дані моделі базуються на таблицях витрати-випуск (ТВВ), розширеному енергетичному балансі, показниках національних рахунків та деталізованих даних зовнішньої торгівлі. Вхідні дані впорядковано у вигляді матриці соціальних рахунків,<sup>77</sup> яка базується на даних 2015 р. та яку збалансовано з використанням методів RAS та крос-ентропії.<sup>78</sup>

Зокрема, в якості базової виступає ТВВ України за 2015 р. з 42 секторами.<sup>79</sup> Деталізована ТВВ за 2005 р. з 79 секторами<sup>80</sup> використовується для дезагрегації ТВВ на 81 сектор. На наступному кроці деталізований енергетичний баланс

<sup>77</sup> Визначення та приклад матриці соціальних рахунків наведено в роботі:

Breisinger, C., Thomas, M., Thurlow, J. 2009. Social accounting matrices and multiplier analysis: An introduction with exercises. International Food Policy Research Institute. Washington D.C.

<sup>78</sup> RAS метод описано у роботі:

Trinh, B., Phong, N.V. 2013. A Short Note on RAS Method. Advances in Management & Applied Economics. Vol. 3, no. 4, 133-137. [http://www.scienpress.com/Upload/AMAE/Vol%203\\_4\\_12.pdf](http://www.scienpress.com/Upload/AMAE/Vol%203_4_12.pdf)

Огляд крос-ентропійних методів балансування представлено у роботі:

Robinson, S., Cattaneo, A., and El-Said, M., Updating and Estimating a Social Accounting Matrix Using Cross Entropy Methods. Economic Systems Research 13, 1 (2001), 47-64.

<sup>79</sup> Державна служба статистики України (ДССУ). 2017. Таблиця "витрати-випуск" України за 2015 рік в основних цінах. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

<sup>80</sup> ДССУ. 2007. Таблиця "витрати-випуск" в цінах споживачів за 2005 рік за розширеною програмою. <http://www.ukrstat.gov.ua/>

імплементується у ТБВ. В якості основного джерела енергетичних даних були використані дані Євростату для України за 2015 рік.<sup>81</sup> Деталізований енергетичний баланс за 2015 р. використовується для подальшої дезагрегації двох секторів ТБВ України. Зокрема, видобування нафти та газу розділено на нафту та газ, водночас виробництво електроенергії (один сектор у ТБВ України) розділено на сім видів генерації. Грошові та енергетичні потоки балансується з використанням крос-ентропійного підходу.

Моделі загальної рівноваги, такі як ОМЗР України, зазвичай використовуються для аналізу типу “Що буде-Якщо”. Після підготовки вхідних даних та калібрування моделі за базовим роком, сценарії політик розробляються у вигляді зміни значень екзогенних параметрів моделі. Як наслідок, вихідне положення рівноваги порушується і відбувається пошук нового стану рівноваги (або набору станів рівноваги у випадку динамічної моделі). Хоча ОМЗР України може бути ефективним інструментарієм для оцінки соціально-економічних наслідків енергетичних політик, дана модель не представляє енергетичний сектор на такому ж високому рівні деталізації, як модель TIMES-Україна. Відтак, для більш ефективної оцінки наслідків енергетичних політик доцільно використовувати поєднання цих двох моделей.

### **Комбіноване використання моделей TIMES-Україна та ОМЗР України**

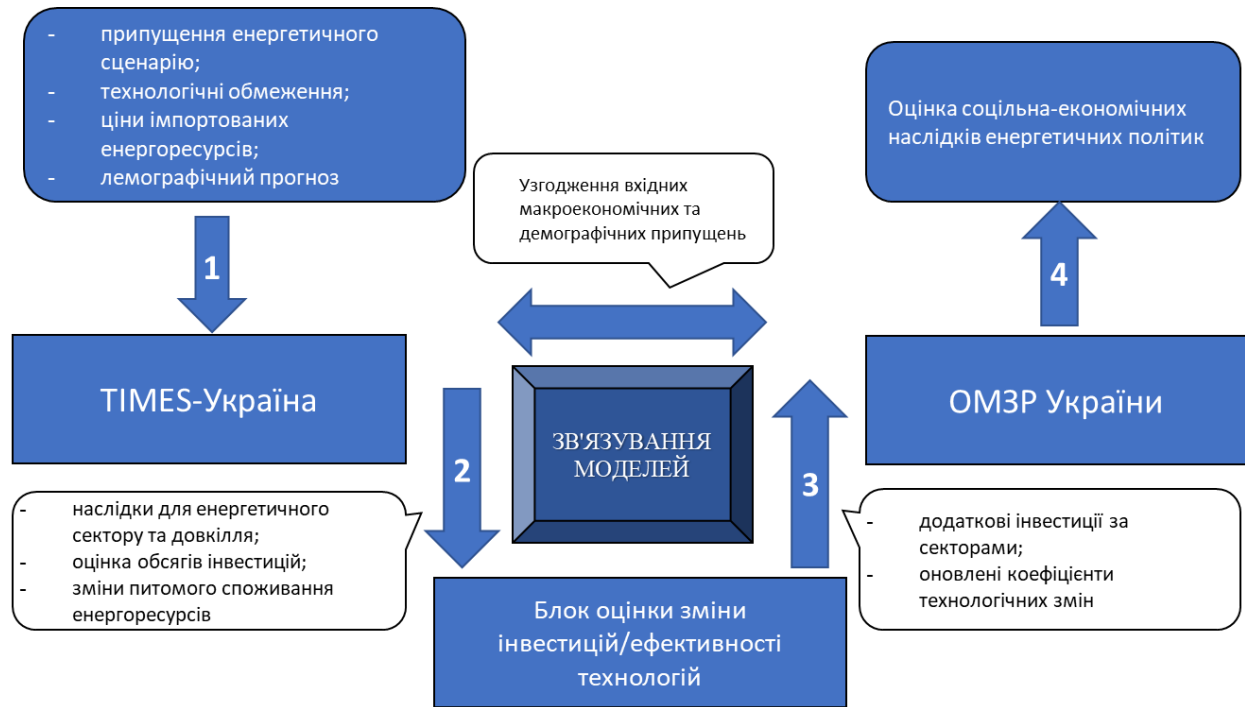
Для оцінки наслідків імплементации сценаріїв НБВ для України було використано підхід «м'якого зв'язування» моделей TIMES-Україна та ОМЗР України (Рисунок А.4.4).

На *першому кроці* здійснюється калібрування обох моделей за базовим сценарієм, зокрема прогнозів ВВП та кількості населення. Базовий сценарій ОМЗР України калібрується до базового сценарію моделі TIMES-Україна. Зокрема, узгоджується структура енергогенерації та обсяги викидів для обох моделей.

