

|                            |                                                                                                                                                   |                                |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/**-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 1                     |

## ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою  
Державного університету  
«Житомирська політехніка»

протокол від \_\_ \_\_\_\_ 20\_\_ р.  
№\_\_

## ПРОЄКТ

### МЕТОДИЧНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ для проведення практичних занять з навчальної дисципліни «Кліматичні зміни та адаптація екосистем»

для здобувачів вищої освіти освітнього ступеня «бакалавр»

Рекомендовано на засіданні  
кафедри \_\_\_\_\_

(назва кафедри)

\_\_\_\_ 20\_\_ р.,  
протокол № \_\_\_\_

Розробник: доктор філософії, доцент кафедри екології та природоохоронних  
технологій КАГУКІНА Анастасія

Житомир  
2025

|                            |                                                                                                                                                   |                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*_<br>05.02/2/**/***_<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 2                       |

Методичні рекомендації призначенні для проведення практичних робіт з навчальної дисципліни «Кліматичні зміни та адаптація екосистем» для студентів освітнього рівня «бакалавр».

Рецензенти:

к.с-г.н., доц., доцент кафедри екології та природоохоронних технологій  
ДАВИДОВА Ірина

к.п.н., доц., доцент кафедри сталої інфраструктури та гідроекології  
ГЕРАСИМЧУК Олена

|                            |                                                                                                                                                   |                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/**-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 3                      |

## ЗМІСТ

|                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                                             | 4  |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №1 Основи кліматології та чинники кліматичних змін.....                                               | 6  |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №2. Наслідки кліматичних змін для суспільства та адаптація.....                                       | 8  |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №3. Порівняння кліматичних умов міста та його природного оточення.....                                | 10 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №4 Аналіз утворення та інтенсивності «міського острова тепла».....                                    | 12 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №5 Аналіз структури викидів парникових газів у міській екосистемі.....                                | 14 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №6 Європейський досвід скорочення викидів парникових газів у міських екосистемах.....                 | 16 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №7-8 Кліматичні ризики для техногенно трансформованої міської екосистеми.....                         | 18 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №9 Планування території міст для пом'якшення зміни клімату.....                                       | 20 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №10 Енергоефективність та зниження викидів у міській інфраструктурі.....                              | 22 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №11 Аналіз заходів адаптації транспортної системи до кліматичних змін.....                            | 24 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №12 Адаптація енергетичної та водної сфер міста до зміни клімату.....                                 | 26 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №13 Кліматичні зміни як фактор ризику для здоров'я населення.....                                     | 28 |
| ПРАКТИЧНА РОБОТА №14 Управління стійким розвитком техногенно навантажених урбоєкосистем в умовах кліматичних змін..... | 30 |
| СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....                                                                                  | 32 |
| ДОДАТОК А.....                                                                                                         | 34 |

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 4                      |

## ВСТУП

Метою вивчення навчальної дисципліни є формування у здобувачів знань щодо природи кліматичних змін і їхнього впливу на різні типи екосистем, розвиток умінь аналізувати ризики та вразливість природного середовища, а також розробляти адаптаційні стратегії з урахуванням принципів сталого розвитку. Ціллю є підготовка фахівця, здатного здійснювати екологічний аналіз і планування у сфері змін клімату, проводити моніторинг стану екосистем, впроваджувати природоорієнтовані рішення та працювати в міждисциплінарному середовищі.

Завданнями навчальної дисципліни є:

- ознайомлення з сучасними науковими концепціями та методами дослідження кліматичних змін;
- вивчення механізмів впливу кліматичних факторів на структуру та функціонування екосистем
- розглянути основні підходи до адаптації природних і техногенних екосистем до кліматичних змін.
- навчити аналізувати дані спостережень та моделювати екологічні процеси в умовах змін клімату;
- сформувати практичні навички розробки стратегій збереження та відновлення екосистем у мінливих кліматичних умовах.

Після завершення курсу здобувач повинен

Знати:

- основні теорії і концепції кліматичних змін;
- джерела антропогенного впливу на клімат;
- типові прояви змін клімату в різних природних зонах;
- методи оцінки вразливості екосистем;
- адаптаційні підходи в екології, сільському господарстві, лісовому господарстві та урбанізованих територіях.

Вміти:

- працювати з міжнародними звітами, та документами;
- проводити аналіз кліматичних даних та оцінку їх впливу на екосистеми;
- аналізувати наукові та практичні матеріали з проблематики кліматичних змін та адаптації екосистем;
- використовувати сучасні інформаційні та моделювальні інструменти для оцінки екологічних ризиків;
- аналізувати основні підходи до адаптації природних і техногенних екосистем до кліматичних змін;
- розробляти рекомендації щодо адаптації та збереження екосистем у змінених кліматичних умовах.

|                            |                                                                                                                                                   |                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 5                       |

- аналізувати дані спостережень та моделювати екологічні процеси в умовах змін клімату.

У результаті вивчення навчальної дисципліни «Кліматичні зміни та адаптація екосистем» у студентів мають бути сформовані професійні, екологічні, аналітичні та соціальні компетентності, набуті знання про причини, наслідки та просторово-часові закономірності кліматичних змін, а також уміння оцінювати вплив кліматичних факторів на природні та антропогенні екосистеми, розробляти адаптаційні заходи для зменшення негативних наслідків кліматичних ризиків і сприяти сталому розвитку довкілля в умовах глобальних кліматичних викликів.

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 6                      |

## Практична робота №1

### ТЕМА: ОСНОВИ КЛІМАТОЛОГІЇ ТА ЧИННИКИ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН

*Мета:* закріпити базові поняття, навчитися відрізняти природні та антропогенні чинники кліматичних змін.

#### Теоретичний матеріал

Клімат – це середні багаторічні характеристики погоди для певної території, тоді як погода описує стан атмосфери у конкретний момент часу. Клімат формується під впливом як природних чинників (сонячна активність, вулканізм, океанічні течії, орбітальні зміни), так і антропогенних (викиди парникових газів, вирубування лісів, промисловість, урбанізація).

Парниковий ефект – це природне явище, що забезпечує життя на Землі, утримуючи тепло в атмосфері. Його вперше описав Жозеф Фур'є (1824 р.). Проте внаслідок людської діяльності цей ефект посилюється, що призводить до глобального потепління.

