

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

**СТРАТЕГІЇ ПОМ'ЯКШЕННЯ
НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ
І АДАПТАЦІЇ ДО НЕЇ
ДЛЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ**

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для здобувачів другого (магістерського) рівня
вищої освіти спеціальностей 101 «Екологія»,
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Київ 2025

УДК 551:69

C83

Укладачі: Л. О. Василенко, канд. техн. наук, доцентка;
Т. М. Ткаченко, д-р техн. наук, професорка;
М. В. Кравченко, д-р техн. наук, професорка;
С. В. Федоренко, канд. техн. наук, доцент

Рецензентка Т. О. Негрій, канд. техн. наук, доцентка

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

*Затверджено на засіданні кафедри технологій захисту
навколишнього середовища та охорони праці, протокол №8 від 21 січня
2025 року*

В авторській редакції.

Стратегії пом'якшення наслідків зміни клімату і адаптації до неї
C83 для будівельної галузі України [Електронний ресурс]: методичні вказівки
до виконання практичних робіт / уклад.: Л. О. Василенко та ін. – Київ :
КНУБА, 2025. – 24 с.

Містить практичні роботи і розв'язання до них, теоретичні
відомості, основні поняття, список рекомендованої літератури.

Призначено для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої
освіти спеціальностей 101 «Екологія», 183 «Технології захисту
навколишнього середовища».

©КНУБА, 2025

ЗМІСТ

Загальні положення.....	4
Практична робота № 1. Аналіз вразливості міста до кліматичних змін...	6
Практична робота № 2. Розробка концепції енергоефективного будинку.....	12
Практична робота № 3. Оцінка впливу підвищення температури на енергоспоживання.....	17
Практична робота № 4. Моделювання температурних змін в міському середовищі.....	19
Практична робота №5. Розрахунок вуглецевого сліду при впровадженні кругової економіки в будівництві.....	21
Список літератури.....	24

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Навколишнє середовище перебуває під значним впливом різних чинників, серед яких розвиток виробництва, використання техніки, діяльність промисловості, транспорту та будівництва відіграють ключову роль. Вплив техногенних факторів створює виклики для природних екосистем, змінюючи їх баланс. Водночас пом'якшення негативних наслідків, зокрема шляхом впровадження екологічно чистих технологій та адаптації до змін клімату, відкриває можливості для сталого розвитку та збереження біосфери для майбутніх поколінь.

Завдання спрямовані на розвиток аналітичного мислення, вміння оцінювати кліматичні ризики та розробляти ефективні рішення для міського середовища.

Основна мета – навчити студентів оцінювати вплив змін клімату на міські системи, такі як водні ресурси, температурний режим та енергоспоживання, використовуючи математичні розрахунки, моделі та прогнозування.

Зміни клімату є глобальним викликом, який вимагає адаптації на всіх рівнях – від міжнародних стратегій до місцевих дій. Міста найбільше відчувають вплив цих змін через підвищення температури, зміну режиму опадів, посилення екстремальних погодних явищ і зростання навантаження на інфраструктуру. Вивчення впливу кліматичних змін є ключовим для забезпечення стійкого розвитку міських територій.

Після виконання завдань студенти повинні:

- Оволодіти методами аналізу кліматичних даних та прогнозування змін.
- Засвоїти основи моделювання кліматичних впливів на міські системи.
- Навчитися оцінювати ризики, пов'язані з підвищенням температури, збільшенням опадів та іншими змінами.
- Розробляти практичні рекомендації для адаптації міста до змін клімату.

Аналіз вихідних даних. Використовуйте актуальну інформацію про кліматичні умови, яку можна отримати з наукових джерел або з урахуванням заданих сценаріїв. Це забезпечить об'єктивність і точність ваших розрахунків.

Математичні розрахунки. Дотримуйтеся заданих формул і умов задачі, щоб отримані результати були максимально точними й відповідали вихідним даним.

Обґрунтовані висновки. Результати розрахунків слід пояснити, аргументуючи, як кліматичні зміни впливають на міські системи, і чому запропоновані адаптаційні заходи є доцільними.

Візуалізація даних. Для наочності використовуйте графіки, таблиці або схеми, які допоможуть чітко показати залежності, результати моделювання та основні висновки. Це спростить сприйняття матеріалу і покращить його розуміння.

Завдання будуть оцінюватися за такими критеріями:

- *Точність розрахунків.* Коректність застосування формул та математичних залежностей.

- *Обґрунтованість висновків.* Логіка та послідовність аналізу впливу змін клімату.

- *Практичність рекомендацій.* Розробка реалістичних заходів для покращення стійкості міста.

- *Оформлення роботи.* Чіткість, структурованість та наочність представленої інформації.

