

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до самостійної роботи студентів
та виконання контрольної роботи
з дисципліни «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України»
(частина I)
для студентів-магістрів I курсу
заочної форми навчання**

Одеса 2016

Методичні вказівки до самостійної роботи студентів та виконання контрольної роботи з дисципліни «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України» частина I для студентів-магістрів I курсу заочної форми навчання. Всі спеціальності гідрометеорологічного напрямку.

Укладач: к.геогр.н., доцент Недострелова Л.В.– Одеса, ОДЕКУ, 2016 р.– 30 с.

Зміст

Передмова	4
1 Зміст частини I дисципліни	5
1.1 Динаміка глобального клімату	5
1.2 Динаміка клімату України	5
2 Література	5
3 Організація самостійної роботи студента	6
3.1 Повчання по вивченню теоретичного матеріалу	6
3.2 Повчання по виконанню контрольної роботи	22
3.3 Повчання по виконанню практичної роботи	23
4 Організація контролю знань та вмінь	28

ПЕРЕДМОВА

Курс «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України» належить до професійно-орієнтованих дисциплін та розрахований на студентів-магістрів всіх напрямів.

Дослідження кліматичних змін та їх впливу на галузі економіки України набули особливої актуальності. У першу чергу це пов'язано з передбачуваним посиленням парникового ефекту й відповідно з підвищенням глобальної температури повітря. За попередніми оцінками національних експертів потепління клімату, наявність якого вже не викликає сумнівів, може мати серйозні наслідки для галузей економіки України. Наслідки надто швидкого процесу зміни клімату являють собою широкий спектр різнонаправлених та різномасштабних явищ. Успішна соціально-економічна політика країни залежить від багатьох чинників. Серед них важливе місце посідають проблеми забезпечення населення тепловою енергією, перехід на шлях економії природних і енергетичних ресурсів і зменшення їх споживання. У зв'язку з цим дисципліна «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України» займає важливе місце у підготовці фахівців (магістрів) зі спеціальностей гідрометеорологічного інституту.

Частина I дисципліни «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України» дозволяє більш детальне вивчення кліматичних факторів, з якими пов'язана виробнича та соціальна діяльність людини, виявлення особливостей клімату сприяє більш ефективному використанню інформації про клімат для розв'язання різних прикладних задач. Тому майбутньому фахівцю окрім знань про загальні закони формування клімату на Земній кулі, необхідні більш детальні відомості про умови його формування на території України. До того ж, глобальні зміни клімату, які відбуваються в останнє сторіччя, потребують виявлення характеру цих змін в окремих регіонах Земної кулі, зокрема в Україні. Тому у частині I дисципліни значну увагу приділено причинам і наслідкам змін і коливань клімату.

Мета дисципліни – викладення фізичних процесів, що формують той чи інший тип клімату; висвітлення питань, що пов'язані із змінами та коливаннями клімату, особлива увага надається питанням антропогенного впливу на клімат та його наслідків.

Завданням курсу є формування у студентів системи знань з питань зміни клімату та вплив таких змін на галузі економіки України.

Після вивчення частини I дисципліни студент має засвоїти базові знання. Він повинен **знати**:

- визначення змін та коливань клімату;
- зміни та коливання клімату в історії Землі;
- природні причини, які спричиняють зміни та коливання клімату;
- антропогенні зміни клімату;
- зміни клімату у майбутньому;
- динаміку змін клімату України.

вміти

- доповняти лекції самостійним вивченням та аналізом навчальної та монографічної літератури з питань дослідження змін та коливань клімату;
- використовувати здобуті знання у подальшій практичній діяльності.

1 ЗМІСТ ЧАСТИНИ І ДИСЦИПЛІНИ

1.1 Динаміка глобального клімату

Поняття про зміни та коливання клімату. Зміни клімату за останні тисячу років та їх причини. Зміни клімату з кінця ХІХ до початку ХХ століть. Сценарії змін клімату у майбутньому.

1.2 Динаміка клімату України

Тенденція змін режиму температури. Динаміка режиму опадів і хмарності. Характеристика змін режиму швидкості вітру. Сценарії змін клімату України. Визначення типу клімату та його зміни за допомогою кліматичних довідників за різні кліматичні періоди (практична робота).

2 ЛІТЕРАТУРА

Основна

1. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України. Монографія / Під редакцією д.ф.-м.н., професора Степаненка С.М., д.геогр.н., професора Польового А.М. – Одеса: Екологія, 2011. – С. 696.
2. Врублевська О.О., Катеруша Г.П., Гончарова Л.Д. Кліматологія. Підручник. – Одеса: ТЭС, 2013. – С. 335.
3. Врублевська О.О., Катеруша Г.П. Клімат України та прикладні аспекти його використання. Навчальний посібник. – Одеса: ОДЕКУ, 2012. – С. 180.
4. Метеорологія і кліматологія. Підручник / Під редакцією д.ф.-м.н., професора Степаненка С.М. – Одеса: ТЕС, 2008. – С. 534.
5. Кліматологія / Научн. ред. Дроздова О.А., Кобышевой Н.В. – Л.: Гидрометеоиздат, 1989. – 568 с.
6. www.library-odeku.16mb.com.

Додаткова

1. Будыко М.И. Климат в прошлом и будущем. – Л.: Гидрометеоиздат, 1980. – 350 с.
2. Матвеев Л.Т. Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометеоиздат, 1991.
Клімат України / За ред. Ліпінського В.М., Дячука В.А., Бабіченко В.М. – Київ: Видавництво Раєвського, 2003. - 343 с.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ САМОСТІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТА

Вивчення частини I дисципліни для студентів заочної форми навчання складається з двох видів навчальних занять (лекції та практичні заняття), самостійної роботи студента по засвоєнню теоретичного курсу та виконанню контрольної роботи.

Контроль самостійної роботи студента заочної форми навчання здійснюється шляхом перевірки контрольної роботи та на заходах підсумкового контролю.

3.1 Повчання по вивченню теоретичного матеріалу частини I дисципліни

Загальні поради:

- спочатку необхідно розібратися у змісті окремої теми курсу за допомогою наведеного у пункті 2 переліку навчальної та методичної літератури;
- коли Ви вважаєте, що засвоїли зміст теми, яку вивчаєте, спробуйте відповісти на запитання для самоперевірки, які наведені в кінці кожного розділу;
- після того, як ви переконалися, що зміст теми засвоєно, починайте виконання завдання контрольної роботи, що відповідає цій темі;
- далі починайте вивчення наступної теми і виконання завдання контрольної роботи, що відповідає цій темі;
- якщо у Вас виникли питання або труднощі, які Ви не в змозі подолати самостійно, потрібно звернутися до викладача, який вів лекції, письмово на електронну адресу кафедри фізики атмосфери та кліматології **geophys@ogmi.farlep.odessa.ua**.

3.1.1 Повчання по вивченню 1-го розділу «Динаміка глобального клімату».

Перша тема розділу «**Поняття про зміни та коливання клімату**» (1, с. 44-51; 2, с. 257; 4, с. 458). Одною з найважливіших особливостей клімату є його значна часова мінливість. З точки зору системного аналізу ця мінливість є проявом як внутрішніх властивостей кліматичної системи, так і мінливості зовнішнього впливу на неї. Кліматична система є дуже складною динамічною системою. При незмінних зовнішніх чинниках кліматична система знаходиться у стані динамічної рівноваги. Але стан динамічної рівноваги зовсім не передбачає незмінності стану внутрішніх складових системи, зокрема атмосфери, тобто їй властиві вільні коливання різного періоду. В той же час коливання зовнішніх кліматоутворювальних чинників генерують змушені коливання внутрішніх характеристик кліматичної системи. Таким же чином коливання та зміни характеристик одної з

внутрішніх складових системи призводять до коливань та змін характеристик інших складових кліматичної системи. Накладаючись одне на одне, ці коливання формують в атмосфері дуже складну хвильову картину, в якій присутні часові коливання – від міжрічних до мільйонів років. Необхідно розрізняти терміни «мінливість», «коливання» та «зміни клімату». Мінливість клімату є загальною рисою властивостей кліматичної системи, яка характеризує часові зміни стану як самої системи, так і її складових. Під «змінами клімату» будемо розуміти однонаправлені (в межах певного часового періоду) зміни характеристик стану кліматичної системи, в тому числі характеристик її окремих складових (наприклад, характеристик стану атмосфери). Поняття «коливання клімату» зазвичай застосовують тоді, коли в межах певного часового періоду відсутні зміни однонаправленого характеру, а має місце зворотне змінювання з деякою квазіперіодичністю або циклічністю. Таким чином, терміни «зміна» та «коливання клімату» можуть бути характеристикою одного фізичного процесу в залежності від того, протягом якого часового періоду розглядається характеристика мінливості. Наприклад, якщо розглядаються зміни кліматичних характеристик протягом декількох століть, зумовлені кліматичними коливаннями з періодом у декілька тисяч років, то звісно можна казати про «зміни клімату» протягом часового періоду, що вивчається. Але ці зміни будуть складовою більш великомасштабного у часі процесу коливань клімату. У той же час, якщо відбуваються однонаправлені незворотні зміни або зовнішніх, або внутрішніх кліматоутворювальних чинників, то треба вести мову про «незворотні зміни клімату».

