

Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства та
природокористування

Кафедра екології, технології захисту навколишнього середовища та
лісового господарства

05-02-208

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни
«Адаптація до змін клімату» для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою
«Екологія» спеціальності 101 «Екологія» та освітньо-професійною
програмою «Технології захисту навколишнього середовища»
спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано науково-методичною
радою з якості ННІАЗ
Протокол № 9
від «19» травня 2020 року

Рівне – 2020

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни «Адаптація до змін клімату» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Екологія» спеціальності 101 «Екологія» та освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» денної та заочної форм навчання [Електронне видання] / Прищеп А. М., Буднік З. М. – Рівне : НУВГП, 2020. – 48 с.

Укладачі: Прищеп А. М., к.с.-г.н., професор кафедри екології, ТЗНС та ЛГ; Буднік З. М., асистент кафедри екології, ТЗНС та ЛГ.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., доктор с.-г. наук, професор, завідувач кафедри екології, ТЗНС та ЛГ.

Керівник групи забезпечення спеціальності 101 «Екологія» д.с.-г.н., професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Бедункова О. О.

Керівник групи забезпечення спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» к.с.-г.н., професор кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства Прищеп А. М.

© Прищеп А. М.,
Буднік З. М., 2020
© НУВГП, 2020

ЗМІСТ

Вступ	3
Практична робота № 1	
Порівняльний аналіз глобальних та регіональних кліматичних моделей.....	4
Практична робота №2	
Вимірювання температури повітря та ґрунту. Побудова гістограм річного ходу температури.....	6
Практична робота №3	
Визначення сум активних і ефективних температур.....	11
Практична робота №4	
Вимірювання атмосферних опадів, снігового покриву і випаровування. Побудова гістограм кількості опадів.....	15
Практична робота №5	
Вимірювання характеристик вітру. Побудова рози вітрів.....	22
Практична робота № 6	
Адаптація біорізноманіття до змін клімату.....	30
Практична робота № 7 Адаптація сільського господарства до змін клімату.....	32
Практична робота 8	
Оцінка вразливості міста до кліматичної зміни	37
Використана література.....	47
Додаток А.....	48

ВСТУП

Дисципліна «Адаптація до змін клімату» є важливою для студентів екологічних спеціальностей з точки зору формування у них бережливого ставлення до природи та надання знань про наукові та методичні підходи щодо забезпечення ефективної охорони навколишнього середовища. Запропоновані у методичних вказівках практичні заняття охоплюють головні теми дисципліни «Адаптація до змін клімату».

Після виконання цих практичних робіт студенти повинні вміти: використовувати прилади для вимірювання атмосферних явищ, оцінювати та прогнозувати зміни кліматичних показників, розробляти заходи з адаптації до змін клімату біорізноманіття та сільського господарства, оцінювати вразливість міст та територій до змін клімату. Таким чином, дані методичні вказівки призначені для формування у студентів екологічних спеціальностей практичних умінь в оцінці зміни клімату.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 1

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ГЛОБАЛЬНИХ ТА РЕГІОНАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

Мета: ознайомитися з розробленими глобальними та регіональними кліматичними моделями

Теоретична частина

Сучасні зміни клімату, що підтверджуються результатами метеорологічних спостережень, потребують новітніх методів дослідження та можливості прогнозування змін стану кліматичної системи, окремих її частин, а також оцінки наслідків таких змін.

Сучасний підхід до вирішення таких проблем – застосування чисельного моделювання з використанням глобальних та регіональних кліматичних моделей.

Глобальні кліматичні моделі – це моделі загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО), доповнені математичними залежностями, які описують стан суходолу та морської поверхні включно з їх льодовим покривом.

Самі ж МЗЦАО представляють собою системи трьохвимірних диференційних рівнянь, що описують фізичні процеси, які відбуваються у кліматичній системі, їх динаміку у часі на Землі, що обертається.

Регіональна кліматична модель (PKM) – трьохвимірна динамічна чисельна модель, в якій на границях регіону задаються (і поновлюються) значення модельованих величин, що отримані за допомогою глобальної моделі, а далі проводиться їх розрахунок для виділеного регіону з більшим просторовим розділенням, уточненою параметризацією окремих процесів та врахуванням особливостей підстильної поверхні.

Більшість сучасних глобальних моделей підходять до розв'язання систем диференційних рівнянь, що описують стан кліматичної системи, використовуючи спектральний метод, реалізований через спектрально-сіткові перетворення; включають блоки, що описують адвекцію, в тому числі і перенесення в атмосфері основних складових повітря, а також аерозолів та термодинамічно активних домішок; використовують удосконалені просторові сітки; запроваджують уточнену параметризацію підсіткових процесів.

Глобальні моделі мають горизонтальне розділення близько 250 км (найсучасніші – 50-100 км), а по вертикалі - розраховуються від 17 до 80 рівнів.

Якщо глобальні моделі мають крок сітки від 100 до 300 км, то регіональні – менше 50 км.

У зв'язку з необхідністю та складністю детального вивчення сучасного стану кліматичної системи, прогнозування змін глобального клімату та їх можливих наслідків, математичні методи моделювання атмосферних процесів на сьогодні стають основними.

Кліматичний сценарій – це ймовірна, правдоподібна характеристика еволюції стану кліматичної системи за умов прийнятих у відповідних сценаріях розвитку людства при відповідних їм рівнях емісій парникових газів та аерозолів. Модельні розрахунки базуються на існуючих фізичних поняттях про вплив таких емісій на стан кліматичної системи. Тоді, відповідно, сценарій змін клімату розглядається як різниця між кліматичними показниками, отриманими у розрахунках для стану кліматичної системи у майбутньому та їх сучасними значеннями. При цьому отримане для майбутніх періодів значення кліматичної характеристики називають «проекцією» на відміну від «прогнозу» для того, щоб підкреслити залежність розрахованої величини від обраного сценарію розвитку людства. Тоді, проекцію розуміють як змодельований відгук кліматичної системи на просторово-часовий розподіл майбутніх викидів/концентрацій парникових газів і аерозолів.

Необхідність просторової деталізації оцінок майбутніх кліматичних змін викликає потребу створення та використання регіональних кліматичних моделей. Крім збільшення просторового розділення, у регіональні моделі можуть включатися також додаткові блоки, що уточнюють відтворення мезомасштабних процесів, деталізують орографію та тип підстильної поверхні.

Хід роботи


1. Використовуючи літературу та мережу Internet ознайомитись із кліматичними сценаріями. Заповнити таблицю 1.
2. Здійснити пошук та вибір глобальних та регіональних кліматичних моделей. Встановити які з них найкраще будуть описувати зміни клімату для України.
3. На основі однієї регіональної кліматичної моделі побудувати графіки зміни середніх температур та опадів на період до 2100 року. Зробити висновки.

Порівняльний аналіз кліматичних сценаріїв

№ з/п	Кліматичний сценарій	Розробник	Характеристика

Питання для самоконтролю

1. Які основні ознаки глобальних кліматичних моделей?
2. Як Ви розумієте термін «Регіональні кліматичні моделі»?
3. Що таке «Кліматичний сценарій»?
4. Як розрізняються глобальні кліматичні моделі?

 Практична робота підготовлена з використанням літературних джерел: 2, 6, 9, 10.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2
ВИМІРЮВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ТА
ГРУНТУ. ПОБУДОВА ГІСТОГРАМ РІЧНОГО ХОДУ
ТЕМПЕРАТУРИ

Мета роботи. Ознайомитись із методами та приладами вимірювання температури повітря та ґрунту. Навчитись будувати гістограму річного ходу температури повітря.

Хід роботи

Температура є однією з величин, що характеризує тепловий стан системи "атмосфера – земна поверхня". **Температура повітря** — один із термодинамічних параметрів стану атмосфери. Розподіл температури повітря в атмосфері, її зміни називають тепловим режимом атмосфери. Тепловий режим атмосфери є важливою характеристикою клімату певної території.

Для вимірювання температури повітря, ґрунту і води користуються термометрами. Принцип дії будь-якого термометра ґрунтується на закономірній залежності вибраної для вимірів фізичної властивості речовини в термометрі. Ці властивості і речовини називають термоелектричними. Метод вимірювання температури і вид термометрів визначає вибрана термометрична характеристика. Для порівняння показів різних термометрів їх градуують за шкалою.

Одиниця вимірів температури залежить від вибраної температурної шкали. У метеорології застосовують дві температурні шкали: Цельсія (запропонована в 1748 р) і Фаренгейта (запропонована в 1715 р.). Градус температурної шкали Цельсія ($^{\circ}\text{C}$) складає 1/100 інтервалу між точками танення льоду і кипіння води і має значення відповідно 0°C і 100°C . Градус температурної шкали Фаренгейта ($^{\circ}\text{F}$) складає 1/180 інтервалу між точками танення льоду і кипіння води і має присвоєні значення 32°F і 212°F . Крім того, існує температурна шкала Реомюра (в 1736р.) і Кельвіна (в 1848р.). Градус температурної шкали Реомюра ($^{\circ}\text{R}$) складає 1/80 інтервалу між точками танення льоду і кипіння води і має відповідно значення 0 і 80. Шкала Кельвіна називається термодинамічною і спирається на реперну точку – потрійну точку води (тобто точку рівноваги стану трьох фаз води). Градус шкали Кельвіна ($^{\circ}\text{K}$) складає 1/100 інтервалу між точками танення льоду і кипіння води. Але з врахуванням того, що температура потрійної точки води лежить вище точки танення льоду на 0,01, реперній точці шкали дано значення 273.16°K (273°K). Таким чином Кельвін визначається як 1/273,16 інтервалу термодинамічної шкали між абсолютним нулем і потрійною точкою. Часто шкалу Кельвіна називають абсолютною. За абсолютною шкалою температура може бути тільки додатною.

На метеорологічних станціях вимірюють температуру повітря, на поверхні ґрунту та на глибині. Для цього застосовують засоби вимірювальної техніки. Методи вимірювання термометрами діляться на декілька груп:

- рідинні термометри, дія яких базується на зміні об'єму рідини у разі зміни значень температури;
- деформаційні термометри, дія яких базується на зміні лінійних розмірів твердих тіл у разі зміни значень температури;
- термоелектричні термометри, що діють за рахунок зміни електрорушійної сили термоелементів у разі зміни різниці значень температури спаїв;
- електротермометри опору, дія яких залежить від зміни електропровідності тіл у разі зміни температури.

Для вимірювання температури повітря застосовують такі засоби вимірювальної техніки:

- метеорологічний психрометричний термометр ТМ–4 з діапазоном вимірювання від -35°C до $+40^{\circ}\text{C}$ (ТМ–4–1); від -20°C до $+50^{\circ}\text{C}$ (ТМ–4–2);

– метеорологічний низькоградусний термометр ТМ-9 з діапазоном вимірювання від -60°C до $+20^{\circ}\text{C}$ (ТМ-9-1); від -70°C до $+20^{\circ}\text{C}$ (ТМ-9-2);

– метеорологічний мінімальний термометр ТМ-2 з діапазоном вимірювання від -70°C до $+20^{\circ}\text{C}$ (ТМ-2-1); від -60°C до $+30^{\circ}\text{C}$ (ТМ-2-2); від мінус 50°C до $+40^{\circ}\text{C}$ (ТМ-2-3);

– метеорологічний максимальний термометр ТМ-1 з діапазоном вимірювання від -35°C до $+50^{\circ}\text{C}$ (ТМ-1-1); від -20°C до $+70^{\circ}\text{C}$ (ТМ-1-2).

Спостереження за температурою поверхні ґрунту проводять на метеомайданчику протягом усього року. Для цього в південній його частині вибирають ділянку розміром 4×6 м або 3×4 м, якщо спостереження проводять тільки за температурою поверхні ґрунту. Оголена ділянка повинна бути розташована на одному рівні з метеорологічним майданчиком.

