

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Київський національний університет будівництва і архітектури

**ЗМЕНШЕННЯ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ  
ЯК МЕХАНІЗМ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ**

Методичні вказівки  
до виконання практичних занять з дисципліни  
для здобувачів першого (бакалаврського)  
рівня вищої освіти за спеціальністю Е2 «Екологія»

Київ 2025

УДК 504/502

З-69

Укладач Т. І. Кривомаз, д-р техн. наук, професор

Рецензент Л.О. Василенко, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск Т.М. Ткаченко, д-р техн. наук, професор

*Затверджено на засіданні кафедри технологій захисту навколишнього середовища та охорони праці, протокол № 1 від 28 серпня 2025 року.*

В авторській редакції

**Зменшення** вуглецевого сліду як механізм адаптації до змін клімату  
З-69 [електронний ресурс] : методичні вказівки до виконання практичних  
занять з дисципліни / уклад. Т.І. Кривомаз. – Київ : КНУБА, 2025. –  
24 с.

Містять методичні вказівки до виконання практичних занять з  
дисципліни «Зменшення вуглецевого сліду як механізм адаптації до  
змін клімату».

Призначено для здобувачів першого (бакалаврського) рівня  
вищої освіти за спеціальністю Е2 «Екологія», а також можуть  
використовувати здобувачі першого і другого рівня вищої освіти за  
спеціальністю G2 «Технології захисту навколишнього середовища».

© КНУБА, 2025



## Загальні положення

Будівельна галузь – один із найбільших споживачів енергії та джерел викидів парникових газів у світі. Вона відповідає за понад третину глобального енергоспоживання та викидів CO<sub>2</sub>, що пов'язано як із виробництвом будівельних матеріалів, так і з експлуатацією об'єктів нерухомості. У контексті загострення кліматичної кризи та зростаючих міжнародних зобов'язань щодо декарбонізації, трансформація будівельного сектору стає критично важливою.

Цей курс спрямований на формування у студентів системного бачення проблеми кліматичних змін у сфері будівництва та розуміння практичних інструментів для зниження вуглецевого сліду. Особлива увага приділяється комплексному підходу до проектування, будівництва та експлуатації будівель з урахуванням принципів сталого розвитку, енергоефективності, адаптації до кліматичних ризиків і міжнародних екологічних стандартів.

Мета дисципліни – надати системне розуміння принципів декарбонізації в будівельній галузі та методів зменшення вуглецевого сліду на всіх етапах життєвого циклу будівельних проєктів як ключового інструменту адаптації до змін клімату для досягнення цілей сталого розвитку.

В результаті проходження курсу здобувачі отримають не лише теоретичні знання, але й прикладні навички, які дозволять:

- оцінювати та зменшувати вуглецевий слід об'єктів нерухомості;
- проєктувати енергоефективні та низьковуглецеві будівлі;
- використовувати цифрові інструменти та підходи до життєвого циклу (LCA);
- орієнтуватися у політичних, правових та економічних аспектах декарбонізації;
- формувати дорожні карти сталого розвитку проєктів у контексті змін клімату.

Практичні заняття будуть корисними не тільки для здобувачів спеціальностей E2 «Екологія» та G2 «Технології захисту навколишнього середовища», але й для архітекторів, інженерів, забудовників, міських планувальників, а також фахівців, залучених до формування державної політики у сфері енергетики та клімату.

## ***Практичне заняття № 1***

### **Аналіз міжнародного кліматичного законодавства**

*Мета заняття:* Ознайомитись з основними міжнародно-правовими актами в галузі зміни клімату для формування навичок аналізу змісту, цілей, зобов'язань і механізмів контролю кліматичних угод.

*Матеріали для опрацювання:* Рамкова конвенція ООН про зміну клімату (1992), Паризька угода (2015), Кіотський протокол (1997), Європейський зелений курс (Green Deal, 2020), Механізм вуглецевого коригування імпорту (Carbon Border Adjustment Mechanism – CBAM, 2023), ISO 14000: Стандарти управління навколишнім середовищем, ISO 14064: Парникові гази, ISO 14067: Кількісне визначення викидів парникових газів, сайт UNFCCC, Директива про корпоративну звітність про сталий розвиток (Corporate Sustainability Reporting Directive – CSRD, 2021).

#### *Очікувані результати*

- Поглибити розуміння застосування міжнародних законодавчих документів у будівельній галузі.
- Навчитись визначити основні риси міжнародних кліматичних договорів.
- Виявити взаємозв'язок між міжнародними і національними зобов'язаннями.
- Розвинути системне та інженерне мислення в контексті декарбонізації будівельного сектору.
- Навчитись застосовувати положення міжнародного екологічного права у проектуванні та реконструкції об'єктів.
- Навчитись обґрунтовувати проектні рішення з екологічної та правової точок зору.
- Розвинути навички командної роботи, критичного мислення та екологічного лідерства.
- Розвинути навички аналітичного мислення та презентації результатів.

#### *Завдання для командної роботи*

1. Об'єднатись у невеликі групи для аналізу документів міжнародного кліматичного законодавства. За результатами заповнити таблицю 1.1.
2. Кожна група коротко презентує свій документ і намагається переконати учасників інших груп у важливості обраного документа та необхідності його імплементації в Україні. Інші групи виражають скептицизм і

намагаються навести аргументи, які можуть ускладнити процес реалізації.

3. Розробити інфографіку або плакат (вручну або цифровими засобами) для забудовника, який пояснює:

- чому дотримання Паризької угоди важливе для українських міст,
- як виглядає «вуглецево-нейтральний» житловий квартал,
- які міжнародні інструменти мають бути враховані.

