

<https://doi.org/10.31891/2307-5740-2022-306-3-40>

УДК 338.246:621.577

Ірина ФАДЕЄВА

Івано-Франківський національний технічний університет нафти і газу

<https://orcid.org/0000-0002-6978-1621>

[i.fadyeyeva@gmail.com](mailto:i.fadyeyeva@gmail.com)

## ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИЙ МЕХАНІЗМ ВИБОРУ ТА ОЦІНЮВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАХОДІВ ЩОДО ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У НАФТОГАЗОВІЙ ГАЛУЗІ

*Розвиток сучасних підходів до вибору та комплексного оцінювання ефективності заходів щодо зниження викидів парникових газів у нафтогазовій галузі є актуальною науковою проблемою, яка потребує розробки та впровадження прогресивних методів, особливо сьогодні, коли кліматичні зміни стали однією з найсерйозніших світових екологічних і економічних проблем. Зміни глобального клімату обумовлені постійним зростанням викидів парникових газів в атмосферу, що супроводжується збільшенням кількості природних катастроф, та, як наслідок, масштабів економічних втрат. Обґрунтовано вид цільової функції для оцінювання і вибору варіантів реалізації природоохоронних заходів як мінімізації питомих втрат, що приведені до одиниці скорочених викидів парникових газів. Вона враховує виробничі, технологічні, екологічні і соціальні обмеження і дозволяє обрати той варіант, який забезпечує максимальне скорочення викидів парникових газів у нафтогазовій галузі за мінімальних витрат. Розроблено еколого-економічний механізм, що дає змогу обґрунтовано здійснити вибір заходів щодо зниження викидів парникових газів з урахуванням усіх чинників, здійснити оцінювання варіантів їх реалізації при здійсненні природоохоронної діяльності на підприємствах нафтогазової галузі.*

*Ключові слова: ефективність, економічні втрати, еколого-економічний механізм, викиди парникових газів, заходи зі зниження викидів.*

Iryna FADYEYeva

Ivano-Frankivsk National Technical University of Oil and Gas,

## ECOLOGICAL AND ECONOMIC MECHANISM OF SELECTION AND EVALUATION OF EFFICIENCY OF MEASURES TO REDUCE GREENHOUSE GAS EMISSIONS IN THE OIL AND GAS INDUSTRY

*The problem of reducing greenhouse gas emissions is global in nature and requires not only the joint efforts of all countries, but also the use of effective mechanisms to address it. Greenhouse gas emissions from the oil and gas industry are a negative phenomenon associated with the extraction, storage, processing, transportation of hydrocarbons. They have a negative impact on the environment and the safety of human life.*

*The development of modern approaches to the selection and comprehensive evaluation of the effectiveness of measures to reduce greenhouse gas emissions in the oil and gas industry is an urgent scientific problem that requires the development and implementation of advanced methods, especially today, when climate change has become one of the world's major environmental and economic problems. Global climate change is driven by a steady increase in greenhouse gas emissions, accompanied by an increase in the number of natural disasters and, as a result, the scale of economic losses. The type of target function for the assessment and selection of options for the implementation of environmental measures as a minimization of specific losses reduced to the unit of reduced greenhouse gas emissions is substantiated. It takes into account production, technological, environmental and social constraints and allows you to choose the option that provides the maximum reduction of greenhouse gas emissions in the oil and gas industry at minimum cost. An ecological and economic mechanism has been developed, which allows to reasonably choose measures to reduce greenhouse gas emissions taking into account all factors, to assess options for their implementation in the implementation of environmental activities in the oil and gas industry.*

*Key words: efficiency, economic losses, ecological and economic mechanism, greenhouse gas emissions, emission reduction measures.*

### Постановка проблеми у загальному вигляді

#### та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Проблема зниження викидів парникових газів має глобальний характер і потребує не тільки спільних зусиль усіх країн світу, але й використання ефективних механізмів для її вирішення. Викиди парникових газів у нафтогазовій промисловості є негативним явищем, що пов'язане з видобуванням, зберіганням, переробкою, транспортуванням вуглеводнів. Вони негативно впливають на довкілля і безпеку життєдіяльності людини.

Збільшення обсягів видобування нафти і газу без технічного переоснащення галузі може призвести до загострення даної проблеми і погіршення екологічних умов. Сьогодні погіршення екологічних умов повною мірою визначається незадовільним станом основних виробничих фондів нафтогазової галузі та інших базових галузей промисловості: енергетичної, металургійної та хімічної тощо. Отже природоохоронна діяльність нафтогазових компаній, яка орієнтована на вибір заходів щодо зниження викидів парникових газів, дозволить отримати найбільше скорочення парникових викидів при обмеженості фінансових ресурсів. Метою цих заходів мають бути скорочення еколого-економічних збитків на рівні нафтогазової галузі та окремих підприємств, а відтак, і покращення у перспективі фінансового стану та

інвестиційних можливостей відповідних підприємств в контексті залучення внутрішніх та зовнішніх фінансових ресурсів. Отже, розробка еколого-економічного механізму вибору та оцінювання варіантів проведення заходів щодо зниження викидів парникових газів у нафтогазовій галузі при одночасному економічному розвитку галузі є актуальною науковою проблемою.

### Аналіз досліджень та публікацій

Проблеми зниження викидів парникових газів та їх впливу на глобальний клімат знаходяться у центрі уваги багатьох відомих вітчизняних та зарубіжних науковців, а також відображаються у документах ООН в рамках міжурядової комісії по зміні клімату [1]. Успіхи, досягнуті у розумінні змін глобального клімату дозволяють комісії оцінювати їх передбачуваність і використовувати можливості прогнозування для розробки стратегічних заходів щодо адаптації до цих змін і пом'якшення їх негативних наслідків. Ці заходи допомагають реагувати на наслідки кліматичних коливань у всіх основних соціальних сферах і секторах економіки.

