

КЛІМАТ

ВИКЛИКИ ГЛОБАЛІЗАЦІЇ



Владислав Шумлянський
 докт. геол.-мінер. наук,
 професор,
 президент Інституту
 фундаментальних досліджень
 Української наукової асоціації,
 м. Київ

Посеред мого сільського двору, на краю городу, росте великий дуб, якому років шістдесят-сімдесят. Майже щороку земля під ним вкривається жолудями, але ще декілька років тому паростків не було. Це викликало подив: жолудів багато, але чомусь не проростають. А ось років чотири-п'ять тому з'явилися перші дубочки, відразу два-три. З кожним роком їх більше. У фахівців-кліматологів це є ознакою пом'якшення клімату: *за присутністю дуба в культурних шарах ґрунту визначають періоди потепління в антропогені Європи.*

Отож, у *Чернігівській області, де росте мій дуб, теплішає*, і скоро дуби почнуть витіснити інші, переважно хвойні дерева з лісів України. А вони ще раніше почали залишати місця, де росли століттями. Хто не бачив пожовклі та сухі сосни на зелених схилах Карпат? Кажуть, якась хвороба. Понад 80% лісових масивів Європи вважають хворими. Це відбувається зміна рослинного світу.

А що ж на півдні України? Тут потрохи наступає пустеля. З'явилися мешканці пустель Середньої Азії — каракурти, скорпіони, фаланги. У 1980 р. в Херсонській області від укусів каракуртів постраждали де-

кілька людей [3]. З того часу каракурти поширились, трапляючись в багатьох місцях Одеської, Миколаївської, Херсонської, Запорізької областей і Криму. Випадки укусів каракуртами людей вже перевищили п'ять сотень, більше десятка укушених загинули. В Севастополі скорпіони і сколопендри з'являються на перших поверхах багатоповерхівок [1]. А останнім часом тарантули, користуючись теплим літом, дісталися аж до Києва.

Разом з температурою повітря на суші змінюється температура поверхневих вод: вони теплішають і стають солонішими. Вже років п'ятнадцять, як у Азовському морі з'явилися медузи й устриці субтропічних морів. Кажуть, що причепились до морських суден, що ходили у В'єтнам, і так припливли. А що — раніше не припливали? Просто не було умов для життя, а зараз вони з'явилися. Торік уже субтропічних риб вловили у Каховському водосховищі на Дніпрі.

Теплішає не тільки у нас. В Ірландському морі торік бачили акул, які зайшли туди в гонитві за субтропічними рибами.

Зміни клімату бачимо наочно, і вони ніби прискорюються.

1. Рівні вуглекислого газу

Концентрація вуглекислого газу в атмосфері зараз є на найвищому рівні за останні 650 000 років, а зростання її відбувається з початку *Індустріальної революції*, тобто 250 років тому.

Ця теза ґрунтується на пробах газу, добутого у вигляді бульбашок всередині льоду Антарктиди і Гренландії і піднятого на поверхню в кернах свердловин. Як відомо, вуглекислий газ є головним парниковим газом, відповідальним за глобальне потепління. В 2005 р. вміст CO_2 в атмосфері становив 379 млн^{-1} , тоді як доіндустріальний рівень сягав тільки 278 млн^{-1} . Вважається, що вміст CO_2 в атмосфері 650 000 років становив $180\text{--}300 \text{ млн}^{-1}$, залежно від клімату і вулканічної активності.

Постає і нове запитання: частина вуглекислого газу в атмосфері, яка надходить щороку, починає швидко зростати. Між 1960 і 2005 рр. середнє збільшення вмісту вуглекислого газу було $1,4 \text{ млн}^{-1}/\text{рік}$. Ретельніший аналіз групою фахівців (IPCC) довів, що зростання вмісту CO_2 між 1995 і 2005 рр. збільшувалося на $1,9 \text{ млн}^{-1}$ щорічно. Як вважає науковий редактор "The Independent" *Стів Коннор* [4], зараз дуже рано пояснювати згадане прискорення збільшення, але існують побоювання, що це може свідчити про зміну способу Землі реагувати на глобальне потепління.