4. Розподілитися на дві команди – послідовників та противників впровадження корпоративної звітності про сталий розвиток. З обґрунтованими аргументами та реальними фактами спробувати переконати протилежну команду у необхідності або недоцільності впроваджувати ESG-звітність.

*Таблиця 1.1*

#### **Аналізу документу міжнародного кліматичного законодавства**

№ пор.	Критерій	Відповідь
1	Назва документу	
2	Рік ухвалення	
3	Мета документа	
4	Основні принципи	
5	Зобов'язання держав	
6	Механізми контролю	
7	Роль України	

#### *Індивідуальне завдання*

1. Знайти, які міжнародні кліматичні закони вже працюють в Україні і пояснити, як саме це відбувається.
2. Пояснити, в чому різниця між кліматичними зобов'язаннями розвинених країн та інших.
3. Що таке NDC (національно визначені внески) і як вони впливають на проектні рішення?
4. Як охарактеризувати діяльність компанії на основі екологічних, соціальних та управлінських критеріїв?
5. Які цілі ООН зі сталого розвитку безпосередньо пов'язані з принципами зеленого будівництва?

#### *Питання для обговорення*

1. Яке з міжнародних зобов'язань виглядає найбільш важливим для будівельної галузі?
2. Як ЄС захищає свій ринок від товарів з високими викидами?

3. Як міжнародне кліматичне право впливає на сучасні будівельні стандарти?
4. Які інструменти правового регулювання допомагають знизити викиди в будівництві?
5. Як адаптувати практику енергоаудиту до вимог Паризької угоди?
6. Який виклик найскладніший для практичного впровадження?
7. Що можуть зробити молоді екологи будівельної галузі вже зараз?

## ***Практичне заняття № 2*** **Адаптація законодавчої бази України** **для зменшення вуглецевих викидів**

*Мета заняття:* Проаналізувати українське екологічне будівельне законодавство в контексті кліматичних зобов'язань для визначення норм, які потребують адаптації або імплементації згідно з міжнародними угодами.

*Матеріали для опрацювання:* Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (Закон про МЗВ, 2021), Закон №8433 «Про створення Державного фонду декарбонізації та енергоефективної трансформації» (2023), Міжнародна група експертів з питань зміни клімату (МГЕЗК), Міністерство захисту довкілля та природних ресурсів, Міністерство розвитку громад та територій України.

### *Очікувані результати*

- Розвиток навичок аналізу законодавчої бази України на відповідність міжнародним кліматичним вимогам.
- Навчитись виявити прогалини (gap-аналіз) у національному праві України щодо виконання міжнародних зобов'язань.
- Генерування ідей для трансформації будівельної галузі до кліматичних змін.
- Пропозиції низьковуглецевих рішень для побудованого середовища.
- Формулювання аргументованих пропозицій будівельним компаніям по впровадженню ESG-критеріїв в їх діяльність.

### *Завдання для командної роботи*

1. Сформувати групи для аналітичної справи «Діагностика законодавства». На сайті Міністерства розвитку громад та територій України знайти актуальні нормативні документи і проаналізувати їх на відповідність міжнародному кліматичному законодавству за принципом світлофору: зелений – повна відповідність, жовтий – потрібні доопрацювання,

червоний – потребує кардинального оновлення. За результатами аналізу заповнити таблицю 2.1. Зробити коротку доповідь з обґрунтуванням аналізу і пропозицій.

Таблиця 2.1

**Аналіз будівельних норм України на відповідність міжнародним кліматичним вимогам**

№ пор.	Документ	Відповідність	Рекомендовані доповнення
1		□	
2		□	
3		●	
...			

2. Уявіть, що ваша група – це експертна рада при Мінінфраструктури, яка розробляє положення Будівельного кодексу 2030 з урахуванням кліматичних зобов’язань України за Паризькою угодою. Запропонуйте 3 нові законодавчі норми, які допоможуть: скоротити викиди CO<sub>2</sub> у будівельному секторі, адаптувати галузь до СВМ, забезпечити ESG-звітність забудовників. Кожну пропозицію обґрунтуйте екологічно, економічно, технічно. Представте результати у вигляді презентації або постеру «3 зміни, що наблизять Україну до кліматичної нейтральності у містобудуванні».

3. Уявіть, що ваша група – це команда інженерів-екологів, які працюють над проектом «Конструктори сталого майбутнього». Розробіть концепцію «Ідеальне місто 2040 року», яке живе за оновленими законодавчими нормами. Оберіть 3 проектних рішення, які допоможуть знизити викиди CO<sub>2</sub> (наприклад: дахові сонячні панелі, водозберігаючі технології, біоматеріали тощо). Кожен проєкт поясніть з точки зору зменшення вуглецевих викидів, правового обґрунтування, технічної реалізації.

*Індивідуальне завдання*

1. Опишіть шляхи реалізації міжнародних кліматичних угод.
2. Наведіть приклади способів мінімізації вуглецевого сліду у будівельних проєктах.
3. Знайдіть реальні приклади будівель, сертифікованих за стандартами зеленого будівництва.
4. Охарактеризуйте ключові зміни у проєктуванні будівель.
5. Порівняйте ефективність низьковуглецевих технологій будівництва.

### *Питання для обговорення*

1. Які українські норми вже відповідають вимогам Паризької угоди?
2. Як впливає СВAM на імпорт товарів до ЄС?
3. Які зобов'язання має Україна за Рамковою конвенцією ООН про зміну клімату (UNFCCC)?
4. Яким має бути еколог будівельної галузі в умовах «зеленої трансформації»?
5. Які головні тенденції розвитку будівельної галузі в Україні?
6. Які перспективи розвитку ESG в Україні?