Друга тема розділу «**Зміни клімату за останні тисячу років та їх причини**» (2, с. 258-281, 291-309; 4, с. 459-461). Для розуміння змін та коливань клімату важливо знати його еволюцію протягом всієї історії існування нашої планети, тобто більше, ніж за 4,5 млрд років. Про кліматичні умови в окремі давні геологічні епохи і періоди можна судити тільки за непрямыми даними – органічними останками (рослинними та тваринними), мінеральними відкладами, наприклад, у вигляді солі (кам'яної, калійної, гіпсу), морен, латеритів тощо. Відклади солей є ознакою теплого сухого клімату, морени – холодного клімату, латерити – жаркого клімату зі значними опадами. Показником вологих теплих кліматів є наявність залізних, марганцевих руд, поклади торфу і кам'яного вугілля тощо. В першій половині ХХ століття з'явився новий метод вивчення складу рослинності у третинний і, головним чином, у четвертинний період плейстоцену – метод пилкового аналізу. Значне поширення у сучасній палеокліматології знайшли геохімічні та радіоізотопні методи дослідження. Потрібно розуміти, що непрямыми методами можливо реконструювати дуже обмежену кількість характеристик минулих кліматів, тому в якості індикатора кліматичних змін у минулому практично завжди використовують зміни тільки середньої температури повітря біля земної поверхні. Великі зміни та коливання клімату, що відбувались протягом історії Землі, є

проявом складної взаємодії змін та коливань кліматоутворювальних факторів, як зовнішніх (світність Сонця, еволюція бінарної системи Земля-Місяць тощо), так і внутрішніх (варіації вмісту CO₂, інших парникових газів та аерозолу в атмосфері, зміни конфігурації материків та океанів, висоти та положення гірських систем, глибин Світового океану тощо). Але питання, які з названих кліматоутворювальних факторів були визначальними при формуванні тих чи інших кліматичних епох та коливань, є дискусійними досі. Реконструкції клімату в глибині історії Землі виявляють тільки найяскравіші і великі об'єкти. Це епохи зледенінь – «зими нашої планети», які тривали десятки і сотні мільйонів років, і ще триваліші – теплі епохи.

Час існування Землі поділено на два головних інтервали (еони): докембрій (криптозой) і фанерозой, межа між якими визначена за наявністю у відкладах фанерозой слідов явного життя і саме слово фанерозой означає «ера явного життя». Докембрій займає 85% часу існування Землі і поділяється на архей (2,5 млрд років тому) і протерезой (2,5-0,64 млрд років тому). Фанерозой складається з трьох ер різної тривалості: палеозой – ера давнього життя, мезозой – ера середнього життя, кайнозой – ера нового життя. Сучасна нам кайнозойська ера почалась приблизно 66 млн років тому і поділяється на два періоди: третичний, який складається з чотирьох епох (еоцену, олігоцену, міоцену і пліоцену) та четвертинний, в якому виділено поки одну епоху – плейстоцен. Четвертинний період почався десь 1,8 млн років тому. Останні 10 тис. років в історії Землі виділяють особливий період – голоцен. Коливання клімату післяльодовикової епохи (голоцені) визначались в основному такими чинниками. За відносної стабільності вмісту CO₂ в атмосфері в цей період проявився вплив коливань земної орбіти, можливо, припливних сил, змін прозорості, зумовленої вулканічною діяльністю і автоколиванням самої кліматичної системи (атмосфера-океан-полярний лід).

Коливання клімату післяльодовикової епохи (голоцені) визначались в основному такими чинниками. За відносної стабільності вмісту CO₂ в атмосфері в цей період проявився вплив коливань земної орбіти, можливо, припливних сил, змін прозорості, зумовленої вулканічною діяльністю і автоколиванням самої кліматичної системи (атмосфера-океан-полярний лід). Переважно через вплив прецесії земної орбіти 10 тис. років тому інсоляція на верхній межі атмосфери відрізнялась від сучасної. Так, літня інсоляція на Північному полюсі була на 50 Вт·м⁻² вищою за теперішню. Тому голоцен почався інтенсивним потеплінням. Численні ознаки районів Північної і Південної півкуль свідчать про те, що під час голоценового оптимуму теплий і вологий клімат панував на всій Земній кулі.

Протягом голоцену відбувається зменшення інсоляції. Після кліматичного оптимуму голоцену спостерігалось стійке зниження температури. Відомо, що зміни інсоляції впродовж вказаного періоду були відносно гладкі. Крім орбітальних факторів доволі сильно коливалась протягом голоцену вулканічна діяльність. Її вплив проявлявся подвійно.

Зниження прозорості атмосфери у середньому зменшує температуру нижнього шару атмосфери Землі. Але під час вивержень в атмосфері збільшується кількість CO₂. Згідно з розрахунками М.І. Будико за інтервали часу менші, ніж 1000 років зниження прозорості спричиняють похолодання, а за більш тривалий час накопичення вуглецю в атмосфері перебиває вплив зниження прозорості і відбувається потепління. На початку голоцену вивержень вулканів було багато і вони були значно потужнішими за сучасні. До середини голоцену вулканічна діяльність послабшала у декілька разів і знов зросла за останні тисячоліття за кількістю вивержень, але поступалась попереднім виверженням за інтенсивністю. Незалежно від того, чи пов'язаний хід вулканізму з якимись процесами в літосфері Землі, чи був результатом змін і перерозподілу навантаження на земну поверхню при руйнуванні покривних льодовиків, зміна інтенсивності вулканічної діяльності могла трохи збільшити амплітуду ходу температури протягом голоцену.

Майже 500 років до н.е. почався субатлантичний період – прохолодний і вологий, який триває до теперішнього часу. У цей період відбулось погіршення клімату: температура повітря знизилась, кількість опадів зросла.

З середини ХІХ ст. почалось швидке потепління глобального клімату. І вже до 1940 року у Гренландському морі кількість льодів скоротилась вдвічі, а у Баренцовому – майже на третину. У 1940 році це потепління знову змінилось короткочасним похолоданням. Але з 1979 року почалось різке зростання глобальної температури. Цей ефект зареєстрований не лише інструментально за даними Світової служби погоди, але й підтверджується зменшенням товщини льодовиків Північного Льодовитого океану на 40% за останні 50 років.

Слід зазначити, що потепління Північної півкулі наприкінці ХХ ст. – початку ХХІ ст. є найбільшим за останнє тисячоліття. Про це свідчить аналіз змін клімату з врахуванням реконструйованих даних (дендрохронологія тощо).

При аналізі причини змін клімату за періоди порядку декількох тисячоліть домінуючою треба вважати зміну орбітальних характеристик. Але на коротших часових масштабах як, наприклад за останні 1000 років, варіації інсоляції на верхній межі атмосфери внаслідок зміни орбітальних параметрів відносно малі. На цих часових масштабах існує два переважних природних впливи – це зміни сонячної сталої та інтенсивні виверження вулканів.

Третя тема розділу «**Зміни клімату з кінця ХІХ до початку ХХ століть**» (2, с. 281-291, 310-325; 4, с. 461-462). Про коливання клімату з останньої чверті ХІХ ст. і до наших днів можна судити не лише по непрямим даних, але й на основі обробки прямих метеорологічних вимірювань. Потепління, яке настало за малим льодовиковим періодом, почалося наприкінці ХІХ ст., але увагу кліматологів як явище великого масштабу воно привернуло лише у 20-30-х роках ХХ ст., коли було виявлено значне підвищення температури води у Баренцовому морі. Ще раніше, наприкінці

XIX ст., гляціологами був відзначений значний відступ льодовиків в Альпах, на Кавказі та у Скелястих горах.

