

**О. А. Недава**

Український науково-дослідний інститут екологічних проблем,  
м. Харків,  
e-mail: varl@niiep.kharkov.ua

УДК 628.477.8

## АНАЛІЗ ФАКТОРІВ ТЕХНОГЕННОГО ВПЛИВУ НА КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ В УКРАЇНІ

*Обґрунтовується висновок, що найважливішою складовою глобальних кліматичних змін на Землі, в тому числі сучасного потепління, є антропогенна діяльність, що характеризується неефективним використанням природних ресурсів, а також гранично небезпечним рівнем забруднення навколишнього середовища. Показано кореляцію обсягів викидів парникових газів техногенного походження зі збільшенням середньорічної температури.*

**Ключові слова:** кліматичні зміни, парникові гази, енергетика, палива, екологія.

### Вступ

Сучасні дані світових гідрометеорологічних і екологічних служб свідчать про тенденцію збільшення економіко-екологічних дисгармоній в соціально-економічній сфері внаслідок глобальної зміни клімату [1]. Це явище, зокрема, викликано постійним зростанням викидів в атмосферу двоокису вуглецю (CO<sub>2</sub>) та інших газів, які створюють «парниковий ефект», що супроводжується зростанням кількості природних катастроф (паводки, посухи, урагани тощо) і збільшенням масштабів економічних збитків, що обчислюються щорічно сотнями мільярдів доларів.

### Стан проблеми

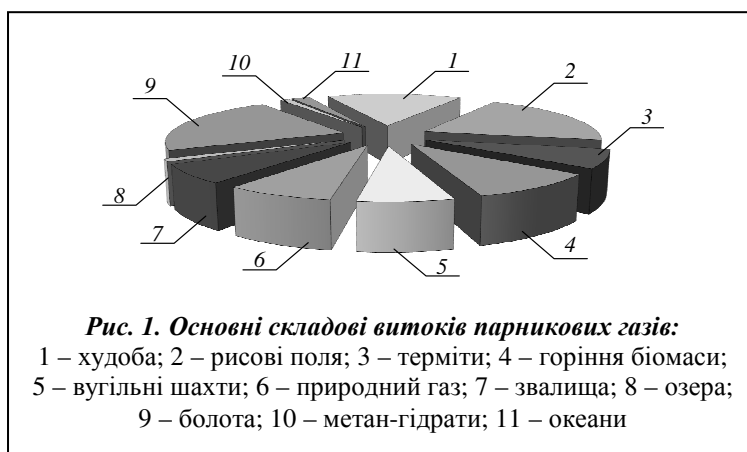
На рис. 1 наведено дані щодо внеску окремих складових викидів до сумарної кількості парникових газів, які надходять до атмосфери і призводять до підвищення її температури.

Наслідки глобальної зміни клімату стають все більш відчутними і в нашій країні. За минулі 20 років середньорічна температура зросла на 0,8 °С, а середня температура січня та лютого – на 1–2 °С, що призвело до змін у ритмі сезонних явищ – весняних паводків, початку цвітіння та випадіння снігу. Трансформація широтного кліматичного поля на території України призводить до вирівнювання поля середньої місячної приземної температури. Для місяців, для яких характерна порівняно висока температура, вона практично не змінилася, а де порівняно низька – підвищилася.

Основною характеристикою континентальності клімату є амплітуда сезонного ходу приземної температури. Аналіз інструментальних метеорологічних спостережень показав, що амплітуда сезонного ходу температури приземного повітря зменшилася приблизно на 0,4 °С (середня місячна норма амплітуди температури, приведеної до рівня моря, становить 12,6 °С), що характеризує собою деконтиненталізацію клімату. Це зумовлює особливості циркуляції атмосфери, в результаті чого спостерігається різке загальне зниження середньорічної інтенсивності опадів.

Одним з основних факторів, що зумовлюють такі зміни клімату, є суттєве збільшення обсягів викидів парникових газів техногенного походження.

Найбільший внесок у сукупні викиди парникових газів в Україні вносить сектор енергетики. За минулі два роки частка цього сектора склала майже 69% від сумарних обсягів викидів парникових газів. Наступним по значущості (22% від сукупних викидів парникових газів) є сектор промислових технологій. Внесок сектора відходів в 2015–2016 рр. в сумарні викиди складає 2,3% [2, 3].