Сьогодні існує більше 15 різних моделей [2] загальної циркуляції атмосфери і океану, які при однакових сценаріях викидів парникових газів дають приблизно однакові результати. У ці моделі закладені усі природні і антропогенні фактори, які відомі науці, у тому числі і викиди парникових газів [3].

Найбільш ефективною вважається модель PAGE 2002 (Policy Analysis of the Greenhouse Effect 2002) [4]. Вона дозволяє розрахувати сукупні збитки не тільки для світової економіки, але й для економік окремих країн та регіонів залежно від різних сценаріїв зміни клімату, які відповідають певному рівню концентрації парникових газів. В якості міри економічних збитків у моделі використано відносний показник щорічних втрат у відсотках від світового ВВП, у разі якщо мова йде про глобальні збитки, або ВВП країни, якщо визначаються локальні оцінки. Оцінювання збитків здійснюється за трьома напрямками:

- вплив на ринки (Market impacts);
- позаринкові впливи (Non-Market impacts);
- соціально обумовлені втрати, що викликані форс-мажорними подіями соціального характеру.

Перший напрям моделює можливі негативні впливи змін клімату на традиційні ринки – енергетику, лісове і сільське господарство та ін. Збитки оцінюються через показники скорочення відповідних секторів у діючих ринкових цінах.

Другий напрям дозволяє оцінити збитки, нанесені довкіллю (скорочення біорізноманітності) і здоров'ю населення (зростання смертності). Для цього використовують непрямі економічні чинники, такі як вартість людського життя і ціна вимирання біологічного виду.

Третій напрям моделює можливі економічні втрати, пов'язані з масовою міграцією населення, розвитком міжнародних конфліктів та іншими соціальними реакціями на руйнацію звичного укладу життя внаслідок зміни клімату.

Об'єднання цих трьох видів можливих економічних втрат від зміни клімату дозволило [4] зробити висновок, що у разі несприятливого розвитку подій рівень життя населення може знизитися протягом наступних 20 років на 20% порівняно з сьогоднішнім.

Отже, розрахунки на основі моделі PAGE 2002 наочно підтверджують, що зміни клімату вимагають впровадження спеціальних заходів з метою обмеження і скорочення викидів парникових газів, а також адаптації економіки до тих змін, уникнути яких вже за будь-яких умов не вдасться.

Автори роботи [5] констатують, що світова емісія CO<sub>2</sub> збільшується щороку і на даний час досягла 33 млрд тонн головним чином за рахунок спалювання викопного палива. Якщо не застосувати спеціальні заходи щодо зниження викидів, то їх зростання може набути загрозливого характеру і тоді ймовірним буде підвищення температури не на безпечні 2-3°C до 2050 року, а на 5-6°C і більше, що здатне викликати катастрофічні наслідки всесвітнього масштабу. Адаптація до змін глобального клімату при збереженні стійкого розвитку економіки вимагає вірогідного прогнозування змін у регіональних умовах, особливо під впливом промислових підприємств нафтогазової галузі, які несуть потенційну небезпеку для навколишнього середовища, зокрема з точки зору можливого забруднення повітряного басейну розміщених поблизу них територій.

У науковій літературі [6] зазначається, що більшість виробництв нафтогазової промисловості України під час проведення технологічних операцій передбачає утилізацію некондиційних газів шляхом їх спалювання на факельних установках. Це дає змогу попередити безпосереднє надходження токсичних і горючих газоподібних вуглеводнів у атмосферу робочої зони та виконати вимоги щодо дотримання норм пожежо-вибухобезпеки виробничих процесів. Однак, попри простоту конструкції факельних установок, їх експлуатація не виключає ризику виникнення аварій. Крім того, у результаті спалювання некондиційних газів в атмосферне повітря надходять значні обсяги шкідливих речовин, зокрема оксиди вуглецю та азоту, а у випадку неможливості організації ефективного згоряння ще й метан та сажа. У зв'язку з цим виникає необхідність виявлення характеру розсіювання забруднюючих речовин у атмосферному повітрі, що, у свою чергу, залежить від багатьох чинників: фізико-хімічних властивостей забруднюючих речовин викиду, джерела забруднення, метеорологічних умов, характеристики місцевості та ін. На сьогоднішній день у

практиці існує велика кількість моделей [6–10 та ін.], які достатньо адекватно описують процеси розсіювання шкідливих домішок від промислових джерел у атмосферному повітрі, а саме:

- AERMOD AERMIC (American Meteorological Society (AMS)/United States Environmental Protection Agency (EPA), яка включає модулі розрахунку розсіювання забруднюючих речовин від стаціонарних промислових джерел на віддалі до 50 км, метеорологічний підпроцесор ATRMET та модуль рельєфу AERMAP;

- GASTAR (Великобританія) – спеціалізована модель для розрахунку аварійних викидів токсичних та вогнебезпечних газів, важчих за повітря. Можливий розрахунок миттєвих та тривалих викидів;

- ADMS-Screen (Великобританія) – модель для швидкої попередньої оцінки якості повітря в районі розташування димових труб. Дана модель є комбінацією алгоритмів моделі ADMS зі зручним інтерфейсом, що вимагає введення мінімальної кількості даних. За допомогою даної моделі встановлюють необхідність проведення подальших розрахунків розсіювання;

- ONM9440 (Австрія) – гауссівська модель для розрахунку тривалих викидів тільки від стаціонарних джерел;

- GRAL (Австрія) – модель Лагранжа, яка дозволяє розраховувати дисперсію від точкових та лінійних джерел;

- SEVEX (Бельгія) – спеціалізована модель для розрахунку аварійних викидів токсичних і займистих речовин від димових труб або випаровування рідини. Назва моделі походить від назви міста Seveso, у якому в 1976 р. відбувся аварійний викид дуже токсичних газів;