Антропогенне потепління викликає серйозні наслідки: танення льодовиків, підвищення рівня океану, посилення стихійних явищ, зменшення біорізноманіття, зростання соціальних і продовольчих ризиків. Тому дослідження кліматичних змін має не лише наукове, а й практичне значення, оскільки від них залежить майбутнє людства. Клімат і його зміни є однією з ключових тем сучасних наукових досліджень, адже саме від кліматичних умов залежать природні процеси, розвиток економіки та якість життя людей. Поняття «погода» та «клімат» тісно пов'язані, але не тотожні: погода характеризує стан атмосфери у певний момент часу, тоді як клімат описує середні багаторічні показники. Розуміння цієї різниці є основою для аналізу змін, які відбуваються у глобальній системі Землі. Клімат формується під впливом низки природних чинників: сонячної активності, вулканічної діяльності, циркуляції океанів та атмосфери. Проте з початку індустріальної епохи все більшого значення набувають антропогенні фактори, зокрема викиди парникових газів, масове вирубування лісів, урбанізація та використання викопного палива. Це призвело до посилення «парникового ефекту», прискореного глобального потепління та зростання частоти екстремальних погодних явищ.

#### Практичні завдання

1. Дайте відповідь на теоретичні питання
  - Хто вперше описав парниковий ефект?
  - У чому різниця між поняттями «погода» та «клімат»?
  - Які природні чинники впливають на клімат?
  - Які основні наслідки антропогенного глобального потепління?

|                            |                                                                                                                                                   |                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/**-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 7                      |

2. Складіть порівняльну таблицю «Природні vs. Антропогенні причини кліматичних змін» із прикладами. (по 5 прикладів на кожну)

3. Виконати кейс-аналіз (обрати приклад: танення льодовиків / посухи / пожежі тощо) за планом:

- причина явища;
- наслідки для екосистем;
- вплив на населення й економіку.

### Контрольні питання

1. Що таке клімат і чим він відрізняється від погоди?
2. Назвіть основні природні чинники кліматичних змін.
3. Які антропогенні фактори найбільше впливають на клімат?
4. Які наслідки глобального потепління є найнебезпечнішими для людства?
5. Чому кліматичні зміни вважають однією з головних загроз ХХІ століття?

|                         |                                                                                                                                                   |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 8                       |

## Практична робота №2

### ТЕМА: НАСЛІДКИ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН ДЛЯ СУСПІЛЬСТВА ТА АДАПТАЦІЯ

*Мета:* проаналізувати глобальні та локальні наслідки кліматичних змін і сформувати власну позицію щодо проблеми.

#### Теоретичний матеріал

Кліматичні зміни у ХХІ столітті є однією з найсерйозніших загроз для людства. Вони проявляються у зростанні середньої глобальної температури, таненні льодовиків, підвищенні рівня Світового океану, збільшенні частоти екстремальних погодних явищ (ураганів, посух, повеней).

Водночас держави та міжнародні організації впроваджують заходи адаптації: розвиток відновлюваної енергетики, енергоефективність, захист лісів, перехід до екологічно чистих технологій. Важливо формувати екологічну свідомість і критично оцінювати, чи справді кліматичні зміни є головною загрозою ХХІ століття, чи їхній вплив слід розглядати разом з іншими глобальними викликами. Наслідки кліматичних змін проявляються у підвищенні глобальної температури, таненні льодовиків, зростанні рівня Світового океану, частішанні посух і повеней. Такі явища суттєво впливають на природні екосистеми: зменшується біорізноманіття, деградують ґрунти, змінюються зони розповсюдження видів.

Для суспільства це означає зниження врожайності, дефіцит водних ресурсів, руйнування інфраструктури, виникнення нових хвороб та міграційні кризи. З'являється поняття «кліматичні біженці» – люди, змушені залишати свої домівки через екологічні катастрофи. У відповідь на ці виклики держави та міжнародні організації розробляють стратегії адаптації та пом'якшення наслідків: розвиток відновлюваної енергетики, впровадження енергоефективних технологій, збереження природних екосистем, формування «зелених практик». Важливим стає також екологічне виховання населення, адже свідоме ставлення до природи є запорукою стійкого розвитку. Проблема кліматичних змін носить комплексний характер і вимагає міждисциплінарного підходу: від науки й освіти до політики та економіки. Усвідомлення цих процесів є необхідним для пошуку ефективних рішень на глобальному й локальному рівнях.

#### Практичні завдання

1. Побудувати 10 схем «Ланцюг наслідків кліматичних змін» (наприклад: → посухи → зниження врожайності → зростання цін → конфлікти).
2. Написати есе на тему: «Чи можна вважати кліматичні зміни головною загрозою ХХІ століття?» використовуючи аргументи «за» і «проти» з прикладами. (Додаток А).

|                            |                                                                                                                                                   |                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/**-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 9                      |

3. Обрати одну країну (Україна, Нідерланди, Індія, Канада тощо) й підготувати короткий звіт (1–2 стор.):

- які кліматичні зміни там вже відбуваються;
- які заходи адаптації / запобігання впроваджує країна;
- приклади «зелених практик».

### Контрольні питання

1. Які основні наслідки кліматичних змін для суспільства?
  2. Як змінюються екосистеми під впливом глобального потепління?
  3. Чим небезпечні «ланцюгові наслідки» кліматичних змін?
  4. Які країни демонструють успішні приклади «зелених практик»?
  5. Чи можна кліматичні зміни вважати головною загрозою ХХІ століття?
- Аргументуйте.

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 10                     |

### Практична робота №3

## ТЕМА: «ПОРІВНЯННЯ КЛІМАТИЧНИХ УМОВ МІСТА ТА ЙОГО ПРИРОДНОГО ОТОЧЕННЯ»

*Мета:* з'ясувати, як урбанізація впливає на основні кліматичні показники

### Теоретичний матеріал

Клімат населених пунктів істотно відрізняється від клімату навколишніх природних територій. Основна причина — антропогенний вплив: забудова, транспорт, промисловість, знищення зелених насаджень. У містах формується особливий міський клімат, який характеризується такими особливостями: підвищена температура повітря (ефект «теплого острова»), міські території нагріваються швидше через асфальт, бетон, метал, які акумулюють тепло, менша вологість повітря через меншу кількість зелених зон та випаровування, зменшена швидкість вітру — забудова перешкоджає руху повітряних мас, забруднення атмосфери призводить до зменшення прозорості повітря, утворення смогів, зміна кількості опадів — у містах часто спостерігається їх збільшення через підняття теплих потоків повітря.

Природне оточення міста — це ліси, поля, водойми, сільські території. Тут клімат ближчий до природного регіонального клімату. Його риси: нижча температура повітря влітку, вища — взимку (менші коливання добових температур), вища вологість, чистіше повітря, сильніший вітер і краща циркуляція повітряних мас, менший рівень забруднення та природні умови освітлення. Для порівняння кліматичних умов міста та його природного оточення використовують такі показники: температура повітря (середньодобова, максимальна, мінімальна), відносна вологість повітря, швидкість та напрямок вітру, кількість опадів, атмосферний тиск, рівень забруднення повітря.

