

© 2017 Інститут глобального розвитку та навколишнього середовища, Університет Тафтса.

Викладачам надається дозвіл на копіювання цього модуля для навчальних цілей.

Студенти також можуть завантажити модуль безпосередньо з <http://ase.tufts.edu/gdae> .

Коментарі та відгуки про використання курсу вітаються:

Global Development And Environment Institute

Університет Тафтса

Сомервіль, Массачусетс 02144

<http://ase.tufts.edu/gdae>

Електронна пошта: gdae@tufts.edu

ПРИМІТКА – терміни, позначені **жирним шрифтом** визначені в **ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ПОНЯТТЯ** розділ у кінці модуля.

Економіка глобальної зміни клімату

Зміст

1. ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ЗМІНИ КЛІМАТУ.....	1
Тенденції глобальних викидів вуглецю	4
Тенденції та прогнози щодо глобального клімату	7
2. ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗМІНИ КЛІМАТУ	15
Дослідження економічної ефективності глобальної зміни клімату.....	17
Зміна клімату та нерівність.....	26
3. ПОЛІТИЧНІ ЗАХОДИ ВІДПОВІДІ НА ЗМІНУ КЛІМАТУ.....	29
Адаптація та пом'якшення	29
Пом'якшення наслідків зміни клімату: Варіанти економічної політики	32
Податки на вуглець	32
Обмінні дозволи	37
Податки на викиди вуглецю чи обмеження й торгівля?.....	41
Інші інструменти політики: субсидії, стандарти, науково-дослідні розробки та передача технологій.....	42
Зміна клімату: Технічний виклик	43
4. ПОЛІТИКА ЩОДО ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПРАКТИЦІ.....	46
Паризька угода 2015 року.....	47
Наскільки достатніми чи неадекватними є зобов'язання?.....	49
Регіональні, національні та місцеві дії	52
Ліси та ґрунти.....	55
5. ВИСНОВОК.....	56
Основні терміни та поняття	58
Література	61
Питання для обговорення.....	65
Вправи	66
Веб-посилання	67

Економіка глобальної зміни клімату

1. ПРИЧИНИ ТА НАСЛІДКИ ЗМІНИ КЛІМАТУ

З дев'ятого століття вчені усвідомлювали планетарний вплив вуглекислого газу (CO₂) та інші **ПАРНИКОВІ ГАЗИ** в атмосфері. В останні десятиліття зростає стурбованість проблемою **Глобальної зміни клімату**, викликана підвищенням накопиченням цих газів.¹

Численні дослідження, опубліковані в рецензованих наукових журналах, показують, що 97 відсотків або більше вчених-кліматологів, які активно публікують публікації, погоджуються: тенденції потепління клімату за останнє століття надзвичайно ймовірно спричинені діяльністю людини.² У звітах Міжурядової групи експертів зі зміни клімату за 2013 і 2014 роки чітко пояснюється, що більшість останніх глобальних змін клімату, що спостерігаються, викликані антропогенними викидами парникових газів. IPCC прогнозує підвищення температури до 2100 року від 1,5°C (2,7°F) до 4,8°C (8,6°F) відносно доіндустріального рівня (див. Блок 1).³

Нещодавні заяви Глобальної дослідницької програми США та Американського геофізичного союзу вказують на широке наукове визнання реальності зміни клімату та ролі людини в її останній моделі:

Доказів зміни клімату безліч, починаючи від верхніх шарів атмосфери і закінчуючи глибинами океанів. Вчені та інженери з усього світу ретельно збирали ці докази, використовуючи супутники та мережі метеорологічних куль, спостерігаючи та вимірюючи зміни в місці розташування та поведінці видів і функціонуванні екосистем. У сукупності ці докази говорять однозначну історію: планета нагрівається, і протягом півстоліття це потепління було спричинене переважно діяльністю людини.

– Програма дослідження глобальних змін США, 2014⁴

Людство має найбільший вплив на глобальні зміни клімату, які спостерігаються за останні 50 років. Швидка реакція суспільства може значно зменшити негативні наслідки.

– Американський геофізичний союз, 2014⁵

Горизонт прогнозів основних наслідків зміни клімату став ближчим, оскільки за останні роки наукове розуміння фізичних процесів розширилося. Те, що десять років тому з'явилося як майбутня загроза для майбутніх поколінь, в

¹Проблему часто називають **Глобальне потепління**, точніше назвати глобальною зміною клімату. А основний ефект потепління спричинить комплексний вплив на кліматичні моделі — з потеплінням в одних областях, похолоданням в інших, а також посиленням мінливості клімату та екстремальних погодних явищ.

²Жук та ін., 2016.

³IPCC, 2014a, *Резюме для політиків*, С. 4, 15, 21; IPCC 2014d, *Резюме для політиків*, стор. 8.

⁴Програма дослідження глобальних змін США, с.7.

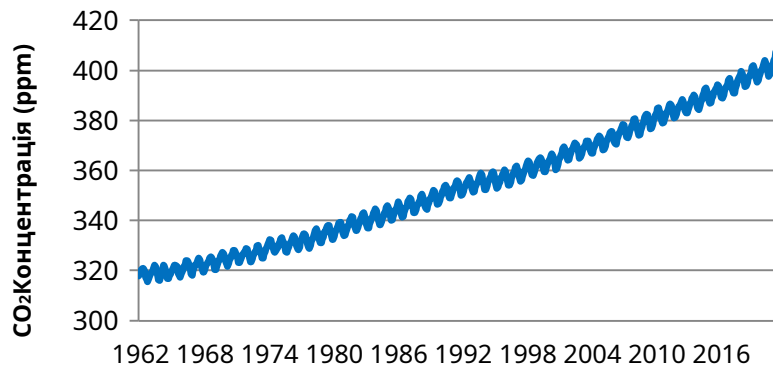
⁵Американський геофізичний союз, 2014.

наприкінці двадцять першого століття та далі все більше сприймається як негайна та невідкладна проблема, оскільки багато країн уже відчувають деякі з руйнівних наслідків зміни клімату (див. рамку 1).

Розмістивши зміну клімату в рамках економічного аналізу, ми можемо розглядати викиди парникових газів, які спричиняють планетарне потепління та інші зміни погодних умов, як причину екологічних зовнішніх ефектів і як випадок надмірного використання загальнодоступних ресурсів

Атмосфера - **глобальні спільні надбання** в які окремі особи та фірми можуть викидати забруднення. Глобальне забруднення створює «суспільне зло», яке впливає на кожного — негативний зовнішній вплив із широким впливом. У багатьох країнах діють закони про захист навколишнього середовища, які обмежують викиди місцевих і регіональних забруднювачів повітря. В економічній термінології такі закони певною мірою інтерналізують зовнішні ефекти, пов'язані з місцевими та регіональними забруднювачами. Але до недавнього часу існувало небагато засобів контролю для вуглекислого газу (CO₂), основного парникового газу та концентрації CO₂ в атмосфері неухильно зростає, нещодавно перетнувши контрольну позначку в 400 частин на мільйон (ppm) атмосферної концентрації (див. рис. 1).

Рисунок 1. Рівні вуглекислого газу в атмосфері



Джерело: Національне управління океанічних і атмосферних досліджень, Лабораторія дослідження системи Землі, Відділ глобального моніторингу <http://www.esrl.noaa.gov/gmd/ccgg/trends/data.html> *Примітка:* Сезонні коливання означають, що CO₂ концентрації зростають і падають щороку разом із ростом і розпадом рослинності та інших біологічних систем, але довгострокова тенденція, виміряна в частках на мільйон або проміле, є постійним зростанням через викиди CO₂ людиною.

Вплив зміни клімату вже почав впливати на кліматичні моделі (див. Блок 1). Ці наслідки варіюються від танення полярного льоду до підвищення рівня моря, від колапсу морських екосистем до дедалі більшої нестачі води у великих частинах світу, від зміни погодних умов, що супроводжуються частішими та сильнішими кліматичними епізодами (урагани, повені, посухи) до ширшого розповсюдження патогенів і захворювань. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), понад 140 000 людей щорічно помирають внаслідок зміни клімату, головним чином в Африці та Південно-Східній Азії.

ВСТАВКА 1. ЩО ТАКЕ ПАРНИКОВИЙ ЕФЕКТ?

Сонячні промені проходять через скло теплиці, щоб нагріти повітря всередині, але скло діє як бар'єр для виходу тепла. Таким чином, рослини, яким потрібна тепла погода, можна вирощувати в холодному кліматі. Глобальний парниковий ефект, при якому земна атмосфера діє як скло в теплиці, вперше описав французький вчений Жан Батист Фур'є в 1824 році.

Хмари, водяна пара та природні парникові гази вуглекислий газ (CO₂), метан, закис азоту та озон пропускають вхідне сонячне випромінювання, але служать бар'єром для вихідного інфрачервоного тепла. Це створює природне **парниковий ефект**, що робить планету придатною для життя. Без нього середня температура на поверхні планети становила б приблизно -18°C (0°F) замість приблизно 15°C (60°F).

«Можливість *анпосилений* *аборукотворний* Парниковий ефект був представлений шведським вченим Сванте Арреніусом у 1896 році. Арреніус припустив, що збільшення спалювання вугілля, яке відбувалося паралельно з процесом індустріалізації, призведе до збільшення концентрації вуглекислого газу в атмосфері та нагріє землю». (Фанкхаузер, 1995).

З часів Арреніуса викиди парникових газів різко зросли. CO₂ концентрації в атмосфері зросли на 40% порівняно з доіндустріальним рівнем. На додаток до збільшення спалювання викопного палива, такого як вугілля, нафта та природний газ, штучні хімічні речовини, такі як хлорфторвуглеці (CFC), а також викиди метану та закису азоту в сільському господарстві та промисловості сприяють парниковому ефекту.

Вчені розробили комплексні моделі, які оцінюють вплив поточних і майбутніх викидів парникових газів на глобальний клімат. Хоча в цих моделях залишається значна невизначеність, сформувався широкий науковий консенсус щодо того, що парниковий ефект, спричинений діяльністю людини, становить значну загрозу для глобальної екосистеми. Міжурядова група експертів зі зміни клімату (IPCC) у всіх своїх звітах дійшла висновку, що глобальні атмосферні концентрації викидів парникових газів (ПГ) помітно зросли в результаті діяльності людини з 1750 року.

Згідно зі звітом, «вплив людини на кліматичну систему очевидний, і останні антропогенні викиди парникових газів є найвищими в історії... Потепління кліматичної системи є однозначним, і з 1950-х років багато спостережуваних змін є безпрецедентними протягом десятиліть. тисячоліть. Атмосфера й океан нагрілися, кількість снігу й льоду зменшилася, а рівень моря піднявся». IPCC прогнозує підвищення глобальної середньої температури до 2100 року на 1,5°C – 4,8°C (від 2,7°F до 8,6°F) вище доіндустріального рівня. До 2015 року у світі вже було досягнуто середнього підвищення температури на 1°C порівняно з доіндустріальними часами, а глобальні температури побили теплові рекорди три роки поспіль у 2014, 2015 та 2016 роках.

Джерела: Fankhauser 1995; IPCC, 2014a, b і с. Деміан Керрінгтон, «Світовий клімат ось-ось увійде на «незвідану територію», коли він потеплішає на 1°C», *Оп'юун*, 9 листопада 2015 р. *Нью-Йорк Таймс*, 18 січня 2017 р.

Якщо наслідки зміни клімату справді будуть серйозними, то в інтересах кожного зменшити викиди заради загального блага. Таким чином, зміну клімату можна розглядати як **асупільне благо**проблема, яка потребує спільних дій для розробки адекватної політики. У випадку зміни клімату такі дії мають залучати всіх зацікавлених сторін, включаючи уряди та державні установи, а також приватні корпорації та окремих громадян.

Після десятиліть невдач на міжнародному рівні виробити угоду, що включала б усі країни, значного прогресу було досягнуто в Парижі в грудні 2015 року, коли 195 країн під егідою Рамкової конвенції ООН про зміну клімату підписали першу глобальну угоду, спрямовану на утримання загального зростання середньої глобальної температури нижче 2 градусів Цельсія (порівняно з доіндустріальними часами). На додаток до дій, вжитих національними урядами, сотні міст, регіонів і корпорацій пообіцяли значно скоротити свої CO₂викидів протягом наступних 5-25 років, хоча вихід Сполучених Штатів під час адміністрації Трампа може поставити під сумнів успіх угоди. Ми детально повернемося до особливостей Паризької угоди в останньому розділі цього модуля.

Оскільки CO₂ та інші парникові гази постійно накопичуються в атмосфері, стабілізація або «заморожування» викидів не вирішить проблему. Парникові гази зберігаються в атмосфері протягом десятиліть або навіть століть, продовжуючи впливати на клімат усєї планети ще довго після їх викиду. Це випадок **азapas забруднювача**. Лише значне скорочення рівнів викидів основного забруднювача запобіжить постійно зростаючому накопиченню в атмосфері. Розробка національної та міжнародної політики боротьби з глобальною зміною клімату є величезним викликом, що включає багато наукових, економічних та соціальних питань.

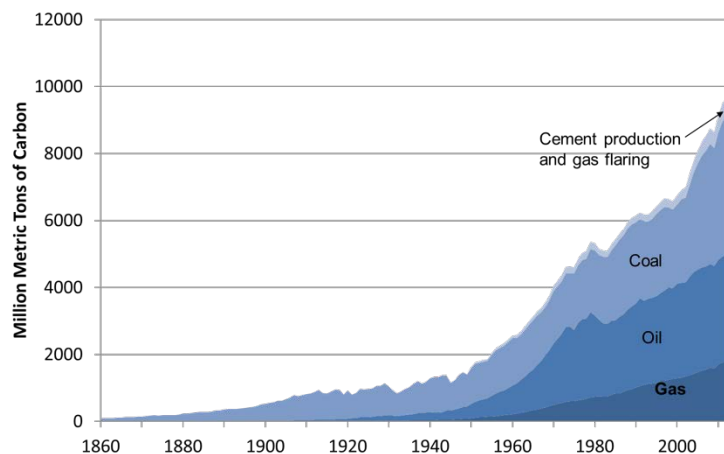
Тенденції глобальних викидів вуглецю

Глобальні викиди CO₂ від спалювання викопного палива різко зросли приблизно з 1950 року, як показано на малюнку 2. У 2013 році загальні глобальні викиди вуглецю становили 9,776 мільярдів тонн або гігатонн (Гт) вуглецю. На спалювання вугілля на даний момент припадає приблизно 42 відсотки глобальних викидів вуглецю, тоді як рідке паливо (в основному нафта) є джерелом ще 33 відсотків, спалювання природного газу становить 19 відсотків, а 6% — виробництво цементу та спалювання газу.⁶ На малюнку 2 показано викиди за період 1965-2015 рр., виражені в мільйонах метричних тонн CO₂.⁷

⁶Боден та інші, 2016.

⁷Щоб перетворити тонни вуглецю в тонни CO₂, помножте на коефіцієнт 3,667, який є співвідношенням 44/12, похідне від CO₂молекулярна маса 44, а молекулярна маса вуглецю 12).

Рисунок 2. Викиди вуглецю від споживання викопного палива, 1860–2013 рр.



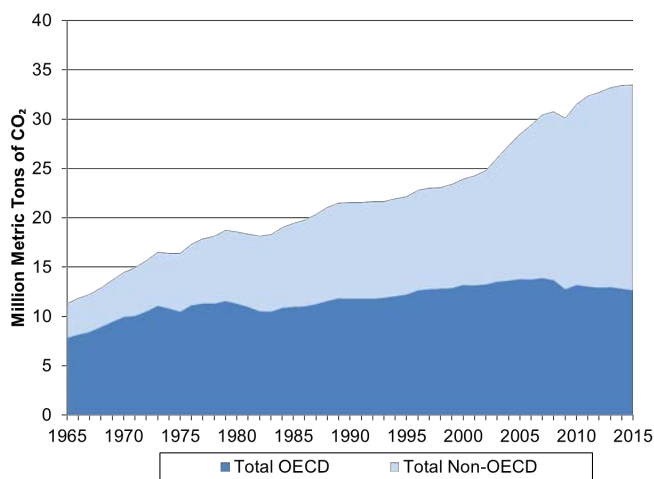
Джерело: Інформаційно-аналітичний центр вуглекислого газу (CDIAC) http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2013.ems доступ червень 2016.

Примітка: Викиди в мільйонах метричних тонн вуглецю. Щоб конвертувати в МТ CO₂, помножити на 3,67

На рисунку 3 зосереджено увагу на розподілі викидів між двома групами країн: ОЕСР, включаючи в основному промислово розвинені країни, та рештою світу, що включає країни, що розвиваються, включаючи Китай. Частка викидів ОЕСР неухильно зменшувалася з 2007 року, а частка країн, що розвиваються, значно зросла, хоча нещодавно також сповільнилося її зростання.

Рисунок 3. Викиди вуглекислого газу, 1965-2015 рр.

Промислово розвинені країни та країни, що розвиваються (мільйон метричних тонн CO₂)



Джерело: Адміністрація енергетичної інформації США <http://www.eia.gov/forecasts/aeo/data/browser/#/?id=10-IEO2016&sourcekey=0>, доступ червень 2016 р.

Примітка: ОЕСР = Організація економічного співробітництва та розвитку (переважно індустріально розвинені країни, тоді як країни, що не входять до ОЕСР, це країни, що розвиваються). Вертикальна вісь на малюнку 3 вимірює мільйони метричних тонн CO₂ (дана кількість викидів, виміряна в тоннах вуглекислого газу, становить ~ 3,67 разів від загальної ваги вуглецю). Показані тут оцінки викидів US EIA дещо відрізняються від оцінок CDIAC, показаних на малюнку 2.

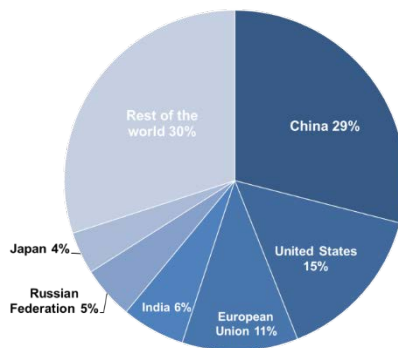
Викиди тісно пов'язані з економічними циклами, і спад 2008-2009 рр. чітко видно на рисунку 3. Також варто відзначити очевидне вирівнювання CO₂викиди в 2014, 2015 та 2016 роках становили приблизно 33 мільярди тонн (33 гігатонни) CO₂. Частково це пояснюється уповільненням світового економічного зростання (зі зниженням темпів економічного зростання Китаю). Це також відображає нові інвестиції в енергетику у відновлювані джерела енергії (сонячну та вітрову), які в останні роки домінували у виробництві додаткової енергії. Ця тенденція починає справляти значний вплив на скорочення CO₂викиди в енергетичному секторі.

У розвинених країнах відбувся швидкий перехід від вугілля до природного газу та відновлюваних джерел енергії, що знизило загальний рівень CO₂викиди. У країнах, що розвиваються, видобуток вугілля все ще зростає, але все більша частка нового виробництва енергії також надходить з відновлюваних джерел. Наразі неясно, чи вирівнювання викидів є тимчасовим явищем, чи сигналізує про зміну тенденцій загальних викидів.

На рисунку 4 показано розподіл CO₂викиди серед основних джерел викидів: Китай (29%), США (15%), Європейський Союз (11%), Індія (6%), Росія (5%), Японія (4%) та інші світу (30%). Очікується, що більша частина майбутнього зростання викидів вуглецю припадатиме на країни, що швидко розвиваються, такі як Китай та Індія. У 2006 році Китай випередив Сполучені Штати як найбільший викид вуглецю у світі.

Малюнок 4. Перс

ри/Обл



Джерело: Джос Г. Дж. Олі

Центр, 2014. «Тренди

у глобальній CO₂викиди: Звіт за 2014 рік”http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2014-trends-in-global-co2-emissions-2014-report-93171.pdf

Окрім загальних викидів за країнами, важливо враховувати викиди на душу населення. Викиди на душу населення набагато вищі в розвинених країнах, як показано на малюнку 5. Найвищі показники спостерігаються в країнах Перської затоки, таких як Катар (40 тонн CO₂ на людину), Кувейт (34 тонни на людину) або Об'єднані Арабські Емірати (22

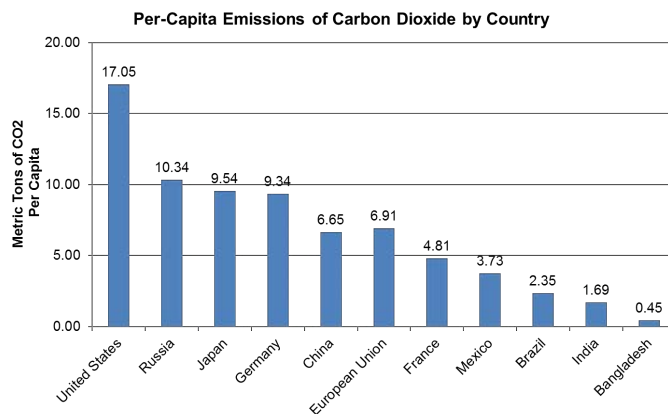
Міжнародне енергетичне агентство, 16 березня 2016 р

<https://www.iea.org/newsroomandevents/pressreleases/2016/march/decoupling-of-globalemissions-and-economic-growth-confirmed.html>

тонн на людину). Сполучені Штати мають найвищий показник серед великих країн із 17 метричними тоннами CO₂ викидів на людину.

Іншими країнами з високим рівнем викидів є Австралія (16,7 тонни на душу населення) та Канада (14,6). У Росії в середньому 10 тонн на душу населення, тоді як у більшості інших розвинених країн цей показник становить від 4 до 10 метричних тонн на душу населення.⁹ Більшість країн, що розвиваються, мають низькі показники на душу населення, як правило, менше 2 тонн CO₂ на людину, крім Китаю, де викиди на душу населення зросли до 6,6 тонн на людину.

Рисунок 5. Викиди вуглекислого газу на душу населення за країнами



Джерело: British Petroleum, Інструмент енергетичних діаграм 2015.

Тенденції та прогнози щодо глобального клімату

Земля значно нагрілася відтоді, як у середині дев'ятнадцятого століття почали вести достовірні дані про погоду (рис. 6). За останні сто років середня глобальна температура піднялася приблизно на 1°C або приблизно на 1,8°F. Чотирнадцять із п'ятнадцяти найтепліших років у сучасних метеорологічних записах припали на період з 2000 по 2015 рік.¹⁰ Рекорд 2014 року як найспекотнішого за всю історію був побитий 2015 роком, який, у свою чергу, був побитий 2016 роком,¹¹ що було приблизно на 1,1°C вище доіндустріального рівня.¹² Факти вказують на те, що швидкість потепління, яка зараз становить приблизно 0,13°C за десятиліття, зростає. За оцінками Тихоокеанської північно-західної національної лабораторії Міністерства енергетики США, до 2020 року темпи підвищення температури можуть становити 0,25°C на десятиліття.¹³

⁹Рейтинг викидів усіх країн на душу населення доступний за адресою <http://cotap.org/per-capita-carbon-co2-emissions-by-country/>

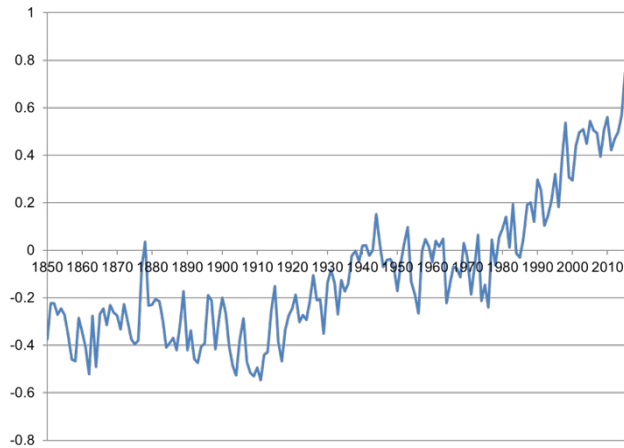
¹⁰NOAA 2012; Деміан Керрінгтон: «14 із 15 найспекотніших років були зафіксовані з 2000 року, ООН каже», *Опікун*, 2 лютого 2015 р.

¹¹NASA, 18 січня 2017 р. <https://www.nasa.gov/press-release/nasa-noaa-data-show-2016-найтепліший-рік-у-світі>

¹²*Нью-Йорк Таймс*, 18 січня 2017 р. https://www.nytimes.com/2017/01/18/science/earth-highest-temperature-record.html?_r=0

¹³*Опікун*, 9 березня 2015 р. «Глобальне потепління» прискориться до показників, які не спостерігалися протягом 1000

Рисунок 6. Глобальні річні температурні аномалії (°C), 1850–2015 рр.