Температуру поверхні ґрунту й снігового покриву вимірюють у кожний строк спостережень. Температуру за всіма термометрами відраховують з точністю до $0,1^{\circ}\text{C}$. Під час знімання показів до термометрів треба підходити з північної сторони по рейковому настилу, термометри не зрушувати з місця. Відліки роблять у такому порядку: – перший – за термометром ТМ-3; – другий – за термометром ТМ-2, спирт і штифт; – третій – за термометром ТМ-1. Після знімання показів максимальний термометр (ТМ-1) струшують і вдруге знімають його покази після струшування; штифт мінімального термометра (ТМ-2) підводять до поверхні спирту.

Вимірювання температури ґрунту на глибинах. Температуру ґрунту на глибинах 0,5 см, 10 см, 15 см і 20 см на ділянці без рослинного покриву вимірюють за допомогою колінчастих термометрів ТМ-5. Вимірювання проводять у стандартні строки в теплу пору року, а в районах з нестійкими морозами – протягом року. Термометри встановлюють посередині оголеної ділянки в лінію зі сходу на захід на відстані 20–30 см на захід від термометрів, призначених для вимірювання температури поверхні ґрунту.

Вимірювання температури ґрунту за допомогою термометрів опору. *Термометри опору* – це дотові терморезистори, що закладають у вимірювальні канали з металевих труб і з'єднують відповідними кабелями з електронним блоком через комутаційну шафу. Джерелом живлення термометрів опору є генератор струму,

що входить до складу електронного блоку. Термометри опору використовують як первинні датчики у складі вимірювача температури ґрунту ВТГ–16. Залежно від комплектації вимірювач можна використовувати для вимірювання температури поверхні ґрунту й температури ґрунту на глибинах. Датчики вимірювача встановлюють на таких горизонтах: на поверхні (0 см) і над поверхнею (2 см); на оголеній ділянці на глибинах: 05 см, 10 см, 15 см, 20 см; вимірювання на ділянці з природним покривом – на глибинах: 20 см, 40 см, 80 см, 120 см, 160 см і 320 см.


Мерзлотомір Даниліна вимірює глибину промерзання ґрунту. Він складається з порожньої ебонітової трубки, всередину якої вміщують тонку гумову трубку. На гумовій трубці нанесені поділки в сантиметрах, всередину залита дистильована вода. Прилад вертикально встановлюють у ґрунт, щоб визначити промерзання ґрунту.

Хід роботи

1. На основі вихідних даних здійснити аналіз багаторічних середніх місячних температур повітря. Дати оцінку річному ходу температури повітря, який є одним з найважливіх показників клімату.
2. На основі кліматичних сценаріїв здійснити прогноз температурних показників до 2050р.
3. Зробити висновки.

Питання для самоконтролю

1. За допомогою яких приладів можна вимірювати температуру повітря?
2. Як проводиться вимірювання температури на поверхні ґрунту?
3. Що таке «Температура повітря»?
4. Що таке термометри опору і для чого їх використовують?

 Практична робота підготовлена з використанням літературних джерел: 4, 7.

Вихідні дані для побудови гістограми річного ходу температури повітря

Область	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Вінницька	-3,6	-2,8	1,7	8,8	14,9	17,9	19,8	19,2	13,9	8,2	2,2	-2,4
Волинська	-4,9	-3,9	0,5	7,3	13,7	17,0	18,6	17,6	13,2	7,2	2,3	-2,1
Дніпропетровська	-4,5	-3,8	0,6	9,2	16,2	20,3	22,3	21,5	15,8	9,3	2,9	-1,4
Донецька	-6,1	-4,8	0,4	9,3	15,5	19,0	20,9	20,1	14,9	7,8	2,0	-2,6
Житомирська	-4,9	2,6	4,0	12,0	14,9	20,4	21,3	20,2	15,4	6,5	1,1	-1,4
Закарпатська	-2,8	-1,4	4,0	10,1	15,2	17,9	20,0	19,2	15,1	9,6	3,7	-1,5
Запорізька	-3,4	-3,0	0,9	9,5	16,5	20,9	23,0	22,0	16,5	10,1	3,6	-0,4
Івано-Франківська	-3,9	-2,1	2,3	8,9	14,2	17,3	18,5	18,0	14,2	8,8	3,3	-1,3
Київська	-5,6	-4,4	0,4	8,8	15,1	18,3	19,6	18,8	14,0	8,1	2,0	-2,4
Кіровоградська	-5,0	-4,3	-0,1	8,5	15,4	19,5	21,4	20,2	14,7	8,6	2,2	-2,0
Луганська	-6,5	-6,0	-1,0	9,0	15,7	19,5	21,3	20,6	15,0	7,8	1,1	-3,1
Львівська	-3,9	-2,4	1,6	8,0	13,3	16,3	17,8	17,2	13,1	8,1	2,6	-1,6
Миколаївська	-3,3	-2,2	1,7	9,8	16,2	20,4	22,7	22,0	16,9	10,1	4,0	0
Одеська	-1,6	-0,9	2,7	9,3	15,3	19,6	21,9	21,3	17,0	11,2	5,7	1,3
Полтавська	-6,6	-5,6	-0,6	8,3	15,0	18,6	20,3	19,5	14,1	7,4	0,9	-3,2
Рівненська	-5,3	-4,4	-0,4	7,5	13,6	17,5	18,7	17,6	13,4	7,9	2,5	-2,5
Сумська	-7,1	-6,4	-1,3	8,0	14,8	18,2	19,7	18,8	13,5	7,0	0,5	-3,8
Тернопільська	-4,0	-2,2	2,5	9,6	15,0	18,1	19,5	18,7	14,9	9,2	3,5	-1,2
Харківська	-6,9	-6,0	-0,6	8,7	15,4	18,9	20,4	19,6	14,3	7,5	1,0	-3,6
Херсонська	-2,7	-1,7	2,1	9,7	15,9	20,1	22,5	21,9	16,8	10,4	4,4	0,5
Хмельницька	-5,3	-4,0	0,3	7,9	13,9	17,2	18,5	17,6	13,7	8,0	2,3	-2,5
Черкаська	-5,2	-4,5	0,2	8,8	15,5	19,1	20,7	19,8	14,5	8,5	2,1	-2,1
Чернівецька	-4,5	-2,4	2,3	9,4	14,8	17,7	19,0	18,3	14,7	9,1	3,3	-1,5
Чернігівська	-6,4	-5,1	-0,2	8,4	15,0	18,0	19,3	18,5	13,5	7,6	1,5	-3,0
Автономна Республіка Крим	4,4	4,0	6,1	10,7	15,8	20,6	24,1	24,1	19,3	14,2	9,2	5,9

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

ВИЗНАЧЕННЯ СУМ АКТИВНИХ І ЕФЕКТИВНИХ ТЕМПЕРАТУР

Мета роботи: ознайомитись та засвоїти принцип розрахунків сум активних та ефективних температур за середньодобовими, середньодекадними та середньомісячними температурами повітря

Хід роботи

Показником, що характеризує забезпеченість даної території теплом, є сума температур, що має певний біологічний і фізичний смисл. Крім цього, сумами температур виражають потребу сільськогосподарських культур до тепла, їх використовують при прогнозуванні розвитку хвороби та шкідників рослин тощо. Суми температур нараховують двома методами з використанням понять активної і ефективної температури.

Активною називають середньодобову температуру повітря після переходу через біологічний нуль розвитку даної рослини. Біологічний нуль (мінімум) – це температура початку росту і розвитку рослин. **Ефективна температура** – це різниця між середньою добовою температурою і біологічним нулем даної рослини. Ефективні та активні температури відрізняються між собою методом обробки. Для визначення суми ефективних температур від середньодобових температур віднімають біологічний нуль за кожний день і всі різниці послідовно додають, а для визначення суми активних температур використовують всю величину середньодобової температури (табл. 1).

Суми активних та ефективних температур для різних рослин неоднакові, тому що в них звичайно різні біологічні мінімуми. Наприклад для зернових культур біологічний мінімум у початковій фазі розвитку (проростання) дорівнює 5°C, гороху 4°C, кукурудзи 10°C, картоплі 8°C, гарбуза 15°C, сої 12°C. Кожна наступна фаза розвитку вимагає більш високого мінімуму температур у порівнянні з попередньою фазою.

Суми температур визначаються за даними про середню добову, середню декадну і середню місячну температуру повітря. Сума активних температур за будь-який період (декада, місяць, рік) може бути визначена з виразу: $\sum t_{\text{акт}} = t_{\text{сер}} \times n$,

де $\sum t_{\text{акт}}$ – сума активних температур повітря за період, °C, $t_{\text{сер}}$ – середня за період активна температура повітря, °C, n – кількість днів у періоді.

Таблиця 1

Приклад розрахунку сум активних та ефективних температур повітря вище 5 та 10°C за середньодобовими

даними

Агрометеорологічний показник	Місяць, число										Сума за період
	Травень	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Середньодобова температура повітря ($t_{\text{сеп}}$), °C	9,2	10,2	10,6	10,7	12,4	14,8	14,2	11,3	11,0	9,5	113,9
Активна температура ($t_{\text{акт}} > 5$), °C	9,2	10,2	10,6	10,7	12,4	14,8	14,2	11,3	11,0	9,5	113,9
Активна температура ($t_{\text{акт}} > 10$), °C	–	10,2	10,6	10,7	12,4	14,8	14,2	11,3	11,0	–	95,2
Ефективна температура ($t_{\text{еф}} > 5$), °C	4,2	5,2	5,6	5,7	7,4	9,8	9,2	6,3	6,0	4,5	63,9
Ефективна температура ($t_{\text{еф}} > 10$), °C	–	0,2	0,6	0,7	2,4	4,8	4,2	1,3	1,0	–	15,2

Таблиця 2

Приклад розрахунку сум активних температур повітря вище 5 та 15 °C і ефективних температур повітря вище 10 °C за середньодекадними даними

Показник	Період (місяць, декада)												за весь період
	травень			червень			липень			серпень			
	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	
Середньодекадна температура ($t_{\text{сеп}}$), °C	16,3	14,4	18,5	19,6	21,6	21,9	23,2	24,4	24,7	24,1	23,5	21,4	21,1
Сума активних температур за декаду ($t_{\text{акт}} > 5$), °C	163	144	204	196	216	219	232	241	272	244	235	235	2601
Наростаюча сума активних температур ($t_{\text{акт}} > 5$), °C	163	307	511	707	923	1142	1374	1615	1887	2131	2366	2601	2601
Сума активних температур за декаду ($t_{\text{акт}} > 15$), °C	163	0	204	196	216	219	232	241	272	244	235	235	2457
Наростаюча сума активних температур ($t_{\text{акт}} > 15$), °C	163	163	367	563	779	998	1230	1471	1743	1987	2222	2457	2457
Сума ефективних температур за декаду ($t_{\text{еф}} > 10$), °C	113	94	149	146	166	169	182	191	217	194	185	180	1986
Наростаюча сума ефективних температур ($t_{\text{еф}} > 10$), °C	113	207	356	502	668	837	1019	1210	1427	1621	1806	1986	1986

Таблиця 3

Приклад розрахунку сум активних температур повітря вище 15 °С та ефективних температур повітря вище 5 °С за середньомісячними даними

Показник	Період						За весь період
	квітень	травень	червень	липень	серпень	вересень	
Середньомісячна температура ($t_{сер}$), °С	10,5	16,4	21,0	24,0	23,1	17,0	18,7
Сума активних температур за місяць ($t_{акт}>15$), °С	0	508	630	744	716	510	3108
Сума активних температур наростаюча ($t_{акт}>15$), °С	0	508	1138	1882	2598	3108	3108
Сума ефективних температур за місяць ($t_{еф}>5$), °С	165	353	480	589	561	360	2508
Сума ефективних температур наростаюча ($t_{еф}>5$), °С	165	518	998	1587	2148	2508	2508

Сума ефективних температур повітря за цей же період підраховується за формулою: $\sum t_{\text{еф}} = (t_{\text{сер}} - B) \times n$,

де $\sum t_{\text{еф}}$ – сума ефективних температур повітря за період, °С, $t_{\text{сер}}$ – середня за період активна температура повітря, °С, B – біологічний мінімум, °С, n – кількість днів у періоді.

Суми температур, розраховані за кожен декаду (або місяць), накопичуються і таким чином отримують загальну суму активних або ефективних температур за означені періоди.