Практична робота № 1

Аналіз вразливості міста до кліматичних змін

Мета: оцінити ризики для міста через зміну клімату та запропонувати адаптаційні заходи.

Етапи виконання:

1. *Визначення загроз:* визначте кліматичні ризики для вашого міста (повені, спека, дефіцит води тощо).
2. *Аналіз інфраструктури:* оцініть, наскільки міська інфраструктура готова до цих загроз (зливова каналізація, водопостачання, зелені зони).
3. *Пропозиції:* розробіть 2-3 ідеї для підвищення стійкості (зелені насадження, модернізація системи водовідведення, створення резервуарів для дощової води).
4. *Результат:* конкретний план дій для адаптації міста до кліматичних змін.

1. Теоретичні відомості

Зміна клімату та її вплив. Зміна клімату суттєво впливає на природне середовище, інфраструктуру та якість життя в містах. Її наслідки проявляються у вигляді екстремальних погодних явищ, які викликають значні виклики для міських систем та громад.

Зростання середньої температури та збільшення кількості спекотних днів впливають на:

- Здоров'я людей: спека спричиняє тепловий стрес, серцево-судинні захворювання та підвищення смертності серед вразливих груп населення.
- Енергоспоживання: зростає потреба у кондиціонуванні повітря, що перевантажує енергосистеми та збільшує викиди парникових газів.
- Екосистеми: міські рослини та тварини потерпають від високих температур, що призводить до зниження біорізноманіття.
- Транспорт та будівлі: спека може пошкоджувати дороги та елементи міської інфраструктури, наприклад, розплавляти асфальт чи пошкоджувати рейки.

Нерівномірність розподілу опадів призводить до частіших злив і повеней, які мають такі *наслідки*:

- пошкодження інфраструктури: затоплення доріг, житлових будинків та підприємств;

- ерозія ґрунту: руйнування берегів річок і забруднення водних ресурсів через змиття ґрунту;

- громадський транспорт: перерви у роботі громадського транспорту через підтоплення доріг і станцій;

- здоров'я населення: стоячі води після повеней можуть спричиняти спалахи інфекційних захворювань.

Тривалі посухи стають частішими, що загрожує доступністю води для:

- водопостачання: зменшується обсяг доступних водних ресурсів для населення, промисловості та сільського господарства;

- сільське господарство: посухи знижують врожайність, що може призводити до зростання цін на продукти;

- міська зелень: скорочення кількості води для поливу зелених зон зменшує їхню ефективність у регулюванні температури та очищенні повітря.

Зміна клімату також спричиняє:

- підвищення рівня моря: це загрожує прибережним містам, які можуть втратити значні території через затоплення;

- сильні вітри та шторми: вони руйнують будівлі, інфраструктуру та піддають ризику життя мешканців;

- втрата біорізноманіття: урбанізовані зони втрачають природні екосистеми, які допомагають адаптуватися до кліматичних змін.

Для мінімізації впливу зміни клімату міста мають впроваджувати адаптаційні заходи. Це включає розвиток стійкої інфраструктури, покращення систем водопостачання та водовідведення, розширення зелених зон та інтеграцію сучасних технологій для зниження вразливості до кліматичних загроз.

Основні поняття:

- *Вразливість*: здатність міста чи регіону адаптуватися до кліматичних змін або протидіяти їх впливу.

- *Адаптація*: дії, спрямовані на зниження негативних наслідків кліматичних змін.

- *Стійкість*: здатність міста швидко відновлюватися після кліматичних катастроф.

Основні підходи до аналізу:

1. Оцінка ризиків:

- Визначення природних явищ, які становлять загрозу.
- Оцінка частоти та масштабів потенційних небезпек.

2. Аналіз інфраструктури:

- Оцінка стану транспортних, водопостачальних, енергетичних та інших систем.

- Виявлення слабких місць, які можуть зазнати найбільшого впливу.

3. Розробка адаптаційних заходів:

- Покращення інфраструктури, застосування новітніх технологій.
- Інтеграція природоорієнтованих рішень, таких як зелені дахи чи водно-болотні угіддя.

Приклади адаптаційних заходів:

- Створення та модернізація системи зливової каналізації.
- Розширення зелених зон для пом'якшення ефекту «теплового острова».
- Впровадження систем збору дощової води для технічних потреб.
- Створення планів екстреного реагування для населення.

Для проведення аналізу рекомендується обрати конкретне місто, у якому проживає або яке добре знає студент. Це дозволить врахувати реальні локальні умови та проблеми. У разі, якщо студенту складно обрати місто, пропонується розглянути одне з наступних:

- Київ (столиця з великим населенням та високою урбанізацією).
- Одеса (приморське місто, яке стикається з підвищенням рівня моря).
- Харків (велике промислове місто з відповідними екологічними викликами).
- Львів (місто з історичною забудовою, яке стикається з ризиками підтоплень).