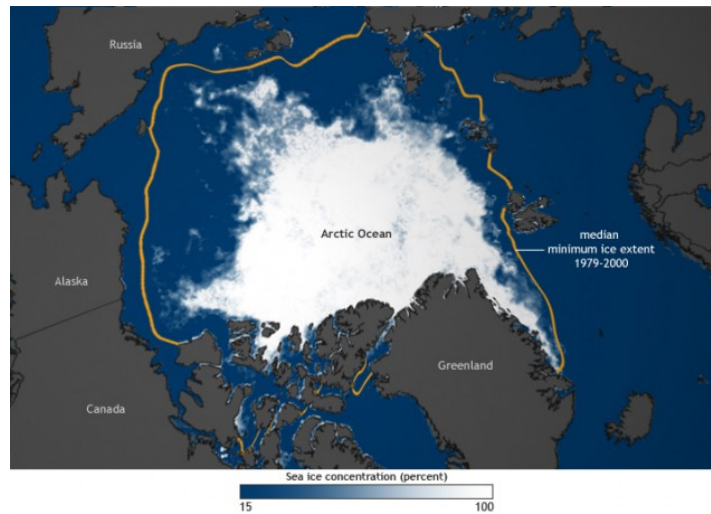
Джерело:CDIAC, Глобальні місячні та річні температурні аномалії (градуси С), 1850-2015, відносно середнього значення 1961-1990, травень 2016.

<http://cdiac.ornl.gov/ftp/trends/temp/jonescru/global.txt>

Примітка.Нульова базова лінія являє собою середню глобальну температуру з 1961 по 1990 рік.

Не всі території нагріваються однаково. Арктика й Антарктида нагрівалися приблизно вдвічі швидше, ніж глобальні темпи.¹⁴Танення льоду в Арктиці є як результатом глобального потепління, так і причиною подальшого потепління, оскільки відкритий океан поглинає більше енергії сонця, ніж лід, явище, відоме як зменшене альbedo (див. рис. 7).

Малюнок 7: Зменшення арктичного льоду в Арктиці



Джерело:<http://thinkprogress.org/climate/2014/02/18/3302341/arctic-sea-ice-melt-oceanabsorbs-heat/> . Цифра заснована на даних Національного центру даних про сніг і лід.

кредит:клімат.гов

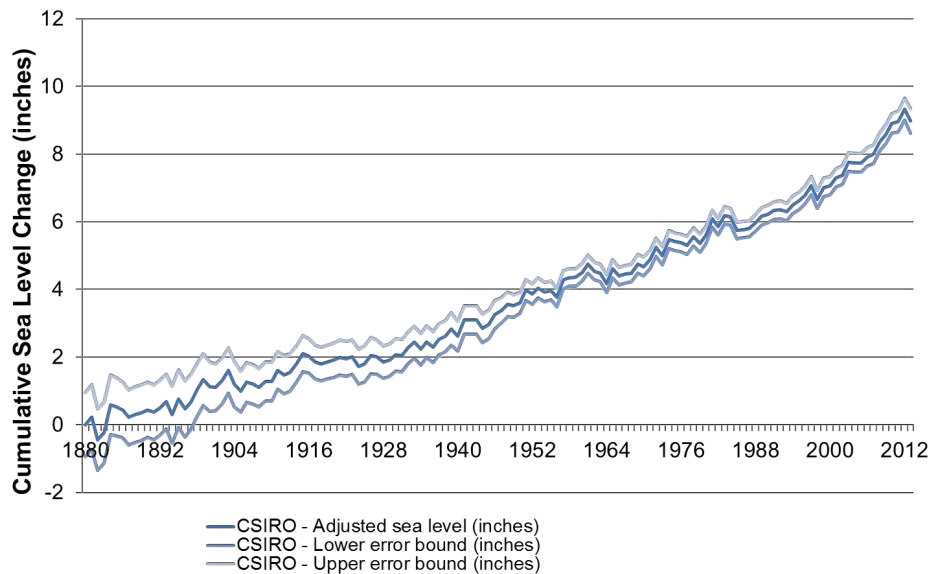
років». <https://www.theguardian.com/environment/2015/mar/09/global-warming-set-to-speedup-to-rates-not-seen-for-1000-years>

¹⁴IPCC, 2007a, Робоча група I: Основи фізичної науки.

Високі температури спричинили помітний вплив на екосистеми. У більшості регіонів світу льодовики відступають. Наприклад, Національний парк Глейшер у Монтані мав 150 льодовиків, коли парк був заснований у 1910 році. Станом на 2010 рік залишилося лише 25 льодовиків, а до 2030 року, за оцінками, у парку більше не буде жодного однойменного льодовика.¹⁵

Зміна клімату також призводить до підвищення рівня моря. Підвищення рівня моря пояснюється таненням льодовиків і крижаних покривів, а також тим, що вода розширюється при нагріванні. У 2012 році глобальна середня температура океану була приблизно на 0,5°C вище середньої температури двадцятого століття. Поєднання теплих океанів і танення льоду призвело до підвищення рівня моря приблизно на 2 міліметри на рік, і в 2012 році рівень моря вже був на 9 дюймів (23 см) вище рівня 1880 року (див. Малюнок 8 і Вставку 2).¹⁶

Рисунок 8. Підвищення рівня моря, 1880–2012 рр



Джерело: IPCC, 2014a

Примітка: Лінія посередині показує середню оцінку на основі великої кількості джерел даних. Заштрихована область представляє високий і низький рівень похибки (менший для останніх даних).

¹⁵https://www.usgs.gov/centers/norock/science/retreat-glaciers-glacier-national-park?qt-науковий_центр_об'єкти=0

¹⁶NOAA, 2012.

ВСТАВКА 2. ОСТРОВИ ТИХОГО ОКЕАНУ ЗНИКАЮТЬ, КОЛИ ПІДНЯТЬСЯ ОКЕАНІВ

Острівна держава Кірібаті, сукупність із 33 коралових атолів і рифових островів, розташованих не вище 6 футів над рівнем моря, розкиданих по смузі Тихого океану, яка приблизно вдвічі більша за Аляску, стикається з ризиком загинути під водою. наступні кілька десятиліть.

Два його острови, Тебуа Тарава і Абануеа, вже зникли в результаті підвищення рівня моря. Інші, як на Кірібаті, так і на сусідньому острові Тувалу, майже зникли. Поки що моря повністю поглинули лише незаселені відносно невеликі острови, але криза наростає навколо берегів світових атолів.

Жителям Тувалу важко вирощувати врожай, тому що підвищення рівня моря отруює ґрунт сіллю. Багато островів стануть непридатними для життя задовго до того, як вони фізично зникнуть, оскільки сіль із моря забруднює підземні запаси прісної води, від яких вони залежать. Ситуація настільки погана, що лідери Кірібаті розглядають план переселення всього 110 000 населення на Фіджі. Жителі деяких сіл уже переселилися.

Джерела: Майк Айвз, «Віддалена тихоокеанська нація, якій загрожує підвищення рівня моря», Нью-Йорк Таймс, 2 липня 2016 р. «Кірібаті побоюються глобального потепління: ціла нація може переїхати на Фіджі», Associated Press, 12 березня 2012 р.

Вплив підвищення рівня моря загрожує численним прибережним районам; наприклад, уряд США визначив 31 населений пункт Аляски, що знаходиться під неминучою небезпекою, а міста Флориди вже зазнали значних збитків від значного збільшення повеней.¹⁷ Маямі-Біч уже інвестував понад 400 мільйонів доларів США для боротьби з регулярними повенями, які трапляються не лише під час епізодів ураганів, але й під час «королівських припливів», які відбуваються один або два рази на рік (коли орбіти та розташування Землі, Місяця та Сонця поєднуються). спричинити найбільші приливні ефекти року).¹⁸ Мешканці кількох прибережних міст, які зазнають частіших повеней, стурбовані втратою вартості нерухомості своїх будинків. Це має серйозні наслідки для страхової галузі; за словами президента Асоціації перестраховування Америки, «очевидно, що глобальне потепління може збанкрутувати галузь».¹⁹

Останні дослідження Західно-Антарктичного льодовикового щита показують, що ця територія, більша за Мексику, потенційно вразлива до розпаду відносно невеликої кількості

¹⁷Еріка Гуд, «Важкий вибір для міст Аляски на шляху зміни клімату», *Нью-Йорк*

Часи, 29 листопада 2016 р.; «Посилення кліматичних змін «Королівські припливи» змінюють спосіб життя у Флориді» *Нью-Йорк Таймс*, 17 листопада 2016 р.

¹⁸*Нью-Йорк Таймс*, 17 листопада 2016 р. там же.

¹⁹Юджин Лінден, «Як страхова індустрія бачить зміну клімату», *Los Angeles Times*, 16 червня,

2014 рік

глобальне потепління та здатне підвищити рівень моря на 12 футів або більше, якщо це станеться. Навіть якщо цей найбільш песимістичний сценарій не здійсниться, дослідники виявили, що загальне підвищення рівня моря може сягнути 5-6 футів до 2100 року та продовжуватиме збільшуватися, причому до середини 22 року рівень моря підніматиметься більш ніж на фут за десятиліття.²⁰настоліття.

20

На додаток до підвищення температури океану, збільшення CO₂в атмосфері призводить до **підкислення океану**. Національне управління океанічних і атмосферних досліджень США виявило:

Близько половини всього вуглекислого газу, виробленого людьми з часів промислової революції, розчинилося у світовому океані. Це поглинання сповільнює глобальне потепління, але також знижує рН океанів, роблячи його більш кислим. Більш кисла вода може роз'їдати мінерали, на які багато морських істот покладаються, щоб побудувати свої захисні раковини та скелети.²¹

Звіт за 2012 рік в *Наука*Журнал виявив, що океани закислюються, можливо, найшвидшими темпами за 300 мільйонів років, що може мати серйозні наслідки для морських екосистем.²² Серед перших жертв потепління та підкислення океану – коралові рифи, оскільки корали можуть утворюватися лише у вузькому діапазоні температур і кислотності морської води. У 2015 році відбулося рекордне вимирання коралових рифів, відоме як відбілювання коралів, через поєднання найпотужнішого кліматичного циклу Ель-Ніньо (тихоокеанське потепління) за століття та температури води, яка вже підвищилася через зміну клімату.²³Устричні розплідники, які називають «канарейками у вугільній шахті», оскільки вони можуть передбачити вплив на широкий спектр океанських екосистем у міру підвищення кислотності океану, також постраждали, що загрожує промисловості моллюсків у північно-західній частині Тихого океану.²⁴ Інші екосистеми також зазнають серйозного впливу зміни клімату (вставка 3).

²⁰ДеКонто та Поллард, 2016.

²¹NOAA, 2010.

²²Hönish та ін., 2012; Дебора Забаренко, «Зміна кислотності океану може бути найшвидшою за 300 мільйонів Роки», *Reuters*, 1 березня 2012 р

²³Роджер Бредбері «Світ без коралових рифів» *Нью-Йорк Таймс*, 14 липня 2012 р.; NOAA, «Вчені знайти зростання вуглекислого газу та підкислену воду в Пьюджет-Саунд», 2010; Мішель Ініс, «Зумовлена кліматом загибель коралів у всьому світі викликає тривогу вчених» *Нью-Йорк Таймс*, 9 квітня 2016 р

²⁴Корал Девенпорт, «Як устриці гинуть, кліматична політика йде на пень», *Нью-Йорк Таймс* 3 серпня,

2014 рік.

ВСТАВКА 3. ЛІСИ, ЗМІНА КЛІМАТУ ТА ЛІСОВІ ПОЖЕЖІ

Лісові пожежі колись були в основному сезонною загрозою, виникали переважно спекотним сухим літом. Зараз вони горять майже цілий рік на заході США, Канаді та Австралії. У травні 2016 року штат Альберта був спустошений лісовими пожежами, що поширилися на понад 350 миль, що призвело до евакуації 80 000 жителів міста Форт МакМюррей, яке зазнало значних збитків.

Вважається, що головною причиною збільшення лісових пожеж є глобальне потепління. Особливо сильно потепління б'є по північних регіонах: там температура піднімається швидше, ніж на Землі в цілому, сніговий покрив передчасно тоне, а ліси всихають раніше, ніж раніше. Сухі зими означають менше вологи на землі, а надлишок тепла може навіть спричинити збільшення кількості блискавок, які часто викликають найруйнівніші лісові пожежі.

За словами дослідника-еколога Лісової служби Сполучених Штатів: «У деяких регіонах у нас зараз цілорічний сезон пожеж, і можна сказати, що гірше не може бути. Але ми очікуємо від змін, що може стати гірше». У 2015 році лісова служба Сполучених Штатів витратила більше половини свого бюджету на боротьбу з пожежами за рахунок таких програм, як контрольоване спалювання, спрямоване на зниження ризику пожеж. Вчені бачать ризик того, що якщо знищення лісів пожежами та комахами продовжуватиме зростати, вуглець, який був заблокований у лісах, повернеться в атмосферу у вигляді вуглекислого газу, прискорюючи темпи глобального потепління — небезпечна петля зворотного зв'язку.

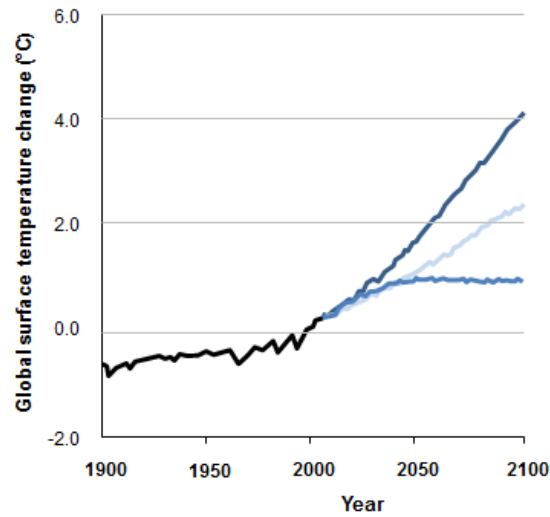
Джерела: Метт Ріхтель і Фернанда Сантос, «Лісові пожежі, колись приурочені сезону, горять раніше і довше» *Нью-Йорк Таймс*, 12 квітня 2016 р.; Іен Остін, «Пожежа спустошує форт Мак-Мюррей в районі нафтових пісків Альберти», *Нью-Йорк Таймс*, 3 травня 2016 р.

Майбутні прогнози зміни клімату залежать від шляху майбутніх викидів. Навіть якби всі викиди парникових газів припинилися сьогодні, світ продовжував би потепліти протягом багатьох десятиліть, а такі наслідки, як підвищення рівня моря, тривали б століттями, оскільки вплив викидів на навколишнє середовище не усвідомлюється відразу.²⁵

Ґрунтуючись на моделях діапазону з різними припущеннями щодо майбутніх викидів, IPCC оцінив у своїй доповіді 2014 року, що протягом двадцять першого століття глобальні середні температури піднімуться в діапазоні, який, швидше за все, становитиме від 1,5°C (3°F) до 4,8° C (8,6°F) вище доіндустріального рівня, якщо не буде вжито рішучих політичних заходів щодо зменшення викидів.²⁶ Діапазон можливого підвищення температури показано на малюнках 9 і 10, причому на малюнку 10 показано ймовірний розподіл підвищення температури по всій планеті для сценаріїв підвищення температури низького та високого рівня.

²⁵Євдеева та ін., 2012; <http://www.skepticalscience.com/Sea-levels-will-continue-to-rise.html>.

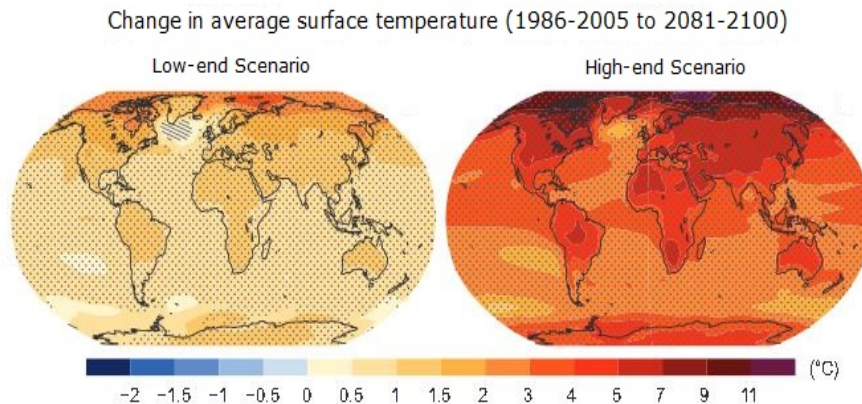
²⁶IPCC, 2014b, стор. 59-60.



Джерело: IPCC 2014с, Резюме для політиків, с. 13.

Примітка. На графіку показано середні прогнози для сценаріїв з високим, середнім і низьким рівнем викидів. Можливий діапазон підвищення температури в усіх моделях IPCC ширший і становить від 0,3 до 4,8°C

Малюнок 10. Глобальні температурні тенденції, прогнозовані до 2100 року – два сценарії



Джерело: IPCC, 2013

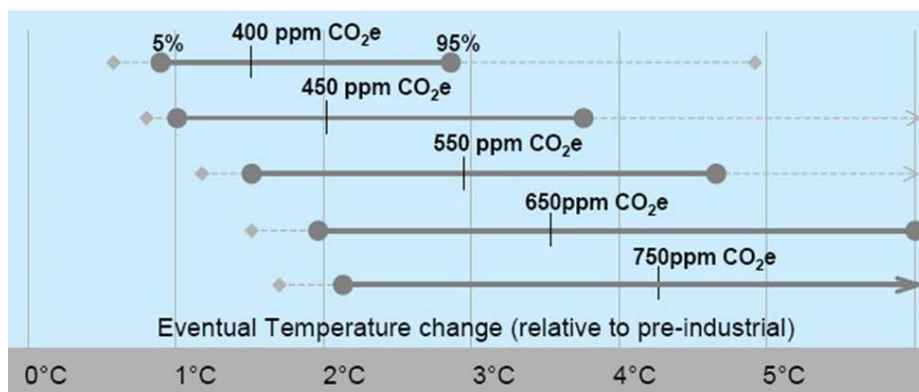
Величина фактичного потепління та інші ефекти залежатимуть від рівня, на якому атмосферні концентрації CO₂ та інші парникові гази остаточно стабілізуються. Доіндустріальний рівень концентрації становив близько 280 частин на мільйон (ppm). У 2008 році науковці-кліматологи Джеймс Хансен і Раджандра Пачаурі, голова IPCC, заявили, що: «Якщо людство хоче зберегти планету, подібну до тієї, на якій розвинулась цивілізація і до якої пристосовано життя на Землі, докази палеоклімату та тривають зміни клімату свідчать про те, що CO₂ має становити 350 ppm».²⁷

²⁷Хансен та інші, 2008.

У 2015 р. CO в атмосфері концентрація перевищила позначку 400 ppm.²⁸ Коли ми також включаємо внесок інших парникових газів, загальний ефект еквівалентний концентрації 430 ppm CO₂ або більше називають **CO₂ еквівалент (CO₂д)**. Цей рівень CO₂еквівалент не відчувався понад 800 000 років.²⁹

На малюнку 11 показано рівень стабілізації парникових газів, виміряний у CO₂е, до результуючого підвищення глобальних середніх температур, включаючи ступінь невизначеності. Суцільна смуга на кожному рівні CO₂е представляє діапазон температурних результатів, які, ймовірно, відбудуться з 90-відсотковою ймовірністю. Пунктирна лінія на обох кінцях представляє повний діапазон прогнозованих результатів від основних існуючих кліматичних моделей. Вертикальна лінія навколо середини кожної смужки позначає середину різних передбачень.

Рисунок 11. Зв'язок між рівнем стабілізації парникових газів і кінцевою зміною температури



Джерело: Штерн, 2007.

Примітка: CO₂е = CO₂еквівалент; ppm = частки на мільйон.

Цей прогноз передбачає, що стабілізація концентрації парникових газів на рівні 450 ppm CO₂е з 90-відсотковою ймовірністю призведе до підвищення температури між 1,0 і 3,8°C із середнім очікуванням на 2°C і невеликою ймовірністю того, що підвищення може бути значно більшим, ніж це. З поточною концентрацією парникових газів в атмосфері понад 430 ppm CO₂е, стабілізації при 450 ppm, ймовірно, неможливо досягти без значного видалення CO₂з атмосфери, що передбачає чисті викиди нижче нуля в якийсь момент у майбутньому. Рівномірна стабілізація при 550 ppm CO₂е, що передбачає підвищення середньої глобальної температури приблизно на 3 °C, вимагатиме рішучих і негайних заходів політики.

²⁸Адам Воган, «Глобальні рівні вуглекислого газу подолали позначку в 400 частин на мільйон», *Опiкун*, 6 травня, 2015 рік.

²⁹Андреа Томпсон, «2015 рік починається з CO₂вище позначки 400 ppm», *Клімат Центральний*, 12 січня, 2015, www.climatecentral.org/news/2015-begins-with-co2-above-400-ppm-mark-18534

2. ЕКОНОМІЧНИЙ АНАЛІЗ ЗМІНИ КЛІМАТУ

Вчені змоделювали результати прогнозованого подвоєння накопиченого CO₂в земній атмосфері. Деякі з багатьох прогнозованих негативних ефектів:

- Втрата території, включаючи пляжі та водно-болотні угіддя, через підвищення рівня моря
- **Втрата видів і площ лісів**
- Порушення водопостачання міст і сільського господарства
- Збільшення витрат на кондиціонування повітря
- Шкода здоров'ю та смерть від хвиль спеки та поширення тропічних хвороб
- Втрата сільськогосподарської продукції через посуху

Деякі корисні результати можуть включати:

- Збільшення сільськогосподарського виробництва в холодному кліматі
- Менші витрати на опалення
- **Менше смертей від впливу холоду**

Потенційно сприятливі результати спостерігатимуться переважно в північних частинах Північної півкулі, таких як Ісландія, Сибір і Канада. Більшість решти світу, особливо тропічні та напівтропічні зони, ймовірно, зазнають сильних негативних наслідків додаткового потепління. Згідно з прогнозами МГЕЗК, зі збільшенням викидів і підвищенням температури негативні ефекти посилюватимуться, а позитивні зменшуватимуться (див. таблицю 1).

Інші менш передбачувані, але, можливо, більш шкідливі та постійні ефекти включають:

- Порушення погодних умов із збільшенням частоти ураганів, посух та інших екстремальних погодних явищ.
- Можливий швидкий колапс крижаних щитів Гренландії та Західної Антарктики, який підніме рівень моря на 12 метрів або більше, затопивши великі прибережні міста
- Раптові великі кліматичні зміни, такі як зсув Атлантичного Гольфстріму, які можуть змінити клімат Європи на клімат Аляски.
- Позитивний **ефекти зворотного зв'язку**³⁰, як-от підвищене виділення CO₂ від потепління арктичної тундри, що прискорить глобальне потепління.

Як показано на малюнку 9, існує значна невизначеність щодо очікуваного глобального потепління в наступному столітті. Нам потрібно пам'ятати про такі невизначеності, намагаючись оцінити економічні наслідки глобальної зміни клімату.

³⁰Ефект зворотного зв'язку виникає, коли початкова зміна в системі викликає подальші зміни посилити початкову зміну (позитивний зворотний зв'язок) або протидіяти йому (негативний зворотний зв'язок).

