

УДК 551.524

ПРИЧИНИ, НАСЛІДКИ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЗРОСТАННЯ СЕРЕДНЬОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ У СВІТІ, В УКРАЇНІ ТА КИЄВІ

Посудін Ю.І., доктор біологічних наук

Розглянуто причини, наслідки та перспективи зростання середньої температури повітря у світі, в Україні та у Києві. З'ясовано, що збільшення глобальної температури спричиняє танення полярного льоду та теплове розширення об'єму океану, яке може призвести до затоплення територій, зміни тривалості сезонних процесів та стихійних лих.

Глобальні зміни клімату, які характеризуються зміною температурного режиму та потеплінням, мають місце в Україні. Особливо гостро це спостерігається у Києві внаслідок урбанізації.

Для запобігання впливу кліматичних змін потрібне серйозне виконання зобов'язань відповідно до Рамкової конвенції ООН, Кіотського протоколу та Копенгагенської резолюції.

Зміна клімату, температура повітря, наслідки

Зміна клімату – це коливання кліматичних параметрів атмосфери Землі в цілому або окремих її регіонів у часі. Цей процес супроводжується зміною глобальної температури завдяки природній мінливості або людській активності.

Метою дослідження є вивчення причин, наслідків та перспектив зростання середньої температури повітря у світі, в Україні та Києві.

Матеріали і методика дослідження. Матеріалом для дослідження слугували аналіз результатів багаторічних метеорологічних спостережень; дані Міжурядової комісії щодо зміни клімату (The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC) відносно збільшення глобальної температури земної поверхні; статистичні дані щодо кількості міського населення та результати метеорологічних досліджень Центральної геофізичної обсерваторії МНС України щодо зміни температури повітря у Києві протягом минулого сторіччя. Запропоновано механізми виникнення парникового ефекту, зокрема взаємодія молекул парникових газів з інфрачервоним випромінюванням земної поверхні.

Результати досліджень. До основних причин, що спричиняють зміну клімату, можна віднести геометрію та орбітальну варіабельність нашої сонячної системи через сонячні спалахи, сонячний вітер та шторми, ексцентриситет орбіти земної кулі, а також зростання концентрації парникових газів внаслідок антропогенної діяльності.

Температура поверхні Сонця становить 6000 К, внаслідок чого воно є джерелом короткохвильового випромінювання у спектральній області 200-5000 нм з максимумом при 500 нм.

Земна поверхня діє як чорне тіло з температурою 288 К, яке є джерелом довгохвильового інфрачервоного випромінювання в області 4-50 мкм з максимумом при 10 мкм.

Людська активність призводить до збільшення атмосферних газів, таких як CO_2 , N_2O , CH_4 , CFCs. Специфічною особливістю цих газів є їх здатність поглинати випромінювання інфрачервоної області спектра. Інфрачервоне випромінювання земної поверхні поглинається атмосферними газами та хмарами, через що не покидає атмосферу.

Температура, за якою сонячне випромінювання дорівнює вихідному інфрачервоному випромінюванню, називається *рівноважною випромінювальною температурою*; вона дорівнює 255 К або -18°C [11]. Температура приземного шару повітря становить 15°C , що на 30°C більше, ніж рівноважна випромінювальна температура, оскільки атмосфера містить водяну пару, двоокис вуглецю, озон, оксиди вуглецю, азоту та метан, які поглинають інфрачервоне випромінювання (рис. 1).