Таким чином, згідно результатів розрахунків, наведених у табл. 2., за період з першої декади травня по третю декаду серпня, сума активних температур повітря, вищих за 5 °С, становила 2603 °С, а ефективних, вищих за 10 °С, дорівнювала 1373 °С. За цей же період сума активних температур, вищих за 15 °С, складала 2458 °С.

Отже, результати розрахунків сум температур по середньомісячним даними наступні: за період квітень–вересень накопичилося 3109 °С активних температур повітря, вищих за 15 °С та 2509 °С ефективних температур, вищих за 5 °С.


Хід роботи

1. Користуючись середньодекадними температурами повітря (додаток А) розрахувати суми активних температур повітря, вищих за 15 °С, та ефективних температур повітря, вищих за 10 °С, що накопичились з першої декади травня по третю декаду серпня включно (номер індивідуального варіанту уточнити у викладача). Результати розрахунків занести до таблиці, що подібна табл. 2.

2. Користуючись середньомісячними даними, розрахувати суми активних температур повітря, вищих за 10 °С, та ефективних температур повітря, вищих за 5 °С, що накопичились за період з квітня по вересень місяць (включно) того самого року. Результати розрахунків занести до таблиці, що подібна табл. 3.

Питання для самоконтролю

1. Що таке «Активна температура»?
2. Як розраховується сума активних та ефективних температур?
3. Що таке «Ефективна температура»?
4. Для яких цілей розраховують суму активних та ефективних температур?

 Практична робота підготовлена з використанням літературних джерел: 4, 7.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

ВИМІРЮВАННЯ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ, СНІГОВОГО ПОКРИВУ І ВИПАРОВУВАННЯ. ПОБУДОВА ГІСТОГРАМ КІЛЬКОСТІ ОПАДІВ

Мета роботи. Ознайомитись із методами та приладами вимірювання кількості опадів. Навчитись будувати гістограму кількості опадів.

Хід роботи

Атмосферні опади – це вода, яка випадає у рідкому або твердому стані на поверхню земної кулі з хмар. У залежності від фазового стану опадів їх поділяють на тверді (сніг, град), рідкі (дощі) і змішані. Опади, які випадають на поверхню землі вимірюють кількісно за товщиною шару води в міліметрах, який утворився на горизонтальній поверхні при відсутності стоку, просочування і випаровування.

Для вимірювання кількості опадів (рідких і твердих), користуються на метеорологічних станціях опадомірами (Рис. 1). Це досить прості прилади, які складаються з посудини (1) у яку

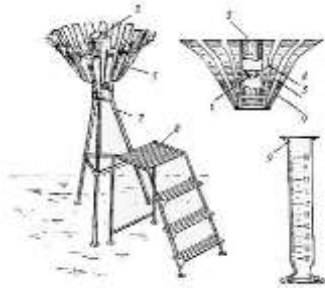


Рис. 1 Опадомір Третьякова

збирають опади, вітрового захисту (3). Поверхня посудини має строго визначену площу (200 см^2). Кількість опадів, які попали в посудину вимірюють за допомогою спеціальної вимірної склянки (5), яка має поділки. Одне ділення вимірної склянки відповідає за об'ємом 2 см^3 . Вітровий захист призначений для зменшення вітрових завихрень довкола і всередині посудини оскільки завихрення перешкоджають вільному попаданню опадів у посудину, а це призводить до неточності вимірів – до заниження рідких опадів і підвищення кількості твердих. Застосовуються два види вітрових захистів: суцільний (захист Ніфера) і планковий (захист Третьякова).

Останній дає можливість більше послаблювати повітряний потік біля приймальної частини опадомірного відра, що призводить до збільшення опадів, які збираються в відрі. Тому на метеорологічних станціях встановлений планковий захист.

Відро опадоміра металічне, висотою 40 см, приймальний отвір 200 см^2 . В середині відра впаєна діафрагма, яка має форму зрізаного конуса з отвором для стоку. Для зменшення випаровування опадів із відра в літній час в отвір діафрагми вставляють воронку з невеликим отвором.

Вимірювальна склянка (5) служить для вимірювання опадів, які попали у відро опадоміра. Шкала склянки має 100 поділок. Ціна поділки 2 см^3 , що при площі прийомного отвору відра 200 см^2 відповідає $0,1 \text{ мм}$ шару опадів.

Опадомір встановлюється на дерев'яному стовпчику або на металічній підставці так, щоб висота приймальної частини відра була 2 м. У тих місцях, де висота снігового покриву є понад 60 см, необхідно переставляти опадомір на запасний стовпчик, висота якого на 1 м вища звичайного.

Якщо опади випали у вигляді снігу (тверді), їх вимірюють лише після того, як вони розтанули. Не можна прискорювати танення нагріванням відра, бо це призводить до помилок (у результаті випаровується частина опадів). Користуються також надґрунтовими дощомірами (дощомір Нечаєва), які встановлюють заглибленими в землю так, щоб приймальна частина знаходилась

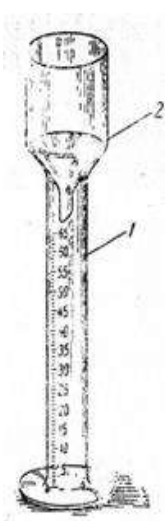


Рис. 2. Польовий лопомір Ф. Лавітая

на рівні земної поверхні, де швидкість вітру близька до нуля. Біля приймального отвору опадоміра завихрення мінімальні. В результаті сюди попадають опади в такій кількості, як і на будь-яку іншу ділянку земної поверхні. Кількість опадів записують у книжку КМ-1. У важкодоступних місцевостях встановлюють сумарні опадоміри: в них накопичуються опади за тривалий проміжок часу (до 12 місяців). Особливо вигідно користуватись таким приладом у ненаселених і важкодоступних місцях (там, де встановлюють автоматичні метеорологічні станції — АМС). Робота приладу ґрунтується на зборі опадів, які попадають у резервуар через прийомний циліндр. Є декілька видів сумарного опадоміра, з них найбільш поширений опадомір М-70.

Для вимірювання кількості рідких опадів, які випадають на сільськогосподарські поля використовують польовий дощомір Ф. Давітая (Рис. 2). Прилад дуже простий: скляна мірна склянка з розширеною верхньою частиною (2), що є приймачем опадів. На вузькій частині склянки (1) нанесені поділки в міліметрах, які вказують на шар води. Спеціальна воронка забезпечує зменшення випаровування опадів у склянці. Склянку поміщають у дерев'яний захисний кожух, який закриває її нижню частину і встановлюють на дерев'яному стовпчику.

Для безперервної реєстрації кількості опадів, їх інтенсивності і тривалості випадання використовують пльовіограф (опадомір – самописець – П-2). Пльовіограф реєструє лише рідкі опади.

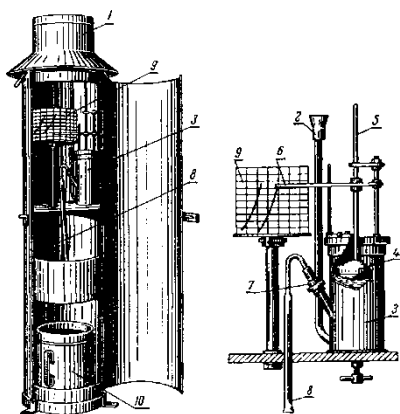


Рис. 3. Пльовіограф

Інтенсивність опадів вираховують в мм/хв.

Пльовіограф (Рис. 3) складається із приймальної і реєструючої частини. Приймач – циліндрична посудина, що знаходиться в металічній круглій шафці висотою 1,3 м. Приймач (1) – циліндрична посудина, площа якої 500 см^2 , з конусоподібним дном і з декількома отворами для стоку води. Опади через зливну трубку (2) попадають у

циліндричну капсулу (3), в якій міститься металічний поплавок (4), на вертикальному стержні (5) якого є стрілка з пером (6). Для реєстрації опадів поряд поплавкової камери встановлюють барабан (9) з годинниковим механізмом (добовий оберт), на якому накладена стрічка. При випаданні опадів поплавок піднімається, а разом з ним і стержень зі стрілкою. Перо креслить на стрічці криву лінію (бо барабан рухається). Крутизна лінії тим більша, чим більша інтенсивність опадів. Коли сума опадів досягне 10 мм, рівень води в сифонній трубці і поплавковій камері стає однаковим і відбувається самовільний злив води з камери через сифон у відро, що є на дні шафки, а перо креслить по стрічці вертикальну лінію зверху до низу (до нульової позначки стрічки). Коли опадів немає, перо креслить на стрічці горизонтальну лінію. За допомогою стрічки (пльовіограми) встановлюють початок і кінець, кількість,

тривалість і інтенсивність опадів. На стрічку нанесено горизонтальні лінії, які творять шкалу кількості опадів від 0 до 10 мм і ціною поділки 0,2 мм і вертикальні з ціною поділки 10 хв.

Плювіограф встановлюють на одному майданчику з опадоміром на підставці (верхній край приладу повинен бути на висоті 2м від поверхні землі) і закріплюють за допомогою 3-х металічних розтяжок.

У зимовий час, при переході середньодобових температур повітря і ґрунту через нульову температуру, атмосферні опади випадають у вигляді снігу, і формується сталий сніговий покрив.

У географічній оболонці, завдяки своєрідним властивостям снігового покриву, відбуваються значні зміни в цілому ряді природних процесів. Через малий коефіцієнт теплопровідності, який прямо пропорційно залежить від густини снігу і в 10 разів менше ніж у ґрунту, сніг охороняє ґрунт від глибокого промерзання і різних коливань температури. Особливо захищає ґрунт сніг, який щойно випав.

Сніговий покрив має велику відбивну здатність (альbedo від 90 до 96%). Відносна випромінююча (99,5%) здатність снігового покриву перешкоджає прогріванню його поверхні, а малий коефіцієнт теплопровідності зменшує притік до неї тепла від ґрунту. Ось чому в ясну погоду радіаційний баланс земної поверхні снігового покриву завжди від'ємний, а температура її нижча від температури нижніх шарів атмосфери.

Сніговий покрив на зимовий період акумулює запаси води у вигляді снігу, виключає їх з активного вологообігу і тільки в весняний період, під час процесу сніготанення, віддає її у ґрунт і є причиною значних весняних повеней. Основними величинами, що характеризують сніговий покрив є протяжність його залягання, висота, густина і запаси води в снігу. Спостереження за снігом записують у книгу КМ-1.

Характеристики снігового покриву визначають під час спостережень на метеорологічному майданчику і при проведенні снігомірних замірів. Ступінь покриття снігом оточуючої місцевості визначають шляхом її огляду з одного і того ж підвищеного місця. Оцінюють його в балах за десятибальною шкалою (від 0 до 10).

Характер залягання снігового покриву визначають візуально, користуючись шкалою:

- а) рівномірний (без кучугур);
- б) помірнонерівномірний (невеликі кучугури);

- г) з прогалинами;
- д) лежить тільки місцями.

Висоту снігового покриву визначають за допомогою постійної і переносної рейок. За допомогою постійних рейок (М-103) спостереження виконують на двох ділянках: захищеній і відкритій. У кожній з них встановлюється по три рейки, на відстані одна від другої приблизно 10 м. Рейки нумерують і їх розміщення зберігається з року в рік.

Рейки встановлюють на дерев'яному бруску з таким розрахунком, що нуль знаходиться на рівні земної поверхні. Позначка з усіх трьох рейок знімають кожний день вранці (о восьмій годині). При цьому наближатись до рейок необхідно не ближче, ніж на 2 – 3 м, щоб не порушити природного залягання снігового покриву навколо них. З трьох замірів вираховують середнє значення (в см). Переносну рейку (М-104) використовують тоді, коли на метеорологічному майданчику не встановлені постійні снігомірні рейки і при проведенні ландшафтно-маршрутних снігомірних замірів. В основі цих замірів – вимірювання висоти і густини снігового покриву за заздалегідь (восени) визначеними місцями, враховуючи умови рельєфу, рослинності і характер підстилаючої поверхні.