На *другому кроці* здійснюється оцінка політик НБВ з використанням моделі TIMES-Україна. Оцінюються наслідки реалізації НБВ політик для енергетичного сектору та здійснюється оцінка обсягів додаткових інвестицій, необхідних для реалізації цих політик. Також оцінюються питомі зміни обсягів споживання енергоресурсів за секторами відносно базового сценарію.

На *третьому кроці* здійснюється меппінг додаткових обсягів інвестицій та змін у питомих обсягах споживання енергоресурсів до секторів ОМЗР.

<sup>81</sup> Eurostat. 2017. Energy balances in the MS Excel file format. <https://ec.europa.eu/eurostat/web/energy/data/energy-balances>



**Рис. А.4.4. Зв'язування моделей TIMES-Україна та ОМЗР України**

Джерело: Автори.

На *четвертому кроці*, для кожного сценарію енергетичних політик що розглядається, в рамках ОМЗР України імплементуються питомі зміни енергоспоживання, оцінені на базі TIMES-Україна. Для досягнення скорочення обсягів викидів за кожним сценарієм в ОМЗР України накладається податок на викиди CO<sub>2</sub>, таким чином скорочення викидів в ОМЗР України та TIMES-Україна співпадають. Податок накладається на всіх споживачів енергоресурсів – побутових та непобутових. Надходження від податку на викиди спрямовуються у формі інвестицій у відповідні галузі згідно обсягів додаткових інвестицій за галузями, оціненими у TIMES-Україна. У разі якщо, обсяги надходжень від податку на викиди перевищують обсяги необхідних додаткових інвестицій, оцінених у TIMES-Україна, такі кошти залишаються у розпорядженні держави.

З різними підходами до представлення енергетичної системи, ОМЗР України (підхід зверху-вниз) та TIMES-Україна (підхід знизу-вверх) відрізняються у методологічних підходах, базових концепціях та ключових визначеннях. Зокрема, ці дві моделі використовують різні визначення поняття інвестиції. ОМЗР України використовує поняття валового нагромадження основного капіталу згідно системи національних рахунків, водночас в рамках TIMES-Україна будь-які витрати на енергетичне обладнання чи технології вважається інвестицією. Наприклад, якщо домогосподарства купують нову енергозберігаючу лампочку чи холодильник, за підходом моделі TIMES-Україна це вважається інвестицією. Враховуючи цей аспект, в процесі зв'язування ОМЗР України та TIMES-Україна кінцеві споживчі витрати домогосподарств, які виступають як інвестиційна категорія у TIMES-Україна, не включаються до категорії інвестицій в ОМЗР України; водночас, витрати всіх інших економічних агентів, представлених у TIMES-Україна, включаються до категорії інвестицій в ОМЗР (наприклад, сектор послуг).



Моделі також мають різну класифікацію секторів. OMЗР України представляє всю економіку країни, водночас TIMES-Україна має значно більш деталізоване представлення енергетичного сектору. Це створює деяку невизначеність в процесі зв'язування моделей при «меппінгу» секторів. Крім того, деякі технології, безпосередньо представлені в TIMES-Україна, не представлені в OMЗР України. Наприклад, в OMЗР безпосередньо не представлено технології уловлювання та зберігання вуглецю та геотермальні джерела енергії, а електромобілі представлено агреговано з іншими транспортними засобами.

Ще однією суттєвою різницею між моделями є те, що TIMES-Україна обирає з множини доступних технологій, тобто технології, не задіяні у базовому році, можуть бути задіяні у майбутньому. Водночас, OMЗР України використовує лише технології, наявні у базовому році, хоча й передбачає можливість зміни ефективності виробництва, представляючи, таким чином, введення нових технологій або зміну продуктивності існуючих процесів виробництва.

Як показав огляд літератури, загалом **моделі енергетичних систем, такі як TIMES-Україна, в середньому надають нижчі оцінки вартості імплементації кліматичних політик, ніж OMЗР**, у деяких випадках така різниця може досягати 60%-70%.<sup>82</sup>

## СПИСОК СЕКТОРІВ OMЗР УКРАЇНИ

№	OMЗР код	ISIC код	Опис сектору
1	crp	011, 012, 013, 015	Рослинництво
2	breed	014, 017	Тваринництво та мисливство
3	breedsrv	016	Надання послуг у галузях тваринництва та мисливства
4	frs	02	Лісове господарство
5	fsh	03	Рибне господарство
6	coa	05	Видобування вугілля та лігніту
7	oil	061	Видобування нафти
8	gas	062	Видобування газу
9	metore	07	Видобування металевих руд
10	stone	081	Розроблення кам'яних кар'єрів; видобування піску та глини
11	chmmin	0891	Видобування мінеральної сировини для хімічної промисловості та виробництва мінеральних добрив
12	salt	0892, 0893, 0899, 09	Видобування солі; інші галузі добувної промисловості
13	cmt_omt	101	М'ясна промисловість
14	fish	102	Промислове виробництво рибної продукції
15	pfv	103	Промислове перероблення овочів та фруктів
16	vol	104	Виробництво жирів
17	mil	105	Виробництво молочних продуктів
18	grain	106	Оброблення зерна, виробництво крохмалю
19	anf	108	Виробництво готових кормів для тварин
20	ofd_bt	107, 110, 120	Виробництво інших харчових продуктів; виробництво напоїв; тютюнова промисловість
21	tex_wap	13, 14	Текстильна промисловість та пошиття одягу
22	lea	15	Виробництво шкіри та шкіряного взуття
23	lum	16	Виробництво деревини та виробів з деревини
24	pap	17, 18	Виробництво паперу та картону