### Практичні завдання:

1. Побудуйте графік «місто – передмістя» за наведеними даними (Таблиця 3.1) відповідно до варіанту.

Таблиця 3.1

#### Вихідні дані (умовні метеорологічні спостереження)

| Показник                      | Центр Житомир а | Тетерівка (Варіант 1) | Зарічани (Варіант 2) | Озерне (Варіант 3) | Вереси (Варіант 4) | Станишівка (Варіант 5) |
|-------------------------------|-----------------|-----------------------|----------------------|--------------------|--------------------|------------------------|
| Середня денна температура, °С | 25,4            | 22,8                  | 21,9                 | 23,4               | 24,1               | 22,6                   |
| Середня нічна                 | 18,7            | 16,0                  | 17,1                 | 17,0               | 16,6               | 16,8                   |

|                         |                                                                                                                                                   |  |  |  |  |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|--|--|--|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 |  |  |  |  | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     |  |  |  |  | Арк 35 / 11                      |

|                                |     |     |     |     |     |     |
|--------------------------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| температура, °С                |     |     |     |     |     |     |
| Вологість повітря, %           | 55  | 65  | 60  | 64  | 63  | 61  |
| Швидкість вітру, м/с           | 2,5 | 3,8 | 4,1 | 5,0 | 3,1 | 3,9 |
| Кількість днів із туманом/міс. | 8   | 3   | 5   | 2   | 6   | 4   |
| Опади, мм/міс.                 | 75  | 68  | 70  | 65  | 66  | 71  |

- Визначте, які зміни спричинює урбанізація (підвищення температури, зменшення вологості, ослаблення вітру тощо).
- Зробіть висновок — у чому полягають основні відмінності міського мікроклімату.
- Поясніть, які чинники (будівлі, транспорт, асфальт, промисловість) викликають ці зміни.

### Контрольні питання

- Що таке клімат і які чинники впливають на його формування?
- Чому клімат міста відрізняється від клімату навколишніх територій?
- Що означає поняття «тепловий острів міста»?
- Які основні параметри використовують для порівняння клімату міста та природного оточення?
- Як забудова впливає на температуру, вологість і швидкість вітру у місті?
- Які наслідки для здоров'я людей може мати зміна міського клімату?
- Як можна зменшити негативний вплив міського клімату?
- Яке значення мають зелені насадження для регулювання міського мікроклімату?

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 12                     |

### Практична робота №4

## ТЕМА: «АНАЛІЗ УТВОРЕННЯ ТА ІНТЕНСИВНОСТІ «МІСЬКОГО ОСТРОВУ ТЕПЛА»

**Мета:** розрахувати інтенсивність «острову тепла» і визначити його можливі наслідки для міського середовища

### Теоретичний матеріал

Міський острів тепла (МОТ) — це кліматичне явище, при якому температура повітря у місті значно вища, ніж у навколишніх сільських або природних районах. Різниця може становити від 2–3°C до 10°C і навіть більше в нічний час великих мегаполісів. Причини утворення міського острова тепла: щільна забудова, зменшення кількості зелених насаджень, велика кількість джерел тепла, мала швидкість вітру, забруднення атмосфери, темний колір покриттів. Найбільша різниця температур спостерігається вночі, коли природне середовище охолоджується швидше, а місто довше зберігає тепло. Взимку ефект слабший, влітку — найбільш виражений. Центр міста зазвичай є «ядром» острова тепла, а периферія має проміжні значення температури.

Для вивчення використовують порівняльні температурні спостереження в різних частинах міста та за його межами, супутникові знімки (теплові карти) — виявлення зон з підвищеною температурою, метеорологічні дані середньодобові, нічні та денні температури, вологість, напрямок вітру, геоінформаційні системи (ГІС) — для просторового аналізу та візуалізації ефекту.

### Практичні завдання

- Обчисліть інтенсивність «острову тепла» ( $\Delta T_1$ ) для кожного часу доби за формулою:

$$\Delta T_1 = T_{Umax} - T_L \quad (3.1)$$

де:

$T_{Umax}$  – максимальне значення температури повітря в місті, °C;

$T_L$  – середня температура повітря за містом, °C.

Таблиця 4.1

### Вихідні дані (умовні вимірювання температури влітку)

| Час доби | Температура в центрі, °C | Температура на околиці, °C<br>(Варіант1) | Температура на околиці, °C<br>(Варіант2) | Температура на околиці, °C<br>(Варіант3) | Температура на околиці, °C<br>(Варіант4) | Температура на околиці, °C<br>(Варіант5) |
|----------|--------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|------------------------------------------|
| 08:00    | 21,0                     | 20,5                                     | 20,3                                     | 20,1                                     | 20,4                                     | 20,7                                     |
| 14:00    | 30,8                     | 29,0                                     | 28,6                                     | 28,7                                     | 29,3                                     | 28,5                                     |
| 20:00    | 27,5                     | 24,0                                     | 24,5                                     | 24,4                                     | 25,0                                     | 25,3                                     |
| 02:00    | 22,0                     | 18,5                                     | 18,1                                     | 18,0                                     | 18,9                                     | 19,0                                     |

- Побудуйте графік залежності  $\Delta T_1$  від часу доби.

|                            |                                                                                                                                                   |                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 13                      |

3. Визначте, коли різниця температур найбільша — вдень чи вночі?
4. Зробіть висновок, чому саме в цей час ефект «острову тепла» посилюється.
5. Запропонуйте 2–3 способи зменшення цього ефекту в містах (озеленення дахів, збільшення парків, заміна асфальту на світлі покриття тощо).

### Контрольні питання

1. Що таке «міський острів тепла» і які чинники його формують?
2. Чому температура в місті вища, ніж у його природному оточенні?
3. У який час доби ефект міського острову тепла найбільш виражений і чому?
4. Як щільність забудови впливає на мікроклімат міста?
5. Які методи використовують для дослідження інтенсивності міського острову тепла?
6. Які наслідки має це явище для екології та здоров'я населення?
7. Які заходи можуть зменшити утворення міського острову тепла?
8. Як зелені насадження впливають на температурний баланс міста?

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 14                     |

## Практична робота №5

### ТЕМА: «АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У МІСЬКІЙ ЕКОСИСТЕМІ»

*Мета:* закріпити знання про фактори, що впливають на обсяг викидів у техногенно навантажених урбоєкосистемах.

#### Теоретичний матеріал

Парниковий ефект — це природне явище, яке забезпечує збереження тепла в атмосфері Землі. Без нього середня температура на планеті була б близько  $-18^{\circ}\text{C}$ , тоді як нині вона становить приблизно  $+15^{\circ}\text{C}$ .