Частота проведення замірів – один раз у декаду: перед весняним сніготаненням і в період сніготанення заміри виконують частіше. Довжина маршруту становить 2000 м, а в окремих випадках 1000м. Вона залежить від оточуючого метеорологічну станцію природного ландшафту. Так, для лісостепу вимірювання висоти снігового покриву роблять через 20 метрів, а густину снігового покриву – через 200 метрів. Для лісової зони маршрут становить 1000 м спостереження за висотою снігового покриву виконують через 20 м, а густина – через 100. Але в кожному конкретному випадку потрібно враховувати рельєф, стан рослинності, забудову території. Якраз при виконанні снігомірних замірів найбільш повно прослідковується вся різноманітність умов залягання снігового покриву, а це дозволяє з достатньою точністю визначити запаси води в снігу як на окремих ділянках, так і в середньому для місцевості.

Крім переносної снігомірної рейки під час снігомірних вимірювань тут користуються ваговим снігоміром (ВС – 43). Його основу складає металічний циліндр з площею поперечного перерізу 50 см² і ваги з нерівним плечем. На одному кінці циліндра

знаходиться товсте металічне кільце з гострими зубами, а другий закривають кришкою від одної до шістдесяти. Для підвішування циліндра до ваги служить металічне кільце з дужкою. Друга важлива складова снігоміра є ваги. Вони складаються з латунної лінійки, розділеної призмою на два нерівних плеча. На призму кріплять підвіс, за кільце якого спостерігач підтримує ваги.

На кінці меншого плеча за допомогою гачка підвішують циліндр. На великому плечі лінійки є нанесені поділki (від 0 до 300) з ціною ділення 5 г. Зважування відбувається за допомогою рухливої шальки при наявності снігу у ваговому снігомірі.


У тому випадку, коли сніговий покрив перевищує висоту циліндра, пробу снігу беруть не в один, а в декілька прийомів; коли висота снігового покриву менше 5 см, густину снігу не визначають. У тих випадках, коли при взятті проби під снігом буде вода, висоту її шару необхідно виміряти з точністю до 1 мм. При визначенні характеристик снігового покриву фіксують наявність його вертикальної структури (чергування льодяних кірок і рихлого снігу) спеціальними трубчастими рейками з отворами, або копають сніговий шурф. Крім цього, фіксують стан ґрунту під снігом (мерзла чи відтала).

Хід роботи

1. На основі вихідних даних здійснити аналіз багаторічної кількості опадів. Дати оцінку річній кількості опадів, який є одним з найважливіших показників клімату.
2. На основі кліматичних сценаріїв здійснити прогноз кількості опадів до 2050р.
3. Зробити висновки.

Питання для самоконтролю

1. За допомогою яких приладів можна вимірювати атмосферні опади?
2. Як проводиться вимірювання кількості опадів?
3. Який принцип роботи плевіографа?
4. Як проводиться вимірювання кількості опадів та снігового покриву?

 Практична робота підготовлена з використанням літературних джерел: 4, 7.

Вихідні дані для побудови гістограми кількості опадів

Область	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
Вінницька	39	36	32	49	62	81	93	64	48	35	42	42
Волинська	31	30	27	39	60	71	79	63	55	38	38	38
Дніпропетровська	43	35	33	37	44	59	53	38	37	33	42	46
Донецька	44	35	33	41	49	62	52	42	40	29	43	53
Житомирська	35	28	29	49	59	85	97	70	53	37	42	38
Закарпатська	51	43	43	47	70	85	80	71	54	49	52	63
Запорізька	47	37	32	34	43	56	46	38	32	27	40	50
Івано-Франківська	32	31	34	53	82	96	98	76	53	38	38	41
Київська	45	42	37	49	53	75	86	66	51	37	49	50
Кіровоградська	32	31	27	36	44	66	69	47	39	29	35	40
Луганська	39	28	27	42	44	62	55	40	37	28	44	44
Львівська	37	37	42	50	76	92	94	71	59	47	43	49
Миколаївська	34	33	29	31	41	53	54	37	42	24	35	39
Одеська	38	38	30	33	39	46	50	36	37	26	41	45
Полтавська	44	36	35	42	48	63	66	47	46	44	45	46
Рівненська	32	30	27	39	58	77	85	69	53	39	41	40
Сумська	43	32	35	39	51	71	77	60	51	46	47	49
Тернопільська	32	29	29	47	72	88	93	66	57	37	34	37
Харківська	42	32	29	36	48	58	63	48	46	39	43	43
Херсонська	33	30	26	33	41	46	51	36	41	29	35	38
Хмельницька	37	38	32	49	67	103	104	68	53	33	41	43
Черкаська	39	38	32	42	43	70	76	55	42	33	41	49
Чернівецька	32	30	34	56	77	102	98	64	53	36	34	37
Чернігівська	41	35	34	42	45	78	82	64	45	37	48	47
Автономна Республіка Крим	50	38	38	35	41	54	46	41	38	35	48	60

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

ВИМІРЮВАННЯ ХАРАКТЕРИСТИК ВІТРУ. ПОБУДОВА РОЗИ ВІТРІВ

Мета роботи. Ознайомитись із методами та приладами вимірювання характеристики вітрів. Навчитись будувати рози вітрів.

Основні поняття

Вітер – рух повітря щодо земної поверхні, в якому переважає горизонтальна складова. Причина виникнення вітру – нерівномірність розподілу атмосферного тиску над поверхнею земної кулі через неоднакове прогрівання різних її районів. Зміна атмосферного тиску в горизонтальному напрямку виражається за допомогою горизонтального баричного градієнта, який є вектором, направленим перпендикулярно до ізобар, у сторону низького тиску, а за величиною рівний зміні тиску на одиницю відстані. За одиницю відстані прийнято вважати довжину одного градуса меридіану (111,1 км). На карті баричної топографії величина баричного градієнта більша там, де ізобари наближаються одна до одної і нижча в місцях їх розходження. Величина горизонтального баричного градієнта визначає швидкість вітру. Встановлено, що швидкість вітру (м/с) рівна, приблизно, потроєній величині градієнта. Для прикладу, якщо величина горизонтального баричного градієнта становить 1,5 гПа, то швидкість, приблизно, буде рівна 4,5 м/с.

Напрямок вітру буде визначатись, в основному, напрямом горизонтального баричного градієнта, який у кожній точці збігається з напрямком перпендикуляра до ізобари, яка проходить через дану точку. Крім цього, на нього впливає відхиляюча сила тертя, вектори сил якої у сумі з вектором баричного градієнта визначають траєкторію напрямку вітра.

На метеорологічних станціях спостереження за вітром проводять за його напрямком і швидкістю. Напрямок вітру задається стороною горизонту, звідки дме вітер (румбом), або кутом, утвореним напрямом вітру з меридіаном місця. При спостереженнях за вітром у високих широтах атмосфери напрямок визначається в градусах (від півночі за годинниковою стрілкою), а при спостереженнях на наземних метеорологічних станціях – у румбах горизонту.

Таблиця 1

Назви і позначення румбів

Назва	Позначення		Градуси
	Українські	Міжнародні	
1	2	3	4
Північний	Пн	N	0 або 360
Північно-північно-східний	Пн-ПнСх	NNE	22,5
Північно-східний	ПнСх	NE	45,0
Східно-північно-східний	Сх-ПнСх	ENE	67,5
Східний	Сх	E	90,0
Східно-південно-східний	Сх-ПдСх	ESE	112,5
Південно-східний	ПдСх	SE	135,0
Південно-південно-східний	Пд-ПдСх	SSE	157,5
Південний	Пд	S	180,0
Південно-південно-західний	Пд-ПдЗх	SSW	202,5
Південно-західний	ПдЗх	SW	225,0
Західно-південно-західний	Зх-ПдЗх	WSW	247,5
Західний	Зх	W	270,0
Західно-північно-західний	Зх-ПнЗх	WNW	292,5
Північно-західний	Пн-Зх	NW	315,0
Північно-північно-західний	Пн-ПнЗх	NNW	337,5

Швидкість вітру виражається в метрах за секунду (м/с), кілометрах за годину (км/год) і в вузлах (морських милях за годину). Для візуальної оцінки швидкості вітру використовують бали за шкалою, введеною у 1806 році адміралом Бофортом. Згідно з нею увесь інтервал можливих швидкостей ділиться на 12 градацій. Швидкість вітру пов'язана з різними ефектами.

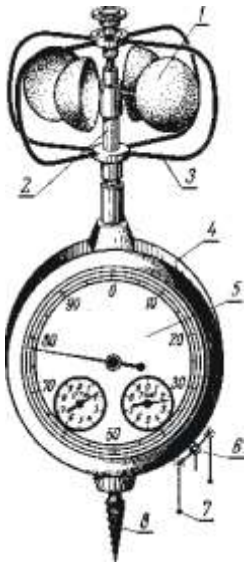


Рис. 1. Ручний анемометр чашковий

Спостереження показують, що вітер біля поверхні землі рідко є стійким. Внаслідок турбулентності повітряних потоків напрям вітру підлягає значним змінам. Ось чому виділяють постійний і змінний вітер завдяки ступеню його мінливості за напрямом.

Мінливий вітер такий, який змінює напрям протягом 2 хвилин. Поривчастий вітер змінює протягом 2 хвилин швидкість на 4 м/с і більше. При короткочасному посиленні вітру до 20 м/с і більше зі значною зміною напрямку вітер переходить у шквал.

Всі прилади для вимірювання характеристик вітрового режиму можна розділити умовно на три групи:

- до першої належать прилади для вимірювання миттєвої і середньої швидкостей вітру (анемометр індукційний, анемометр чашковий і анемометр крильчастий);

- до другої належать прилади, що визначають швидкість і напрямок вітру, але при обов'язковій участі спостерігача (флюгер Вільда, вітромір Третьякова);

- до третьої відносять прилади для вимірювання напрямку і швидкості вітру в дистанційному режимі (анеморумбометри і анеморумбографи).

Принципова схема вимірювання швидкостей вітру ручним чашковим (від 1 до 20 м/с) і крильчастим (від 0.3 до 5 м/с) анемометрами однакова. Приймальною частиною чашкового анемометра є хрестовина з чотирма порожнистими півкулями (1), оберненими випуклими поверхнями в одну сторону, а в крильчастого – вітрове колесо з вісьмома крильцями. Вони

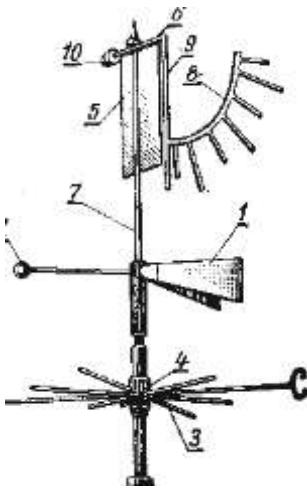


Рис 2. Флюгер Вільде

захищені від механічного пошкодження металічними дугами і кільцями (3). Через черв'ячну передачу (2) і систему шестерень їх оберти передаються на три стрілки облікового механізму (5). За малими стрілками зчитуються сотні і тисячі обертів, а за великою – десятки і одиниці. Для увімкнення і вимкнення облікового механізму служить аретир (6). При вимірюванні швидкості вітру анемометр чашковий встановлюють вертикально на дерев'яній жердині висотою два метри або, як і крильчастий, тримають в руці. Необхідно, щоб циферблат був повернутий перпендикулярно до напрямку вітру, а спостерігач при

цьому стояв до нього обличчям.

Крильчастий анемометр необхідно встановити за потоком вітру і щоб лічильник був позаду крильчастого колеса.

Перед початком спостережень, вимкнувши лічильник за допомогою аретира (6), записують покази приладу. Потім після 1 – 2 -ох хвилин, коли швидкість обертання хрестовини чи крильчатки врегулюється, вимикають лічильник на 5–10 хвилин. Після вимкнення лічильника відліки записують знову. Різницю у відліках

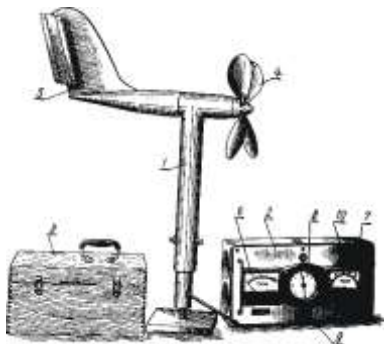


Рис 3. Анемометрумбометри

середнім його відхиленням

ділять на час спостережень і вираховують оберти за секунду. Потім, за індивідуальним до кожного анемометра заводським свідоцтвом встановлюють за допомогою графіка швидкість у м/с.