Необхідно зібрати основну інформацію про місто, яка буде потрібна для аналізу: кліматичні умови (середня температура, кількість опадів, періоди посух); населення (кількість мешканців, щільність населення); особливості місцевої інфраструктури (водопостачання, транспортна мережа, зелені зони); поточні екологічні проблеми міста.

Додаткова інформація:

1. Приклади успішних адаптаційних рішень: як інші міста впроваджують заходи протидії кліматичним змінам (наприклад, Берлін, Копенгаген).

2. Нормативна база: закони та програми з адаптації до змін клімату, доступні у вашій країні.

2. Приклад розв'язання практичної роботи №1

Місто для аналізу: Київ, Україна.

1. Визначення основних кліматичних загроз для регіону

Київ перебуває в зоні помірного клімату, але через глобальні зміни клімату ризики зростають. Основні загрози:

- повені: через паводки на річці Дніпро та сильні опади, що стають частішими через зміну клімату;
- спека: підвищення середньої температури влітку, збільшення кількості екстремально спекотних днів;
- дефіцит води: висихання річок і зниження рівня ґрунтових вод унаслідок тривалих періодів посухи;
- сильні шторми: посилення штормової активності, що шкодить будівлям і міській інфраструктурі.

2. Аналіз наявної міської інфраструктури

2.1. Здатність протидіяти повеням:

- наявні греблі та дамби на Дніпрі: частково ефективні, але в багатьох місцях застарілі та потребують реконструкції;
- система зливової каналізації: перевантажена під час сильних дощів, що призводить до затоплення вулиць і житлових районів.

2.2. Здатність протидіяти спеці:

- зелені зони займають близько 25% міської території, що частково допомагає пом'якшити вплив спеки, але темпи урбанізації зменшують площу цих зон;
- недостатній рівень озеленення дахів і використання світловідбивних матеріалів у будівлях.

2.3. Управління водними ресурсами:

- водопостачання забезпечується переважно з річок і підземних джерел, але бракує систем збору дощової води для подальшого використання;
- застаріле обладнання водозаборів призводить до значних втрат води.

3. Запропоновані покращення та адаптаційні заходи

3.1. Протидія повеням:

- модернізація гідротехнічних споруд: реконструкція дамб, гребель та укріплення берегів річки Дніпро;
- покращення зливової каналізації: створення нових систем дренажу та резервуарів для тимчасового зберігання дощової води;
- відновлення природних водно-болотних угідь: для поглинання надлишкової води під час паводків.

3.2. Адаптація до спеки:

- розширення зелених зон: створення нових парків, скверів, озеленення вулиць;
- використання сучасних технологій у будівництві: впровадження світловідбивних матеріалів для дахів і стін, встановлення систем природної вентиляції;
- зелені дахи: впровадження програм підтримки для облаштування зелених дахів на багатоповерхівках.

3.3. Управління водними ресурсами:

- системи збору дощової води: установка резервуарів для зберігання дощової води, яка може використовуватися для поливу чи технічних потреб;
- модернізація водопостачання: заміна старих труб і зниження втрат води.

3.4. Освітні та організаційні заходи:

- проведення інформаційних кампаній серед населення про кліматичні загрози та адаптаційні заходи;
- розробка плану екстреного реагування на випадок повеней або інших кліматичних катастроф.

Висновок. Запропоновані заходи дозволять зменшити ризики, пов'язані зі зміною клімату, та підвищити стійкість Києва до кліматичних змін. Основний акцент має бути зроблений на оновленні інфраструктури та збільшенні площі зелених зон.

Контрольні запитання

1. Які кліматичні явища найчастіше спостерігаються у вашому місті (посухи, зливи, сильні вітри)?
2. Які наслідки ці явища вже мали для міста (руйнування доріг, підтоплення будівель, дефіцит води)?
3. Чи є райони міста, які особливо вразливі до кліматичних загроз?
4. Чи працює система водовідведення під час сильних опадів?
5. Чи достатньо в місті зелених насаджень, які допомагають регулювати температуру?
6. Які заходи вже вживаються місцевою владою для протидії кліматичним загрозам?
7. Які ресурси та бюджет доступні для модернізації міської інфраструктури?

Практична робота №2

Розробка концепції енергоефективного будинку

Мета: Створити концепцію будівлі, яка зменшує енергоспоживання, мінімізує викиди парникових газів і є стійкою до кліматичних змін.

Завдання:

1. *Дослідити сучасні технології та рішення в галузі енергоефективного будівництва. Зокрема:*

- відновлювані джерела енергії (сонячні батареї, вітрові турбіни);
- інноваційні матеріали з високою теплоізоляцією;
- системи збору та повторного використання води;
- зелені дахи та вертикальне озеленення.