Основними парниковими газами (ПГ) є: вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ), метан ( $\text{CH}_4$ ), закис азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ), озон ( $\text{O}_3$ ), фторвмісні сполуки (HFCs, PFCs, SF<sub>6</sub>).

У містах головні джерела викидів ПГ поділяють на антропогенні (створені людиною) та природні.

Основні антропогенні джерела: транспорт — основний генератор  $\text{CO}_2$  через спалювання бензину й дизеля; енергетика — виробництво електроенергії, теплозабезпечення, котельні; промисловість — хімічні, металургійні, цементні підприємства; будівництво та комунальне господарство — використання енергії для освітлення, опалення, кондиціювання; сміттєзвалища та стічні води — джерела метану ( $\text{CH}_4$ ). Природні джерела: ґрунтове дихання, розклад органічних речовин, біологічна активність водойм.

Структура викидів визначається часткою кожного виду газу та джерела у загальній кількості викидів.

Зазвичай у містах:  $\text{CO}_2$  становить 70–80% усіх викидів;  $\text{CH}_4$  — 10–15% (в основному зі сміттєзвалищ);  $\text{N}_2\text{O}$  — 5–10% (з транспортних і промислових процесів).

#### Практичні завдання

1. Оберіть конкретне місто України (наприклад, Київ, Харків, Дніпро, Львів, тощо).
2. На основі відкритих даних (Регіональні доповіді про стан навколишнього середовища) проаналізуйте:
  - основні джерела викидів (енергетика, транспорт, промисловість, житловий сектор);
  - частку забруднюючих речовин у загальних викидах;
  - заходи, які реалізує міська влада для зменшення парникових газів.
3. Сформууйте короткий аналітичний звіт (2–3 стор.), що включатиме:
  - опис структури міських викидів;
  - висновки про найбільш впливові фактори;
  - рекомендації щодо зменшення емісій.

|                            |                                                                                                                                                   |                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 15                      |

### Контрольні питання

1. Що таке парниковий ефект і які гази його створюють?
2. Які основні антропогенні джерела парникових газів у місті?
3. Який газ становить найбільшу частку у структурі міських викидів?
4. Чому транспорт є одним із головних джерел парникових газів?
5. Як відрізняються антропогенні та природні джерела ПГ?
6. Які наслідки має збільшення концентрації ПГ для клімату?
7. Як можна зменшити обсяг викидів у міській екосистемі?
8. Яку роль відіграють зелені насадження у зменшенні викидів ПГ?

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 16                     |

## Практична робота №6

### ТЕМА: «ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ДОСВІД СКОРОЧЕННЯ ВИКИДІВ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ У МІСЬКИХ ЕКОСИСТЕМАХ»

*Мета:* ознайомитися з міжнародними підходами до моніторингу й скорочення викидів.

#### Теоретичний матеріал

Міста є головними джерелами викидів парникових газів (ПГ) — вони споживають понад 70% світової енергії та виробляють близько 75% усіх викидів CO<sub>2</sub>. Тому саме урбанізовані території стали ключовими у боротьбі зі зміною клімату.

Європейські країни демонструють найактивнішу політику щодо декарбонізації міст, впровадження «зелених» технологій і підвищення енергоефективності.

Розвиток сталого транспорту за приклад: перехід на електробуси, трамваї, велосипеди; введення зон з нульовим рівнем викидів; розвиток інфраструктури для пішоходів і громадського транспорту. Озеленення міського простору, а саме програми «зелений дах» і «зелена стіна», розширення парків, міських лісів і коридорів свіжого повітря. Енергоефективність будівель утеплення, використання сонячних панелей, пасивне опалення та стандарти «нульового енергоспоживання». Відновлювані джерела енергії: вітрові, сонячні, біоенергетичні станції поблизу міст, місцеві енергетичні кооперативи. Управління відходами: роздільний збір, переробка та повторне використання матеріалів, використання біогазу зі сміттєзвалищ як джерела енергії.

#### Практичні завдання

- Оберіть одну з тем:
  - “Європейські міста-лідери у скороченні викидів парникових газів”
  - “Базовий кадастр викидів: як його застосовують у ЄС”
  - “Міські політики енергоефективності та декарбонізації”
  - “Угода мерів і роль місцевої влади у боротьбі зі зміною клімату”
- Підготуйте презентацію (10–12 слайдів), де висвітліть:
  - короткий опис політики або програми;
  - конкретні приклади успішних практик;
  - порівняння з українським досвідом;
  - пропозиції щодо впровадження таких рішень в українських містах.

#### Контрольні питання

- Яку частку світових викидів парникових газів продукують міста?
- Які основні документи формують кліматичну політику ЄС?
- У чому полягає мета Європейської зеленої угоди?

|                            |                                                                                                                                                   |                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 17                      |

4. Які напрями роботи міських екосистем у Європі сприяють зниженню викидів?
5. Як транспортна система впливає на обсяг викидів CO<sub>2</sub>?
6. Яку роль відіграють зелені зони в міському кліматі?
7. Які приклади міст Європи досягли найбільшого успіху у зменшенні викидів?
8. Які уроки з європейського досвіду можна застосувати в Україні?

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 18                     |

## Практична робота №7-8

### ТЕМА: «КЛІМАТИЧНІ РИЗИКИ ДЛЯ ТЕХНОГЕННО ТРАНСФОРМОВАНОЇ МІСЬКОЇ ЕКОСИСТЕМИ»

*Мета:* навчитися визначати рівень кліматичних ризиків для міського середовища, оцінювати вразливість міської інфраструктури до змін клімату та пропонувати адаптаційні рішення для зменшення негативних наслідків.

### Теоретичний матеріал

Міська екосистема — це складна система взаємодії природних компонентів (повітря, вода, ґрунт, рослинність) та антропогенних елементів (будівлі, дороги, промисловість, транспорт). Техногенно трансформована екосистема — це така, у якій природне середовище значною мірою змінене діяльністю людини, а природні процеси порушені або модифіковані.

До основних характеристик таких екосистем належать:

- велика щільність населення;
- високий рівень промисловості;
- значне енергоспоживання;
- забруднення довкілля;
- дефіцит зелених насаджень.

Кліматичні ризики — це потенційні негативні наслідки зміни клімату, які впливають на здоров'я людей, інфраструктуру, економіку та довкілля. У техногенних містах ці ризики мають підвищену інтенсивність, оскільки урбанізоване середовище погано адаптоване до кліматичних змін.