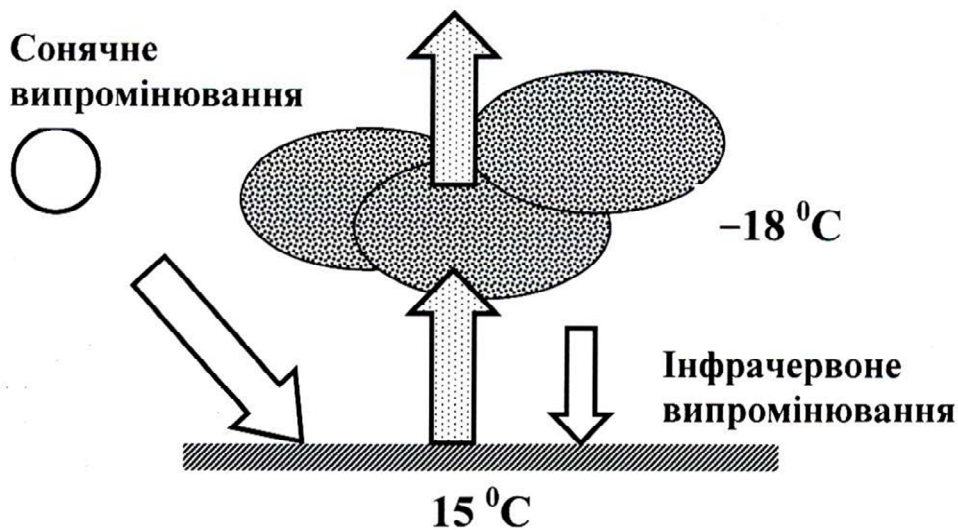


Рис. 1. Інфрачервоне випромінювання, що спрямовується донизу парниковими газами [11]

Випромінювання, спрямоване донизу, нагріває земну поверхню та спричиняє так званий *парниковий ефект*.

Теплове довгохвильове випромінювання Землі поглинається атмосферними газами, що спричиняє нагрівання поверхневого шару атмосфери, оскільки вони відіграють роль віконного скла у парнику [7].

Молекули парникових газів характеризуються *дипольним моментом*, який визначається просторовим зміщенням електричних зарядів та обумовлює можливість поглинання оптичного випромінювання цими молекулами.

Електричним диполем називається система, що складається з двох однакових за абсолютною величиною різнойменних точкових зарядів $(+q, -q)$, які знаходяться на деякій відстані один від одного. *Плечем диполя* є вектор $\vec{l}$, спрямований уздовж осі диполя від негативного заряду до позитивного і за модулем рівний відстані між ними.

Основною характеристикою електричного диполя є його *дипольний момент* – вектор $\vec{p}$, який чисельно дорівнює добутку заряду диполя на плече: $\vec{p} = q\vec{l}$. Такі асиметричні молекули як H_2O , O_3 , мають електричний дипольний момент та здатні поглинати оптичне випромінювання.

Такі неполярні двоатомні молекули як азот та кисень, внаслідок своєї лінійної структури позбавлені електричного дипольного моменту навіть при коливаннях атомів, що входять до складу молекули; отже вони не беруть участі у процесі поглинання електромагнітного випромінювання.

Втім, такі молекули, як CO_2 незважаючи на лінійну структуру, беруть участь у валентних коливаннях, при яких змінюються довжини зв'язків, та деформаційних коливаннях, що полягають у зміні кута між двома зв'язками (рис. 2).

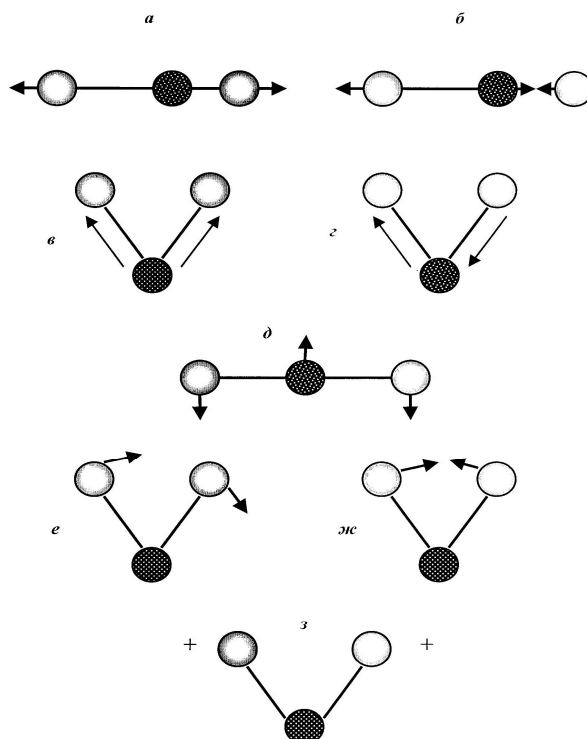


Рис. 2. Основні типи валентних та деформаційних коливань:

a – симетричне валентне; *б* – антисиметричне валентне; *в* – симетричне валентне; *г* – антисиметричне валентне; *д* – деформаційне; *е* – деформаційне крутильне; *ж* – деформаційне різальне; *з* – деформаційне коливання

У метану CH_4 , що демонструє центральну симетрію, дипольний момент також з'являється внаслідок валентних чи деформаційних коливань атомів. Очевидно, що завдяки таким коливанням у цих молекулах відбувається просторове зміщення різнойменних електричних зарядів та індукується електричний дипольний момент.