2. *Розробити проєкт будинку, який враховує:*

- орієнтацію будівлі на місцевості для оптимального використання сонячного світла.

- матеріали для зниження тепловтрат;
- енергоефективні системи вентиляції та кондиціонування;
- використання місцевих ресурсів для зниження транспортних витрат на будівництво.

3. *Оцінити екологічний вплив:*

- розрахувати приблизну економію енергії у порівнянні зі звичайними будинками;

- визначити скорочення викидів парникових газів;
- показати довгострокові переваги для мешканців та екосистеми.

Формат виконання:

- презентація у вигляді слайдів або текстового документа з графіками, ілюстраціями та порівняльним аналізом;

- моделювання (за бажанням) у програмах для візуалізації, таких як SketchUp, AutoCAD або інші доступні інструменти.

Орієнтовні питання для аналізу:

- Які джерела енергії найбільш ефективні для даного регіону?
- Як дизайн будинку може сприяти зниженню споживання енергії?
- Які матеріали найкраще використовувати для зменшення впливу на довкілля?
- Як інтегрувати "зелені" технології у вигляд будівлі?

Результати:

Студенти повинні представити інноваційний та практичний проєкт, що ілюструє, як технології можуть забезпечити енергоефективність та екологічність будівництва.

1. Теоретичні відомості

Енергоефективний будинок – це будівля, що споживає мінімальну кількість енергії для забезпечення комфорту мешканців. Такі будинки розробляються з використанням інноваційних технологій, які спрямовані на зменшення витрат енергії, скорочення викидів парникових газів та підвищення стійкості до змін клімату.

Основні принципи енергоефективного будівництва:

1. Енергозбереження:

- використання матеріалів із високими теплоізоляційними властивостями (наприклад, пінополістирол, мінеральна вата);

- установка енергоефективних вікон і дверей для зменшення тепловтрат.

2. Відновлювані джерела енергії:

- сонячні панелі для генерації електроенергії;

- теплові насоси для опалення й охолодження;

- вітрові турбіни у відповідних регіонах.

3. Оптимізація дизайну:

- орієнтація будинку для максимального використання природного освітлення та сонячного тепла;

- використання систем пасивного охолодження, таких як зовнішні штори, навіси або зелені насадження.

4. Раціональне водокористування:

- установка систем збору дощової води для технічних потреб;

- використання пристроїв із низьким споживанням води (економічні крани, душові системи).

5. Інтеграція "зелених" технологій:

- зелені дахи для підвищення теплоізоляції й абсорбції вуглекислого газу;

- вертикальне озеленення для зменшення перегріву фасадів.

6. Автоматизація:

- використання "розумних" систем управління освітленням, опаленням та вентиляцією.

Економічні та екологічні переваги:

1. Зменшення витрат на енергоресурси: енергоефективний будинок може знизити споживання енергії на 30-50% порівняно з традиційним житлом.

2. Скорочення викидів парникових газів: використання відновлюваних джерел енергії дозволяє мінімізувати вплив будівництва та експлуатації будинку на довкілля.

3. Підвищення комфорту: енергоефективні системи опалення та вентиляції забезпечують оптимальний мікроклімат у приміщеннях.

4. Довговічність: використання якісних матеріалів збільшує термін служби будинку та зменшує потребу в ремонті.

Приклади інноваційних рішень:

- Пасивний будинок: будинок, який майже не потребує енергетичних ресурсів для опалення чи охолодження завдяки ефективній ізоляції та правильному розташуванню.

- Будівлі з "нульовими викидами": такі будинки генерують стільки енергії, скільки споживають, завдяки сонячним панелям та іншим технологіям.

- Еко-селища: громади з будинками, спроектованими для мінімізації впливу на довкілля.

Джерела інформації для поглибленого вивчення:

- Сайти виробників енергоефективних матеріалів.

- Дослідження з екологічного будівництва.

- Вебінари або курси з зеленого будівництва.

- Програми для моделювання будівель, наприклад SketchUp або AutoCAD.

2. Приклад розв'язання практичної роботи №2

Назва проекту: "Сонячний дім майбутнього"

Локація: Україна, помірний клімат.

Мета: створити будинок, який споживає на 50% менше енергії, ніж традиційні будівлі.

Архітектурні рішення:

1. Розташування будинку:

- головний фасад орієнтований на південь для максимального використання сонячного тепла;

- мінімізація вікон на північній стороні для зменшення тепловтрат.

2. Матеріали:

- стіни з багатошарової теплоізоляції (газобетон + утеплювач із мінеральної вати);

- дах із сонцезахисним покриттям та зеленими насадженнями для зменшення перегріву.

3. Дизайн:

- великі вікна з потрійним склінням на південній стороні

- використання зовнішніх жалюзі для захисту від літнього перегріву.