Індукційний чашковий анемометр вимірює швидкість вітру аналогічно, лише з тією різницею, що спостерігач слідкує за відхиленням стрілки від нульового положення, і за також може вивести за час

спостережень середню або миттєву швидкість.

Флюгер Вільда найбільш розповсюджений прилад для спостережень за напрямком і швидкістю вітру, який застосовується на метеорологічних станціях (Рис. 2). Він складається з чотирьох частин: флюгарки (1), рози вітрів (3), вказівника швидкості вітрів (8) і стержня (7).

Напрямок вітру визначається за положенням флюгарки (1). Під впливом вітру флюгарка встановлюється за його напрямком, причому противага буде направлена в ту сторону, звідки дме вітер. Напрямок безпосередньо визначається за розою вітрів, яка складається з муфти (4) з вісьмома штифтами, на одному з яких закріплена металічна буква N (або Пн). Цей штифт повинен бути направлений строго на північ.

Швидкість вітру вимірюють флюгером за допомогою металічної дошки (5), підвішеної на металічній рамі і відраховують за штифтами на металічній дузі (8). При вазі дошки у 200 г за флюгером можна виміряти швидкість вітру від 1 до 20 м/с, а при вазі дошки 800 г діапазон зростає від 1 до 40 м/с. Нульове положення штифта відповідає вертикальному положенню дошки. Флюгер встановлюють строго вертикально на дерев'яному стовпі на висоті 10-12 м від поверхні землі.

Щоб виміряти швидкість і напрям вітру спостерігач повинен стояти біля стовпа, на якому встановлений флюгер і слідкувати протягом 2 хвилин за його вимірювальними елементами. В книжці для спостережень потрібно записати характеристики вітрового режиму, наприклад, SE 4 шт. (8 м/с).

Аналогічно флюгеру Вільда працює і вітромір Третякова, який дозволяє виміряти швидкість і напрям вітру в польових умовах. Він складається з флюгарки, насадженої на вертикальний стержень, і ложкоподібної пластини, яка може вільно обертатись навколо горизонтальної

осі. Пластинка повернена ввігнутою стороною в сторону вітру, в нижній частині має вказівник у вигляді стержня. Вітромір встановлюють вертикально на спеціальній підставці необхідної висоти. Точність виміру швидкості вітру вітроміром 0,5 м/с в інтервалі від 1 до 6 м/с при швидкості вітру більше 6 м/с. Найбільш сучасними приладами є анеморумбометри (Рис. 8.3) і анеморумбографи, що мають здатність перетворювати вимірювані характеристики вітру (напрямок за допомогою флюгарки-5,

швидкість вітру за допомогою млинка (4) в електричні величини, які по кабелю передаються в відповідні вузли вимірювального пульта. Вони входять у комплект дистанційної метеостанції, особливо анеморумбограф, який має здатність фіксувати одержані результати, Точність вимірювань напрямку складає $\pm 10^\circ$, по швидкості приблизно 0,5 м/с.

Хід роботи

1. Ознайомитись з будовою і роботою чашкового і крильчастого анемометрів.
2. Виконати 2-3 спостереження за анемометром на різних висотах:
 - а) встановити анемометр на жердині (хрестовина з півкулями повинна знаходитись на висоті 1,5 м);
 - б) знати початковий відлік (на трьох циферблатах);
 - в) увімкнути прилад, обліковий механізм і секундомір на 5 хв.;
 - г) вимкнути прилад і секундомір і відрахувати кінцевий відлік;
 - д) аналогічно виконати другу і третю серію спостережень.
3. Результати вимірювань записати в таблицю 2.

Таблиця 2

Дата

Номер спостережень	Висота спостережень	Відлік		Різниця відліків	Кількість поділок за 1 с.	Швидкість вітру, м/с.
		початковий	кінцевий			

4. За даними опрацювання метеорологічних щомісячників побудувати розу вітрів для вказаного пункту.

Місяць	Пн		ПнСх		Сх		ПдСх		Пд		ПдЗх		Зх		ПнЗх	
	п*	ш	п*	ш	п*	ш	п*	ш	п*	ш	п*	ш	п*	ш	п*	ш
Січень																
Грудень																
Середні																
Максимальні																
Мінімальні																
Амплітуда																

* - для повторностей визначається сума випадків за рік

Для цього необхідно по всіх румбів відкласти суми повторюваностей вітрів відповідно вибравши масштаб (в 1 см-10 випадків). Зробити аналіз розподілу вітрів за порами року на основі графіків “роз вітрів” за порами року.

5. Побудувати графік розподілу середніх швидкостей вітру протягом року відклавши по вісі абсцис місяці, а вісі ординат швидкості вітру.

Місяць	Середня швидкість	Максимальна швидкість	Дата
	в м/с		
Січень			
Грудень			
Середня			
Максимальна			
Мінімальна			
Амплітуда			

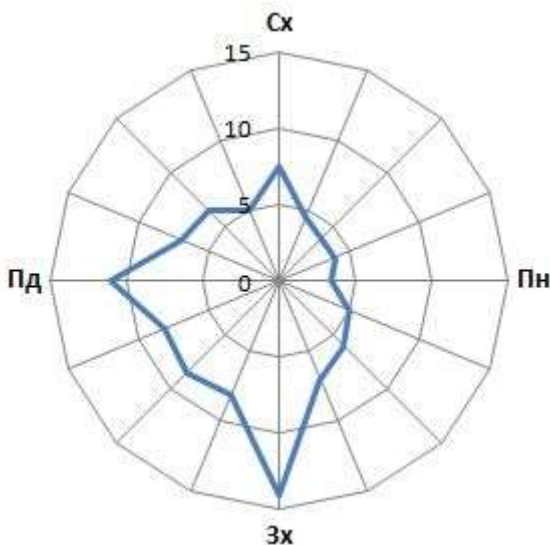


Рис. 1. Роза вітрів м. Рівне

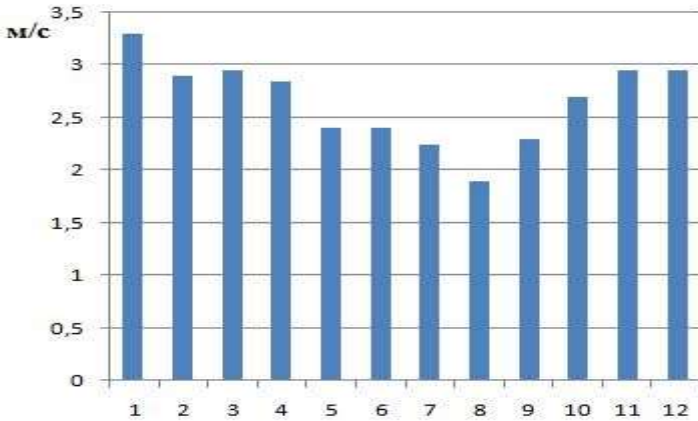


Рис. 2. Середні швидкості вітру по місяцях

6. Здійснити аналіз за таким планом:

6.1. Визначити середньорічну швидкість вітру;

6.2. Визначити амплітуду змін швидкості вітру протягом року;

6.3. Здійснити аналіз розподілу максимальних швидкостей вітру для пункту протягом року

6.4. Пояснити, причини присутності в регіоні вітрів відповідних напрямів згідно графіку.

6.5. Здійснити оцінку вітрового режиму пункту для формування погоди і напрямків господарської діяльності.

Питання для самоконтролю

1. За допомогою яких приладів можна вимірювати швидкість вітру?

2. Як будувати розу вітрів?

3. Який принцип роботи анемометра?

4. Як відрізняються чашковий та крильчастий анемометри?

📖 Практична робота підготовлена з використанням літературних джерел: 4, 7.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

АДАПТАЦІЯ БІОРІЗНОМАНІТТЯ ДО ЗМІН КЛІМАТУ

Мета роботи. Ознайомитись із методами та приладами адаптації біорізноманіття до змін клімату

Основні поняття

Умови навколишнього середовища відіграють ключову роль у визначенні функцій і поширення біорізноманіття разом з іншими факторами. Зміни навколишнього середовища протягом тривалого часу разом зі зміною клімату мали значний вплив на різноманіття та зовнішню будову рослин та тварин. Передбачається, що зміна клімату буде одним з основних факторів у зміні біорізноманіття в майбутньому.

З появою рослин на Землі, клімат зазнавав постійних змін. За час існування планети, а зокрема рослин на Землі було холодно, жарко, волого, сухо, а вміст CO_2 у повітрі був як дуже високим так і низьким. Усі ці зміни добре відображались на флорі та фауні, так до прикладу лісові угруповання домінували під час міжльодовикових періодів, а трав'яні у період льодовикового. Було доведено, що в минулому, саме кліматичні зміни були основним фактором процесів видоутворення та вимирання. Найбільш відомим прикладом є колапс тропічного лісу який стався близько 350 млн років тому, коли відбулося масове вимирання популяцій земноводних, ця подія дала поштовх до еволюції рептилій.

Зміна кліматичних параметрів, функцій та розподілу рослин призводить до збільшення концентрації CO_2 , підвищення глобальних температур, зміни кількості опадів і зміни в характері «екстремальних» погодних явищ, таких як циклони, пожежі або шторми.

Оскільки окремі рослини та тварини, а також види можуть успішно завершити свої життєві цикли та функціонувати фізіологічно лише за певних умов навколишнього середовища, зміни в кліматі, роблять значний вплив на біорізноманіття від індивідуального рівня до рівня екосистеми чи біомів.

Той факт, що підвищена концентрація CO_2 стимулює ріст рослин відкрив ще в 1804 році Де Зазурі, а близько 1891 р довів Юстус фон Лібіх. Збільшення концентрації CO_2 , призводить до більших витрат води у рослин. CO_2 до теперішнього часу був обмежуючим фактором і лімітував у природі процес фотосинтезу, а тим самим, і ріст рослин. Згідно цього принципу мінімізація забезпечення рослин CO_2 і стало ключем до успіху у сільському

господарстві.

З підвищенням температури зростає швидкість у багатьох фізіологічних процесах, таких як фотосинтез в рослинах. Екстремальні температури можуть бути шкідливі, коли вони виходять за межі фізіологічних можливостей рослини і тварин.

Багато із заходів у галузі використання та охорони біорізноманіття дуже схожі, якщо не однакові, з тими, що вже існують для його захисту. Крім того, вони зазвичай також переважно стосуються охорони лісів.

У тварин не дуже багато варіантів, коли справа доходить до виживання в результаті зміни клімату — вони можуть генетично адаптуватися до нових умов, змінити свої ареали існування або і те, і інше. Нове дослідження, яке було опубліковано в PNAS показує, що конфлікти між видами, по мірі їх адаптації та зміни діапазонів життя, можуть привести до того, що деякі тварини просто зникнуть, тому вкрай важлива зв'язність ландшафту в умовах зміни клімату.


Глобальне потепління, та викликана ним зміна клімату, змушує мігрувати не тільки тварин. Кліматичні зміни вже призвели до появи мільйонів біженців, але їх кількість досягне 1,5 млрд протягом наступних 30 років. Крім цього, через кліматичні зміни існує небезпека руйнування берегової лінії — хвилі будуть все вище, і потрібно вже зараз планувати масову міграцію вглиб материків.

Хід роботи

1. Використовуючи довідкову літературу та мережу Інтернет навести приклади пристосування біорізноманіття до змін клімату.
2. На основі кліматичних сценаріїв здійснити прогнозування стану біорізноманіття
3. Запропонувати ряд заходів з адаптації біорізноманіття до змін клімату.

Питання для самоконтролю

1. Як адаптуються представники флори до змін клімату?
2. Як зміна клімату впливає на представників тваринного світу?
3. Чи впливає збільшення CO₂ на ріст та розвиток рослин?
4. Що таке «Біорізноманіття»?