Це означає, що, можливо, існує *зворотний кліматичний зв'язок*, який прискорює надходження CO_2 в міру потепління. Відомо, що головним регулятором вмісту CO_2 в атмосфері є Світовий океан, який поглинає CO_2 і депонує його у вигляді вапняку, а саме карбонату кальцію.

Оцінено, що близько половини антропогенної емісії вуглекислого газу в повітря абсорбовано природними поглиначами на суші і в морі. Ними є рослини, маса яких на Землі постійно зменшується, а також дрібні морські організми, які вживають CO_2 на будівництво скелета (всі знають про потужні відклади крейди, яка складається з дрібних мушель). Багато комп'ютерних моделей клімату передбачають, що поки клімат Землі теплішає, ці організми стають менше здатними абсорбувати вуглекислий газ з атмосфери.

Це означає, що більше CO_2 буде надходити у повітря, збільшуючи парниковий ефект і призводячи до подальшого зростання температури



Завдяки телебаченню майже усі вже знають, що тануть вічні льодовики в Гренландії і Західній Антарктиді, скидаючи величезні льодові поля в Атлантику. Знаємо, що колись вони можуть зовсім розтанути, побільшає води у світовому океані, деякі прибережні країни, як Нідерланди і Бангладеш, підуть під воду. Але це станеться нескоро, і до того часу людство щось придумає.

Доповіді МГЕЗК при ООН не залишають сумнівів — часу вже немає [4]. Якщо так піде і далі, то наприкінці цього століття людство може закінчити своє існування. До роботи були залучені групи з 600 дослідників із 40 країн, які за три роки створили 14 суперкомп'ютерних моделей атмосфери Землі, запропонували серію "проекцій" майбутнього підвищення температури, заснованих на шести різних сценаріях можливого існування людства і, зокрема, промислової діяльності, яка супроводжується викидом в атмосферу вуглекислого газу з автомашин і теплових електростанцій.

Науковці "перекопали" наукову літературу в пошуках свідочств, як зміниться життя, якщо наша планета нагріється до температур, отриманих у моделях. Спостерігачі відмічають високий рівень довіри до доповіді МГЕЗК.

Деякі сумніви залишаються щодо запитання — хто винен?

Людство, завдяки своїй нерозумній діяльності, чи природа?

Експерти МГЕЗК вважають, що існують "як мінімум дев'ять з десяти шансів", що потепління викликане людською діяльністю.

Майкл Маккарті, екологічний редактор відомої британської газети "The Independent", пише: "Буде видно, які з отриманих на кінець двадцятиріччя аргументів відносно погодного або глобального потепління є задовільними, і погода чи людська діяльність є цьому (потеплінню) причиною" [4].

Термін у 20 років обрано тому, що клімат, як вважають метеорологи, це погода впродовж 20-30 років, тобто раніше, ніж за двадцять років спостережень не можна зробити достовірних кількісних висновків про швидкість зміни клімату [2].

В цілому *можна виділити п'ять тез або головних моментів у дискусії щодо причин зміни клімату.*

і ще більшого глобального потепління, яке зробить організми, що містять природний вуглець Землі, ще менш ефективними поглиначами. Як висновок, в доповіді відмічено: *“Потепління має тенденцію зменшувати засвоєння сушею і океаном атмосферного вуглекислого газу, збільшуючи частку антропогенної емісії, яка залишається в атмосфері”*. Це один із декількох “позитивних зворотних зв’язків”, який міг би прискорити глобальне потепління в цьому столітті.

Важливим фактором потепління є також те, що підвищення температури веде до більшого випаровування води з океанів, зростання кількості водяної пари — потужного парникового газу — в нижній частині атмосфери.

Провідні науковці вважають, що вміст CO_2 в атмосфері не повинен перевищувати 550 млн^{-1} — подвійну кількість CO_2 до початку Індустріальної революції. Зараз рівень CO_2 становить 382 млн^{-1} , а ще 50 років тому він був 315 млн^{-1} .

Дехто вважає, що рівень CO_2 в атмосфері неважко стабілізувати на 550 млн^{-1} , а скептично налаштовані фахівці виставляють сумніви, бо світ дуже залежить від використання вуглецевого палива.

