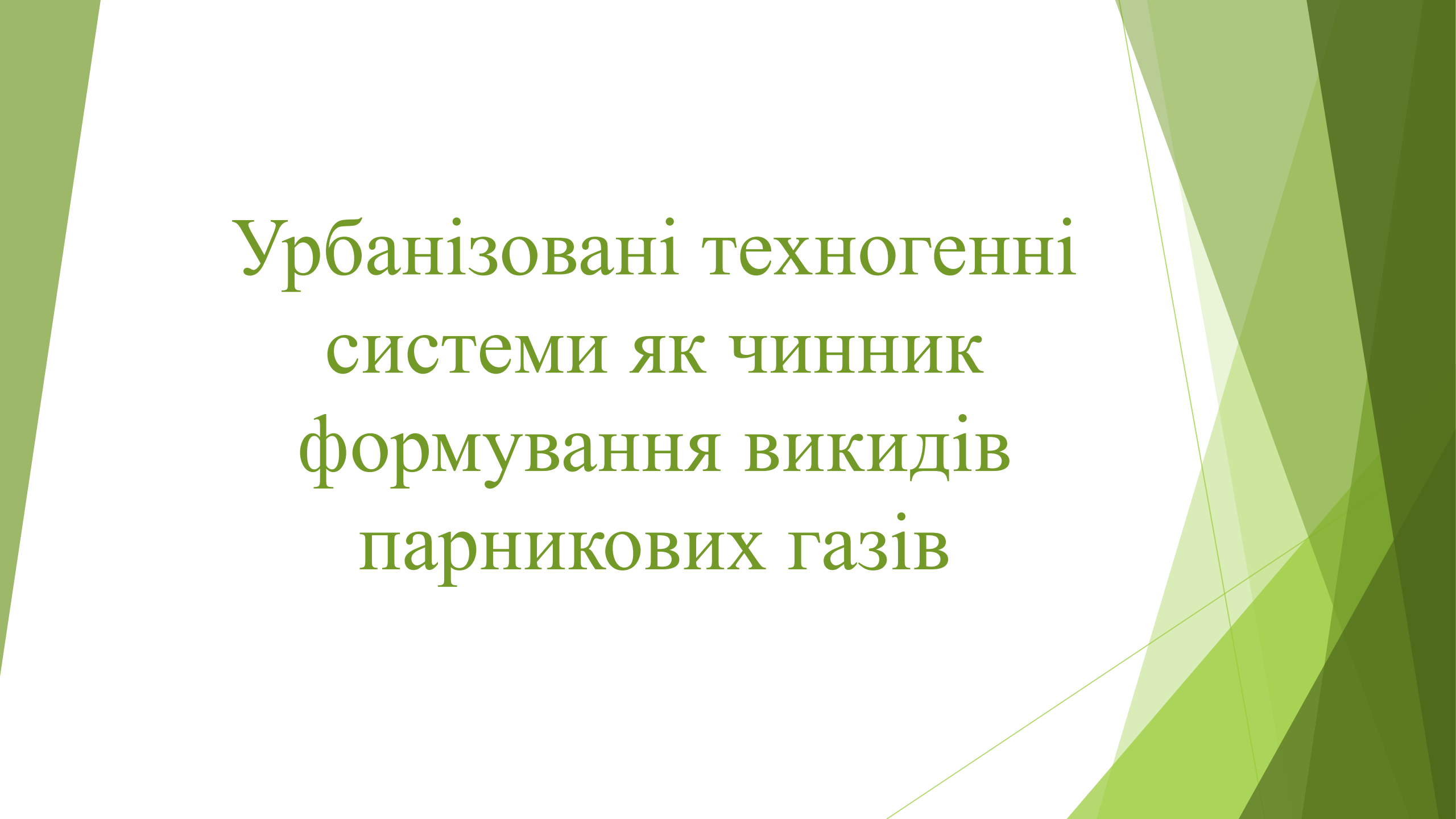


The background features abstract, overlapping green geometric shapes, primarily triangles and polygons, in various shades of green, creating a modern and dynamic visual effect.

Урбанізовані техногенні системи як чинник формування викидів парникових газів

План

1. Вплив промислового виробництва на викиди парникових газів в Україні
2. Внесок антропогенної діяльності та техногенно навантажених урбоекосистем у зміну клімату
3. Фактори, що впливають на викиди парникових газів в урбоекосистемі
4. Досвід ЄС щодо обліку парникових газів в техногенно навантажених урбоекосистемах
5. Базовий кадастр викидів і основні джерела емісії CO₂ в місті

Урбоекосистеми територіально займають всього 3% суші Землі, проте вони продукують близько 72% викидів парникових газів від загальної щорічної кількості. Слід зважати на те, що темпи урбанізації значно зростають, так згідно прогнозів у Європі в 2050 році майже 85% населення житиме у містах.