Отже, молекули типових атмосферних газів характеризуються такими значеннями електричного дипольного моменту (у дебаях): азот (0), кисень (0), озон (0,53), оксид вуглецю (0,112), оксиди азоту (0,17), водяна пара (1,85).

В цілому парникові гази забезпечують комфортну для мешканців земної кулі температуру $+15^0 \text{C}$. Але внаслідок людської діяльності кількість цих газів збільшується, що призводить до порушення теплового балансу; цілком імовірним є підвищення глобальної температури поверхні Землі за рахунок зміни концентрації парникових газів, що може призвести до зміни клімату.

За даними Міжурядової комісії щодо зміни клімату (The Intergovernmental Panel on Climate Change, IPCC), підвищення глобальної температури земної поверхні протягом 1906-2005 рр. становило $0,74^{\circ}\text{C} \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ [3].

Що стосується подальшої динаміки глобальної температури, то у четвертій доповіді Міжурядової групи експертів зі зміни клімату [11] розглянуто шість можливих соціальних сценаріїв (рис. 3): B1 – сценарій сталого розвитку суспільства, який передбачає узгоджене збереження навколишнього середовища із всесвітнім економічним розвитком; B2 – сценарій «регіонального співіснування суспільства», який передбачає незначне економічне зростання та відповідні рішення проблем довкілля, що досягаються у кожній локальній місцевості; A1 – сценарій, розділений на A1F1 (залежить від об'ємів викопного палива), A1T (акцентує увагу на невикопних типах палива) та A1B (спрямований на встановлення балансу між джерелами енергії).

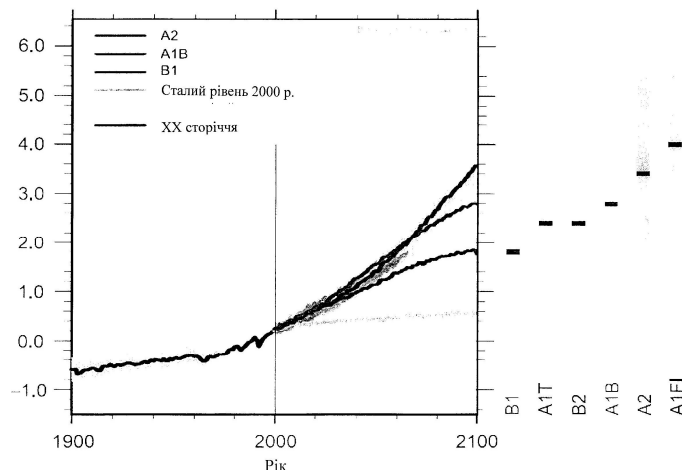


Рис. 3. Шість можливих соціальних сценаріїв, пов'язаних з глобальним потеплінням клімату у XXI ст. [11]

Серед запропонованих шести сценаріїв A2 та A1F1 передбачають високі рівні емісії CO_2 , тобто допускається, що наприкінці XXI ст. концентрація вуглекислого газу в атмосфері буде втричі більшою, ніж у XX ст. За сценарієм B1 емісія CO_2 досягне максимального значення у 2040 р., після чого спадатиме до 60 % від сучасного рівня наприкінці XXI сторіччя.

Відповідно відрізняються прогнози зміни температури: очікується зростання температури впродовж 100 років на 2°C за сценарієм B1; на 3°C – за сценарієм A1B; і на 4°C – за сценарієм A2.

Збільшення глобальної температури призводить до танення полярного льоду та теплового розширення об'єму океану, що врешті-решт може спричинити підвищення рівня Світового океану.

Морський лід утворюється, коли замерзає океанська вода. Цей процес для солоної морської води відбувається при температурі мінус $1,8^{\circ}\text{C}$. Танення льодовиків призводить до зменшення розмірів арктичного регіону.

Прогнозування змін клімату в арктичному регіоні передбачає відсутність льоду на Льодовитому океані у літній період між 2060 та 2080 роками, а за

іншими оцінками у 2030 році. Крім того, внаслідок потепління цілком можливе вивільнення метану із зон вічної мерзлоти.

Спостереження за допомогою супутників довели, що втрати льодової маси зростають: за період 2002-2009 рр. вони збільшилися з -137 Гт/рік до -286 Гт/рік з середньою швидкістю -30 гігатон щорічно.