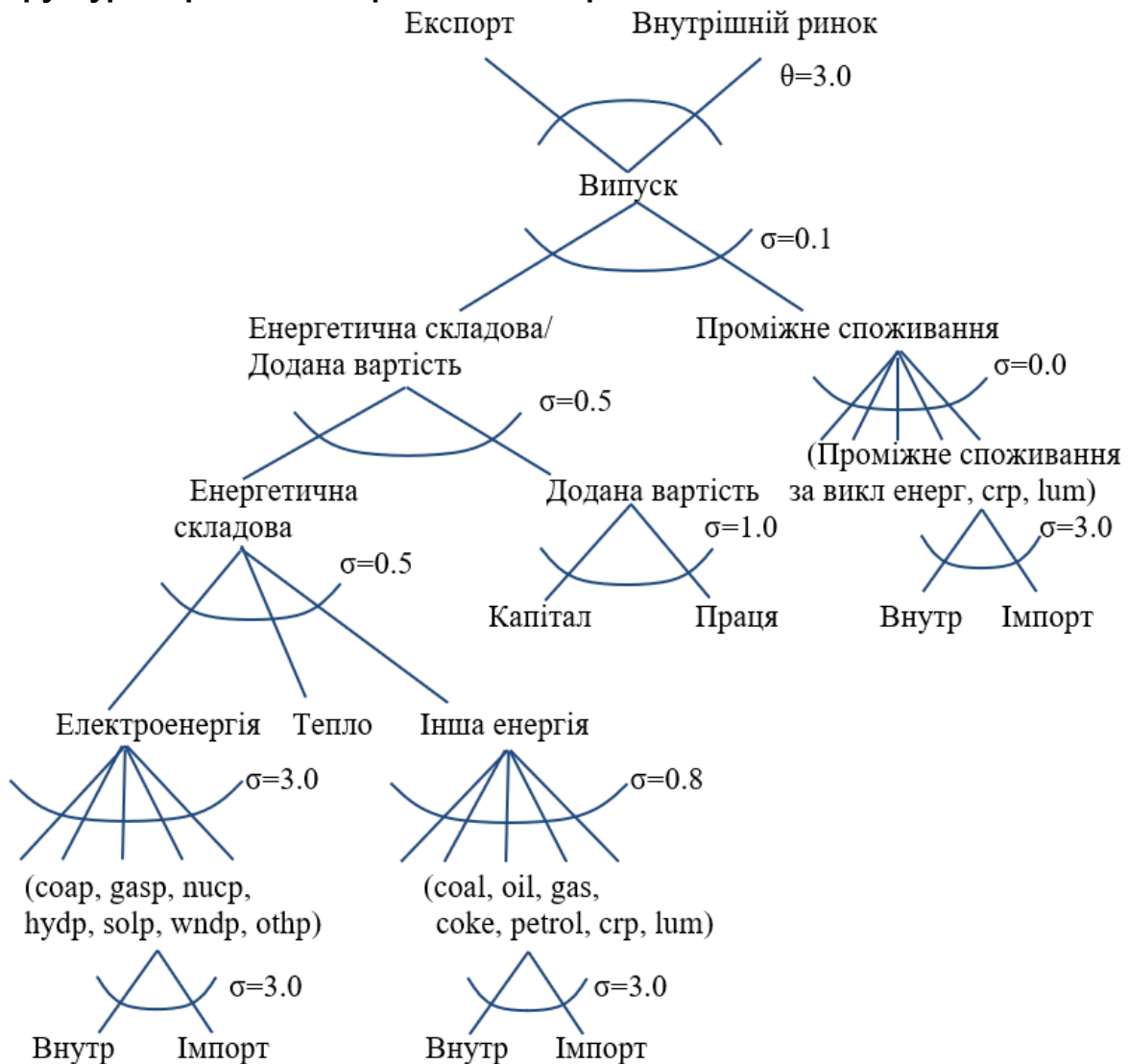
<sup>82</sup> Edenhofer, O., C. Carraro, J. Kohler and M. Grubb (Ed.) (2006). Endogenous Technological Change and the Economics of Atmospheric Stabilization. The Energy Journal, Special Issue.

Timilsina, G., Pang, J., Yang, X. 2019. Linking Top-Down and Bottom-Up Models for Climate Policy Analysis: The Case of China. Policy Research Working Paper 8905. The World Bank. <http://documents.worldbank.org/curated/en/426801561032910616/pdf/Linking-Top-Down-and-Bottom-Up-Models-for-Climate-Policy-Analysis-The-Case-of-China.pdf>

№	ОМЗР код	ISIC код	Опис сектору
25	ppm	58-60	Видавнича справа, поліграфічна промисловість, відтворення друкованих матеріалів
26	coke	191	Виробництво коксопродуктів; виробництво та перероблення ядерного палива
27	petrol	192	Нафтоперероблення
28	bch	201	Виробництво базової хімічної продукції
29	agch	2021	Виробництво агрохімічних продуктів
30	pvi	2022	Виробництво лаків та фарб
31	pmch	21	Фармацевтичне виробництво
32	och	2023, 2029	Виробництво інших хімічних продуктів
33	fib	203	Виробництво штучних або синтетичних волокон
34	chem_rub	22	Гумова та пластмасова промисловість
35	glass	231	Виробництво скла та виробів зі скла
36	cer	2391, 2392, 2393	Виробництво інших керамічних виробів
37	clp	2394, 2395	Виробництво цементу, вапна та гіпсу та виробів з них
38	onmm	2396, 2399	Оброблення каменю, виробництво іншої мінеральної продукції
39	bmet	24	Металургія
40	fmet	25	Оброблення металу
41	mmp	2811, 2812, 2813, 2814	Виробництво механічного устаткування
42	mgp	2815, 2816, 2817, 2819	Виробництво інших машин загального призначення
43	maf	2821	Виробництво сільськогосподарських машин
44	mmt	2818, 2822	Виробництво верстатів
45	mcp	2823, 2824, 2825, 2826, 2829	Виробництво інших машин спеціального призначення
46	mda	27	Виробництво побутових приладів
47	ele_nec	2610, 2620	Виробництво канцелярських та електронно-обчислювальних машин
48	mel	3312, 3313, 3314, 3320	Виробництво електричних машин та апаратури
49	ele_com	2630, 2640	Виробництво устаткування для радіо, телебачення та зв'язку
50	mmpow	265, 2660, 267, 268	Виробництво медичних приладів та інструментів; точних вимірювальних пристроїв, оптичних пристроїв та годинників
51	mvh	29	Виробництво автомобілів
52	otn	30	Виробництво іншого транспортного устаткування
53	omfm	31, 32, 3311, 3315, 3319	Виробництво меблів; інші види виробництва
54	omfr	36-39	Оброблення відходів
55	coap	351	Вугільні електростанції
56	gasp		Газові електростанції
57	nucp		Атомні електростанції
58	hydp		Гідроелектростанції
59	wndp		Вітрові електростанції
60	solp		Сонячні електростанції
61	othp		Решта електрогенерації
62	gdt		352
63	hdt	353	Виробництво та розподілення тепла
64	wtr	36-39	Збір, очищення та розподілення води
65	cns	41-43	Будівництво
66	trd	45-47	Оптова й роздрібна торгівля; ремонт транспортних засобів
67	accom	55-56	Готелі та ресторани
68	otp_l	49	Наземний транспорт
69	wtp	50	Водний транспорт
70	atp	51	Авіаційний транспорт
71	otp_s	52	Допоміжні транспортні послуги
72	cmnp	53	Пошта та кур'єрська служба
73	telc	61	Телекомунікації
74	ofi_fin	64	Фінансове посередництво
75	isr	65	Страховання
76	ofi_aux	66	Допоміжна діяльність у сфері фінансів та страхування