До вразливих елементів міської екосистеми належать будівлі та інфраструктура, транспортна система, енергетичні мережі, зелені зони. Заходи щодо зменшення кліматичних ризиків, це: адаптація інфраструктури до нових кліматичних умов (дренаж, вентиляція, «розумні» системи), збільшення зелених насаджень, створення парків і зелених дахів, використання стійких матеріалів при будівництві, модернізація транспортних систем на екологічних принципах, моніторинг кліматичних змін та інтеграція цих даних у міське планування.

|                         |                                                                                                                                                   |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*_<br>05.02/2/**/***_<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 19                      |

### Практичні завдання

1. Оберіть одне місто України (на вибір: Київ, Львів, Одеса, Дніпро, Житомир). Підготуйте коротку характеристику кліматичних умов (температурний режим, кількість опадів, екстремальні явища за останні 5-10 років).
2. Визначте основні типи кліматичних загроз для обраного міста (підвищення температури, посухи, зливи, бурі, підтоплення тощо). Оцініть, які наслідки ці явища можуть мати для населення, економіки та екосистем міста.
3. Запропонуйте 2–3 адаптаційні заходи, які допоможуть зменшити негативний вплив (наприклад: зелені насадження, енергоефективні будівлі, системи збору дощової води).
4. Створіть 15 тестових запитань (по 5 варіантів відповідей, 1 правильний). Тематика тестів:
  - Поняття «вразливість», «експозиція», «адаптивна здатність» (5 питань);
  - Кліматичні феномени та їх наслідки (5 питань);
  - Заходи адаптації урбоєкосистем (5 питань).

### Контрольні питання

1. Що означає поняття «техногенно трансформована міська екосистема»?
2. Що таке кліматичні ризики і чому вони особливо небезпечні для міст?
3. Які головні види кліматичних ризиків характерні для урбанізованих територій?
4. Як впливають екстремальні температури на міське середовище?
5. Які наслідки можуть спричинити зміни у режимі опадів для міста?
6. Які елементи міської екосистеми найбільш вразливі до кліматичних змін?
7. Які заходи допомагають адаптувати міста до нових кліматичних умов?
8. Які європейські міста мають успішний досвід протидії кліматичним ризикам?

|                         |                                                                                                                                                   |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 20                      |

## Практична робота №9

### ТЕМА: «ПЛАНУВАННЯ ТЕРИТОРІЇ МІСТ ДЛЯ ПОМ'ЯКШЕННЯ ЗМІНИ КЛІМАТУ»

*Мета:* навчитися аналізувати вплив міського планування на мікроклімат урбоекосистеми та розробляти пропозиції щодо зниження викидів парникових газів.

### Теоретичний матеріал

Міста, як центри споживання енергії та джерела викидів парникових газів, відіграють ключову роль у формуванні глобального клімату. Рациональне міське планування є важливим інструментом пом'якшення наслідків зміни клімату та підвищення стійкості міських екосистем.

Метою кліматично орієнтованого планування є зменшення викидів парникових газів (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>, N<sub>2</sub>O), підвищення енергоефективності забудови, адаптація міської інфраструктури до екстремальних погодних явищ, покращення якості життя населення за рахунок сталого розвитку.

Одним з основних принципів планування території міст з урахуванням клімату є збереження та розвиток зелених зон, наприклад: створення парків, скверів, зелених дахів і стін, озеленення вулиць, транспортних розв'язок, прибудинкових територій, підвищення біорізноманіття та поліпшення мікроклімату. Також важливим є компактна та енергоефективна забудова, а саме забудова з урахуванням інсоляції, вентиляції та тіньового балансу, використання енергоефективних будівельних матеріалів, зменшення розростання міської території. Розвиток сталого транспорту відіграє одну з основних важливих ролей. Є необхідність в розширенні пішохідних зон і велосипедних маршрутів, інтеграції електротранспорту та громадських перевезень, зменшенні використання приватних авто з ДВЗ. А також впровадження відновлюваних джерел енергії, а саме сонячні панелі, вітрові турбіни, геотермальні системи у межах міста та енергоавтономні мікрорайони та «зелені» будинки. Рациональне використання водних ресурсів, наприклад: системи збору дощової води, злизові парки та біоінженерні споруди та відновлення природних водойм та річкових екосистем. Для кліматичного зонування території слід проводити аналіз вітрових потоків, теплових островів, вологісних режимів та визначення територій, які потребують озеленення.

### Практичні завдання

1. Виберіть одне українське місто, проаналізуйте його структуру (зонування, густоту забудови, наявність зелених зон). Визначте, які міські райони найбільше сприяють утворенню “островів тепла”.

|                            |                                                                                                                                                   |                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/**-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 21                     |

- Запропонуйте 3–4 планувальні заходи для покращення мікроклімату.
- Складіть 10 тестів з 5 варіантами відповіді.

### Контрольні питання

- Чому міста мають важливе значення у пом'якшенні зміни клімату?
- Які основні цілі має кліматично орієнтоване планування територій?
- Які принципи враховуються при створенні «зелених» міст?
- Як зелені насадження впливають на мікроклімат міста?
- Яким чином транспортна система може зменшити викиди парникових газів?
- Що означає поняття «компактна забудова» і які її переваги?
- Які приклади успішного кліматичного планування реалізовані в Європі?
- Як впровадження відновлюваних джерел енергії допомагає містам бути стійкішими до кліматичних змін?

|                         |                                                                                                                                                   |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 22                      |

## Практична робота №10

### ТЕМА: «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЗНИЖЕННЯ ВИКИДІВ У МІСЬКІЙ ІНФРАСТРУКТУРІ»

*Мета:* розвинути практичні навички аналізу та планування заходів з підвищення енергоефективності у міському середовищі.

### Теоретичний матеріал

Енергоефективність — це раціональне використання енергії з мінімальними втратами при збереженні або підвищенні рівня комфорту та продуктивності.

Для міських екосистем це один із найважливіших шляхів зниження викидів парникових газів (ПГ) та адаптації до зміни клімату.

Міста споживають понад 70% світової енергії і продукують близько 75% усіх викидів CO<sub>2</sub>, тому саме енергоефективність міської інфраструктури визначає екологічну стійкість регіону.

Основними джерелами викидів у міській інфраструктурі є житлово-комунальне господарство, транспортна система, промисловість і енергетика та будівництво.

### Практичні завдання

1. Оберіть будівлю або об'єкт міської інфраструктури (школа, лікарня, житловий будинок, транспортний вузол).
2. Проаналізуйте, які джерела енергії використовуються та які можливі шляхи зменшення вуглецевих викидів.
3. Запропонуйте 5 енергоефективних рішень, наприклад:
  - утеплення фасадів;
  - вентиляція з рекуперацією тепла;
  - LED-освітлення;
  - використання сонячних панелей;
  - перехід на біогаз або теплові насоси.
4. Підготуйте короткий висновок про економічний та екологічний ефект запропонованих змін.

