

# «Потепління клімату»

---

Виконав:  
студент V курсу ГГФ  
групи ГГ-51

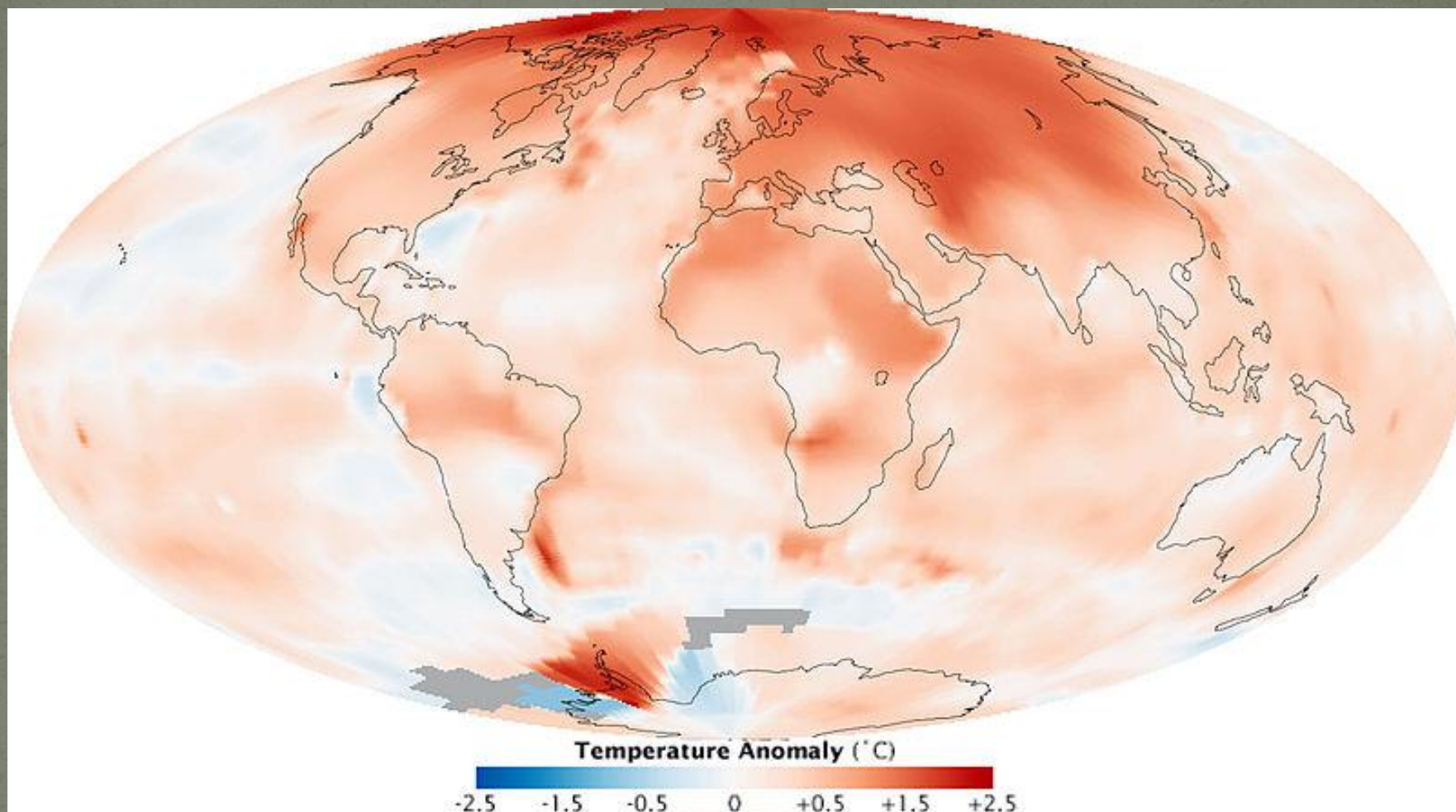
Шуліка Б. О.

Перевірила:  
Доцент

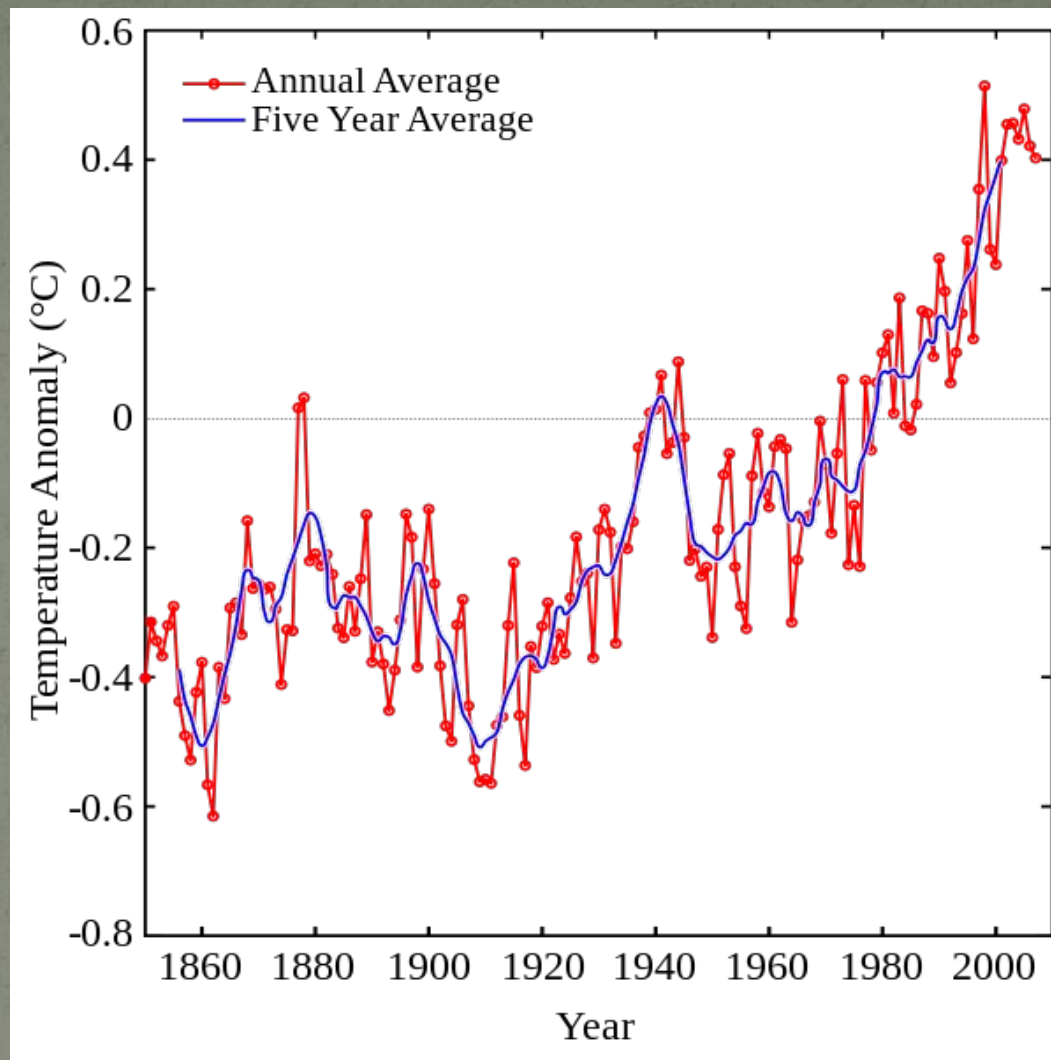
Поліщук Л. Б.

# Потепління клімату

- Глобальне потепління – прогресуюче поступове підвищення температури поверхні Землі, що пов'язується з парниковим ефектом і призводить до зміни клімату у глобальних масштабах.
- Однак слід зазначити, що достеменно причини глобального потепління невідомі. Також треба розуміти, що потепління це загальна усереднена тенденція, зміна температур відбувається нерівномірно в залежності від сезону та місцевості, більше того місцями в деякі сезони клімат навіть стає холоднішим. Наприклад в Україні температури у зимовий період зросли значно більше ніж в літній, а в центральній Росії (Московський регіон) при значному потеплінні взимку літні температури не змінилися, а осінні похолоднішали.



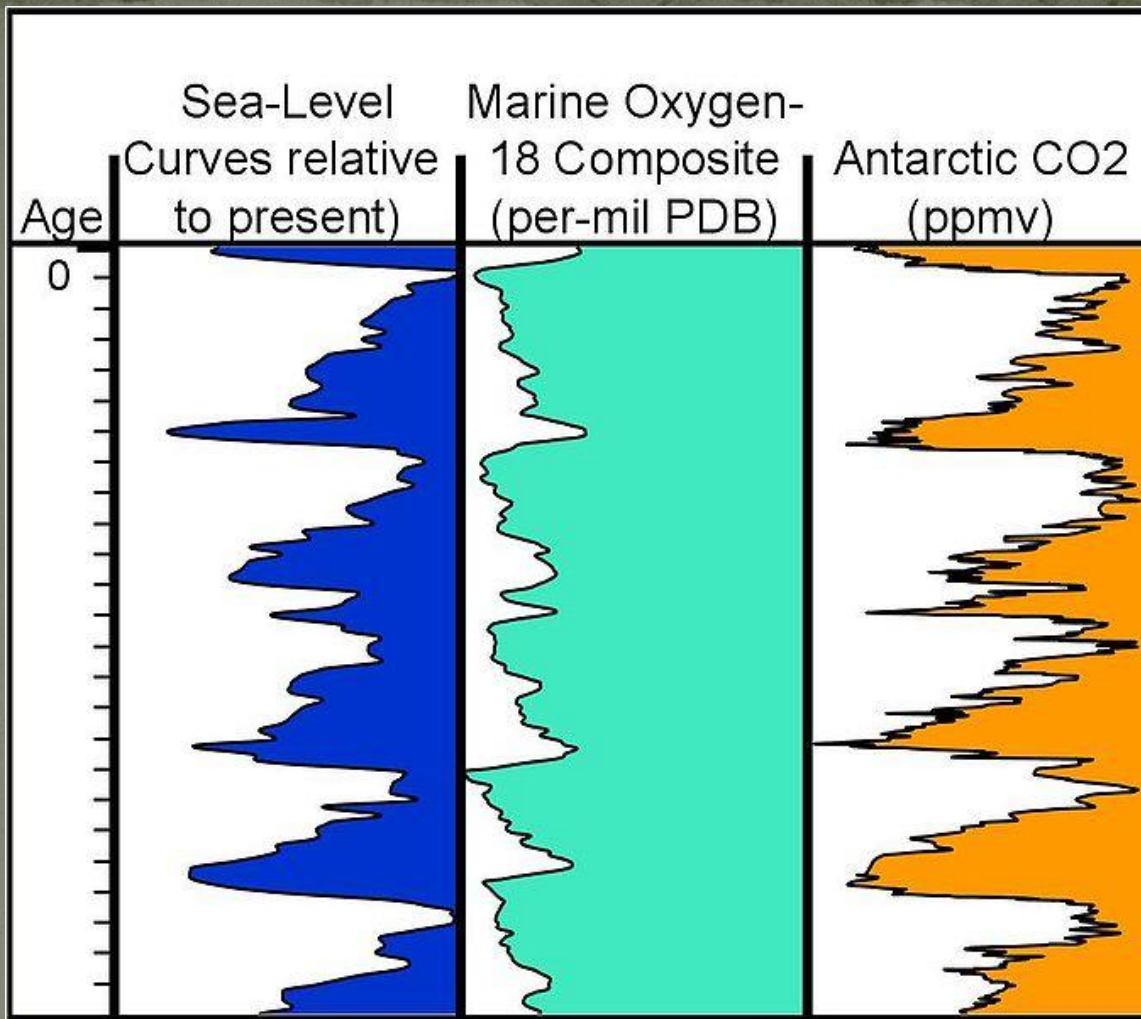
Зміна середніх температур за періоди 1951 – 1980 та  
2000 – 2009 рр. [14]



Середньорічні температури за період 1860 – 2000 рр., в порівнянні з п'ятилітнім трендом [14]

# Причини потепління

- ❖ викиди парникових газів;
- ❖ діяльність людини;
- ❖ цикли Міланковича та інші природні цикли;
- ❖ зміна сонячної активності;
- ❖ інші гіпотези:
  - ❖ Океан, як причина кліматичних змін;
  - ❖ Вулканічна активність;
  - ❖ Невідомі взаємодії між Сонцем і планетами Сонячної системи;
  - ❖ Зміна клімату може відбуватися сама по собі без будь-яких зовнішніх впливів і діяльності людини;
  - ❖ Теорія малого льодовикового періоду.