- PLUME (Institute of Geophysics Bulgarian Academy of Sciences) – модель факела від джерела, яка базується на гауссівському розподілі;

- EK100W ATMOTERM Ltd (Польща) – тривимірна гаусова модель для розрахунку розсіювання від промислових та міських джерел;

Огляд літературних джерел [1–10 та ін.] показав що проблеми моделювання розсіювання забруднюючих речовин в атмосферному повітрі залишаються достатньо актуальними для нашої країни. Враховуючи, що точність результатів розрахунку концентрацій токсичних домішок у випадку постійного чи аварійного викиду суттєво впливає на правильність вибору, можливість застосування та ефективність використання необхідних природоохоронних заходів, спрямованих на зниження техногенного навантаження на навколишнє середовище та покращення екологічної ситуації в країні, існує необхідність у подальшій роботі над розробленням нових та удосконаленням існуючих методів моделювання процесів розповсюдження забруднення в атмосферному повітрі.

Реалізація еколого-економічної діяльності щодо зниження викидів парникових газів у нафтогазовій галузі потребує значних витрат. Водночас здійснення комплексу заходів екологічної і спрямованості у різних сферах виробничої та управлінської діяльності здатне створювати умови для накопичення у певних обсягах фінансових ресурсів за рахунок зменшення еколого-економічних збитків, втрат тощо [11]. Тому автори [11] стверджують, що екологічна діяльність має певний інвестиційний потенціал, рівень якого слід визначати з урахуванням як власне інвестиційного ефекту окремих рішень, так і з урахуванням їхнього взаємного інформаційного, організаційного та ресурсного впливу. На жаль, Україна залишається на периферії світових інвестиційних потоків.

### Формулювання цілей статті

Метою дослідження є підвищення ефективності здійснення природоохоронної діяльності у нафтогазовій галузі на основі застосування еколого-економічного механізму оцінки і вибору варіантів проведення комплексу заходів щодо зниження викидів парникових газів. Об'єктом дослідження є процеси утворення парникових газів на підприємствах нафтогазової галузі. Предметом дослідження є еколого-економічні взаємозв'язки, що обумовлюють прийняття рішень щодо вибору варіантів проведення комплексу заходів у напрямку зниження викидів парникових газів на підприємствах нафтогазової галузі.

### Виклад основного матеріалу

Погіршенню екологічної ситуації у районах розміщення промислових підприємств нафтогазової галузі, які є емітентами парникових газів, сприяє ряд чинників, основними з яких є:

- фізичний знос і моральне старіння як основного технологічного, так і природоохоронного обладнання;

- недосконалість природоохоронного законодавства України, системи штрафів за забруднення довкілля, відсутність ефективних економічних методів і механізмів управління і оцінювання ефективності заходів щодо зменшення викидів парникових газів;

- низький рівень інвестицій екологічної спрямованості;

- недостатні обсяги фінансування наукових досліджень у сферу скорочення еколого-економічних збитків на рівні нафтогазової галузі, незатребуваність наявних науково-технічних розробок та відсутність механізмів впровадження їх у виробництво.

У зв'язку з цим велике значення має проведення комплексу заходів щодо зниження рівня викидів парникових газів, оскільки це сприятиме формуванню стратегії промислових підприємств нафтогазової галузі щодо регулювання їх рівня викидів і одночасного створення необхідних передумов для інвестування стабілізаційних заходів екологічного спрямування (рис. 1).



Рис. 1. Класифікація стабілізаційних заходів екологічного спрямування

\*Джерело: складено автором на основі [11]

Метою цих заходів є скорочення еколого-економічних збитків як на державному рівні, так і на рівні галузей та окремих підприємств та регіонів. Як результат, емітент парникових газів у перспективі може очікувати покращення фінансового стану та інвестиційних можливостей. На рівні нафтогазової галузі такими заходами можуть бути:

- збільшення частки природного газу у паливному балансі за рахунок збільшення видобутку власного газу на шельфі Чорного моря і суходолі і зменшення частки рідкого палива;
- впровадження нового ефективного та екологічно чистого обладнання і сучасних систем очищення димових газів і викидів промислового автотранспорту;
- виведення з балансу застарілого та малоєфективного і екологічно “брудного” обладнання;
- створення високоефективного енергетичного обладнання з підвищеним на 10-15% ККД;
- зменшення викидів небезпечних речовин діючими об'єктами за рахунок удосконалення основного технологічного обладнання та природоохоронного обладнання;
- використання на діючих об'єктах проектного палива з прийнятним для відповідного обладнання характеристиками;
- підтримання прийнятного технічного стану діючого обладнання за рахунок досконалої організації технічного обслуговування та забезпечення необхідним обладнанням та запчастинами;
- оптимізація режимів роботи обладнання з урахуванням вимоги до його екологічності;
- створення умов для накопичення підприємствами власних коштів у розмірі, достатньому для реалізації заходів передбачених напрямками (б, в, д, е);
- утилізація некондиційних газів шляхом їх спалювання на факельних установках;
- профілактика, гасіння пожежі і наступна рекультивация забрудненої промислової території;
- благоустрій промислових територій шляхом раціонального розташування об'єктів підприємства і захисних лісонасаджень [11].

На загальнодержавному рівні відомі стабілізаційні заходи екологічного спрямування, які наведені у таблиці 1, ми пропонуємо доповнити додатковими заходами наведеними у таблиці 2.