Уявлення про те, що клімат зазнає суттєвих змін з'явилося відносно недавно, десь у середині XIX ст. У теперішній час існує наука палеокліматологія, призначенням якої і є реконструювання клімату Землі за будь який період. Зміни клімату зумовлюються низкою факторів: зміною сонячної радіації та орбіти Землі, змінами у земній атмосфері, процесами, які відбуваються у інших частинах Землі, таких як океани, льодовики, а також ефектами, що супроводжують діяльність людини. До найважливіших природних факторів належать світність Сонця і сонячна активність, положення Землі на геліоцентричній орбіті, тобто на тій орбіті, по якій Земля обертається навколо Сонця. Існують і менш очевидні фактори, такі, як рух Місяця або положення важких планет, у першу чергу, Юпітера і Сатурна та інші. Природні кліматоутворювальні фактори можна поділити на зовнішні астрономічні та внутрішні. Існують і антропогенні фактори зміни клімату, саме ним останнім часом приділяється велика увага. Це і зрозуміло, бо людство вже модифікувало газовий склад атмосфери. Таким чином, для розуміння того, що відбувається з кліматом сьогодні і що буде з ним завтра, треба обов'язково враховувати суперпозицію природних і антропогенних факторів.

На клімат безпосередній вплив мають, перш за все, зміни світності Сонця – практично єдиного джерела енергії для земної кліматичної системи. За даними астрофізики Сонце є стабільною зіркою, світність якої визначається температурою її поверхні. Виходячи із сучасних астрофізичних уявлень про процеси, що відбуваються на Сонці, за час існування світність його збільшилась приблизно на 30%. Крім цих однонаправлених змін світності, Сонце, як складна фізична система, має власні коливання характеристик стану, в тому числі й світності, різного часового масштабу та амплітуди – так звана «сонячна активність». Зазначимо, що сонячна активність впливає на магнітне поле Землі, змінює суттєво температуру в іоносфері, коли збурення ультрафіолетової і корпускулярної радіації досягають навколосемного простору, створюють полярні сяйва тощо. А от стосовно нижніх шарів атмосфери думки розходяться. Хоча і виявлено зв'язки екстремальних явищ погоди з сонячними спалахами, зміни глибини баричних утворень протягом сонячних циклів, невеликі перерозподіли (особливо у низьких широтах) тощо, проте, статистичну вірогідність їх важко перевірити, тому що ці зв'язки нестійкі. Вони можуть проявлятися тривалий час, а потім зникнути або змінити знак. Але В.В. Клименко та інші вважають, що між сонячною активністю і приземною температурою спостерігається доволі тісний кореляційний зв'язок.

У 1920 році сербським геофізиком М. Міланковичем запропоновано гіпотезу про зв'язок кліматичних змін з періодичними змінами параметрів орбіти Землі на значних проміжках часу – так звані «цикли Міланковича». Це одна з найбільш відомих і загальноприйнятих теорій періодичного

зледеніння Землі. У відповідності з гіпотезою М. Міланковича до півкуль Землі через зміну її руху може надходити менша або більша кількість сонячної радіації, що відбивається на глобальній температурі. Міланкович виділив три елементи руху: ексцентриситет земної орбіти, прецесію земної осі (якщо дивитись на вісь зверху, то можна побачити, що вона описує у просторі коло, тобто ніби гойдається по відношенню до Сонця) і кут нахилу осі Землі по відношенню до площини її орбіти (екліптики). Крім розглянутих астрономічних кліматоутворювальних факторів дискутуються й можливі інші причини, наприклад: коливання положення Сонячної системи відносно галактичної площини Чумацького шляху з періодом близько 66 млн. років, що змінює щільність космічного простору; коливання щільності потоку космічних галактичних променів; астрокатастрофи (наприклад, падіння на Землю астероїдів та великих комет).

У геологічній історії Землі відбувалися також значні зміни геологічних та геохімічних кліматоутворювальних факторів. По-перше, це процеси зміни місцезнаходження материків, які суттєво впливали, в першу чергу, на міжширотний обмін теплом за рахунок океанічних течій. Крім того, процеси тектогенезу та орогенезу, які супроводжувалися підняттям континентів та регресією океанів впливали на загальну циркуляцію атмосфери та океанів, що в свою чергу змінювало характеристики глобальної кліматичної системи. В історії клімату суттєвим чинником також є вулканічна активність (на початку історії Землі вона була значно більшою), яка змінювала як хімічний склад атмосфери, так і впливала через викиди в атмосферу аерозолів на оптичну прозорість атмосфери, альбедо та перерозподіл складових радіаційного балансу Землі.

Зміни складу атмосфери є одним з найважливіших чинників глобальних змін клімату. Думку про те, що зміни концентрації вуглекислого газу в атмосфері можуть бути причиною кліматичних змін, було висловлено ще 150 років тому. Поглинання інфрачервоного випромінювання земної поверхні відбувається оптично активними газами атмосфери (так званими «парниковими газами»), серед яких водяна пара H_2O , вуглекислий газ CO_2 , метан CH_4 , озон O_3 , закис азоту N_2O . Якби цих газів взагалі не було в атмосфері, то середня за рік глобальна температура повітря біля земної поверхні дорівнювала приблизно $-19\text{ }^\circ\text{C}$. Це означає, що існування живих організмів і біосфери було б неможливе на більшій частині Земної кулі. Парниковий ефект існує з тих пір, як у Землі з'явилась атмосфера. Природними джерелами і поглиначами парникових газів є багато природних систем і процесів, до того ж деякі з них виступають одночасно в обох ролях (наприклад, океан, рослини). Одним з джерел викидів є горіння речовин, які містять вуглець, в тому числі вуглецеводневого викопного палива (вугілля, нафти і природного газу). У доіндустріальну еру викиди і стоки парникових газів, пов'язані з природними джерелами і поглиначами, були достатньо збалансованими і, відповідно, їх концентрація та парниковий ефект змінювались повільно.

Протягом тисячоліть господарча діяльність людини пристосовувалась до навколишніх кліматичних умов, але не зважала на те, як вона впливає на клімат: позитивно чи негативно. Коли кількість населення Землі була порівняно малою, здавалось, що антропогенний вплив на природу, як результат господарчої діяльності, не може впливати на стійкість клімату. Але у ХХ ст. діяльність людини все більше набувала таких масштабів, що постало питання про неумисну дію господарчої діяльності людини на клімат. Впливають на клімат такі процеси, які набули вже глобального характеру:

- спалювання викопного органічного палива і надходження в атмосферу CO_2 , CH_4 ;
- викидання в атмосферу промислових відходів, які змінюють склад атмосфери, збільшують вміст радіаційно-активних газів і аерозолей. Обидва ці процеси збільшують парниковий ефект;
- розорювання величезних масивів землі, які сприяють зміні альbedo, швидкій втраті вологи, підйому пилу в атмосферу;
- знищення лісів, особливо тропічних, які впливають на відтворення кисню, зміни альbedo і випаровування;
- перевипасання худоби, яке перетворює степи і савани у пустелі, через що змінюється альbedo, висушується ґрунт.

Таким чином, у теперішній час людина змінює не лише характер поверхні Землі, але й хімічний склад атмосфери, а також її фізичні властивості. Вплив людини на клімат на стільки збільшився, що господарчу діяльність її розглядають як особливий антропогенний фактор клімату. Вплив цього чинника виражається в основному неперервно зростаючим виробництвом енергії, що спричиняє додаткове надходження в атмосферу тепла, вуглекислого газу і аерозолів при спалюванні у величезній кількості палива. Це теплове і аерозольне забруднення повітря охоплює не лише тропосферу, але й стратосферу, на яку тепер впливають надзвукові літаки, вихлопні продукти яких постійно зменшують вміст озону в ній і цим посилюють інтенсивність короткохвильової радіації Сонця, що надходить до поверхні землі. Така радіація негативно впливає на тканини тваринних і рослинних організмів.

Четверта тема розділу «**Сценарії змін клімату у майбутньому**» (1, с. 51-60). На зміни кліматичних умов майбутнього, зрозуміло, буде впливати низка згаданих природних факторів. Разом з цим буде посилюватись роль антропогенного фактора, який вже сьогодні (за офіційною думкою) створив помітні зміни глобального клімату. Прогноз еволюції кліматичної системи є одною з найважливіших і найскладніших задач її дослідження. Через недостатній рівень наукових знань про ступінь та фізичні механізми впливу тих чи інших кліматоутворювальних факторів на кліматичну систему на різних масштабах часу, про взаємозв'язки між різними компонентами кліматичної системи у прогнозах щодо майбутніх змін стану глобальної кліматичної системи існує досить велика невизначеність.

Методологія нинішнього кліматичного прогнозу ґрунтується на уявленні про те, що сучасні зміни клімату багато в чому визначаються антропогенними факторами. Тому кліматичний прогноз розвивається відповідно до сценаріїв майбутніх змін вмісту в атмосфері парникових газів і тропосферних аерозолів, різних забруднюючих агентів за рахунок розвитку енергетики, промисловості та землекористування. Ці сценарії по суті своїй представляють експертні оцінки, будуються на основі демографічних прогнозів, оцінок імовірного економічного зростання, темпів споживання викопного палива.