Розподіл  
тимчасової шкали  
– 20 000 років.  
Піки рівня моря,  
концентрації  $\text{CO}_2$  і  
мінімуми  $\text{O}$   
збігаються з  
міжльодовиковими  
температурними  
максимумами.

Глобальні потепління (міжльодовикові періоди) за останні 500 тисяч років

- Зміна рівня Світового океану.
- Концентрація ізотопу  $\text{O}$  в морській воді.
- Концентрація  $\text{CO}_2$  в антарктичному льоді [9].

# Викиди парникових газів

- Парниковий ефект був виявлений Жозефом Фур'є в 1824 і вперше був кількісно досліджений Сванте Арреніусом в 1896. Це процес, при якому поглинання і випускання інфрачервоного випромінювання атмосферними газами викликає нагрівання атмосфери і поверхні планети.
- **Парниковий ефект** – властивість атмосфери пропускати сонячну радіацію, але затримувати земне випромінювання, сприяючи акумуляції тепла нашою планетою.

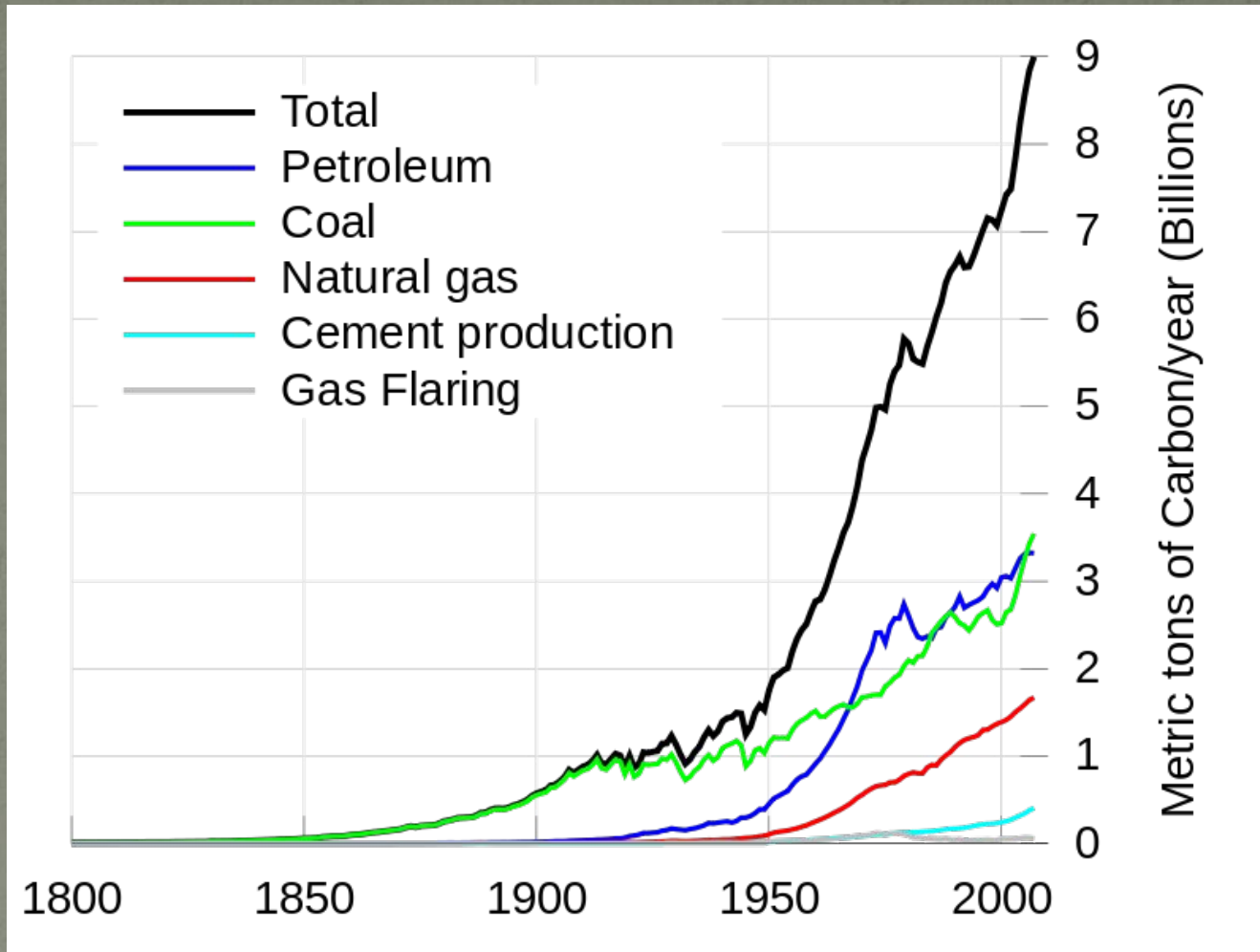
# Викиди парникових газів

На Землі основними парниковими газами є:

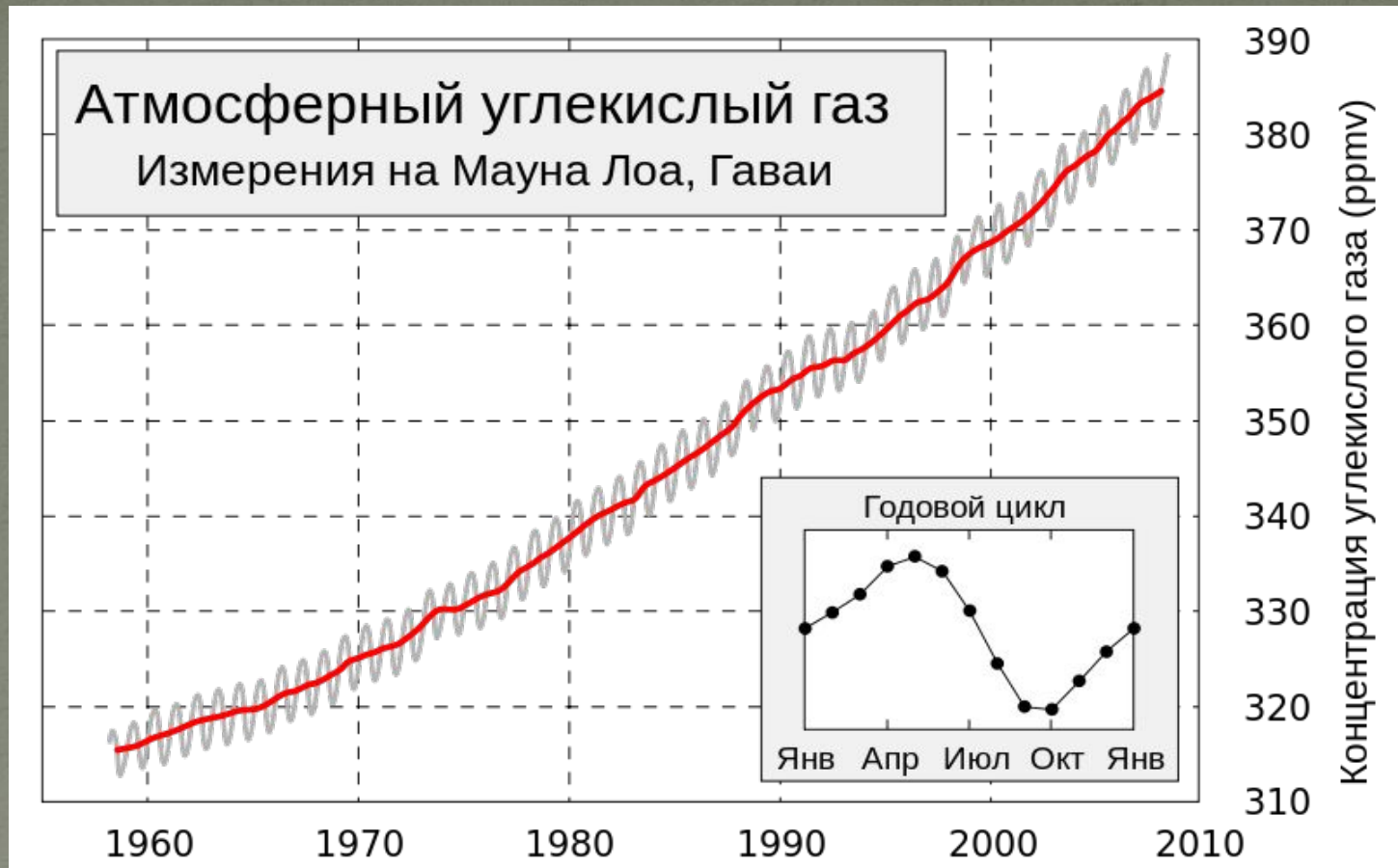
- ❖ водяна пара (відповідальна приблизно за 36-70% парникового ефекту, без урахування хмар);
- ❖ вуглекислий газ ( $\text{CO}_2$ ) (9-26%);
- ❖ метан ( $\text{CH}_4$ ) (4-9%);
- ❖ озон (3-7%).

*На частку водяної пари і вуглекислого газу доводиться більше 95% всього парникового ефекту. Саме завдяки цим двом газоподібним речовинам відбувається розігрівання атмосфери Землі на  $33^\circ \text{C}$ .*