Таблиця 1

#### Заходи екологічного спрямування загальнодержавного рівня

| № | Стабілізаційні заходи екологічного спрямування   |
|---|--|
| 1 | Створення підсистем еколого-економічного моніторингу   |
| 2 | Створення бюджетних та позабюджетних стабілізаційних фондів для підтримки виробників екологобезпечного обладнання та забезпечення прийнятної якості палива |
| 3 | Створення стабілізаційних фондів, призначених для відшкодування негативних екологічних наслідків роботи екологічно недосконалого обладнання                |

\*Джерело: складено автором на основі [11]

Таблиця 2

#### Додаткові заходи екологічного спрямування загальнодержавного рівня

| № | Додаткові стабілізаційні заходи екологічного спрямування   |
|---|--|
| 1 | Відхід від старих “брудних” енергоресурсів і перехід до виробництва водню  |
| 2 | Реалізація процесу декарбонізації шляхом переходу до “зелених” енергоресурсів - сонячних, вітряних, геотермальних, гідроакмулюючих електростанцій, а також використання енергії термоядерних реакцій |

\*Джерело: авторська розробка

Під час вирішення задачі вибору та оцінювання комплексу реабілітаційних заходів щодо зниження навантаження на атмосферу в результаті викидів парникових газів підприємствам нафтогазової галузі необхідно враховувати не тільки технічну складову, але й економічні, соціальні та екологічні чинники окремих виробництв, а також особливості екологічної ситуації у регіоні, що може створити синергетичний ефект.

Економічними факторами є собівартість проведення комплексу заходів, наявність необхідних фінансових ресурсів, ефект від впровадження заходів, загальна сума платежів за викиди шкідливих речовин і забруднення оточуючого природного середовища. Соціальними факторами є чисельність населення у зоні негативного впливу підприємства, його віддаленість від центра населеного пункту, рівень безпеки праці.

Ця задача може бути віднесена до класу інформаційно-пошукових задач, що вирішуються на основі обмежень і правил типу

*Rule: Якщо... То... Інакше...*

Вона представляється кортежем

$$\langle \text{Factorset}, \text{Limitset}, \text{Ruleset} \rangle, \quad (1)$$

де  $\text{Factorset} = \{\text{Factor}_i\}, i=1, \dots, n$  – множина факторів,

$\text{Limitset} = \{\text{Limit}_i\}, i=1, \dots, k$  – множина обмежень (виробничих, технологічних, економічних, екологічних, соціальних), які обмежують значення, що можуть приймати фактори,

$\text{Ruleset} = \{\text{Rule}_i\}, i=1, \dots, r$  – сукупність правил,

*set* – набір, комплект.

Для вирішення такої задачі потрібен еколого-економічний механізм вибору та оцінювання ефективності заходів щодо зниження викидів парникових газів, тобто алгоритм операції управління процесом прийняття рішень на основі обмежень. Оскільки запобіжні заходи розрізняються за видом і змістом робіт, використаної техніки і обладнання, а також необхідних матеріалів, то за допомогою еколого-економічного механізму необхідно обрати той варіант, який забезпечить максимальне скорочення викидів парникових газів за мінімальних витрат. У зв'язку з цим доцільно при еколого-економічному оцінюванні і виборі варіантів природоохоронних заходів використовувати цільову функцію  $I$ , що оснований на мінімізації питомих витрат, які зведені до одиниці скорочених викидів парникових газів:

$$I = \frac{\text{price}K^* - \text{Income}}{\text{Abstgas}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $\text{price}K^*$  – вартість комплексу заходів  $K^*$  з попередження викидів парникових газів, що обчислюється як сума вартості усіх  $k_i$  прийнятих заходів:

комплекс заходів

$$K^* = \langle k_1, k_2, \dots, k_i, \dots, k_n \rangle; k_i \in K^*; i = \overline{1, n};$$

$$\text{price}K^* = \sum_1^i \text{price}k_i;$$

необхідним є максимально повне врахування витрат;

*Income* – дохід підприємства від реалізації комплексу прийнятих заходів щодо попередження викидів парникових газів;

*Abstgas* – одиниці зменшення викидів парникових газів від джерел відповідних об'єктів нафтогазової галузі.

З метою максимального врахування економічних, екологічних, соціальних і технологічних особливостей проведення заходів щодо зниження викидів парникових газів необхідно врахувати наступні початкові умови і обмеження.

Відомо:

- геоінформаційних контекст  $\text{Geo} = \langle g_1, g_2, \dots, g_k \rangle; g_i \in \text{Geo}; i = \overline{1, k};$

- набір характеристик навколишнього середовища, що не змінюються з часом;

- множина можливих ситуацій

$\text{Type Sit} = \langle \text{type sit}_1, \text{type sit}_2, \dots, \text{type sit}_u \rangle; \text{type sit}_i \in \text{Type Sit}; i = \overline{1, u};$

- множина обмежень  $\text{Limit} = \text{Lset};$

- поточна ситуація  $\text{Sit}_i = \langle \{x_1\}, \{x_2\}, \dots, \{x_n\} \rangle$  – множина рядів числових характеристик  $x_i$

поточного стану навколишнього середовища;

- база знань щодо раніше прийнятих аналогічних рішень

$$B = \langle b_1, b_2, \dots, b_m \rangle; b_i = \langle g_i, sit_i, k_i, L_i, P_i \rangle; \quad (3)$$

де  $sit_i$  – конкретна ситуація;

$g_i$  – характеристика навколишнього середовища;

$k_i$  – вжиті заходи;

$L_i$  – втрати;

$P_i$  – вартість вжитих заходів.

- достатність фінансових ресурсів, що надходять із певного джерела фінансування для проведення  $i$ -го заходу щодо зниження викидів парникових газів;
- існує можливість проведення конкретних заходів щодо зниження викидів парникових газів у заданих технологічних умовах;
- вплив зменшення обсягів видобутку вуглеводнів на скорочення викидів парникових газів відсутній;
- соціальна умова щодо не зниження соціального ефекту, що виникає, виконується.