Виходячи з прогнозних даних паливного балансу країни, що містяться в Енергетичній стратегії і загалом визначають динаміку викидів парникових газів, Україна до 2030 року не перевищить обсяг викидів 1990 року за жодного сценарію економічного розвитку. Щорічні викиди за базовим сценарієм у перший період відповідальності (2017–2018 рр.) будуть у межах 48–54% від обсягу викидів базового року.

Результати досліджень свідчать про те, що глобальне потепління в межах від 1 до 2 °С може бути навіть сприятливим для економіки України, тому що воно вирівнює в значній мірі поле річної кількості атмосферних опадів. Так, у південно-східних регіонах річна кількість опадів підвищиться на 10–15%, а в північно-західних – знизиться на 5–10% [4].

При цьому береться до уваги, що антропогенна складова зміни клімату значною мірою визначається енергоємними технологіями, що зумовлюють парникові ефекти і погіршення якості довкілля в цілому (рис. 2). Через це проблема створення екологічно чистих (енергозберігаючих) технологій стає первинною при плануванні стійкого розвитку економіки України.

### Шляхи вирішення проблеми

У контексті вищевикладеного розглянемо деякі питання формування методологічних підходів до планування системи заходів зі зниження небезпечних змін клімату та їх негативних наслідків.

Розробка концептуальних основ раціонального природокористування в регіонах з великим техногенним навантаженням вимагає комплексного вирішення проблеми, починаючи від формування бази даних про прогресивні технологічні рішення, які придатні для

практичного втілення, завершуючи створенням інфраструктури, що забезпечує інтегрування технологічних, економічних, екологічних і управлінських функцій з метою забезпечення умов сталого розвитку. Пошуку шляхів вирішення вказаної проблеми присвячено, зокрема, роботи [5, 6].

Аналіз сучасних парадигм логістики свідчить про тенденцію поширення інтеграції ресурсних потоків від рівня окремого підприємства на регіональні утворення, з властивою їм системою постачання й розподілу ресурсів та продукції, а згодом і на економічний простір країни в цілому. Вказана тенденція до інтеграції логістичних ланок підкреслює важливість і необхідність стратегічного планування цієї діяльності. Вирішення зазначеної проблеми базується на технологічній ув'язці матеріальних й енергетичних потоків підприємств, що функціонують в межах територіально-промислового регіону, з метою розширення номенклатури продукції і скорочення питомих витрат енергії на одиницю сукупного товарного продукту з одночасним зменшенням техногенного навантаження на екосистему [7]. За такого підходу в багатьох випадках екологічна складова може стати не витратною, а прибутковою статтею економічної діяльності, що дозволить зняти існуючі протиріччя між екологічним та економічним імперативами подальшого розвитку [8].

Першим кроком на шляху вирішення проблеми підвищення екологічної сумісності потужних твердопаливних енергогенеруючих підприємств з навколишнім середовищем є формування ресурсно-продуктової технологічної схеми комплексного виробництва й розробка на цій основі моделі прогнозування його ресурсо- та енергоспоживання (рис. 3).

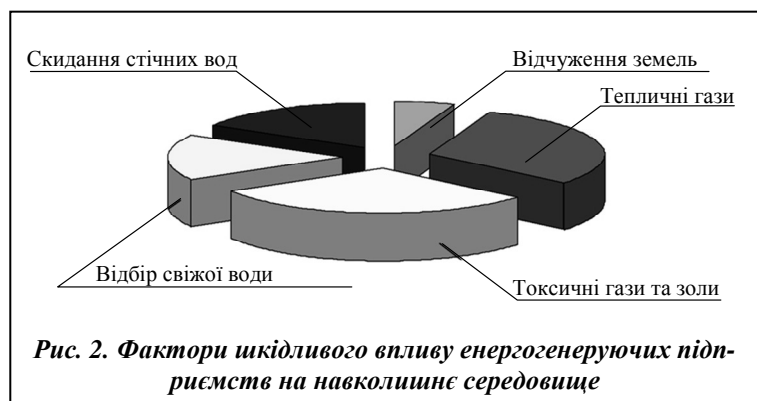


Рис. 2. Фактори шкідливого впливу енергогенеруючих підприємств на навколишнє середовище