Таблиця 1. Можливі наслідки зміни клімату

Тип Вплив	Можливе підвищення температури відносно доіндустріальних температур				
	1°C	2°C	3°C	4°C	5°C
прісноводні Припаси	Малі льодовики в Андах зникнуть, погрозовий запаси води за 50 млн Люди	Потенційна вода постачання де-складка 20-30% в деяких регіони (півд. в Африці і середземноморський)	Серйозно посухи в Південний Європа кожна 10 років Ще 1-4 млрд страждають люди нестача води-ес	Потенційна вода постачання де-складка 30-50% на півдні в Африці і середземноморський	Великі льодовики в Гімалаях можливо зник-груша, впливаючи ¼ китайського населення
Харчування і Сільське господарство	Скромний в-збільшення врожайності в температурі регіони	Зниження врожаю врожайність в тропіках кал регіони (5-10% в Африці)	150-550 млн більше людей на ризик голоду; Врожайність ймовірна пік на вищому широти	Зменшення врожайності на 15-35% в Африка; Дещо цілі регіони поза сільським господарством-виробництво ції	Збільшення в кислотність океану можливо зменшити-рибні запаси
Людина Здоров'я	Принаймні 300 000 гинуть щороку від пов'язані з кліматом хвороби Зменшення в зимова смерть-ту у високій широти	40-60 мільйонів більш оголені до малярії в Африка	1-3 мільйони більше потенціалу-щирі люди вмирають щорічно від неправильне харчування	До 80 більше мільйонів людей піддано до малярії в Африка	Подальше захворювання збільшення і суттєвий тягарі на охорона здоров'я послуги
прибережний Області	Збільшений пошкодження від прибережне затоплення	До 10 більше мільйонів людей піддано до прибережних затоплення	До 170 більше мільйонів людей піддано до прибережних затоплення	До 300 більше мільйонів людей піддано до прибережних затоплення	Підвищення рівня моря погрожує основні міста наприклад Новий Йорк, Токіо, і Лондон
Екосистеми	Принаймні 10% від наземні види перед обличчям вимирання-Ції Збільшений ризик пожежі	15-40% від видовий потен-тially обличчя вимирання	20-50% від видовий потен-тially обличчя вимирання; Можливий початок краху Амазонський ліс	Втрата половини арктична тундра; Широке поширення втрата коралів рифи	Значний вимирання через глобус

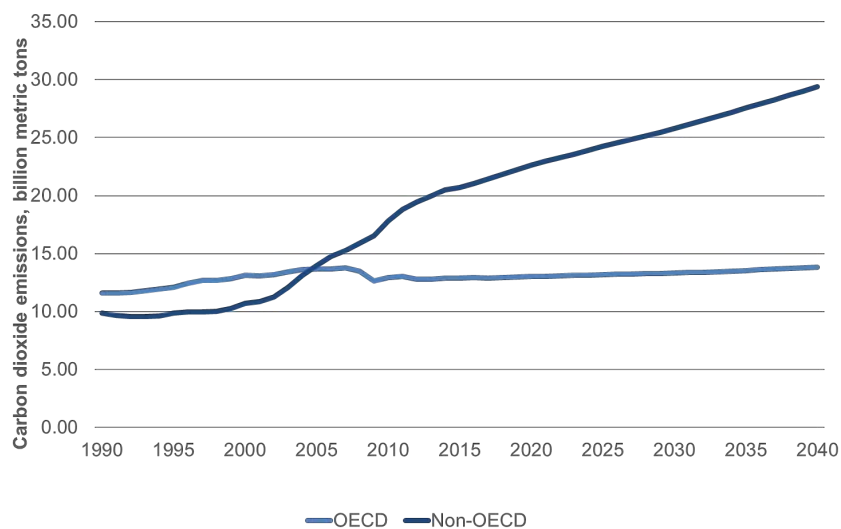
Джерела: IPCC, 2007b; Штерн, 2007

Враховуючи ці невизначеності, деякі економісти намагалися розмістити аналіз глобальних змін клімату в контексті **аналіз витрат і вигод**. Інші критикували цей підхід як спробу дати грошову оцінку питанням із соціальними, політичними та екологічними наслідками, які виходять далеко за межі доларової вартості. Спочатку ми розглянемо спроби економістів охопити вплив глобальної зміни клімату за допомогою аналізу витрат і вигод, а потім повернемося до дебатів про те, як реалізувати політику скорочення викидів парникових газів.

Витрати-вигоди дослідження глобальної зміни клімату

Без втручання політики очікується, що викиди вуглецю за сценарієм «бізнес-як-звичайний» продовжуватимуть зростати, як показано на малюнку 12. Однак ці прогнози базуються на поточних тенденціях без урахування впливу майбутніх політик щодо скорочення викидів. Агресивні та негайні політичні дії потрібні спочатку для стабілізації, а потім для зменшення загального CO₂ викидів у найближчі десятиліття. Це мета Паризької угоди 2015 року. Щоб зрозуміти проблеми, пов'язані зі скороченням викидів, нам потрібно поглянути на економічні наслідки таких політичних ініціатив.

Рисунок 12. Викиди вуглекислого газу, пов'язані з енергетикою, прогнозовані до 2040 року



Джерело: ОВНС, 2016.

Примітка: Організація економічного співробітництва та розвитку (ОЕСР) включає переважно індустріально розвинені країни, а країни, що не входять до ОЕСР, включають решту світу, включаючи країни, що розвиваються, включаючи Китай.

Коли економісти виконують аналіз витрат і вигод, вони зважують наслідки прогнозованого збільшення викидів вуглецю порівняно з вартістю поточних політичних заходів для стабілізації або навіть зменшення CO₂ викиди. Рішучі політичні дії щодо запобігання зміні клімату принесуть користь, рівну вартості збитків, яких вдалося уникнути. Ці переваги запобігання пошкодженню також можна назвати **уникнення витрат**. Потім оцінені вигоди необхідно порівняти з вартістю вжиття заходів.

Різноманітні економічні дослідження намагалися оцінити переваги та витрати політичних заходів щодо зміни клімату. Спроба виміряти витрати, пов'язані зі зміною клімату, у грошовому виразі або у відсотках від ВВП породжує кілька невід'ємних проблем. Загалом, ці дослідження можуть охопити наслідки зміни клімату лише в тій мірі, в якій вони впливають на економічне виробництво, або створюють неринкові наслідки, які можна виразити в грошовому еквіваленті. Деякі сектори економіки потенційно вразливі до наслідків зміни клімату, зокрема сільське господарство, лісове господарство та рибальство, прибережна нерухомість і транспорт. Але вони складають лише близько 10% ВВП. Інші основні сфери, такі як виробництво, послуги та фінанси, вважаються такими, що лише незначно постраждали від зміни клімату.³¹

Таким чином, оцінка впливу на ВВП може мати тенденцію опускати деякі з найпотужніших екологічних наслідків зміни клімату. За словами Вільяма Нордгауза, який за останні двадцять років є автором багатьох досліджень ефективності зміни клімату:

...найруйнівніші аспекти зміни клімату – у некерованих і некерованих людських і природних системах – знаходяться далеко за межами традиційного ринку. Я визначив чотири конкретні сфери особливого занепокоєння: підвищення рівня моря, посилення ураганів, підкислення океану та втрата біорізноманіття. Для кожного з них масштаби змін наразі перевищують здатність людських зусиль зупинити. До цього списку ми повинні додати занепокоєння щодо сингулярностей земної системи та переломних точок, таких як ті, що пов'язані з нестабільними крижаними покривами та реверсуванню океанських течій. Ці наслідки не тільки важко виміряти та кількісно оцінити в економічних термінах; ними також важко керувати з економічної та інженерної точки зору. Але сказати, що їх важко кількісно визначити та контролювати, не означає, що їх слід ігнорувати. Навпаки, ці системи є тими, які слід вивчати найбільш ретельно, оскільки вони, ймовірно, будуть найнебезпечнішими в довгостроковій перспективі.³²

Аналіз витрат і вигод також може бути суперечливим, оскільки він оцінює цінність людського здоров'я та життя в доларах. Більшість досліджень дотримується загальноприйнятої практики оцінки вартості життя в розмірі приблизно 8-11 мільйонів доларів США на основі досліджень сум, які люди готові заплатити, щоб уникнути ризику, що загрожує життю, або які готові прийняти (наприклад, додаткова зарплата за небезпечну роботу), щоб взяти на себе такі ризики. Але в країнах, що розвиваються, як правило, призначають нижчу цінність людського життя, оскільки методологія визначення вартості «статистичного життя» залежить від грошових показників, таких як доходи та умовна оцінка. Оскільки багато з найсерйозніших наслідків зміни клімату зазнають країни, що розвиваються, ця упередженість економічної оцінки явно викликає як аналітичні, так і моральні проблеми.

³¹Nordhaus, 2013, стор. 137.

³²Nordhaus, 2013, стор. 145.

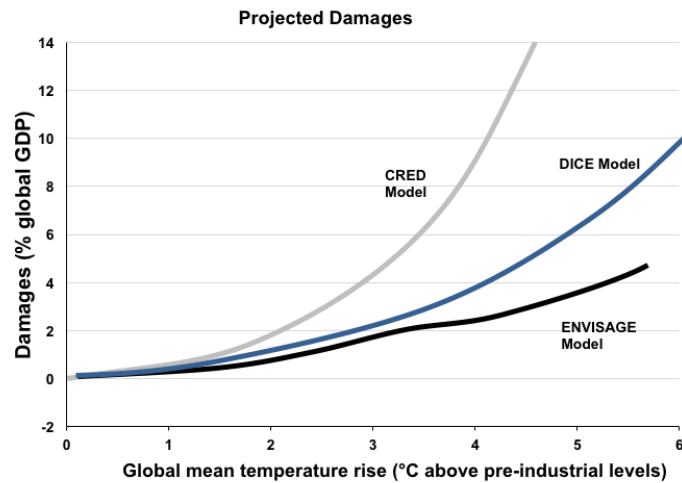
Проблема невизначеності є центральною для аналізу витрат і вигод від зміни клімату. Оцінки збитків, як правило, упускають можливість набагато більш катастрофічних наслідків *міг би* результат, якщо погодні умови будуть набагато гіршими, ніж очіувалося. Наприклад, один ураган може завдати збитків на десятки мільярдів доларів, окрім людських жертв. Наприклад, ураган Катріна в серпні 2005 року завдав збитків на суму понад 100 мільярдів доларів, а також забрав понад 1800 життів. У 2012 році ураган «Сенді» завдав збитків на суму близько 50 мільярдів доларів США, припинивши подачу електроенергії майже 5 мільйонам споживачів і залишивши тривалі наслідки для великої берегової лінії в Нью-Йорку та Нью-Джерсі.

Якщо зміна клімату призведе до того, що сильні урагани стануть набагато частішими, аналіз витрат і вигод повинен буде оцінити витрати на знищення на набагато вищому рівні, ніж це робили раніше. Ще одна невідома величина — захворюваність людей або втрати від хвороб — цілком може бути величезною, якщо тропічні хвороби значно розширять свій діапазон через тепліші погодні умови.

Моделі «інтегрованої оцінки» використовувалися вченими та економістами, щоб перевести сценарії зростання населення та економіки, а також результуючих викидів у зміни складу атмосфери та глобальної середньої температури. Ці моделі потім застосовують «функції збитку», які приблизно описують глобальні зв'язки між змінами температури та економічними витратами від таких впливів, як зміни рівня моря, частоти циклонів, сільськогосподарської продуктивності та функціонування екосистеми. Нарешті, моделі намагаються перевести майбутні збитки в поточну грошову вартість.³³

Більш високі діапазони зміни температури призводять до значного збільшення оцінок збитків на глобальному рівні, як показано на малюнку 13. Різні моделі дають різні оцінки майбутніх збитків і, у свою чергу, різні впливи на економіку, коливаючись від 2% до 10% або більше глобального ВВП на рік залежно від зростання середньої глобальної температури. Значення на рисунку 13 показують результати трьох широко використовуваних моделей з оцінками шкоди, заснованими на оцінках IPPC щодо ймовірної зміни температури до 2100 року.

³³Revesz, Arrow та ін., 2014.



Джерело:

[покращити-економічні-моделі-зміни-клімату-1.14991](#)

[al-warming-](#)

Примітка: Три різні моделі (ENVISAGE, DICE та CRED), показані на цьому малюнку, дають оцінки збитків, які подібні на низьких і помірних рівнях зміни температури, але розходяться на вищих рівнях, відображаючи різні припущення, використані в моделюванні.

Ці грошові оцінки збитків можуть бути предметом суперечок і можуть не охоплювати всі аспекти збитків, але припустимо, що ми вирішимо прийняти їх — принаймні як приблизну оцінку. Потім ми повинні зважити передбачувані переваги політики запобігання зміні клімату з вартістю такої політики. Щоб оцінити ці витрати, економісти використовують моделі, які показують, як такі ресурси, як праця, капітал і ресурси, дають економічний результат.

Щоб зменшити викиди вуглецю, ми повинні скоротити використання викопного палива, замінивши інші джерела енергії, які можуть бути дорожчими, і інвестувати в нову інфраструктуру для відновлюваних джерел енергії, енергоефективності та інших стратегій скорочення викидів вуглецю. Економісти обчислюють міру **граничні витрати на скорочення** – вартість скорочення однієї додаткової одиниці вуглецю – для різних заходів, таких як енергоефективність, перехід на сонячну та вітрову енергію або уникнення вирубки лісів.

Деякі з цих заходів є недорогими або навіть негативними (це означає, що вони приносять чисту економічну вигоду на додаток до свого внеску у скорочення викидів вуглецю). Але особливо для дуже значного скорочення викидів вуглецю більшість економічних моделей передбачає деякий негативний вплив на ВВП. Один підсумок широкого спектру досліджень, відомих як мета-аналіз, виявив, що оцінки впливу на ВВП відрізняються залежно від припущень щодо можливостей заміни нових джерел енергії, технологічного навчання та економічної гнучкості.³⁴

³⁴Стерн, 2007, Розділ 10, «Макроекономічні моделі витрат».

Одна з оцінок вартості досягнення цілі Паризької угоди щодо підвищення температури не більше ніж на 2 °C полягає в тому, що для цього знадобиться приблизно 1,5% світового доходу (приблизно еквівалент річного зростання реального доходу). Але це в найкращому випадку міжнародної співпраці. За менш сприятливих припущень, витрати, за оцінками, зростуть до понад 4% світового ВВП.³⁵Подібним чином мета-аналіз, згаданий вище, показує, що витрати можуть коливатися від 3,4% світового ВВП за найгірших припущень до *збільшити* світовому ВВП 3,9% за найкращими припущеннями.³⁶

Якщо витрати та вигоди агресивної політики скорочення викидів вуглекислого газу сягають кількох відсотків ВВП, як ми можемо вирішити, що робити? Багато залежить від нашої оцінки **майбутні витрати та вигоди**. Витрати, пов'язані з вжиттям заходів, повинні бути понесені сьогодні або найближчим часом. Вигоди від вжиття дій (уникнення витрат на збитки) будуть у майбутньому. Таким чином, наше завдання полягає в тому, щоб сьогодні вирішити, як збалансувати ці майбутні витрати та вигоди.

Економісти оцінюють майбутні витрати та вигоди за допомогою **аоблікова ставка**. Проблеми та неявні оціночні судження, пов'язані з дисконтуванням, додають невизначеності, яку ми вже зазначали при оцінці витрат і вигод. Це говорить про те, що ми повинні розглянути деякі альтернативні підходи, включаючи методи, які можуть включати екологічні, а також економічні витрати та вигоди.

Економічні дослідження, присвячені аналізу витрат і вигод від зміни клімату, прийшли до дуже різних висновків щодо політики. Згідно з ранніми дослідженнями (з 2000 по 2008 рр.), проведеними Вільямом Нордхаусом та його колегами, «оптимальна» економічна політика для уповільнення зміни клімату передбачає помірні темпи скорочення викидів у найближчій перспективі з подальшим збільшенням скорочень у середньостроковій та довгостроковій перспективі, що іноді називають як поступове «нарощування» кліматичної політики.³⁷

Більшість ранніх економічних досліджень зміни клімату дійшли висновків, подібних до висновків досліджень Нордгауза, хоча деякі рекомендували більш радикальні дії. Дебати щодо економіки зміни клімату суттєво змінилися в 2007 році, коли Ніколас Стерн, колишній головний економіст Світового банку, опублікував 700-сторінковий звіт, спонсорований британським урядом, під назвою «Огляд Стерна про економіку зміни клімату».³⁸У той час як більшість попередніх економічних аналізів зміни клімату пропонували відносно скромні політичні заходи, Огляд Стерна наполегливо рекомендував негайні та суттєві політичні дії:

³⁵Nordhaus, 2013, Розділ 15, «Вартість уповільнення глобальних змін клімату».

³⁶Штерн, 2007, стор.271.

³⁷Nordhaus 2007, 2008; Нордхаус і Боєр, 2000.

³⁸Штерн, 2007.

Наукові докази нині перевершують: зміна клімату є серйозною глобальною загрозою, і вона вимагає термінової глобальної реакції. У цьому Огляді оцінено широкий спектр даних щодо впливу зміни клімату та економічних витрат, а також використано ряд різних методів для оцінки витрат і ризиків. З усіх цих точок зору докази, зібрані Оглядом, ведуть до простого висновку: вигоди від рішучих і ранніх дій значно переважають економічні втрати від бездіяльності.

Використовуючи результати офіційних економічних моделей, Огляд оцінює, що якщо ми не вживемо заходів, загальні витрати та ризики зміни клімату будуть еквівалентні втраті щонайменше 5 відсотків світового ВВП щороку, зараз і назавжди. Якщо врахувати ширший спектр ризиків і наслідків, оцінка збитку може зрости до 20 відсотків ВВП або більше. Навпаки, вартість дій — скорочення викидів парникових газів, щоб уникнути найгірших наслідків зміни клімату — може бути обмежена приблизно 1 відсотком світового ВВП щороку.³⁹ Це співвідношення вигод/витрат принаймні 5:1 передбачає вагомі економічні аргументи для негайних і серйозних політичних заходів, на відміну від повільнішого «нارощування».

Чим пояснюється різниця між цими двома підходами до економічного аналізу зміни клімату? Однією з головних проблем є вибір ставки дисконту для оцінки майбутніх витрат і вигод. Поточна вартість (PV) довгострокового потоку вигод або витрат залежить від ставки дисконту. Висока ставка дисконту призведе до низької теперішньої оцінки для вигод, які є переважно в довгостроковій перспективі, і до високої теперішньої оцінки для короткострокових витрат. Навпаки, низька ставка дисконту призведе до вищої поточної оцінки довгострокових вигод. Таким чином, розрахункова чиста поточна вартість агресивної політики скорочення викидів буде набагато вищою, якщо ми виберемо низьку ставку дисконту (вставка 4).

У той час як у дослідженнях Стерна та Нордгауза використовувалася стандартна економічна методологія, підхід Стерна надає значно більшої ваги довгостроковим екологічним та економічним ефектам. Stern Review використовує низьку ставку дисконту в 1,4 відсотка, щоб збалансувати поточні та майбутні витрати. Таким чином, навіть якщо протягом кількох десятиліть витрати на агресивні дії здаються вищими, ніж вигоди, високий потенційний довгостроковий збиток коливає баланс на користь агресивних дій сьогодні. Вони є значними як з точки зору грошового, так і немонетарного впливу. У довгостроковій перспективі шкода, завдана навколишньому середовищу внаслідок глобальної зміни клімату, також матиме значні негативні наслідки для економіки. Але використання стандартної ставки дисконтування зменшує теперішню вартість значних довгострокових майбутніх збитків до відносної незначності (див. Блок 4).

³⁹Стерн, 2007, Коротке резюме, vi.

БЛОК 4. ЗНИЖКА

Економісти розраховують теперішню вартість витрат або вигод у розмірі X доларів США, які виникають через роки в майбутньому, використовуючи рівняння:

$$\text{Поточна вартість (X \$)} = X \$ / (1 + r)^n$$

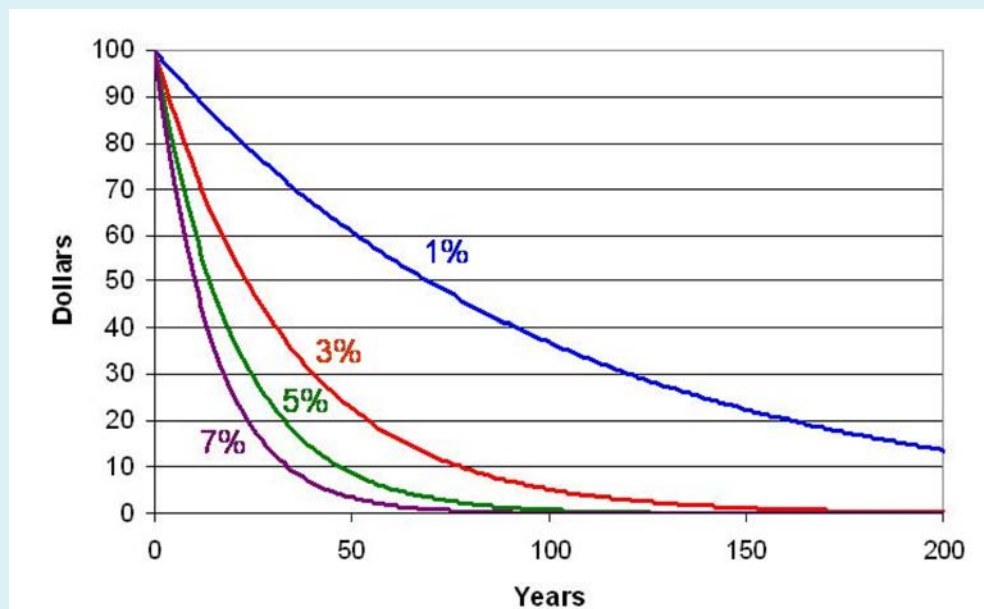
де r – ставка дисконту. Отже, наприклад, якщо ми хочемо визначити теперішню вартість виплати в розмірі 50 000 доларів США, отриманої через 25 років із ставкою дисконту 5%, це буде:

$$50\,000 \text{ доларів США} / (1 + 0,05)^{25} = 14\,765 \text{ доларів США}$$

Вибір ставки дисконту стає важливішим, чим далі йде час. На малюнку 14 показано теперішню вартість 100 дол. США витрат або вигод, зазначених у різні періоди часу в майбутньому з використанням кількох ставок дисконтування, які використовувалися в аналізі витрат і вигод від зміни клімату. Ми бачимо, що коли використовується ставка дисконту в 5% або 7%, витрати або вигоди, які виникають через 100 років у майбутньому, є незначними з точки зору теперішньої вартості – коштує лише 0,76 і 0,12 доларів відповідно. Навіть зі ставкою дисконту в 3% вартість 100 доларів через 100 років становить лише 5,20 доларів. Але коли ставка дисконту становить 1%, вплив через 100 років у майбутнє все ще є значним – коштує приблизно 37 доларів США за поточною вартістю; навіть якщо дисконтувати за період у 200 років, теперішня вартість все ще становить майже 20 доларів.

Рисунок 14. Поточна вартість майбутніх витрат або вигод у розмірі 100 доларів США:

Вплив різних ставок дисконту



Інша відмінність між двома дослідженнями стосується їх трактування невизначеності. Підхід Стерна надає більшу вагу невизначеним, але потенційно катастрофічним впливам. Це відображає застосування **апринцип обережності**: Якщо певний результат може бути катастрофічним, навіть якщо це здається малоімовірним, необхідно вжити рішучих заходів, щоб цього уникнути. Цей принцип, який набув більш широкого застосування в управлінні екологічними ризиками, особливо важливий для глобальної зміни клімату через багато невідомих, але потенційно катастрофічних наслідків, які, ймовірно, пов'язані з продовженням накопичення парникових газів (див. Вставку 5).

У дослідженні Мартіна Вейцмана стверджується, що серйозне обмірковування можливостей катастрофічної зміни клімату може переважити наслідки дисконтування, що передбачає значні інвестиції в пом'якшення наслідків вже сьогодні, щоб уникнути ймовірності майбутніх катастроф – за тим же принципом, що й страхування від невизначеної можливості майбутньої пожежі будинку.⁴⁰

Третя сфера розбіжностей стосується оцінки економічної вартості дій із пом'якшення зміни клімату. Заходи, вжиті для запобігання глобальній зміні клімату, матимуть економічний вплив на ВВП, споживання та зайнятість, що пояснює небажання урядів вживати радикальних заходів для значного скорочення викидів CO₂. Але не всі ці ефекти будуть негативними.

Stern Review провів комплексний огляд економічних моделей витрат на скорочення вуглецю. Ці оцінки витрат залежать від використаних припущень моделювання. Як зазначалося вище, прогнозовані витрати на стабілізацію атмосферних накопичень CO₂ при 450 ppm може варіюватися від 3,4 відсотка до 3,9 відсотка **більшиту** світовому ВВП. Результати залежать від ряду припущень, зокрема:

- Ефективність або неефективність економічних реакцій на сигнали цін на енергоносії
- Наявність неуглецевих **“упор зворотного ходу» енергетичні технології**
- Чи можуть країни торгувати **варіанти з найменшою вартістю** для скорочення викидів вуглецю за допомогою схеми обміну дозволами.
- Чи використовуються надходження від податків на вуглецеве паливо для зниження інших податків
- Чи враховуються зовнішні переваги скорочення викидів вуглецю, включаючи зменшення забруднення повітря на рівні землі.⁴¹

⁴⁰Вайцман, 2009.

⁴¹Там же.