Результатом проведення заходів у вигляді розроблених правил  $Rules_i$  щодо зниження викидів вважатимемо:

- комплекс вжитих заходів  $K^* = \langle k_1, k_2, \dots, k_n \rangle$ ,

- вартість комплексу проведених заходів  $priceK^*$ ,

- економічний ефект від впровадження заходів  $Econ_{eff}$ .

Економічний ефект від впровадження заходів щодо зниження викидів парникових газів у нафтогазовій галузі пропонуємо оцінювати за формулою

$$Econ_{eff} = Income - priceK^*. \quad (4)$$

Поняття вартості комплексу проведених заходів  $priceK^*$  повинно мати грошову оцінку можливо більш широкого переліку їх наслідків, незалежно від місця і часу їх проявлення. Також необхідним є більш повне врахування усіх витрат, пов'язаних з комплексом заходів  $priceK^*$ .

Найбільше відповідає цій вимозі критерій чистого дисконтованого доходу (NPV), якщо розрахунок проводиться за достатньо тривалий період обліку витрат і наслідків [14].

Якщо проводяться достатньо прості заходи оперативного характеру щодо зниження викидів парникових газів, то допускається використання спрощених модифікацій критерію (2), які не змінюють його суті.

Слід зазначити, що сутність поняття «ефект»,  $income$ ,  $priceK^*$  різна для таких учасників інвестиційних заходів як держава, регіон, галузь, підприємство і інвестор, оскільки їх інтереси не завжди співпадають. Тому розрахунки ефективності конкретних заходів для кожного з цих учасників слід проводити окремо з урахуванням наступних особливостей:

- Визначення результатів  $Income$  природоохоронної діяльності у грошовому еквіваленті є дуже складною задачею, оскільки ця діяльність здійснюється не з метою отримання прибутку (хоча і це можливо), а для покращення якості життя або недопущення його погіршення. Це з великими труднощами піддається чіткому чисельному оцінюванню. Тому у формулі (4) визначення  $Income$  є досить проблематичним, оскільки головні ефекти не вимірюються у грошовій формі, а є частиною зменшення емісії парникових газів від об'єктів нафтогазової галузі. Також цей чинник характеризується високим ступенем невизначеності отримання грошових компенсацій за певні заходи у зв'язку з недосконалістю економічних механізмів Кіотського протоколу до Рамочної Конвенції ООН щодо змін клімату, який не враховує комплекс факторів, що впливають, і можливі ефекти. Проте прогнозні значення доходів підприємства від скорочення викидів є деяким стимулятором для проведення природоохоронної діяльності за критерієм навантаження на атмосферу парниковими газами. Цей критерій краще відображає вектор природоохоронних інвестицій, дозволяючи провести їх розподіл найбільш ефективно за умов обмеженості грошових ресурсів.

- Великі труднощі виникають внаслідок дефіциту надійної інформації і слабого уявлення людей про закони природи. Перш за все це стосується наших уявлень щодо ресурсів земних надр (нафти і газу), коли точне уявлення про них формується лише у ході експлуатації конкретного родовища.

- При визначенні ефективності заходів щодо зниження викидів парникових газів велике значення мають оцінки надійності рішень, що приймаються, і пов'язаних з ними ризиків.

- Різні і неоднозначні результати заходів щодо зниження викидів парникових газів не можуть бути виражені у єдиних одиницях вимірювання. Більше того, природні об'єкти надзвичайно складно взаємодіють один з одним. Спрямовуючи певні заходи на один об'єкт, ми одночасно впливаємо на

ланцюжок інших об'єктів, іноді негативно для них. При цьому значно ускладнюється розрахунок ефективності даного заходу.

- Взаємодія об'єктів природного середовища і їх зміни відбуваються повільніше ніж життя людини, тому як позитивні, так і негативні результати конкретних заходів щодо зниження викидів парникових газів проявляються у повній мірі через багато років після того як ці заходи були здійснені. Отже, правильно оцінити баланс усіх наслідків можна лише з позицій досить далекої перспективи, що сильно ускладнює розрахунки і потребує чіткого розкриття механізму природних взаємодій. Тому обмежуватися розрахунками ефективності заходів на найближчі рік-два недоцільно.

Здійснення заходів щодо зниження викидів парникових газів у нафтогазовій галузі характеризується витратами, необхідними на проведення цих заходів, економічними, соціальними та екологічними ефектами від зменшення навантаження на атмосферу, а також певними обсягами скорочення викидів парникових газів. Слід зазначити, що витрати на проведення заходів щодо зниження викидів парникових газів у нафтогазовій галузі різні залежно від напряму природоохоронної діяльності. Кожний захід складається із сукупності процесів, які характеризуються своїми цільовими призначеннями. Для кожного з них визначаються вихідні дані згідно технічних розрахунків і обсягу робіт, число одиниць обладнання, його продуктивність, тривалість його роботи та ін., а також вартісні індикатори - витрати на одиницю робіт або обладнання.

Загальний соціальний ефект  $E_{соц}$  від проведення заходів щодо зниження викидів парникових газів для підприємства пов'язаний зі скороченням захворюваності його працівників у зв'язку з покращення умов праці і більш корисних для здоров'я обставин. Він може бути визначений за формулою:

$$E_{соц} = E_{чп} + E_{сс} + E_{зд}, \text{ грн./рік} \quad (4)$$

де  $E_{чп}$  – ефект від приросту нормативно чистої продукції, обумовлений скороченням соціальних втрат суспільства у зв'язку з захворюваністю і плінністю кадрів внаслідок несприятливих умов праці, грн/рік;

$E_{сс}$  – ефект від скорочення суми виплат з фондів соціального страхування у зв'язку зі скороченням захворюваності внаслідок несприятливих умов праці, грн/рік;

$E_{зд}$  – ефект від економії бюджетних коштів на охорону здоров'я у зв'язку зі зниженням необхідності госпіталізації і обслуговування працівників у поліклініках у зв'язку зі скороченням захворюваності внаслідок несприятливих умов праці, грн/рік.