Інженерні рішення:

1. Відновлювані джерела енергії:

- сонячні панелі на даху для генерації електроенергії (до 10 кВт);

- геліосистеми для нагріву води.

2. Опалення та охолодження:

- система теплового насоса для опалення взимку та охолодження влітку;

- підігрів підлоги з низькотемпературним режимом роботи.

3. Вентиляція:

- система рекуперації тепла, яка повертає до 70 % тепла із витяжного повітря.

4. Водопостачання:

- система збору дощової води для поливу рослин і технічних потреб;

- економічні водозмішувачі та зливні бачки.

Екологічні рішення:

1. Зелений дах:

- рослини, які поглинають CO₂ і покращують теплоізоляцію.

2. Вертикальні сади на фасаді:

- зменшують вплив сонячного випромінювання та сприяють природному охолодженню.

Порівняння з традиційним будинком (табл. 1):

**Порівняльна характеристика традиційного
та енергоефективного будинків**

Параметр	Традиційний будинок	Енергоефективний будинок
Споживання енергії	200 кВт·год/м²/рік	90-100 кВт·год/м²/рік
Рівень викидів CO ₂	Високий	Низький
Початкова вартість будівництва	Середня	На 15-20% вища
Окупність	Відсутня	5-7 років

Результати та висновки: такий будинок економить до 50% енергії, зменшує викиди та забезпечує комфорт і сталий розвиток.

Контрольні питання

1. Які фактори необхідно враховувати при виборі локації для енергоефективного будинку?
2. Як на кліматичні умови впливає вибір матеріалів для будівництва енергоефективного будинку?
3. Які особливості має використання сонячних панелей в різних кліматичних зонах?
4. Як орієнтація будинку впливає на його енергоефективність?
5. Які переваги мають багатошарові стіни з утеплювачем порівняно з традиційними матеріалами?
6. Як правильно обрати тип вікон для зменшення тепловтрат у зимовий період?
7. Як працює тепловий насос, і чому його використання є вигідним в енергоефективному будинку?
8. Які фактори впливають на вибір системи вентиляції для такого будинку?
9. Як можна максимально ефективно використати сонячну енергію для забезпечення опалення та гарячої води в будинку?
10. Яка роль зелених дахів та вертикальних садів у зменшенні екологічного сліду будинку?

Практична робота № 3

Оцінка впливу підвищення температури на енергоспоживання

Мета роботи: Оцінка впливу підвищення температури на споживання енергії для охолодження будівель та визначення загального збільшення енергоспоживання за період підвищеної температури.

1. Теоретичні відомості

Вплив температури на енергоспоживання. Зі зростанням температури повітря підвищується потреба в охолодженні будівель, що, у свою чергу, збільшує енергоспоживання. Для оцінки цього впливу використовується залежність: з кожним підвищенням температури на 1°C середнє енергоспоживання збільшується на 10%.

Денне енергоспоживання після підвищення температури: якщо споживання зростає на 10% за кожний градус, то енергоспоживання при підвищенні температури на X°C можна визначити за формулою (3.1):

$$E_X = E_0 \times (1 + 0,1X), \quad (3.1)$$

де E_0 – початкове енергоспоживання за температури 25 °C (100 кВт·год/день).

Додаткове енергоспоживання за період становить:

$$\Delta E_{total} = (E_X - E_0) \cdot T. \quad (3.2)$$

Вихідні дані: у місті спостерігається тенденція до підвищення температури, що може досягти X°C (таблиця варіантів). Ви повинні оцінити, як це підвищення температури вплине на споживання енергії для охолодження будівель. Врахуйте, що з кожним підвищенням температури на 1 °C, середнє енергоспоживання на охолодження збільшується на 10 %. Розрахуйте кількість енергії, що буде витрачена на охолодження, якщо середнє споживання енергії до підвищення температури становило 100 кВт·год на день. Яким буде загальне збільшення енергоспоживання для 30 днів підвищеної температури?

2. Приклад розв'язання практичної роботи №3

Умова: у місті спостерігається тенденція до підвищення температури, що може досягти 35°C. Врахуйте, що з кожним підвищенням температури на 1°C, середнє енергоспоживання на охолодження збільшується на 10%. Початкове енергоспоживання на охолодження за температури 25 °C становить 100 кВт·год на день.

Розв'язання:

1. *Загальний підрахунок зміни температури:* початкова температура дорівнює 25 °С; кінцева температура $X = 35$ °С; різниця температур становить $35\text{ °С} - 25\text{ °С} = 10\text{ °С}$; термін $T = 30$ днів; початкове енергоспоживання E_0 за температури 25 °С (100 кВт год/день).

Тобто, температура збільшується на 10 °С.