### Контрольні питання

1. Що означає поняття «енергоефективність» у міському контексті?
2. Які основні джерела викидів парникових газів у міській інфраструктурі?
3. Як енергоефективні будівлі сприяють зменшенню викидів?
4. Яку роль відіграє транспорт у формуванні міського вуглецевого сліду?

|                            |                                                                                                                                                   |                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/**-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 23                     |

5. Які технології використовуються для підвищення ефективності енергопостачання?
6. Які переваги має впровадження LED-освітлення в містах?
7. Які європейські міста є лідерами у впровадженні енергоефективних рішень?
8. Як підвищення енергоефективності впливає на сталий розвиток міста?

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 24                     |

## Практична робота №11

### ТЕМА: «АНАЛІЗ ЗАХОДІВ АДАПТАЦІЇ ТРАНСПОРТНОЇ СИСТЕМИ ДО КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН»

*Мета:* оцінити ефективність запропонованих у лекції заходів щодо адаптації транспортної системи до кліматичних змін і розробити власні пропозиції для умов конкретного міста (на вибір студента).

#### Теоретичний матеріал

Кліматичні зміни суттєво впливають на надійність, безпеку й ефективність транспортної інфраструктури. Підвищення температур, збільшення кількості екстремальних погодних явищ, злив і повеней створюють серйозні ризики для міського транспорту.

Основними проблемами є руйнування дорожнього покриття від перегріву або розмивання, пошкодження залізничних колій через температурні деформації, збої у роботі громадського транспорту через повені або снігові бурі, порушення логістики та затримки перевезень, зростання викидів CO<sub>2</sub> через затори й неефективну роботу транспорту.

Адаптація транспортної системи до кліматичних змін — це комплекс технічних, організаційних та управлінських заходів, спрямованих на підвищення стійкості транспортної інфраструктури та зменшення негативних наслідків кліматичних ризиків.

Мета адаптації полягає у забезпеченні безперервності транспортного руху за будь-яких погодних умов, зменшенні енергоспоживання, інтегруванні екологічно чистих видів транспорту, підвищенні комфорту і безпеки пасажирів.

#### Практичні завдання

- Визначити основні кліматичні ризики для транспортної інфраструктури вашого міста (спека, сильний вітер, зливи, ожеледь тощо).
- Заповнити таблицю:

| Кліматичний ризик | Можливі наслідки для транспорту | Запропоновані заходи адаптації | Очікуваний ефект |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------|
|-------------------|---------------------------------|--------------------------------|------------------|

- Запропонувати 2–3 додаткові інноваційні рішення з адаптації транспорту (наприклад, «розумні» системи моніторингу погоди, зелені навіси для пішохідних зон тощо).
- Зробити короткий висновок (5–7 речень) про доцільність впровадження заходів у вашому місті.

#### Контрольні питання

- Як зміна клімату впливає на транспортну систему міста?
- Що означає поняття «адаптація транспортної системи»?

|                            |                                                                                                                                                   |                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/**-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 25                     |

3. Які головні напрями адаптації транспорту до кліматичних змін?
4. Як інфраструктурна модернізація сприяє стійкості транспорту?
5. Які переваги має перехід на електричний транспорт?
6. Яку роль відіграють «розумні» транспортні системи?
7. Які міста Європи є прикладами ефективної транспортної адаптації?
8. Як зменшення вуглецевого сліду транспорту впливає на клімат міста?

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 26                     |

## Практична робота №12

### ТЕМА: «АДАПТАЦІЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ТА ВОДНОЇ СФЕР МІСТА ДО ЗМІНИ КЛІМАТУ»

**Мета:** проаналізувати особливості адаптації енергетичної та водної систем до кліматичних викликів і визначити можливості впровадження відповідних технологій в Україні.

#### Теоретичний матеріал

Зміна клімату безпосередньо впливає на енергетичну та водну інфраструктуру міст, викликаючи нові виклики у забезпеченні стабільності, безпеки та ефективності цих систем. Підвищення температур, екстремальні опади, посухи та паводки змінюють режим споживання енергії та води, створюючи потребу в адаптаційних заходах.

Вплив зміни клімату на енергетичну сферу: зростання попиту на електроенергію через збільшення використання кондиціонерів улітку, підвищення ризику пошкодження енергомереж через бурі, зливи, перегрів, зниження ефективності теплових електростанцій при нестачі охолоджувальної води, порушення роботи відновлюваних джерел (вітрових і сонячних станцій) через нестабільні погодні умови.

Вплив зміни клімату на водну сферу: посухи та дефіцит водних ресурсів у літній період, паводки та підтоплення унаслідок інтенсивних опадів, погіршення якості питної води через підвищення температури та забруднення, підвищення навантаження на системи водопостачання й каналізації.

Напрями адаптації енергетичної сфери міста: диверсифікація джерел енергії, підвищення стійкості енергомереж, оптимізація споживання енергії.

Напрями адаптації водної сфери міста: раціональне управління водними ресурсами, захист від повеней і підтоплень, покращення якості води.

#### Практичні завдання

1. На основі лекційного матеріалу визначити основні проблеми енергетичної сфери, пов'язані з підвищенням температури.
2. Запропонувати заходи для:
  - підвищення ефективності енергетичних систем (3–4 приклади),
  - охорони та раціонального використання водних ресурсів (3–4 приклади).
3. Порівняти досвід країн ЄС і можливості його застосування в Україні (у вигляді короткої таблиці):

| Сфера      | Приклад адаптаційного заходу в ЄС | Можливість впровадження в Україні | Потенційні переваги |
|------------|-----------------------------------|-----------------------------------|---------------------|
| Енергетика |                                   |                                   |                     |

|                         |                                                                                                                                                   |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*_<br>05.02/2/**/***_<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 27                      |

|               |  |  |  |
|---------------|--|--|--|
| Водні ресурси |  |  |  |
|---------------|--|--|--|

4. Вказати, які локальні проєкти (на рівні міста або громади) могли б бути впроваджені для підвищення кліматичної стійкості.
5. Написати аналітичний висновок (до 1 сторінки): які заходи є пріоритетними для вашого регіону та чому.

### Контрольні питання

1. Як зміна клімату впливає на енергетичну та водну сфери міста?
2. Які основні цілі має адаптація цих систем до нових кліматичних умов?
3. Назвіть ключові напрями адаптації енергетичної сфери.
4. Які заходи сприяють раціональному використанню води в містах?
5. Як впровадження відновлюваних джерел енергії допомагає зменшити ризики?
6. Яким чином можна запобігти підтопленням у міських районах?
7. Які європейські міста реалізують ефективні адаптаційні стратегії?
8. Які результати очікуються від впровадження адаптаційних заходів у містах?

|                         |                                                                                                                                                   |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*_<br>05.02/2/**/***_<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 28                      |

### Практична робота №13

## ТЕМА: «КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ ЯК ФАКТОР РИЗИКУ ДЛЯ ЗДОРОВ'Я НАСЕЛЕННЯ»

**Мета:** дослідити вплив кліматичних змін на стан здоров'я населення, визначити основні ризики для громадського здоров'я та розробити рекомендації щодо зменшення їхнього негативного впливу.