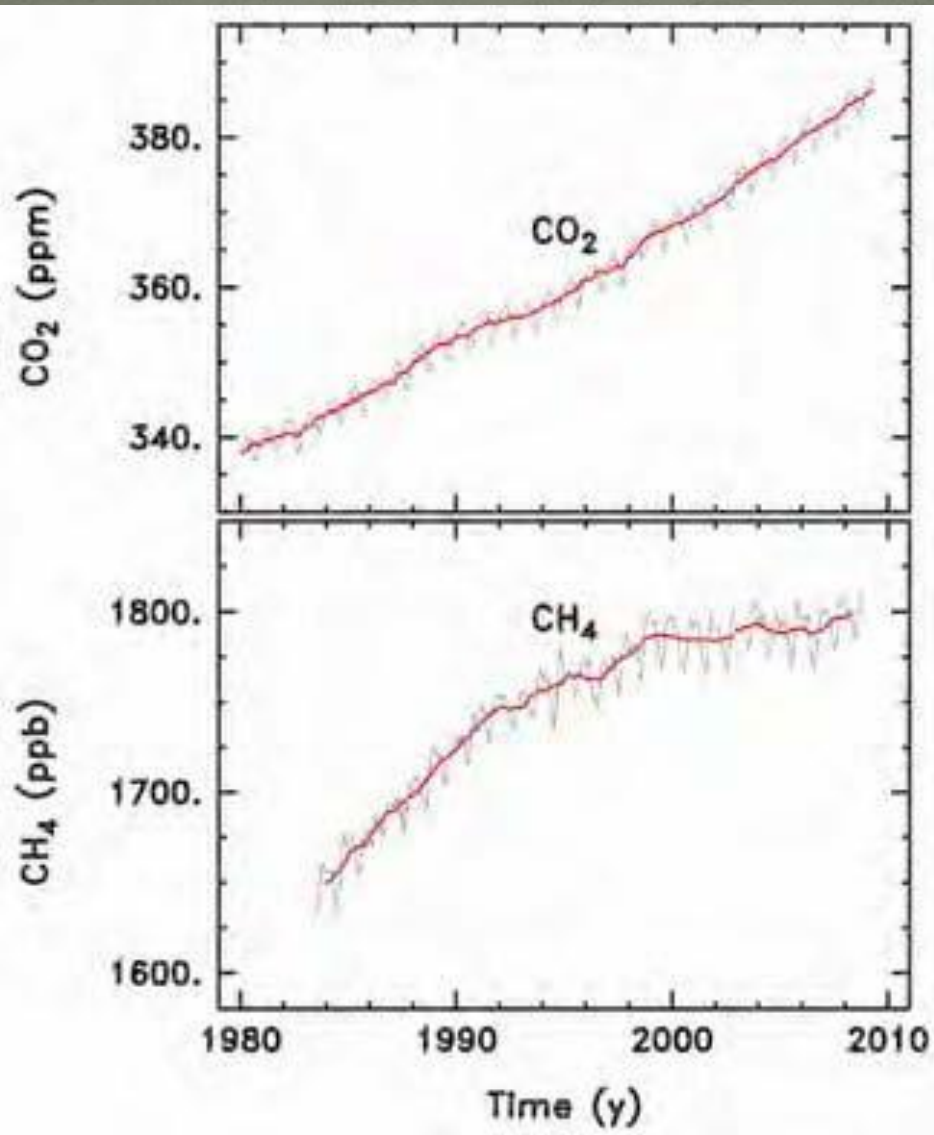




Виділення вуглецю в атмосферу в результаті діяльності людини з 1800 року по 2007 в мільярдах тонн [9]



*Графік Кілінга, або гавайська пила – крива зміни вмісту атмосферного  $\text{CO}_2$  на станції Мауна-Лоа на Гавайських островах. Крива вважається глобальним еталоном; на інших станціях значення концентрацій дещо відрізняються, але траєкторії їх ходу в основному схожі [14]*

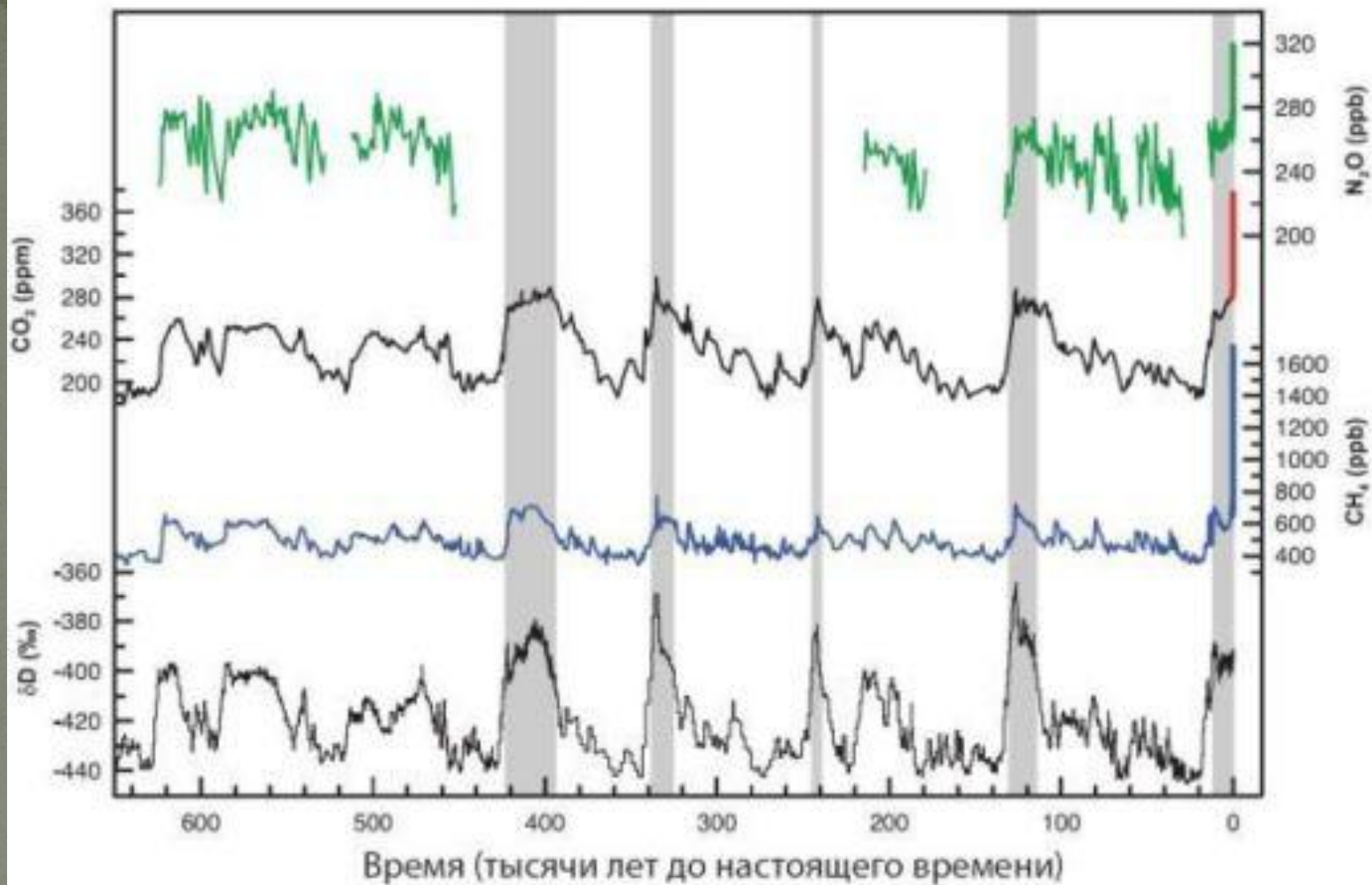


- Концентрація CO<sub>2</sub> (вгорі) і метану (внизу) в атмосфері. Червона лінія – без урахування сезонних коливань.
- CO<sub>2</sub> та метан – два найбільш важливих парникових газу. Крива CO<sub>2</sub> характеризує глобальну концентрацію, дані по метану відносяться тільки до станції Мауна Лоа [14]

# Діяльність людини

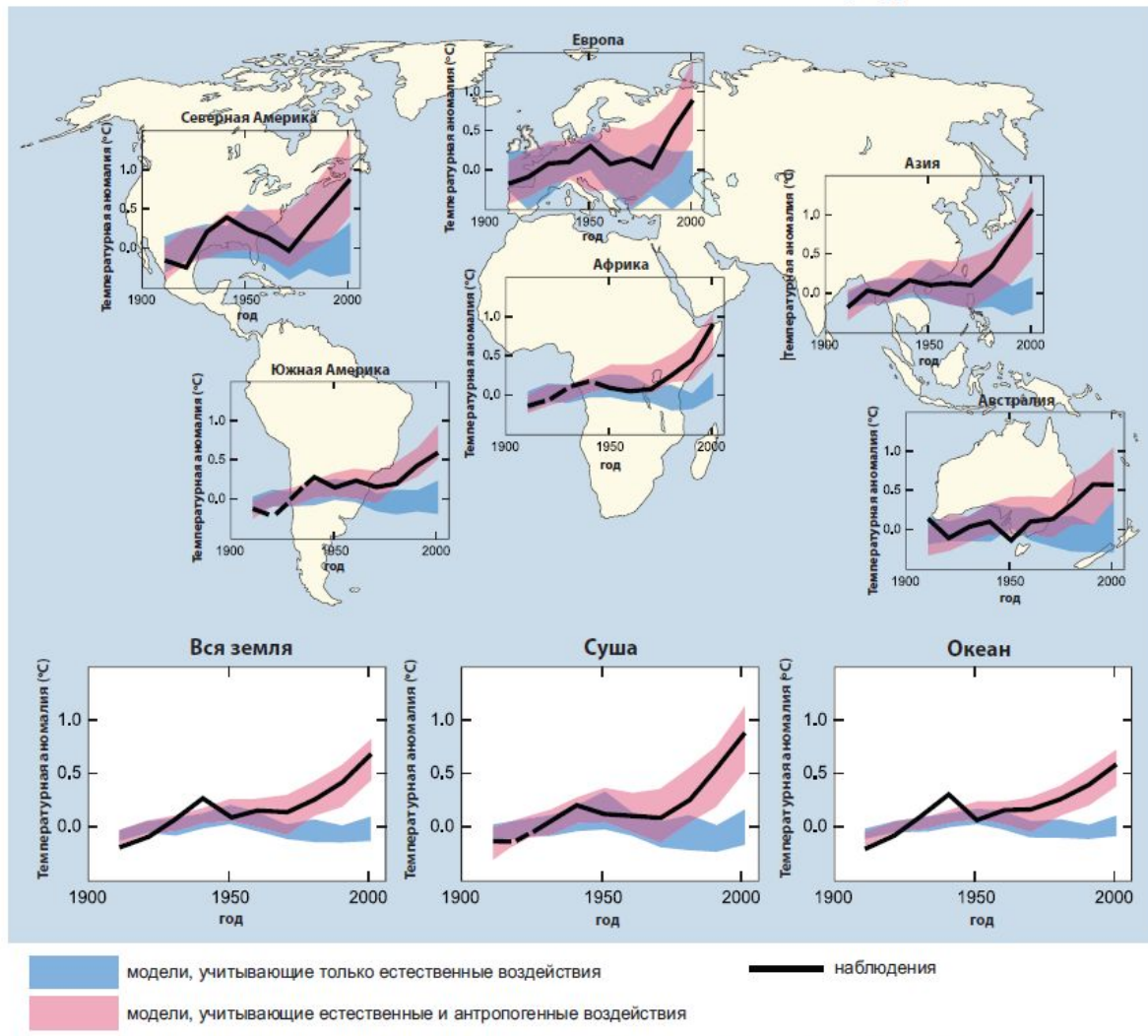
- ❖ Дослідження за участю вчених з Шотландії, Канади та Австралії показало, що ймовірність природних, а не антропогенних причин зміни клімату на планеті складає не більше 5%.
- ❖ У 2007 р. Міжурядова група експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) представила свою Четверту оціночну доповідь, у якій говориться, що з 90%-вою вірогідністю спостережувані зміни клімату пов'язані з діяльністю людини.
- ❖ Антропогенне походження сучасних кліматичних змін підтверджують палеокліматичні дослідження: такої концентрації CO<sub>2</sub> як зараз не було за останні 650 000 років.
- ❖ Порівняно з доіндустріальною епохою (1750 р.) концентрація вуглекислого газу в атмосфері зросла на третину. Сучасні глобальні концентрації метану і закису азоту також істотно перевищили доіндустріальні значення.
- ❖ Ще одним свідченням ролі людини в змінах клімату можуть послужити результати зіставлення даних моделювання зростання глобальної температури з даними реальних спостережень.