№	ОМЗР код	ISIC код	Опис сектору
77	rea	68	Операції з нерухомістю
78	rent	77-82	Здавання під найм
79	progr	62-63	Діяльність у сфері інформатизації
80	rnd	72	Дослідження та розробки
81	legl	69-71	Діяльність у сферах права та бухгалтерського обліку
82	adve	73-75	Рекламна діяльність і дослідження кон'юнктури ринку
83	govn	84	Державне управління й оборона; обов'язкове соціальне страхування
84	edu	85	Освіта
85	healt	86-88	Охорона здоров'я та надання соціальної допомоги
86	sew	36-39	Асенізація, прибирання вулиць та оброблення відходів
87	arts	90-93	Мистецтво, спорт, розваги та відпочинок
88	osa	94-97	Надання інших видів послуг

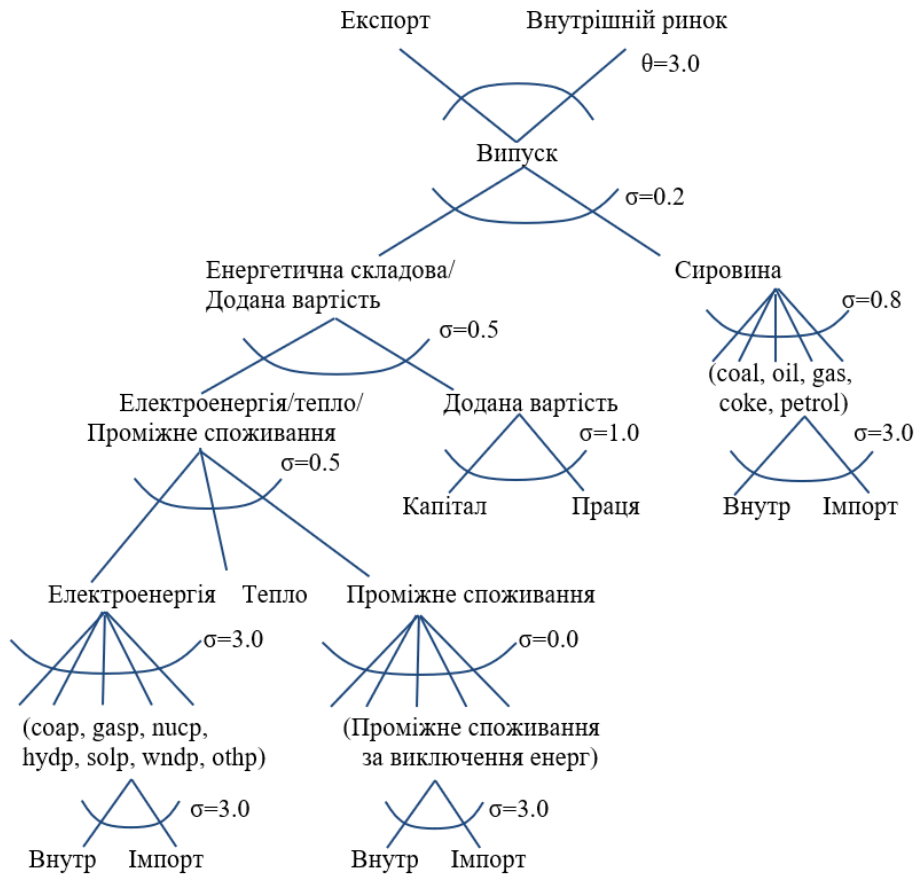
**Структура окремих секторів в ОМЗР України**



**Рис. А.4.5. Структура секторів тепlopостачання ("hdt") та решта електрогенерації ("othp")**

Джерело: Автори.

Примітка: "σ" позначає еластичність заміщення для відповідного процесу; "θ" позначає еластичність трансформації.

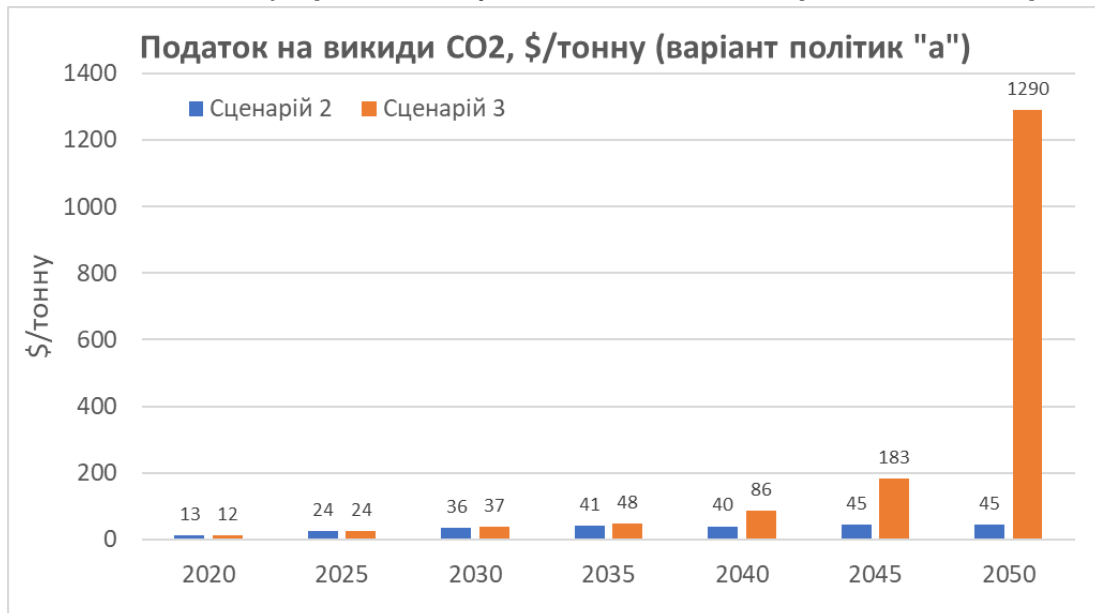


**Рис. А.4.6. Структура секторів нафтоперероблення (“petrol”) та виробництво коксу (“coke”)**

Джерело: Автори.