### Теоретичний матеріал

Кліматичні зміни є одним із найсерйозніших викликів для здоров'я населення у XXI столітті. Підвищення температури, зміни режиму опадів, частіші стихійні явища (повені, посухи, спека) впливають на фізичний, психічний і соціальний добробут людини. Згідно з даними ВООЗ (Всесвітньої організації охорони здоров'я), зміна клімату вже сьогодні спричиняє десятки тисяч передчасних смертей щорічно через спеку, інфекції, забруднення повітря та нестачу води. Кліматичні зміни призводять до зростання середньорічних температур, частоти екстремальних погодних явищ, зміни режиму опадів, поширення нових інфекційних хвороб і збільшення рівня забруднення повітря.

Усе це має безпосередній вплив на здоров'я людей, особливо вразливих груп населення — дітей, людей похилого віку, пацієнтів із хронічними хворобами.

Основні типи ризиків:

- Тепловий стрес і зневоднення під час хвиль спеки;
- Респіраторні захворювання через забруднення повітря та пилові бурі;
- Інфекційні ризики, пов'язані з поширенням комах (малярія, вірус Західного Нілу, кліщові інфекції);
- Психоемоційні наслідки (стрес, тривожність через стихійні лиха);
- Порушення харчової безпеки через зміни у сільському господарстві.

### Практичні завдання

1. Проведіть аналіз впливу кліматичних факторів на здоров'я населення та заповніть таблицю.

| Кліматичний фактор | Можливі наслідки для здоров'я | Найвразливіші групи населення | Приклади профілактичних заходів |
|--------------------|-------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|
|                    |                               |                               |                                 |
|                    |                               |                               |                                 |
|                    |                               |                               |                                 |
|                    |                               |                               |                                 |

|                            |                                                                                                                                                   |                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*_<br>05.02/2/**/***_<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 29                      |

2. Визначте 2–3 основні кліматичні ризики, характерні для вашої області (наприклад, для Житомирської — хвилі спеки, буревії, підтоплення).
3. Запропонуйте конкретні адаптаційні заходи місцевого рівня (організаційні, медичні, освітні).

### Контрольні питання

1. Як саме зміна клімату впливає на здоров'я людей?
2. Які основні кліматичні ризики для здоров'я населення?
3. Назвіть приклади інфекційних хвороб, що поширюються через зміну клімату.
4. Які групи населення є найбільш уразливими?
5. Які заходи адаптації може реалізувати система охорони здоров'я?
6. Як зменшення забруднення повітря впливає на стан здоров'я?
7. Які європейські країни мають ефективні програми реагування на кліматичні ризики?
8. Як громадська освіта допомагає у профілактиці кліматозалежних хвороб?

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 30                     |

## Практична робота №14

### ТЕМА: «УПРАВЛІННЯ СТІЙКИМ РОЗВИТКОМ ТЕХНОГЕННО НАВАНТАЖЕНИХ УРБОЕКОСИСТЕМ В УМОВАХ КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН»

*Мета:* дослідити принципи та інструменти управління стійким розвитком урбоєкосистем, визначити основні шляхи адаптації міст до кліматичних викликів та зменшення техногенного навантаження.

#### Теоретичний матеріал

Сучасні міста є центрами промисловості, транспорту, енергетики та споживання ресурсів, що робить їх техногенно навантаженими урбоєкосистемами. Умови глобальних кліматичних змін (зростання температури, посухи, повені, екстремальні погодні явища) посилюють навантаження на природне середовище та міську інфраструктуру. Тому надзвичайно важливою стає система управління стійким розвитком таких урбоєкосистем, яка забезпечує екологічну безпеку, економічну стабільність та соціальний комфорт населення.

Урбоєкосистема — це складна система взаємодії природних, соціальних і техногенних компонентів у межах міста.

Стійкий розвиток урбоєкосистем передбачає збалансований розвиток соціальної, економічної та екологічної сфер міста, що дозволяє забезпечити комфортне життя населення без виснаження природних ресурсів. В умовах зростання техногенного навантаження та кліматичних змін ключового значення набувають: впровадження зелених технологій; енергоефективність та декарбонізація міського господарства; адаптивне планування територій; розвиток урбаністичної екологічної політики; моніторинг довкілля та екологічна освіта населення.

Основні цілі управління стійким розвитком урбоєкосистем: зниження рівня техногенного навантаження; підвищення якості міського середовища; раціональне використання ресурсів; підвищення кліматичної стійкості міської інфраструктури.

#### Практичні завдання

1. Визначте основні проблеми урбоєкосистеми, оберіть конкретне місто (наприклад, Житомир, Київ, Львів, Харків). Проаналізуйте основні екологічні проблеми, що знижують його стійкість.

| Основна проблема | Джерело/причина | Можливі наслідки | Необхідні управлінські рішення |
|------------------|-----------------|------------------|--------------------------------|
|                  |                 |                  |                                |
|                  |                 |                  |                                |

|                         |                                                                                                                                                   |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 31                      |

|  |  |  |  |
|--|--|--|--|
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

2. Заповніть аналітичну таблицю, оцінивши ступінь стійкості за п'ятибальною шкалою (1 – низька, 5 – висока).

| Напрямок                                                 | Оцінка (1–5) | Коментар |
|----------------------------------------------------------|--------------|----------|
| Екологічна стійкість (якість повітря, води, зелених зон) |              |          |
| Енергетична ефективність                                 |              |          |
| Транспортна система (екологічність, мобільність)         |              |          |
| Управління відходами                                     |              |          |
| Соціальна відповідальність і екопросвіта                 |              |          |
| Загальний рівень стійкого розвитку                       |              |          |

3. На основі результатів сформулюйте короткі висновки (5–6 речень).