 Практична робота підготовлена з використанням літературних джерел: 2, 6.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7

АДАПТАЦІЯ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ДО ЗМІН КЛІМАТУ

Мета роботи. Ознайомитись із методами та приладами адаптації біорізноманіття до змін клімату

Основні поняття

На підставі моделювання процесів змін клімату, проведеного вченими кліматологами Кембриджської групи з різних країн світу під егідою ФАО ООН, прогнозовано і подальше підвищення температури повітря в діапазоні від 2 до 6° С у період до 2100 року. Таке зростання температури та концентрації CO₂ в повітрі матимуть безпосередній вплив на біосферу Землі, зокрема й на продуктивність агропромислового комплексу, врожайність і якість продукції сільськогосподарських культур. До негативних змін клімату на найближчу перспективу можна віднести підвищення температури повітря, посилення дії посух, скорочення сніжного покриву, порушення рівномірності надходження атмосферних опадів, що в комплексі призводить до активізації ерозійних процесів та деградації ґрунтів.

Клімат має величезне значення, оскільки під впливом основних факторів кліматоутворення – тепла, вологи, тривалості світлового дня – формується відповідна рослинність. З рослинами тісно пов'язані тварини.

Однак глобальне потепління створює проблеми не тільки жителям, а суттєво впливає на сільське господарство. Значно зростає ерозія ґрунту, частішають зсуви земель, відбувається затоплення прибережних земель, збільшується кількість збитково зволжених земель. Збільшується ризик виникнення таких стихійних лих, як циклони, посухи, пожежі, повені, урагани. У сільському господарстві зростає необхідність у іригаційних заходах, змінюється врожайність і якісний склад культур, а це, у свою чергу, позначається на тваринництві.

Починають масово розмножуватися омахи та шкідники лісу, разом з ними поширюються хвороби, які комахи можуть переносити.

Для України глобальне потепління вже має свої наслідки. Уже зараз можна зазначити, що зими дедалі стають теплішими, і наступають пізно, а літо – надто спекотне і сухе.

Періоди так званого міжсезоння стають більшими: весна

наступає дуже повільно і тягнеться до середини червня, а осінь так само довго не поступається зимі.

Після ратифікації Україною Паризької угоди у 2016 р., ми погодилися сприяти глобальним зусиллям у реагуванні на загрозу зміни клімату та обмежити зростання температури до 1,5 °С від доіндуаріального рівня.

В усіх областях України вдвічі збільшилася кількість днів із високими денними температурами повітря (вище 30°). Такі «теплові хвилі» можуть викликати передчасне дозрівання ярих сільськогосподарських культур і знизити їх урожайність.

В Україні вже сьогодні збільшилась тривалість активної вегетації в середньому на 10 днів. До 2030 р. ймовірно продовження періоду росту і розвитку теплолюбних культур ще на 10 днів. Зони Полісся та Лісостепу теплішають швидше, ніж степові регіони. Кліматичні умови південного степу матимуть сучасні риси сухих субтропіків.

Температура взимку виросла на 1,5-2 °С, а глибина промерзання ґрунту зменшилась до 20-70 см, що є сприятливим фактором для засвоєння ґрунтом зимових опадів та формування достатнього зволоження ґрунту навесні.

Ризики вимерзання та загибелі посівів від тривалого залягання притертої льодяної кірки в Україні зберігаються. Чітка тенденція до зменшення опадів взимку на 3-17%, а влітку та весною — майже без змін.

Збільшення посушливих площ та підвищення частоти посух. Кількість літніх та осінніх посух до 2030 р. може збільшитися на 15-30%. Мають місце сухії в північних і східних регіонах України, що є нетиповим явищем для нашого регіону. Спостерігається випадіння граду у нехарактерні для цього явища весняні та осінні місяці, що провокує вимерзання посівів.

Ґрунти страждають від зміни клімату і тому повинні адаптуватися до неї.

Ґрунти активно поглинають парникові гази і таким чином сприяють зменшенню викидів. Втім невірне управління та деградація ґрунтів, а також використання викопних джерел енергії, спричиняють емісії парникових газів, що в комплексі сприяє зміні клімату. Тому з одного боку, ґрунти та рослинництво допомагають боротися зі зміною клімату, з іншого — іноді служать причиною її виникнення, а з третього — страждають від зміни і тому повинні до неї адаптуватися.

Озима пшениця найближчими роками залишатиметься найбільш урожайною — ріст на 20-30%. До 2030 р. можна очікувати сприятливих кліматичних умов для вирощування ріпаку в більшості областей Полісся, несприятливих — в областях південного Степу. До 2030 р. можливе підвищення урожайності ярого ячменю в середньому на 15-20%. Однак, у південних та південно-східних областях його урожай може зменшитись на 15-25%. Максимальний рівень ризику для кукурудзи (недоотриманий урожай може досягати 20-30%) ймовірний в областях південного степу, Харківській, Луганській, Донецькій та Дніпропетровській областях.

До 2030 р. навіть у північному Поліссі зможуть повноцінно визрівати ранньо- та середньостиглі сорти соняшника, можна очікувати високу врожайність. Одночасно можливо стійке зниження врожайності цієї культури в зоні Степу через погіршення зволоження ґрунту (для зменшення втрат у цій зоні доцільно сіяти соняшник під зиму). Сприятливі умови для вирощування сої збережуться до 2030 р. в усіх ґрунтово-кліматичних зонах країни, крім північних і західних районів Полісся. У степу ризик ймовірного недобору урожаю складатиме 20-30%.

Ареал промислового вирощування плодів та ягід поступово поширюється на північ та захід, отримуючи необхідну для визрівання кількість тепла. До 2030 р. для підгалузі плодів та ягід існує ризик зменшення урожайності через витрати ресурсів рослин на пристосування до перепадів температури та відновлення після стресу; збільшення частоти пошкодження заморозками, від градів та зливи.

До 2030 р. можна очікувати зміни структури посівних площ овочевих, перехід до пізньостиглих більш урожайних сортів традиційних овочів. Збільшення дефіциту вологи матиме негативний вплив на врожаї картоплі та цукрового буряку, особливо у Степу. Надалі можна очікувати розширення зони, сприятливої для баклажанів, солодкого перцю та томатів.

Оптимізація застосування добрив, що сприятиме скороченню викидів N_2O . Впровадження передових агротехнологій, спрямованих на збереження і покращення родючості ґрунту, обробітку ґрунту без обороту пласта сівозміни; зменшення механічного впливу на ґрунт для утримання вуглецю.

Заходи з адаптації рослинництва до зміни клімату:

1. Диверсифікація рослинництва з урахуванням сучасного

агрокліматичного районування територій.

2. Селекція посухостійких із високою продуктивністю сортів і гібридів сільськогосподарських культур.
3. Розширення посівних площ для видів і сортів сільськогосподарських культур із коротким періодом вегетації, що дасть можливість отримувати по два-три урожаї окремих культур.
4. Підвищення різноманіття культур для зміцнення резистентності агроєкосистеми до зовнішніх стресів.
5. Впровадження та відновлення ефективних систем зрошення (зокрема, крапельного).
6. Відновлення та створення нових полезахисних лісових смуг (агролісівництво).
7. Зміщення термінів сівби ярих зернових культур на більш ранні, озимих — на більш пізні дати, що забезпечить ефективне використання посівами запасів вологи у ґрунті.
8. Лісосмуга вздовж полів

Тваринництво страждає від зміни клімату і тому повинне адаптуватися до неї. З іншого боку тваринництво є однією з причин зміни клімату — через емісії парникових газів внаслідок управління гноєм, кишкову ферментацію великої рогатої худоби та використання викопного палива.

Основні парникові гази природного походження — діоксид вуглецю (CO_2), закис азоту (N_2O), метан (CH_4) і озон (O_3), антропогенно-галогенні вуглеводні та інші хлоро- і бромовмісні речовини (наприклад, у холодагентах).

Посилення впливу підвищених температур повітря, вологості, теплового випромінювання, швидкості вітру тощо на стан здоров'я, збереження поголів'я, приріст живої маси, прояв продуктивності, відтворювальну здатність.

Погіршення пасовищних угідь може негативно впливати на кормову базу, особливо у малих сільськогосподарських господарствах (МСГ використовує 34,7% зелених кормів у загальній структурі годівлі, підприємства — 15,5%).

У птахівництві можливі зниження рівня прояву господарсько-корисних ознак, зниження виробництва традиційних кормових культур, потреби у нових системах мікроклімату в пташниках, збільшення стресу та смерті птахів.

Поширення заразного вузликового дерматиту, лихоманки Західного Нілу, блютангу, бореліозу, крим-конгської геморагічної

лихоманки, збільшення інфестації кліщами (можлива втрата ваги с/г тваринами до 18%), поширення екзотичних інфекцій тварин, збільшення частоти та тривалості грипу птиці, африканської і класичної чуми свиней, сказу, лептоспірозу та туляремії.

Покращення кормової бази, що зумовить скорочення викидів метану худобою, застосування селікогелів та природних сорбентів у годівлі худоби.

Заходи з адаптації до зміни клімату у тваринництві:


1. Селекція, зокрема для покращення можливості переносити спеку.
2. Введення нових видів у тваринництво країни.
3. Застосування нових посухостійких сортів кормових культур та створення страхових запасів кормів для запобігання втрат від посух.
4. Збільшення площ природних та створення штучних пасовищ, застосування сорго та тритикале у птахівництві.
5. Оптимізація структури сінокосів та пасовищ для підвищення їхньої опірності до екстремальних погодних умов, забезпечення затінення (природного або штучного).
6. Оснащення та будівництво приміщень для тварин зі застосуванням технологій та матеріалів, що захищають від перегріву та мають підвищену стійкість до стихійних явищ.
7. Створення ефективної системи страхування у тваринництві для мінімізації фінансових збитків від несприятливих погодних умов.

Хід роботи

1. За вихідними даними здійснити прогноз урожайності сільськогосподарських культур.
2. Запропонувати низку заходів з адаптації сільського господарства до змін клімату

Питання для самоконтролю

1. Як зміна клімату впливає на рослинництво на території України?
2. Як зміна клімату впливає на тваринництво?
3. Наведіть заходи з адаптації сільського господарства до змін клімату?
4. Як сільське господарство впливає на зміну клімату?

 Практична робота підготовлена з використанням літературних джерел: 1 – 4.

ПРАКТИЧНА РОБОТА № 8

ОЦІНКА ВРАЗЛИВОСТІ МІСТА ДО КЛІМАТИЧНОЇ ЗМІНИ

Мета: ознайомитися з методами оцінки вразливості міста до кліматичної зміни

Теоретична частина

Однією з рис сучасної урбанізації є концентрація значної кількості населення переважно у великих містах і відповідно їх подальше зростання.

Таким чином, відбувається формування урбанізованого середовища або урбоєкосистеми, що є якісно новим фізико-географічним станом геосередовища, який виникає внаслідок тривалого розвитку міста. Під час його формування змінюються всі компоненти: атмосфера, клімат, рослинний покрив, тваринний світ, ґрунти, поверхнева гідросфера, геодинамічний стан території. При цьому, чим більші розміри міста, час його існування та ступінь розвитку індустрії в місті – тим суттєвіші зміни в його природному середовищі.

Велике місто, як правило, характеризується певними мікрокліматичними особливостями:

1. Спостерігаються відмінності термічного режиму (формування у місті, так званого острова тепла – ОТ);
2. Наявність специфічної циркуляції – сільського бризу (що утворюється за безвітряної погоди внаслідок існування острова тепла);
3. Зміна вітрового режиму міста;
4. Зниження відносної вологості у місті (формування сухого острова);
5. Особливості у формуванні режиму хмарності над окремими частинами міста;
6. Зростання кількості опадів та випадків туманів;
7. Зменшення тривалості залягання снігового покриву

Поєднання негативних наслідків урбанізації та кліматичної зміни, що спостерігається у великих містах, створюють пряму загрозу екологічній, економічній та соціальній стабільності у світі. Посилення проявів зміни клімату та аналіз їх негативних наслідків у містах свідчать, що зміна клімату спричинює виникнення у містах унікальних проблем, що є невластивими для інших типів людських поселень.

Кліматичні зміни можуть спричинити прямі (фізичні) ризики (підтоплення, аномальна спека, посилена міськими

мікрокліматичними особливостями, тощо) та непрямі – порушення нормального функціонування окремих систем міста та складнощі у наданні базових послуг населенню (водопостачанні, міському транспорті, енергозабезпеченні тощо).