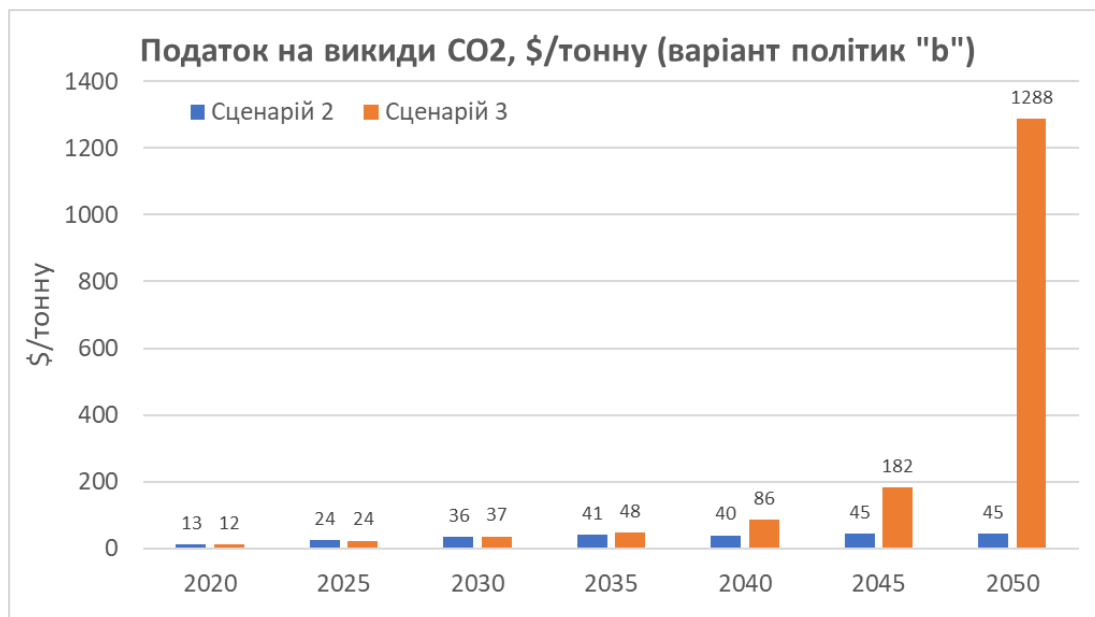
Примітка: “ $\sigma$ ” позначає еластичність заміщення для відповідного процесу; “ $\theta$ ” позначає еластичність трансформації.

**Податок на викиди (вартість CO<sub>2</sub>), оцінений ОМЗР України за сценаріями**



**Рис. А.4.7. Податок на викиди CO<sub>2</sub> за варіанту політик “a”: зростання обсягів інвестицій та покращення енергоефективності**

Примітка: ціни наведено у постійних дол. США 2015.



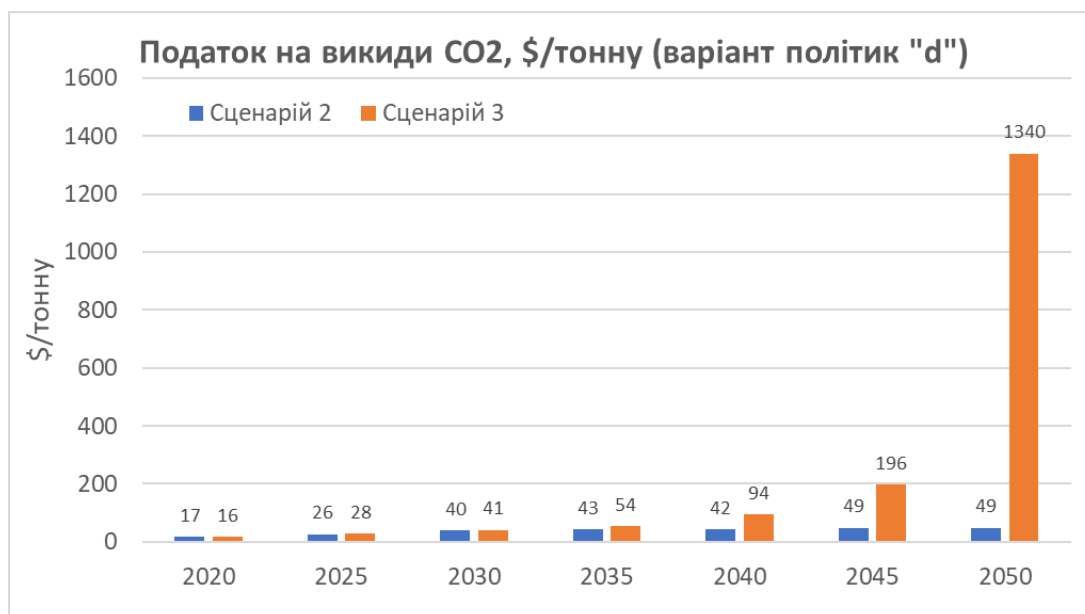
**Рис. А.4.8. Податок на викиди CO<sub>2</sub> за варіанту політик "b": вплив експорту дозволів на викиди від газового сектору**

Примітка: ціни наведено у постійних дол. США 2015.



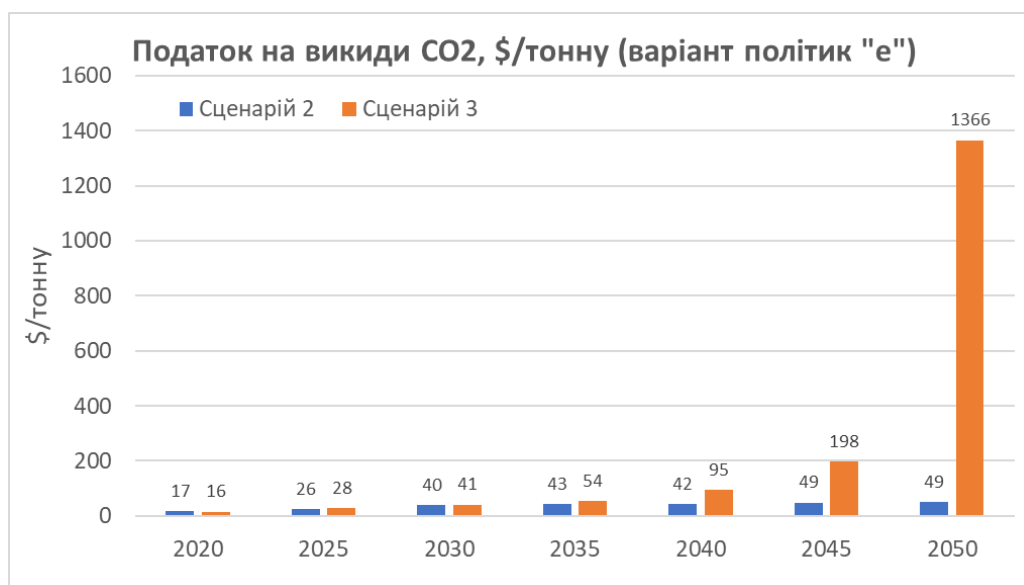
**Рис. А.4.9. Податок на викиди CO<sub>2</sub> за варіанту політик "c": енергоефективність на рівні базового року**

Примітка: ціни наведено у постійних дол. США 2015.