2. *Зміна енергоспоживання:* кожне підвищення температури на 1°С збільшує енергоспоживання на 10 %. Тому, якщо температура збільшиться на 10 °С, енергоспоживання збільшиться на 10 % за кожен градус.

Загальний коефіцієнт збільшення енергоспоживання:

- після підвищення температури на 1°С: енергоспоживання збільшиться на 1,1 рази;

- після підвищення температури на 10°С: енергоспоживання збільшиться на $1,1^{10}$.

3. *Розрахунок нового енергоспоживання:* початкове енергоспоживання на охолодження за 25 °С становить 100 кВт·год на день.

Розрахуємо денне енергоспоживання за температури 35 °С:

Підставимо значення в формулу (3.1):

$$E_X = 100 \times (1 + 0,1 \times 35) = 100 \times 4,5 = 450 \text{ кВт·год/день.}$$

Додаткове енергоспоживання за період визначаємо за формулою (3.2):

$$\Delta E_{total} = (450 - 100) \cdot 30 = 10500 \text{ кВт год.}$$

Висновок: під час підвищенні температури до 35 °С енергоспоживання на охолодження збільшиться з 100 кВт год до 450 кВт год на день. Таким чином, якщо підвищення температури до 35°С, то енергоспоживання на охолодження збільшиться більш ніж у 4,5 рази. Загальне збільшення енергоспоживання за місяць становить 10500 кВт год, що свідчить про суттєве додаткове навантаження на енергосистему міста.

Таке підвищення температури може спричинити перевантаження енергомереж, особливо в пікові періоди, що потребує:

- впровадження заходів із підвищення енергоефективності будівель;
- перехід на відновлювані джерела енергії, щоб зменшити вплив на екологію;
- планування ресурсів для задоволення підвищеного попиту на енергію.

Таким чином, зміна клімату значно впливає на енергетичний сектор, і це необхідно враховувати в довгостроковому плануванні.

Практична робота № 4

Оцінка зростання температури через ефект «міського теплового острова»

Мета роботи: оцінити зростання температури в міських районах, зумовлене ефектом «міського теплового острова», шляхом аналізу його причин та використання розрахункових методів для кількісного визначення впливу різних факторів на підвищення температури.

1. Теоретичні відомості

Ефект «міського теплового острова» (Urban Heat Island Effect, UHI) полягає в тому, що температура в міських районах є значно вищою, ніж у передмістях або сільській місцевості. Основними причинами цього явища є:

- висока щільність забудови, яка зменшує циркуляцію повітря;
- накопичення тепла від асфальту, бетону та інших будівельних матеріалів, які поглинають і утримують тепло;
- зменшення кількості зелених насаджень, що обмежує природне охолодження через випаровування;
- викиди тепла від транспортних засобів, промисловості та кондиціонерів.

Формула для розрахунку температури в місті (4.1):

$$T_{city} = T_{suburb} + \Delta T_{city}, \quad (4.1)$$

де T_{city} – температура в місті,

T_{suburb} – температура в передмісті,

ΔT_{city} – різниця температур (°C).

Оцінити зростання температури в міських районах за рахунок ефекту «міського теплового острова». Дано: середня температура в міському середовищі на 3°C вища за середню температуру в передмісті. Прогнозується підвищення температури на A°C.

Приклад розв'язання практичної роботи №4

Мета: оцінити зростання температури в міських районах за рахунок ефекту «міського теплового острова».

Вихідні дані: середня температура в міському середовищі на 3 °C вища за середню температуру в передмісті. Прогнозується підвищення температури на 2 °C.

Розв'язання:

Згідно з формулою (4.1) маємо:

$$T_{city} = 25^{\circ}C + 3^{\circ}C + 2^{\circ}C = 30^{\circ}C.$$

Внаслідок змін клімату температура в місті може підвищитися до 30 °С. Це підвищення температури призводить до більш частих та інтенсивних спекотних днів, що має серйозний вплив на здоров'я мешканців, потреби в енергоспоживанні для охолодження приміщень та на екосистеми міста. Високі температури можуть спричиняти загострення проблем зі здоров'ям, зокрема, теплові удари та стреси, а також збільшення використання енергії для кондиціювання повітря, що додатково навантажує енергетичні ресурси.

Таблиця 2

Вихідні дані до практичних робіт №3 та №4

<i>№ варіанта</i>	Практична робота № 3	Практична робота № 4
	<i>X°C</i>	<i>Підвищення температури на A°C</i>
1	30	1
2	31	1,5
3	32	1,8
4	33	2,1
5	34	2,3
6	35	2,4
7	36	2,5
8	37	2,6
9	38	2,7
10	39	3

Практична робота № 5

Вплив кругової економіки на зменшення вуглецевого сліду в будівництві

Мета роботи: дослідити вплив впровадження кругової економіки на зменшення вуглецевого сліду в будівництві шляхом порівняння традиційного підходу та кругової моделі використання матеріалів, оцінити екологічні переваги та розрахувати економію викидів CO₂.