Що стосується екологічного ефекту від проведення заходів щодо зниження викидів парникових газів, то він характеризується усуненням еколого-економічних збитків від забруднення довкілля і є оцінкою у грошовій формі негативних наслідків впливу викидів парникових газів на оточуюче природне середовище, якого вдалося уникнути внаслідок проведення заходів і визначається як еколого-економічні збитки, що виникли внаслідок забруднення атмосфери. Для розрахунків збитків від забруднення повітря, поверхні водойм і земель існують стандартні методики.

Економічний ефект, залежно від заходів щодо зниження викидів парникових газів, характеризується доходами від використання попутного газу, покращенням економічних показників роботи підприємства, зростанням цінності землі, заміною обладнання, економією енергоресурсів та ін.

Для оцінки і вибору заходів щодо зниження викидів парникових газів у нафтогазовій галузі на основі [11, 12, 14] нами сформовано еколого-економічний механізм, який дозволяє із множини варіантів обрати найбільш ефективний. Процедура роботи цього механізму наведена на рисунку 2.

Спочатку здійснюється ідентифікація і комплексний аналіз джерел викидів парникових газів на нафтогазовому підприємстві з урахуванням поточного геоінформаційного контексту та формування варіантів проведення комплексу заходів щодо зниження викидів парникових газів. Це профілактика, гасіння пожеж, рекультивация землі та забруднених територій, очищення димових газів і викидів внутрішньо промислового транспорту, утилізація попутного газу, благоустрій території підприємства шляхом раціонального розташування об'єктів підприємства і захисних насаджень. Аналіз джерел викидів парникових газів на нафтогазовому підприємстві передбачає їх кількісну оцінку і ранжування за обсягами викидів з урахуванням етапу життєвого циклу підприємства. Підбір можливих природоохоронних заходів, реалізація яких дозволить отримати скорочення викидів, здійснюється залежно від типу об'єктів підприємства (свердловини, резервуари, сепараційні установки, кушові насосні станції, газобензиновий завод, компресорні станції, газорозподільні установки, установки осушування газу та інші), кількості джерел викидів парникових газів і їх кількісної оцінки. Для кожного об'єкта набір множини варіантів проведення заходів буде різний. На цьому етапі важливо забезпечити повноцінний аналіз елементів, що розглядаються, та їх характеристик.

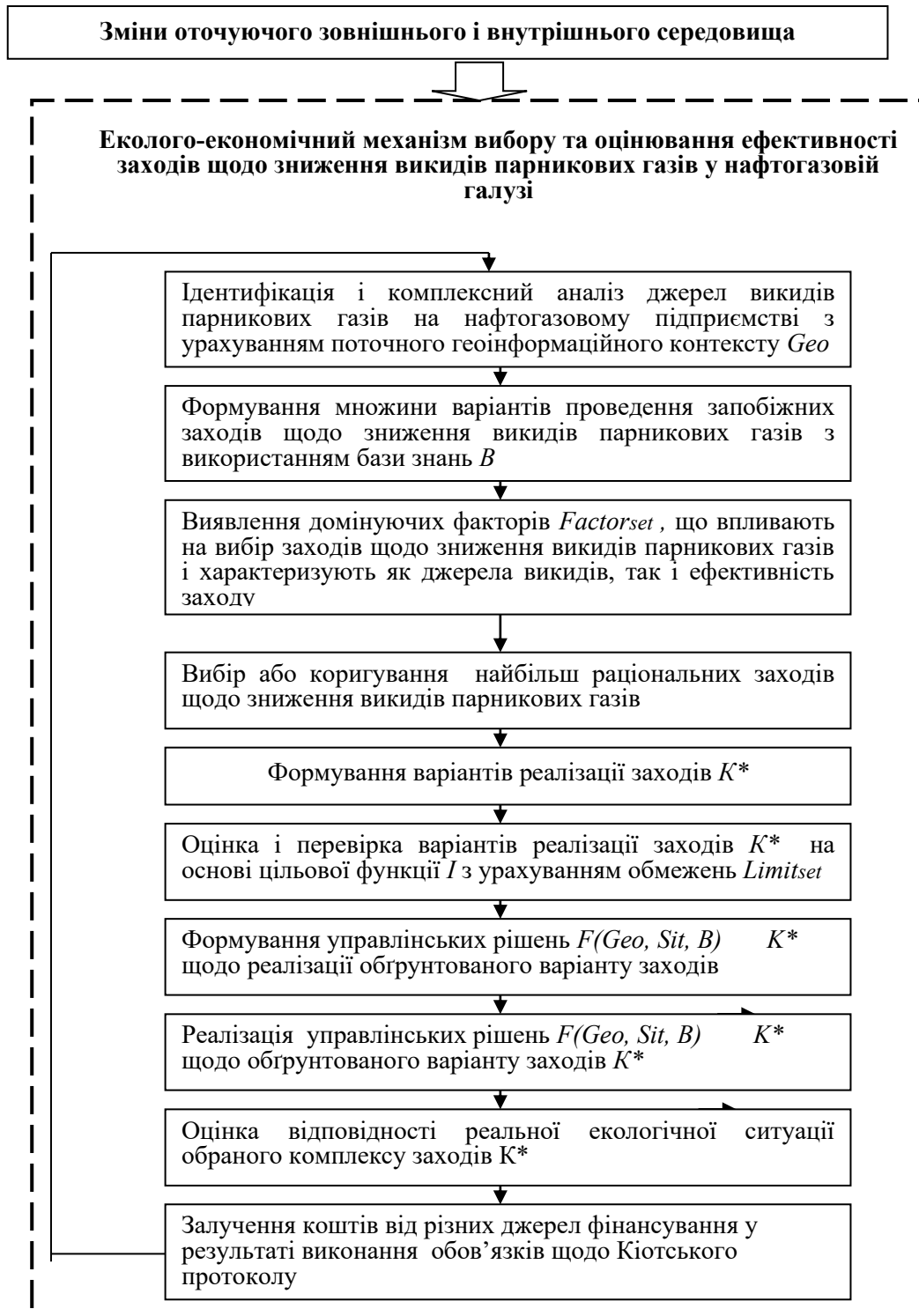


Рис 2. Еколого-економічний механізм вибору та оцінювання ефективності заходів щодо зниження викидів парникових газів у нафтогазовій галузі