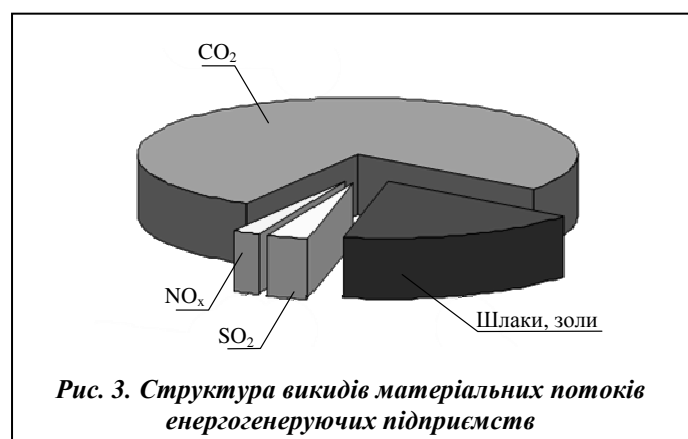


Рис. 3. Структура викидів матеріальних потоків енергогенеруючих підприємств

Це дозволяє оцінити вплив кожного напрямку інтеграційної технічної політики на ефективність виробництва, розрахувати можливі резерви економії ресурсів й зниження викидів шкідливих речовин порівняно з існуючим рівнем протягом «життєвого циклу» вхідного сировинного ресурсу. Щоб визначити сумарні потоки речовин, що забруднюють довкілля, слід визначити кількість речовин, які задіяні на основних етапах виготовлення та реалізації продукції. Якщо  $M_i^{(1)}$  – кількість матеріалу  $i$  у вхідній сировині, тоді  $M_i^{(2)}$  й  $M_i^{(3)}$  визначають аналогічні величини в промисловому й споживчому секторах. Під «матеріалом» слід розуміти будь-яку речовину або набір речовин, обраних для вирішення конкретного завдання з випуску продукції. У рамках системи «промисловість – споживчий сектор – навколишнє середовище» ці умови можна записати у вигляді рівняння матеріального балансу для величин  $M^{(1)}, M^{(2)}, M^{(3)}$

$$\begin{aligned} \frac{dM_i^{(1)}}{dt} &= \sum_{k=1}^m (-a_{ik} + b_{ik})x_k + \sum_{k=1}^l c_{ik}M_k^{(3)}; \\ \frac{dM_i^{(2)}}{dt} &= \sum_{k=1}^m (a_{ik} - b_{ik})x_k - \sum_{k=1}^n d_{ik}y_k + \sum_{k=1}^l e_{ik}M_k^{(3)}; \\ \frac{dM_i^{(3)}}{dt} &= \sum_{k=1}^n d_{ik}y_k - \sum_{k=1}^l (e_{ik} + c_{ik})M_k^{(3)}, (i = 1, \dots, l). \end{aligned} \quad (1)$$

У системі рівнянь (1) використано такі позначення:  $a_{ij}$  – маса матеріалу  $i$ , необхідного для виробництва одиниці енергії  $j$ ;  $b_{ij}$  – маса матеріалу  $i$ , що міститься в промислових відходах при виготовленні одиниці енергії  $j$ ;  $c_{ij}$  маса матеріалу  $i$ , що міститься у відходах, які потрапляють до навколишнього середовища в одиницю часу з відходів, що утворюються в сфері споживання з одиниці маси палива типу  $j$ ;  $d_{ij}$  – маса палива  $i$ , необхідного для виробництва одиниці продукції типу  $j$ , що надходить до сектора споживання;  $e_{ij}$  – маса компонента  $i$ , що надходить за цикл в одиницю часу із сектора виробництва до сектора споживання у вторинній сировині, яка утворюється з одиниці маси матеріалу типу  $j$ .

Система рівнянь (1) дозволяє визначити параметри, які потрібно витримати, щоб зменшити масу або вид використовуваного ресурсу  $i$ , і як наслідок, зменшити техногенне навантаження на навколишнє середовище. За рахунок вдосконалювання технологічних процесів можуть бути зменшені обсяги промислових відходів коефіцієнти ( $b_{ij}$ ). Це приведе до зменшення коефіцієнтів ( $c_{ij}$ ), що буде означати меншу кількість відходів, що надходять в одиницю часу в навколишнє середовище. Одним зі шляхів зниження техногенних навантажень є збільшення частки матеріалів, що повертаються за цикл у вигляді вторинного сировинного ресурсу у виробничий сектор. Це еквівалентно збільшенню значень коефіцієнтів ( $e_{ij}$ ). Аналогічне вдосконалювання всієї виробленої продукції  $\bar{x}$  через відповідне зменшення коефіцієнтів ( $a_{ij}$ ) приведе до зменшення витрати енергетичних і сировинних ресурсів  $i$ , як наслідок, зниження забруднення навколишнього середовища. Таким чином, з'являється можливість не тільки визначити зону технічно припустимих значень питомих витрат ресурсів, але й більш ретельно проаналізувати процес із погляду пошуку шляхів його енергетичного й екологічного вдосконалювання.