Через те, що зміни клімату залежать від багатьох чітко не визначених чинників, існує деяка невизначеність і в оцінках майбутніх змін клімату, пов'язаних з цими чинниками. Тому у науковій літературі віддають перевагу використанню терміна «проекція клімату», а не «прогноз клімату», таким чином підкреслюючи той факт, що результати моделювання залежать від вибраного сценарію і гіпотези, на якій базується цей сценарій.

Міжнародна група експертів по змінах клімату розробила довгострокові сценарії емісії парникових газів і аерозолів у ХХІ столітті, які опубліковано у Спеціальній доповіді про сценарії викидів у 2000 р. (сценарії SRES). Загальна кількість їх становить 40, і всі вони об'єднані у чотири основні сюжетні лінії – А1, А2, В1 та В2. Еволюція концентрацій різних парникових газів в атмосфері (CO₂, CH₄, N₂O тощо) протягом ХХІ століття визначалась за допомогою сучасних фотохімічних і вуглецевих моделей.

Сюжетна лінія і сценарне сімейство А1 описують майбутній світ таким, що характеризується найбільш швидким економічним зростанням, зростанням населення Землі, показники якого досягнуть пікових значень у середині ХХІ сторіччя з подальшим зменшенням, а також швидким впровадженням нових і більш ефективних технологій. Відбувається постійна інтеграція регіонів, утворення потенціалу і активізація культурних та соціальних взаємозв'язків при значному зменшенні регіональних розбіжностей у доходах на душу населення. При цьому можливі розбіжності у переважному використанні певних джерел енергії у майбутньому: А1F1 – значна частка викопних видів палива; А1Т – невикопні (альтернативні) види топлива; А1В – рівновага між усіма видами. Так за сценарієм А1В до 2100 року концентрація основних парникових газів в атмосфері зросте порівняно з 1990 роком, взятим за базовий: CO₂ – у 2,03, CH₄ – у 1,16 і N₂O – у 1,21 рази.

За сценарієм А2 («найгірший сюжет» або «жорсткий») розвиток світу відбувається при збереженні місцевої самобутності і опори на власні природні ресурси, а також при постійному зростанні загальної чисельності населення у світі. Економічний розвиток має регіональну спрямованість, а економічне зростання у розрахунку на душу населення і технологічні зміни більш фрагментарні та відбуваються повільніше порівняно з іншими сюжетними лініями. У результаті такого розвитку очікується значне зростання концентрації основних парникових газів в атмосфері. До 2100

року концентрації основних парникових газів в атмосфері збільшаться порівняно з 1990 р.: CO₂ у 2,42, CH₄ у 2,19 і N₂O у 1,45 разу.

Сюжетна лінія і сценарне сімейство В1 («найбільш оптимістичний сюжет» або «м'який») описують рух світу з приростом глобального населення таким же, як і за сценарієм А1, проте за швидких змін в економічних структурах у напрямку сервісної та інформаційної економіки зі зменшенням матеріальної інтенсивності і впровадженням екологічно чистих і ресурсозберігаючих технологій. Головна увага приділяється глобальним рішенням в інтересах економічної, соціальної і екологічної стійкості, але без додаткових ініціатив, пов'язаних з кліматом. До 2100 р. концентрація CO₂ і N₂O в атмосфері зросте порівняно з 1990 р. відповідно у 1,53 і 1,22 рази, а концентрація CH₄ зменшиться на 6%.

За сценарієм В2 світовий розвиток буде зосереджений на вирішенні локальних проблем економічної, соціальної і екологічної стійкості з населенням Землі, яке постійно збільшується, але є нижчим, ніж за сценарієм А2. Хоча цей сценарій орієнтований на охорону навколишнього середовища і рішення соціальних проблем, головна увага в ньому приділяється питанням регіонального розвитку. В2 близький до сучасного рівня розвитку, і прогностичне зростання емісії CO₂ в атмосферу приблизно відповідає його підвищенню в кінці ХХ сторіччя. У 2100 р. концентрація основних парникових газів збільшиться порівняно з базовим 1990 р.: CO₂ – у 1,76, CH₄ – у 1,75 і N₂O – у 1,18 разів. До середини ХХІ століття розбіжності між сценаріями невеликі, у всякому разі, в середніх глобальних оцінках змін клімату, а до кінця століття очікується, що розбіжності між більш сильним потеплінням у разі реалізації сценарію А2 і рештою їх стануть значними. У всіх згаданих сценаріях протягом перших десятиліть ХХІ століття глобальні викиди CO₂ в атмосферу будуть зростати.

З різним ступенем імовірності вчені прогнозують до кінця ХХІ ст. такі зміни у різних компонентах глобальної кліматичної системи:

- підвищення рівня моря на 20-70 см у порівнянні з рівнем 1990 р., що може призвести до затоплення значних територій, особливо у Південній та Південно-Східній Азії;
- зменшення площі льодяного покриву; арктичний полярний льодяний покрив наприкінці літнього сезону буде повністю зникати;
- зростання повторюваності екстремально високих температур, хвиль тепла та сильних опадів;
- зміщення до полюсів траєкторій переміщення позатропічних циклонів з подальшими змінами вітрового режиму, опадів та температури повітря;
- зростання кількості опадів у високих широтах та їх зменшення у деяких районах середніх широт та у субтропіках;
- підвищений ризик вимирання для майже 30% видів живих істот.

Питання для самоперевірки

1. Охарактеризуйте поняття «мінливість» клімату.
2. Дайте визначення терміну «коливання клімату».
3. Розкрийте поняття «зміни клімату».
4. Охарактеризуйте зміни та коливання клімату у плейстоцені.
5. Охарактеризуйте зміни та коливання клімату у голоцені та останні тисячу років.
6. Які природні причини призводять до змін та коливань клімату Землі?
7. Назвіть антропогенні фактори, які впливають на клімат Землі.
8. Як впливають на клімат зовнішні кліматоутворювальні фактори та якою є їхня динаміка за час існування Землі?
9. Охарактеризуйте зміни та коливання внутрішніх кліматоутворювальних факторів за час існування Землі.
10. Як змінювався склад атмосфери через природні процеси та як це впливало на глобальні зміни клімату?
11. Охарактеризуйте сценарій A1 можливих змін клімату у XXI столітті.
12. Охарактеризуйте сценарій A2 можливих змін клімату у XXI столітті.
13. Охарактеризуйте сценарій B1 можливих змін клімату у XXI столітті.
14. Охарактеризуйте сценарій B2 можливих змін клімату у XXI столітті.
15. Дайте характеристику змін у різних компонентах глобальної кліматичної системи до кінця XXI ст.

3.1.2 Повчання по вивченню 2-го розділу «Динаміка клімату України».

Перша тема розділу «Тенденція змін режиму температури» (1, с. 60-67; 3, с. 111-115). Динаміка клімату України, як регіонального, значною мірою уособлює характерні риси змін глобального клімату: він чутливий до змін глобального клімату, що підтверджується одноманітністю багаторічного ходу аномалій глобального і регіонального клімату. Дослідження, проведені вченими країни за даними метеорологічних спостережень на ряді метеорологічних станцій України протягом двадцятого століття, дозволили встановити ефект сезонно-географічного вирівнювання кліматичного поля приземних температур під впливом глобального потепління. За цей період потепліли, головним чином, північні регіони України в холодне півріччя. При цьому це потепління майже вдвічі більше відносно глобального рівня, який практично співпадає з середнім для всієї території України. Найбільш інтенсивно збільшується температура повітря в окремі місяці (січень, лютий, березень) в Поліссі і Лісостепу. Середня місячна температура місяців теплого півріччя або практично не змінилась, або трохи знизилась. Спостерігається зменшення річної амплітуди температури повітря, що

підтверджує гіпотезу про можливе зменшення континентальності клімату України. Вчені стверджують, що на фоні більш тривалого (від року до року) і інтенсивного потепління зберігається можливість екстремально холодних зим (1 раз в 10–15 років), що може сприйматись як стихійне явище, збитки від яких можуть бути значними.

В холодне півріччя відбувається помітне збільшення температури повітря майже в усіх регіонах України; в місяці теплого півріччя температура або не змінилась, або трохи знизилась. Тобто слід вважати, що змінюється континентальність клімату. Суттєво зменшення індексу континентальності клімату спостерігаємо на сході, південному сході і півдні України, де протилежні напрямки зміни температури повітря в січні і липні відбуваються більш помітно.