### ***Практичне заняття № 3***

#### **Методи моніторингу вуглецевих викидів**

*Мета заняття:* Ознайомити з поняттями повного вуглецевого циклу будівництва, операційного та втіленого вуглецю. Навчити користуватись сучасними цифровими інструментами для оцінки вуглецевого сліду. Розвинути здатність оцінювати викиди на різних етапах життєвого циклу об'єкта.

*Матеріали для опрацювання:* Закон України «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів» (Закон про МЗВ, 2021), Постанова КМУ №880 «Перелік видів діяльності, викиди парникових газів в результаті провадження яких підлягають моніторингу, звітності та верифікації», Постанова КМУ №959 «Порядок верифікації звіту оператора про викиди парникових газів», Постанова КМУ №614 «Методичні рекомендації щодо процедури складання звіту уповноваженого органу» та «Методичні рекомендації щодо процедури складання та подання звіту оператора», Постанова КМУ №960 «Порядок здійснення моніторингу та звітності (ПМЗ) щодо викидів парникових газів», «Загальні рекомендації з ПМЗ», «Загальні рекомендації з дотримання вимог до моніторингу та звітності щодо викидів парникових газів», «Єдиний реєстр з моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів», Наказ Міндовкілля №113 від 15.02.21 «Вимоги до заповнення типової форми звіту про вдосконалення».

#### *Очікувані результати*

- Знайомство з процедурою моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів згідно українському законодавству.
- Вміння визначати сутність постанов та ДСТУ для їх практичного

використання в роботі.

- Розуміння проблем і мотивацій кожного з учасників процесу виконання нормативних вимог системи МЗВ.
- Аналіз помилок для вдосконалення процесу моніторингу парникових газів.
- Рекомендації щодо вдосконалення процесу верифікації та усунення невідповідностей в покроковій системі звітності.

#### *Завдання для командної роботи*

1. Розподіліть між собою ролі сторін задіяних у процесі моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів: 1) Міндовкілля, 2) Національне агентство з акредитації України, 3) оператори, 4) верифікатори, 5) громадськість та інші користувачі верифікованого звіту про викиди. Здійсніть взаємодію згідно вибраним ролям (рис.1.).

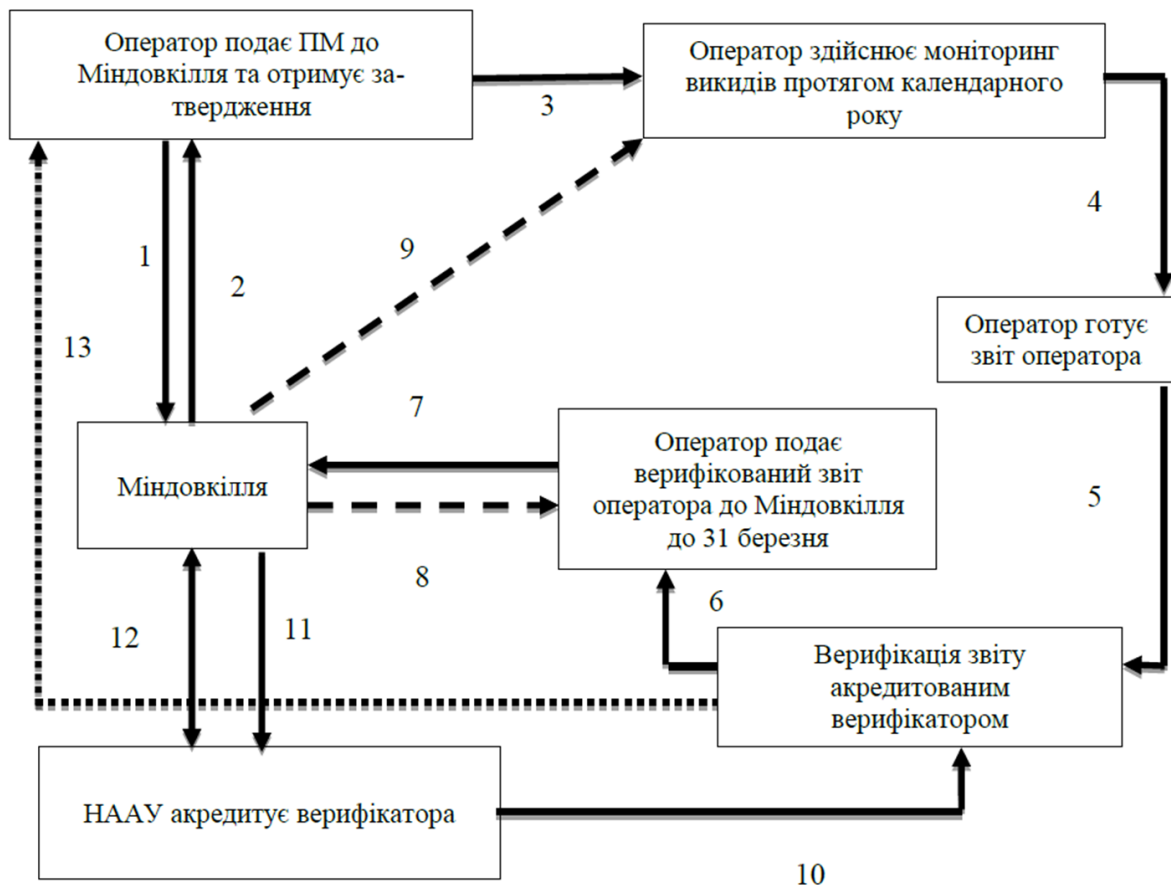


Рис. 1. Цикл дотримання нормативних вимог системи МЗВ та ролі задіяних сторін

2. Проаналізуйте процес верифікації викидів парникових газів, виходячи з досвіду ролей в попередньому завданні (рис. 2). Внаслідок стратегічного аналізу ризиків та викривлень всіх етапів розробити рекомендації щодо вдосконалення для усунення невідповідностей процесу верифікації.