Навіть якщо мета 550 млн^{-1} була б реальною, майбутнє виглядає сумним. Комп’ютерне моделювання показало, що вміст CO_2 в атмосфері 550 млн^{-1} може викликати підвищення температури на 3°C, щонайбільше — на 4,5°C, але не менше, ніж на 1,5°C. Але підвищення на 3°C має призвести до величезних пошкоджень сільськогосподарських культур, до зміни погоди і екосистем в усьому світі з катастрофічними наслідками для людства.

2. Зростання температури

Вважається, що в наступні двадцять років потепління буде в межах 0,2°C за десятиліття. Це означає, що навіть якби емісія вуглекислого газу була повністю припинена в 2000 р., світ ще нагріється б приблизно на 0,6°C, тому що існує інерційність кліматичної системи.

МГЕЗК пропонує серію “проєкцій” майбутнього збільшення температури, які ґрунтуються на шести різних сценаріях розвитку світового співтовариства і, зокрема, промислової діяльності. Головний висновок — *якщо людство продов-*

жить швидке економічне зростання і утримуватиме високий рівень спалювання мінерального палива — вугілля, нафти і газу, які виділяють вуглекислий газ, то приблизно до 2100 р. глобальне потепління може збільшитись на 6,4°C.

Це набагато більше, ніж вважали у доповіді МГЕРК у 2001 р., коли найбільше зростання температури до кінця століття було оцінено в 5,8°C. Значення температури 6,4°C є середнім для земної кулі, тобто відповідає найбільшому підвищенню у високих широтах.

Найкращою оцінкою для найоптимістичнішого з усіх можливих сценаріїв, відомого як В1, є підвищення температури на 1,8°C (в межах від 1,1°C до 2,9°C), а найкращою оцінкою для найпесимістичнішого сценарію, відомого як А1F1, є підвищення на 4°C з нижньою межею 2,4°C і найвищою — приблизно 6,4°C. Як вважається, зростання температури на 6°C було б справжнім жахом для людства.

3. Зворотний зв’язок

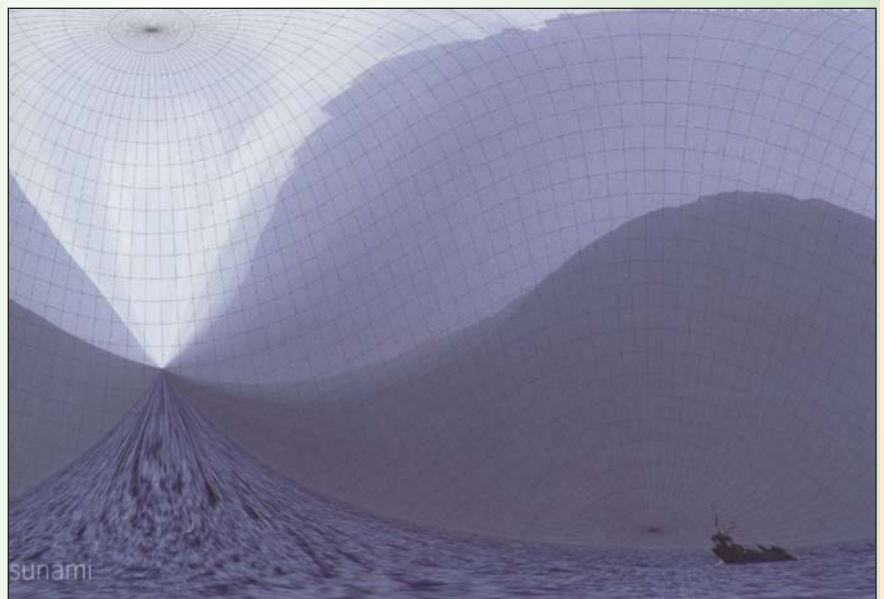
За останні роки наука збагатилася новими знаннями про механізми “зворотного зв’язку” в кліматичних системах. Суть його в тому, що *світ, який теплішає, став менш здатним абсорбувати вуглекислий газ, який надалі збільшує потепління, що в свою чергу затримує виведення CO_2 з системи* тощо.