Друга тема розділу «Динаміка режиму опадів і хмарності» (1, с. 71-81; 3, с. 115-118). Одним з важливих екологічних наслідків глобального потепління є трансформація поля атмосферних опадів. Згадаємо, що атмосферні опади – це головна ланка в процесі вологообміну прісної води на земній кулі. Протягом ХХ сторіччя відбувались помітні зміни в режимі опадів на території України, але з різною їх інтенсивністю як в окремих регіонах, так і в окремі періоди. Останнє призводить до змін в співвідношенні опадів теплого і холодного періодів, найбільшої та найменшої їх місячної кількості в році, тобто до змін річного ходу опадів.

Відомості про опади зазвичай надаються їх кількістю і частотою випадіння. Як показник режиму зволоження частіше за все використовується річна кількість опадів і їх сумами за теплий і холодний періоди. Середня річна сума атмосферних опадів на Україні становить приблизно 600 мм/рік, що примірно на 1/3 менша відносно зонального рівня для широтної зони, в якій вона знаходиться. До зони надмірного зволоження тут належать північні і північно-східні райони Полісся і Карпати. Південні регіони, особливо південно-східні області і степовий Крим, знаходяться в зоні недостатнього зволоження.

Аналіз змін атмосферних опадів в Україні під впливом глобального потепління за період з 1900 по 2000 рр., проведений вченими України, встановив, що річна кількість опадів в цілому по території України змінювалась неоднозначно. В окремих регіонах спостерігається збільшення кількості опадів майже на 40 мм, в інших вона залишається в межах норми, або зменшується. Дослідження дозволили виявити тенденцію вирівнювання кліматичного поля атмосферних опадів по її території. Встановлено, що незначне потепління (до 1,0-1,5°C) призводить до зростання на 10-15% річної кількості опадів в південно – західних регіонах і їх зниженню на 5-10%–в північно-східних регіонах, що сприятливе для сільськогосподарського виробництва. Цей ефект можна сформулювати наступним чином: в тих регіонах України, де річна кількість атмосферних опадів була малою, їх річна сума за останні 100 років значно зросла; в тих регіонах України, де річна кількість атмосферних опадів була великою, їх річна сума за останні

100 років знизилась. Цей ефект, правда, не поширюється на місячну кількість опадів: для тих територій і тих місяців, для яких місячна сума опадів перевищує 60-65 мм., вона в результаті глобального потепління починає різко зростати.

Порівняння різниці в кількості опадів теплого і холодного періодів вказує на більш значний вклад в зміни річної їх кількості опадів холодного періоду: майже на всій території України в цей період опади наприкінці сторіччя збільшилися в середньому на 50 мм. Більш суттєвий вклад теплого півріччя в зміни річної кількості опадів спостерігаємо лише в західному регіоні України, за винятком району Карпат, де вклад теплого і холодного періодів майже однаковий.

Таким чином, протягом ХХ сторіччя відбувались помітні зміни в режимі опадів на території України, але з різною їх інтенсивністю як в окремих регіонах, так і в окремі періоди. Останнє призводить до змін в співвідношенні опадів теплого і холодного періодів, найбільшої та найменшої їх місячної кількості в році, тобто до змін їх річного ходу, що свідчить про зміни континентальності клімату України в другій половині двадцятого сторіччя.

Характер режиму хмарності визначається взаємодією основних кліматоутворювальних факторів: циркуляцією атмосфери, радіаційними умовами і властивостями підстильної поверхні. Головним з них є циркуляція атмосфери, особливо в холодну пору року. В період з травня по серпень, коли спостерігається найбільше надходження сумарної радіації, суттєвий вплив на формування режиму хмарності чинить термічна строкатість підстильної поверхні, зумовлена орографічними особливостями територій. І для визначення потенціалу сонячної енергії необхідно, перш за все, оцінити режим хмарності.

В кліматології найбільш уживаними кількісними характеристиками хмарності є її середній бал, ймовірність ясного і хмарного стану неба, а також середнє число днів з різним станом неба (ясного, напівясного і хмарного), за загальною і нижньою хмарністю.

Встановлено, що в західних районах (Львів) має місце збільшення середньої річної хмарності на 0,1 бала. Це відбулось за рахунок місяців перехідних і літнього сезонів, коли спостерігалось збільшення хмарності на 0,3 – 0,5 бала. В зимовий сезон таких змін майже не відбувалось.

Середній річний бал хмарності на сході України (Донецьк) в більшості місяців холодного періоду зменшувався. Влітку, навпаки, середній бал хмарності трохи збільшився. На півночі (Київ) ці зміни одного і протилежного знаку протягом року коливались від 0,0 до 0,2 бала. Для центральних районів (Кіровоград) зміни середнього бала загальної хмарності проявляються більш чітко: в теплий період спостерігаємо збільшення хмарності на 0,3–0,5 бала, для місяців холодного періоду більш характерно її зменшення.

Кількісна оцінка статистичної значущості цих змін, виконана за допомогою критерію Вілкоксона, вказує на те, що ряди середнього бала хмарності за різні розглянуті відрізки часу однорідні, а різниця між ними статистично не значуща. Але знак цієї різниці вказує на тенденцію, що намітилась в змінах загальної хмарності: в цілому за рік спостерігалось її збільшення за рахунок теплого періоду року; в холодний період переважала тенденція її зменшення.

Нижче дано більш детальний аналіз часових змін середнього бала загальної хмарності для південного регіону України. На протилежність від наведеного вище, для півдня в цілому за рік характерна тенденція зменшення хмарності на $-0,2$ – $-0,4$ бала. І тільки в крайніх узбережних районах і в степовому Криму проглядається тенденція збільшення хмарності. Райони найбільшого зменшення хмарності припадають на західні і південні райони Одеської області (до $-0,5$ – $0,9$ бала). Окремим осередком виділяється район Запоріжжя, де зниження середнього бала хмарності досягає $-0,6$ – $0,8$ бала за рік.

Для з'ясування характеру цих змін в тепле і холодне півріччя аналогічний аналіз проведено і для них. Встановлено, що виявлена тенденція зниження середнього річного бала хмарності зумовлена, насамперед, характером її змін в холодну пору року: хмарність майже повсюди тут зменшилась на $-0,3$ – $-0,5$ бала. В тепле півріччя чітко вираженої спрямованості зміни бала хмарності не спостерігалось. Лінія нульових значень різниць проходить майже широтно із заходу на схід, поділяючи територію дослідження на дві частини.

На північ від неї має місце зниження середнього бала хмарності з максимальними різницями в районі Дніпропетровськ – Запоріжжя (на $-0,4$ – $0,6$ бала), де від'ємна тенденція змін зберігається як в теплий, так і в холодний періоди. На південь від нульової ізолінії, тобто до узбережжя Чорного і Азовського морів, середній бал хмарності збільшується, досягаючи в степовому Криму $0,6$ – $0,8$ бала.

Таким чином, протягом другої половини двадцятого століття на території України намітились деякі зміни в режимі загальної хмарності. Вони неоднозначні за порами року і для окремих регіонів. Збільшення хмарності в цілому за рік зумовлено, головним чином, її збільшенням в тепле півріччя. Для холодного періоду, навпаки, характерним є зменшення хмарності. Для східних і західних регіонів притаманна тенденція збільшення, а для північних і значної частини південних регіонів, за винятком морських узбереж – зменшення загальної хмарності.

Третя тема розділу «**Характеристика змін режиму швидкості вітру**» (1, с. 241-245; 3, с. 119-123). Вітер – одна з основних та найбільш мінливих характеристик стану атмосфери, яка суттєво впливає на умови життя та господарську діяльність людини. Сильний вітер може принести збитки, зруйнувати будівлі тощо. Дія вітру може бути і корисною: він виносить із населених пунктів забруднюючі речовини, пил, зменшує літню спеку і тощо.

Переміщення повітряних мас зумовлюється циркуляцією атмосфери і визначається наявністю стаціонарних баричних центрів, а також характером підстильної поверхні та формою рельєфу. Особливу роль у розподілі вітру, як відомо, відіграють висота і захищеність місцевості та шорсткість підстильної поверхні.

Важливою характеристикою вітрового режиму є швидкість вітру, яка визначається баричним градієнтом та умовами циркуляції. Найбільша середня місячна швидкість вітру спостерігається майже на всій території України у лютому, іноді цей максимум припадає на січень або грудень. Різниця швидкості вітру між північними та південними районами у холодний період сягає 3,5 м/с. Найменша швидкість вітру відмічається влітку, коли Україна перебуває під впливом Азорського антициклону, а циклонічна діяльність послаблена. У липні-серпні на більшій частині території швидкість вітру зменшується до мінімальних значень.

Загальний характер збільшення швидкості вітру (у Поліссі до 3-4 м/с, Лісостепу і Степу до 5-6 м/с) відбуваються з півночі на південь і зумовлюється температурною неоднорідністю, а також сезонними барично-циркуляційними процесами у поєднанні з орографічними особливостями місцевості.