Результати представити у вигляді звітів, доповідей, презентацій, або у іншому наочному форматі для обговорення.



Рис. 2. Кроки процесу верифікації

#### *Індивідуальне завдання*

1. Дослідити механізм функціонування нормативно-правової бази з питань верифікації звіту оператора (рис. 3).
2. Ознайомитись з ДСТУ ISO 14064-1:2015 Парникові гази. Частина 1. Вимоги та настанови щодо кількісного визначення і звітності про викиди та видалення парникових газів на рівні організації (ISO 14064-1:2006, IDT).
3. Ознайомитись з ДСТУ ISO 14064-3:2015 Парникові гази. Частина 3. Вимоги та настанови з валідації та верифікації тверджень щодо парникових газів (ISO 14064-3:2006, IDT).

4. Ознайомитись з ДСТУ ISO 14065:2015 «Парникові гази. Вимоги до органів з валідації та верифікації тверджень щодо парникових газів для їх застосування у разі акредитації чи інших форм визнання».
5. Ознайомитись з ISO 14066:2011 «Парникові гази. Вимоги до компетентності груп з валідації та верифікації парникових газів».
6. Опишіть процедуру інвентаризації парникових газів.

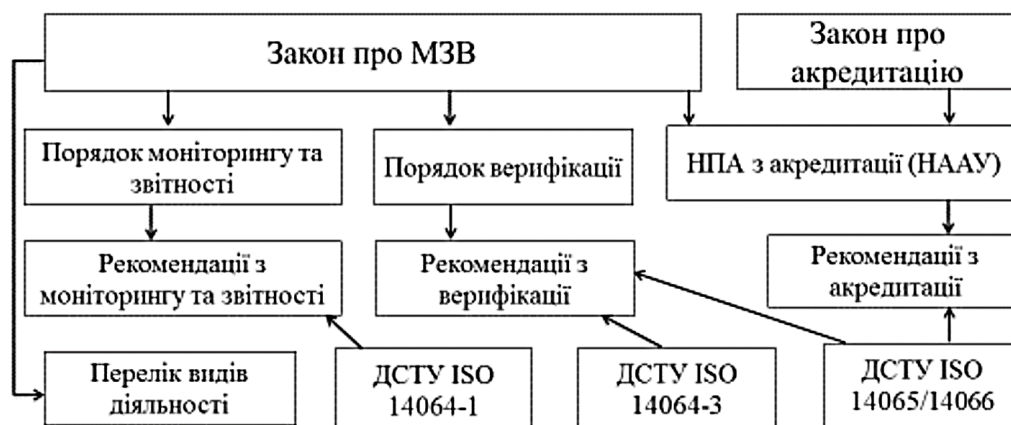


Рис. 3. Схема функціонування нормативно-правової бази з питань верифікації звіту оператора

#### *Питання для обговорення*

1. Які підприємства підпадають під дію Закону про МЗВ і чому?
2. Чи варто очікувати розширення сфери дії Закону про МЗВ на інші підприємства?
3. Яких стейкхолдерів охоплює процес моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів і чому?
4. Чи погоджуєтесь ви з вимогами, яким має відповідати верифікатор?
5. Чому ДСТУ про парникові гази розроблено на основі ISO і яких саме?

#### ***Практичне заняття № 4***

#### **Кліматичні сценарії для побудованого середовища**

*Мета:* Розвинути навички аналізу кліматичних даних, розуміння впливу урбанізації на клімат та здатність до моделювання сценаріїв зміни клімату на рівні міста з використанням відкритих цифрових інструментів.

*Матеріали для опрацювання:* онлайн-інструменти для моделювання та аналізу кліматичних змін – IPCC Climate Data Viewer (<https://interactive-atlas.ipcc.ch/>), Climate Risk Map by ND-GAIN (<https://gain.nd.edu/our-work/country-index/rankings/>), European Climate Data Portal (<https://climate.copernicus.eu/climate-data-store>), EU Climate Adaptation

Platform (<https://climate-adapt.eea.europa.eu/en>), Carbon Footprint Calculator for Buildings (<https://oneclicklca.com/>), Construction Carbon Calculator (<https://buildingtransparency.org/>).

#### *Очікувані результати*

- Знання про основні сценарії зміни клімату (RCP, SSP).
- Вміння виділити типові кліматичні ризики для міського середовища.
- Опанування принципів адаптації побудованого середовища до зміни клімату.
- Навичка роботи з відкритими кліматичними даними та сервісами для моделювання кліматичних змін.
- Визначення ключових кліматичних факторів для конкретних об'єктів.
- Уміння будувати простий кліматичний сценарій для міст.
- застосування методу «ризик → захід адаптації» для різних типів будівель та інфраструктури.
- Групова взаємодія в процесі розробки адаптаційних стратегій.
- Аргументований вибір інженерно-екологічних рішень з огляду на економічні, екологічні та соціальні чинники.
- Формулювання висновків у вигляді таблиці, карт, інфографіки чи презентації.