Упродовж 2005-2008 рр. площа багаторічного льоду зменшилася на 42 %, а об'єм – на 40 %; втрати льоду становили близько 6300 км^2 .

За прогнозами Міжурядової групи експертів зі зміни клімату, льодовий покрив у літній період стане мінімальним вже наприкінці ХХІ сторіччя. Аномальне зменшення льодового покриву в Арктиці 2007 року є яскравим доказом необхідності розробки достовірних та надійних моделей прогнозування клімату.

Втрати наземних льодових щитів Гренландії та Антарктиди досить імовірно ($> 90\%$) сприяли підвищенню рівня моря у 1993-2003 рр.

Збільшення глобальної температури призводить до теплового розширення об'єму океану та неминучого підймання рівня Світового океану з середньою щорічною швидкістю 18 см за 1961-2003 рр. та 31 см за 1993-2003 рр.

Отже основним фактором, що відповідає за підймання рівня моря, є теплове розширення морської води в результаті її нагрівання.

Наслідком підвищення глобальної температури може стати затоплення територій, де живуть сотні мільйонів людей, ерозія узбережжя, повені, інгібування процесів утворення первинної продукції, зміна якості поверхневих та ґрунтових вод, збільшення тривалості сезонного відтавання ґрунтів, погіршення лісових масивів, розташованих у зоні вічної мерзлоти. Глобальне потепління є причиною таких стихійних явищ як сильні повені, урагани, цунамі та посухи. Зміни клімату можуть привести до міграції населення [8].

Україна також потерпає від впливу глобальних змін клімату, які характеризуються підвищенням температурного режиму та потеплінням. За даними фахівців Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту, у ХХ ст. на території України спостерігалася загальна тенденція до підвищення температури повітря на $0,3-0,7^{\circ}\text{C}$ [1].

Лише в ХХ ст. на території України відзначено 43 посушливих роки; тривалість зимових періодів скоротилася, а зими стали теплішими; почастишали прояви підтоплень (особливо на півдні України), повеней (на Закарпатті), значних зледенінь (у центральних та південних регіонах). Підвищення рівня Чорного моря призведе до деградації дельт річок, що впадають в нього – Дунаю, Дніпра, Дністра.

Глобальне потепління є причиною інтенсифікації опадів. Так, проливні дощі та урагани у Центральній та Східній Європі, які почалися 22 липня 2008 р., призвели до різкого підвищення рівня води у річках Дністер та Прут та руйнівної повені в Україні, Молдові, Румунії, Словаччині і Угорщині. У західних районах України внаслідок повені 25 тис. жителів Львівської, Закарпатської, Івано-Франківської, Тернопільської, Чернівецької та Вінницької областей були змушені залишити свої рідні місця. Загалом вода затопила близько 523 українських населених пунктів та понад 24 тис. гектарів сільськогосподарських угідь. Під водою опинилися 9 тис. житлових будинків,

зруйновано 360 автомобільних та 560 пішохідних мостів. Як повідомляє Центр Новин ООН, у західних областях України збитки від стихійного лиха оцінюються у 650–870 млн доларів США.

Глобальне потепління та збільшення опадів призводить до підтоплення земель (підняття рівня ґрунтових вод до небезпечних меж). Лише за останні 20 років кількість міст та селищ України із сталими проявами підтоплення зросла удвічі – з 265 до 541, а загальна площа підтоплених територій у цих населених пунктах збільшилася з 88,6 тис. до 196,2 тис. га. Надзвичайно гостро постає проблема підтоплення земель на півдні та сході України, яке останніми роками, особливо взимку 1998 р., стало стихійним лихом. У його зоні опинилися Херсонська, Миколаївська, Запорізька, Дніпропетровська, Одеська, Донецька, Луганська області та АР Крим.

У червні 1992 р. на конференції ООН з навколишнього середовища (Ріо-де-Жанейро, Бразилія) 155 країн, у тому числі Україна, підписали Рамкову конвенцію ООН про зміни клімату, а в 1992 р. вона набула чинності. У грудні 1997 р. в Кіото (Японія) було підписано Кіотський Протокол – міжнародну угоду, яка координує міжнародні зусилля, спрямовані на обмеження викидів у атмосферу газів, що спричиняють глобальне потепління.