Результати порівняння середніх місячних значень швидкості вітру свідчать про те, що взимку в основному спостерігалось зменшення швидкості вітру на 0,2-2,0 м/с. При цьому характер цих змін майже однаковий у всі зимові місяці і більш помітне зменшення швидкості вітру – на південному та північному сході і заході Причорноморської низини.

У всі літні місяці в основному відбувалось також зменшення швидкості вітру на 0,1-0,5 м/с. Причому, найбільше в південно-східному напрямку від центральної частини Подільської височини до Причорноморської низовини, на заході цієї низовини і Степовому Криму.

Проте, на окремих станціях, зазвичай зі складними орографічними умовами, як взимку так і влітку спостерігається збільшення швидкості вітру. Слід зазначити, що окремими авторами зменшення швидкості вітру пояснюється як суб'єктивними причинами, так і наслідком змін у макроциркуляційних процесах.

В середньому на території України взимку відбувалось більше зменшення швидкості вітру, ніж влітку: від 0,2 (Полісся) до 0,9 м/с (Південний Степ) в зимові місяці і від 0,04 (Полісся) до 0,7 м/с (Південний Степ) у літній сезон (табл. 8.3).

Середня швидкість вітру майже на всій території за 30 років зменшилась на 10-35 %. Але при порівняно невеликих середніх місячних швидкостях її зменшення в абсолютних одиницях не виглядає таким великим, тому що становить не більше 1,0-1,5 м/с.

Четверта тема розділу «Сценарії змін клімату України» (1, с. 51-60, 96-120, 254, 495, 592) Вплив зміни клімату визначається як різниця між двома станами: екологічними і соціально-економічними умовами, які,

ймовірно, будуть існувати на певний період часу при незмінному кліматі, та відповідними умовами, що матимуть місце на той же період часу при наявності зміни клімату. Кожен з цих станів можна описати за допомогою сценаріїв, тобто найбільш вірогідних характеристик соціально-економічних і кліматичних умов.

Розробка соціально-економічних сценаріїв (зокрема динаміки зміни валового внутрішнього продукту, зростання чисельності населення, технологічного вдосконалення та реструктуризації виробництва) і сценаріїв зміни клімату є одним з найважливіших етапів оцінки вразливості природних ресурсів та соціально-економічних секторів.

Дослідження впливу зміни клімату базуються в основному на змінах, спричинених подвоєнням вмісту CO₂ в атмосфері. Слід зазначити, що загальне підсилення парникового ефекту є результатом впливу різних парникових газів. З метою спрощення побудови кліматичних сценаріїв, згаданий сумарний вплив визначається як концентрація двоокису вуглецю, що може викликати цей вплив, і має назву еквівалентної концентрації двоокису вуглецю. Далі під терміном концентрація двоокису вуглецю мається на увазі саме еквівалентна концентрація.

Кліматичні сценарії можна побудувати за допомогою:

- фізико-математичного моделювання реакції кліматичної системи на зміну вмісту парникових газів в атмосфері;
- оцінки реакції середньої глобальної температури повітря на зміни концентрацій парникових газів в атмосфері, з урахуванням палеологічних даних як аналогів клімату майбутнього;
- зіставлення величин середньорічної температури повітря із даними по еквівалентних концентраціях CO₂ за період інструментальних спостережень (приблизно 100 останніх років).

На жаль, всі зазначені підходи поки ще не дозволяють розробити надійні прогнози майбутніх змін клімату. Але станом на сьогоднішній день можна вважати чисельні моделі загальної циркуляції (МЗЦ) атмосфери та океану найбільш досконалим інструментом для побудови сценаріїв зміни клімату. Ці моделі дозволяють отримати оцінки кліматичних параметрів для упорядкованої сітки точок по всій земній кулі. Слід зазначити, що МЗЦ не спроможні реалістично відтворювати процес зміни клімату на регіональному рівні. Тому доцільно для оцінки вразливості природних ресурсів і соціально-економічних секторів використовувати декілька сценаріїв зміни клімату. Найбільш уживані серед них є:

GISS – модель Інституту Годдарда з космічних досліджень, чутливість до подвоєння CO₂ – 4,2 °C, рік розрахунків – 1982;

GFDL – модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США, чутливість до подвоєння CO₂ – 4,0 °C, рік розрахунків – 1989;

CCSM – модель Канадського кліматичного центру, чутливість до подвоєння CO₂ – 3,5 °C, рік розрахунків – 1989;

UKMO – модель Метеорологічного бюро Об'єднаного Королівства, чутливість до подвоєння CO₂ – 3,5 °C, рік розрахунків – 1989.

Дані розрахунків відносяться до так званого стану рівноваги, тобто є оцінками зміни клімату, яка внаслідок «раптового» подвоєння концентрації CO₂ в атмосфері буде мати місце після завершення періоду термічної релаксації земної кліматичної системи. Більш реалістичним можна вважати моделювання у перехідному стані (а саме в умовах, коли концентрація CO₂ підвищується поступово, зокрема на 1 % на рік). У цьому випадку можна простежити інерцію кліматичної системи, тобто природне відставання її реакції від зміни концентрацій парникових газів в атмосфері. Зважаючи на це, було зроблено спробу використати дані розрахунків по МЗЦ для перехідного (нестационарного) стану:

GFDL – модель Лабораторії геофізичної гідродинаміки США, рік розрахунків – 1991;

MPI – модель Інституту Макса Планка, Німеччина, рік розрахунків - 1992.

Слід зазначити, що протягом 90-х років виконано багато варіантів розрахунків з використанням удосконалених моделей як для стану рівноваги, так і для перехідного стану. Але повної інформації по цих розрахунках в Україні поки що немає.

Питання для самоперевірки

1. Які зміни в режимі температури відбуваються на Україні протягом століття?
2. Чи відбуваються зміни континентальності клімату України?
3. Дати характеристику просторового розподілу різниць температури повітря на території України.
4. Які зміни в режимі опадів відбуваються на Україні протягом століття?
5. Чи відбуваються зміни континентальності клімату України?
6. Дати характеристику просторового розподілу опадів на території України.
7. Які зміни в режимі хмарності відбуваються на Україні протягом століття?
8. Дати характеристику просторового розподілу хмарності на території України.
9. Які зміни в режимі швидкості вітру відбуваються на Україні протягом століття?
10. Дати характеристику просторового розподілу швидкості вітру на території України.
11. Дати характеристику сценарію зміни клімату GISS.
12. Дати характеристику сценарію зміни клімату GFDL.
13. Дати характеристику сценарію зміни клімату CCCM.
14. Дати характеристику сценарію зміни клімату UKMO.

15. Дати характеристику сценарію зміни клімату МРІ.

3.2 Повчання по виконанню контрольної роботи

Контрольна робота складається з **двох теоретичних питань** за двома розділами курсу. Перш ніж почати виконання роботи вивчіть теми курсу та дайте відповіді на запитання для самоперевірки. Кожне завдання має 10 варіантів. Студент виконує той варіант, який збігається з останньою цифрою номера його залікової книжки. Відповіді на контрольні питання повинні бути докладні і точно відповідати змісту питання.

3.2.1 Завдання для контрольної роботи.

Завдання 1

По **першому розділу** дисципліни дати відповіді на такі питання згідно з номером варіанта:

1. Охарактеризуйте поняття «мінливість» клімату.
2. Дайте визначення терміну «коливання клімату».
3. Розкрийте поняття «зміни клімату».
4. Охарактеризуйте зміни та коливання клімату у голоцені та за останні тисячу років.
5. Які природні причини призводять до змін та коливань клімату Землі?
6. Назвіть антропогенні фактори, які впливають на клімат Землі.
7. Охарактеризуйте сценарій А1 можливих змін клімату у ХХІ столітті.
8. Охарактеризуйте сценарій А2 можливих змін клімату у ХХІ столітті.
9. Охарактеризуйте сценарій В1 можливих змін клімату у ХХІ столітті.
10. Охарактеризуйте сценарій В2 можливих змін клімату у ХХІ столітті.

Завдання 2

По **другому розділу** дисципліни дати відповіді на такі питання згідно з номером варіанта:

1. Які зміни в режимі температури відбуваються на Україні протягом століття?
2. Чи відбуваються зміни континентальності клімату України?
3. Які зміни в режимі опадів відбуваються на Україні протягом століття?
4. Дати характеристику просторового розподілу опадів на території України за останнє сторіччя.
5. Дати характеристику просторового розподілу хмарності на території України за останнє сторіччя.
6. Дати характеристику просторового розподілу швидкості вітру на території України за останнє сторіччя.