#### *Завдання для командної роботи*

1. Оцініть ймовірність кліматичних ризиків для урбанізованого середовища.
  - Перегрів житлових та офісних приміщень улітку → зростання енергоспоживання на кондиціонування.
  - Прискорене старіння фасадних матеріалів через перепади температур і вологість.
  - Пошкодження покрівель та вікон через шквальні вітри.
  - Перевантаження дренажних систем під час злив → підтоплення вулиць і метро.
  - Деформація асфальту від спеки.
  - Ризик пошкодження інженерних мереж під час підтоплень.
  - «Острів тепла» у центрі міста.
  - Зниження комфорту перебування в громадських просторах улітку.
  - Погіршення якості повітря через смог у спекотні дні.
2. Ознайомтесь з умовним кліматичним сценарієм розвитку Києва до 2050 року, який описує кліматичні ризики та шляхи адаптації до нових умов:
  - Середньорічна температура: підвищення на +1,5–2,0 °C порівняно з 2000 р.

- Літні хвилі спеки: до 20–25 днів на рік з температурами вище +35 °С.
  - Зима: скорочення тривалості снігового покриву на 20–30 днів; збільшення зимових відлиг.
  - Опادي: зростання річних опадів на 5–10 %, але з нерівномірним розподілом – більше інтенсивних злив.
  - Екстремальні явища: ризик локальних повеней у низинних районах, сильні вітри, підвищення частоти бур.
3. Розподіліться на 3 групи та оберіть для розробки один із сценаріїв кліматичного розвитку міста: 1) сценарій інерції – урбанізація без змін; Smart City з низькокарбоновою інфраструктурою; 3) зелене будівництво з локальним виробництвом енергії. За обраним сценарієм спрогнозуйте:
- умови життя в місті через 20 років (2025 → 2045);
  - зміни викидів CO<sub>2</sub> у порівнянні з теперішнім рівнем у вигляді графіка або схеми;
  - можливі наслідки для здоров'я населення.
4. Оцініть ефективність адаптаційних заходів до кліматичних змін:
- Пасивні рішення: зелені дахи, фасади з вертикальним озелененням, використання світловідбивних матеріалів.
  - Енергоефективність: теплоізоляція, сонцезахисні системи, системи природної вентиляції.
  - Децентралізовані енергосистеми: сонячні панелі, теплові насоси.
  - Розширення та модернізація системи зливової каналізації.
  - Розвиток «синьо-зеленої інфраструктури»: дощові сади, біоінженерні канами, водопроникних покриттів.
  - Масове озеленення: створення нових парків, збільшення кількості дерев у дворах та вздовж вулиць, формування «коридорів прохолоди».
  - Розвиток громадських просторів із тіншовими навісами, фонтанами, системами охолодження.
5. Розробіть плакат або інфографіку на тему «Місто майбутнього під впливом кліматичних змін».

#### *Індивідуальне завдання*

1. Визначити основні джерела даних для моделювання наслідків кліматичних змін.
2. Розглянути приклади кліматичних сценаріїв розвитку подій: RCP (Representative Concentration Pathways) та SSP (Shared Socioeconomic Pathways).
3. За допомогою онлайн-платформ створіть карту кліматичних ризиків

для вашого рідного міста у вигляді схеми або таблиці з прогнозом температури до 2050 року та очікуваною частотою екстремальних погодних явищ.

4. Поясніть, які фактори становлять найбільший ризик (наприклад: спека, посуха, повені) і як це впливає на ваше місто?
5. Як досягти зниження енергоспоживання на внутрішнє охолодження будівель?
6. Яким чином зменшити підтоплення під час злив?

#### *Питання для обговорення*

1. Які кліматичні зміни очікують Україну?
2. Що найбільше вражає в кліматичних сценаріях?
3. Які кліматичні ризики характерні для будівель?
4. Яку кліматичну інформацію враховують в будівельних проектах?
5. Як нова кліматична реальність змінює проектування будівель?
6. Як зростання темпів урбанізації вплине на мікроклімат міст?
7. Чи зменшить кліматичні ризики впровадження концепцій «Smart City» та «20-хвилинне місто»?

### **Практичне заняття № 5** **Калькуляція вуглецевих викидів**

*Мета заняття:* Ознайомитись з методами і засобами розрахунку вуглецевих викидів на різних етапах будівництва.

*Матеріали для опрацювання:* Carbon Footprint Calculator for Buildings (<https://oneclicklca.com/>), Construction Carbon Calculator (<https://buildingtransparency.org/>), Global Footprint Network (<https://www.footprintnetwork.org/>), RICS Whole Life Carbon Assessment (<https://www.rics.org/>), Building Transparency EC3 (<https://www.buildingtransparency.org/>).

#### *Очікувані результати*

- Опанування методів розрахунку вуглецевих викидів на різних етапах будівництва.
- Складання та аналіз ESG-звітів.
- Вміння користуватись інструментами калькуляції вуглецю.
- Навички аналізу життєвого циклу будівельного об'єкта.
- Підготовка до участі в екологічному аудиті будівельних проектів.

### *Завдання для командної роботи*

1. Ознайомтесь зі схемою повного вуглецевого циклу стадій будівництва та відповідними джерелами викидів. Розподіліться на три команди і оберіть по одному об'єкту будівництва на кожну команду: житлова чи офісна будівля, промислове підприємство, учбовий заклад, торгівельний центр, тощо. Проаналізуйте джерела викидів для кожного етапу для кожного етапу життєвого циклу обраного об'єкту і заповніть табл. 5.1.