\*Джерело: сформовано автором

На другому етапі виявляються домінуючі фактори із множини факторів  $Factorset = \{Factor_i\}$ , що впливають на вибір заходів щодо зниження викидів парникових газів на підприємстві і характеризують як джерело викидів, так і ефективність заходу. На основі даних отриманих на першому етапі підприємство розглядається з метою визначення для нього вагових значень факторів, які характеризують джерела викидів парникових газів. Оскільки вагова характеристика кожного фактора розподілена пропорційно можливості реалізації заходу щодо зниження викидів парникових газів, то їх вибір найбільш повно відображає важливість кожного для конкретного підприємства.



На третьому етапі формуються варіанти реалізації запланованих заходів щодо зниження викидів парникових газів. Враховуючи невизначеність і різноманітність якісних факторів, що не піддаються вимірюванню, доцільно використовувати методи групових експертних оцінок.

Далі визначаються варіанти реалізації раціональних заходів щодо зниження викидів парникових газів, здійснюється їх оцінка на основі економіко-математичної моделі з врахуванням ряду обмежень: виробничих, технологічних, економічних, екологічних і соціальних  $Limitset = \{Limit_i\}$ .

Найкращий варіант, який забезпечує найбільше скорочення викидів парникових газів, визначається шляхом виявлення мінімального значення цільової функції (1). Отже, визначається собівартість виконання різних варіантів заходів щодо зниження викидів парникових газів з врахуванням можливих ефектів в умовах нафтогазових підприємств.

На завершальному етапі здійснюється реалізація заходів щодо зниження викидів парникових газів і залучення грошових коштів від різноманітних джерел фінансування внаслідок виконання обов'язків по Кіотському протоколу. Очікується, що після виконання певних заходів спостерігатиметься скорочення викидів парникових газів.

Формується кортеж  $\langle Sit, K^* \rangle$ , що містить у собі вже адаптовані заходи та зберігається у базі знань для покращення та зниження часу прийняття рішень у аналогічних ситуаціях.

Це є підставою для отримання грошових коштів від продажу квот або від реалізації інших механізмів Кіотського протоколу до Рамкової Конвенції ООН щодо змін клімату. Отримані грошові надходження можна використати на інші менш ефективні заходи щодо зменшення викидів парникових газів і продовжувати скорочувати їх. У подальшому буде можливим повторення цього циклу.

### Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

1. Нами встановлено, що антропогенна складова кліматичних змін, як багатофакторного явища, у значній мірі визначається незадовільним станом основних виробничих фондів нафтогазової галузі та енергомісткими технологіями, що генерують парниковий ефект і погіршують якість навколишнього середовища загалом. У зв'язку з цим проблема створення екологічно чистих технологій стає першорядною при плануванні економічного зростання в Україні. При плануванні розвитку економіки України необхідним і першочерговим стає створення умов для видобування власного природного газу і виробництва водню з метою обмеження і скорочення викидів парникових газів, а також розробка заходів щодо адаптації економіки України до змін клімату. Для активізації таких напрямків залучення зовнішнього фінансування процесу декарбонізації як гранти, благодійництво, прями і портфельні інвестиції, консультаційні послуги, інвестиційні кредити, соціальні інвестиції в Україні необхідно створити умови для захисту і чіткого визначення прав власності, розвитку фондового ринку, а також лібералізації податкового законодавства.

2. Запропоновано еколого-економічний механізм вибору та оцінювання раціонального варіанту реалізації заходів щодо зниження об'єктами нафтогазової галузі викидів в атмосферу діоксиду вуглецю (CO<sub>2</sub>) та інших газів, що створюють парниковий ефект. Механізм враховує виробничі, технологічні, економічні, екологічні і соціальні обмеження і дає змогу оцінити множину заходів з використанням запропонованої цільової функції та обрати той з них, який забезпечує максимальне скорочення викидів парникових газів при мінімальних витратах. Водночас показано що використання таких механізмів як торгівля квотами на викиди парникових газів, спільне використання обов'язків і реалізація механізму сталого розвитку, що передбачено Кіотським протоколом до Рамкової Конвенції ООН щодо змін клімату, буде сприяти скороченню емісії парникових газів та захисту навколишнього середовища без суттєвих економічних збитків. Для інтелектуальної підтримки прийняття правильних рішень суб'єктом господарювання щодо залучення зовнішнього фінансування процесу декарбонізації можуть бути корисними формалізовані моделі, в основу яких покладено абдуктивний фреймворк знань про цей процес, в якому розподіли значень керованих змінних виражені у формі чітких, нечітких та імовірнісних правил.

3. З огляду на необхідність відходу від старих «брудних» енергоресурсів і переходу на природний газ, водень та інші «зелені» енергоресурси, актуальною у подальшому постає проблема вироблення наукових засад сучасної парадигми фінансово-кредитного механізму активізації інвестиційного процесу з використанням синергетичного підходу, що адаптований до світових стандартів та враховує вітчизняну специфіку.