Наведено декілька фактів впливу урбанізації на викиди парникових газів:

- ▶ 25 найбільших за чисельністю населення міст продуцують 52% емісії парникових газів.
- ▶ Міста Європи, Австралії і США виділяють значно більше парникових газів в перерахунку на душу населення, ніж міста країн, що розвиваються.
- ▶ В техногенно навантажених урбоекосистемах головними джерелами викидів постають стаціонарна енергетика (електростанції на викопному паливі та обладнання для вироблення промислового тепла), автомобільний транспорт, а вже потім слідують залізні дороги, морський транспорт і авіація.
- ▶ 30 міст суттєво знизили річний показник викидів – Осло, Х'юстон, Сіетл і Богота, в той час як в Ріо-де-Жанейро, Куритибі, Йоганнесбурзі, Венеції, навпаки, зафіксовано зростання.
- ▶ 113 з 167 міст поставили перед собою задачу щодо скорочення викидів парникових газів, тоді як 40 пообіцяли взагалі стати вуглецевонейтральними.

1. Вплив промислового виробництва на викиди парникових газів в Україні

В період з 1990-2020 р.р. тренд загальних викидів парникових газів в Україні характеризується наступними ключовими етапами (рис. 2.1-2.2):

- ▶ різке скорочення викидів парникових газів у період з 1990 року до початку 2000-х років, що зумовлювалось скороченням виробництва у промисловості та сільському господарстві внаслідок розпаду СРСР та, 18 як наслідок, скороченням споживання палива в енергетиці. На цей період також припадає реструктуризація економіки і значне зростання сфери послуг;
- ▶ стабілізація та зростання викидів парникових газів у період з початку 2000-х років до 2008 року, яке пов'язане зі зростанням виробництва мінеральної та металургійної продукції та загальним підйомом економіки, при активному споживанні твердого викопного палива в енергетиці, але паралельно було реалізовано низку заходів з модернізації та енергоефективності в промисловості для скорочення споживання природного газу внаслідок підвищення ціни на газ з 2006 року;
- ▶ скорочення викидів парникових газів на 15 % у 2009 році порівняно з 2008 роком через наслідки світової економічної кризи 2008 року, що особливо позначилось на скороченні виробництва цементу, аміаку та металу;
- ▶ зростання викидів парникових газів у 2010-2013 роках за рахунок загального відновлення економіки після наслідків світової кризи 2008 року при підвищеному споживанні твердого викопного палива в енергетиці;
- ▶ різке скорочення викидів парникових газів у 2014-2015 роках, пов'язане з падінням економіки через анексію АР Крим та міста Севастополь та також початком бойових дій в Донецькій та Луганській областях, де зосереджена значна частина промисловості та об'єктів видобування і споживання корисних копалин;
- ▶ коливання викидів парникових газів у 2016-2020 роках на рівні 315-370 млн. т CO₂-еквіваленту, що пов'язано з початком активної реалізації політики енергоефективності, а саме, програма «Теплі кредити» для стимулювання заходів з енергоефективності в будівлях, заміни газових котлів на котли на біомасі, тощо, та поступового приведення тарифів на електроенергію, гарячу воду та тепло до своїх ринкових значень, що призвело до економічної необхідності впровадження енергоефективних заходів.