**Рис. А.4.10. Податок на викиди CO<sub>2</sub> за варіанту політик "d": дохід від податків на викиди залишається у держави**

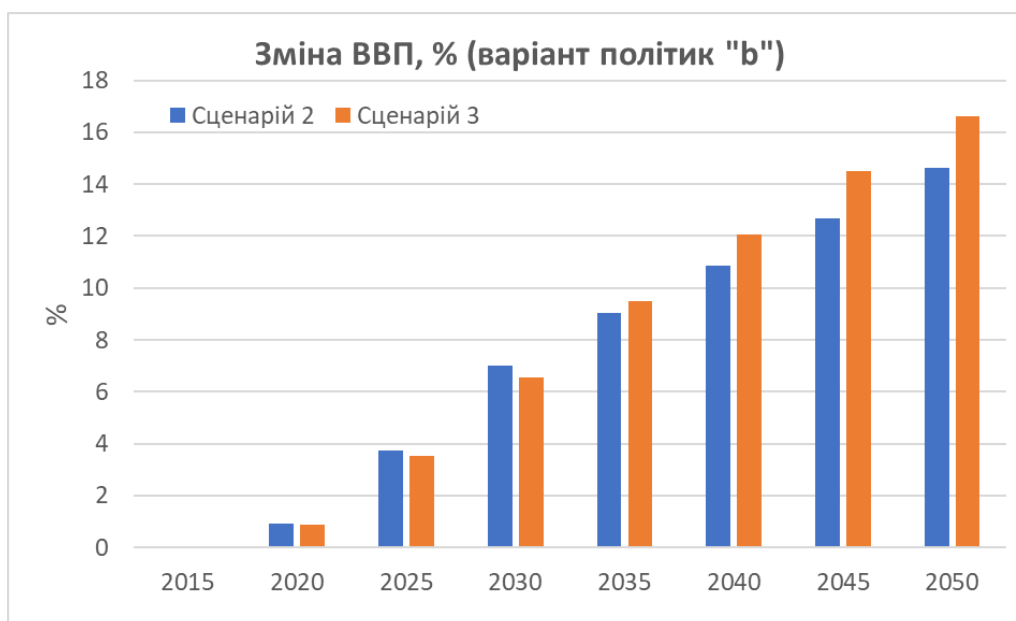
Примітка: ціни наведено у постійних дол. США 2015.



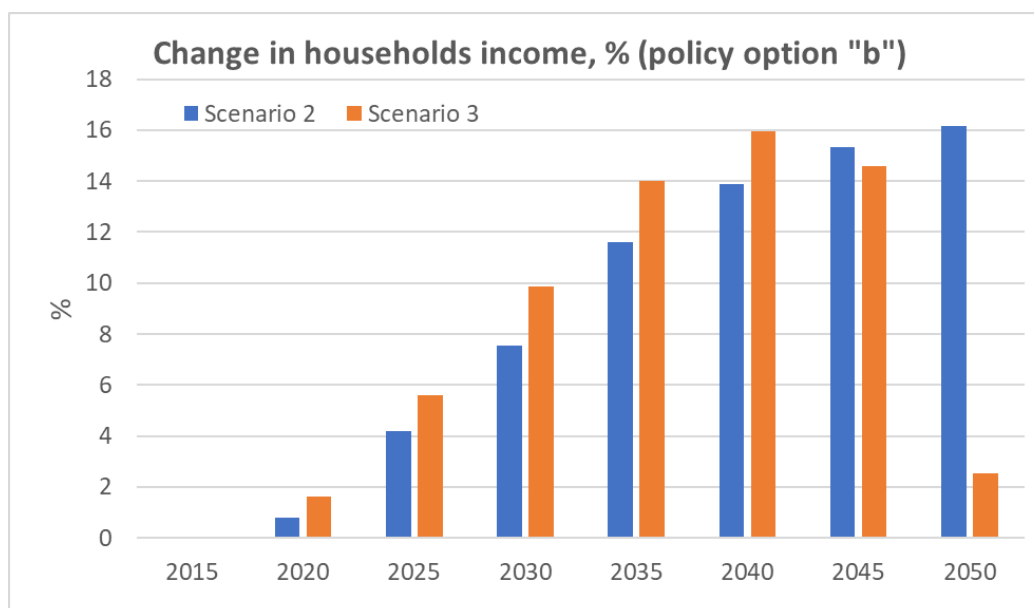
**Рис. А.4.11. Податок на викиди CO<sub>2</sub> за варіанту політик "e": дохід від податків на викиди перерозподіляється домогосподарствам**

Примітка: ціни наведено у постійних дол. США 2015.

## Додаткові результати оцінки економічних наслідків



**Рис. А.4.12. Зміна ВВП за варіанту політик "b": вплив експорту дозволів на викиди від газового сектору**



**Рис. А.4.13. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик "b": вплив експорту дозволів на викиди від газового сектору**