“Нова оцінка вірогідних ступенів потепління зараз ґрунтується на численних моделях клімату, які збільшують комплексність і реалізм, а також на новій інформації відносно природи зворотного зв’язку у вуглецевому циклі”.

4. Рівень Світового океану

Щодо рівня Світового океану, який будемо узагальнено називати рівнем моря, то оцінки МГЕЗК 2007 р. є оптимістичнішими, ніж оприлюднені 2001 р. Якщо тоді передбачалось зростання рівня моря в 2100 р. на 88 см, то зараз мова йде про підвищення рівня тільки на 59 см. Але комп’ютерні моделі поки що не беруть у розрахунок механізми зворотного зв’язку, які остаточно не з’ясовані. Прогнозні розрахунки використали дані про надходження води від танення льодовиків Гренландії і Антарктики в період 1993–2003 рр., але не враховували можливе збільшення танення, оскільки світ теплішає. Якщо цей внесок буде зростати лінійно відповідно до зміни середніх світових температур, сказано в доповіді, то рівень моря міг би піднятися ще на 10–20 см, тобто до 79 см замість передбачених у доповіді 59 см.

Підвищення рівня Світового океану приблизно до одного метра повинно значно збільшити ризик катастрофічного штормового пошкодження низько розташованих ділянок суші, таких як Бангладеш або дельта Нілу в Єгипті.



Цунамі. Фото Роберта Девеніша. Конкурс “Долучайтесь до науки” Британської Ради.
Цунамі — це величезні припливи хвилі, викликані землетрусами на морському дні. Нанесена сітка графічно підкреслює сейсмографію підводного землетрусу



**Торнадо. Фото Роберта Андерсона.
Конкурс "Долучаючись до науки"
Британської Ради.**

Форма всіх видів однакова, незалежно від того, де вони містяться, у воді чи серці руйнівного торнадо

5. Підкислення океанів

Як відомо, більшу частину вуглекислого газу, який продукує людство, поглинає Світовий океан. На жаль, його так багато, що він цілком не засвоюється організмами, а хімічно взаємодіє з водою, виробляючи вугільну кислоту. Кислотно-лужний баланс океану (тобто рН) зменшився вже на 0,1 порівняно з доіндустріальними часами, і міг би зменшитися від 0,14 до 0,35 упродовж XXI століття. *Безперервне підкислення океану створює серйозну загрозу для багатьох дрібних морських організмів, які потребують лужного середовища, щоб будувати мушлі з карбонату кальцію, і може загрожувати цілому ланцюгу морської їжі, для якої вони є підґрунтям.*

Ці п'ять тез МГЕЗК лежать в основі прогнозування можливих наслідків глобального потепління [5].

СЦЕНАРІЇ РОЗВИТКУ ПОДІЙ

Залежно від рівня надходження вуглекислого газу в атмосферу отримано модельні температури і описані можливі зміни у довкіллі.

Розглянемо деякі сценарії.

а) Зростання температури на 2,4°C на кін. XXI століття

Найбільш характерним є розростання пустель. В Північній Америці піщані бурі охоплюють нові території, пустелі поширюються на пів-

ніч, бархани вкривають землю від шт. Техас на півдні до шт. Монтана на півночі. Сільське господарство у цих штатах сходить нанівець. Тануть льодовики Гренландії, рівень Світового океану підіймається, морські води затоплюють острівні країни і низько розташовані дельти. Тануть гірські льодовики, наприклад в Андах, залишаючи 10 млн. людей в Перу без питної води. Потепління морів веде до вимирання коралових рифів повсюдно в тропіках. Майже третина поширених тваринних видів на Землі опиняється перед загрозою зникнення.

б) Зростання температури на 3,4°C викличе зникнення тропічних лісів, на місці яких будуть пустелі. Амазонські тропічні ліси, найбільші у світі, горять у вогняній бурі катастрофічної сили, вкриваючи Південну Америку попелом і димом. Велика кількість додаткового вуглецю надходить у атмосферу, збільшуючи глобальне потепління. Арктичний лід повністю тоне в літні місяці, лишаючи Північний полюс вільним від льоду вперше за 3 млн. років. В таких умовах полярні ведмеді, моржі і тюлені вимирають. Снігові покриви в гірських масивах зникають, залишаючи без води мільйони людей. Пустеля Калахарі поширюється на всю Південну Африку, змушуючи десятки мільйонів людей мігрувати в кращі місця.