7. Дати характеристику сценарію зміни клімату GISS.
8. Дати характеристику сценарію зміни клімату GFDL.
9. Дати характеристику сценарію зміни клімату CCCM.
10. Дати характеристику сценарію зміни клімату UKMO.

При перевірці самостійної роботи студента в міжсесійний період використовуються елементи дистанційної форми контролю. В таблиці 1 наведено терміни контролю вивчення частини I дисципліни.

Таблиця 1 – Терміни перевірки контрольної роботи в міжсесійний період

Номер завдання	Розділ дисципліни	Термін контролю
Завдання 1	Динаміка глобального клімату	1-10 грудня
Завдання 2	Динаміка клімату України	10-20 травня

3.3 Повчання по виконанню практичної роботи

Вивчення дисципліни для студентів заочної форми навчання складається також з виконання студентами практичної роботи у період заліково-екзаменаційної сесії. Тема практичної роботи «Визначення типу клімату та його зміни за допомогою кліматичних довідників за різні кліматичні періоди». Студент від викладача отримує назву станції та період дослідження. Робота оформлюється на аркушах і здається викладачу для перевірки. За правильно зроблену роботу студент отримує 60% від максимальної кількості балів за практичну роботу. За бажанням студента роботу треба захистити для отримання більшої кількості балів. Пояснення до виконання практичної роботи наведено нижче.

3.3.1 Структура кліматичного довідника

Оброблені за допомогою кліматологічних і статистичних методів метеорологічні дані складають основу для кліматичних довідників. Сьогодні в розпорядженні споживача в наявності є «Справочник по клімату СРСР» 1961 – 1969-их років видання і пізніше виданий (1989-го року) «Научно-прикладний справочник по клімату СРСР».

У першому довіднику всі багаторічні характеристики були обчислені за так званий «о с н о в н и й» період, тобто єдиний і достатньо довгий, який забезпечував надійність розрахованих показників і можливість їх порівняння. Для температури цей період дорівнював 80 років (1881 – 1960 рр.), для атмосферних опадів – 75 років (1891 – 1965 рр.). Дані з вітру визначені з рядів спостережень різної тривалості в межах 1936 – 1960 років. Так, для середньої швидкості вітру по місяцях і за рік, повторюваності напрямків

вітру признані сталими характеристиками за 8 – 10-ти річний період осереднення. Дані з хмарності і атмосферних явищ отримані в межах 1936 – 1965 років. Вибір цього періоду пов'язано з тим, що починаючи з 1936 року, перейшли від трьохстрокових (7, 13, 21 годин) до чотирьохстрокових (1, 7, 13, 19 годин) спостережень. Ця обставина і включення ще нічного строку обумовили більш точну і систематичну реєстрацію атмосферних явищ, особливо туманів, які більш характерні для ночного часу. Щодо заметілі, то існуючий поділ її на види прийнято у 30-х роках. Тому, тільки починаючи з 1936 року, ряди можна вважати однорідними.

У довіднику середнє число днів з явищами надано як середнє за 8 – 10 років; кліматичні характеристики по строках отримані з рядів тривалістю не менш 15 – 20 років.

Багаторічні середні дані, які наведено в цьому довіднику, називають нормальними середніми або кліматичними “нормами”. Якщо станція була короткорядною, тобто період спостережень на ній був менш, ніж “основний”, то “нормальні” показники для неї розраховувались непрямим методом – методом “приведення”, розробленим в кліматології для багатьох метеорологічних величин.

Зазначимо, що в кліматології відбулась дискусія відносно оптимальності тривалості основного періоду. Прихильники його збільшення виходили з вимог підвищення точності і надійності кліматичних даних. Прихильники протилежної точки зору, посилаючись на помітні зміни клімату в силу антропогенних чинників і порушення в зв'язку з цим однорідності метеорологічних рядів, виникнення так званої “повзучої” неоднорідності, заперечували доцільність збільшення основного періоду. Всесвітньою Метеорологічною Організацією в якості основного було запропоновано і прийнято період довжиною в 30 років.

Розглянемо структуру “Справочника по климату СССР”. Він містить в собі 34 випуски, кожен з яких відповідав територіальним управлінням Держкомгидромету колишньої території Союзу. По Україні вся кліматична інформація надана у випуску 10.

Кожен випуск довідника складається з п'яти частин:

частина 1 – сонячна радіація і сонячне сяйво,

частина 11 – температура повітря і ґрунту,

частина 111 – вітер,

частина 1V – вологість, атмосферні опади та сніговий покрив,

частина V – хмарність та атмосферні явища.

У кожній частині “Справочника” міститься: пояснення до таблиць, стислий опис відповідного метеорологічного режиму, список станцій і карта розташування їх на даній території.

У “Поясненнях к таблицам” зазначено по якому матеріалу спостережень складено кожену таблицю і яким засобом його оброблено, який фізичний сенс мають наведені в ній цифри.

Відомості про особливості добового ходу метеорологічних величин на території, що розглядається, про вертикальні градієнти в гірських районах і іншу додаткову інформацію можна отримати в текстовій частині довідника, яка ілюстрована відповідними картами і графіками.

У кінці кожної книги розміщена карта сітки метеорологічних станцій з вказівкою їх номерів у довіднику. Нумерація станцій проводиться з півночі на південь і з заходу на схід. Тут же приведено алфавітний список станцій, в якому вказані їх висота над рівнем моря, номер в даній частині випуску, роки спостережень на них.

За роки після видання названого довідника накопичилась значна кількість нової інформації, збільшилась кількість довгорядних станцій, виникла потреба в нових характеристиках прикладного типу. Тому в 1989 році було видано “Научно-прикладной справочник по климату СССР”, який при помітному (майже на порядок) зменшенні кількості станцій, що в ньому висвітлено, суттєво відрізняється від попереднього змістом наданих показників: він містить в собі вже середньо-квадратичні відхилення, коефіцієнти асиметрії, кореляційні функції, комплексні характеристики клімату і показники прикладного напрямку. Нажаль, цей довідник майже не дійшов до споживача.

Всі характеристики температурного режиму місячного розділення розраховані за роки всередині періоду 1881 – 1980 років, а екстремальні дані отримані за період 1881 – 1985 рр.. Характеристики добового розділення розраховані за період 1936 – 1980 рр.. розділення по строках – за період 1966 – 1980 рр..

Багаторічна, місячна, за теплий та холодний період і за рік кількість опадів отримана за роки всередині періоду 1891 – 1980 рр..

Для переходу від середньої багаторічної температури повітря, розрахованої за весь період інструментальних спостережень, до середньої за 30-ти річний період (1931 – 1960 рр.), прийнятий ВМО, і за останній 30-річний період (1951 – 1980 рр.) було розраховано різниці між вказаними періодами. Подібна робота проведена і для даних по опадах: визначені різниці між середніми сумами за період спостережень 1891 – 1980 рр. і відповідними 30-річними періодами 1931 – 1960 років і 1951 – 1980 років. Різниці для першого періоду здобули для 15 станцій, для другого – для 30 станцій.

Детальний аналіз цієї інформації може дати цікаві відомості про характер і спрямованість змін режиму температури і опадів в окремих районах України за 100-річний період.

Характеристики по вітру в цьому довіднику здобуті, головним чином, з даних спостережень за 1936 – 1980 рр.. Це, наприклад, стосується середньої місячної і річної швидкості вітру. Для оцінки повторюваності напрямку вітру обмежились строковими спостереженнями за 1966 – 1988 рр.. Дані про пориви вітру отримані за період 1959 – 1980 рр..

Усі характеристики по атмосферним явищам встановлені з рядів спостережень 1936 – 1980 рр..

У теперішній час в УкрНДГМІ готується до випуску новий кліматичний довідник України.

Мета даного розділу методичних вказівок: допомогти студентам у самостійній роботі по вивченню основних характеристик метеорологічних режимів, наведених у довіднику; виробити в них навички використання цих даних при складанні кліматичних довідок і описів, при обслуговуванні різних сфер діяльності людини.

Нижче наведені питання до “Справочника по климату СССР” 1961 1969 рр.. видання. Відповідь на них дозволить студенту ознайомитись зі структурою кожної частини довідника, зрозуміти засоби отримання наданих в ньому показників і зміст кожної таблиці.

3.3.2 Класифікація кліматів по Кеппену

Для аналізу закономірностей формування кліматів у масштабах глобальної системи, а також для використання кліматології в розв’язанні низки практичних задач треба знати не тільки розподілення окремих величин по земній кулі або значному по площі району, але й кліматичного комплексу вцілому.

Відповідно до задач дослідження між різними значеннями комплексу проводяться межі, по різні боки яких різниця між кліматами стає суттєвою. Якщо це робиться з метою аналізу походження самого клімату або для ув’язки з усім комплексом природних умов (ландшафтно-географічних зон), то таке розподілення кліматів називається кліматичною класифікацією, а якщо для прикладних цілей (обслуговування сільського господарства, будівництва, авіації і т.ін.) – кліматичним районуванням.