Нині Кіотський протокол ратифікували понад 160 країн, зокрема й Україна (у лютому 2004 року), згідно з яким з 2008 до 2012 рік країни мають скоротити сукупний середній рівень викидів шести типів газів (CO_2 , CH_4 , гідрофторвуглеводнів, перфторвуглеводнів, N_2O , SF_6) порівняно з рівнем 1990 роком на 5,2%.

Відповідно до цього документу, Україна може щорічно викидати в атмосферу до 925 млн тон парникових газів. Проте такий об'єм промислових викидів здійснювався востаннє у 1990 році, коли після розвалу СРСР він скоротився більш ніж у два рази. Завдяки цьому Україна може реалізувати невикористану частину квоти, яка за прогнозом Мінекономіки, у 2008-2015 рр. перевищить 2,2 млрд тонн.

Але, хоча Україна активно включилася до розв'язання кліматичних проблем, а викиди парникових газів в атмосферу істотно знизилася, слід відзначити, що причиною їх зменшення є різке падіння промислового виробництва в Україні, обмеженість енергетичних ресурсів, застаріле технологічне обладнання та деформована промислова інфраструктура.

В Україні впровадження механізмів Кіотського протоколу є метою Національного агентства екологічних інвестицій України. Проте діяльність уряду, за оцінкою громадських експертів, є однобічною [6].

Міжнародні переговори ООН зі зміни клімату розпочалися 7 грудня 2009 року у Данії, Копенгаген [5]. Мета їх – прийняття нової угоди, що прийде на зміну Кіотському протоколу у 2013 році. Але переговорний процес через небажання держав брати на себе зобов'язання та знижувати викиди парникових газів затягнувся. Водночас, коли ряд країн оголошують наміри скорочення викидів парникових газів, офіційна позиція України передбачає зростання викидів до 2020 року на 70% порівняно з 2008 роком [9, 10].

Глобальні зміни клімату, що спостерігаються на земній кулі, не могли обминути і Київ. Підвищення температури повітря у місті в останні десятиріччя є більшим, ніж глобальне її зростання на планеті.

Наявна інформація свідчить, що середня річна температура повітря у Києві становила за 1881-1960 рр. - $7,1^{\circ}\text{C}$, 1961-1990 - $7,7^{\circ}\text{C}$ і 1991-2007 - $8,6^{\circ}\text{C}$ [9].

Результати вимірювання температури повітря у Києві протягом 40 років наведено на рис. 4.

На величину та просторовий розподіл температури повітря міста впливають такі фактори, як процеси урбанізації, що супроводжуються ростом і розвитком міських поселень, зростанням питомої ваги міського населення. Аналіз статистичних даних свідчить, що міське населення України зросло від 45,7 % у 1959 р. до 67,2% у 2001 р., тоді як питома вага сільського населення зменшилася від 54,3% у 1959 р. до 32,8% у 2001 р. [2].

За даними Головного управління статистики у м. Києві середня чисельність населення міста у січні-жовтні 2012 року становила 2 823 328 мешканців (нагадаємо, що на початку XX сторіччя у Києві проживало 626 000, а на початку XXI сторіччя - 2 786 518 осіб) [4].

На температурний режим Києва впливає також топографія міста (ширина і орієнтація міських вулиць, структура та неоднорідність забудови), наявність штучних поверхонь (асфальту, бруківки, бетону), площі зелених насаджень, присутність водойм, аеродинамічний режим (швидкість та напрям вітру), взаємодія сонячного випромінювання з поверхнями міста, чистота або забрудненість міського повітря.