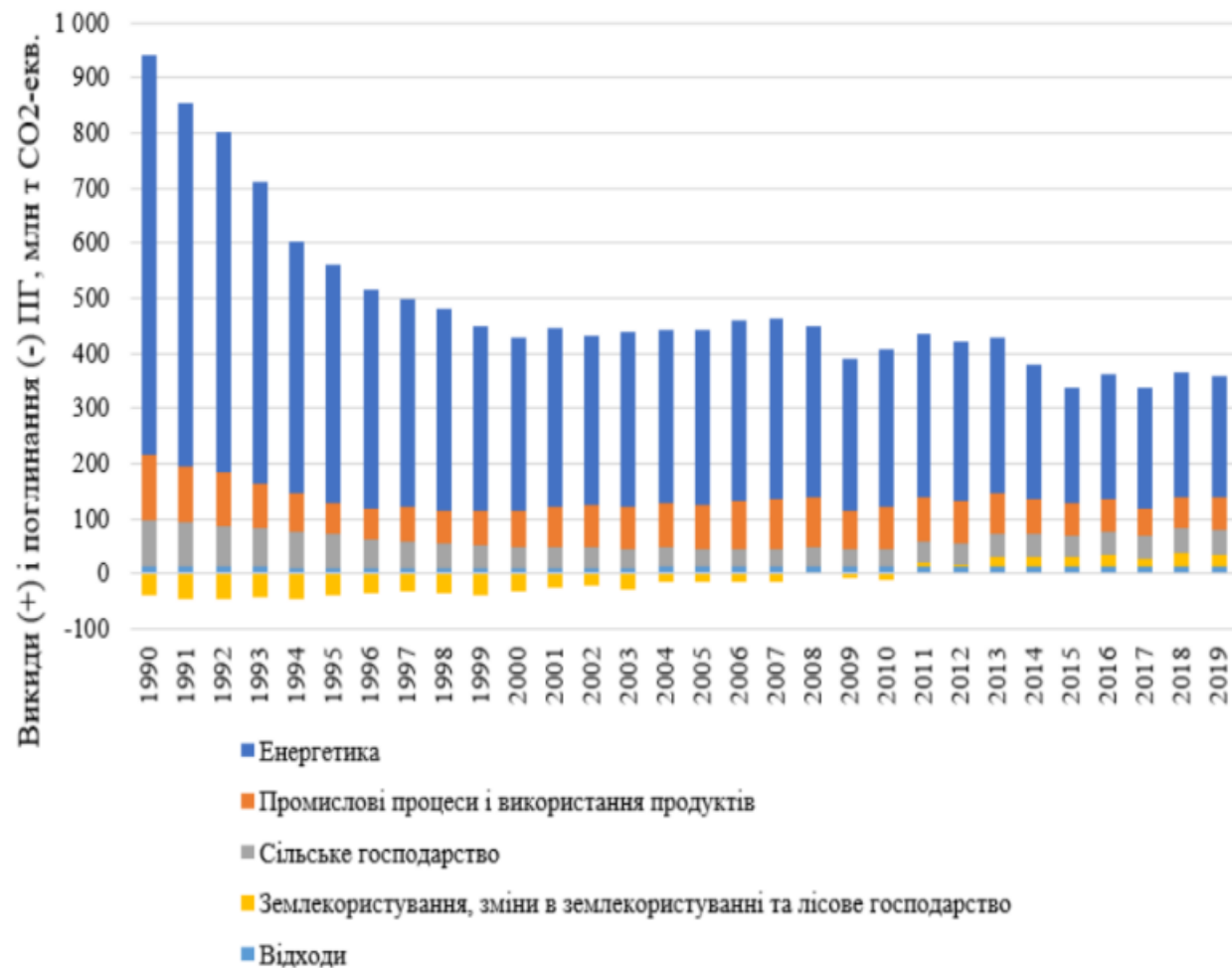


Рис. 2.1. Тенденції викидів та поглинань парникових газів протягом 1990- 2020 років (за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України)

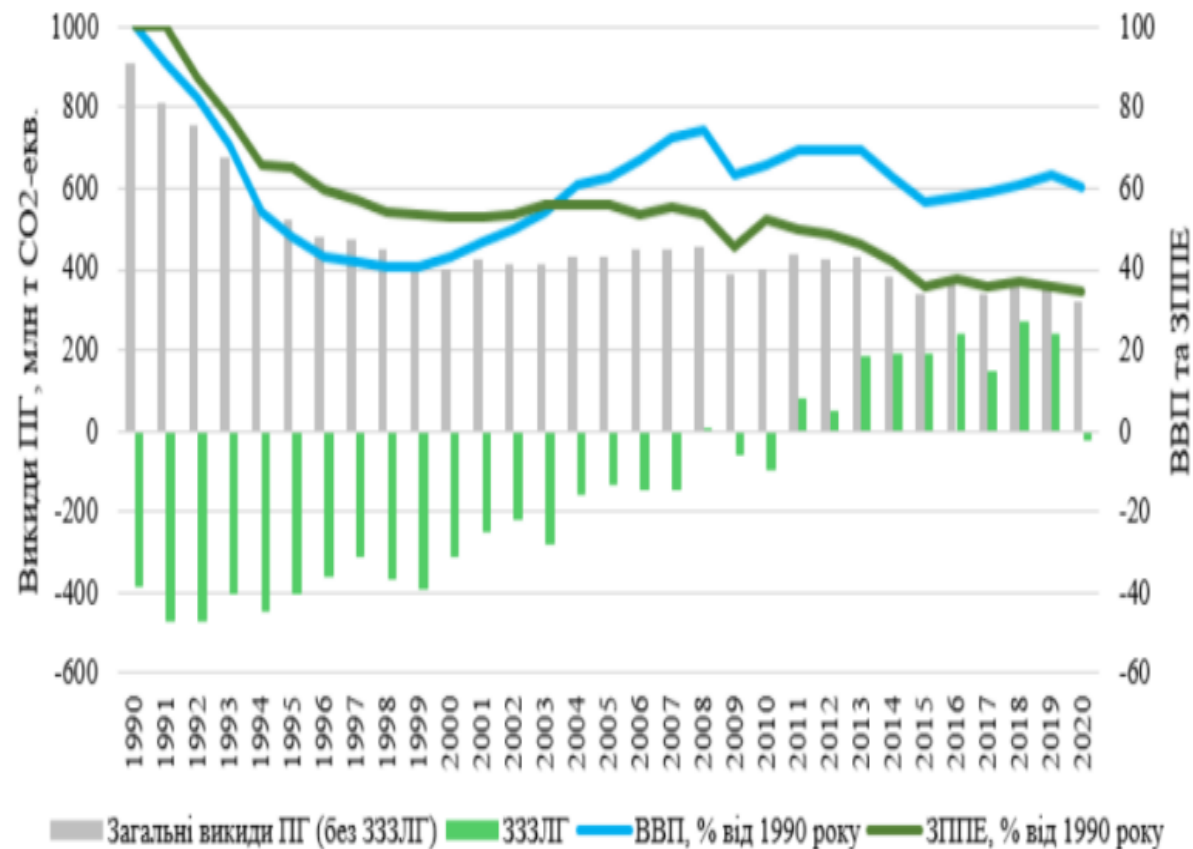


Рис. 2.2. Тенденції викидів парникових газів та основних економічних і енергетичних показників протягом 1990-2020 років (за даними Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України)