У випадку, коли кінцевий продукт виробляється на основі декількох технологічних процесів, використовуються середньозважені показники

$$\begin{aligned} I_{ijl1} &= \sum_{p=1}^n i_{ijl1}^p M_{ijl} \beta_{ijl}^p; \\ I_{ijlk} &= \sum_{p=1}^n i_{ijlk}^p M_{ijl} \beta_{ijl}^p; \\ I_{ijlm} &= \sum_{p=1}^n i_{ijlm}^p M_{ijl} \beta_{ijl}^p, \end{aligned} \quad (2)$$

де  $i_{ijk}^p$  – питома витрата  $k$  ресурсу на виробництво одиниці продукції в  $l$  процесі на основі  $p$  технології;  $\beta_{ijl}^p$  – частка  $p$  технології у виробництві продукції  $M_{ijl}$ ;  $n$  – кількість розглянутих технологій у процесі;  $i_{ijk}$ ,  $I_{ijk}$  – відповідно питома й повна витрата  $k$  ресурсу при виробництві продукту в  $l$  процесі на основі  $j$  технології;  $M_{ijl}$  – маса продукту, який вироблено в  $l$  процесі, при одержанні одиниці кінцевого продукту;  $m$  – кількість розглянутих видів ресурсів;  $I_{ijl}$  – питома витрата ресурсу на виробництво продукту в  $l$  процесі на основі  $j$  технології.

Для інтегрованої технологічної схеми питомі витрати всіх видів ресурсів за всіма процесами підсумовуються. В цьому разі інтегральні витрати ресурсів на виробництво одиниці продукції по  $j$  технологічній схемі відповідають рівнянню

$$I_{ij} = \sum_{k=1}^m \alpha_k \sum_{l=1}^N I_{ijk}, \quad (3)$$

де  $l$  – індекс ланки технологічного ланцюга;  $N$  – кількість ланок.

Якщо ввести цільову функцію величини питомого ресурсоспоживання на виробництво  $i$  продукту, а критерієм оптимальності його мінімум, то модель стає оптимізаційною. В цьому разі як показник ресурсу споживання слід обирати цільову функцію згідно з рівнянням

$$I_i = \sum_{k=1}^m \alpha_k \sum_{j=1}^d \beta_{ij} \sum_{l=1}^N I_{ijk} \rightarrow \min. \quad (4)$$

Виконання умови (4) забезпечує структура виробництва кінцевого продукту, що базується на реалізації ресурсо- та енергозберігаючих заходів, пов'язаних з удосконалюванням технологічних процесів та устаткування, що забезпечують мінімум витрати ресурсів і, як наслідок, зменшення питомих викидів (скидів) в процесі функціонування підприємств.

Результати техніко-економічних досліджень свідчать, що реалізація моделі індустріального симбіозу з інтеграції матеріальних та енергетичних потоків в межах територіально-промислового комплексу з енергогенеруючим підприємством забезпечує зменшення питомих витрат енергетичних та сировинних ресурсів у 2,2–3,5 рази. За окремими технологічними напрямками цей показник може сягати 3–4 кратного зменшення. Подібних результатів можна досягти і на об'єктах гірничо-металургійного та хіміко-технологічного профілю шляхом інтеграції енергетичних і матеріальних потоків та створення комплексного виробництва з максимальним коефіцієнтом використання вхідних ресурсів [8].

## Висновки

Результатом досліджень біодизельного двигуна з підвищення рівня його енергоекологічних показників шляхом розробки методів адаптації до бінарних паливних композицій є таке.

Запровадження нових організаційно-технічних рішень та технологічних схем індустріального симбіозу, спрямованих на підвищення коефіцієнта інтеграції, дозволить на практиці реалізувати маловідходне виробництво, яке буде відповідати перспективним вимогам з екологічної сумісності промислових об'єктів з навколишнім середовищем.

Серед основних факторів забезпечення сталого розвитку економіки слід відзначити програми із забезпечення ефективного використання різних видів ресурсів у промисловості та комунальному господарстві, а також розвиток відновлювальних джерел енергії, зокрема, використання енергії вітру і сонця, гідроенергетики. Особливої уваги заслуговує біоенергетика, яка базується на переробці біомаси та біосинтезі водню, біогазу та ін.