До основних потенційних негативних наслідків зміни клімату, що можуть проявлятися у містах, належать:

1. Тепловий стрес;
2. Підтоплення;
3. Зменшення площ та порушення видового складу міських зелених зон;
4. Стихійні гідрометеорологічні явища;
5. Зменшення кількості та погіршення якості питної води;
6. Зростання кількості інфекційних захворювань та алергійних проявів;
7. Порушення нормального функціонування енергетичних систем міста

Для здійснення оцінки вразливості міста до кліматичної зміни має бути сформована команда представників різних структурних підрозділів міської ради відповідного міста, а також запрошені представники інших організацій (фахівці з підрозділів Міністерства охорони здоров'я, Державної служби з надзвичайних ситуацій, зокрема – Управління Гідрометеорології ДСНС, неурядових громадських організацій тощо).

Після попереднього ознайомлення з довідковою інформацією про кліматичну зміну, чинники, що посилюють її негативні наслідки у містах, після аналізу змін кліматичних умов, що вже відбулися у регіоні та проєкцій очікуваних у майбутньому змін команда фахівців розпочинає роботу над оцінкою вразливості міста.

Оцінку вразливості міст до кліматичної зміни (або моніторинг вразливості) здійснюють за допомогою індикаторів вразливості, які можуть бути класифіковані на групи за різним принципом. На нашу думку, найбільш логічним та зручним у використанні є групування індикаторів для встановлення вразливості міста до окремих негативних наслідків кліматичної зміни – саме за цим принципом всі індикатори в цій методиці були поділені на 7 груп.

Для визначення найнебезпечніших наслідків кліматичної зміни для міста, слід проаналізувати кожен індикатор, заповнити оціночну форму (табл. 1), підрахувати кількість балів у кожній

групі індикаторів та ранжувати групи за набраною кількістю.

Якщо певна група індикаторів кінцевому підсумку набрала понад 14 балів (тобто вище 60 % від максимально можливого), то це свідчить, що місто дуже вразливе до певного негативного наслідку зміни клімату і необхідно розробляти заходи з адаптації, включати їх до плану та реалізовувати.

Для груп індикаторів, що набрали меншу кількість балів (від 8 до 14), хоча вразливість міста до цих негативних наслідків є не настільки високою, також бажано передбачити заходи в плані з адаптації міста.

Групи, що набрали менше 8 балів на цьому етапі не потребують розробки заходів. Проте, слід пам'ятати, що оскільки досить швидко можуть відбутися зміни в соціальній структурі міста, енергетичній системі, динаміці розвитку зелених зон, можуть з'явитися нові результати моделювання клімату тощо, тому варто принаймні раз на кілька років знову аналізувати всю необхідну інформацію та здійснювати оцінку вразливості.

Таблиця 1.

Оціночна форма для визначення наслідків від кліматичної зміни у містах

I. Група індикаторів для оцінки вразливості до теплового стресу			
Індикатор	Неактуально (0 балів)	Актуально (1 бал)	Дуже актуально (2 бали)
1. Зростання кількості днів із максимальними температурами повітря понад +30°C та +35°C протягом останнього десятиріччя порівняно з кліматичною нормою.			
2. Зростання середньодобових та середньомісячних температур повітря у літні місяці протягом останнього десятиріччя порівняно з кліматичною нормою.			
3. Прогнозоване зростання температури повітря для регіону, в якому розташоване місто.			
4. Зростання повторюваності хвиль тепла протягом останніх			

років.			
5. Наявність острова тепла.			
6. Відсутність водних об'єктів у місті.			
7. Малі площі зелених зон у місті, тенденція до їх скорочення, нерівномірність розташування у різних частинах міста.			
8. Переважання штучних поверхонь у місті над природними.			
9. Наявність потужних джерел антропогенного тепла у місті.			
10. Значний відсоток населення у місті, що є вразливим до надмірної спеки (люди похилого віку, діти, люди з хронічними захворюваннями тощо).			
11. Обмеженість доступу до якісного медичного обслуговування (перш за все, швидкої медичної допомоги та кількість лікарняних ліжок на 10 тис. населення менше нормативної).			
12. Обмежений доступ у населення до інформації про погоду та клімат, про правила поведінки під час періодів надмірної спеки.			
Сума балів:			
II. Група індикаторів для оцінки вразливості міста до підтоплення			
1. Зростання кількості днів із аномальною кількістю опадів по сезонах протягом останнього десятиріччя порівняно з кліматичною нормою.			
2. Зростання кількості випадків підтоплення окремих частин міста протягом кількох останніх років.			

3. Прогнозоване зростання кількості опадів загалом за рік або за окремі сезони, а також зростання частоти випадання зливових опадів зі значною кількістю за короткий період.			
4. Відсутність у місті зливової каналізації, або за її наявності її поганий технічний стан, нерегулярні ремонти.			
5. Розташування міста на березі великої водойми.			
6. Розташування міста або окремих його частин нижче рівня моря або на незначних висотах.			
7. Наявність населення та розташування стратегічних об'єктів міста в зоні можливого підтоплення			
8. Значний відсоток у місті штучних водонепроникних поверхонь, порівняно з природними.			
9. Відсутність достатньої кількості технічних та людських ресурсів для швидкої евакуації населення з можливих зон підтоплення.			
10. Зруйнована інфраструктура завдяки кліматичним змінам протягом останніх років.			
11. Обмежений доступ у населення до інформації про погоду та клімат, про правила поведіння під час підтоплень.			
12. Відсутність інфраструктури в окремих частинах міста, що можуть бути відрізані водою від інших районів.			
Сума балів:			
III. Група індикаторів для оцінки вразливості міських зелених зон			

1. Зростання кількості днів із максимальною температурою повітря +30°C та +35°C і більше протягом останнього десятиріччя порівняно з кліматичною нормою.			
2. Зміщення та зміна тривалості вегетаційного періоду.			
3. Зміна кількості та інтенсивності випадання опадів протягом вегетаційного періоду.			
4. Площа зелених зон у розрахунку на 1 жителя міста менша нормативної.			
5. Скорочення площі зелених зон (у відсотках порівняно із загальною площею міста).			
6. Малий відсоток площі природоохоронних територій у місті по відношенню до загальної площі міста.			
7. Поява інвазивних видів у межах міських зелених зон.			
8. Поява нових шкідників/захворювань рослин у межах зелених зон.			
9. Скорочення кількості видів рослин у місті.			
10. Обмеженість технічних та людських ресурсів для утримання зелених зон. Низький рівень агротехніки догляду за міськими рослинами.			
11. Недостатнє фінансування для озеленення міста та підтримання в належному стані наявних зелених насаджень.			
12. Високий рівень забруднення атмосферного повітря у місті.			
Сума балів:			

IV. Група індикаторів для оцінки вразливості до стихійних гідрометеорологічних явищ			
1. Зростання повторюваності стихійних метеорологічних явищ, що завдали руйнувань та збитків, протягом останніх років.			
2. Наявність інфраструктури, що була зруйнована через стихійні гідрометеорологічні явища протягом останніх років, та промислових підприємств у місті чи поблизу, що можуть бути пошкоджені стихійними явищами.			
3. Обмежений доступ у населення до інформації про погоду та клімат (відсутність завчасного інформування населення про можливі стихійні явища).			
4. Відсутність у місті зливової каналізації або за її наявності її поганий технічний стан, нерегулярні ремонти.			
5. Відсутність достатньої кількості технічних, людських та фінансових ресурсів для швидкої евакуації населення з можливих зон, що зазнають впливу стихійного гідрометеорологічного явища.			
6. Обмеженість доступу до якісного медичного обслуговування (перш за все, швидкої медичної допомоги).			
Сума балів:			
V. Група індикаторів для оцінки вразливості до погіршення якості та зменшення кількості питної води			
Індикатор	Неактуально (0 балів)	Актуально (1 бал)	Дуже актуально (2 бали)
1. Відсутність у місті власних джерел для водопостачання			

населення чи використання привозної води.			
2. Переважання поверхневих джерел водопостачання у місті над підземними.			
3. Негативна тенденція зміни річкового стоку в регіоні.			
4. Зростання частоти прояву посух протягом останніх 10 років.			
5. Наявність у місті промислових підприємств, що споживають значну кількість води.			
6. Наявність підприємств, що здійснюють скиди води у водні об'єкти.			
7. Неналежний стан водопровідної мережі у місті.			
8. Неналежний стан водоочисних споруд для очищення води, яку споживає населення.			
9. Відсутність належної системи водного менеджменту у місті.			
10. Зростання кількості населення міста.			
11. Відсутність культури водоспоживання у населення міста.			
12. Значна частка малозабезпечених сімей у структурі населення міста.			
Сума балів:			

VI. Група індикаторів для оцінки вразливості до зростання кількості інфекційних захворювань та алергійних проявів

Індикатор	Неактуально (0 балів)	Актуально (2 бали)	Дуже актуально (4 бали)
1. Значна частка населення, вразливого до інфекційних захворювань.			

2. Зростання частоти прояву стихійних гідрометеорологічних явищ, що можуть сприяти поширенню інфекційних захворювань (наприклад, сильні зливи).			
3. Прогнозоване зростання середньої температури повітря.			
4. Значна частка населення, схильного до алергійних проявів.			
5. Наявність природних осередків інфекційних захворювань та паразитарних захворювань у місті чи поблизу нього.			
6. Неналежне забезпечення населення стаціонарною медичною допомогою (кількість лікарняних ліжок менша нормативного).			
Сума балів:			

VII. Група індикаторів оцінки вразливості енергетичних систем міста

Індикатор	Неактуально (0 балів)	Актуально (2 бали)	Дуже актуально (4 бали)
1. Зростання температури повітря та повторюваності хвиль тепла у літній період та прояву екстремально низьких температур – у холодний.			
2. Зростання кількості днів із сильним вітром та повторюваності стихійних метеорологічних явищ.			
3. Незначна абсолютна висота розташування станції, віддаленість від водних об'єктів, випадки підтоплення станції чи територій, розташованих поблизу.			

4. Відсутність у місті джерел енергії (традиційних або альтернативних) для населення (чи, принаймні, для стратегічних об'єктів) на випадок аварійних ситуацій.			
5. Зростання кількості населення та споживання електроенергії на одну особу в місті.			
6. Зношеність основних фондів, неналежний технічний стан обладнання електроенергетичної системи міста.			
Сума балів:			

Хід роботи

1. Згідно вихідних даних заповнити таблицю 1 для заданого міста
2. Розробити заходи з адаптації міста до кліматичної зміни

Вихідні дані

№ варіанту	Місто	№ варіанту	Місто
1	Вінниця	13	Рівне
2	Луцьк	14	Одеса
3	Дніпро	15	Полтава
4	Донецьк	16	Суми
5	Житомир	17	Тернопіль
6	Ужгород	18	Харків
7	Івано-Франківськ	19	Херсон
8	Київ	20	Хмельницький
9	Кропивницький	21	Черкаси
10	Луганськ	22	Чернігів
11	Львів	23	Чернівці
12	Миколаїв	24	Севастополь

Питання для самоконтролю

1. Що таке «острівець тепла»?
 2. Як зміна клімату впливає на міські урбоекосистеми?
 3. Наведіть потенційні негативні наслідки зміни клімату, що можуть проявлятися у містах?
 4. Скільки існує груп індикаторів для оцінки вразливості міста до зміни клімату?
- 📖 Практична робота підготовлена з використанням літературних джерел: 2, 5.