ВСТАВКА 5. КЛІМАТИЧНІ ПЕРЕЛОМИ ТА СЮРПРИЗИ

Значна частина невизначеності в прогнозах зміни клімату пов'язана з проблемою зворотного зв'язку. Петля зворотного зв'язку виникає, коли початкова зміна, наприклад підвищення температури, спричиняє зміни у фізичних процесах, які потім посилюють або послаблюють початковий ефект (реакція, яка посилює початковий ефект, називається петлею позитивного зворотного зв'язку; реакція, яка його зменшує, є петля негативного зворотного зв'язку). Прикладом позитивної петлі зворотного зв'язку є те, що потепління призводить до посилення танення арктичної тундри, вивільняючи вуглекислий газ і метан, які збільшують накопичення парникових газів в атмосфері та прискорюють процес потепління.

В результаті різноманітних циклів зворотного зв'язку, пов'язаних зі зміною клімату, останні дані свідчать про те, що потепління відбувається швидше, ніж більшість вчених передбачали лише п'ять-десять років тому. Це викликає зростаюче занепокоєння з приводу потенційної «безконтрольної» петлі зворотного зв'язку, яка може призвести до драматичних змін за короткий період. Деякі вчені припускають, що ми можемо бути поблизу певних кліматичних переломних точок, перевищення яких створює потенціал для катастрофічних наслідків.

Можливо, найбільш тривожною можливістю є швидкий колапс Гренландського та Західно-Антарктичного льодовикових щитів. У дослідженні 2016 року стверджувалося, що великі шматки полярного льоду можуть розтанути протягом наступних 50 років, що призведе до підвищення рівня моря на 20-30 футів. У документі припускається, що прісна вода, що вливається в океани від танення наземного льоду, запустить цикл зворотного зв'язку, який призведе до швидкого розпаду крижаних щитів у Гренландії та Антарктиді. «Це означало б втрату всіх прибережних міст, більшості великих міст світу та всієї їхньої історії», — сказав провідний автор доктор Джеймс Хансен.

Хоча сценарії швидкого танення залишаються суперечливими, були виявлені інші небезпечні петлі зворотного зв'язку. У нещодавніх дослідженнях вчені виявили, що викиди метану в Арктиці зросли майже на третину лише за п'ять років. Відкриття сталося після низки повідомлень з регіону за останні роки про те, що раніше замерзлі болотні ґрунти тануть і виділяють метан у більшій кількості. Такі арктичні ґрунти наразі блокують мільярди тонн метану, набагато сильнішого парникового газу, ніж вуглекислий газ, що спонукає деяких вчених описувати танення вічної мерзлоти як бомбу уповільненої дії, яка може переключити зусилля, спрямовані на боротьбу зі зміною клімату. Вони побоюються, що потепління, спричинене збільшенням викидів метану, вивільнить ще більше метану та замкне регіон у руйнівному циклі, який змусить температуру підвищуватися швидше, ніж прогнозувалося.

Джерела: Девід Адам, «Арктична вічна мерзлота витікає на рекордних рівнях, цифри показують», *Опікун*, 2010, www.guardian.co.uk/environment/2010/jan/14/arctic-permafrost-methane/; Джастін Гіллс, «Вчені попереджають про небезпечну зміну клімату протягом десятиліть, а не століть», *New York Times*, 22 березня 2016 р.; ДеКонто та Поллард, 2016.

Залежно від зроблених припущень, політика щодо скорочення викидів може варіюватися від мінімалістичного підходу незначного скорочення викидів до різкого скорочення CO₂ скорочення викидів на 80 відсотків і більше. Однак в останні роки позиції Нордгауза і Штерна зблизилися. У своїх останніх публікаціях Нордхаус використовує оновлену версію своєї моделі (DICE-2013), прогнозуючи підвищення температури на 3°C або більше до 2100 року. Він виступає за податок на викиди вуглецю в розмірі 21 долар США за тону CO₂ випромінюється, швидко зростаючи з часом.⁴² Модифікація його моделі Саймоном Дітцем і Ніколасом Стерном, враховуючи збільшення збитків і можливість кліматичних «переломних точок» (див. Вставку 5), пропонує податки на вуглець у два-сім разів вищі, щоб обмежити атмосферний CO₂.² накопичення до 425-500 ppm і глобальна зміна температури до 1,5-2,0°C.⁴³ Таким чином, незважаючи на те, що розбіжності залишаються, загалом спостерігається тенденція до рекомендацій щодо більш різких політичних заходів:

Незважаючи на те, що Нордхаус і Стерн можуть розходитися в питанні про те, чи слід вводити податок на викиди вуглекислого газу або як пандус, або як крутий пагорб, а також щодо відповідної ставки дисконту для перерахунку очікуваних майбутніх збитків у поточні умови, ця дискусія стає все менш актуальною, оскільки вони обидва погоджуються, що крутизна цього нахилу збільшиться з удосконаленням моделі та подальшою затримкою податку на вуглець.⁴⁴

Зміна клімату та нерівність

Наслідки зміни клімату найбільше впадуть на бідних верств населення світу. Такі регіони, як Африка, можуть зіткнутися з серйозним погіршенням виробництва їжі та нестачею води, тоді як прибережні райони Південної, Східної та Південно-Східної Азії будуть піддані великому ризику повеней. Тропічна Латинська Америка зазнає шкоди лісам і сільськогосподарським територіям через більш сухий клімат, тоді як у Південній Америці зміни в режимі опадів і зникнення льодовиків суттєво вплинуть на доступність води.⁴⁵ У той час як багатші країни можуть мати економічні ресурси для адаптації до багатьох наслідків зміни клімату, бідніші країни не зможуть запровадити превентивні заходи, особливо ті, які покладаються на новітні технології.

Нещодавні дослідження використовували географічно розподілені моделі впливу для оцінки впливу зміни клімату в усьому світі. Як показано в Таблиці 2, кількість жертв повені та населення, якому загрожує голод, до 2080 року буде відносно більшою в Африці, Південній Америці та Азії, де розташована більшість країн, що розвиваються. Дослідження, опубліковане в Nature, передбачило, що:

Якщо суспільства продовжуватимуть функціонувати так, як вони працювали в недавньому минулому, очікується, що зміна клімату змінить глобальну економіку шляхом суттєвого скорочення глобального економічного виробництва та, можливо, посилення існуючої глобальної економічної нерівності,

⁴²Nordhaus, 2013.

⁴³Дітц і Штерн, 2014.

⁴⁴Команофф, 2014.

⁴⁵IPCC, 2007b; Штерн, 2007, гл. 4.

відносно світу без зміни клімату. Такі адаптації, як безпрецедентні інновації чи оборонні інвестиції, можуть зменшити ці наслідки, але соціальні конфлікти чи порушення торгівлі можуть їх посилити.⁴⁶

Загалом дослідження передбачає, що «ймовірність великих глобальних втрат є значною», причому найбільші пропорційні втрати зазнають найбідніші країни.

Таблиця 2. Наслідки зміни клімату в регіональному масштабі до 2080 року (мільйони людей)

Регіон	Населення, що проживає у вододілах із збільшенням нестачі водних ресурсів	Збільшення в середньому річна кількість постраждалих від прибережної повені	Додаткове населення під загрозою голоду*
Європа	382–493	0,3	0
Азії	892–1197	14.7	266 (-21)
Північна Америка	110–145	0,1	0
Південна Америка	430–469	0,4	85 (-4)
Африка	691–909	12.8	200 (-2)

* Фцифри в дужках передбачають максимальний CO₂ефект збагачення

Джерело: Адаптовано з IPCC, 2007b.

Примітка: Ці оцінки базуються на сценарії «бізнес-як-звичайний» (сценарій IPCC A2). CO₂Ефект збагачення полягає в підвищенні продуктивності рослин, що за максимальними оцінками могло б фактично зменшити кількість людей, яким загрожує голод.

Спосіб, у який економісти включають нерівність у свій аналіз, може мати значний вплив на їхні політичні рекомендації. Якщо всі витрати оцінити в грошовому еквіваленті, втрати, наприклад, 10 відсотків ВВП у бідній країні, ймовірно, будуть набагато меншими, виміряні в доларах, ніж втрати 3 відсотків ВВП у багатій країні. Таким чином, збитки від зміни клімату в бідних країнах, які можуть бути великими у відсотках від ВВП, матимуть відносно невелику вагу, оскільки втрати відносно невеликі в доларовому еквіваленті. The Stern Review стверджує, що непропорційні наслідки зміни клімату для найбідніших людей у світі повинні збільшити оцінені витрати від зміни клімату. За оцінками Стерна, без ефекту несправедливості витрати за сценарієм «бізнес-як-звичайний» можуть становити 11–14 відсотків світового ВВП щорічно. Поглиблене зважування впливу на бідні верстви населення світу дає оцінку витрат у 20 відсотків світового ВВП.⁴⁷

Припущення щодо належного способу оцінки соціальних і екологічних витрат і вигод можуть мати велике значення для політичних рекомендацій. Як ми бачили, аналізи витрат і вигод здебільшого рекомендують дії для пом'якшення зміни клімату, але відрізняються силою своїх рекомендацій, заснованих на припущеннях щодо ризику.

⁴⁶Берк, Сян і Мігель, 2015.

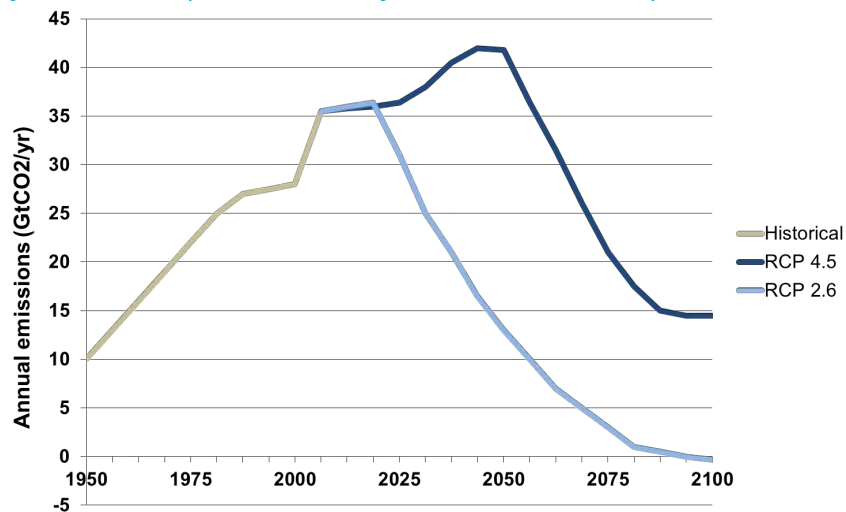
⁴⁷Штерн, 2007, гл. 6.

і дисконтування. Екологічно орієнтований економіст стверджував би, що фундаментальним питанням є стабільність фізичних і екологічних систем, які служать планетарним механізмом контролю клімату. Це означає **щостабілізація клімату**, а не економічна оптимізація витрат і вигод має бути метою.

Стабілізуючий парниковий газ *викиди* є недостатнім; при нинішніх темпах викидів вуглекислий газ та інші парникові гази продовжуватимуть накопичуватися в атмосфері. стабілізуючий *накопичення* парникових газів вимагатиме значного скорочення нижче нинішніх рівнів викидів. На малюнку 15 показано оцінки МГЕЗК щодо необхідного скорочення CO₂ викиди для досягнення стабілізації на рівнях 430–480 ppm та 530–580 ppm CO₂ в атмосфері. Зверніть увагу, що для нижчого рівня стабілізації загальні викиди мають впасти до нуля у другій половині двадцять першого століття. Ймовірно, цього можна досягти лише за умови значного збільшення глобального поглинання CO₂, можливо, через розширення лісів і модифікацію сільськогосподарських технологій на додаток до різкого скорочення викидів.

Зрозуміло, що такі масштабні скорочення означатимуть значні зміни в тому, як глобальна економіка використовує енергію. Енергоефективність і використання відновлюваних джерел енергії можуть мати значний вплив на скорочення викидів. Інші політики можуть зменшити викиди інших парникових газів і сприяти викиду CO₂ поглинання в лісах і ґрунтах. Яка комбінація стратегій може дати достатню відповідь, і як країни світу відреагували на цю проблему досі? Зараз ми зупинимося на цих питаннях докладніше.

Рисунок 15 Сценарії стабілізації вуглецю: необхідні скорочення викидів



Джерело: IPCC, 2014d, стор. 11.

Примітка: Верхній рядок представляє сценарій IPCC RCP 4.5 (помірна стабілізація в діапазоні 530–580 ppm CO₂ накопичення), а нижня лінія представляє сценарій IPCC RCP 2.6 (сильніша стабілізація при 430–480 ppm CO₂ накопичення).

3. ПОЛІТИЧНІ РЕАКЦІЇ НА ЗМІНУ КЛІМАТУ

Адаптація та пом'якшення

Політику щодо зміни клімату можна розділити на дві категорії: **адаптивні заходи** боротися з наслідками зміни клімату та **пом'якшення**, або **профілактичні заходи**, спрямованих на зниження масштабів або часу зміни клімату.

Адаптивні заходи включають:

- Будівництво дамб і дамб для захисту від підвищення рівня моря та екстремальних погодних явищ, таких як повені та урагани.
- Зміна моделей вирощування в сільському господарстві для адаптації до змін погодних умов.
- Створення установ, які можуть мобілізувати необхідні людські, матеріальні та фінансові ресурси для реагування на кліматичні катастрофи.

Заходи пом'якшення включають:

- Зменшення викидів парникових газів шляхом задоволення потреб в енергії з джерел із меншими викидами парникових газів (наприклад, перехід від вугілля до енергії вітру для виробництва електроенергії).
- Зменшення викидів парникових газів шляхом підвищення енергоефективності.
- Посилення природного **поглиначі вуглецю**. Поглиначі вуглецю – це зони, де може зберігатися вуглець; до природних поглиначів належать ґрунти та ліси. Втручання людини може або зменшити, або розширити ці поглиначі через лісове господарство та сільськогосподарську практику. Ліси переробляють вуглекислий газ (CO₂) в кисень; збереження лісистих територій і розширення лісовідновлення може мати значний вплив на чистий CO₂ викиди. Ґрунти також є величезними сховищами вуглецю, у них у три рази більше вуглецю, ніж в атмосфері. Відновлення деградованих ґрунтів може вловлювати велику кількість CO₂.

Економічний аналіз може надати політичні вказівки для майже будь-якого конкретного запобіжного або адаптивного заходу. **Аналіз витрат і вигод**, як показано вище, може служити основою для оцінки того, чи слід впроваджувати політику. Однак, як обговорювалося раніше, економісти не погоджуються щодо відповідних припущень і методологій для аналізу витрат і вигод від зміни клімату. Менш суперечливий висновок з економічної теорії полягає в тому, що ми повинні застосовувати **аналіз економічної ефективності** при розгляді того, яку політику прийняти. Використання аналізу економічної ефективності дозволяє уникнути багатьох ускладнень, пов'язаних з аналізом рентабельності. У той час як аналіз витрат і вигод намагається запропонувати основу для прийняття рішень щодо цілей політики, аналіз ефективності витрат приймає мету, як задану суспільством, і використовує економічні методи для визначення найбільш ефективного шляху досягнення цієї мети.

Загалом економісти зазвичай віддають перевагу підходам, які працюють за допомогою ринкових механізмів для досягнення своїх цілей. Ринково-орієнтовані підходи вважаються економічно ефективними; замість того, щоб намагатися безпосередньо контролювати учасників ринку, вони змінюють стимули таким чином, щоб окремі особи та фірми змінювали свою поведінку з урахуванням зовнішніх витрат і вигод. Приклади інструментів ринкової політики включають: **податки на забруднення дозволи, що підлягають передачі або продажу**. Обидва вони є потенційно корисними інструментами для зменшення викидів парникових газів. Інша відповідна економічна політика включає заходи щодо створення стимулів для впровадження відновлюваних джерел енергії та енергоефективних технологій.

Більша частина цього розділу присвячена політиці пом'якшення наслідків, але стає все більш очевидним, що політику пом'якшення необхідно доповнити політикою адаптації. Зміни клімату вже відбуваються, і навіть якщо в найближчому майбутньому буде впроваджено суттєву політику пом'якшення наслідків, потепління та підвищення рівня моря триватимуть у майбутньому, навіть протягом століть.⁴⁸ Терміновість і можливість запровадження адаптивних заходів відрізняються в різних країнах світу. Саме бідні верстви світу найбільше потребують адаптації, але також найбільше не мають необхідних ресурсів.

Негативні наслідки [зміни клімату] будуть найбільш вражаючими в країнах, що розвиваються, через їхні географічні та кліматичні умови, високу залежність від природних ресурсів і обмежену здатність адаптуватися до зміни клімату. У цих країнах найбільш уразливими є найбідніші верстви населення, які мають найменші ресурси та найменшу здатність адаптуватися.⁴⁹

Міжурядова група експертів зі зміни клімату (IPCC) визначила потреби в адаптації за основними секторами, як показано в таблиці 3. Деякі з найбільш критичних областей для адаптації включають воду, сільське господарство та здоров'я людини.

Очікується, що зміна клімату збільшить кількість опадів у деяких регіонах, головним чином у високих широтах, включаючи Аляску, Канаду та Росію, але зменшить їх кількість в інших регіонах, включаючи Центральну Америку, Північну Африку та південну Європу. Зменшення стоку води внаслідок танення снігу та льодовиків може поставити під загрозу водопостачання понад мільярда людей у таких регіонах, як Індія та деякі частини Південної Америки. Забезпечення безпечної питної води в цих регіонах може вимагати будівництва нових дамб для зберігання води, підвищення ефективності використання води та інших стратегій адаптації.

Зміна режиму опадів і температури має значні наслідки для сільського господарства. З помірним потеплінням очікується, що врожайність сільськогосподарських культур зросте в деяких холодніших регіонах, включаючи частини Північної Америки, але в цілому очікується, що вплив на сільське господарство буде негативним, і це буде ще більше з потеплінням. В

⁴⁸IPCC, 2007, стор. 46; IPCC, 2014b *Резюме для політиків*, стор. 16; Кан, 2016.

⁴⁹Африканський банк розвитку та ін., 2003, стор. 1.

США, зміна клімату подовжила та погіршила епізоди посухи в західних штатах, особливо в Каліфорнії, що, як наслідок, уже змусило фермерів адаптуватися до менш водоемних культур, замінивши апельсинові гаї та дерева авокадо іншими деревними культурами, такими як гранати або кактусоподібні плоди дракона.⁵⁰ Очікується, що наслідки для сільського господарства будуть найсильнішими в Африці та Азії. Необхідні додаткові дослідження, щоб розробити культури, які можуть рости в очікуваних більш сухих погодних умовах. Можливо, доведеться відмовитися від сільського господарства в одних областях, але розширити його в інших.⁵¹

Вплив зміни клімату на здоров'я людини вже спостерігається. За оцінками Всесвітньої організації охорони здоров'я (ВООЗ), понад 140 000 людей щорічно помирають внаслідок зміни клімату, переважно в Африці та Південно-Східній Азії. Також оцінюється, що після 2030 року зміна клімату призведе до 250 000 додаткових смертей на рік через недоїдання, малярію, діарею та тепловий стрес. За оцінками ВООЗ, до 2030 року пряма шкода здоров'ю складе 2–4 мільярди доларів США на рік. Політичні рекомендації ВООЗ включають зміцнення систем громадського здоров'я, посилення освіти, спостереження за хворобами, вакцинацію та готовність.⁵²

Таблиця 3. Потреби в адаптації до зміни клімату за секторами

Сектор	Стратегії адаптації
Вода	Розширити зберігання та опріснення води Поліпшити управління водозбором і водосховищами. Підвищення використання води та ефективності зрошення та повторного використання води Управління повенями в містах і селах
Сільське господарство	Відкоригуйте терміни посіву та місця посіву Створення сортів культур, пристосованих до посухи, вищих температур Поліпшення землеустрою для боротьби з повенями/посухами Зміцнення місцевих/традиційних знань і практики
Інфраструктура	Переселити вразливі громади Будуйте та зміцнюйте дамби та інші бар'єри Створюйте та відновлюйте водно-болотні угіддя для контролю повеней Зміцнення дюн
Здоров'я людини	Плани охорони здоров'я для сильної спеки Розширення системи відстеження та раннього попередження про захворювання, пов'язані з спекою. Усунення загроз для безпечного постачання питної води Розширення основних послуг громадського здоров'я

⁵⁰<http://www.npr.org/sections/thesalt/2015/07/28/426886645/squeezed-by-drought-california-fermers-transition-to-drought-tolerant-crops>
фермери переходять на посіви з меншою спрагою.

⁵¹Клайн, 2007; Дослідницька програма глобальних змін США, 2009 р., сільське господарство; Кахсай і Хансен, 2016..

⁵²Всесвітня організація охорони здоров'я, 2009; ВООЗ, *Зміна клімату та здоров'я*, червень 2016 р., <http://www.who.int/mediacentre/factsheets/fs266/en/>

Транспорт	Переміщення або адаптація транспортної інфраструктури. Нові стандарти проектування для боротьби зі зміною клімату
Енергія	Зміцнення розподільної інфраструктури. Вирішення проблем із збільшенням попиту на охолодження. Підвищення ефективності, збільшення використання відновлюваних джерел енергії
Екосистеми	Зменшити навантаження на інші екосистеми та тиск використання людини Покращити наукове розуміння, посилити моніторинг Зменшити вирубку лісів, збільшити лісовідновлення Збільшити захист мангрових заростей, коралових рифів і морської трави

Джерело: IPCC, 2007; IPCC, 2014с.

Існують різні оцінки вартості відповідних заходів з адаптації. Програма ООН з навколишнього середовища (ЮНЕП) оцінює, що витрати на адаптацію для країн, що розвиваються, можуть зрости до 140-300 мільярдів доларів на рік до 2030 року та від 280 до 500 мільярдів доларів на рік до 2050 року. Ці суми значно перевищують 100 мільярдів доларів на рік. зобов'язалися розвинені країни в Паризькій угоді 2015 року. ЮНЕП попереджає, що існуватиме значний фінансовий дефіцит, який «ймовірно, суттєво зросте протягом наступних десятиліть, якщо не буде досягнуто значного прогресу в забезпеченні нового, додаткового та інноваційного фінансування для адаптації». Витрати на адаптацію вже у два-три рази вищі, ніж поточне міжнародне державне фінансування адаптації.⁵³

Пом'якшення наслідків зміни клімату: варіанти економічної політики

Викид парникових газів в атмосферу є яскравим прикладом негативних зовнішніх ефектів, які призводять до значних витрат у глобальному масштабі. Мовою економічної теорії поточний ринок вуглецевого палива, такого як вугілля, нафта та природний газ, враховує лише приватні витрати та вигоди, що призводить до ринкової рівноваги, яка не відповідає соціальному оптимуму. З соціальної точки зору ринкова ціна на викопне паливо надто низька, а споживана кількість надто висока.

Податки на вуглець

Стандартним економічним засобом інтерналізації зовнішніх витрат є податок на одиницю забруднювача. У цьому випадку потрібно **аподаток на вуглець**, що стягується з вуглецевого викопного палива пропорційно до кількості вуглецю, пов'язаного з їх виробництвом і використанням. Такий податок підніме ціни на джерела енергії, що базуються на вуглєці, і таким чином спонукатиме споживачів заощаджувати енергію в цілому (що зменшить їхній податковий тягар), а також перемістить їхній попит на альтернативні джерела енергії, які виробляють менші викиди вуглецю (і є таким чином оподатковуються за нижчими ставками).

⁵³ЮНЕП, 2016.

З економічної точки зору, рівень такого податку має ґрунтуватися на соціальній вартості вуглецю – оцінці фінансового впливу викидів вуглецю на суспільство. Агентство з охорони навколишнього середовища США оцінює соціальну вартість вуглецю на основі різних припущень у межах від 11 до 212 доларів із середнім діапазоном близько 50 доларів.⁵⁴ Як зазначалося раніше, основною причиною різних оцінок є припущення щодо ставок дисконту та ризику/невизначеності.

Таблиця 4 показує вплив, який різні рівні податку на викиди вуглецю мали б на ціни вугілля, нафти та природного газу. Податок тут вказано в доларах за тонну CO₂. Загальною плутаниною є те, що податок на вуглець можна виразити як податок на одиницю вуглецю або податок на одиницю вуглекислого газу. Щоб порівняти ці два, потрібно взяти до уваги співвідношення між CO₂молекулярна маса (44) і молекулярна маса вуглецю (12) - одна тонна вуглецю еквівалентна 44/12 тонн CO₂. Якщо ми хочемо перетворити податок у розмірі 100 доларів США за тонну вуглецю в податок за тонну CO₂, нам потрібно буде помножити цей податок у розмірі 100 доларів США на $12/44 = 0,2727$: це означає, що податок у розмірі 100 доларів США за тонну вуглецю еквівалентний податку у розмірі 27,27 доларів США за тонну CO₂.