*Таблиця 5.1*

#### **Приклади джерел викидів для кожного етапу будівництва**

№ пор.	Етапи	Процеси	Джерела викидів
1	A1–A3	Матеріали	
2	A4–A5	Логістика	
3	B1–B7	Експлуатація	
4	C1–C4	Утилізація	
5	D	Переробка	

2. Оберіть по одному будівельному матеріалу на кожну з команд (бетон, сталь, скло, тощо). Знайдіть екологічні декларації продукції (EPD) для цих матеріалів і визначте CO<sub>2</sub> -еквівалент для кожного матеріалу.

3. Оцініть вплив вибору матеріалу на загальний вуглецевий слід будівельного проекту. Наприклад: візьміть два варіанти фасаду скляний та дерев'яний, розрахуйте втілений вуглець для кожного, порівняйте результати та зробіть висновки.

4. Розподіліться на команди і знайдіть реальні ESG-звіти будівельних компаній, сільськогосподарських та промислових підприємств. Проаналізуйте по одному звіту підприємства різних видів діяльності для кожної команди. Визначте найбільше джерело викидів і запропонуйте заходи по їх зменшенню.

5. Сформулювати план дій для зниження викидів у будівельному проекті. Визначте заходи для скорочення Score 1, 2, 3, враховуючи енергоефективність, матеріали, логістику, тощо. Складіть список заходів з коротким обґрунтуванням для стратегії декарбонізації.

#### *Індивідуальне завдання*

1. Дізнайтеся про вуглецевий слід цифрових технологій: відеозв'язок, е-мейл, коротке повідомлення, запит у штучного інтелекту. Перерахуйте кожну з цих дій у CO<sub>2</sub> еквівалент. Порівняйте з вуглецевими викидами

різних видів транспорту. Зробіть висновки і запропонуйте заходи оптимізації цифрової активності для зниження викидів у довкілля.

2. Розробіть заходи по зниженню викидів експлуатаційного вуглецю для вашого будинку.

3. Знайдіть екологічні декларації продукції (Environmental Product Declaration – EPD) для будівельних матеріалів і визначте матеріал з найбільшим вмістом втіленого вуглецю.

4. Ознайомтесь зі звітом Всесвітньої ради зеленого будівництва про втілений вуглець і зробіть висновки: WorldGBC's Bringing Embodied Carbon Upfront

([https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC\\_Bringing\\_Embodied\\_Carbon\\_Upfront.pdf](https://www.worldgbc.org/sites/default/files/WorldGBC_Bringing_Embodied_Carbon_Upfront.pdf)).

5. Ознайомтесь з оцінкою вуглецю протягом життєвого циклу Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS – <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/news/whole-life-carbon-assessment-for-the--built-environment-november-2017.pdf>) і зробіть висновки.

#### *Питання для обговорення*

1. Охарактеризуйте вуглецевий цикл будівлі за його основними етапами: A1–A5 (виробництво й будівництво), B1–B7 (експлуатація), C1–C4 (знесення), D (повторне використання).
2. Які проблеми виникають з визначенням Scopes 1, 2, 3 згідно Протоколу GHG для будівельних компаній?
3. Дайте визначення CO<sub>2</sub>-еквіваленту і наведіть приклади його використання.
4. Наведіть приклади втіленого вуглецю, пов'язані з виробництвом, транспортуванням і монтажем матеріалів.
5. Наскільки доцільно і в яких випадках слід вдаватись до компенсацій вуглецевих викидів?

## Список рекомендованих джерел

### *Методична література*

1. Зменшення вуглецевого сліду як механізм адаптації до змін клімату: методичні вказівки до виконання тестових завдань з дисципліни «Зменшення вуглецевого сліду як механізм адаптації до змін клімату» / уклад.: Кривомаз Т.І., Циба А.М., Гамоцький Р.О., Ільченко І.С. – Київ: КНУБА, 2024. – 24 с.

2. Екологічне управління та планування у зеленому будівництві: методичні вказівки до виконання тестових завдань з дисципліни «Екологічне управління та планування у зеленому будівництві» / уклад.: Кривомаз Т.І., Циба А.М., Гамоцький Р.О., Ільченко І.С. – Київ: КНУБА, 2024. – 28 с.

3. Розробка будівельних проєктів в узгодженні з категоріями стійкості зеленого будівництва: методичні вказівки до виконання тестових завдань з дисципліни «Розробка будівельних проєктів в узгодженні з категоріями стійкості зеленого будівництва» / уклад.: Кривомаз Т.І., Циба А.М., Гамоцький Р.О., Ільченко І.С. – Київ: КНУБА, 2024. – 27 с.

4. Зелене будівництво: методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Екологія» / уклад.: Кривомаз Т.І., Варавін Д.В., Савченко А.М. – Київ: КНУБА, 2021. – 32 с.

5. Опрацювання результатів наукових досліджень: методичні вказівки до виконання практичних занять з дисципліни «Опрацювання та гіпотеза за результатами наукових досліджень» / уклад.: Кривомаз Т.І., Ткаченко Т.М., Василенко Л.О., Березницька Ю.О. – Київ: КНУБА, 2021. – 24 с.

### *Посібники і підручники*

1. A Framework for the Future of Real Estate / Ulbrich C., van Oostrom C. (2021) World Economic Forum

2. Construction Engineering & Management: The Decarbonization Update Kaminsky J. 2021–2023 Open-access Digital edition [https://heterogeneous-engineering.org/open-access-textbook/?utm\\_source=chatgpt.com](https://heterogeneous-engineering.org/open-access-textbook/?utm_source=chatgpt.com)

3. Green Building Principles: The Action Plan for Net-Zero Carbon Buildings / Ulbrich C., van Oostrom C. (2021) World Economic Forum

4. Guide to Climate Change Adaptation in Cities – The International Bank for Reconstruction and Development, 2011 – 100 p.