Загальна характеристика промислового сектору України

- ▶ Україна має значний промисловий потенціал, представлений металургією, хімічною, енергетичною та машинобудівною галузями
- ▶ Промисловість історично формувалася на основі енергоємних технологій радянського періоду
- ▶ Частка промисловості у ВВП України становить близько 25-30%

Структура промислових викидів парникових газів

- ▶ **Металургія (40-45% промислових викидів):** доменне виробництво, конвертерні процеси, електродугові печі
- ▶ **Енергетика (35-40%):** теплові електростанції на вугіллі та газі, теплоелектроцентралі
- ▶ **Хімічна промисловість (8-12%):** виробництво аміаку, азотних добрив, хімічних реагентів
- ▶ **Цементна промисловість (3-5%):** декарбонізація вапняку, спалювання палива
- ▶ **Харчова промисловість (2-3%):** переробка сировини, холодильне обладнання

Специфіка викидів

- ▶ Високий рівень енергоємності виробництва (у 2-3 рази вищий за середньоєвропейські показники)
- ▶ Застаріле обладнання та технології (70-80% основних фондів з терміном експлуатації понад 20 років)
- ▶ Домінування вугілля як енергоносія
- ▶ Низька частка відновлювальних джерел енергії

2. Внесок антропогенної діяльності та техногенно навантажених урбоєкосистем у зміну клімату

Характеристики техногенно навантажених міст:

- ▶ Висока концентрація населення (понад 50% світового населення)
- ▶ Інтенсивне енергоспоживання (на 50-80% вище на одиницю площі)
- ▶ Розвинена транспортна інфраструктура
- ▶ Промислові зони та підприємства
- ▶ Значна площа непроникних поверхонь (асфальт, бетон)

Синергетичний ефект урбанізації

- ▶ Взаємопосилення промислових, транспортних та побутових викидів
- ▶ Зменшення зелених зон і природних поглиначів CO₂
- ▶ Зміна гідрологічного режиму та мікроклімату
- ▶ Накопичувальний ефект забруднення

Існує декілька причин приділення уваги внеску техногенно навантажених урбоєкосистем у зміну клімату.

- По-перше, на урбанізованих територіях сконцентрована велика кількість промислових підприємств, здійснюються різні види господарської діяльності, які безпосередньо пов'язані з викидами парникових газів в атмосферу, приміром, перевезення, виробництво енергії та промислове виробництво асоціюються з містами та їх функціонуванням. Життєдіяльність населення в місті залежить від вхідних потоків продовольства, води та товарів широкого вжитку, виробництво яких також призводить до викидів парникових газів за межами міст на прилеглих територіях, це, в свою чергу, можуть бути, як сільські поселення, так і невеличкі міста-супутники.
- По-друге, визначення реальних об'ємів та встановлення лімітів викидів парникових газів у різних містах, дають основу для порівняння, створюють потенційну конкуренцію та є підґрунтям для співпраці між містами для їх зменшення, приміром як Угода мерів.
- По-третє, оцінка впливу антропогенної діяльності в містах на зміну клімату – важливий перший крок у визначенні можливих рішень цієї проблеми при оптимальному розподілі відповідальності між промисловими підприємствами та енергетичними об'єктами міста, адже дуже важливо підкреслити різницю між аналізами викидів парникових газів на основі виробничих даних та на основі даних про споживання.

Причиною глобального потепління, за даними МГЕЗК, є антропогенний вплив, а саме: підвищення в атмосфері Землі концентрації парникових газів, насамперед, CO₂, який утворюється внаслідок спалювання викопного палива.

Концентрація вуглекислого газу в атмосфері збільшилася від 278 млн–1 в 1750 р. (доіндустріальний період) до 407,8 млн–1 у 2018 р., метану, відповідно, – від 722 до 1869 млрд–1 , а оксиду азоту – від 270 до 331 млрд–1 . У період з 1990 до 2018 р. концентрація довгоіснуючих парникових газів в атмосфері зросла на 43 %, причому на CO₂ припадає 81 % цього збільшення. Загальні викиди всіх парникових газів у 2019 р. становили 59,1 Гт в CO₂-еквіваленті.