Таблиця 4. Альтернативні податки на вуглець для викопного палива

Вплив ціни на вуглець на роздрібну ціну бензину	
кг CO ₂ за галон	8,89
тонн CO ₂ за галон	0,00889
\$/гал., податок \$50/тонна	0,44 долара США
\$/гал., податок \$100/тонна	0,88 доларів США
Роздрібна ціна (2016) за галон	2,20 доларів США
% збільшення, податок 50 дол./т	20,2%
% збільшення, податок 100 дол./тонна	40,4%
Вплив ціни на вуглець на роздрібну ціну вугілля	
кг CO ₂ за коротку тонну	2100
тонн CO ₂ за коротку тонну	2.1
\$/коротка тонна, податок \$50/тонна	105 доларів США
\$/коротка тонна, податок \$100/тонна	210 доларів США
Роздрібна ціна (2016) за коротку тонну	40 доларів США
% збільшення, податок 50 дол./т	262,5%
% збільшення, податок 100 дол./тонна	525,0%

⁵⁴EPA США, *Соціальна вартість вуглецю*,
<https://www3.epa.gov/climatechange/EPAactivities/economics/scc.html>

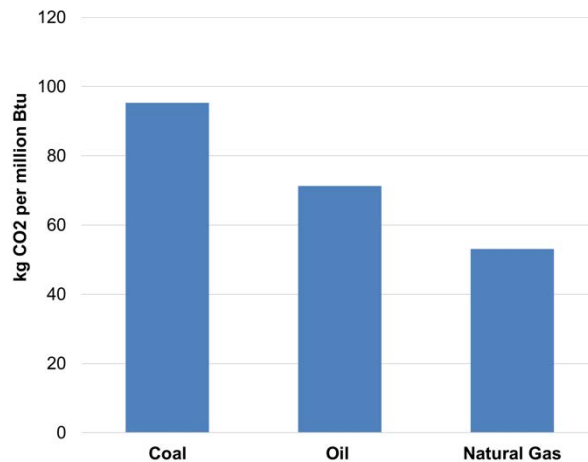
Вплив ціни на вуглець на роздрібну ціну природного газу

кг CO ₂ за 1000 куб. футів	53.12
тонн CO ₂ за 1000 куб. футів	0,05312
\$/1000 куб. футів, податок 50 доларів США за тонну	2,66 доларів США
\$/1000 куб. футів, податок 100 доларів США за тонну	5,31 долара США
Роздрібна ціна (2016) за 1000 куб. футів	12 доларів США
% збільшення, податок 50 дол./т	22,1%
% збільшення, податок 100 дол./тонна	44,2%

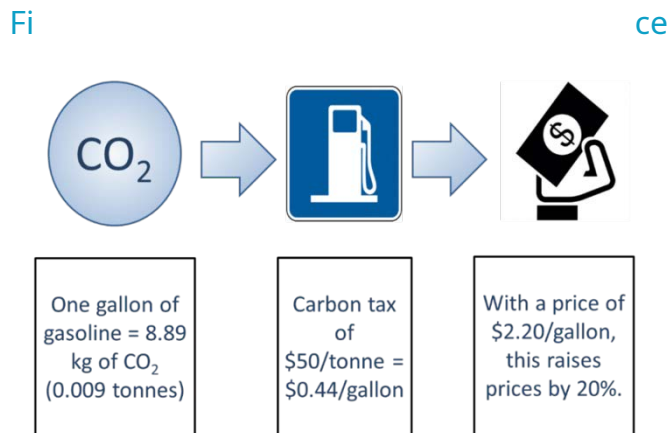
Джерело: Викиди вуглецю розраховані на основі вуглецевих коефіцієнтів і коефіцієнтів термічного перетворення, доступних у Міністерстві енергетики США. Усі дані про ціни надані Управлінням енергетичної інформації США.

Виходячи з енергетичного вмісту, виміряного в британських теплових одиницях (Бту), вугілля є найбільш вуглецевоємним викопним паливом, у той час як природний газ виробляє найменші викиди вуглецю на БТЕ (рис. 16). Підраховуючи вплив податку на викиди вуглецю відносно стандартних комерційних одиниць для кожного джерела палива, ми бачимо, що податок на викиди вуглецю становить 50 доларів США за тонну CO₂, наприклад, підвищує ціну на галон бензину приблизно на 44 центи, або на 20%, виходячи з цін 2016 року (Рисунок 17). Податок у розмірі 100 доларів США за тонну CO₂ дорівнює збільшенню цін на бензин приблизно на 88 центів за галон. Вплив податку на викиди вуглецю буде ще більшим для цін на вугілля — податок у розмірі 50 доларів США за тонну CO₂ збільшить ціни на вугілля на 262%. А податок у 100 доларів США за тонну підніме ціни на вугілля в п'ять разів. Для природного газу відсоток впливу приблизно такий же, як і для бензину. Для природного газу, хоча вміст вуглецю в ньому нижчий, ніж у бензині, його низька ціна (станом на 2016 рік) означає, що відсоток впливу на ціну приблизно такий же, як і для бензину.

Рисунок 16. Вміст вуглецю в паливі



Джерело: Розраховано на основі даних Міністерства енергетики США.



Джерело: Розраховано на основі даних Міністерства енергетики США.

Чи сильно ці суми податків вплинуть на звички людей керувати автомобілем або обігріватися вдома, чи вплинуть на використання палива в промисловості? Це залежить від **еластичності попиту** для цих видів палива. Еластичність попиту визначається як:

$$\text{Еластичність попиту} = \frac{\text{Відсоткова зміна необхідної кількості}}{\text{Відсоткова зміна ціни}}$$

Економісти виміряли еластичність попиту на різні види викопного палива, зокрема на бензин. (Еластичність попиту, як правило, негативна, оскільки позитивна відсоткова зміна ціни спричиняє негативну відсоткову зміну кількості попиту.) Дослідження показують, що в короткостроковій перспективі (приблизно один рік або менше) оцінки еластичності коливаються від -0,03 до -0,25. Це означає, що 10-відсоткове підвищення ціни на бензин, як очікується, зменшить попит на бензин у короткостроковій перспективі приблизно на -0,3 до -2,5 відсотка.⁵⁵

У довгостроковій перспективі (близько п'яти років або близько того) люди більш сприйнятливі до підвищення цін на бензин, оскільки вони мають час придбати інші транспортні засоби та змінити свої звички водіння. Середня довгострокова еластичність попиту на моторне паливо, виходячи з 51 оцінки, становить -0,64.⁵⁶ Згідно з таблицею 4, податок у розмірі 50 доларів США за тону CO₂ підвищить ціну на бензин приблизно на 20 відсотків, додавши 44 центи за галон до ціни бензину на основі цін 2016 року. Довгострокова еластичність -0,64 свідчить про те, що після того, як люди матимуть час повністю адаптуватися до цієї зміни ціни, попит на бензин має знизитися приблизно на 13 відсотків.

На малюнку 18 показано залежність між цінами на бензин і споживанням на душу населення в різних країнах. (Оскільки вартість виробництва галону бензину незначно відрізняється в різних країнах, варіації ціни галону в різних країнах є майже виключно функцією різниці в податках.) Зверніть увагу, що цей зв'язок подібний до співвідношення

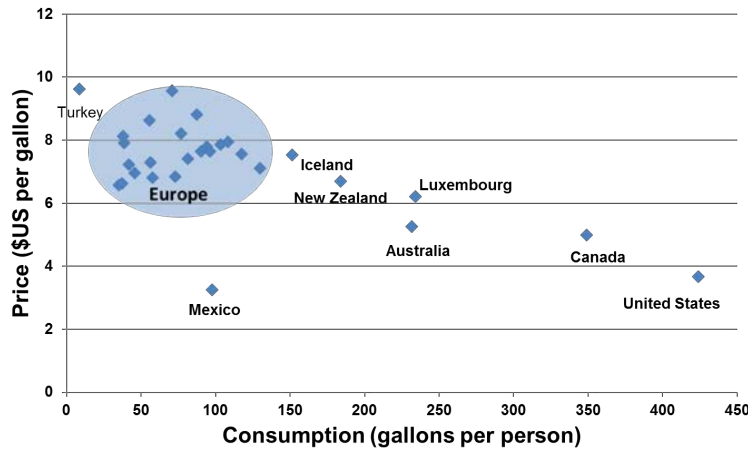
⁵⁵Гудвін та ін., 2004; Хьюз та ін., 2008.

⁵⁶Гудвін та ін., 2004.

Крива попиту: вищі ціни пов'язані з меншим споживанням, а нижчі ціни – з більшим споживанням. Однак показано тут співвідношення не зовсім збігається з кривою попиту; оскільки ми розглядаємо дані з різних країн, припущення «за інших рівних умов», необхідне для побудови кривої попиту, не виконується.

Відмінності в попиті можуть, наприклад, бути частково функцією різниці в рівнях доходів, а не цін. Крім того, люди в Сполучених Штатах можуть частіше їздити на автомобілі, оскільки відстані (особливо на заході Сполучених Штатів) більші, ніж у багатьох європейських країнах, а варіантів громадського транспорту менше. Але, здається, існує чіткий зв'язок ціна/споживання. Наведені тут дані свідчать про те, що для суттєвого впливу на споживання палива знадобиться досить велике підвищення ціни — у діапазоні 0,50–1,00 доларів США за галон або більше.

Рисунок 18. Залежність ціни на бензин від споживання в промислово розвинутих країнах, 2012 р.



Джерела: база даних Управління енергетичної інформації США, міжнародна енергетична статистика; GIZ, Міжнародні ціни на паливо 2012/2013; Світовий банк, Індикатори світового розвитку (Населення).

Примітка: Заштрихована зона представляє діапазон ціни/споживання, характерний для країн Західної Європи.

Чи буде коли-небудь політично здійсненним значне підвищення податку на бензин або широкий податок на вуглець? Особливо в Сполучених Штатах високі податки на бензин та інші види палива зустрінуть значний спротив. Як показано на малюнку 18, Сполучені Штати мають найвище споживання бензину на людину та найнижчі ціни за межами Близького Сходу. Але давайте зауважимо дві речі щодо пропозиції щодо значних податків на вуглець:

- По-перше, рециркуляція доходів може перенаправити доходи від податків на вуглець та інші екологічні податки на зниження інших податків. Значна частина політичної опозиції високим податкам на енергетику походить від уявлення, що вони будуть *додатковий* податок — на додаток до податків на доходи, власність і соціальне забезпечення, які люди вже сплачують. Якби податок на викиди вуглекислого газу супроводжувався, наприклад, значним скороченням податків на прибуток або соціальне страхування, це було б більш політично прийнятним.

- Ідея збільшення податків на економічні «погані», такі як забруднення, одночасно зменшуючи податки на речі, які ми хочемо заохочувати, такі як праця та капіталовкладення, повністю відповідає принципам економічної ефективності. Це було б замість чистого збільшення податків **нейтральне з точки зору доходів податкове зміщення**— загальна сума податків, яку громадяни сплачують уряду, практично не змінюється. Частина податкових надходжень також може бути використана для надання допомоги людям з низькими доходами, щоб компенсувати тягар вищих витрат на енергію.
- По-друге, якби таке нейтральне з точки зору доходів перенесення податку справді відбулося, окремі особи чи підприємства, чия діяльність є більш енергоефективною, фактично заощадили б гроші в цілому. Вища вартість енергії також створить потужний стимул для енергозберігаючих технологічних інновацій і стимулюватиме нові ринки. Економічна адаптація була б легшою, якби вищі податки на викиди вуглецю (і нижчі податки на прибуток і капітал) поступово вводилися з часом.

Обмінні дозволи

Альтернативою податку на викиди вуглецю є система торгівлі дозволами на викиди вуглецю, яка також називається **обмеження та торгівля**. Схема торгівлі вуглецевими викидами може бути реалізована на державному чи національному рівні або може включати кілька країн. Національна дозвільна система може працювати таким чином:

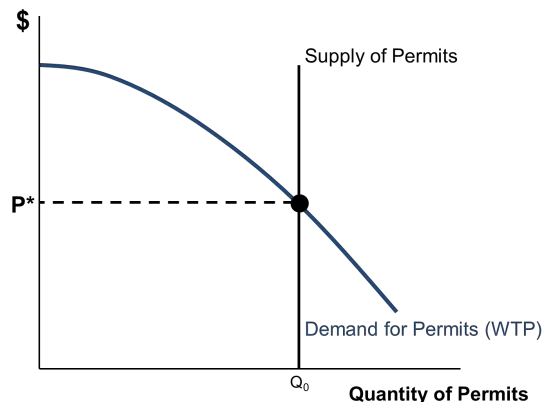
- Кожній фірмі-викиду буде призначено певний допустимий рівень викидів вуглецю. Загальна кількість виданих дозволів на викиди вуглецю дорівнюватиме бажаній національній меті. Наприклад, якщо викиди вуглецю для певної країни наразі становлять 40 мільйонів тонн, а політична мета полягає в тому, щоб скоротити їх на 10 відсотків (4 мільйони тонн), то дозволи будуть видані лише на викиди 36 мільйонів тонн. Згодом ціль можна збільшити, в результаті чого в наступні періоди буде видано менше дозволів.
- Дозволи видаються окремим джерелам викидів вуглецю. Включення всіх джерел вуглецю (наприклад, усіх автомобілів) до схеми торгівлі, як правило, непрактично. Найефективніше впроваджувати дозволи якомога далі в процесі виробництва, щоб спростити адміністрування програми та охопити найбільшу кількість викидів. («Вгору» тут означає ранню стадію виробничого процесу). Дозволи можуть бути видані найбільшим викидам вуглецю, таким як енергетичні компанії та виробничі підприємства, або навіть вище за течією постачальникам, через яких вуглецеве паливо надходить у виробничий процес — виробникам та імпортерам нафти, вугільним шахтам і буровим підприємствам, що займаються видобутком природного газу.
- Ці дозволи спочатку можна було надати безкоштовно на основі минулих викидів або продати на аукціоні тим, хто запропонує найвищу ціну. Ефективність системи торгівлі має бути однаковою незалежно від того, як розподіляються дозволи. Однак існує суттєва різниця в розподілі витрат і вигод: безкоштовне надання дозволів, по суті, означає несподівану вигоду для забруднювачів, тоді як продаж дозволів на аукціоні створює реальні витрати для фірм і створює державні доходи.

- Компанії можуть вільно торгувати між собою дозволами. Компанії, викиди яких перевищують кількість дозволів, які вони мають, повинні купувати додаткові дозволи, інакше їм загрожує штраф. Тим часом фірми, які можуть скоротити свої викиди нижче допустимого рівня за низькі витрати, намагатимуться продати свої дозволи заради прибутку. Ціна дозволу визначатиметься на основі ринкового попиту та пропозиції. Екологічні групи або інші організації також можуть придбати дозволи та анулювати їх, таким чином зменшивши загальні викиди.
- У міжнародній системі країни та фірми можуть також отримати кредит для фінансування зусиль щодо скорочення викидів вуглецю в інших країнах. Наприклад, німецька фірма могла б отримати кредит на встановлення ефективного обладнання для виробництва електроенергії з відновлюваних джерел енергії в Китаї, замінивши вугільні станції, що сильно забруднюють навколишнє середовище.

Система торгівлі дозволами заохочує впровадження найменш витратних варіантів скорочення викидів вуглецю, оскільки раціональні фірми впроваджуватимуть ті дії зі скорочення викидів, які дешевші, ніж ринкова ціна дозволу. Системи торгівлі дозволами були успішними у зниженні викидів сірки та оксиду азоту за низькі витрати. Залежно від розподілу дозволів у міжнародній схемі, це також може означати, що країни, що розвиваються, можуть перетворити дозволи на новий експортний товар, обравши безвуглецевий шлях для свого енергетичного розвитку. Тоді вони зможуть продавати дозволи промислово розвинутих країнам, які мають проблеми з виконанням своїх вимог щодо скорочення. Фермери та лісівники також можуть отримати вуглецеві кредити за використання методів, які зберігають вуглець у ґрунтах або зберігають ліси.

Хоча уряд визначає кількість доступних дозволів, ціна дозволу визначається ринковими силами. У цьому випадку крива пропозиції є фіксованою або вертикальною за кількістю виділених дозволів, як показано на малюнку 19. Пропозиція дозволів встановлена на Q_0 . Крива попиту на дозволи відображає готовність фірм платити за них. Їхня максимальна готовність платити за дозволи дорівнює потенційному прибутку, який вони можуть отримати від викидів вуглецю.

Рисунок 19. Визначення ціни дозволу на вуглець



Примітка: WTP = Готовність платити.

Припустімо, що дозволи будуть один за одним продаватися на аукціоні тим, хто запропонує найвищу ціну (процес, відомий як послідовний аукціон). Рисунок 19 показує, що готовність платити за перший дозвіл буде досить високою, оскільки певна фірма може отримати відносно великий прибуток, отримавши дозвіл на викиди однієї одиниці вуглецю. Для другого дозволу фірми, які не змогли отримати перший дозвіл, мали б просто повторити свої пропозиції. Фірма, яка успішно подала заявку на перший дозвіл, також могла б подати заявку на другий дозвіл, але очікувалося б, щоб вона запропонувала меншу суму, припускаючи, що її граничний прибуток зменшується (тобто, її крива пропозиції нахилена вгору, як це нормально).

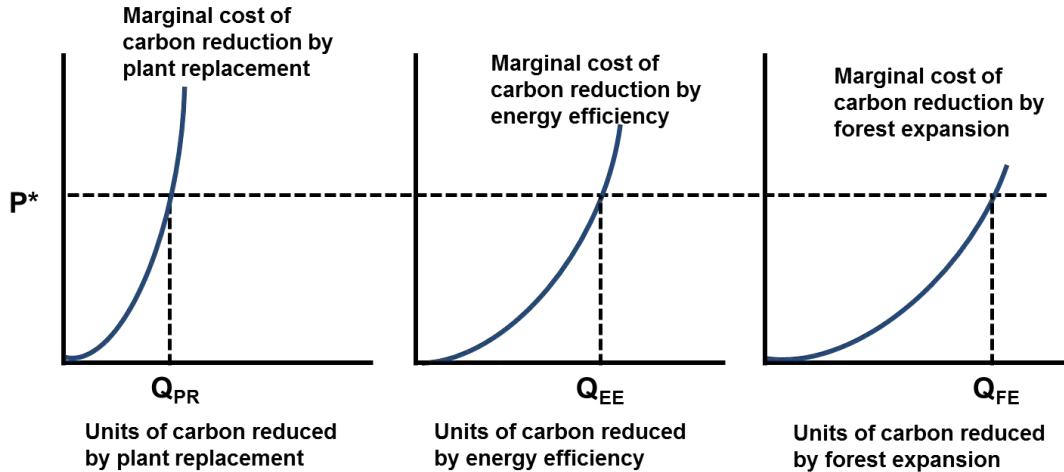
Незалежно від того, чи виграє тендер на другий дозвіл та сама фірма, чи нова фірма, ціна продажу другого дозволу буде нижчою. Цей процес триватиме, коли всі послідовні дозволи продаватимуться за нижчими цінами, доки останній дозвіл не буде продано з аукціону. Ціна продажу цього дозволу, представлена P^* на графіку – ціна дозволу на ринку. Ми також можемо інтерпретувати P^* як граничну вигоду, або прибуток, пов'язаний з правом емісії в $Q_{\text{тис}}$ одиниця вуглецю.

Хоча теоретично дозволи можуть продаватися за різними цінами на послідовному аукціоні, ринки дозволів, що торгуються, зазвичай налаштовані таким чином, що всі дозволи продаються за ринкову ціну. Усі сторони, зацікавлені у придбанні дозволів, роблять свої ставки, вказуючи, скільки дозволів вони готові купити за якою ціною. Той, хто запропонує найбільшу ставку, отримає стільки дозволів, скільки запитувалося. Потім учасники, які посідають друге місце, отримують ту кількість дозволів, на яку вони подали заявку, і так далі, доки не буде розподілено всі дозволи. Ціна продажу всіх дозволів є вигрешною ставкою за останній доступний дозвіл. Це було P^* на малюнку 19. Усі учасники торгів, які роблять ставки нижче цієї ціни, не отримують жодних дозволів.

Ще один важливий момент полягає в тому, що кожна фірма може вибрати економічно ефективний спосіб скорочення викидів вуглецю. Компанії мають різні варіанти зменшення викидів вуглецю. На малюнку 20 показано приклад, у якому фірма має три стратегії скорочення викидів вуглецю: заміна старих виробничих підприємств, інвестиції в енергоефективність та фінансування розширення лісів для збільшення накопичень вуглецю в біомасі. У кожному випадку графік показує граничні витрати на скорочення викидів вуглецю за допомогою цієї стратегії. Ці граничні витрати зазвичай зростають, оскільки зменшується більше одиниць вуглецю, але вони можуть бути вищими та зростати швидше для одних варіантів, ніж для інших.

У цьому прикладі заміна заводів із використанням існуючих технологій викидів вуглецю можлива, але, як правило, матиме високі граничні витрати, як показано на першому графіку на малюнку 20. Зменшення викидів за рахунок підвищення енергоефективності має нижчі граничні витрати, як видно на середньому графіку. Нарешті, накопичення вуглецю за рахунок розширення лісових площ має найнижчі граничні витрати. Ціна дозволу P^* (як визначено на малюнку 19) керуватиме відносними рівнями реалізації кожної з цих стратегій. Фірмам буде вигідно скорочувати викиди за допомогою певної стратегії, якщо витрати на цей варіант нижчі за вартість придбання дозволу.

Рисунок 20. Варіанти скорочення викидів вуглецю за допомогою системи дозволів



Примітка: Наведені тут граничні витрати є гіпотетичними.

Аналіз показує, що розширення лісів буде використано для найбільшої частки скорочення (Q_{FE}), але заміна заводів і енергоефективність також внесуть частку (Q_{PR} і Q_{EE}) при ринковій рівновазі. Таким чином, фірми (і країни, якщо програма є міжнародною), які беруть участь у такій торговій схемі, можуть самостійно вирішувати, яку частину кожної стратегії контролю застосовувати, і, природно, віддадуть перевагу методам з найменшими витратами. Ймовірно, це включатиме поєднання різних підходів. У міжнародній програмі припустимо, що одна країна проводить масштабне лісовідновлення. У такому випадку він, ймовірно, матиме надлишок дозволів, які він може продати країні з невеликою кількістю недорогих варіантів скорочення. Чистим ефектом стане всесвітнє впровадження методів зниження витрат з найменшими витратами.

Ця система поєднує в собі переваги економічної ефективності з гарантованим результатом: зниження загальних викидів до бажаного рівня. Головною проблемою, звісно, є досягнення згоди щодо початкової кількості дозволів і рішення про те, чи будуть дозволи розподілятися безкоштовно чи продано з аукціону.

Також можуть виникнути проблеми з вимірюванням і питання, наприклад, чи рахувати тільки комерційні викиди вуглецю чи включати зміни викидів, які є результатом змін у землекористуванні, наприклад, пов'язаних із сільським і лісовим господарством. Включення сільського та лісового господарства має перевагу в розширенні схеми для включення багатьох інших стратегій скорочення, можливо, зі значно нижчими витратами, але може бути важче отримати точні вимірювання накопичення та вивільнення вуглецю внаслідок зміни землекористування.

Податки на викиди вуглецю чи обмеження й торгівля?

Йде жвава дискусія щодо того, який економічний підхід слід використовувати для зменшення викидів вуглецю. Податки на викиди вуглецю та підхід обмеження та торгівлі мають суттєву схожість, але й важливі відмінності.

Як податки на забруднення, так і обмеження та торгівля можуть, теоретично, досягти певного рівня зменшення забруднення за найменших загальних витрат. Обидва підходи призведуть до однакового рівня підвищення цін для кінцевих споживачів, і обидва створять потужний стимул для технологічних інновацій. Обидва підходи можуть отримати однакову суму державних доходів, припускаючи, що всі дозволи продаються з аукціону, і можуть бути реалізовані на початку виробничих процесів, щоб охопити таку саму частку загальних викидів.