Це передбачає розробку комплексу підпрограм і спеціальних проектів, до числа яких можна віднести підпрограми: «моніторинг», «інформація», «викиди», «прогнозування», «депонування» («утилізація»), «економіка», «освіта та політика».

Нормативно-правова база України забезпечує можливість виконання Україною своїх міжнародних зобов'язань з проблем захисту навколишнього середовища. З метою реалізації природозахисних заходів створено Національний центр кадастру антропогенних викидів та абсорбції парникових газів, розроблено програмно-апаратні комплекси з відповідними базами даних для

забезпечення архівування кадастрової інформації. Створено архів первинної кадастрової інформації на паперових носіях та в електронному вигляді, що забезпечує його ефективне використання

Останнім часом прийнято низку нормативно-правових актів, що полегшують виконання Україною міжнародних зобов'язань зі скорочення викидів парникових газів. Залучення механізмів інвестування, що передбачені цими документами, дозволяє одержати не тільки фінансову підтримку для виконання проектів, які спрямовано на зменшення викидів парникових газів, а й залучати сучасні технології енерго- та ресурсозбереження для їх практичного втілення. Суттєвий внесок у вирішенні цієї проблеми може бути зроблено за рахунок більш широкого застосування технологій отримання та використання біогазу в стаціонарній і транспортній енергетиці, а також залучення паливно-енергетичних ресурсів регіонального масштабу для задоволення потреб локальних систем генерації енергії. В сукупності це сприятиме зменшенню техногенного навантаження на довкілля і забезпечить надійне енергопостачання промислових і комунально-побутових споживачів. Тому для втілення біометанових технологій потрібна державна підтримка шляхом створення національної цільової програми та розробки низки законодавчих актів включно з технічними умовами на виробництво та споживання біометану як екологічно чистого палива. Це слід розглядати як ефективний внесок в реалізацію політики заміщення природного газу альтернативними енергоносіями.

Інноваційна модель розвитку економіки України дає можливість обґрунтовувати концептуальні засади формування організаційно-економічних механізмів створення й обміну екологічно безпечних технологій (механізм «передачі технологій») в контексті вирішення економіко-екологічних проблем зміни клімату та забезпечення сталого розвитку регіонів України. При цьому особливе місце відводиться використанню лізингового механізму як одного з ефективних форм інвестування, що надає нового імпульсу процесу розвитку енергозберігаючих технологій та оновленню інших сфер виробництва, які впливають на зміну клімату.

З огляду на викладене слід відзначити, що інноваційний розвиток енергетичної галузі та паливно-енергетичного комплексу повинен базуватися тільки на новітніх екологічно чистих технологіях. Тому збереження та нарощування вітчизняного науково-технічного та промислового потенціалу повинно стати домінантою інноваційної модернізації енергетики шляхом розробки комерційно привабливих технологій. Це при створенні сприятливого організаційно-економічного клімату може стати для інвесторів прибутковою сферою вкладення коштів як в екологічно чисту енергетику, так і в машинобудування, що забезпечуватиме галузь необхідними технічними засобами.

## Література

1. IPCC. Climate Change 2014: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change / Core Writing Team, R. K. Pachauri and L. A. Meyer (eds.). – Geneva: Switzerland, 2014. – 151 p.
2. Дідух Я. П. Основи біоіндикації / Я. П. Дідух. – К.: Наук. думка, 2012. – 344 с.
3. Зміна клімату: ставлення населення, експертів та бізнесу в Україні / Представництво ООН та мережа Глобального договору. – Київ, 2006. – 56 с.
4. Статистичний щорічник України за 2016 рік / Державний комітет статистики України. – Київ, 2017.
5. Дорогунцов С. И. Управление техногенно-экологической безопасностью в контексте парадигмы устойчивого развития: концепция системно-динамического решения / С. И. Дорогунцов, А. Н. Ральчук. – Киев: Наук. думка, 2002. – 198 с.
6. Дробноход М. І. Концепція переходу України до стійкого екологічно безпечного розвитку / М. І. Дробноход. – К.: МАУП, 2002. – 17 с.
7. Трегобчук В. Концепція сталого розвитку для України / В. Трегобчук // Вісн. НАН України. – 2002. – № 2. – С. 17–25.
8. Гриценко А. В. Роль інноваційних технологій індустріального симбіозу в вирішенні проблеми техногенної безпеки територіально-промислових комплексів / А. В. Гриценко, В. В. Соловей // Вестн.. Харьков. нац. автотомоб.-дор. ун-та. – 2010. – Вып. 4. – С. 25–29.

Надійшла до редакції 22.09.17