*На сьогодні антропогенна теорія зміни клімату найкраще узгоджена з усіма відомими фактами, ніж будь-яка інша теорія.*



*Зміна атмосферної концентрації основних парникових газів – вуглекислого газу ( $\text{CO}_2$ ), метану ( $\text{CH}_4$ ) та закису азоту ( $\text{N}_2\text{O}$ ) – в повітрі, що потрапило всередину льодовикових кернів, за 650 000 років*

Нижня крива відображає коливання вмісту дейтерію ( $\delta\text{D}$ ) в антарктичному льоді, яке є непрямим показником локальної температури. Затінені смуги відповідають нинішньому та попереднім інтергляціал теплим періодам (Четверта оціночна доповідь МГЕЗК, 2007) [9]



Зміна глобальної та континентальної температури: зіставлення результатів моделювання і даних спостережень (МГЕЗК, 2007) [9]

# Цикли Міланковича та інші природні цикли

- Югославський астроном Милутин Міланкович припустив, що циклічні зміни клімату багато в чому пов'язані зі зміною орбіти обертання Землі навколо Сонця, а також зміною кута нахилу осі обертання Землі по відношенню до Сонця. Подібні орбітальні зміни положення і руху планети викликають зміну радіаційного балансу Землі, а значить і її клімату. Кліматичні зміни, викликані зміною орбіти Землі, відбуваються зазвичай протягом десятків, а то і сотень тисяч років. Спостережувана ж в даний момент часу відносно швидка зміна клімату, очевидно, відбувається в результаті дії ще якихось чинників.

# Зміна сонячної активності

- ❖ У третьому звіті МГЕЗК стверджується, що сонячна та вулканічна активність може пояснити половину температурних змін до 1950 року, але їх загальний ефект після цього приблизно дорівнював нулю. Зокрема, вплив парникового ефекту з 1750 року, за оцінкою МГЕЗК, в 8 разів вище впливу зміни сонячної активності.
- ❖ Пізніші роботи уточнювали оцінки впливу сонячної активності на потепління після 1950 року. Тим не менш, висновки залишилися приблизно тими ж: «Кращі оцінки вкладу сонячної активності у потепління лежать в межах від 16% до 36% внеску парникового ефекту».
- ❖ Існує ряд робіт, що припускають існування механізмів, що підсилюють ефект сонячної активності, які не враховуються в сучасних моделях, або що важливість сонячної активності в порівнянні з іншими факторами недооцінюється.



# Інші гіпотези

- Є безліч інших пояснень можливого поточного підвищення середньої температури земної поверхні, без залучення ролі промислових парникових газів, в тому числі:
  - Океан, як причина кліматичних змін;
  - Вулканічна активність;
  - Невідомі взаємодії між Сонцем і планетами Сонячної системи;
  - Зміна клімату може відбуватися сама по собі без будь-яких зовнішніх впливів і діяльності людини;
  - Теорія малого льодовикового періоду.

# Океан, як причина кліматичних змін

На даний момент часу мало вивчена природа циркуляції тепла в водній товщі океану.

- ❖ Відомо, що середня температура вод океану становить  $3,5^{\circ}\text{C}$ , а поверхні суші  $15^{\circ}\text{C}$ , тому інтенсивність теплообміну між товщею океану і приземним шаром атмосфери може призводити до значних кліматичних змін.
- ❖ Крім того, у водах океану розчинено велику кількість  $\text{CO}_2$  (близько 140 трлн. тонн, що в 60 разів більше, ніж в атмосфері) і ряду інших парникових газів, в результаті певних природних процесів ці гази можуть надходити в атмосферу, істотно впливаючи на клімат Землі.

# Вулканічна активність

- Вулканічна активність є джерелом надходження в атмосферу Землі аерозолів сірчаної кислоти та великої кількості вуглекислого газу, що також може значним чином позначитися на кліматі Землі.
- Великі виверження спочатку супроводжуються похолоданням внаслідок надходження в атмосферу Землі аерозолів сірчаної кислоти і частинок сажі. Згодом,  $\text{CO}_2$ , що надійшов в ході виверження, викликає зростання середньорічної температури на Землі. Подальше довгострокове зниження вулканічної активності сприяє збільшенню прозорості атмосфери, а значить і підвищенню температури на планеті.

# Невідомі взаємодії між Сонцем і планетами Сонячної системи

- Не виключено, що взаємне положення планет і Сонця може впливати на розподіл і силу гравітаційних полів, сонячної енергії, а також інших видів енергії. Всі зв'язки та взаємодії між Сонцем та планетами, в тому числі Землею, поки ще не вивчені і не виключено, що вони значно впливають на процеси, що відбуваються в атмосфері та гідросфері Землі.

# Зміна клімату може відбуватися сама по собі без будь-яких зовнішніх впливів і діяльності людини

- Планета Земля настільки велика і складна система з величезною кількістю структурних елементів, що її глобальні кліматичні характеристики можуть відчутно змінюватися без всяких змін сонячної активності і хімічного складу атмосфери. Різні математичні моделі показують, що протягом століття, коливання температури приземного шару повітря (флуктуації) можуть досягати  $0,4^{\circ}\text{C}$ .

# Теорія малого льодовикового періоду

- Теорія малого льодовикового періоду виступає одним з найбільш сильних аргументів на руках супротивників концепцій антропогенного глобального потепління і парникового ефекту. Вони стверджують, що сучасне потепління – це природний вихід з малого льодовикового періоду XIV-XIX століть, яке, можливо, приведе до відновлення температур малого кліматичного оптимуму X-XIII століть або навіть Атлантичного оптимуму.
- У зв'язку з цим, на їхню думку, немає нічого дивного, що на початку XXI століття середньорічні температури регулярно перевищують «кліматичну норму», адже самі «кліматичні норми» були написані під стандарти щодо холодного XIX століття.
- Критики цієї теорії вказують на неявно місткі в ній допущення про таку собі «природно рівноважну» температуру, до якої клімат нібито має тенденцію повертатися, в той час як з точки зору фізики динаміка рівноважної температури цілком визначається енергобалансі планети.

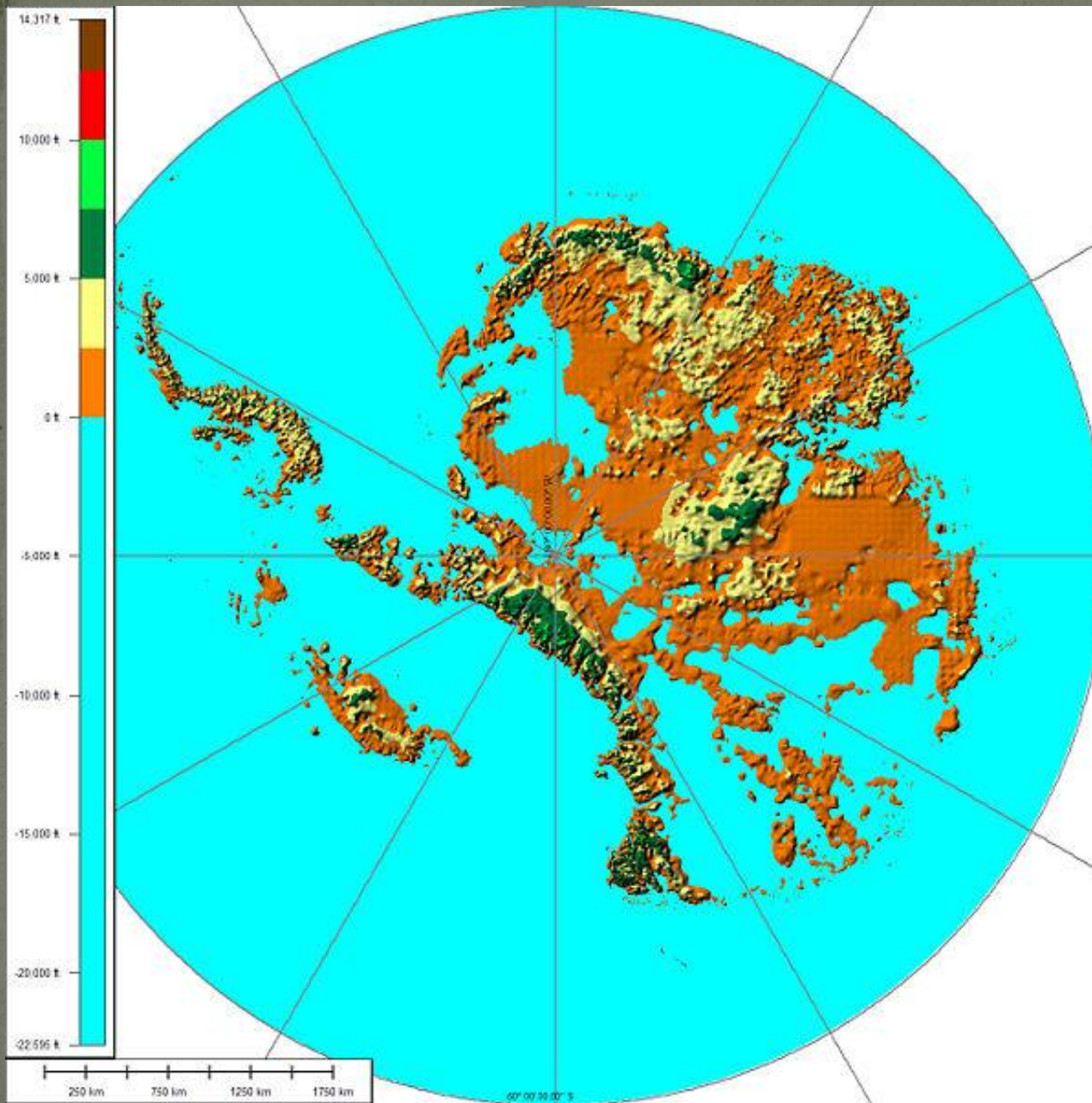
# Чому глобальне потепління іноді призводить до похолодання

- Глобальне потепління зовсім не означає потепління скрізь і в будь-який час. Зокрема, в будь-якій місцевості може збільшитися середня температура літа і зменшитися середня температура зими, тобто клімат стане більш континентальним.
- Глобальне потепління можна виявити, тільки усереднивши температуру по всіх географічних локаціях і всіх сезонах. Згідно з однією з гіпотез, глобальне потепління призведе до зупинки або серйозного ослаблення Гольфстріму. Це викличе істотне падіння середньої температури в Європі (при цьому температура в інших регіонах підвищиться, але не обов'язково у всіх), так як Гольфстрім прогріває континент за рахунок перенесення теплої води з тропіків.

# Прогноз

- У доповіді робочої групи міжурядової комісії зі зміни клімату (Шанхай, 2001 рік) наведено сім моделей зміни клімату в ХХІ столітті. Основні висновки, зроблені в доповіді, – продовження глобального потепління, що супроводжується:
  - збільшенням емісії парникових газів (хоча згідно з деякими сценаріями до кінця століття в результаті дії заборон на індустриальні викиди можливий спад емісії парникових газів);
  - зростанням поверхневої температури повітря (до кінця ХХІ століття можливе збільшення поверхневої температури в окремих місцях земної кулі на 6°C);
  - підвищенням рівня океану (у середньому – на 0,5 м за століття).
- До найбільш ймовірних змін погодних факторів відносяться:
  - інтенсивніше випадання опадів;
  - вищі максимальні температури, збільшення числа жарких днів і зменшення числа морозних днів майже у всіх регіонах Землі, при цьому в більшості континентальних районів хвилі тепла стануть частішими;
  - зменшення розкиду температур.





● Антарктика.  
Рельєф  
поверхні  
материка без  
льодовикового  
покриву [18]

# Запобігання та адаптація

- У грудні 1997 на зустрічі в Кіото (Японія), присвяченій глобальній зміні клімату, делегатами з більш ніж ста шістдесяти країн була прийнята конвенція, яка зобов'язує розвинені країни скоротити викиди  $\text{CO}_2$ . Кіотський протокол зобов'язує тридцять вісім індустріально розвинених країн скоротити до 2020 року викиди  $\text{CO}_2$  на 5% від рівня 1990:
  - Європейський союз повинен скоротити викиди  $\text{CO}_2$  та інших тепличних газів на 8%;
  - США – на 7%;
  - Японія – на 6%.