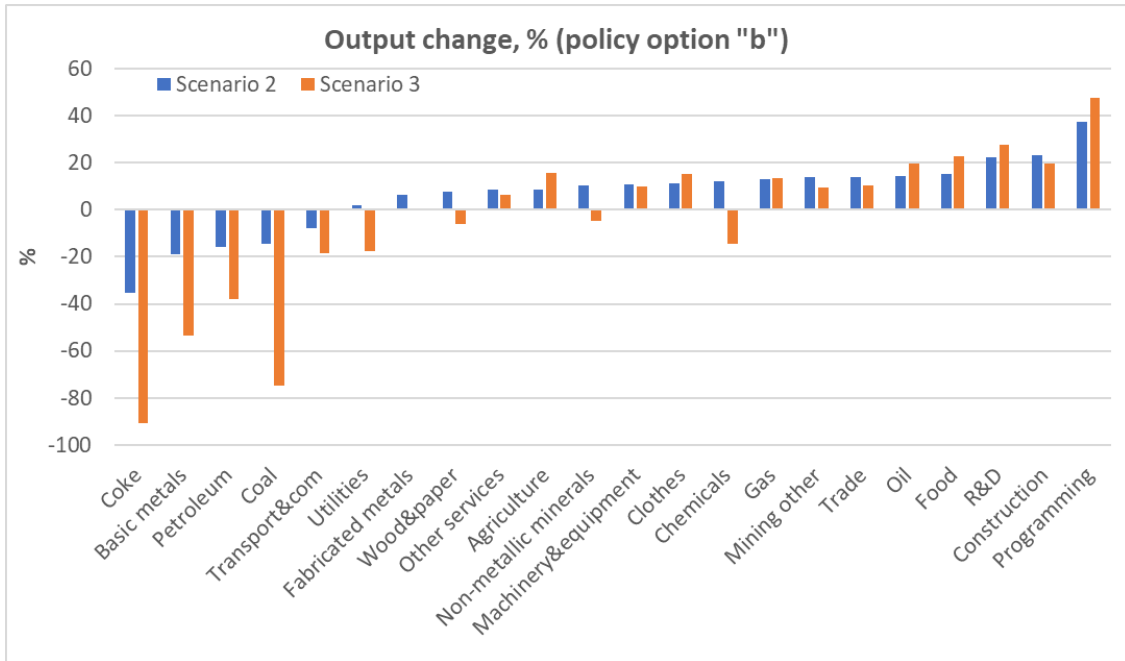


Рис. А.4.14. Зміна випуску за секторами у 2050 р. за варіанту політик “b”: вплив експорту дозволів на викиди від газового сектору

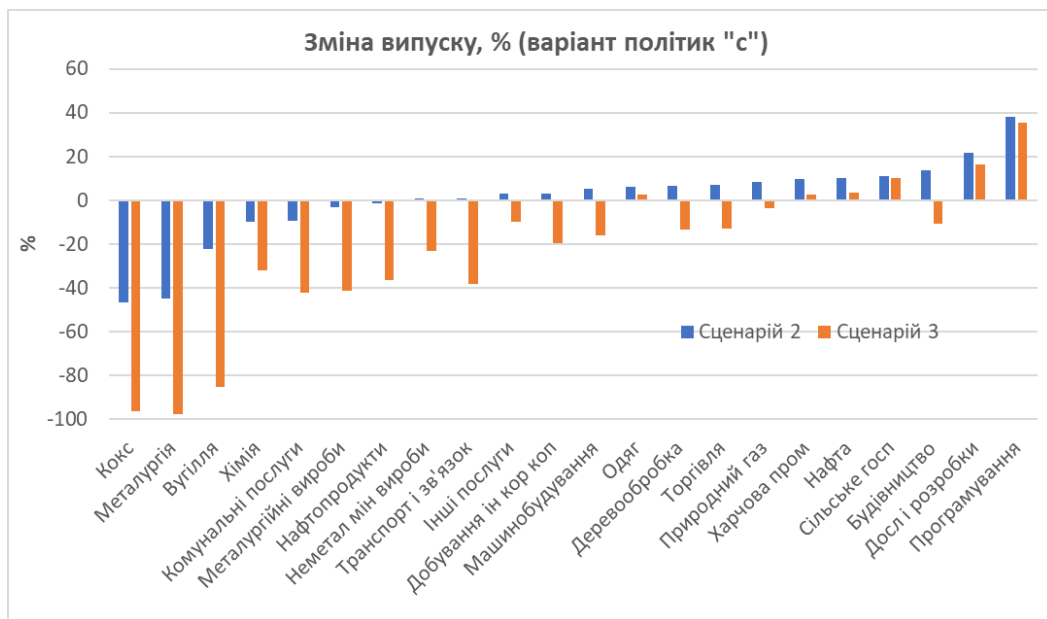
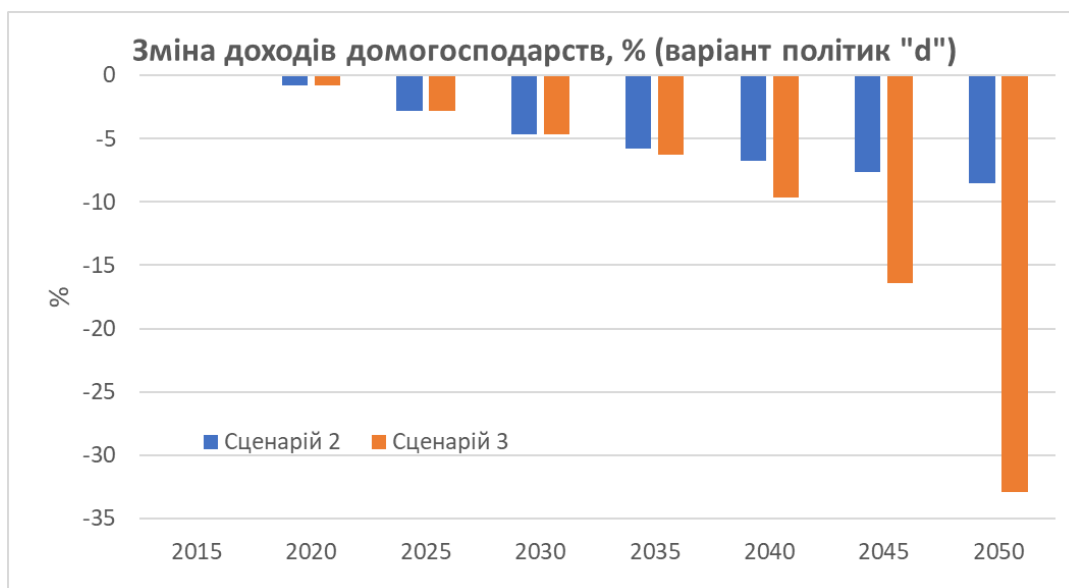
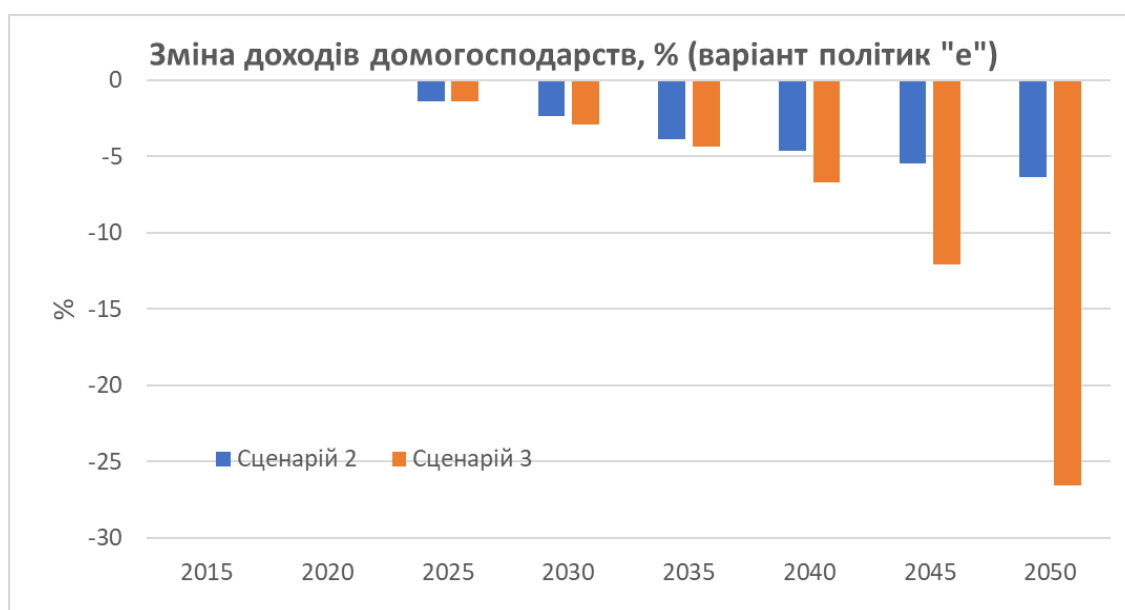