### Контрольні питання

1. Що таке техногенно навантажена урбоєкосистема?
2. Які основні кліматичні виклики стоять перед такими системами?
3. У чому полягає мета управління стійким розвитком міста?
4. Які напрями екологічної модернізації промисловості ви знаєте?
5. Як “зелений каркас” міста впливає на його кліматичну стійкість?
6. Які заходи сприяють енергоефективності міської інфраструктури?
7. Яку роль відіграє громадськість у сталому розвитку урбоєкосистеми?
8. Які європейські міста є прикладами ефективного управління стійким розвитком?

|                         |                                                                                                                                                   |                                 |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 32                     |

## СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

### *Основна література*

1. Patseva I., Herasymchuk L., Kahukina A., Patsev I., Valerko R., Ustymenko V. The impact of forest fires in the context of climate change: an interdisciplinary analysis. Technology Audit and Production Reserves. 2025. 3 (83). P. 25–37. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.331295>
2. Kahukina A., Patseva I. Assessment and forecast of atmospheric pollutant dynamics in the urban ecosystem of Zhytomyr. Technology Audit and Production Reserves. 2025. № 2 (82). P. 36–42. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2025.326893>
3. Вишневецький В.І., Доніч О.А., Куций А.В. Клімат Києва та його околиць. Київ: Варто, 2023. 124 с
4. Герасимчук О.Л., Кагукіна А.М., Шевчук Л.М., Підвисоцький В.Т. Стан ґрунтових ресурсів Житомирщини в контексті кліматичних змін. Екологічні науки. 2025. Вип. 4(61). С. 206-211
5. Яковшина Т.Ф. Адаптація ЄС до змін клімату та стійкі урбоєкосистеми: Навчальний посібник. – Дніпро: ПДАБА. 2023. – 109 с.
7. Пацева І.Г., Кагукіна А.М. Відновлення деградованих лісових екосистем внаслідок бойових дій в умовах змін клімату. Екологічні науки. 2025. Вип. 2(59). С.173-177.
8. Кагукіна А.М., Пацева І.Г. Взаємозв'язок метеорологічних параметрів та забруднюючих речовин у повітряному басейні міста Житомир. Екологічні науки. 2025. Вип. 1(58). С.58-64.
9. Кагукіна А.М., Пацева І.Г. Графічний аналіз закономірностей сезонних температурних коливань та концентрації забруднювачів атмосфери міського середовища. Екологічні науки. 2024. Вип. 5(56). С. 193-197.
10. Пацева І.Г., Кагукіна А.М. Коефіцієнти суттєвості відхилень середньомісячних показників температури повітря та кількості опадів в місті Житомир. Екологічні науки. 2024. Вип. 2(53). С. 238-242.
11. Пацева І.Г., Кагукіна А.М., Луньова О.В. Тенденції зміни клімату Житомирщини. Екологічні науки. 2023. Вип. 6(51). С. 156-159.
12. Пацева І.В., Кагукіна А.М. Адаптація до зміни клімату міста Житомир. Проблеми хімії та сталого розвитку. 2023. Вип. 3. С. 66-72.

### *Допоміжна література*

1. Kireitseva H., Demchuk L., Paliy O., Kahukina A. Toxic impacts of the war on Ukraine. International Journal of Environmental Studies. 2023. Vol. 80. pp. 267-276.
2. Кагукіна А. М., Пацева І. Г. Аналіз показників монооксиду вуглецю, діоксиду азоту та аміаку в повітряному басейні міста Житомир за даними громадського моніторингу повітря ECOCITY. Екологічні науки. 2024. Вип. 3(54). С. 23-31.

|                            |                                                                                                                                                   |                                  |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*_<br>05.02/2/**/***_<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 33                      |

3. Пацева І.Г., Кагукіна А.М. Аналіз стану атмосферного повітря міста Житомира. Слобожанський науковий вісник. Серія: Природничі науки. 2024. Вип.1. С. 77-81.
4. Луньова О.В., Кагукіна А.М. Аналіз антропогенного забруднення Житомирського регіону. Екологічні науки. 2023. Вип. 3(48). С. 48-52.
5. Луньова О.В., Герасимчук О.Л., Кагукіна А.М. Аналіз стану водних ресурсів Житомирської області та їх вплив на організм людини. Екологічні науки. 2022. Вип. 6(45). С. 31-34.
6. Пацева І.Г., Герасимчук О.Л., Кагукіна А.М. Системний підхід управління відходами об'єднаних територіальних громад. Екологічні науки. 2022. Вип. 43. С. 181-184

### **Інформаційні ресурси в Інтернеті**

1. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2697-19#Text>
2. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text>
3. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2362-19#Text>
4. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/3991-20#Text>
5. <https://www.ecad.eu/>

|                         |                                                                                                                                                   |                                  |
|-------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------|
| Житомирська політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/***-<br>20__ |
|                         | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 34                      |

## Додаток А

### Особливості складання есе

**Есе** — це прозовий текст невеликого обсягу, у якому автор чи авторка виражає особисті думки, погляди, враження та міркування з проблемного питання.

*Вимоги до есе:*

- обсяг — 2–3 сторінки тексту;
- кожен абзац есе розкриває одну думку;
- есе не має містити нічого зайвого, має нести лише інформацію, необхідну для розкриття власної позиції автора;
- есе відрізняється чіткою композиційною побудовою, має бути логічним за структурою.
- текст має містити переконливе аргументування порушеної проблеми.

#### Зміст есе

Тема — проблемне питання, відповідь на яке автор чи авторка дає у тексті.

Теза — коротко й чітко сформульована основна думка есе, позиція автора чи авторки в проблемному питанні.

Почати формулювати тезу можна зі слів:

- Я думаю, ...
- Я вважаю, ...
- На моє переконання, ...
- На мою думку, ...
- Мій погляд на цю проблему (на це питання) такий: ...

Аргументи — докази, підтвердження та переконання щодо проблемного питання. Аргументів в есе має бути як мінімум два.

Їх необхідно оформлювати чітко, наприклад:

- На користь (для підтвердження) моєї думки можу навести такі аргументи: ...
- Довести своє твердження я можу такими аргументами: ...
- Я так вважаю, тому що ...
- По-перше, ...
- По-друге, ...

Приклади — факти, події, що ілюструють та підтверджують аргументи, наприклад:

- Для підтвердження своєї думки можу навести приклад...
- Яскравим прикладом саме такої точки зору є... • Наприклад, ... • Наведу приклад з (історії, літератури) ...

|                            |                                                                                                                                                   |                                 |
|----------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| Житомирська<br>політехніка | МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ<br>ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «ЖИТОМИРСЬКА ПОЛІТЕХНІКА»<br>Система управління якістю відповідає ДСТУ ISO 9001:2015 | Ф.-*-<br>05.02/2/**/**-<br>20__ |
|                            | Екземпляр № 1                                                                                                                                     | Арк 35 / 35                     |

- Для прикладу згадаймо постать (подію, випадок) ...

Висновок в есе — це підсумок сказаного, коротко зібрані разом теза та аргументи, наприклад:

- Отже, ...
- Підсумовуючи, скажу (зазначу) ...
- Таким чином, ...
- Можна зробити висновок, що ...
- Отже, бачимо, що ...