На CO₂ припадало 65 % всіх світових викидів парникових газів, що зумовлювалось 21 виробництвом та використанням енергії, а викиди CH₄ та N₂O пов'язані переважно з сільським господарством та навколишнім природним середовищем. Світова енергетика генерує 41 % викидів парникових газів, промисловість – 20 %, транспорт – 14 %, а сільське господарство та відходи – 15 % (рис. 2.3). У 2019 р. викиди CO₂ при використанні викопного палива досягли рекордного рівня – 38,0 Гт·CO₂ (діапазон $\pm 1,9$ Гт·CO₂).

Через пандемію COVID-19, внаслідок призупинки роботи багатьох підприємств, обсяг викидів CO₂ у 2020-2022 рр. скоротився приблизно на 7-10 % порівняно з 2019 р., але зниження викидів інших парникових газів було не таким значним. Згідно з останніми статистичними даними, попит на первинну енергію у 2020 р. знизився майже на 4 %, глобальні викиди CO₂, пов'язані з енергетикою, – на 5,8 % (від 33,4 Гт·у 2019 р. до 31,5 Гт·у 2020 р.), що є найбільшим річним зниженням з часів Другої світової війни. І хоча минулорічне скорочення викидів CO₂ в абсолютних величинах на 2 Гт еквівалентно річному рівню викидів усього Євросоюзу, концентрація парникових газів в атмосфері продовжує зростати незмінними темпами.

Причиною глобального потепління, є антропогенний вплив, а саме: підвищення в атмосфері Землі концентрації парникових газів, насамперед, CO₂, який утворюється внаслідок спалювання викопного палива.

Концентрація вуглекислого газу в атмосфері збільшилася від 278 млн–1 в 1750 р. (доіндустріальний період) до 407,8 млн–1 у 2018 р., метану, відповідно, – від 722 до 1869 млрд–1, а оксиду азоту – від 270 до 331 млрд–1. У період з 1990 до 2018 р. концентрація довгоіснуючих парникових газів в атмосфері зросла на 43 %, причому на CO₂ припадає 81 % цього збільшення. Загальні викиди всіх парникових газів у 2019 р. становили 59,1 Гт в CO₂-еквіваленті. На CO₂ припадало 65 % всіх світових викидів парникових газів, що зумовлювалось 21 виробництвом та використанням енергії, а викиди CH₄ та N₂O пов'язані переважно з сільським господарством та навколишнім природним середовищем. Світова енергетика генерує 41 % викидів парникових газів, промисловість – 20 %, транспорт – 14 %, а сільське господарство та відходи – 15 % (рис. 2.3). У 2019 р. викиди CO₂ при використанні викопного палива досягли рекордного рівня – 38,0 Гт·CO₂ (діапазон $\pm 1,9$ Гт·CO₂). Через пандемію COVID-19, внаслідок призупинки роботи багатьох підприємств, обсяг викидів CO₂ у 2020-2022 рр. скоротився приблизно на 7-10 % порівняно з 2019 р., але зниження викидів інших парникових газів було не таким значним. Згідно з останніми статистичними даними, попит на первинну енергію у 2020 р. знизився майже на 4 %, глобальні викиди CO₂, пов'язані з енергетикою, – на 5,8 % (від 33,4 Гт·у 2019 р. до 31,5 Гт·у 2020 р.), що є найбільшим річним зниженням з часів Другої світової війни. І хоча минулорічне скорочення викидів CO₂ в абсолютних величинах на 2 Гт еквівалентно річному рівню викидів усього Євросоюзу, концентрація парникових газів в атмосфері продовжує зростати незмінними темпами.

Примітка.

Блок I. Енергетика: 1 – виробництво електроенергії і тепла; 2 – інші процеси перетворення енергії; 3 – неконтрольовані та необраховані викиди; 4 – в будівлях та інших секторах.

Блок II. Промисловість: 5 – використання енергії; 6 – мінеральна продукція; 7 – інші промислові процеси.

Блок III. Транспорт: 8 – автомобільний; 9 – неавтодорожній; 10 – міжнародний.

Блок IV. Сільське господарство: 11 – сільськогосподарське землекористування; 12 – процеси кишкової ферментації у сільськогосподарських тварин; 13 – інше; 14 – відходи; 15 – зміни в землекористуванні