5. Екологічна сертифікація та маркування товарів і послуг Методичний довідник Берзіна С.В. – 2017. – 114 с.

6. Зміни клімату та декарбонізація промислового сектору: підручник для здобувачів ступеня бакалавра за усіма спеціальностями (окрім 101 Екологія) / О. Я. Тверда, К. К. Ткачук, О. О. Вовк, О. В. Кофанова, О. Є. Кофанов. –Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2024. – 149 с.

7. Посібник з вуличного дизайну м. Києва. – Режим доступу: <https://www.slideshare.net/Mistosite/1-65887999>

### ***Статті***

8. Кривомаз, Т., Гамоцький, Р., & Циба, А. (2025). Стратегії диверсифікації ризиків енергозабезпечення багатоповерхових житлових будівель в умовах війни. Екологічна безпека та природокористування, 53(1), 7–21.

9. Кривомаз, Т., Ільченко, І., Циба, А., Гамоцький, Р., & Гетьман, Є. (2024). Дослідження етапів розвитку інклюзивності побудованого середовища в Україні. Екологічна безпека та природокористування, 50(2), 6–18. <https://doi.org/10.32347/2411-4049.2024.2.6-18>

10. Кривомаз, Т., Чалий, І., Гамоцький, Р., Ільченко, І., & Циба, А. (2023). Критерії ESG у зеленій відбудові України. Екологічна безпека та природокористування, 48(4), 5–20.

11. Кривомаз, Т., & Гамоцький, Р. (2024). Диверсифікація енергетичних ризиків житлових багатоповерхових будівель за допомогою альтернативних джерел енергії. Наука та будівництво, 38(4), С.64-71.

12. Кривомаз Т.І. Рослини для біофільного дизайну в зеленому будівництві / Т.І. Кривомаз, О.В. Тищенко, І.Е. Сулейманов // Теорія та практика дизайну. Садово-паркове господарство. - 2022. – №1. Вип. 25. – С. 236-248.

13. Кривомаз Т.І. Зниження впливу будівельної галузі на кліматичні зміни шляхом впровадження принципів зеленого будівництва / Т.І. Кривомаз, А.М. Савченко // Екологічна безпека та природокористування. – 2021. – № 37 (1). – С. 55-68.

14. Кривомаз Т.І., Варавін Д.В., Сіпаков Р.В., Кузьмішина Р.С. Оцінка впливу систем вентиляції на мікробіологічну безпеку та мікрокліматичні умови приміщень // Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. – 2021. – 12. – С.21-32.

15. Кривомаз Т.І., Карпенко Н.С. Зелені стандарти для покращення офісної діяльності в нових умовах // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – 34(2) – С. 5-21.

16. Кривомаз Т. І., Варавін Д. В. Шляхи підвищення екобезпеки

урбанізованого середовища у зв'язку з пандемією COVID-19 // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – 36 – С. 41-55.

17. Kryvomaz T., Tsyba A., Hamotskyi R. Opportunities for the Ukrainian construction business in the european green course // in monograph «European Green Dimensions: Fundamental, Applied, and Industrial Aspects» – Mykolaiv: PMBSNU – Bristol: UWE, 2025, 304 p. Editors prof. Olena Mitryasova, prof. Chad Staddon. – P. 119-130.

18. Kryvomaz T., Varavin D. Applying of green building standards for implementation of the city development strategies in Kyiv // USEFUL online journal. 2019. м vol. 3, (1) – P.16-30.

19. Kryvomaz T., Varavin D. Improving the level of environmental safety in the process of the ecoenergoefficient reconstruction of the housing stock in Kiev // USEFUL online journal. – 2017. - 1(2) - P.19-29.

20. Kryvomaz T., Chmielewska J., Kanashchuk T. The prospects of green building developing in ukraine on example of Poland // Екологічна безпека та природокористування. – 2020. – 36 – С.20-31.

21. Kryvomaz T.I., Michaud A., Varavin D.V., Perebynos A.R. French green building rating systems // Екологічна безпека та природокористування. – 2018. - Том 27, № 3. – С. 40-48.

22. Kryvomaz T.I., Scudu I., Leonard D., Minter D. Green building BREEAM in Ukraine / Екологічна безпека та природокористування. – 2019. – Вип. 1 (29). – С. 5-15.

#### ***Нормативна база***

23. Закон України № 2059-VIII «Про оцінку впливу на довкілля». Набрав чинності 18.12.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2059-19>

24. Закон України № 2354-VIII «Про стратегічну екологічну оцінку». Набрав чинності 12.10.2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2354-19>

25. Закон України № 2697-VIII «Про Основні засади (стратегію) державної екологічної політики України на період до 2030 року». Набрав чинності 01.01.2020. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/2697-19>

26. Закон України № 377-IX «Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів». Набрав чинності 01.01.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/377-20>

27. Закон України № 562-VIII «Про ратифікацію Протоколу про стратегічну екологічну оцінку до Конвенції про оцінку впливу на навколишнє середовище у транскордонному контексті». Набрав чинності 16.07.2015. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/562-19>