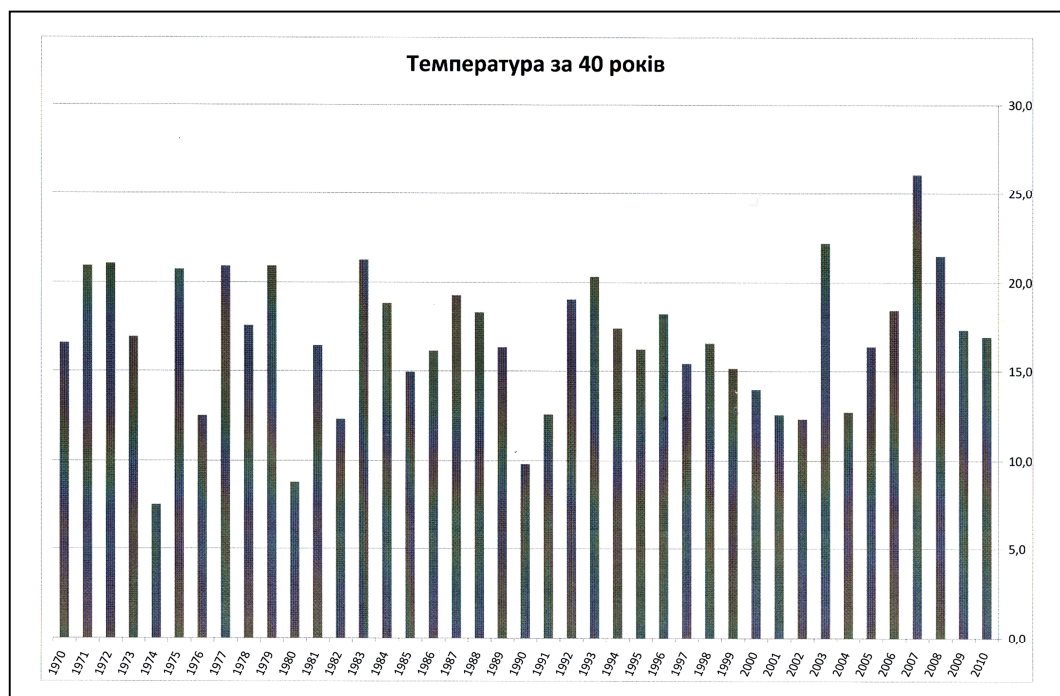


Рис.4. Зміна температури повітря у Києві упродовж 40 років

Типовою ситуацією для Києва є утворення так званих «островів тепла» – зон підвищення температури навколишнього середовища у місцях концентрації промислових та будівничих об'єктів, споруд і населення. Температура повітря в

таких зонах протягом усього року на кілька градусів вища, ніж на прилеглих територіях.

Розглянемо перспективи подальшого підвищення температури повітря у Києві. Припустимо, що впродовж наступних 100 років зростання температури очікується за сценарієм A1B на 3°C .

Розглянемо типовий характер зміни температури повітря у м. Києві (нижня крива на рис. 5). Період низької (менше 0°C) середньої температури $\langle T \rangle$ у зимовий період триває 2-3 місяці, а високої (понад 20°C) середньої температури $\langle T \rangle$ у літній період - 2 місяці. Якщо припустити збільшення середньої температури повітря на 3°C , то тривалість холодного періоду $\langle T \rangle + 3^{\circ}\text{C}$ взимку зменшиться до 1 місяця, а високої середньої температури $\langle T \rangle + 3^{\circ}\text{C}$ у літній період збільшиться до 3,5 місяців (верхня крива на рис. 5).

Ця тенденція підтверджується метеорологічними спостереженнями у м. Києві вже тепер: так, у 2008 році річна норма перевищувала стандартну кліматичну норму, розраховану на період 1961-1990 рр. на $1,9^{\circ}\text{C}$ і визнаною Всесвітньою метеорологічною організацією, що характеризує зміни глобального клімату.

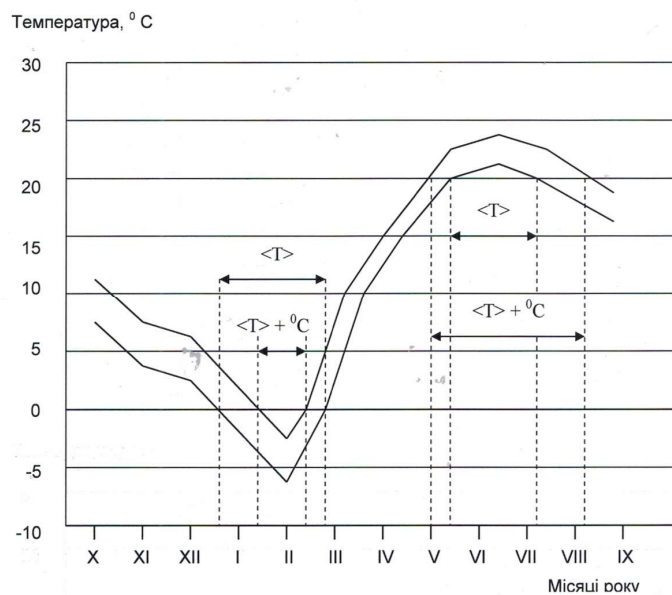


Рис. 5. Типовий характер зміни температури у сучасний період (нижня крива) та при можливому підвищенні середньорічної температури на $+3^{\circ}\text{C}$ (верхня крива)

Висновки

Підвищення глобальної температури призводить до танення полярного льоду та теплового розширення об'єму океану, що врешті-решт може призвести до зростання рівня Світового океану. Наслідком цього може стати затоплення територій, стихійні лиха, які призводять до економічних втрат та жертв серед населення.