Рис. А.4.15. Зміна випуску за секторами у 2050 р. за варіанту політик “с”: енергоефективність на рівні базового року





**Рис. А.4.16. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик "d": дохід від податків на викиди залишається у держави**



**Рис. А.4.17. Зміна доходів домогосподарств за варіанту політик "e": дохід від податків на викиди перерозподіляється домогосподарствам**

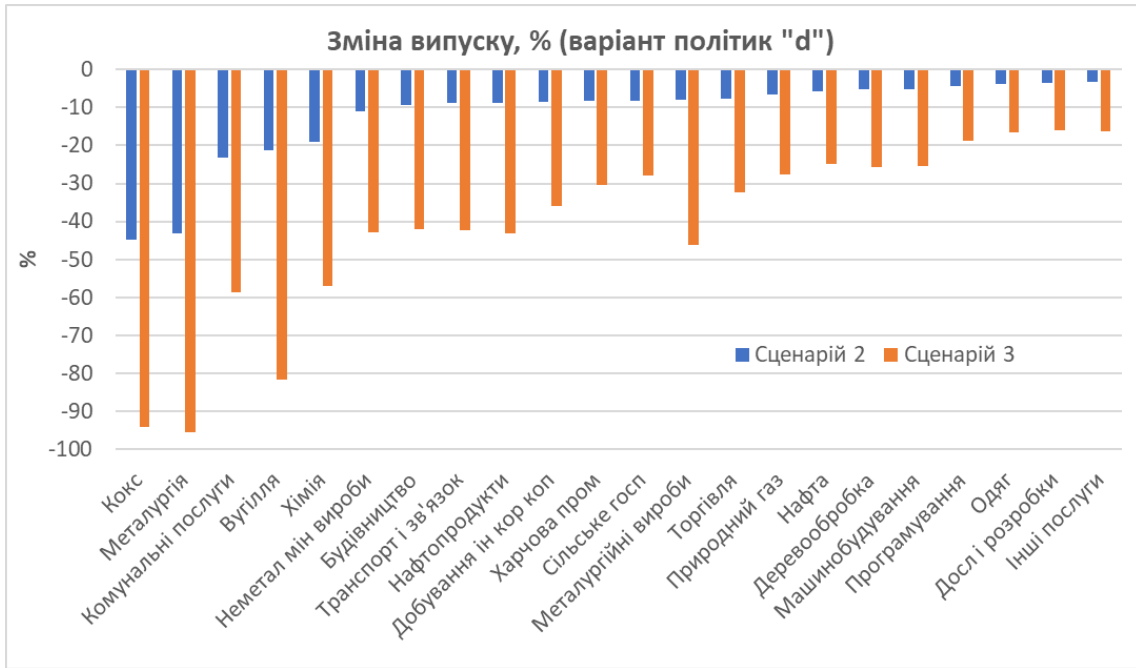


Рис. А.4.18. Зміна випуску за секторами у 2050 р. за варіанту політик “d”: дохід від податків на викиди залишається у держави

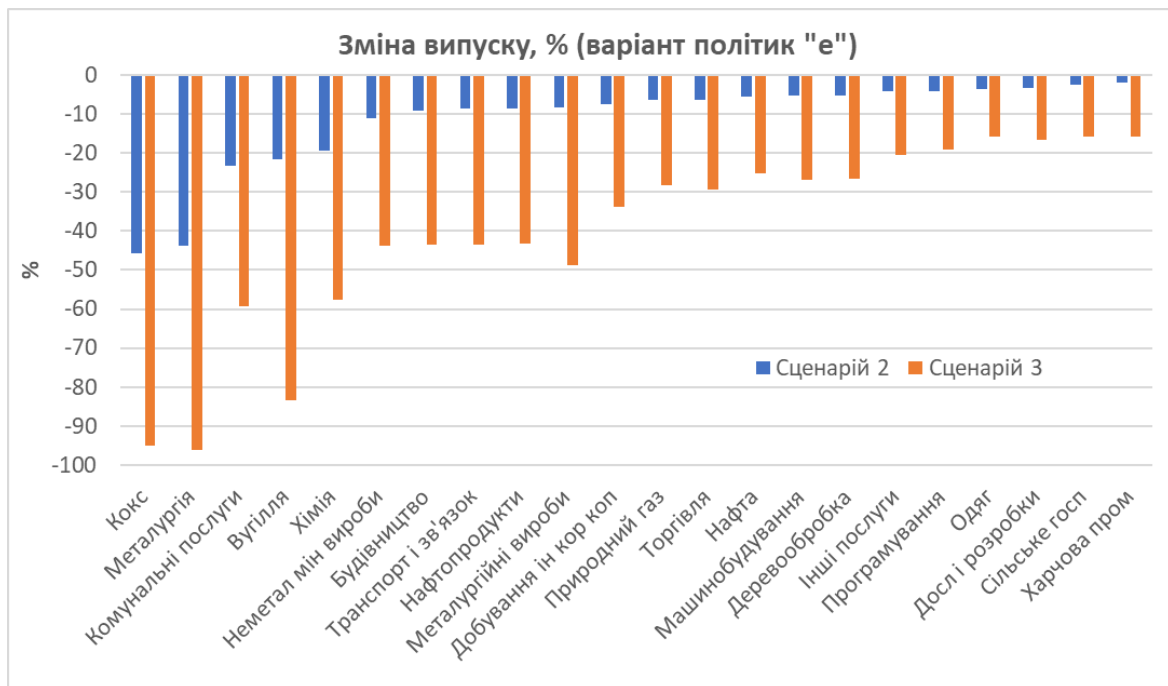


Рис. А.4.19. Зміна випуску за секторами у 2050 р. за варіанту політик “e”: дохід від податків на викиди перерозподіляється домогосподарствам