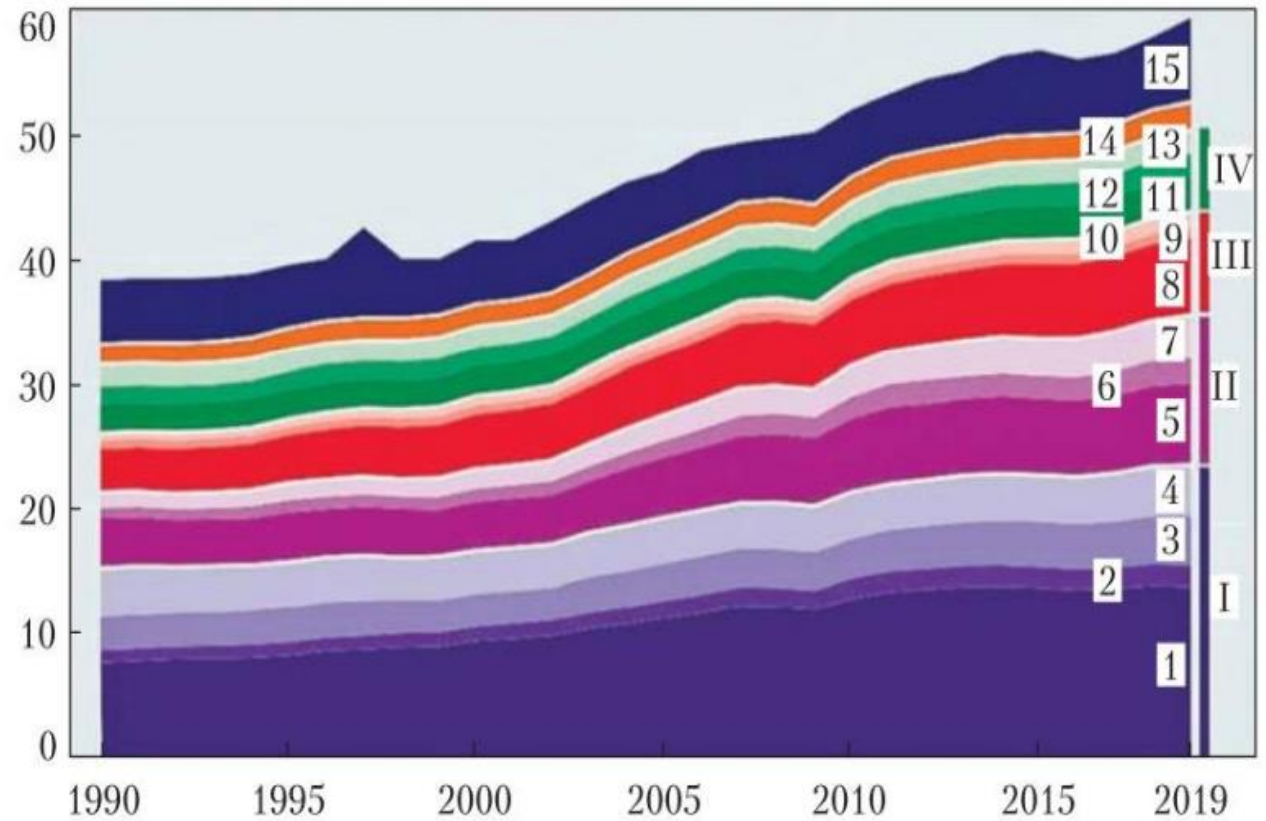


Рис. 2.3. Світові викиди парникових газів за галузями економіки в перерахунку на CO₂-еквівалент.

2.3. Фактори, що впливають на викиди парникових газів в урбоекосистемі

Рівень викидів парникових газів на територіях техногенно навантажених урбоекосистем різних країн може значно відрізнятись, що зумовлюється значною кількістю взаємопов'язаних факторів, включаючи різницю джерел викидів.

Географічна ситуація

Різноманітні географічні умови визначають вплив урбанізованих територій зміни клімату, серед яких слід виділити характерний місцевий клімат, висоту розташування та віддаленість родовищ корисних копалин. Кліматичні умови кожної конкретної урбоєкосистеми впливають на необхідність опалення та охолодження, а від географічного розташування стосовно природних ресурсів залежать типи палива, які використовуються для виробництва енергії, тим самим визначаючи рівень викидів парникових газів. На можливість використання поновлюваних джерел енергії (сонячна, вітрова, гідротермальна, геотермальна, морських хвиль, припливів та відливів) та пов'язаною з цим ймовірністю зниження рівня викидів парникових газів також впливає розташування території. В якості прикладу, слід привести наявність великих річок як обов'язкову вимогу для будівництва гідроелектростанцій. Перераховані вище вітряні, геотермальні, приливні та хвильові електростанції також залежать від наявності відповідних ресурсів у конкретних регіонах.

Демографічна ситуація

Значна відмінність показників викидів парникових газів на рівні окремих країн вказує на те, що кількість населення сама собою впливає безпосередньо на глобальне потепління. У глобальному масштабі території з найбільш щільною заселеністю мають низький рівень викидів парникових газів на людину. Країни, що розвиваються, менше викидають CO₂ порівняно до розвинених країн, рівень демографічного зростання у яких значно нижче. Демографічний склад суспільства також 22 позначається на процесах споживання, а отже і викидах парникових газів, приміром, збільшення частки людей похилого віку у віковій структурі суспільства, зменшення кількості дітей у сім'ї призводить до збільшення енерговитрат в перерахунку на одну людину. Парадоксально, але зниження зростання населення може призвести до збільшення викидів, оскільки сповільнене зростання населення та зменшення кількості членів сім'ї сприяє утворенню більшої кількості сімей та, відповідно, більшій кількості доходів, які спрямовуються на споживання. Зважаючи на це, необхідно враховувати, що внесок міської території у зміну клімату залежить зовсім не від абсолютної кількості людей, що живуть на цій території. Скоріше, необхідно враховувати структуру цих територій та моделі поведінки їх мешканців, які спричиняють найбільший вплив.