- Існує конфлікт і на міждержавному рівні. Такі країни, що розвиваються, як Індія і Китай, що вносять значний внесок у забруднення атмосфери тепличними газами, були присутні на зустрічі в Кіото, але не підписали угоду. Країни, що розвиваються взагалі з настороженістю сприймають екологічні ініціативи індустріальних держав. Аргументи прості:
  - основне забруднення тепличними газами здійснюють розвинені країни;
  - посилення контролю на руку індустріальним країнам, так як це буде стримувати економічний розвиток країн, що розвиваються;
  - забруднення тепличними газами накопичено розвиненими країнами в процесі їх розвитку.

## Фактори, що прискорюють глобальне потепління:

- ❖ Емісія  $\text{CO}_2$ , метану, закису азоту в результаті техногенної діяльності людини;
- ❖ розкладання геохімічних джерел карбонатів з виділенням  $\text{CO}_2$  внаслідок підвищення температури. У земній корі міститься у зв'язаному стані вуглекислого газу в 50 000 разів більше, ніж в атмосфері;
- ❖ збільшення вмісту в атмосфері Землі водяної пари внаслідок зростання температури, а значить і випаровуваності води океанів;
- ❖ виділення  $\text{CO}_2$  Світовим океаном внаслідок його нагрівання (розчинність газів при підвищенні температури води падає). Із зростанням температури води на кожен градус розчинність в ній  $\text{CO}_2$  падає на 3%;
- ❖ зменшення альбедо Землі, внаслідок танення льодовиків, зміни кліматичних зон і рослинності. Морська гладь відображає значно менше сонячних променів, ніж полярні льодовики і сніги планети, гори позбавлені льодовиків, також мають менше альбедо, деревна рослинність, що просувається на північ має менше альбедо, ніж рослини тундри. За останні п'ять років альбедо Землі вже зменшилося на 2,5%;
- ❖ виділення метану при таненні вічної мерзлоти;
- ❖ розкладання метангідратів – кристалічних льодистих сполук води і метану, що містяться в приполярних областях Землі.

# Фактори, що уповільнюють глобальне потепління:

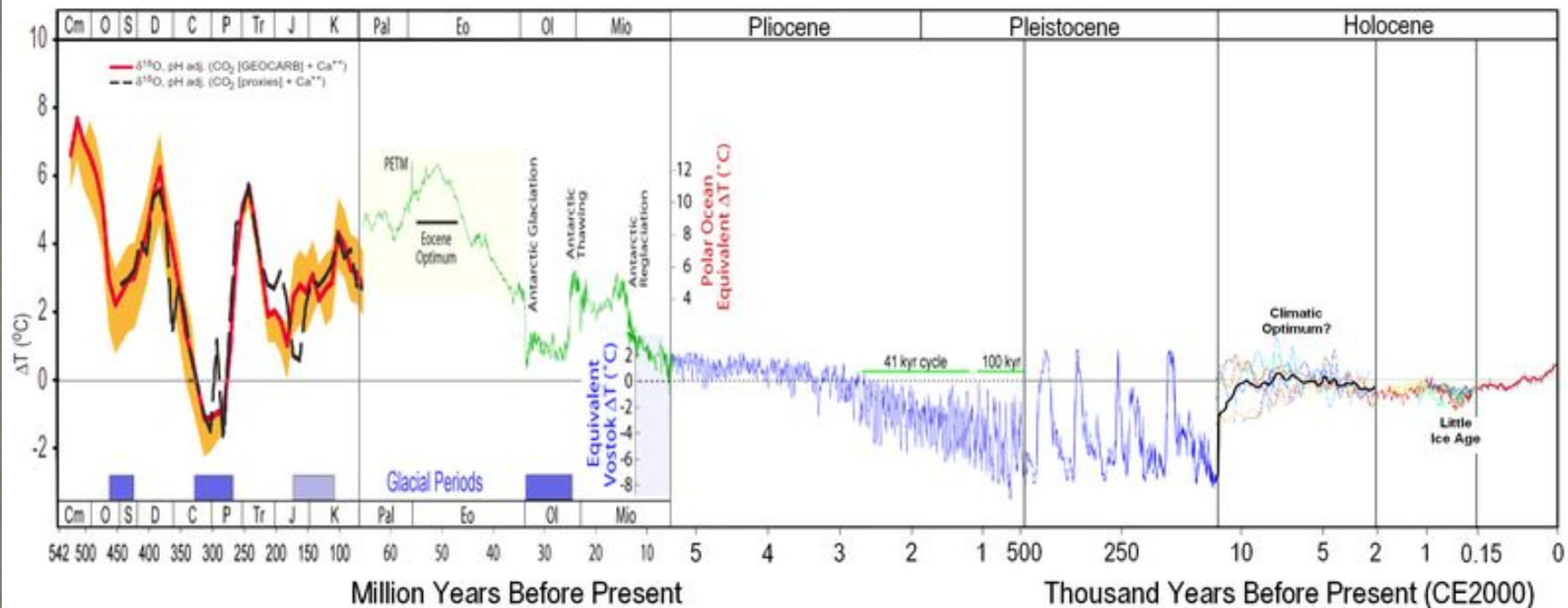
- ❖ уповільнення швидкості океанічних течій викликане глобальним потеплінням (уповільнення теплої течії Гольфстрім викличе зниження температури в Арктиці);
- ❖ зростання випаровуваності зі збільшенням температури на Землі, а значить і хмарності, яка є певного роду перешкодою на шляху сонячних променів. Площа хмарності зростає приблизно на 0,4% на кожен градус потепління;
- ❖ збільшення кількості опадів зі зростанням випаровуваності, що сприяє заболочуванню земель, а болота, є одними з головних депо CO<sub>2</sub>;
- ❖ розширення площі теплих морів через збільшення температури, а значить і розширення ареалу молюсків і коралових рифів, які беруть активну участь в депонування CO<sub>2</sub>, який йде на будівництво раковин;
- ❖ збільшення концентрації CO<sub>2</sub> в атмосфері стимулює ріст і розвиток рослин, які є активними акцепторами (споживачами) цього парникового газу.

# Критика теорії глобального потепління

- Відомий британський учений-натураліст і телеведучий Девід Белламі вважає, що найголовнішою екологічною проблемою планети є зменшення площі тропічних лісів у Південній Америці. На його переконання, небезпека глобального потепління сильно перебільшена, – в той час, як зникнення лісів, в яких живуть дві третини всіх видів тварин і рослин планети, дійсно є реальною і серйозною загрозою для людства.
- До аналогічного висновку прийшов російський фізик-теоретик В. Г. Горшков, ґрунтуючись на розроблюваній ним з 1979 р. теорії біотичної регуляції, згідно з якою незворотні зміни клімату швидше будуть викликані не парниковими газами, а порушенням гомеостатичного механізму глобального волого - і теплопереносу, який забезпечується рослинністю планети – за умови деякого запорогового скорочення площі природних лісів.

- Відомий американський фізик Фрімен Дайсон стверджує, що заходи, пропоновані для боротьби з глобальним потеплінням давно вже не відносяться до сфери науки, а є політиканством і спекулятивним бізнесом.
- Засновник телеканалу про погоду Weather Channel, журналіст Джон Колман вважає «так зване глобальне потепління найбільшим шахрайством в історії». За його словами, «деякі підлі та боягузливі вчені заради захисту навколишнього середовища і різних політичних цілей нахабно маніпулюють довгостроковими спостереженнями за погодою, щоб створити у людей ілюзію глобального потепління. Ніякого стрімкої зміни клімату не буде. Вплив людства на клімат Землі мізерний. Наша планета не знаходиться в небезпеці. Через одне-два десятиліття неспроможність теорії глобального потепління буде очевидна для всіх».
- Данський економіст Бйорн Ломборг вважає, що глобальне потепління має не настільки загрозливий характер, як це малюють деякі фахівці й вторять їм журналісти. «Тема потепління перегріта», – говорить він. Детально погляди Ломборг викладені в книзі «Охолодьте! Глобальне потепління. Скептичне керівництво».

## Temperature of Planet Earth



Зміни середньої температури Землі за останні 500 мільйонів років. Протягом майже всієї історії Землі температура була значно вище сьогоденної [17]

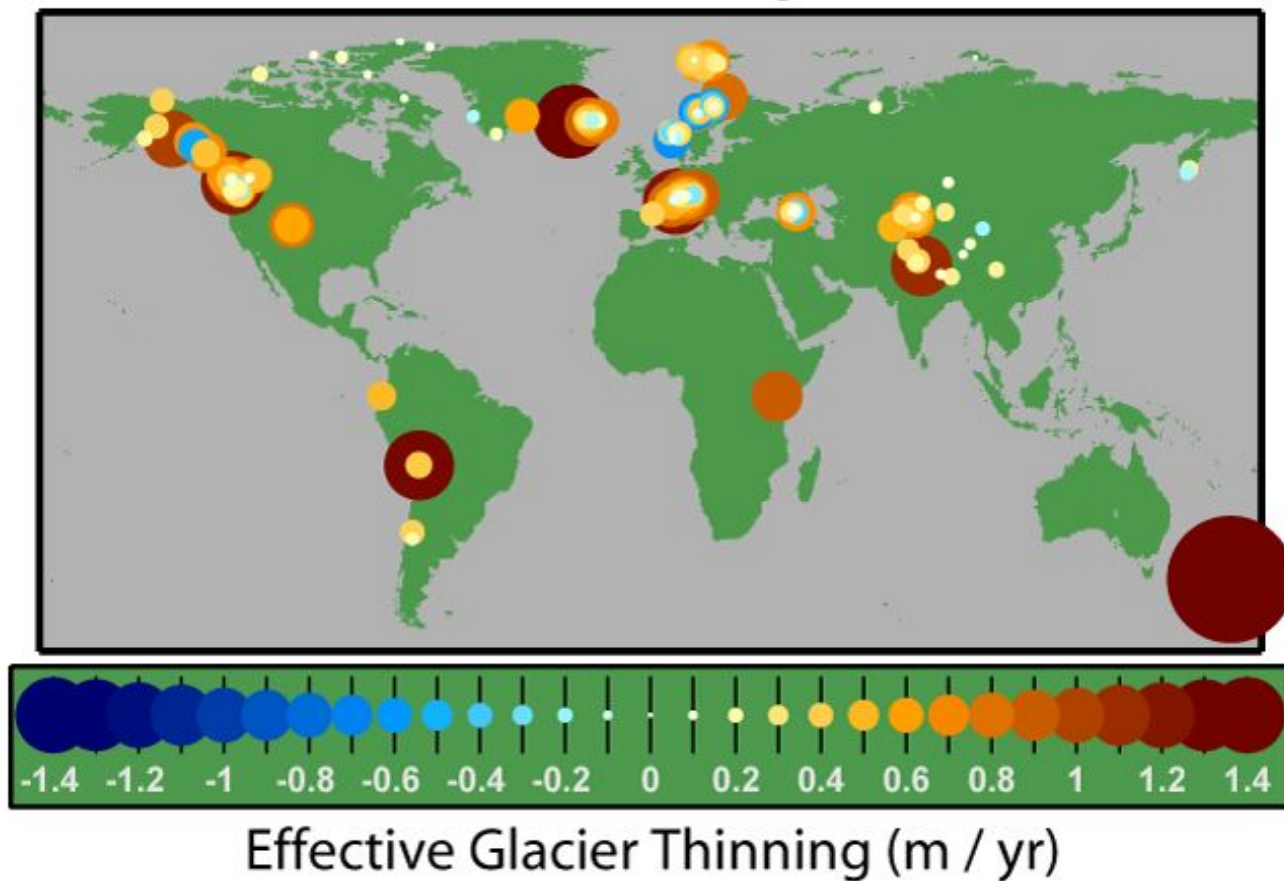


- Професор А. П. Капіца, завкафедрою Географічного факультету МДУ вважає внесок людства в кліматичні зміни несуттєвим на тлі космічних та геофізичних факторів.
- Ряд критиків вказує на те, що в минулому (наприклад, в еоцені) температура була значно вище сьогоденної, і хоча тоді вимерло безліч видів, надалі життя процвітало.