28. Закон України № 8433 «Про Державний фонд декарбонізації та енергоефективної трансформації». Набрав чинності 03.05.2023. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/go/8433>
29. EN 15978:2011. Sustainability of construction works – Assessment of environmental performance of buildings. Brussels: CEN, 2011.
30. European Commission. European Sustainability Reporting Standards (ESRS). Commission Delegated Regulation (EU) 2023/2772. Official Journal of the EU, 16 Nov 2023.
31. ISO 10002:2018. Quality management – Customer satisfaction. Geneva: ISO, 2018.
32. ISO 14001:2015 / ДСТУ ISO 14001:2015. Environmental management systems. Geneva: ISO, 2015.
33. ISO 14004:2016. Environmental management systems – General guidelines on implementation. Geneva: ISO, 2016.
34. ISO 14040:2006. Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework. Geneva: ISO, 2006.
35. ISO 14050:2016. Environmental management – Vocabulary. Geneva: ISO, 2016.
36. ISO 14051:2015. Environmental management – Material flow cost accounting. Geneva: ISO, 2015.
37. ISO 14064-1:2020. Greenhouse gases – Part 1: Specification with guidance at the organization level. Geneva: ISO, 2020.
38. ISO 14064-2:2019. Greenhouse gases – Part 2: Specification at the project level. Geneva: ISO, 2019.
39. ISO 14065:2020. Greenhouse gases – Requirements for greenhouse gas validation and verification bodies. Geneva: ISO, 2020.
40. ISO 14067:2018. Greenhouse gases – Carbon footprint of products. Geneva: ISO, 2018.
41. ISO 14090:2019. Adaptation to climate change – Principles, requirements and guidelines. Geneva: ISO, 2019.
42. ISO 21931-1:2019. Sustainability in buildings and civil engineering works – Framework for methods of assessment. Geneva: ISO, 2019.
43. ISO 26000:2010 / ДСТУ ISO 26000:2012. Guidance on social responsibility. Geneva: ISO, 2010.
44. ISO 45001:2018 / ДСТУ ISO 45001:2019. Occupational health and safety management systems. Geneva: ISO, 2018.
45. ISO 50001:2020 / ДСТУ ISO 50001:2020. Energy management

systems. Geneva: ISO, 2020.

46. ISO 9001:2015. Quality management systems – Requirements. Geneva: ISO, 2015.

47. ISO/TR 14062:2006. Environmental management – Integrating environmental aspects into product design and development. Geneva: ISO, 2006.

48. ISO/TS 14033:2016. Environmental management – Quantitative environmental information – Guide and examples. Geneva: ISO, 2016.

### ***Інформаційні ресурси***

49. Вуглецевий реєстр (carbon registry) ISO [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.carbonregistry.com](http://www.carbonregistry.com)

50. Еколанцюг Мебіуса [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecochain.com/mobius/>

51. Калькулятор втіленого вуглецю в будівництві Embodied Carbon in Construction Calculator (EC3) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.buildingtransparency.org/>

52. Цілі сталого розвитку (ЦСР) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://sdg.ukrstat.gov.ua/uk/>

53. Built Environment Carbon Database (BECD) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.becd.co.uk](http://www.becd.co.uk)

54. BRE Academy [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bre.ac>.

55. Building Research Establishment (BRE) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.bregroup.com>.

56. Building Research Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM) [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.breeam.com>.

57. C40 Cities [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [www.c40.org](http://www.c40.org).

58. CalcTree [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.calctree.com/>

59. CEEQUAL [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.ceequal.com>.

60. Climate Change Performance Index [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.climate-changeperformance-index.org>.

61. Copernicus Climate Change Service [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://climate.copernicus.eu>

62. Ecochain Helix [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ecochain.com/helix/>

63. Eco-Management and Audit Scheme (EMAS) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.ec.europa.eu/environment/emas/index\\_en.htm](http://www.ec.europa.eu/environment/emas/index_en.htm).
64. Global Environment Facility [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.thegef.org](http://www.thegef.org)
65. Global Footprint Network [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.footprintnetwork.org/>
66. Helix [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecochain.com/helix/>
67. International Labour Organisation (ILO) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.ilo.org](http://www.ilo.org).
68. International Renewable Energy Agency (IRENA) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.irena.org](http://www.irena.org).
69. IPCC – Intergovernmental Panel on Climate Change [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.ipcc.ch>.
70. Mobius [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://ecochain.com/mobius/>
71. One Click LCA - The sustainability platform for construction & manufacturing [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://oneclicklca.com/>
72. Recommendations of the Task Force on Climate-related Financial Disclosures. Final Report [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.fsb-tcfd.org](http://www.fsb-tcfd.org).
73. Royal Institution of Chartered Surveyors (RICS) Whole Life Carbon Assessment (2017) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.rics.org/globalassets/rics-website/media/news/whole-life-carbon-assessment-for-the--built-environment-november-2017.pdf>
74. The International EPD System <https://www.environdec.com/home>
75. The Leadership in Energy & Environmental Design (LEED) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.usgbc.org/leed>
76. UN's Sustainable Development Goals (SDGs) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals](http://www.un.org/sustainabledevelopment/sustainable-development-goals).
77. Women4Climate [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.c40.org/press\\_releases/press-release-women4climate-why-women-are-critical-in-efforts-to-save-our-planet](http://www.c40.org/press_releases/press-release-women4climate-why-women-are-critical-in-efforts-to-save-our-planet).
78. World Green Building Council (WGBC) [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://worldgbc.org>

Навчально-методичне видання

## **ЗМЕНШЕННЯ ВУГЛЕЦЕВОГО СЛІДУ ЯК МЕХАНІЗМ АДАПТАЦІЇ ДО ЗМІН КЛІМАТУ**

Методичні вказівки  
до виконання практичних занять з дисципліни  
для здобувачів першого (бакалаврського)  
рівня вищої освіти за спеціальністю Е2 «Екологія»

Укладач **Кривомаз** Тетяна Іванівна

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк.1,39. Обл.-вид. арк. 1,5  
Електронний документ. Вид № 125/V-25

Виконавець і виготовлювач

Київський національний університет будівництва і архітектури  
Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів  
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.