1. Теоретичні відомості

Вихідні дані: будівельна компанія планує побудувати новий об'єкт і розглядає два підходи:

Традиційний підхід: використання 1200 тон нового бетону. Вуглецевий слід виробництва нового бетону становить 0,9 тон CO₂ на 1 тонну матеріалу.

Кругова модель: використання 65 % нового бетону та 35 % переробленого (тобто 780 тон нового бетону і 420 тон переробленого). Вуглецевий слід переробленого бетону становить 0,3 тон CO₂ на 1 тонну матеріалу.

Завдання:

1. Розрахуйте сумарний вуглецевий слід для кожного варіанту.
2. Визначте, на скільки відсотків зменшиться вуглецевий слід при переході до кругової моделі.
3. Розрахуйте, яка кількість викидів CO₂ буде зекономлена при впровадженні кругової моделі.

Підказка: для вирішення задачі скористайтесь формулами:

Сумарний вуглецевий слід визначається за формулою (5.1):

$$E_{\text{загальний}} = E_{\text{новий бетон}} + E_{\text{перероблений бетон}} \quad (5.1)$$

Відсоток зменшення вуглецевого сліду розраховується за формулою:

$$\Delta E\% = \frac{E_{\text{традиц.}} - E_{\text{кругова}}}{E_{\text{традиц}}} \times 100\%. \quad (5.2)$$

Економія викидів CO₂ :

$$\Delta E = E_{\text{традиц}} - E_{\text{кругова}} \quad (5.3)$$

2. Приклад розв'язання практичної роботи №5

Вихідні дані: будівельна компанія розглядає два варіанти для проєкту:

1. *Традиційний варіант:* використання 1000 тон нового бетону. Вуглецевий слід виробництва нового бетону становить 0,8 тон CO₂ на 1 тонну матеріалу.

2. *Кругова модель:* використання 70% нового бетону та 30% переробленого (тобто 700 тон нового бетону і 300 тон переробленого). Вуглецевий слід переробленого бетону становить 0,2 тон CO₂ на 1 тонну матеріалу.

Розрахуйте сумарний вуглецевий слід для кожного варіанту.

1. На скільки відсотків зменшиться вуглецевий слід при переході до кругової моделі?

2. Яка кількість викидів CO₂ буде зекономлена?

Розв'язання:

1. Розрахунок сумарного вуглецевого сліду:

Традиційний варіант:

$$E_{\text{традиц.}} = 1000\text{т} \times 0,8\text{CO}_2\text{т} = 800\text{т CO}_2.$$

Кругова модель:

Вуглецевий слід нового бетону:

$$E_{\text{нов.}} = 700\text{т} \times 0,8\text{CO}_2\text{т} = 560\text{т CO}_2.$$

Вуглецевий слід переробленого бетону:

$$E_{\text{переробл.}} = 300\text{т} \times 0,2\text{CO}_2\text{т} = 60\text{т CO}_2.$$

Загальний вуглецевий слід для кругової моделі вираховуємо за формулою (5.1):

$$E_{\text{кругова.}} = 560\text{т} + 60\text{тCO}_2 = 620\text{т CO}_2.$$

2. Відсоток зменшення вуглецевого сліду, формула (5.2):

$$\Delta E\% = \frac{800\text{тCO}_2 - 620\text{тCO}_2}{800\text{тCO}_2} \times 100\% = 22,5\%.$$

3. Економію викидів CO₂ розраховуємо за формулою (6.3):

$$\Delta E = E_{\text{традиц}} - E_{\text{кругова}} = 800\text{тCO}_2 - 620\text{тCO}_2 = 180\text{тCO}_2.$$

Відповідь:

1. Сумарний вуглецевий слід:

- для традиційного варіанту: 800 т CO₂ ;
- для кругової моделі: 620 т CO₂ .

2. Зменшення вуглецевого сліду становить 22,5%.

3. Кількість зекономлених викидів CO₂ : 180 т CO₂ .