### Література

1. Шурда К.Е. Економічна оцінка кліматичних змін / К.Е. Шурда // Економічний часопис—XXI. – 2014. – № 3-4(1). – С. 97–100.
2. Краківська С.В. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океана у прогнозуванні змін регіонального клімату України у XXI ст. / С.В. Краківська, Л.В. Паламарчук, І.П. Шедєменко, Г.О. Дюкаль, Н.В. Гнатюк // Геофизический журнал. – 2011. – т. 33. № 6. – С. 61–68.
3. Schellnhuber H.I. Avoiding Dangerous Climate Change / H.I. Schellnhuber, U. Cramer, N. Nakicenovic, T. Wigley, G. Yohe. – Cambridge University Press, 2006. – 392 p.

4. Stern N. The Economics of Climate Change / Nicolas Stern // The Stem Review. – Cabinet Office. – YM Treasury, UK, 2006. – 663 p.
5. Jos G.I. Long-term Trend In Global CO2 Emissions. 2011 report / Jos G.I., Olivier, Great Janssens-Maenhout, Jeroen A.H.W. Peters, Julian Wilson // PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. – The Hague, 2011, European Union, 2011. – 42 p.
6. Бортняк О.М. Аналітичні дослідження розповсюдження в атмосферному повітрі шкідливих речовин, що містяться у викидах стаціонарних джерел промислових підприємств нафтогазового комплексу / О.М. Бортняк, М.П. Школьнік, М.М. Осипчук // Нафтогазова енергетика. – 2013. – № 1 (19). – С. 15–25.
7. Beychok M.R. Fundamentals Of Stack Gas Dispersion / M.R. Beychok. – California : The Author, 2005. – 193 p.
8. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling / D.B. Turner. – London, 2020. – 2nd Edition. URL: <https://doi.org/10.1201/9780138733704>
9. Rod B. Atmospheric Dispersion Modelling / B. Rod. – Earthscan Publications, 2001. – 258 p.
10. Environmental Protection Agency // User's Guide for Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models. – 1995. – Vol. 1, 2. – URL: <http://epa.gov/scram001/userg/regmod>
11. Кукарцева С.В. Інвестиційний потенціал екологічної діяльності – можливості моделювання та кількісна оцінка / С.В. Кукарцева, І.В. Федін, Р.В. Синявський // Енергетика: економіка, технології, екологія. – 2011. – № 4. – С. 68–70.
12. Майорова Т. В. Синергетичний підхід у формуванні сучасної парадигми фінансово-кредитного механізму активізації інвестиційного процесу / Т. В. Майорова // Економічний часопис-XXI. – 2014. – № 3-4(1). – С. 66–69. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecchado\\_2014\\_3-4\(1\)\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecchado_2014_3-4(1)_18).

### References

1. Shurda K.E. Ekonomichna otsinka klimatychnykh zmin / K.E. Shurda // Ekonomichni chasopys-KhKhI. – 2014. – № 3-4(1). – S. 97–100.
2. Krakivska S.V. Modeli zahalnoi tsyrkulatsii atmosfery ta okeana u prohnozuvanni zmin rehionalnoho klimatu Ukrainy u KhKhI st. / S.V. Krakivska, L.V. Palamarchuk, I.P. Shedemenko, H.O. Diukal, N.V. Hnatiuk // Heofyzycheskyi zhurnal. – 2011. – t. 33. № 6. – S. 61–68.
3. Schellnhuber H.I. Avoiding Dangerous Climate Change / H.I. Schellnhuber, U. Cramer, N. Nakicenovic, T. Wigley, G. Yohe. – Cambridge University Press, 2006. – 392 p.
4. Stern N. The Economics of Climate Change / Nicolas Stern // The Stem Review. – Cabinet Office. – YM Treasury, UK, 2006. – 663 p.
5. Jos G.I. Long-term Trend In Global CO2 Emissions. 2011 report / Jos G.I., Olivier, Great Janssens-Maenhout, Jeroen A.H.W. Peters, Julian Wilson // PBL Netherlands Environmental Assessment Agency. – The Hague, 2011, European Union, 2011. – 42 p.
6. Bortniak O.M. Analitichni doslidzhennia rozpovsiudzhennia v atmosferному povitri shkidlyvykh rehovyn, shcho mistiatsia u vykydakh statsionarnykh dzherel promyslovykh pidpriemstv naftohazovoho kompleksu / O.M. Bortniak, M.P. Shkolnyi, M.M. Osypchuk // Naftohazova enerhetyka. – 2013. – № 1 (19). – S. 15–25.
7. Beychok M.R. Fundamentals Of Stack Gas Dispersion / M.R. Beychok. – California : The Author, 2005. – 193 p.
8. Workbook of atmospheric dispersion estimates: an introduction to dispersion modeling / D.B. Turner. – London, 2020. – 2nd Edition. URL: <https://doi.org/10.1201/9780138733704>
9. Rod B. Atmospheric Dispersion Modelling / B. Rod. – Earthscan Publications, 2001. – 258 p.
10. Environmental Protection Agency // Users Guide for Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models. – 1995. – Vol. 1, 2. – URL: <http://epa.gov/scram001/userg/regmod>
11. Kukartseva S.V. Investytsiynyi potentsial ekolohichnoi diialnosti – mozhlyvosti modeliuвання ta kilksna otsinka / S.V. Kukartseva, I.V. Fedin, R.V. Syniavskiy // Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia. – 2011. – № 4. – С. 68–70.
12. Maiorova T. V. Synerhetychnyi pidkhd u formuvanni suchasnoi paradyhmy finansovo-kredytnoho mekhanizmu aktyvizatsii investytsiynoho protsesu / T. V. Maiorova // Ekonomichni chasopys-KhKhI. – 2014. – № 3-4(1). – S. 66–69. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecchado\\_2014\\_3-4\(1\)\\_18](http://nbuv.gov.ua/UJRN/ecchado_2014_3-4(1)_18).