# Цифри і факти

- Одним з найбільш наочних процесів, пов'язаних з глобальним потеплінням, є танення льодовиків.
- За останні півстоліття температура на південному-заході Антарктики, на Антарктичному півострові, зросла на  $2,5^{\circ}\text{C}$ . У 2002 від шельфового льодовика Ларсена площею  $3250 \text{ км}^2$  і завтовшки понад 200 метрів, розташованого на Антарктичному півострові, відколовся айсберг площею понад  $2500 \text{ км}^2$ . Весь процес руйнування зайняв всього 35 днів. До цього льодовик залишався стабільним протягом 10 тисяч років, з кінця останнього льодовикового періоду. Танення шельфового льодовика призвело до викиду великої кількості айсбергів (понад тисячу) в морі Уедделла.

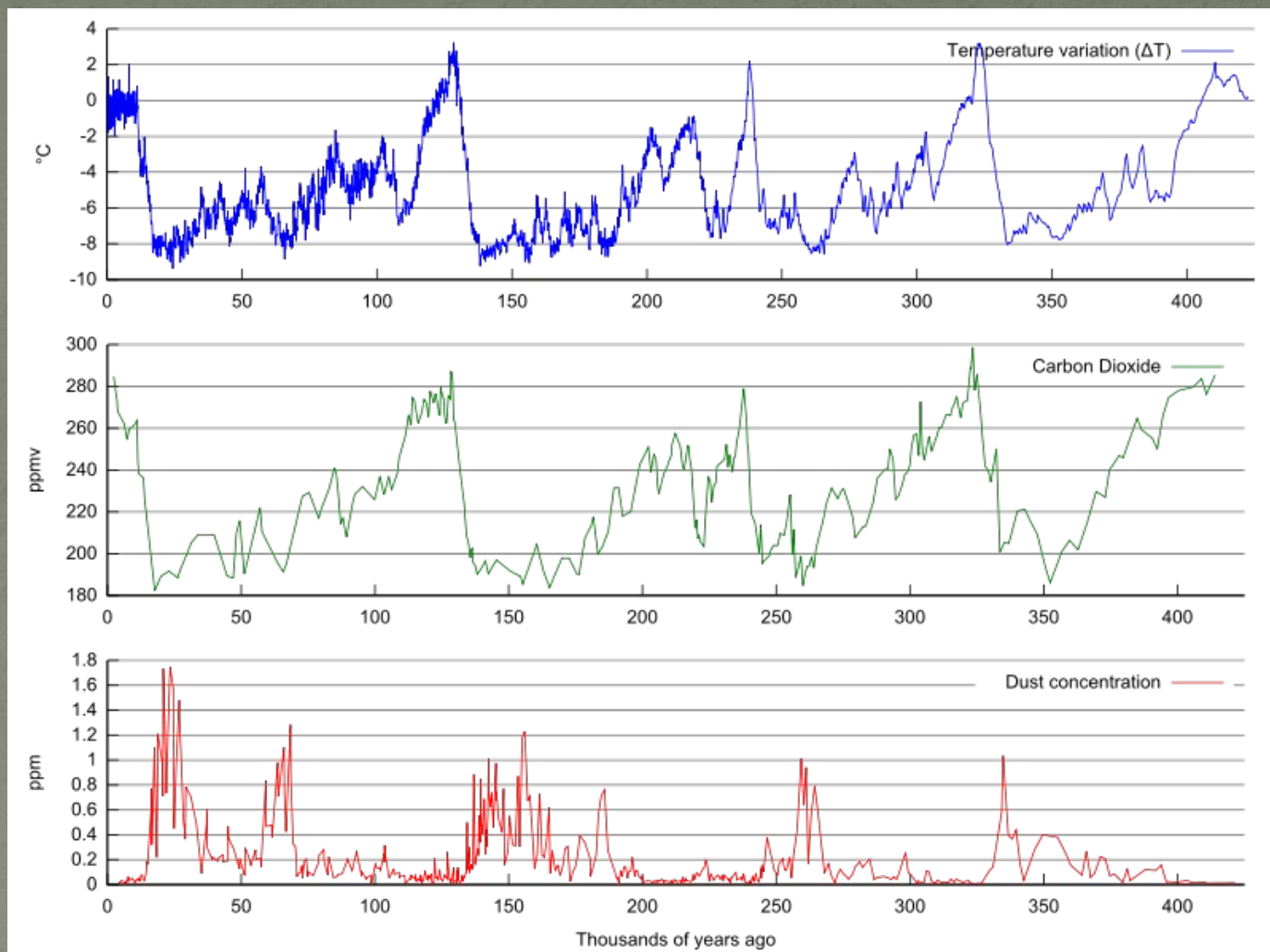
## Mountain Glacier Changes Since 1970



Карта зміни товщини гірських льодовиків з 1970 року. Зменшення в помаранчевих і червоних кольорах, потовщення – в синіх [17]

# Інші аспекти зміни клімату

- Глобальна зміна клімату не обмежується потеплінням. Відбувається також зміна сольової щільності океанів, підвищення вологості повітря, зміна характеру дощових опадів і танення арктичного льоду із швидкістю приблизно 600 тис. км<sup>2</sup> за десятиліття. Атмосфера стає вологішою, випадає більше дощів у високих і низьких широтах, і менше – у тропічних і субтропічних регіонах.
- Очікуване різке підвищення глобальних температур позначиться на здоров'ї людей, зручностях і способі життя людей, виробництві харчових продуктів, економічній діяльності, характері розселення та міграції. Прогнозоване зростання населення викличе серйозні впливи на землекористування, витрата енергії, прісної води, продуктів харчування і житлове будівництво. В даний час є достатньо підстав, які свідчать про те, що кліматичні зміни нададуть помітний вплив на сільське господарство і тваринництво.

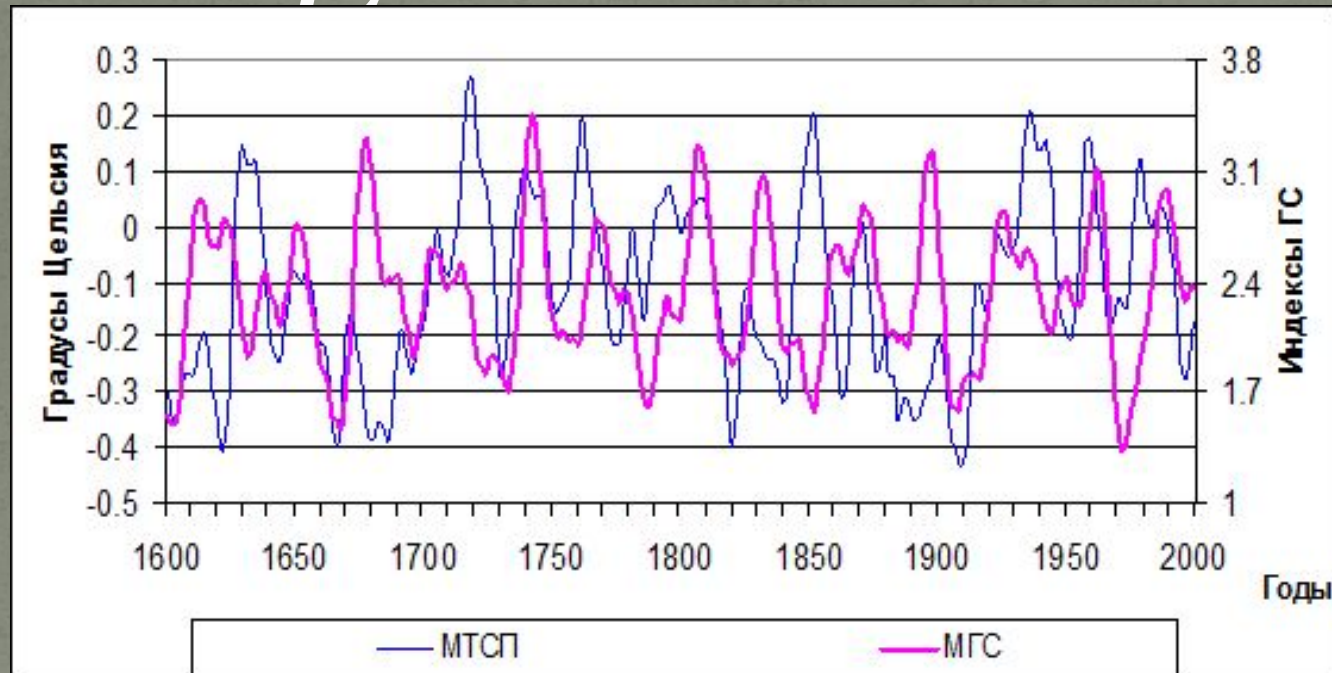


Зміни температури, вмісту  $\text{CO}_2$  та пилу в льодовиках Антарктики за останні 450 тисяч років за даними зі станції "Восток" [14]

# *Тектоніка літосферних плит*

- Впродовж тривалих відрізків часу тектонічні рухи плит переміщують континенти, формують океани, створюють і руйнують гірські хребти, тобто створюють поверхню, на якій існує клімат.
- Нещодавні дослідження показують, що тектонічні рухи посилили умови останнього льодовикового періоду: близько 3 млн років тому північно- і південноамериканська плити зіткнулися, утворивши Панамський перешийок і закривши шляхи для прямого змішування вод Атлантичного і Тихого океанів, що було суттєвим впливом на зміну термічних умов.

# Внутрішні процеси Землі, що керують кліматом



Моделі індексів глобальної сейсмічності (МГС) і температур північної півкулі (МТСП) у відхиленнях від середньої температури за період 1951-1975 рр.. Підвищені значення тектонічної активності спрямовані вниз для зручності їх зіставлення з зниженнями глобальних температур [14]

# Індекс забруднення атмосфери

- Згідно з нормативно-технічною документацією нормування якості навколишнього природного середовища здійснюється з метою встановлення гранично допустимих норм впливу на навколишнє середовище, що гарантує екологічну безпеку населення та збереження генетичного фонду, забезпечує раціональне використання і відтворення природних ресурсів за умов стійкого розвитку господарської діяльності.
- В Україні розроблені та діють нормативи ГДК, перевищення котрих за певних умов негативно впливає на здоров'я людини.



- Викиди характеризуються кількістю забруднюючих речовин, їхнім хімічним складом, концентрацією, агрегатним станом.
- Промислові викиди поділяються на організовані та неорганізовані.
- За агрегатним станом викиди поділяються на IV класи:
  - I – газоподібні та пароподібні;
  - II – рідкі;
  - III – тверді;
  - IV – змішані.
- За величиною маси викиди об'єднані в 6 груп, т/доб:
  - 1 група – маса менше 0,01 включно;
  - 2 група – від 0,01 до 0,1;
  - 3 група – від 0,1 до 1;
  - 4 група – від 1 до 10;
  - 5 група – від 10 до 100;
  - 6 група – понад 100.