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Верховна рада України. Законодавство України [Електронний ресурс] / Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991 № 1264-XII. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> / (дата звернення 13.01.2025).
2. Трусова Н.В, Бюджетно-податкове стимулювання розвитку аграрного сектору України. / Трусова Н.В., Радченко Н.Г., Шутько Т.І. // Агросвіт.- 2021. – Вип. 20. С. 22–31.
3. V. Thomas. Global increase in climate-related disasters, / V. Thomas. R. Lypez, // Asian development bank economics working paper series. - 2015, - Working Paper Series No. 466. 44 Pages Posted: 31 Dec 2015 https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2709331
4. J. Douris, The Atlas of Mortality and Economic Losses from Weather, Climate and Water Extremes (1970–2019) / J. Douris, G. Kim, World Meteorological Organization, Switzerland, 2021 (Accessed: 8 November 2023). <https://reliefweb.int/report/world/atlas-mortality-and-economic-losses-weather-climate-and-water-extremes-1970-2019>
5. Видання. Охорона природи. Атмосфера. Методичні вказівки щодо прогнозування метеорологічних умов формування рівнів забруднення повітря в містах України. – Державна гідрометеорологічна служба. – К., 2010. – 78 с.
6. Видання. Державні санітарні правила охорони атмосферного повітря населених місць (від забруднення хімічними та біологічними речовинами) (ДСП-201-97). – Режим доступу: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=30150 (дата звернення 13.01.2025).
7. Видання. ДБН Б.2.2-12:2019 Планування та забудова територій. – К.: Мінрегіонбуд України, 2019. – 185 с.
8. S.B. Guerreiro, Ford, Future heat-waves, droughts and floods in 571 European cities, Environ. Res. Lett. / S.B. Guerreiro, R.J. Dawson, C. Kilsby, E. Lewis, A. Volume 13 №3 Citation Selma B Guerreiro et al 2018 Environ. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aaaad3> .
9. E. Sarmas. Improving energy performance of buildings: Dataset of implemented energy efficiency renovation projects in Latvia, / E. Sarmas, M. Kleideri, A. Zučika, V. Marinakis, // Data Brief Volume 48, June 2023, 109225. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S235234092300344X>

10. *EC, EU-Level Technical Guidance on Adapting Buildings to Climate Change*, Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2023. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/b175c9cb-cc5b-11ed-a05c-01aa75ed71a1/language-en>

11. *E. Lypez-Garcna Monitoring and analytics to measure heat resilience of buildings and support retrofitting by passive cooling*, / E. Lypez-Garcna, J. Lizana, A. Serrano-Jimñez, C. Dñaz-Lypez, Б. Barrios-Padura, // J. Build. Eng. 57 (2022) 104985.

12. *Бредун В.І. Екологічна безпека та управління ризиками: навч. посіб.* – Полтава: Національний університет імені Юрія Кондратюка, 2021. – 189 с

13. *Северин Л.І. Природоохоронні технології: навч. посіб.* – Ч.І: Захист атмосфери / Северин Л.І., Петрук В.Г., Безвозюк І.І., Васильківський І.В. – Вінниця: ВНТУ, 2010. – 363 с

14. *Оцінка вразливості до змін клімату: УКРАЇНА Кліматичний форум східного партнерства (КФСП) та Робоча група громадських організацій зі зміни клімату (РГ НУО ЗК)*, 2014 https://necu.org.ua/wp-content/uploads/ukraine_cc_vulnerability.pdf

15. *Підвищення конкурентоспроможності ЄС: циркулярна економіка: монографія / за ред. О.Є. Кузьміна, О.Г. Мельник, Н.І. Горбаль.* – Львів: Міські інформаційні системи, 2021. – 190 с. https://lpnu.ua/sites/default/files/2021/pages/16673/monografiyalvivskapolitekhnik_a.pdf

16. *Система управління відходами в циркулярній економіці: фінансові, соціальні, екологічні та енергетичні детермінанти* : монографія / за заг. ред. А. С. Росохатої, М. Г. Мінченко. – Суми : Сумський державний університет, 2023. – 313 с. https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/94661/3/tsyrkuliarna_ekonomika.pdf;jsessionid=DED211FC3FA479AA44E93F4BE874B2FD

17. *World Green Building Council* Звіти та дослідження щодо сталого будівництва та зменшення вуглецевого сліду в будівельних проектах. <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/2022-11/FINAL%20REPORT%20UNDP%20LH%20CARBON%20FARMING%20UKR.pdf> (дата звернення 13.01.2025).

Навчально-методичне видання

**СТРАТЕГІЇ ПОМ'ЯКШЕННЯ
НАСЛІДКІВ ЗМІНИ КЛІМАТУ
І АДАПТАЦІЇ ДО НЕЇ
ДЛЯ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ УКРАЇНИ**

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт
для здобувачів другого (магістерського) рівня
вищої освіти спеціальностей 101 «Екологія»,
183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Укладачі: **Василенко** Леся Олексіївна,
Ткаченко Тетяна Миколаївна,
Кравченко Марина Василівна,
Федоренко Станіслав Валентинович

Комп'ютерне верстання *А. П. Селівестрової*

Ум. друк. арк. 1.39. Обл.-вид. арк. 1.5
Електронний документ. Вид № 21/V-25.

Виконавець і виготовлювач
Київський національний університет будівництва і архітектури

Проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03680

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