Проте ці дві політики мають кілька важливих відмінностей. Деякі з переваг податку на викиди вуглецю включають:

- Загалом податок на викиди вуглецю вважається більш простим для розуміння та прозорішим, ніж підхід обмеження та торгівлі. Системи обмеження та торгівлі можуть бути складними та вимагати для роботи нових бюрократичних інституцій.
- Завдяки технологічним змінам, які знижують вартість скорочення викидів вуглецю, податок на викиди вуглецю автоматично призведе до подальшого скорочення викидів вуглецю. У програмі обмеження та торгівлі технологічні зміни натомість зменшать ціну на дозволи, що, ймовірно, призведе до того, що деякі фірми фактично викидають більше вуглецю.
- Податок на вуглець можна було б запровадити швидше. Враховуючи необхідність якнайшвидшого вирішення проблеми зміни клімату, може бути недоцільним витратити роки на опрацювання деталей і реалізацію програми обмеження та торгівлі.
- Мабуть, найважливішою перевагою податку на вуглець є те, що він забезпечує більшу передбачуваність ціни. Якщо підприємства та домогосподарства знають, якими будуть майбутні податки на викопне паливо та інші продукти, що викидають парникові гази, вони зможуть інвестувати відповідно. Наприклад, чи інвестує підприємство в енергоефективну систему опалення та охолодження, залежить від його очікувань щодо майбутніх цін на паливо. У системі обмеження та торгівлі ціни на дозволи можуть значно відрізнятись, що призводить до **донестабільності цін** що ускладнює планування. Податок на викиди вуглецю, навпаки, забезпечує певну цінову стабільність, особливо якщо рівні податку на викиди вуглецю оприлюднено через багато років у майбутнє.

Переваги системи обмеження та торгівлі включають:

- Незважаючи на те, що система обмеження та торгівлі в кінцевому підсумку призводить до того самого рівня підвищення цін для споживачів і підприємств, вона уникає негативних конотацій «податку». Таким чином, система обмеження та торгівлі часто породжує менше політичної опозиції, ніж податок на вуглець.
- Деякі підприємства віддають перевагу обмеженню та торгівлі, тому що вважають, що можуть

успішно лобіювати в урядів безкоштовні дозволи, а не купувати їх на аукціоні. Безкоштовна роздача дозволів на ранніх етапах програми обмеження та торгівлі може зробити її більш політично прийнятною для бізнесу.

- Найбільша перевага підходу обмеження та торгівлі полягає в тому, що викиди точно відомі, оскільки уряд встановлює кількість доступних дозволів. Оскільки кінцевою метою політики є скорочення викидів вуглецю, підхід обмеження та торгівлі робить це безпосередньо, тоді як податок на вуглець робить це опосередковано через підвищення цін. Використовуючи підхід обмеження та торгівлі, ми можемо досягти конкретного шляху викидів, просто встановивши кількість дозволів. У системі оподаткування викидів вуглецю досягнення певної цілі викидів може вимагати численних коригувань податкових ставок, що може бути дуже складним з політичного погляду.

Вибір інструменту — податок на викиди вуглецю чи обмеження та торгівля — головним чином залежить від того, чи політиків більше хвилює невизначеність цін чи невизначеність викидів. Якщо ви вважаєте, що визначеність ціни важлива, оскільки вона дозволяє краще довгострокове планування, тоді податок на вуглець є кращим. Якщо ви вважаєте, що відповідна мета політики полягає в тому, щоб скоротити викиди вуглецю на певну кількість з упевненістю, тоді підхід обмеження та торгівлі є кращим, хоча це може призвести до деякої волатильності цін.

Ще одна практична відмінність полягає в тому, що надходження від податку на викиди парникових газів частіше повертаються платникам податків або використовуються на загальні державні витрати, тоді як доходи від аукціону обмеження та торгівлі частіше використовуються для підтримки таких «зелених» інвестицій, як відновлювана енергетика, енергоефективність та збереження лісів. ⁵⁷

[Інші інструменти політики: субсидії, стандарти, дослідження та розробки та передача технологій](#)

Політичні перешкоди можуть перешкодити прийняттю масштабних податків на викиди вуглецю або системи дозволів, що передаються. На щастя, низка інших політичних заходів потенційно може знизити викиди вуглецю. Навіть із запровадженням поширеного податку на викиди вуглецю або системи обмеження та торгівлі, може знадобитися додаткова політика для достатнього скорочення викидів вуглецю, щоб підтримувати потепління в межах прийнятного рівня. Ці політики, як правило, не вважаються достатніми самі по собі, але вони можуть бути важливими компонентами комплексного підходу. Певною мірою ця політика вже реалізується в різних країнах. Ці політики включають:

- Переведення субсидій з вуглецевого палива на неуглецеве. Зараз багато країн надають прями чи непрями субсидії на викопне паливо. Скасування цих субсидій змінило б конкурентний баланс на користь альтернативних джерел палива. Якби ці видатки субвенції були перенаправлені на

⁵⁷Карл і Федір, 2016.

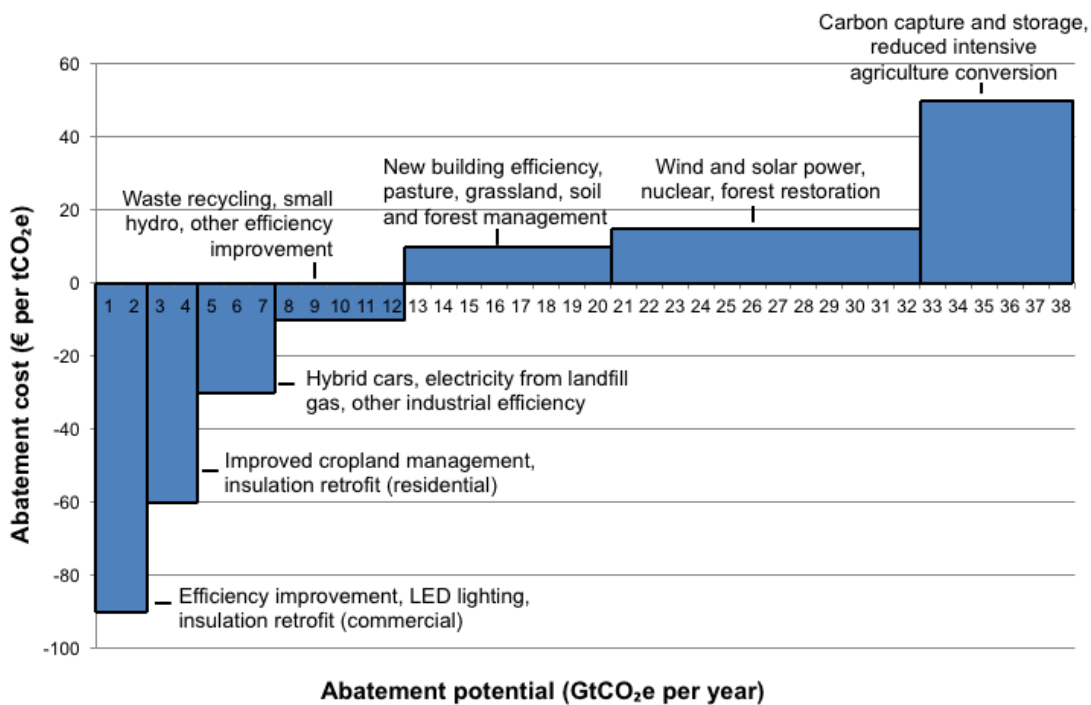
- відновлюваних джерел, це може сприяти буму інвестицій у відновлювані джерела енергії.
- Використання стандартів ефективності для машин і приладів, а також стандартів економії палива або вимог до палива з низьким вмістом вуглецю. Запроваджуючи стандарти, які вимагають більшої енергоефективності або меншого використання вуглецю, технології та практики можна змінити на користь низьковуглецевого шляху.
 - Витрати на дослідження та розробки (НДДКР), що сприяють комерціалізації альтернативних технологій. Прискорити комерціалізацію можуть як державні програми досліджень і розробок, так і сприятливий режим оподаткування корпоративних досліджень і розробок альтернативної енергетики. Існування невуглецевих «запобіжних» технологій значно знижує економічні витрати на такі заходи, як податки на викиди вуглецю, і якби запобіжні заходи стали повністю конкурентоспроможними з викопним паливом, податки на викиди вуглецю були б непотрібними.
 - Трансфер технологій у країни, що розвиваються. Основна частина прогнозованого зростання викидів вуглецю припадатиме на країни, що розвиваються. Зараз багато проєктів розвитку енергетики фінансуються такими установами, як Світовий банк і банки регіонального розвитку. У тій мірі, в якій ці кошти можна буде спрямувати на невуглецеві енергетичні системи та розвиток альтернативної енергетики, для країн, що розвиваються, буде економічно доцільним відмовитися від шляхів інтенсивного використання викопного палива, досягнувши в той же час значних місцевих екологічних переваг.

Зміна клімату: технічний виклик

Щоб подолати виклик зміни клімату, потрібні як поведінкові зміни, так і технологічні зміни. Інструменти економічної політики, такі як податки на викиди вуглецю, обмеження та торгівля та субсидії, використовують стимули для мотивації змін у поведінці. Наприклад, податок на викиди вуглецю, який підвищує ціну на бензин, створить стимули менше їздити або купувати більш економічний автомобіль. Але ми також можемо дивитися на зміну клімату з технічної точки зору, а не з точки зору поведінки. Економічна політика може створити потужні стимули для технологічних змін. Через вищі ціни на газ внаслідок податку на вуглець, підвищений попит на високоефективні транспортні засоби спонукатиме автомобільні компанії спрямовувати більше своїх інвестицій у гібридні та електричні транспортні засоби.

Добре відомий аналіз, проведений McKinsey & Company, досліджував різні технічні варіанти, які мали б вплив на зменшення викидів парникових газів у глобальному масштабі. Результати аналізу McKinsey представлені на малюнку 21. Різні варіанти розташовані в порядку вартості, від найнижчої до найвищої. Економічна логіка полягає в тому, що має сенс спочатку впроваджувати дії, які зменшують вуглекислоту при найнижчих витратах на одиницю, а потім переходити до більш дорогих дій.⁵⁸

⁵⁸McKinsey & Company, 2007 та 2009.



краватки.

Ця цифра вимагає невеликого пояснення. The *y*-вісь вказує діапазон витрат для кожного варіанту зменшення викидів, вимірний у євро за тону CO₂ скорочення на рік (або кількість, еквівалентну одній тонні CO₂ для зменшення інших газів, таких як метан). Товщина стовпчика відповідає кількості CO₂ викиди, яких можна уникнути кожною дією. Вартість таких заходів, як ізоляція будівель, підвищення ефективності та переробка відходів, є незначною *негативний* діапазон. Це означає, що ці політики фактично заощадять гроші, незалежно від їх впливу на CO₂ викиди. Отже, навіть якби ми не піклувалися про зміну клімату та навколишнє середовище, було б доцільно утеплювати будівлі, збільшувати кількість приладів і переробляти відходи виключно з довгострокових фінансових міркувань.

The *x*-вісь показує нам кумулятивне зменшення CO₂ еквівалентні викиди порівняно зі сценарієм «Звичний бізнес», якщо ми реалізуємо всі дії ліворуч. Отже, якщо ми запровадимо всі варіанти негативних витрат, включаючи підвищення ефективності систем кондиціонування повітря, освітлення та підігріву води, загальний CO₂ еквівалентне скорочення становитиме приблизно 12 мільярдів тонн (Gt) на рік, і все це заощадить гроші!

Рухаючись далі вправо, визначаються дії, які призводять до позитивних витрат. Іншими словами, для всіх цих інших дій ми коштуємо грошей, щоб зменшити CO₂ викиди. На малюнку 21 показано всі дії, які зменшують CO₂ викидів за вартістю менше ніж

60 євро за тону, включаючи розширення вітрової та сонячної енергії, розширення ядерної енергетики, покращення управління лісами та лісовідновлення, а також впровадження уловлювання та зберігання вуглецю (CCS).

Якщо всі ці дії були реалізовані, загальний CO₂-еквівалентне скорочення становитиме 38 мільярдів тонн/рік. Загальний глобальний CO₂еквівалентні викиди, включаючи всі парникові гази та викиди від зміни землекористування, наразі становлять приблизно 50 мільярдів тонн на рік, прогнозується, що до 2030 року вони зростуть приблизно до 70 Гт. Таким чином, замість 70 Гт/рік у 2030 році ми будемо викидати лише 32 Гт — зниження на 18 Гт нижче поточного рівня. Подальше скорочення може бути досягнуто з дещо вищими витратами, особливо за рахунок більш широкого розширення вітрової та сонячної енергії. (Цей аналіз не враховує ймовірне скорочення витрат на відновлювані джерела енергії).

Загальна вартість впровадження всіх варіантів на малюнку 21, враховуючи те, що деякі варіанти фактично економлять гроші, оцінюється в менше ніж 1 відсоток світового ВВП у 2030 році. У звіті зазначається, що відстрочення дій лише на десять років призведе до утримання потепління нижче 2°C надзвичайно важко.

Рекомендації політики щодо досягнення скорочень, представлених на малюнку 21, включають:

- Встановити жорсткі технічні стандарти ефективності будівель і транспортних засобів.
- Створити стабільні довгострокові стимули для виробників електроенергії та промислових компаній інвестувати в ефективні технології та розгортати їх.
- Надавати державну підтримку новим технологіям підвищення ефективності та відновлюваних джерел енергії за допомогою економічних стимулів та інших заходів політики.
- Забезпечити ефективне управління лісами та сільським господарством, особливо в країнах, що розвиваються.⁵⁹

⁵⁹Там же.

4. ПОЛІТИКА ЩОДО ЗМІНИ КЛІМАТУ НА ПРАКТИЦІ

Зміна клімату є міжнародною екологічною проблемою. З точки зору економічної теорії, зміна клімату є проблемою суспільного блага, яка потребує глобальної співпраці для досягнення ефективних результатів. Відколи Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН) була вперше створена в 1992 році, відбулися широкі міжнародні дискусії, відомі як «Конференції сторін» або COPs, спрямовані на досягнення глобальної угоди щодо скорочення викидів (див. таблицю 5).

Таблиця 5. Важливі події на міжнародних переговорах щодо зміни клімату

Рік, місцезнаходження	Результат
1992 рік, Ріо-де-Жанейро	Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН). Країни погоджуються скорочувати викиди за допомогою «спільної, але диференційованої відповідальності».
1995, Берлін	Перша щорічна конференція сторін рамки, відома як КС. США погоджуються звільнити країни, що розвиваються, від обов'язкових зобов'язань.
1997, Кіото	На третій Конференції Сторін (COP-3) було схвалено Кіотський протокол, який зобов'язує розвинені країни скоротити викиди парникових газів відносно базових викидів до 2008-2012 років.
2001, Бонн	(COP-6) досягає згоди щодо умов дотримання та фінансування. Адміністрація Буша відкидає Кіотський протокол; США є лише спостерігачем на переговорах.
2009, Копенгаген	COP-15 не спромоглася створити зобов'язуючу угоду після Кіотського протоколу, але заявляє про важливість обмеження потепління до 2°C. Розвинуті країни обіцяють 100 мільярдів доларів на кліматичну допомогу країнам, що розвиваються.
2011, Дурбан	(COP-17) країни-учасниці погодилися прийняти універсальну правову угоду про зміну клімату якомога швидше, але не пізніше 2015 року, щоб набути чинності до 2020 року.
2015, Париж	COP-21 195 країн підписують Паризьку угоду, яка передбачає всесвітні добровільні дії (NDC) окремими країнами.

Першою всеосяжною міжнародною угодою про зміну клімату став Кіотський протокол, прийнятий на третій КС у 1997 році, термін дії якого закінчився. Згідно з Кіотським договором промислові країни погодилися з цільовими показниками скорочення викидів до 2008–2012 років порівняно з базовими викидами, встановленими на рівні 1990 року. Наприклад, Сполучені Штати погодилися на 7-відсоткове скорочення, Франція – на 8-відсоткове, а Японія – на 6-відсоткове. Середньою метою було скорочення приблизно на 5%

відносно рівня 1990 р. Країни, що розвиваються, такі як Китай та Індія, не були зобов'язані дотримуватися цільових показників викидів відповідно до договору, проти чого протестували Сполучені Штати та деякі інші країни. За президента Джорджа Буша США відмовилися ратифікувати Кіотський протокол. Але незважаючи на вихід США, Кіотський протокол набув чинності на початку 2005 року.

Результати Кіотського протоколу були неоднозначними. Деякі країни, такі як Канада та США, збільшили, а не зменшили викиди; Канада вийшла з Протоколу, а США так і не вступили до нього. Деякі європейські країни досягли або перевищили свої цілі, тоді як інші не досягли. Росія та більшість східноєвропейських країн значно перевищили свої цілі не в результаті цілеспрямованої політики, а радше як побічний продукт економічного краху комунізму на початку 1990-х років. Загальна ціль Кіотського протоколу була технічно досягнута, але лише в результаті значного зниження викидів у Росії та Східній Європі.

Крім того, ми повинні враховувати вплив торгівлі. У рамках Кіотського протоколу викиди, що викидаються під час виробництва товарів, приписуються країні, де відбувається виробництво, а не країні споживання товарів. Тому «аутсорсинг» викидів вуглецю через імпорт із країн, що розвиваються, особливо Китаю, не був включений в офіційний облік. Враховуючи повний вуглецевий слід країни з урахуванням торгівлі, прогрес, досягнутий у рамках Кіотського протоколу, був дуже обмеженим: економія Європи скоротилася лише до 1% з 1990 по 2008 рік, а розвинений світ загалом спостерігав зростання викидів на 7% за той самий період. (25% для США, якщо включити торгівлю). Крім того, Кіотський протокол не встановив обмежень на викиди з країн, що розвиваються, і загальні глобальні викиди продовжували зростати протягом Кіотського періоду.⁶⁰

Але якщо Кіотський протокол був невдалим через свою неспроможність уповільнити глобальні викиди, він, тим не менш, забезпечив важливий перший крок у глобальній кліматичній дипломатії, і з невдач Кіотського протоколу та його наслідків країни винесли уроки, які виявилися корисними на наступних етапах ці глобальні переговори.

Паризька угода 2015 року

Після того, як спроби забезпечити обов'язкову глобальну угоду про скорочення викидів зазнали невдачі на п'ятнадцятій КС у Копенгагені в 2009 році, учасникам переговорів ставало все більш очевидним, що знадобиться інший підхід. Сторони Копенгагенської конференції погодилися лише з тим, що метою майбутніх раундів переговорів буде утримання глобального потепління температури нижче порогу на 2°C порівняно з доіндустріальним рівнем. Найбільш спірним пунктом розбіжностей було питання про те, чи повинні країни, що розвиваються, зобов'язувати країни, що розвиваються, обов'язковими скороченнями викидів. У той час як деякі кон-

⁶⁰Кларк, 2012.

Намагаючись, особливо Сполучені Штати, стверджували, що всі учасники повинні погодитися на скорочення, країни, що розвиваються, стверджували, що обов'язкові скорочення обмежать їхній економічний розвиток і посилять існуючу глобальну нерівність.

Після невдачі в Копенгагені ідея обов'язкової угоди була відкинута як нездійсненна. Натомість учасники переговорів придумали, що натомість країни пропонуватимуть свої власні добровільні цілі – сподіваючись, що країни зрештою відчують «тиск з боку колег», щоб поставити найамбітніші можливі цілі, які вони можуть досягти. Ця нова стратегія переговорів заклала основи для глобальної угоди, досягнутої на двадцять першій Конференції Сторін (COP21) у Парижі. За місяці, що передували COP21, 186 країн подали свої запропоновані національно визначені внески (NDC), що свідчить про їхнє бажання внести свій внесок у зниження глобальних викидів CO₂викиди.

Паризька угода, укладена 195 національними делегаціями, офіційно виражає глобальну мету підтримувати температуру не більше ніж на 2°C вище доіндустріального рівня, з більш амбітною цільовою метою 1,5°C. Оскільки поточна загальна сума зобов'язань країни (NDC) становить недостатньо для забезпечення глобальної мети утримання потепління нижче 2°C, угода включає 5-річні цикли для країн, щоб переглянути свої цілі та збільшити свої цілі, щоб досягти більш амбітних цілей. Переговорний процес був розроблений для того, щоб чинити тиск на кожну країну, щоб вона дотримувалася своїх власних зобов'язань і з часом збільшувала їх.

В угоду закладено жорсткий режим прозорості та підзвітності, який базується на регулярних інвентаризаціях, регулярному звітуванні про прогрес, якого країни досягають своїх цілей, і регулярному перегляді групами експертів. Паризька угода набула чинності: понад 80 країн, на які припадає понад 60 відсотків світових викидів, ратифікували угоду до кінця 2016 року, лише через рік після її узгодження, що є рекордною швидкістю для міжнародних угод. Незважаючи на подальше відхилення угоди адміністрацією Трампа Сполучених Штатів, угода залишається в силі, хоча дотримання цілей є добровільним. Відповідна зобов'язуюча угода, яка встановлює конкретні графіки для припинення виробництва гідрофторвуглеців (ГФВ), сильних парникових газів, які використовуються в кондиціонерах і холодильниках, була узгоджена в жовтні 2015 року.⁶¹

Паризька угода також передбачає продовження фінансової та технічної підтримки країн, що розвиваються, щоб допомогти їм адаптуватися до руйнівних наслідків зміни клімату, а також підтримку переходу від викопного палива до більш чистих відновлюваних джерел енергії. Угода містила пункт про збитки та збитки

⁶¹Корал Девенпорт, «Паризька кліматична угода досягла віхи, оскільки її підписали ще 20 країн», *Нью-Йорк Часи*, 21 вересня 2016 р.; Корал Девенпорт, «Країни, борючись із потужним холодоагентом, який зігриває планету, досягли знакової угоди», *Нью-Йорк Таймс*, 15 жовтня 2016 р.

визначаючи важливість усунення несприятливих наслідків зміни клімату в країнах, що розвиваються. Хоча угода не бере на себе відповідальності та не передбачає компенсацію, вона пропонує кілька умов, за яких може надаватися підтримка. Починаючи з 2020 року промислово розвинені країни пообіцяли щороку виділяти 100 мільярдів доларів фінансової та технічної допомоги країнам, що розвиваються, для боротьби зі зміною клімату.⁶²

Багато голосів у країнах, що розвиваються, попереджають, що 100 мільярдів доларів буде далеко недостатньо того, що дійсно потрібно, і що консервативна цифра буде ближче до 600 мільярдів доларів, що становить приблизно 1,5% ВВП промислово розвинених країн. Деякі з підрахунків організацій від Світового банку до Міжнародного інституту прикладного системного аналізу у Відні свідчать про те, що необхідні суми сягатимуть 1,7 або навіть 2,2 трильйона доларів на рік.⁶³

Наскільки адекватними чи неадекватними є зобов'язання?

Незалежна організація Climate Action Tracker надає оцінки та рейтинги наданих NDC.⁶⁴ Згідно зі своєю системою оцінювання, США оцінено як «середнє» за свої зобов'язання, Китай оцінено як «середнє з неадекватною цільовою інтенсивністю викидів вуглецю», а Європейський Союз також оцінено як «середній». Цей «середній» рейтинг США застосовувався до зобов'язань адміністрації Обами скоротити свої викиди парникових газів на 26-28 відсотків у порівнянні з рівнем 2005 року у 2025 році та докласти всіх зусиль для скорочення своїх викидів на 28%. Цілком ймовірно, що цей рейтинг уже застарів, оскільки адміністрація Трампа висловила небажання виконувати кліматичні зобов'язання попередньої адміністрації та взагалі вийшла з Паризької угоди.

Climate Action Tracker оцінює як «неадекватні» зобов'язання довгого списку країн, включаючи Росію, Японію, Австралію, Нову Зеландію, Канаду, Аргентину, Південну Африку, Чилі та Туреччину.⁶⁵ На рисунку 22 показані відмінності між звичайною траєкторією викидів, траєкторією, яка буде результатом поточного об'єднання зобов'язань НЦД, і шляхом, необхідним для досягнення 2°C (3,6°F) або менше.

⁶²«Прийняття Паризької угоди» <http://unfccc.int/resource/docs/2015/cop21/eng/l09r01.pdf>

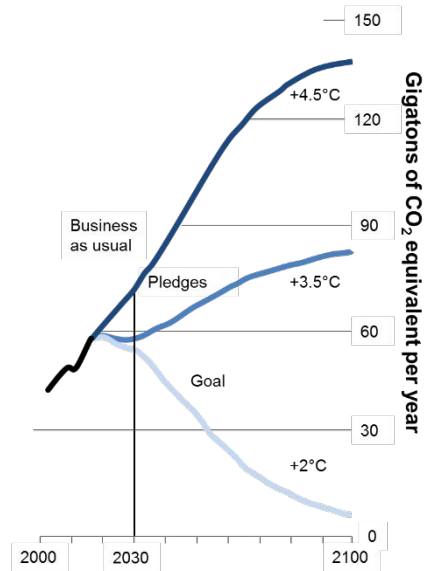
⁶³www.scientificamerican.com/article/poorer-nations-demand-more-aid-to-deal-with-climate-zmyniti/; <http://roadtoparis.info/2014/11/06/climate-finance-too-little-too-late/>

⁶⁴Для більш детального аналізу див. Звіт про кліматичну політику GDAE №2 «Після Парижа: новий ландшафт» для кліматичної політики». <http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/climate/ClimatePolicyBrief2.pdf>

⁶⁵<http://climateactiontracker.org/methodology/85/Comparability-of-effort.html>;

<http://www.wri.org/blog/2015/07/japan-releases-underwhelming-climate-action-commitment>

Малюнок 22. Звичний бізнес, паризькі обіцянки та шлях 2°C



Джерело: http://www.nytimes.com/interactive/2015/11/23/world/carbon-pledges.html?_r=1

Примітка: 2°C = 3,6°F; 3,5°C = 6,3°F; 4,5°C = 8,1°F.