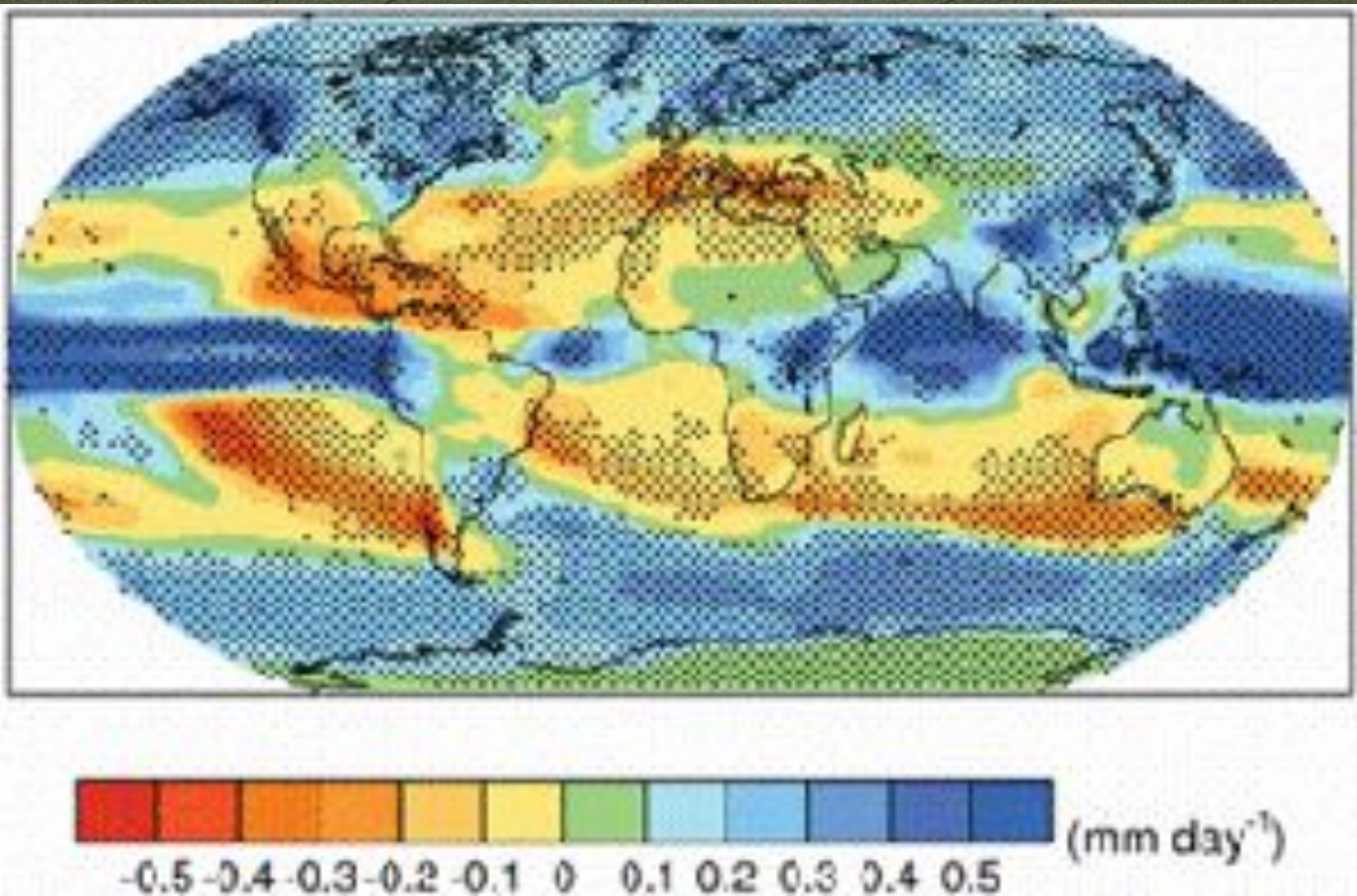
# Наслідки зміни клімату

- Зміна клімату є, можливо, найбільш важливою та складною проблемою в сфері охорони навколишнього середовища, яка спіткала людство за останнє століття. Поки що недостатньо достовірно визначено потенційні наслідки збільшення в атмосфері концентрації вуглекислого газу та інших парникових газів, але найбільш вірогідним з них є глобальна зміна температурного режиму.
- Підвищення температури може викликати цілу низку таких явищ як підвищення рівня моря та зміни в локальних кліматичних умовах, що, в свою чергу, може негативно вплинути на соціально-економічний розвиток багатьох країн.
- Глобальне потепління може викликати непередбачені зміни в довкіллі. Навіть незначна зміна складових радіаційного балансу може спричинити зміни напрямків вітру та течій океану, що сильно змінить існуючі кліматичні умови і може привести до непередбачених наслідків. В результаті цього населенню Землі та більшості її екосистем може бути заподіяно непоправної шкоди.

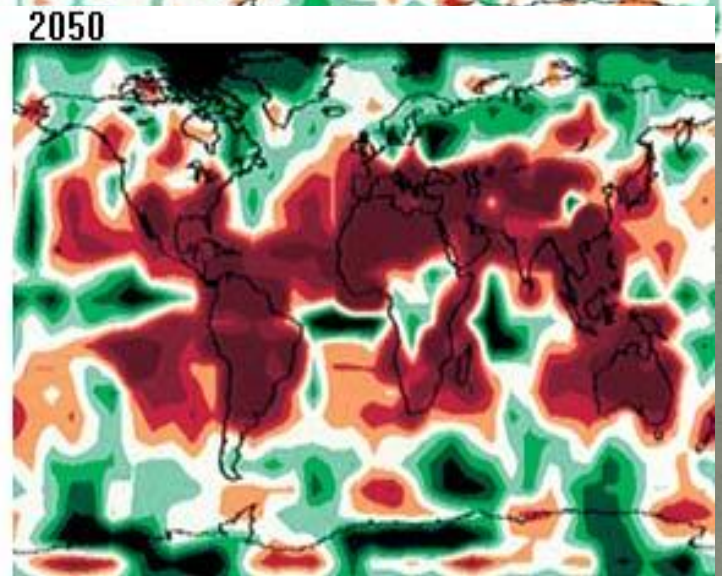
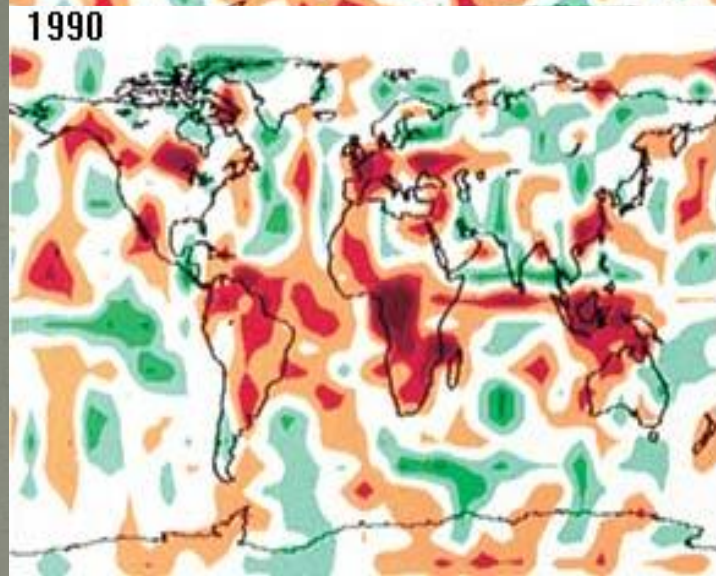
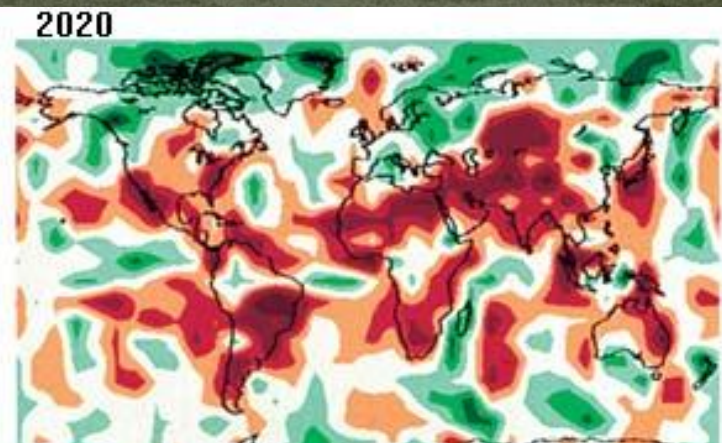
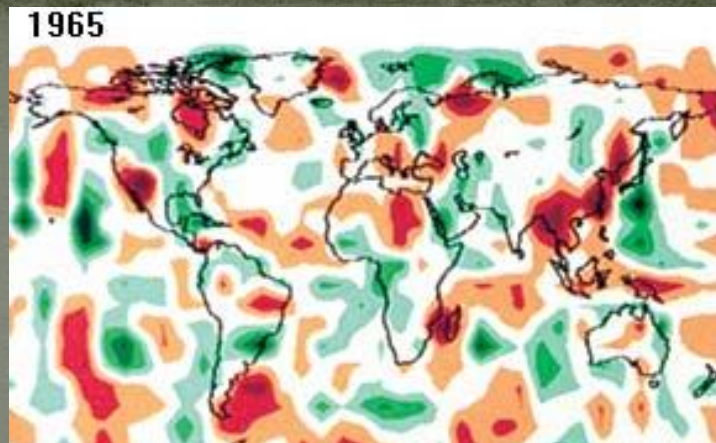
- ❖ Зростання температури спостерігається по всій земній кулі, причому воно більш значне у високих північних широтах. Середні температури в Арктиці за останні 100 років підвищувалися темпами, що майже вдвічі перевищують глобальні середні. Райони суші нагрівалися швидше, ніж океани.
- ❖ Спостереження, що проводяться з 1961 року, показують, що середня температура Світового океану підвищилася до глибин мінімум в 3000 м та що океан поглинає більше 80% тепла, що додатково надходить в кліматичну систему.
- ❖ Нові аналізи шарозондових і супутникових вимірів температури в нижніх і середніх шарах тропосфери показують темпи потепління, схожі з тими, які спостерігалися по приземній температурі.

# Зміна частоти та інтенсивності випадання опадів

- ❖ Значне зростання кількості опадів за період 1990-2005 рр. відзначилося в частинах Північної і Південної Америки, північній частині Європи, північній і центральній частинах Азії, тоді як зменшення опадів спостерігалось в Середземномор'ї, південній частині Африки і в деяких районах Південної Азії.
- ❖ З 1970-х років площа, уражена посухою в глобальному масштабі збільшилася.
- ❖ У цілому клімат на планеті стане більш вологим. Але кількість опадів не пошириться по Землі рівномірно. Відповідно до більшості моделей, взимку очікується зростання опадів у високих (вище  $50^{\circ}$  північної і південної широти) та помірних широтах. У південних широтах очікується зниження кількості опадів (до 20%), особливо, в літній період.