Список використаної літератури

1. <http://uga.ua/meanings/yak-vplivaye-zmina-klimatu-na-vedennyuasilskogo-gospodarstva-v-ukrayini/>
2. Збірник тез II Міжнародної науково-практичної конференції «Кліматичні зміни та сільське господарство. Виклики для аграрної науки та освіти», 10-12 квітня 2019 року. ДУ НМЦ «Агроосвіта», Київ – Миколаїв – Херсон, 2019. 490 с
3. Удова Л.О., Прокопенко К.О., Дідковська Л.І. Вплив зміни клімату на розвиток аграрного виробництва. *Економіка і прогнозування*. 2014. № 3. С. 107–120.
4. Адаменко Т.І. Агрокліматичне зонування території України з врахуванням зміни клімату. Біла Церква : ТОВ "РІА" БЛЩ, 2014. 18 с.
5. Адаптація до змін клімату : навч. посіб. Ужгород : Карпатський Інститут Розвитку, 2015. 88 с.
6. Степаненко С.М. Динаміка та моделювання клімату : монографія. Одеса : «Екологія», 2013. 204 с
7. Ткаченко Т.Г. Практикум з метеорології і кліматології. Харків : ХНАУ, 2018. 122 с.
8. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України: монографія / С.М. Степаненко та ін. Одеський держ. екол. ун-т.; за ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового. Екологія, 2011. 694 с.
9. Регіональні зміни клімату України : Методичні вказівки до навчального курсу для студентів географічного факультету спеціальності «Метеорологія та кліматологія» / укл. Л. В. Паламарчук, С. В. Краковська. Київ. Прінт-Сервіс, 2018. 90 с.
10. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін регіонального клімату України в ХХІ ст. / Краковська С. В., Паламарчук Л. В., Шедєменко І. П. та ін. Геофизический журнал. 2011. № 6, т. 33. С. 6881.

Вихідні дані

Середньодобова температура повітря, °С			Грудень			Листопад			Жовтень			Вересень			Серпень			Липень			Червень			Травень			Квітень			Березень			Лютий			Січень			Місяць		
Варіант	Декада	Місяць	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3			
1	1990	-4,5	1,4	2,3	-0,3	2,3	5,8	4,6	5,1	9,5	10,3	11,0	12,4	13,2	17,0	15,5	17,5	20,0	20,1	24,5	22,9	21,6	20,9	23,3	18,8	17,8	13,9	15,3	13,4	10,3	6,4	7,3	6,1	9,0	1,6	1,8	-1,5				
2	1991	3,4	-0,6	-4,3	-11,0	-2,4	0,1	-2,8	1,7	5,7	9,0	12,2	11,1	14,6	14,1	15,3	18,2	24,0	22,8	26,3	24,6	25,8	25,3	22,0	18,3	15,7	16,1	16,6	18,6	14,5	6,0	3,2	4,4	4,6	-2,0	-2,6	-2,0				
3	1992	0,3	-1,8	-3,2	-2,7	-0,1	-4,7	2,2	3,5	7,1	8,9	8,2	8,0	15,7	15,3	14,1	16,6	21,8	20,9	19,6	22,3	22,4	24,8	25,4	22,9	18,6	14,6	11,7	11,2	8,2	8,1	4,9	6,4	1,4	-1,1	-0,7	-6,0				
4	1993	-6,5	2,2	0,4	-1,1	-4,7	0,8	-0,9	1,1	8,2	8,7	6,7	11,3	16,4	15,6	17,5	18,2	19,6	19,5	18,3	20,6	23,6	24,1	22,0	19,4	16,9	16,2	11,4	10,0	12,7	6,7	2,3	-7,3	-6,8	-6,4	3,0	3,2				
5	1994	2,4	1,1	-0,3	-2,1	-7,4	-0,2	-0,3	2,3	4,4	8,5	14,3	12,5	11,1	16,0	17,8	17,3	18,6	20,2	22,6	25,5	23,5	24,7	22,2	19,1	21,2	23,5	19,3	17,6	9,8	9,3	4,2	2,1	1,3	-3,5	-1,0	-3,0				
6	1995	-0,1	-4,4	-0,3	0,1	3,0	5,4	7,4	1,4	5,4	6,8	9,7	13,9	11,2	14,4	21,7	22,0	24,1	23,0	23,2	24,9	23,7	23,0	21,0	21,6	19,9	16,8	14,2	11,4	10,9	8,9	5,6	4,2	-1,7	-4,7	-3,2	0,0				
7	1996	-4,8	-5,6	-7,1	-5,8	-3,8	-0,2	-1,6	0,0	3,6	7,6	8,6	14,4	18,3	20,0	19,2	18,1	20,2	23,3	26,7	25,9	21,8	25,1	21,6	19,9	18,3	13,3	10,9	11,6	11,1	7,7	8,7	4,8	7,6	5,2	1,9	-10,3				
8	1997	-10,6	-4,6	-4,2	-5,1	-1,1	-0,7	2,3	3,3	0,6	6,9	6,8	11,2	17,0	20,8	15,7	18,8	21,9	23,4	24,1	20,4	21,3	21,9	19,5	21,5	13,6	15,0	10,4	11,9	12,2	4,0	3,9	5,2	3,6	1,0	-5,7	1,4				
9	1998	0,8	-1,3	-3,9	-3,9	0,2	2,1	4,6	1,2	1,7	12,9	12,8	11,9	16,9	16,0	16,1	22,5	24,0	20,2	21,7	22,9	28,5	26,7	20,8	20,6	15,2	20,0	18,9	8,5	13,8	9,8	6,9	0,2	-2,1	-2,0	-1,3	-2,9				
10	1999	0,5	0,2	1,0	-0,4	2,5	2,7	7,9	2,1	7,2	9,5	12,7	14,0	10,8	13,7	17,0	21,6	25,6	24,1	25,7	24,9	27,0	22,8	24,3	19,9	19,5	14,6	17,4	18,0	7,4	5,8	4,4	2,2	-2,6	3,7	4,4	1,1				
11	2000	-3,1	-2,1	-5,4	1,2	2,4	-1,0	3,6	0,7	5,3	10,1	15,4	16,9	13,2	14,3	20,7	22,2	19,6	18,8	22,9	22,7	25,2	25,1	24,5	21,0	18,8	16,7	10,5	13,1	9,5	7,7	8,2	4,7	-0,8	1,1	3,2	2,4				
12	2001	5,5	-1,4	-1,0	-0,6	0,2	-1,9	4,2	7,5	4,0	10,1	11,0	13,2	16,6	13,7	14,6	16,0	20,7	19,2	25,0	27,7	29,8	28,0	25,8	21,4	18,2	19,4	15,0	10,0	10,7	5,6	6,5	3,4	-4,5	-8,8	-1,4					
13	2002	-9,0	-2,2	2,9	3,1	3,1	4,7	6,3	6,7	6,5	6,0	12,3	12,5	15,8	16,7	19,0	17,2	21,4	24,9	27,8	26,3	25,6	23,7	22,7	21,7	21,9	15,6	18,0	12,8	9,3	8,8	4,5	7,4	5,9	-4,9	-9,1	-4,6				
14	2003	-3,1	-2,5	-0,3	-3,1	-8,3	-5,8	-0,4	0,7	0,3	3,7	10,5	9,8	16,7	20,9	23,0	19,8	21,8	19,2	22,0	21,1	21,9	22,2	21,2	22,7	16,4	17,1	16,3	16,4	8,9	6,7	6,9	3,0	5,5	1,0	1,0	1,9				
15	2004	-1,1	1,2	2,6	2,2	-4,2	1,1	1,2	4,3	10,6	6,2	11,6	13,5	15,3	14,2	16,7	16,4	18,8	21,1	20,7	20,5	24,3	23,2	20,4	22,2	17,1	16,5	18,9	12,0	8,3	10,3	7,2	9,0	-0,3	2,8	-0,5	2,4				
16	2005	1,9	2,4	0,0	-7,2	0,7	0,3	-1,9	2,3	2,1	7,6	13,2	11,9	13,7	17,1	24,0	19,5	19,7	19,4	21,5	22,8	24,3	25,6	24,9	22,7	19,1	20,2	18,9	15,4	10,2	8,5	6,1	4,8	3,4	5,3	0,1	-1,5				
17	2006	-1,8	-6,2	-13,7	-5,8	-6,1	1,1	0,5	4,2	5,5	9,4	11,6	10,9	11,3	15,9	18,9	20,8	18,4	25,1	20,7	22,7	23,2	25,6	26,9	22,1	17,8	16,6	19,6	15,8	9,0	11,3	4,9	4,2	4,1	5,0	4,1	-1,5				
18	2007	3,2	4,6	2,3	0,4	1,9	-5,8	3,7	5,3	6,6	9,2	8,6	10,6	12,8	19,1	24,7	22,1	24,1	22,7	23,4	25,8	26,9	26,0	26,5	26,1	21,4	16,5	16,8	16,2	10,0	11,8	4,2	3,0	1,6	2,7	-0,6	-1,2				
19	2008	-9,6	-4,7	0,0	0,6	-4,7	3,2	4,9	6,1	7,3	9,9	12,3	13,1	12,2	15,5	18,2	18,7	22,4	23,0	22,0	24,5	25,7	23,4	28,4	24,0	21,7	14,5	13,8	14,8	11,1	9,6	6,7	5,5	5,0	6,8	-2,5	-6,0				
20	2009	-9,6	-2,8	1,8	3,6	3,3	-1,9	2,8	3,7	5,9	9,0	9,3	11,3	12,7	15,4	18,1	22,2	21,2	26,2	25,1	26,9	24,3	23,4	21,3	20,7	19,8	19,6	15,8	13,2	15,7	9,3	4,4	7,6	7,6	4,2	-4,2	1,9				
21	2010	0,0	-0,6	-9,8	-2,9	0,1	1,7	0,7	1,6	7,3	9,9	9,8	12,4	17,6	17,3	18,5	22,9	24,8	23,2	23,5	26,2	26,9	30,3	28,6	22,5	18,1	20,1	18,0	8,3	8,5	7,1	10,3	11,2	7,8	3,4	-1,2	4,0				
22	2011	-2,3	-0,9	-5,7	-0,5	-7,0	-5,4	-1,7	2,3	5,6	7,8	8,1	13,3	12,5	17,1	20,2	23,4	22,3	20,8	22,5	27,0	27,2	22,2	22,8	23,2	21,7	19,2	18,4	15,7	14,8	9,0	5,4	3,4	0,3	0,3	3,8	3,8	1,1			
23	2012	3,4	-0,7	-7,6	-14,5	-7,7	0,2	-3,6	2,4	5,8	8,6	12,7	17,5	21,1	22,8	18,4	20,9	25,6	24,5	24,7	25,3	29,6	28,2	22,4	22,3	18,5	19,4	19,1	16,7	14,8	12,7	9,8	3,7	6,3	5,0	-3,9	-3,6				
24	2013	-1,3	1,3	1,2	3,8	1,7	2,0	3,1	5,0	2,1	9,9	11,5	15,5	20,6	20,2	21,3	20,2	24,0	25,1	25,0	24,4	22,5	24,9	26,5	24,2	16,2	17,3	11,3	5,1	11,8	9,6	9,8	5,4	4,7	-0,4	-2,8	2,1				
25	2014	2,4	1,6	-8,9	-5,6	3,9	1,9	5,4	6,8	7,7	7,5	11,9	14,3	14,3	19,6	22,3	22,7	19,7	19,7	23,3	25,3	26,5	28,1	25,3	20,9	23,6	18,4	13,6	10,8	11,5	6,2	4,9	4,6	-1,5	-3,3	2,5	0,9				
26	2015	-6,2	1,2	2,0	1,8	-1,3	2,6	3,7	6,4	6,1	6,5	10,3	11,6	14,1	16,8	20,3	22,0	22,9	20,8	24,3	21,0	25,9	27,5	25,6	22,6	23,8	19,6	21,5	12,4	8,5	6,4	5,7	7,3	7,1	3,1	0,9	2,6				
27	2016	-6,8	1,3	-3,5	2,5	4,5	4,5	7,8	4,2	6,2	10,9	15,1	13	14,5	16,2	19	17,3	22,7	28	23,1	26,5	24,8	27,1	24,3	26,0	21,6	18,3	12,1	14,1	6,8	4,8	8,0	2,6	0,7	-1,6	-2,3	-2,5				
середнє			-2,2	-0,9	-2,3	-2,0	-1,1	0,5	2,4	3,4	5,5	8,5	11,0	12,7	14,8	16,9	18,8	19,8	21,8	22,2	23,3	24,1	24,9	24,9	23,7	21,7	18,9	17,3	15,6	13,3	10,5	7,9	6,0	4,3	2,8	0,8	-0,9	-0,9			
за місяць			-1,8				-0,9			3,8			10,7		16,8			21,3		24,1		23,5			17,3		10,6		4,4								-0,3				