Більшість поточних зобов'язань не поширюються після 2030 року, тому викиди знову починають зростати після 2030 року на малюнку 22. Очевидно, що до цієї дати знадобиться значне посилення зобов'язань, щоб утримати загальні викиди на рівні 2°C – не кажучи вже про 1,5°. С.⁶⁶ Відповідно до аналізу, проведеного Climate Action Tracker, якщо після 2030 року політика порівнянної сили з політикою в поточних НДЦ буде збережена, це призведе до середнього потепління приблизно на 2,7 °C (4,8 °F) до 2100 року – краще, ніж 3,5 °C (6,3°F), показане на малюнку 22 для поточних зобов'язань, але все ще значно перевищує Паризькі цілі.⁶⁷ (Щоб отримати наукову точку зору щодо важливості досягнення цілі 2°C або навіть 1,5°C, дивіться Блок 6).

Щоб побачити, що потрібно для досягнення цільової температури 2°C або 1,5°C, концепція а **глобальний вуглецевий бюджет** є корисним. Глобальний вуглецевий бюджет намагається кількісно визначити кумулятивні викиди вуглецю, які можуть бути додані в атмосферу без перевищення заданих температурних підвищень. Щоб досягти цільового показника 2°C, необхідно підтримувати загальний глобальний вуглецевий бюджет не більше ніж 270 додаткових гігатонн вуглецю – приблизно 30 років викидів на нинішніх рівнях. Щоб досягти цільового показника 1,5 °C, бюджет мав би становити лише 110 гігатонн – приблизно 12 років викидів за поточними показниками.⁶⁸ Нинішні Паризькі зобов'язання є недостатніми для досягнення цих цілей без значного посилення зобов'язань у майбутніх раундах переговорів.

⁶⁶Міллар та ін., 2016.

⁶⁷http://climateactiontracker.org/assets/publications/briefing_papers/CAT_Temp_Update_COP21.pdf

⁶⁸Глобальний вуглецевий проект, «Глобальний вуглецевий бюджет», <http://www.globalcarbonproject.org/>; Schellnhuber та інші, 2016.

ВСТАВКА 6. НАУКОВА ОСНОВА ДЛЯ ПАРИЖЬКИХ КЛІМАТИЧНИХ ЦІЛЕЙ

Паризька угода закріпила мету підвищення температури не більше ніж на 2 °С, а більш амбітну мету — не більше ніж на 1,5 °С. У чому причина цих цілей? У дослідженні 2016 року стверджується, що температурні цілі, обрані в Парижі, є науково правильними, порівнюючи ці цілі з ймовірністю того, що відбудуться різні катастрофічні та незворотні втрати, такі як втрата альпійських льодовиків або втрата тропічного лісу Амазонки. Автори оцінили доступні дослідження, щоб визначити температурний діапазон, при якому очікується кожен удар. Це показано на малюнку 23.

Смушка для кожного удару відображає наукову невизначеність щодо того, наскільки має підвищитися температура, щоб цей вплив був неминучим. Чим темніше затінення, тим вища ймовірність впливу. Так, наприклад, якщо глобальна середня температура підвищиться лише на 1°С, є невелика ймовірність, що альпійські льодовики будуть втрачені. Але якщо температура підвищиться більше ніж на 2,5 °С, то, згідно з поточними дослідженнями, альпійські льодовики будуть втрачені.

Вертикальна смуга позначає діапазон кліматичних цілей Парижа від 1,5°С до 2,0°С. Порівнюючи ці цілі з різними впливами, ми бачимо, що обмеження підвищення температури до 1,5 °С дає шанс, що коралові рифи світу не будуть втрачені. Але при температурі 2 °С практично точно коралові рифи не виживуть. Якщо цільовий показник 2°С буде досягнутий, перспективи кращі для уникнення втрати альпійських льодовиків, льодовикового щита Гренландії та льодовикового щита Західної Антарктики, хоча залишається значна невизначеність. При температурі 4–6°С під загрозою зникнення знаходяться Амазонка та бореальні ліси, льодовиковий щит Східної Антарктики та вічна мерзлота, як і термохалінна циркуляція в океанах, включаючи Гольфстрім, який утримує більшу частину Європи відносно помірним, незважаючи на високі широти. У статті робиться висновок про те, що досягнення Парижких цілей, незважаючи на амбітність, є важливим:

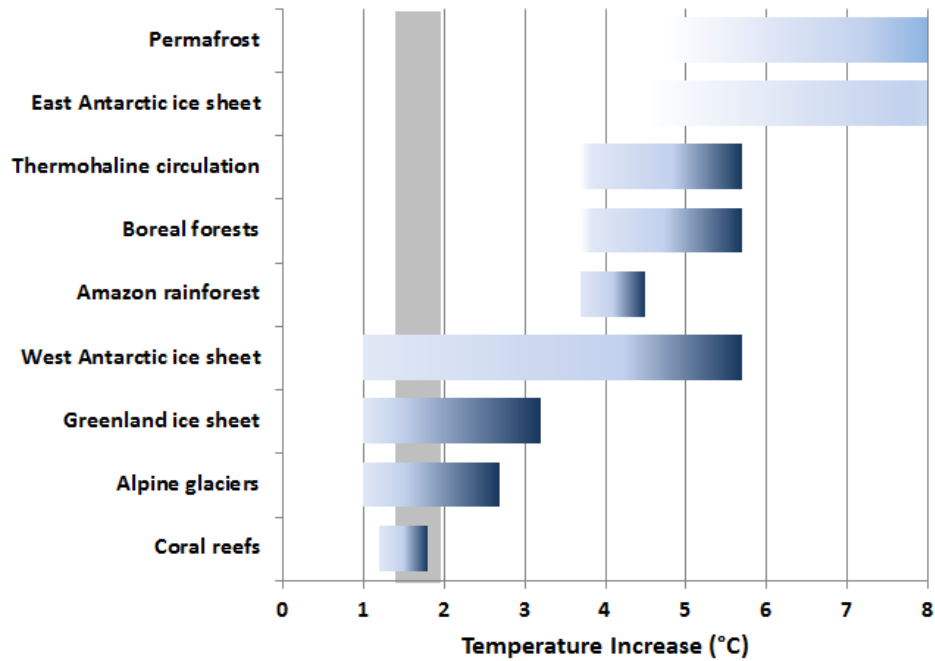
Якщо температура перевищить 2 °С, буде встановлено курс на повну деглаціацію Північної півкулі, що загрожуватиме виживанню багатьох прибережних міст і острівних держав. Глобальне постачання продовольства опиниться під загрозою через нові режими екстремальних подій, а основні екосистеми, такі як коралові рифи, будуть змушені зникнути. Проте, залишаючись у межах паризького цільового діапазону, загальна динаміка земної системи залишиться в основному незмінною. З іншого боку, [подаліше] просування, коли глобальне потепління досягне 3–5°С, серйозно [ризикуює більшість впливів]. Якщо рівень потепління перевищує цей діапазон, світ, яким ми його знаємо, неминуче зникне.

– Schellnhuber та інші, 2016.

Джерела: Schellnhuber та інші, 2016.

Примітка: Вертикальна смуга представляє діапазон кліматичних цільових показників Парижа від 1,5°С до 2,0°С

Рисунок 23. Паризькі кліматичні цілі та катастрофічні глобальні наслідки



Джерело: Schellnhuber та інші, 2016.

Примітка: Вертикальна смужка представляє діапазон кліматичних цільових показників Парижа від 1,5°C до 2,0°C

Регіональні, національні та місцеві дії

Незважаючи на те, що міжнародні зусилля щодо створення основи для скорочення викидів тривають, політика впроваджується на регіональному, національному та місцевому рівнях. До них належать:

- Щоб допомогти йому виконати свої зобов'язання за Кіотським протоколом, Європейський Союз створив систему торгівлі вуглецевими газами, яка набула чинності в 2005 році (див. Блок 7).
- Системи торгівлі вуглецевими викидами також були створені в кількох регіонах Сполучених Штатів. Регіональна ініціатива щодо парникових газів (RGGI) — це програма обмеження та торгівлі викидами від електростанцій у дев'яти північно-східних штатах. Дозволи здебільшого продаються на аукціоні (деякі продаються за фіксованою ціною), а кошти використовуються для фінансування інвестицій у чисту енергію та енергоефективність. Ціни дозволів на аукціоні коливаються приблизно від 2 до 5 доларів за тону CO_2 .⁶⁹ У 2013 році Каліфорнія започаткувала юридично обов'язкову схему обмеження та торгівлі. «Програма встановлює ліміт викидів парникових газів, який зменшуватиметься на два відсотки щороку до 2015 року та на три відсотки щорічно з 2015 по 2020 рік».⁷⁰

⁶⁹www.rggi.org.

⁷⁰<http://www.c2es.org/us-states-regions/key-legislation/california-cap-trade>

ВСТАВКА 7. СИСТЕМА ТОРГІВЛІ ВУГЛЕЦЕМ ЄВРОПЕЙСЬКОГО СОЮЗУ

У 2005 році Європейський Союз (ЄС) запустив свою Схему торгівлі викидами (EU-ETS), яка охоплює понад 11 000 об'єктів, які разом викидають майже половину викидів вуглецю в ЄС. У 2012 році система була розширена, щоб охопити авіаційний сектор, включаючи вхідні рейси з-за меж ЄС. Відповідно до EU-ETS кожна країна розробляє національний план розподілу для визначення загальної кількості доступних дозволів. Дозволи продаються на аукціоні та надаються деяким компаніям безкоштовно на основі історичних викидів. Будь-які непотрібні дозволи можна продати на відкритому ринку.

Початковий етап (2005–2007) EU-ETS дав невтішні результати, оскільки дозволи були виділені надмірно, що призвело до падіння ціни дозволу з понад 30 євро за тонну до менше ніж 1 євро до кінця 2007 року. На другому етапі (2008–2012) спочатку було видано менше дозволів, що призвело до відносно стабільних цін приблизно 15–20 євро/тонна протягом кількох років. Але до середини 2012 року ціни впали до 5–10 євро за тонну, оскільки ринок знову перенасичений дозволами. Незважаючи на нестабільність цін, за даними ЄС EU-ETS призвела до скорочення викидів від великих джерел викидів на 8 відсотків між 2005 і 2010 роками. Крім того, витрати на EU-ETS були меншими, ніж очікувалося, приблизно на 0,5 відсотка від Європейський валовий внутрішній продукт (ВВП).

ЄС перейшов до третьої фази ETS, яка охоплює 2013–2020 роки. Ця фаза вимагатиме продажу більшої кількості дозволів на аукціоні, включення більшої кількості парникових газів і встановлення загального ліміту для ЄС, а не дозволу окремим країнам визначати власний ліміт. До кінця третього етапу мета програми полягає в тому, щоб скоротити загальні викиди в ЄС на 21 відсоток порівняно з рівнями 1990 року з подальшою метою скорочення на 43% до 2030 року.

Джерела: EU-ETS, http://ec.europa.eu/clima/policies/ets/index_en.htm ; Грабб та інші, 2009

- Податки на викиди вуглецю були запроваджені в кількох країнах, зокрема загальнонаціональний податок на вугілля в Індії (приблизно 1 долар США за тонну, запроваджений у 2010 році), податок на нові транспортні засоби на основі їхніх викидів вуглецю в Південній Африці (також запроваджений у 2010 році), податок на паливо в Коста-Ріці (запроваджений у 1997 р.) та місцеві податки на викиди вуглецю в канадських провінціях Квебек, Альберта та Британська Колумбія (див. Блок 8).

ВСТАВКА 8. ПОДАТОК НА ВГЛИЦІ В БРИТАНСЬКІЙ КОЛУМБІЇ: ІСТОРІЯ УСПІХУ

У 2008 році канадська провінція Британська Колумбія на узбережжі Тихого океану запровадила податок на викиди вуглецю в розмірі 10 доларів США за тонну CO₂ (канадські долари). Податок збільшувався на 5 доларів кожного наступного року, поки не досяг 30 доларів у 2012 році. Це означає додаткові 26 центів за галон бензину на заправці з порівнянним зростанням цін на інші вуглецеві джерела енергії.

Податок на викиди вуглецю є нейтральним щодо доходів, тобто провінція знизила податки на прибуток і корпоративні податки, щоб компенсувати дохід, який вона отримує від оподаткування вуглецю. Зараз Британська Колумбія має найнижчу ставку податку на доходи фізичних осіб у Канаді та одну з найнижчих корпоративних ставок серед розвинених країн.

За перші шість років його впровадження споживання палива в Британській Колумбії впало на 5-15%, а в решті Канади воно зросло приблизно на 3%. Протягом цього часу ВВП на душу населення продовжував зростати в Британській Колумбії трохи вищими темпами, ніж в решті Канади. Знижуючи податки на доходи та корпорації, ця політика заохочувала зайнятість та інвестиції, водночас перешкоджаючи забрудненню вуглецем.

Досвід Британської Колумбії ОЕСР і Світовий банк назвали успішним прикладом для наслідування. Нещодавнє дослідження показало, що податок мав незначний вплив на економіку та зумів подолати початкову опозицію та отримати загальну підтримку громадськості. З 2016 року канадський уряд планував поширити податок на всю Канаду.

Джерела: Світовий банк, Розвиток в умовах зміни клімату. Перехід податку на вуглець у Британській Колумбії: екологічний та економічний успіх. 10 вересня 2014 р.; The Economist, Податок на викиди вуглецю в Британській Колумбії: кількість доказів. 31 липня 2014 р., Міністерство фінансів, Британська Колумбія, Податок на викиди вуглецю: огляд нейтрального для доходу податку на вуглець; Мюррей і Ріверс, 2015; Меткалф, 2015; <http://www.nationalobserver.com/2016/10/03/news/breaking-feds-announce-pancanadian-carbon-price-plan-2018>.

- Мережі міст також організувалися для боротьби зі зміною клімату. Мережа мегаполісів C40, на які припадає 25% світового ВВП, зосереджена на вимірюванні та скороченні міських викидів. Ще одна мережа, Compact of Mayors, глобальна коаліція з понад 500 міст, була запущена в 2014 році з подібними цілями.⁷¹ Очікується, що до 2050 року від 65% до 75% населення світу проживатиме в містах, причому щороку до них переїжджатиме понад 40 мільйонів людей. Міське населення зросте з приблизно 3,5 мільярдів людей зараз до 6,5 мільярдів до 2050 року.

⁷¹<http://www.c40.org/>; <https://www.compactofmayors.org/>

показав, що міста відповідають за 75 відсотків світового CO₂викиди, причому транспорт і будівлі є одними з найбільших вкладників.⁷²

- Після виходу Сполучених Штатів з Паризької угоди коаліція штатів США сформувала Кліматичний альянс США, зобов'язавшись посилити свої зусилля щодо обмеження викидів парникових газів, щоб компенсувати відсутність федеральних дій, і прагнути досягти або перевищити Паризькі цілі. .

Ліси та ґрунти

Незважаючи на те, що основна увага кліматичної політики була зосереджена на скороченні викидів вуглецевого палива, роль лісів і ґрунтів також є вирішальною. На даний момент близько 11% викидів парникових газів відбувається через зміни лісів і землекористування, особливо через втрату тропічних лісів.⁷³ Міжнародні переговори також призвели до прийняття програми, відомої як **REDD (Зменшення викидів від збезлісення та деградації)**. Копенгагенська угода (2009) визнала необхідність скорочення викидів від збезлісення та деградації лісів і запровадила механізм, відомий як REDD-plus. Угода наголошує на фінансуванні для країн, що розвиваються, щоб забезпечити дії щодо пом'якшення наслідків, включаючи значне фінансування для REDD-plus, адаптації, розвитку та передачі технологій і нарощування потенціалу.

Окрім скорочення викидів, ліси та ґрунти мають величезний потенціал для поглинання та зберігання вуглецю. Ґрунти Землі зберігають 2500 мільярдів тонн вуглецю – більше вуглецю, ніж атмосфера (840 мільярдів тонн) і рослини (560 мільярдів тонн), разом узяті. Але підраховано, що за останнє століття ґрунти були виснажені на 50-70 відсотків свого природного вуглецю. У всьому світі ці виснажені ґрунти можуть поглинати від 80 до 100 мільярдів метричних тонн вуглецю на рік за допомогою відновлюваного сільського господарства, включаючи: полікультури, покривні культури, агролісомеліорацію, переробку поживних речовин, сівозміну, належне управління пасовищами та органічні зміни ґрунту, такі як компост і біовугілля.⁷⁴ Цілком ймовірно, що цей величезний невикористаний потенціал для зберігання вуглецю стане основним напрямком майбутньої кліматичної політики⁷⁵ – вирішальний фактор у намаганні перейти від проміжного шляху «обіцянок» на малюнку 22 до шляху «цілей», необхідного для утримання глобальних змін температури не більше ніж на 2°C.

⁷²<http://www.theguardian.com/cities/2015/nov/17/cities-climate-change-problems-solution>;
http://www.unep.org/urban_environment/issues/climate_change.asp

⁷³IPCC, 2014b, *Резюме для політиків*, стор. 5; Харріс і Феріз, 2011; Санчес і Стерн, 2016.

⁷⁴Лал, 2010; Кріс Муні, «Рішення проблеми зміни клімату, яке не має нічого спільного з автомобілями чи вугілля», *Washington Post*, 11 лютого 2016 р.; Бет Гардінер, «Благо для ґрунтів і довілля», *Нью-Йорк Таймс*, 17 травня 2016 р.; Центр безпечності харчових продуктів, «Ґрунт і вуглець: Ґрунтові рішення проблем клімату», 2015.

⁷⁵Для більш детального аналізу впливу ґрунту на зміну клімату дивіться короткий опис кліматичної політики GDAE № 4: «Надія під нашими ногами: ґрунт як кліматичне рішення». <http://www.ase.tufts.edu/qdae/Pubs/climate/ClimatePolicyBrief4.pdf>

ВИСНОВОК

Зміна клімату – це проблема, яка втілює питання зовнішніх ефектів, ресурсів спільної власності, суспільних благ, відновлюваних і невідновлюваних ресурсів, а також дисконтування витрат і вигод з часом. Він має економічний, науковий, політичний і технологічний виміри. Сам по собі економічний аналіз не може адекватно відповісти на проблему такого масштабу, але економічна теорія та політика можуть багато чого запропонувати у пошуках рішень.

Ефективна відповідь на проблему зміни клімату вимагає значно більш масштабних дій у глобальному масштабі, ніж будь-що, досягнуте досі. Інструменти економічної політики, здатні змінювати моделі використання енергії, промислового розвитку та розподілу доходів, є важливими для будь-якого плану пом'якшення кліматичних змін або адаптації до них. Докази наслідків зміни клімату вже очевидні, і це питання ставатиме все більш актуальним, оскільки накопичення парникових газів продовжується, а витрати на збитки та адаптацію до клімату зростатимуть (див. Вставку 9).

ВСТАВКА 9. ДЛЯ ПРИБЕРЕЖНИХ МІСТ США КЛІМАТИЧНА АДАПТАЦІЯ НЕОБХІДНА

У серпні 2016 року проливні зливи вздовж узбережжя Мексиканської затоки призвели до смертоносних повеней у південній Луїзіані. З оцінками збитків у 9 мільярдів доларів ця природна катастрофа вважається найгіршою в Сполучених Штатах після урагану Сенді в жовтні 2012 року. Національне управління океанічних і атмосферних досліджень виявило, що глобальне потепління збільшує ймовірність таких інтенсивних дощів на 40% через збільшення вологи в теплішу атмосферу.

Прибережні міста навколо Сполучених Штатів уже вкладають значні кошти, щоб підготуватися до майбутніх повеней. Форт-Лодердейл, штат Флорида, витрачає мільйони доларів на ремонт зруйнованих доріг і водостоків, пошкоджених посиленням припливної повені. Маямі-Біч підвищив місцеві збори, щоб профінансувати план на 400 мільйонів доларів, який включає підняття вулиць, встановлення насосів і підйом набережних. Вартість адаптації до підвищення рівня моря для середнього міста Норфолк, штат Вірджинія, оцінюється приблизно в 1,2 мільярда доларів, або близько 5000 доларів на кожного жителя. Ці витрати для окремих міст означають, що порядок величини витрат для всього Східного узбережжя та узбережжя Мексиканської затоки становитиме кілька трильйонів. 1,9 мільйона будинків на узбережжі загальною вартістю 882 мільярди доларів можуть бути втрачені через підвищення рівня моря до 2100 року.

На думку деяких економічних аналітиків, можливість колапсу на ринку прибережної нерухомості може конкурувати з наслідками краху дот-комів і нерухомості в 2000 і 2008 роках. Пентагон також стикається з серйозними проблемами адаптації, оскільки багато військово-морських баз стикаються з серйозними проблемами. загрози, і їхня земля ризикує зникнути протягом цього століття.

Джерела: Джона Енгель Бромвіч, «Повінь на півдні дуже схожа на зміну клімату» *Нью-Йорк Таймс*, 16 серпня 2016 р.; Генрі Фаунтін, «Вчені бачать поштовх через зміну клімату в Луїзіані, що повені» *Нью-Йорк Таймс* 7 вересня 2016 р.; Джастін Вілліс, «Затоплення узбережжя, викликане глобальним потеплінням, уже почалося» *Нью-Йорк Таймс*, 3 вересня 2016 р.; Ян Урбіна, «Небезпека зміни клімату може заболотити прибережну нерухомість», *Нью-Йорк Таймс*, 24 листопада 2016 р.

ОСНОВНІ ТЕРМІНИ ТА ПОНЯТТЯ

адаптивні заходи/адаптивні стратегії дії, спрямовані на зменшення величини або ризику збитків від глобальної зміни клімату.

уникнення витрат витрати, яких можна уникнути шляхом збереження або покращення навколишнього середовища

«backstop» енергетичні технології технології, такі як сонячна та вітрова, які можуть замінити поточні джерела енергії, особливо викопне паливо.

справа як завжди сценарій, за якого не очікується суттєвих змін у політиці, технології чи поведінці.

шапка і торгівля система оборотних дозволів на викиди забруднюючих речовин.

вуглецевий слід загальні викиди вуглецю, прямі та непрямі, в результаті споживання нацією, установою чи окремою особою.

інтенсивність вуглецю міра викидів вуглецю на одиницю ВВП.

поглиначі вуглецю частини екосистеми зі здатністю поглинати певну кількість вуглекислого газу, включаючи ліси та океани.

податок на вуглець податок на одиницю товарів і послуг на основі кількості вуглекислого газу, що викидається в процесі виробництва або споживання.

кліматична справедливість справедливий розподіл як тягаря зміни клімату, так і витрат на реагування на політику.

стабілізація клімату політика скорочення використання викопного палива до рівня, який не збільшить потенціал глобальної зміни клімату.

CO₂еквівалент (CO₂д) міра загальних викидів або концентрацій парникових газів, перетворюючи всі не CO₂ газів до їх CO₂еквівалентний тепловому впливу.

аналіз витрат і вигод (CBA) інструмент для аналізу політики, який намагається монетизувати всі витрати та вигоди запропонованої дії для визначення чистої вигоди.

аналіз економічної ефективності інструмент політики, який визначає підхід з найменшими витратами для досягнення заданої мети.

ресурс загальної власності ресурс, доступний кожному (невиключний), але використання ресурсу може зменшити кількість або якість, доступну для інших (конкурент).

кумулятивний або запасний забруднювач забруднююча речовина, яка не розсіюється і не розкладається значно з часом і може накопичуватися в навколишньому середовищі, наприклад вуглекислий газ і

хлорфторвуглеці.

розподільно нейтральний податковий зсув зміна структури податків, яка залишає незмінним розподіл доходів.

стандарты ефективності правила, які встановлюють критерії ефективності для товарів, наприклад, стандарти економії палива для автомобілів.

еластичність попиту чутливість кількості попиту до цін; еластичний попит означає, що пропорційне зростання цін призводить до більшої пропорційної зміни кількості попиту; нееластичний попит означає, що пропорційне зростання цін призводить до незначної зміни.