Форма та щільність міських територій

призводить до різних соціальних та екологічних наслідків. З одного боку, критично висока щільність населення у багатьох містах країн, що розвиваються – особливо в районах незапланованої забудови – має шкідливі наслідки для здоров'я та робить жителів цих районів уразливими до зміни клімату та кліматичних катастроф. З іншого боку, низька щільність населення на багатьох приміських територіях Північної Америки зумовлює високий рівень споживання енергії в перерахунку на одне домогосподарство, що пов'язано із розосередженням міст та інтенсивним використанням власного транспорту. Підраховано, що загальна кількість міського населення в країнах, що розвиваються, подвоїться у період із 2000 по 2030 рік, а розміри забудованої міської території збільшаться втричі. Висока концентрація населення та економічної діяльності на урбанізованих територіях, може призвести до централізації економіки, а це, в свою чергу, позитивно впливатиме на використання енергії та емісію парникових газів.

Щільність населення в урбоекосистемах також впливає на енергоспоживання окремо взятого домогосподарства, оскільки щільніше заселення висотної забудови призводить до зменшення кількості енергії, необхідної для опалення. Щільно забудовані багатоповерхівками міські території будуть концентрувати різноманітні послуги, в тому числі й енергетичні, що призведе до зменшення кількості викидів парникових газів на людину. Паралельно зникає необхідність переміщення на далекі відстані, отже покращується система громадського транспорту та накладаються обмеження на розміри житлових приміщень, пов'язані з нестачею та високою вартістю земель.

Міська економіка

Типи економічної діяльності, яка здійснюється на міських територіях безпосередньо впливають на рівень викидів парникових газів. Успішний економічний розвиток урбоекосистеми залежать від кількості вироблених товарів (що виробляються на даній території чи інших місцях), а виробничі території, у свою чергу, також залежать від послуг, запропонованих у містах. Багато міст світу сьогодні стають центрами товарообігу та споживання товарів, при цьому рівень викидів парникових газів у межах таких міст невисокий.

Політика вимірювання викидів

Спостерігається дуже велика різниця у впливі різних урбоекосистем на зміну клімату, приміром при врахуванні виключно прямих викидів на людину в тій чи іншій країні, цей показник може відрізнятись у 100 і більше разів. Рівень викидів на людину, включаючи викиди, спричинені споживанням товарів та утворенням відходів, може ще більше бути контрастним до 1000 разів, залежно від обставин життя, а також особистого вибору мешканців. Різниця в показниках при вимірюванні кількості викидів на основі даних про споживання та виробничих даних, природно, призвела до політизації питання виміру викидів парникових газів урбоекосистемами.

Міські території в різних країнах і навіть у межах однієї країни, мають різні показники викидів, залежно від екологічних, економічних, соціальних, політичних та юридичних аспектів на місцевому та національному рівні. Політична воля та політика, що проводиться, на світовому, національному та місцевому рівнях є визначальним фактором під час обліку викидів парникових газів. В теперішній час є ще безліч невирішених питань, приміром, чи використовувати методологію обліку загального екологічного впливу або, навпаки, дотримуватися методології обліку тільки викидів вуглецю; чи використовувати зазначені вище розрахунки на основі виробничих даних, або розрахунки на основі даних про споживання; і чи є процеси виробництва та споживання важливішими з погляду викидів парникових газів на урбанізованих територіях за структурні та контекстуальні компоненти.

Транспортний сектор

Автомобільний транспорт:

- ▶ Частка у міських викидах: 30-50%
- ▶ Застарілий автопарк (середній вік в Україні: 18-20 років)
- ▶ Низька частка електротранспорту (<1%)
- ▶ Заторові явища (збільшення викидів на 50-100% у пікові години)

Громадський транспорт:

- ▶ Дизельні автобуси та маршрутки
- ▶ Електротранспорт (трамваї, тролейбуси) – потенціал декарбонізації
- ▶ Метрополітен (відносно екологічний при "зеленій" електроенергії)

Житлово-комунальний сектор

Опалення будівель:

- ▶ 25-35% міських викидів
- ▶ Низька енергоефективність будівель (втрати тепла 40-60%)
- ▶ Централізоване опалення на природному газі або вугіллі
- ▶ Індивідуальне опалення (котли, печі)

Системи охолодження та кондиціонування:

- ▶ Зростання енергоспоживання влітку
- ▶ Витоки хладагентів* (F-гази з високим потенціалом глобального потепління)

*Хладагент (або холодоагент) — це робоча речовина в холодильних машинах, яка, переходячи з рідкого в газоподібний стан і назад, забирає тепло від одного об'єкта і віддає його іншому.