в) Зростання температури на 4,4°C

Вічна мерзлота в Північній Америці і Сибіру інтенсивно тоне, звільняючи величезні об'єми метану і вуглекислого газу, які збільшують парниковий ефект і псуують озоновий шар. Глобальні температури атмосфери різко зростають. Інтенсивно розтають полярні льодовикові шапки, рівень моря підіймається, що змушує понад 100 мільйонів людей, особливо в Бангладеш, дельті Нілу і Шанхаї пересуватися в інші місця. Жара і засуха роблять



**Подих вулкану Етна. Фото Пола Ганінга.
Конкурс "Долучаючись до науки" Британської Ради.**
Витончений, ефемерний вигляд кілець над вулканом на г. Етна (Сіцилія) надзвичайно контрастує з руйнівною міццю постійних вивержень

більшість субтропіків безлюдними: великомасштабна міграція відбувається навіть в Європі, бо пустелі ростуть в Іспанії, Італії і Греції. Більше половини диких видів тварин знищено, їх масове вимирання найгірше за останні 65 млн. років, рахуючи з кінця епохи динозаврів. В Австралії сільське господарство у стані колапсу.

г) Зростання температури на 5,4°С

Починається загальний світовий хаос. Західно-Антарктичний крижаний покрив у наступні сотні років розпадається, додаючи 5 м до рівня Світового океану. Якщо така температура буде постійною, то льодовики зникнуть з обличчя планети, а рівень моря підійметься на 70 м вище, ніж сьогодні. Народи Південної Азії потерпають від засухи і безводдя, бо зникають льодовики в Гімалаях і висихають індійські ріки, тоді як у Східній Індії і Бангладеш потоки мусонних дощів загрожують мільйонам. Більшість населення Землі переміщується ближче до полюсів. Десятки мільйонів біженців пробиватимуться у Скандинавію і на Британські острови, світові запаси продуктів харчування вичерпаються.

д) Зростання температури на 6,4°С

Якщо емісія вуглекислого газу у довкілля зростатиме в теперішніх пропорціях, то глобальне потепління на кінець століття може скласти 6,4°С. Відповідний сценарій, написаний вченими, нагадує апокаліптичну картину. Потепління морів може звільнити газогідрати, які містяться у желеподібному стані в підводних відкладах, утримуючись там тиском і відносно низькою температурою. Звільнений метан у вигляді вогняних куль підіймається у небо, викликаючи подальше потепління.

Океани втрачають розчинений у воді кисень і отримують застійний режим, звільняючи отруйний сірководень і руйнуючи озоновий шар. Пустелі поширюються вже до Арктики. Урагани неймовірної сили циркулюють на земній кулі, викликаючи водоспади дощу, що змиває ґрунти з колись родючих полів. Населення Землі має зменшитись до небагатого, що врятувалися в полярних сховищах. Вважається, що більшість проявів життя на Землі зникне, оскільки температура атмосфери підніметься вище, ніж за сотні мільйонів років.

З історії змін клімату

Відомо, що історія кліматів Землі є чергуванням епох зледеніння з епохами жаркого клімату, свідцтвами яких є геологічні формації — індикатори клімату. Серед таких — льодовикові відклади, ератичні валуни, принесені льодовиками, льодовикові форми рельєфу, тоді як для аридного (жаркого і сухого) клімату типовими є відклади пустель — барханні піски, тріщини усихання давніх водоймищ, відклади солей і гіпсу, шкірки “пустельної засмаги” (гетиту) на камінні тощо. В умовах жаркого і вологого (гумідного) клімату утворились родовища вугілля, каолінові кори вивітрювання гірських порід, відклади сидериту — карбонату заліза тощо.

Між епохами зледеніння й епохами дуже теплого клімату, природно, були періоди помірною, схожого на сучасний клімат високих широт. Такі самі періоди були і в льодовикові епохи (міжльодовикові періоди) і, вірогідно, в гумідні або аридні епохи. Наприклад, сучасний кліматичний період є міжльодовиковим. Останній льодовик відступив (тобто розтанув) з території України тільки 10 000 років тому.