екологічна справедливість справедливе ставлення до людей незалежно від раси, кольору шкіри, національного походження чи доходу щодо розробки, впровадження та забезпечення дотримання екологічних законів, правил і політики.

облікова ставка річна ставка, за якою майбутні вигоди або витрати дисконтуються відносно поточних вигод або витрат.

ефект зворотного зв'язку процес змін у системі, що призводить до інших змін, які або протидіють, або підсилюють початкові зміни.

майбутні витрати та вигоди вигоди та витрати, які, як очікується, виникнуть у майбутньому, як правило, порівнюють із поточними витратами шляхом дисконтування.

глобальний вуглецевий бюджет концепція, згідно з якою загальні сукупні викиди вуглецю повинні бути обмежені фіксованою кількістю, щоб уникнути катастрофічних наслідків глобальної зміни клімату.

глобальна зміна клімату: зміни в глобальному кліматі, включаючи температуру, опади, частоту та інтенсивність штормів, а також зміни в циклах вуглецю та води, що є наслідком підвищення концентрації парникових газів в атмосфері.

глобальне спільне надбання глобальні ресурси спільної власності, такі як атмосфера та океани.

глобальне потепління підвищення середньої глобальної температури в результаті викидів від діяльності людини.

парниковий ефект вплив певних газів у земній атмосфері, що затримують сонячне випромінювання, що призводить до підвищення глобальної температури та інших кліматичних впливів.

парникові гази такі гази, як вуглекислий газ і метан, концентрація яких в атмосфері впливає на глобальний клімат, затримуючи сонячне випромінювання.

варіанти з найменшою вартістю дії, які можна вжити з найменшими загальними витратами.

граничні витрати на скорочення витрати на скорочення однієї додаткової одиниці забруднення, наприклад, викидів вуглецю.

національно визначений внесок (NDC): добровільне заплановане зниження CO₂ викидів відносно базових викидів, наданих країнами-учасницями на Паризькій конференції сторін (COP-21) у 2015 році.

підкислення океану підвищення кислотності океанічних вод в результаті розчинення вуглецю з CO₂ викидається в атмосферу.

податок(и) на забруднення податок за одиницю на основі рівня забруднення.

принцип обережності погляд, що політика повинна враховувати невизначеність, вживаючи заходів для уникнення малоймовірних, але катастрофічних подій.

превентивні заходи/профілактичні стратегії дії, спрямовані на зменшення масштабів зміни клімату шляхом скорочення прогнозованих викидів парникових газів.

нестабільність цін швидка і часта зміна ціни, що призводить до нестабільності ринку.

прогресивні податки податки, які складають вищу частку доходу з вищим рівнем доходу.

суспільні блага товари, які доступні всім (невиключні) і використання яких однією особою не зменшує їх доступності для інших (неконкурентні).

скорочення викидів від збезлісення та деградації (REDD) Програма Організації Об'єднаних Націй, прийнята в рамках Кіотського процесу кліматичних переговорів, спрямована на скорочення викидів від збезлісення та деградації земель.

регресивний податок податок, у якому ставка оподаткування у відсотках від доходу зменшується зі збільшенням рівня доходу.

нейтральне з точки зору доходів податкове зміщення політика, спрямована на збалансування підвищення податків на певні продукти чи види діяльності зі зниженням інших податків, наприклад, зменшення податків на прибуток, яке компенсує податок на викиди вуглецю.

соціальна вартість вуглецю оцінка фінансової вартості викидів вуглецю на одиницю, включаючи поточні та майбутні витрати.

трансфер технологій процес обміну технологічною інформацією чи обладнанням, зокрема між країнами.

дозволи, що передаються (торгуються) оборотні дозволи, які дозволяють фірмі викидати певну кількість забруднювача.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Акерман, Френк і Елізабет А. Стентон. 2008. «Ціна зміни клімату». природний Рада із захисту ресурсів. www.nrdc.org/globalwarming/cost/cost.pdf.
- — — . 2011. «Економіка клімату: сучасний стан». Стокгольмський інститут навколишнього середовища — Центр США. http://sei-us.org/Publications_PDF/SEI-ClimateEconomicsstate-of-art-2011.pdf.
- Акерман, Френк, Елізабет А. Стентон і Рамон Буено. 2013. «CRED: Нова модель клімату та розвитку». Екологічна економіка, 85: 166–176. Африканський банк розвитку, Азіатський банк розвитку, Міжнародний відділ Розвиток (Велика Британія), Генеральний директорат з питань розвитку (Європейська комісія), Федеральне міністерство економічного співробітництва та розвитку (Німеччина, Міністерство закордонних справ), Співробітництво з питань розвитку (Нідерланди), Організація економічного співробітництва та розвитку, Програма розвитку ООН, Програма ООН з навколишнього середовища та Світовий банк, 2003. *Бідність і зміна клімату: зменшення вразливості бідних через адаптацію*. www.unpei.org/PDF/Poverty-and-Climate-Change.pdf.
- Американський геофізичний союз. 2014. Зміна клімату, спричинена діяльністю людини, потребує термінової допомоги Дія. www.agu.org.
- Барнс, Пітер, Роберт Костанца, Пол Гокен, Девід Орр, Елінон Остром, Альваро Умана, і Оран Янг. 2008. «Створення трасту атмосфери Землі». *Наука* 319:724. Боден, Т. А., Г. Марленд і Р. Дж. Андрес. 2016. «Глобальні, регіональні та національні копальни Паливо CO₂Викиди». Інформаційно-аналітичний центр вуглекислого газу (CDIAC), Національна лабораторія Ок-Рідж. http://cdiac.ornl.gov/ftp/ndp030/global.1751_2013.ems.
- Берк, М., С. Сянг і Е. Мігель. 2015. «Глобальний нелінійний вплив температури на Економічне виробництво». *природа*, 527: 235–239.
- Карл, Джеремі та Девід Федір. 2016. «Відстеження глобальних доходів від викидів вуглецю: огляд Податки на викиди вуглецю проти обмеження та торгівлі в реальному світі». *Енергетична політика* 96: 50-77. Кларк, Дункан. 2012. «Чи вплинув Кіотський протокол на викиди вуглецю? сії?» *Опікун*, 26 листопада. <https://www.theguardian.com/environment/blog/2012/nov/26/kyoto-protocolcarbon-emissions>
- Еталонний проект кліматичної справедливості. 2015. Справедливі акції: Огляд громадянського суспільства НДЦ. http://civilsocietyreview.org/wp-content/uploads/2015/11/CSO_FullReport.pdf Клайн, Вільям Р. 2007. *Глобальне потепління та сільське господарство: оцінка впливу по країнах*. Вашингтон, округ Колумбія: Центр глобального розвитку та Інститут міжнародної економіки Петерсена. <http://www.cgdev.org/content/publications/detail/14090>.
- Кодур, Енн-Марі, Сет Іцкан, Вільям Мумо, Карл Тідемманн та Джонатан Гарріс. 2017. «Надія під нашими ногами: ґрунт як кліматичне рішення». *Короткий огляд кліматичної політики GDAE*. <http://www.ase.tufts.edu/gdae/Pubs/climate/ClimatePolicyBrief4.pdf> Кук Дж., та ін. 2016. «Консенсус щодо консенсусу: синтез консенсусних оцінок щодо глобальне потепління, спричинене людиною». *Екологічні дослідницькі листи* том. 11 № 4 (13 квітня). DOI:10.1088/1748-9326/11/4/048002.
- Деконто, Р. і Д. Поллард. 2016. «Внесок Антарктиди в минуле і майбутнє моря-підвищення рівня». *природа*, 531: 591–597.

- Дітц, Саймон і Ніколас Стерн. 2014. «Ендогенний ріст, опуклість ушкоджень і кліматичний ризик: як структура Nordhaus підтримує глибокі скорочення викидів вуглецю». Grantham Research Institute on Climate Change and the Environment, Working paper № 159, червень.
- Фанкхаузер, Самуель. 1995 рік. *Оцінка зміни клімату: економіка теплиці*. Лондон: Earthscan.
- Гудвін, Філ, Джойс Даргей і Марк Хенлі. 2004. «Еластичність дорожнього руху та Витрата палива по відношенню до ціни та доходу: огляд». *Відгуки про транспорт* 24(3): 275–292.
- Грабб, Майкл, Томас Л. Брюер, Місато Сато, Роберт Хейлмайр і Дора Фазекас. 2009. «Кліматична політика та промислова конкурентоспроможність: десять думок Європи про систему торгівлі викидами ЄС». Німецький фонд Маршалла Сполучених Штатів, Серія документів про клімат та енергетику 09.
- GIZ. 2013. «Міжнародні ціни на паливо 2012/2013», 8-е видання, від імені Федерального міністерства економічного співробітництва та розвитку (Німеччина).
- Хансен та ін. 2008. «Цільовий атмосферний CO₂: Куди має прагнути людство?» *ВІДЧИНЕНО Атмосферний науковий журнал*, 2: 217–231.
- Гарріс, Джонатан М. і Маліхе Бірджанді Феріз, 2011. *Ліси, сільське господарство та клімат: Питання економіки та політики*. Інститут глобального розвитку та навколишнього середовища університету Тафтса, http://www.ase.tufts.edu/gdae/education_materials/modules.html#REDD
- Хіл, Джеффри та Ентоні Міллнери. 2014. «Невизначеність і прийняття рішень у кліматичній економіці». *Огляд екологічної економіки та політики* 8.1: 120–137.
- Hönisch, Värbel та ін. 2012. «Геологічний літопис закислення океану». *Наука*, 335 (6072): 1058–1063.
- Хьюз, Джонатан Е., Крістофер Р. Ніттел і Деніел Сперлінг. 2008. «Свідчення а зміни в короткостроковій ціновій еластичності попиту на бензин». *Енергетичний журнал* 29 (1), 113–134.
- Міжурядова група експертів зі зміни клімату (IPCC). 2007а. *Зміна клімату 2007: The Основи фізичної науки*. Кембридж, Великобританія; Нью-Йорк: Cambridge University Press.
- — — . 2007b. *Зміна клімату 2007: наслідки, адаптація та вразливість*. Кембридж, Великобританія; Нью-Йорк: Cambridge University Press.
- — — . 2007c. *Зміна клімату 2007: пом'якшення наслідків зміни клімату*. Кембридж, Великобританія; Нью-Йорк: Cambridge University Press.
- Міжурядова група експертів зі зміни клімату (IPCC). 2014а. *Зміна клімату 2013, The Основи фізичної науки*. <http://ipcc.ch/>.
- — — . 2014b. *Зміна клімату 2014 Зведений звіт*. <http://ipcc.ch/>
- — — . 2014c. *Зміна клімату 2014: вплив, адаптація та вразливість*.
- — — . 2014d. *Зміна клімату 2014: пом'якшення наслідків зміни клімату*.
- Jevrejeva, S., JC Moore, and A. Grinsted, 2012. «Проекції рівня моря до AD2500 з нове покоління сценаріїв зміни клімату». *Журнал глобальних і планетарних змін*, 80/81: 14–20.
- Кан, Метью Е. 2016. «Література про адаптацію до зміни клімату». *Огляд Економіка та політика* 10.1: 166–178.
- Кахсай, Гойтом Абраха та Ларс Горн Гансен. 2016. «Вплив зміни клімату та політика адаптації сільськогосподарського виробництва в Східній Африці». *Екологічна економіка* 121: 54–64.

- Кесіцкі, Фабіан і Пол Екінс. 2011. «Криві граничних витрат на скорочення викидів: заклик до Обережно». *Кліматична політика* 12(2): 219–236.
- Команофф, Чарльз. 2014. «Чи розрив між Нордхаусом і Штерном зникає Підвищення температури?» Carbon Tax Center, 21 серпня. <http://www.carbontax.org/blog/2014/08/21/is-the-rift-between-nordhaus-andstern-evaporating-with-rising-temperatures/>
- Лал, ротанг. 2010. «Управління ґрунтами та екосистемами для пом'якшення антропогенного вуглецю викиди та підвищення глобальної продовольчої безпеки». *біонаука* 60.9: 708-21. Оксфордські журнали.
- McKinsey & Company. 2007. «Крива витрат на скорочення парникових газів». The McKinsey Quarterly 1: 35–45, http://www.epa.gov/air/caaac/coaltech/2007_05_mckinsey.pdf
- — — . 2009 рік. *Шляхи до низьковуглецевої економіки*. <http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resourceproductivity/our-insights/pathways-to-a-low-carbon-economy>
- — — . 2013 рік. *Шляхи до низьковуглецевої економіки, версія 2* <http://www.mckinsey.com/business-functions/sustainability-and-resourceproductivity/our-insights/pathways-to-a-low-carbon-economy>
- Меткалф, Гілберт Е. 2007. «Пропозиція щодо обміну податку на викиди вуглецю в США». Вашингтон, округ Колумбія: Інститут Брукінгса. Дискусійний документ 2007–12.
- — — . 2015. «Концептуальна основа для вимірювання ефективності зелених податкових реформ». Третя щорічна конференція Green Growth Knowledge Platform на тему «Фіскальна політика та перехід до зеленої економіки: генерація знань – створення впливу». Венеція, Італія, 29–30 січня.
- Міллар, Річард, Майлз Аллен, Йорі Рогель і П'єр Фрідлінгштайн. 2016. «Кумула-вуглецевий бюджет і його наслідки». *Оксфордський огляд економічної політики* 32(2): 323-342.
- Мюррей, Браян і Ніколас Ріверс. 2015. «Незатратний вуглець Британської Колумбії Податок: огляд останнього «грандіозного експерименту» в екологічній політиці. *Енергетична політика* 86: 674-683.
- Національне управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA). 2010. «Закислення океану, Сьогодні і в майбутньому». www.climatewatch.noaa.gov/image/2010/oceanacidification-today-and-in-the-future/.
- — — . 2012. «Глобальні індикатори зміни клімату». www.ncdc.noaa.gov/indicators/index.html .
- — — . 2012 рік. *Стан клімату, Global Analysis Annual 2012*. Національний центр кліматичних даних. www.ncdc.noaa.gov/sotc/global/ .
- Нордхаус, Вільям. 2007. «Огляд Стерна про економіку зміни клімату». http://nordhaus.econ.yale.edu/stern_050307.pdf
- — — . 2008 рік. *Питання балансу: зважування варіантів політики глобального потепління*. New Haven: Yale University Press.
- — — . 2013 рік. *Кліматичне казино*. Нью-Хейвен; Лондон: Yale University Press. Нордхаус, Вільям Д. і Джозеф Боер. 2000 рік. *Потепління світу: економічні моделі глобального потепління*. Кембридж, Массачусетс: MIT Press.
- Олів'є, Джос Джі Джей, Грет Янсенс-Маенхаут, Марілена Мунтян та Джерун Ейч-Ві Пітерс. Об'єднаний дослідницький центр Європейської комісії, 2014. «Тенденції глобальної CO₂Викиди: Звіт за 2014 рік», http://edgar.jrc.ec.europa.eu/news_docs/jrc-2014-trends-in-global-co2-emissions-2014-report-93171.pdf .

- Паррі, Мартін, Найджел Арнелл, Пем Беррі, Девід Додман, Семюел Фанкхаузер, Кріс Хоуп, Сарі Коватс, Роберт Ніколлс, Девід Саттертуейт, Річард Тіффін і Тім Вілер. 2009. «Оцінка витрат на адаптацію до зміни клімату: огляд РКЗК ООН та інших останніх оцінок». Звіт Інституту зміни клімату Грантема та Міжнародного інституту навколишнього середовища та розвитку. Лондон.
- Ревес Р., К. Стріла *та ін.* 2014. «Глобальне потепління: вдосконалення економічних моделей клімату Змінити». *Природа* 4 квіт. <http://www.nature.com/news/global-warmingimprove-economic-models-of-climate-change-1.14991> .
- Розен, Річард А. та Едельтрауд Гюнтер. 2014. «Економіка пом'якшення клімату Зміна: що ми можемо знати?» *Виклик* **57.4**: 57-81.
- Санчес, Луїс Ф. і Девід І. Стерн. 2016. «Драйвери промисловості та непромисловості Викиди парникових газів.» *Екологічна економіка* **124**: 17-24. Шелльнгубер, Ганс Йоахім, Стефан Рамсторф і Рікарда Вінкельман. 2016. «Чому правильну кліматичну ціль було узгоджено в Парижі». *Природа Зміна клімату* **6**: 649-653. Стентон, Елізабет А. 2012. «Розвиток без вуглецю: клімат і глобальне Економіка крізь 21 століття». Стокгольмський інститут навколишнього середовища-центр США. http://sei-us.org/Publications_PDF/SEI-Development-Without-Carbon-Ph1.pdf .
- Стерн, Ніколас. 2007 рік. *Економіка зміни клімату: Огляд Стерна*. Кембридж: Cambridge University Press. www.hmtreasury.gov.uk/independent_reviews/stern_review_economics_climate_change/sternreview_index.cfm.
- — — . 2009 рік. *Глобальна угода: зміна клімату та створення нової ери прогресу та процвітання*. Філадельфія: Perseus Books Group.
- Екологічна програма ООН (ЮНЕП). 2016 рік. *Звіт про розрив адаптації*. Найробі, Кенія: ЮНЕП. <http://drustage.unep.org/adaptationgapreport/2016> .
- Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (РКЗК ООН). 2007. «Інвест-і фінансові потоки для боротьби зі зміною клімату». Секретаріат зі зміни клімату, Бонн.
- Адміністрація енергетичної інформації США (EIA). 2016 рік. *Міжнародний енергетичний прогноз*. <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/emissions.cfm334>
- Програма дослідження глобальних змін США. 2009 рік. *Другий національний кліматичний ас-сесія*. <http://globalchange.gov/publications/reports/scientificassessments/us-impacts> .
- — — . 2014 рік. *Третя національна оцінка клімату*, (травень) Огляд і результати звіту.
- Вейл, Петтерсон Моліна. 2016. «Змінний клімат кліматичної економіки». *Екологічний Економіка* **121**: 12-19.
- Вайцман, Мартін. 2009. «Про моделювання та інтерпретацію економіки катастроф Зміна клімату.» *Огляд економіки і статистики*, 91(1): 1-19.
- Світовий банк. 2010 рік. *Звіт про світовий розвиток 2010: Розвиток і зміна клімату*. Вашингтон, округ Колумбія.
- — — . 2010. «Вартість адаптації до зміни клімату для країн, що розвиваються: нові методи та оцінки». Проект консультації.
- Всесвітня організація охорони здоров'я. 2009. «Захист здоров'я від зміни клімату: підключення Наука, політика та люди».
- Чжоу, П. і М. Ван. 2016. «Розподіл викидів двоокису вуглецю: огляд». *Еколого-кал Економіка* **125**: 47-59.

ДИСКУСІЙНІ ПИТАННЯ

1. Що є основним доказом глобальних змін клімату? Наскільки серйозна проблема і які її основні причини? Які питання він піднімає щодо глобальної справедливості та відповідальності за вирішення проблеми?
2. Чи вважаєте ви, що використання аналізу витрат і вигод для вирішення проблеми зміни клімату є корисним? Як ми можемо адекватно оцінити такі речі, як танення арктичних крижаних шапок і затоплення острівних держав? Яка відповідна роль економічного аналізу у вирішенні питань, що впливають на глобальні екосистеми та майбутні покоління?
3. Які цілі були б доречними у відповідь на зміну клімату? Оскільки неможливо повністю зупинити зміну клімату, як ми повинні збалансувати наші зусилля між адаптацією та запобіганням/пом'якшенням?
4. Якій економічній політиці щодо зміни клімату ви віддаєте перевагу: податку на викиди вуглецю чи системі обмежень? чому Які основні перешкоди для ефективної реалізації політики?
5. Політика щодо зміни клімату може бути зосереджена на зміні поведінки або зміні технології. Який підхід, на вашу думку, може бути ефективнішим? Які політики можна використати для заохочення змін у кожному з них?
6. Процес формулювання та реалізації міжнародних угод щодо політики щодо зміни клімату був уражений розбіжностями та тупиками. Які основні причини труднощів у погодженні конкретних політичних дій? З економічної точки зору, які види стимулів можуть бути корисними, щоб спонукати країни укласти та виконувати угоди? Які види політики «виграшу за виграш» можна розробити для подолання переговорних бар'єрів?

ВПРАВИ

1. Припустимо, що за умовами міжнародної угоди US CO₂викиди мають бути скорочені на 200 мільйонів тонн, а Бразилії – на 50 мільйонів тонн. Ось варіанти політики, які Сполучені Штати та Бразилія мають для скорочення своїх викидів:

Сполучені Штати:

Параметри політики	Загальне скорочення викидів (млн. тонн вуглецю)	Вартість (мільйон доларів)
A: Ефективне обладнання	60	12
B: Лісовідновлення	40	20
C: Замінити електростанції, що працюють на вугіллі	120	30

Бразилія:

Параметри політики	Загальне скорочення викидів (млн. тонн вуглецю)	Вартість (мільйон доларів)
A: Ефективне обладнання	50	20
B: Охорона лісу Амазонки	30	3
C: Замінити електростанції, що працюють на вугіллі	40	8

- a. Яка політика є найефективнішою для кожної країни для досягнення цілей скорочення? Наскільки буде зменшено використання кожного варіанту, за яку ціну, якщо дві країни будуть працювати незалежно? Припустимо, що будь-який із варіантів політики можна частково реалізувати за постійних граничних витрат. Наприклад, Сполучені Штати могли б скоротити викиди вуглецю за допомогою ефективного обладнання на 10 мільйонів тонн із вартістю 2 мільярди доларів. (Підказка: почніть з розрахунку середньої вартості скорочення викидів вуглецю в доларах за тонну для кожної з шести стратегій).
- b. Припустимо, що ринок дозволів, що передаються, дозволяє Сполученим Штатам і Бразилії торгувати дозволами на викиди CO₂. Хто зацікавлений у купівлі дозволів? Хто зацікавлений у продажу дозволів? Якої угоди можна досягти між Сполученими Штатами та Бразилією, щоб вони змогли досягти цільового показника скорочення викидів на 250 мільйонів тонн з найменшими витратами? Чи можете ви оцінити діапазон ціни дозволу на викиди однієї тонни вуглецю? (Підказка: використовуйте розрахунки середньої вартості з першої частини запитання.)

2. Припустимо, що річне споживання середньостатистичного американського домогосподарства становить 1000 галонів бензину та 200 Mscf (тисяча кубічних футів) природного газу. Використовуючи цифри, наведені в таблиці 4 щодо впливу податку на вуглець, обчисліть, скільки середньостатистична американська домогосподарство платила б на рік із доданим податком у розмірі 50 доларів США за тонну вуглекислого газу, якби не було початкових змін у попиті. Потім, припустивши, що еластичність короткострокового попиту дорівнює $-0,1$, а еластичність довгострокового попиту дорівнює $-0,5$, обчисліть скорочення попиту домогосподарств на нафту та газ у короткостроковій та довгостроковій перспективі. Якщо в Сполучених Штатах є 100 мільйонів домогосподарств, яким буде дохід до Казначейства США від такого податку на викиди вуглецю в короткостроковій і довгостроковій перспективі? Як уряд може використати такі доходи? Як це вплине на середню сім'ю? Обговоріть різницю між короткостроковими та довгостроковими впливами.

ВЕБ-ПОСИЛАННЯ

1. <http://www.ipcc.ch/> Веб-сайт Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, спонсорованої Організацією Об'єднаних Націй агенції «для оцінки наукової, технічної та соціально-економічної інформації, важливої для розуміння ризику зміни клімату, спричиненої діяльністю людини».
2. <http://epa.gov/climatechange/index.html> Веб-сайт Агентства з охорони навколишнього середовища США з питань глобального потепління.
3. <http://www.wri.org/our-work/topics/climate/> Веб-сайт Всесвітнього інституту ресурсів про клімат і атмосферу. Сайт містить кілька статей і тематичних досліджень, у тому числі дослідження механізмів чистого розвитку.
4. <http://unfccc.int/2860.php/> Домашня сторінка Рамкової конвенції ООН про зміну клімату. На сайті представлені дані щодо проблеми зміни клімату та інформація про поточний процес переговорів щодо міжнародних угод, пов'язаних зі зміною клімату.
5. http://rff.org/focus_areas/Pages/Energy_and_Climate.aspx
www.rff.org/research/topics/climate-change/ Публікації Resources for the Future з питань енергетики та зміни клімату.
6. www.hm-treasury.gov.uk/sternreview_index.htm/ Веб-сайт огляду Стерна, на якому представлено обширний аналіз економіки зміни клімату, включаючи наслідки, стабілізацію, пом'якшення наслідків та адаптацію.