Енергопостачання міст

- ▶ Теплоелектроцентралі та котельні
- ▶ Втрати в мережах (15-25% в Україні)
- ▶ Структура генерації: вугілля (35-40%), газ (35-40%), атомна (20%), *ВДЕ (<5%)

*Йдеться про енергію сонця, вітру, води та біомаси, яку Україна використовує в рамках розвитку альтернативної енергетики.

Промислові підприємства в межах міст

- ▶ Локалізовані джерела великих викидів
- ▶ Технологічні процеси з прямими викидами CO₂
- ▶ Використання теплової та електричної енергії
- ▶ Викиди метану та інших парникових газів

Поводження з відходами

Полігони твердих побутових відходів

- ▶ Емісія метану при анаеробному розкладанні (CH_4 має потенціал потепління в 28 разів вищий за CO_2)
- ▶ Викиди при спалюванні відходів
- ▶ Відсутність систем збору біогазу на більшості українських полігонів

Стічні води:

- ▶ Викиди N_2O та CH_4 при очищенні
- ▶ Енергоспоживання очисних споруд

Землекористування та зелені зони

- ▶ Скорочення парків і лісопарків (зменшення поглинання CO₂)
- ▶ Заміна природних покриттів на штучні
- ▶ Втрата ґрунтового вуглецю при забудові
- ▶ Видалення дерев і рослинності

Соціально-економічні фактори

- ▶ Рівень доходів населення (впливає на споживання енергії)
- ▶ Культура енергоспоживання
- ▶ Демографічна структура
- ▶ Планування міста та щільність забудови
- ▶ Розвиток інфраструктури

4. Досвід ЄС щодо обліку парникових газів в техногенно навантажених урбоекосистемах

Міжурядовою групою експертів з питань зміни клімату було розроблено міжнародні протоколи щодо вимірювання викидів парникових газів. Національні системи обліку парникових газів ґрунтуються на точному списку критеріїв, розроблених цією групою. Проте запропонована методологія, яка була розроблена для систем національного рівня, не описує процедуру вимірювання викидів на рівні місцевої влади, отже викликає певні труднощі при впровадженні на рівні техногенно навантажених урбоекосистем. Однак розуміння важливості врахування парникових газів на міських територіях призвело до спроб розробити відповідні системи обліку викидів на рівні міста, серед яких слід виділити окремо, створений Асоціацією місцевих органів влади за сталий розвиток, рамковий документ – Міжнародний протокол аналізу викидів парникових газів для місцевих органів влади, якого дотримується більшість міських систем обліку викидів парникових газів у світі.

Міжнародний стандарт нещодавно набув чинності щодо визначення викидів парникових газів для міст та допомагає міській владі розрахувати кількість викидів парникових газів у межах своїх міст. Останнім часом великі виробництва та корпорації все краще розуміють важливість впливу своєї діяльності на стан навколишнього середовища, тому починають створювати власні системи обліку викидів парникових газів. Протокол з парникових газів 24 визначає механізм, за допомогою якого приватний бізнес може зробити свій внесок у зниження викидів парникових газів

5. Базовий кадастр викидів і основні джерела емісії CO₂ в місті

Базовий кадастр викидів визначає обсяг CO₂, який викидається у зв'язку із енергоспоживанням на території міста у базовому році. За рахунок базового кадастру визначають головні антропогенні джерела емісії CO₂ та, відповідно до їх особливостей, встановлюють головні заходи, спрямовані на зменшення викидів. Базовий кадастр викидів є основним інструментом, який дозволяє міським органам влади адекватно оцінювати ефективність власних заходів, спрямованих на боротьбу зі зміною клімату. Базовим роком оцінки поточного рівня викидів CO₂ беруть попередній рік або рік по якому є повна та достовірна інформації щодо споживання усіх видів енергоносіїв при відносно стабільній економіці міста після світової економічної кризи 2008 р.

Для розрахунку базового кадастру викидів має бути створена база споживання основних видів енергетичних ресурсів, яка включає найголовніші джерела емісії CO₂ від різних видів діяльності:

- ▶ у житловому секторі та бюджетній сфері – складається із викидів за рахунок спалення природного газу в житлових будинках, використання електроенергії та теплової енергії з централізованої системи тепlopостачання;
- ▶ в промисловості та сфері підприємницької діяльності – складається із викидів за рахунок спалення природного газу та використання електроенергії промисловими підприємствами та комерційними структурами.

Питання для підготовки до практичного заняття

- ▶ 1. Назвіть фактори, що найбільше впливають на викиди парникових газів на прикладі конкретної урбоекосистеми.
- ▶ 2. Яким чином впливає розбудова та функціонування урбоекосистеми на зміну клімату?
- ▶ 3. Якими чинниками зумовлюється динаміка викидів парникових газів в ЄС та в чому полягають відмінності для України?
- ▶ 4. Розкрийте сутність політики вимірювання викидів на прикладі міст ЄС та України.