“Аналоги можливого глобального потепління в історії Землі на 6,4°С були знайдені”, — пише Марк Лінас [4]. В одному з кам'яних кар'єрів Китаю у верхньопермських відкладах був виділений прошарок віком 251 млн. років. Він свідчить, що з причин, які ще незрозумілі, температури тоді зросли на 6°С вище від сьогоднішніх за декілька тисяч років (а не за сто років, як нам обіцяють кліматичні моделі). Ця зміна давнього клімату викликала загибель до 95% видів тварин.

Пізньюпермське вимирання було найгіршим, ніж коли-небудь, найближчим до того, щоб планета Земля стала просто шматком каміння, що обертається на орбіті навколо Сонця. Тільки одна велика земна тварина пережила це потепління: свиноподібний Лістрозаврус, який протягом мільйонів років після катастрофи володів земною кулею.

Свідцтва того, як виглядає світ у тривалому екстремальному стані, дійшли до нас з крейдового періоду, від 144 до 65 млн. років тому, коли не було льоду на обох полюсах, а більшість Європи і Північної Америки покривали теплі моря. Тропічні крокодили мешкали в болотах високих широт канадської Арктики, якийсь період тропічні хлібні дерева

росли в Гренландії. Вода в Атлантичному океані нагрівалась до 42°С, а на Північному полюсі океан іноді був таким теплим, як зараз Середземне море. Тропіки і субтропіки були такими гарячими, що жодні ліси не росли, пояси пустель поширювались у серце Європи.

Упродовж крейдового періоду види тварин, що розвивалися мільйони років, були здатні вижити на більш гарячій планеті. Але в сучасний період дуже мало видів могли би витримати такий швидкий перехід від помірною до жаркого клімату. Першими, вірогідно, зникли б полярні ведмеді, а в тропічних морях — коралові рифи. Вважається, що амазонські тропічні ліси почнуть горіти вже в 2050 р., поступово перетворюючись у пустелі. Попіл і дим можуть закрити більшу частину Південної півкулі і близько половини світового біорізноманіття може бути знищено. Як будуть виживати люди, кожен має вирішувати самостійно.

Альтернативою цьому жаху є скорочення вживання мінерального палива — вугілля, нафти і газу, припинення знищення лісів і забруднення океанів, дотримання нової філософії життя з метою збереження живої природи і людства зокрема.

Більшість країн світу підписали Киотський протокол і визнали встановлені ліміти емісії CO₂ для розвинених країн. Адміністрація США не приєдналась до Киотського протоколу, стверджуючи, що США вже витратили 29 млрд. дол. на науку, що вивчає зміни клімату, а також на міжнародну допомогу “більше грошей, ніж будь-яка країна”.

Наприкінці січня 2007 р. Президент США Дж. Буш сповістив про плани зменшення вживання нафти на 20% упродовж майбутніх 10 років у США, що відповідає 25% світової емісії вуглекислого газу в довкілля. Нагадаємо, що термін дії Киотського протоколу вичерпується 2012 р. Початок перемовин щодо нового договору, що протидіє антропогенному потеплінню, затримується.

Література

1. Бублій Н. Берегись скорпіона! // Газета по-київски, №146, 04.07.2005.
2. Мизун Ю.В., Мизун Ю.Г. Неведомый пульс Земли. — М.: ВЕЧЕ, 2005. — 480 с.
3. Родич Р.С. “Чорної вдови” // Дзеркало тижня, № 33 (561), 27.08.2005.
4. The Independent, № 6334, 3.02.2007
5. Зміна клімату 2007: фізична наукова база. (Видання за сприяння Британської Ради в Україні) // IPCC, 2007: Summary for Policymakers. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the IPCC. Cambridge Univ. Press, Cambridge, UK and New York, NY, USA



Оазис серед барханних пісків. Фото Сергія Коротєєва, м. Київ

Полярне сяйво. Фото Геннадія Борисова, с. Наукове Бахчисарайського р-ну, АР Крим