Як класифікацій клімату, так і районувань є дуже багато відповідно до багаточисельності і різнобічності задач, що розв’язуються в кліматології. Найбільш відомими є класифікації В.Кеппена, Л.С.Берга, М.І.Будико, В.Р. Волобуєва, Б.П.Алісова.

Класифікація Кеппена, що виконана в 1900 – 1937 рр., як і раніше, користується успіхом у дослідників всього світу. Це у певній мірі пов’язано з доступністю і простотою вихідних характеристик, що покладені в основу класифікації (середня температура, місячні і річні кількості опадів).

Кеппен виділив п’ять широтних кліматичних зон, що позначаються великими буквами латинського алфавіту:

А – зона тропічних дощів, яка не має зими;

В – дві сухі зони (по одній у кожній півкулі);

С – дві помірно теплі зони без регулярного сніжного покриву;

Д – зона бореального клімату з різко вираженою зимою і літом;

Е – дві полярні області сніжного клімату (підзони: ЕТ- клімат тундри, ЕФ – вічного морозу).

Термічні межі вказаних зон прийняті наступні:

A – всі місяці року мають температуру не нижчу 18°C ;

B – середня температура найбільш теплого місяця вища 10°C ;

C – температура самого холодного місяця нижча 18°C , але вища -3°C ; самого теплого – не нижча 10°C ;

D – середня температура найбільш теплого місяця вища 10°C , найбільш холодного – нижча -3°C ;

E – температура самого теплого місяця нижча 10°C (для клімату тундри – ET), а для EF (клімату вічного морозу) – нижча 0°C .

Для зон C і D було введено додаткові положення:

a – температура самого теплого місяця вища 22°C ;

b – температура самого теплого місяця нижча 22°C , але не менше чотирьох місяців має температуру повітря вище 10°C ;

c – тільки від 1 до 3 місяців мають температуру вище 10°C ;

d – температура самого холодного місяця нижча -38°C .

Для характеристики зволоження Кеппен використовує співвідношення між річною температурою ($t^{\circ}\text{pC}$) і опадами (r см) з урахуванням сезонності зволоження:

якщо переважають зимові опади – $r < 2t^{\circ}\text{pC}$;

якщо переважають літні опади – $r < 2(t+14)$;

якщо зволоження рівномірне – $r < 2(t+7)$.

Основні типи клімату, крім типу E, діляться в залежності від характеру річного ходу опадів на підтипи: з рівномірним зволоженням (f), з сухим літом (s), з сухою зимою (w).

З урахуванням основних букв у Кеппена вийшла наступна система кліматів земного шару, ув'язаних з рослинністю:

1. Af – клімат тропічних лісів,
2. Aw – клімат саван,
3. Bs – клімат степів,
3. Bw – клімат пустель,
4. Cw – клімат помірно теплий з сухою зимою (в мусонних областях),
6. Cf – клімат помірно теплий з рівномірним зволоженням,
7. Cs – клімат помірно теплий з сухим літом (середземноморський),
8. Dw – клімат бореальний з сухою зимою (в мусонних областях),
9. Df – клімат бореальний з рівномірним зволоженням,
10. ET – клімат тундр,
11. EF – клімат вічного морозу.

3.3.3 Класифікація кліматів по Волобуєву

Класифікацію ґрунтів, що враховує кількісні характеристики клімату, створено у 1953 році Волобуєвим В.Р. В основу класифікації знаходяться середні річні температури та опади. Але для характеристики зволоження

вигідніше використовувати співвідношення між річною температурою та логарифмом кількості опадів в шарі так званого гідрофактора:

$$Hf = 43,2 \lg r - t,$$

де r – річна кількість опадів, t – середня річна температура повітря.

У відповідності до цієї формули були визначені терморяди:

I – арктичний: $t < -13^{\circ}\text{C}$;

II – субарктичний: $-13^{\circ}\text{C} < t < -8^{\circ}\text{C}$;

III – помірно холодний: $-8^{\circ}\text{C} < t < 0^{\circ}\text{C}$;

IV – помірний: $-0^{\circ}\text{C} < t < 7^{\circ}\text{C}$;

V – помірно теплий: $7^{\circ}\text{C} < t < 13^{\circ}\text{C}$;

VI – субтропічний: $13^{\circ}\text{C} < t < 20^{\circ}\text{C}$;

VII – тропічний: $t > 20^{\circ}\text{C}$.

По зволоженню виділено гідроряди:

A – пустельний: $Hf < 71$;

B – сіроземний: $78 < Hf < 88$;

C – каштановий: $93 < Hf < 100$;

D – чорнозёмний: $104 < Hf < 110$;

E – підзолістий: $111 < Hf < 120$;

F – глеєво-підзолістий: $Hf > 132$.

Межі гідрорядів не стикаються і виділяють зони невизначеності відповідності ґрунтів та клімату.

4 ОРГАНІЗАЦІЯ КОНТРОЛЮ ЗНАНЬ ТА ВМІНЬ

4.1 Система контролю знань та вмінь студентів.

Контроль знань та вмінь студентів, що навчаються за заочною формою, здійснюються за допомогою системи контролюючих заходів. Вона складається з заходів поточного та підсумкового контролю. Поточний контроль здійснюється на протязі навчального року та включає заходи контролю самостійної роботи студента під час вивчення навчальної дисципліни поза межами університету та роботи студента на заняттях у період заліково-екзаменаційної сесії.

Підсумковий контроль здійснюється під час заліково-екзаменаційної сесії та має за мету встановлення рівня знань та вмінь, які опанував студент після вивчення навчальної дисципліни. Форма підсумкового контролю – іспит – встановлюється навчальним планом дисципліни і проводиться після вивчення частини II цієї дисципліни.

4.2 Форми контролю знань та вмінь студентів.

4.2.1 Поточний контроль здійснюється у формі:

а) оцінки самостійної роботи студента до екзаменаційно-залікової сесії здійснюється у формі оцінки виконання контрольної роботи, яка складається

з 2 питань. При цьому для оцінки кожного питання використовується 4-х бальна шкала:

- 5 балів. Критерії оцінки: питання висвітлено повністю, відповідь має чітку логічну структуру. Відповідь оформлена акуратно;
- 4 бали. Критерії оцінки: питання висвітлено повністю або майже повністю, але є помилки технічного характеру. Відповідь оформлена акуратно;
- 3 бал. Критерії оцінки: питання висвітлено не повністю та/або є помилки.
- 2 балів. Критерії оцінки: питання висвітлено невірно, з відповіді видно, що студент не знає змісту теми.

Таким чином, за завдання контрольної роботи студент може отримати максимально 10 балів. Студент, який отримав за виконання контрольної роботи сумарну оцінку, меншу за 6 балів (тобто «незадовільно»), не допускається до підсумкового контролю до виправлення накопиченої оцінки поточного контролю.

б) оцінки роботи студента при виконанні практичної роботи з дисципліни під час екзаменаційно-залікової сесії. Загальна максимальна оцінка за цей вид поточного контролю становить 10 балів. Ця сума складається з:

- виконання практичної роботи (максимальна оцінка 6 балів);
- оцінки знань студента під час усного опитування при захисті практичної роботи (максимальна оцінка складає 4 бали).

4.2.2. Підсумкова оцінка (ПО) засвоєння студентом заочної форми навчання навчальної дисципліни розраховується за:

$$ПО = 0,5 \times [0,5 \times (ОЗЕ + ОМ)] + 0,5 \times ОІ$$

де ОЗЕ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС під час проведення аудиторних занять;

ОМ – кількісна оцінка (у відсотках від максимально можливої) заходів контролю СРС у міжсесійний період;

ОІ – оцінка за іспит.

Викладач частини І дисципліни передає відомості про кількісні оцінки ОЗЕ та ОМ викладачу, що проводить підсумковий контроль та визначає підсумкову оцінку студента з дисципліни «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України».

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**до самостійної роботи студентів
та виконання контрольної роботи
з дисципліни «Вплив кліматичних змін на галузі економіки України»
(частина I)
для студентів-магістрів I курсу
заочної форми навчання**

Укладач: к.геогр.н., доцент Недострелова Л.В.

Підписано до друку . Формат 60x84/16. Папір офсетний.
Друк офсетний. Ум. друк. арк. 3,26.
Тираж 50 прим. Зам. № .

Надруковано з готового оригінал-макета

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

Друкарня видавництва «Екологія»
65045, м. Одеса, вул. Базарна, 106.
Тел.: (0482) 33-07-17, 37-07-95, 37-14-25