Особливо гострим постає глобальне потепління в міських зонах внаслідок урбанізації міст - зростання концентрації населення. Так, підвищення

температури повітря у Києві в останні десятиріччя є більшим, ніж глобальне її зростання на планеті.

Для запобігання впливу кліматичних змін потрібна розробка та впровадження національної стратегії щодо виконання Україною зобов'язань відповідно до Рамкової конвенції ООН, Кіотського протоколу та Копенгагенської резолюції.

Список літератури

1. Барабаш М. Зміна клімату при глобальному потеплінні/Барабаш М., Гребенюк Н., Татарчук О. //Водне господарство України. – №3.–1998. – С.9 - 12.
2. Всеукраїнський перепис населення 2001 Результати / Кількість та територіальне розміщення населення / Графічний матеріал.
http://2001.ukrcensus.gov.ua/results/total_population1/graphic/
3. Зміна клімату, 2007, четверта доповідь Міжурядової групи експертів зі зміни клімату. Fourth Assessment Report: Climate Change 2007.
http://en.wikipedia.org/wiki/Intergovernmental_Panel_on_Climate_Change
4. Київ. Матеріал з Вікіпедії – вільної енциклопедії.
<http://uk.wikipedia.org/wiki/Київ>
5. Міжнародні переговори ООН зі зміни клімату у Копенгагені 7 грудня 2009 р. <http://www.nesu.org.ua/peregovory-cop-rozpochato/>
6. Оцінка виконання Плану дій Україна-ЄС: довкілля та сталий розвиток / Під ред. Н. Андрусевич. Львів. Ресурсно-аналітичний центр «Суспільство і довкілля». – 2009. – 104 с.
7. Посудін Ю.І. Моніторинг довкілля з основами метрології/Посудін Ю.І. - К.: Printline, 2012. – 432 с.
<http://www.ekmair.ukma.kiev.ua/handle/123456789/1568>
8. Зміна клімату та екологічна міграція /Посудін Ю., Бистревська К., Вакуленко Г. та ін. 31.01.2012.
<http://www.ekmair.ukma.kiev.ua/handle/123456789/1284>
9. Степаненко О. Захистіть клімат! Не гальмуйте міжнародні переговори!»/ Степаненко О. <http://www.helsinki.org.ua/index.php?print=1259873496>
10. Участь України у виконанні Рамочної конвенції ООН по зміні клімату www.center.uct.ua/zbirniky/2010/Kiotskii_protokol.pdf
11. Sustainable Low-Carbon Society. F. Yoshida and Motoyoshi Ikeda, eds. Hokkaido University Press, 2010. – 201 p.

Рассмотрены причины, последствия и перспективы возрастания средней температуры воздуха в мире, в Украине и в Киеве. Выяснено, что возрастание глобальной температуры приводит к таянию полярных льдов и тепловому расширению объема океана, которое может вызвать затопление территорий, изменение продолжительности сезонных процессов и стихийные бедствия.

Глобальные изменения климата, которые характеризуются изменением температурного режима и потеплением, имеют место и в Украине. Особенно остро это наблюдается в Киеве вследствие урбанизации.

Для предотвращения влияния климатических изменений необходимо серьезное выполнение обязательств, принятых согласно Рамочной конвенции ООН, Киотскому протоколу и Копенгагенской резолюции.

Изменение климата, температура воздуха, последствия

The causes, consequences and perspectives of increasing average air temperature in the world, in Ukraine and in Kiev are discussed. It is shown that increasing global temperature leads to the melting of polar ice and thermal expansion of the ocean volume, which can provoke floods, changing the duration of seasonal processes, and natural disasters.

Ukraine undergoes global climate changes, which are characterized by a global warming. This situation is especially acute in Kiev due to urbanization.

It is necessary to require serious commitments of the UN Framework Convention, the Kyoto Protocol and the Copenhagen resolution to prevent the impact of climate changes.

Climate change, air temperature, consequences