*Прогноз зміни кількості опадів за регіонами світу до 2080-2099 рр. в порівнянні з рівнем 1980-1999 рр., мм/день [14].*

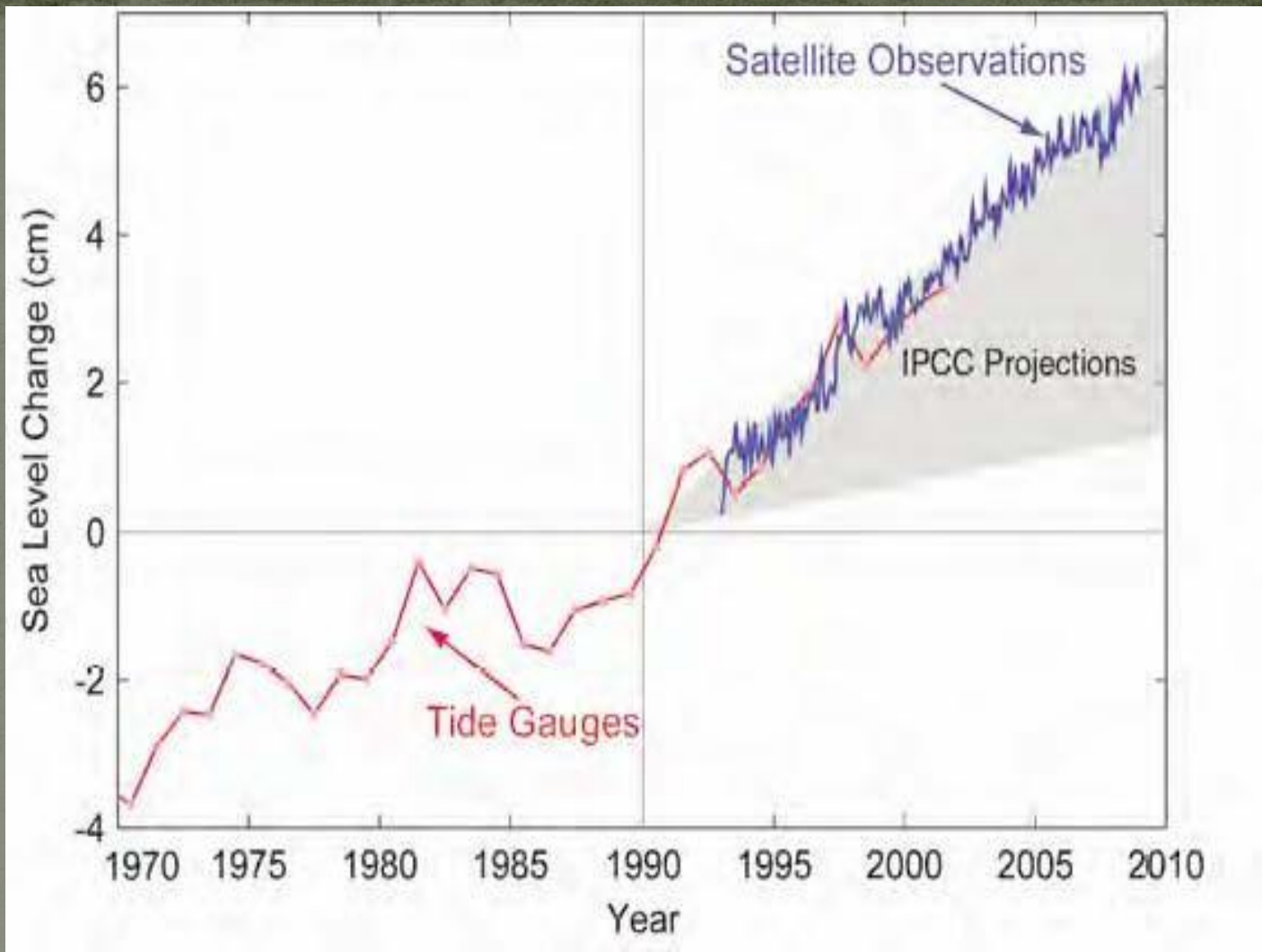


*Прогноз зростання посушливих областей, викликаних глобальним потеплінням. Моделювання виконано в Інституті космічних досліджень ім. Годдарда (NASA, GISS, США) [14]*

# Підвищення рівня Світового океану

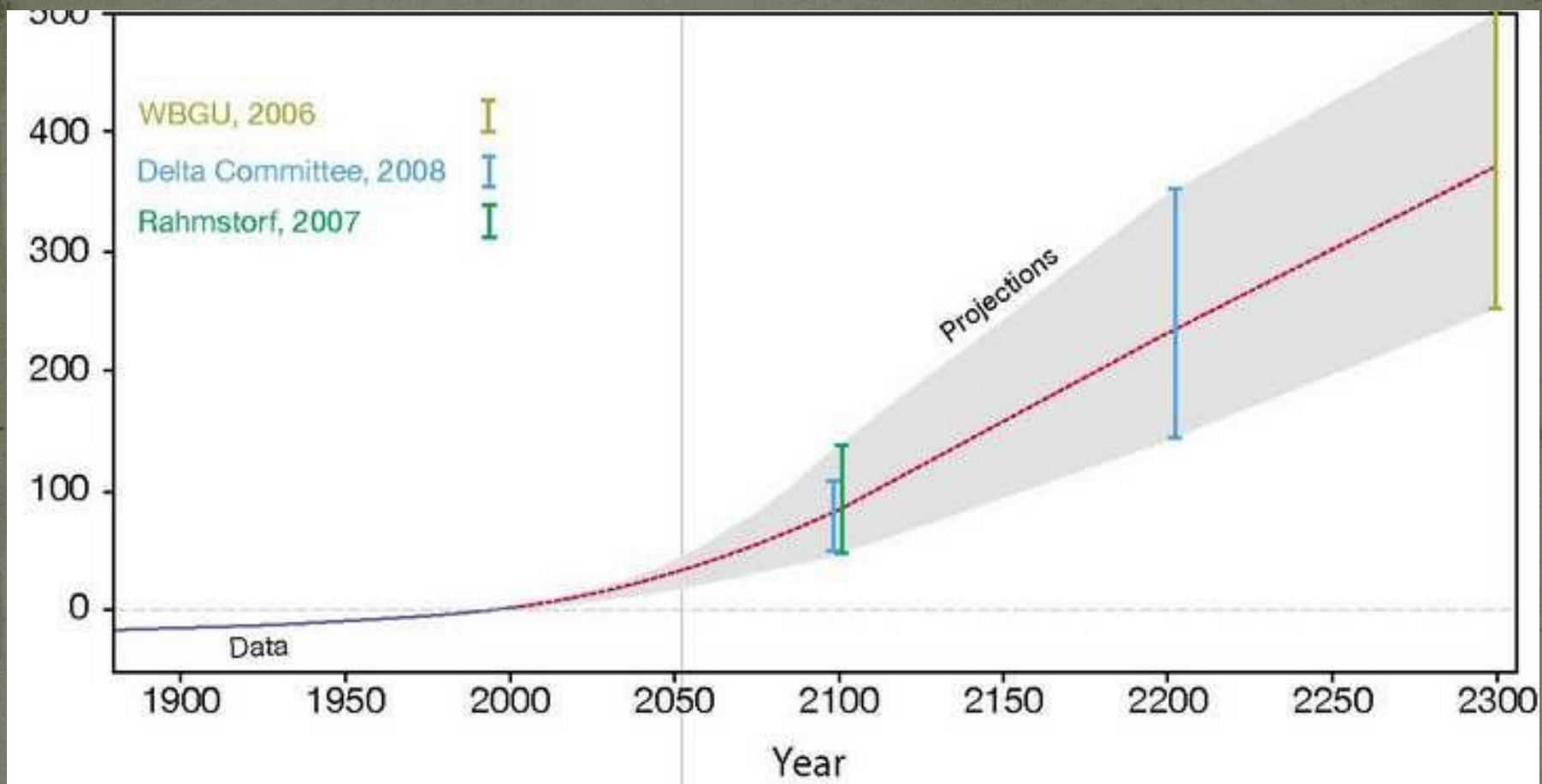
- ❖ Протягом ХХ століття середній рівень моря підвищився на 0,1-0,2 м.
- ❖ З 1993 року внесок теплового розширення океану становив близько 57% суми оцінених окремих внесків у підвищення рівня моря, причому на частку зменшення льодовиків і льодових шапок припадало близько 28%, а втрати від полярних льодових щитів складають частину, що залишилася.

*За прогнозами вчених, за ХХІ століття підвищення рівня моря складе до 1 м.*



*Зміна рівня моря 1970-2010. Дані мареографа показані червоним (Church і White 2006), супутникові дані синім (Cazenave та ін. 2008). Сірою смугою показані межі прогнозу Третьої доповіді ІРСС для порівняння [14]*





*Прогнози майбутнього зростання рівня моря.*

*Historical data from Church and White (2006).*

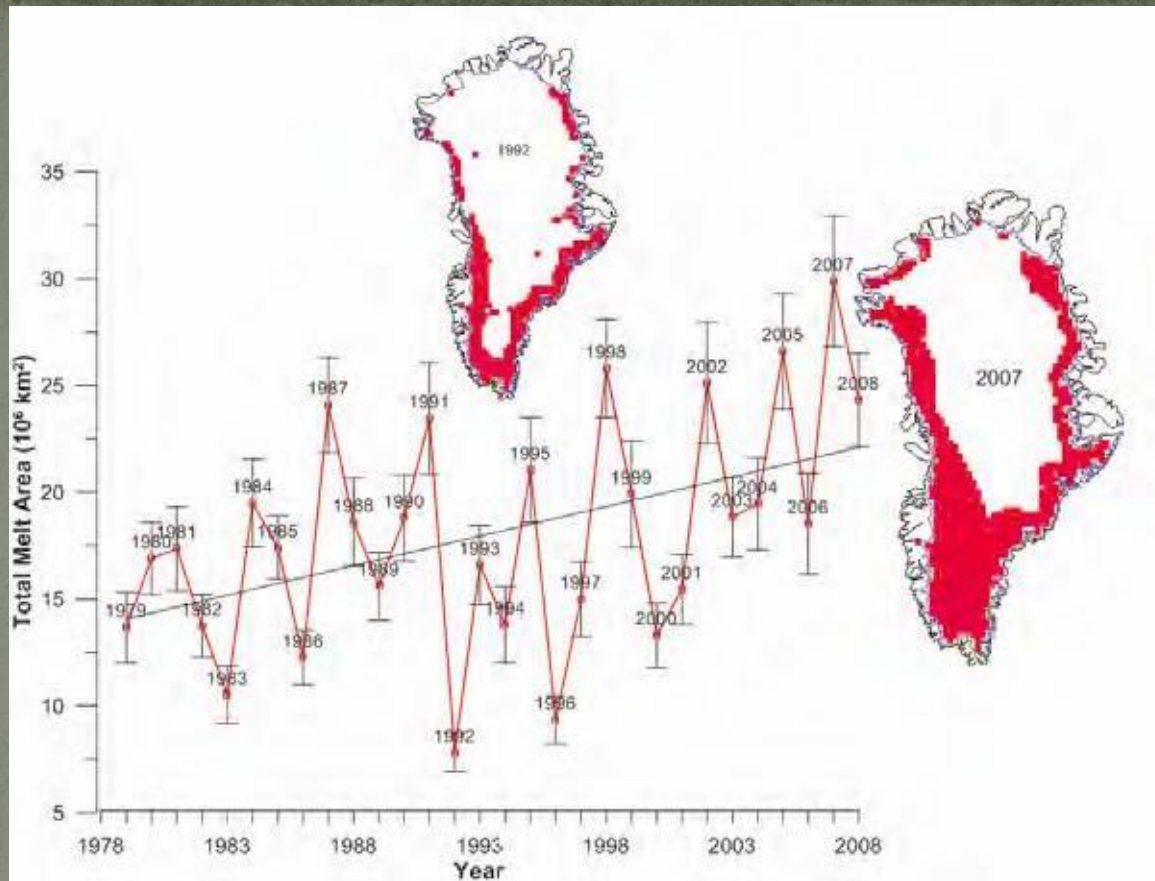
*Future projections are from Rahmstorf (2007) and WBGU (2006), while those projections represented here as 'Delta Committee' are from Vellinga et al., (2008). [14]*

# Танення льодовиків, багаторічної мерзлоти, зменшення площі снігового покриву

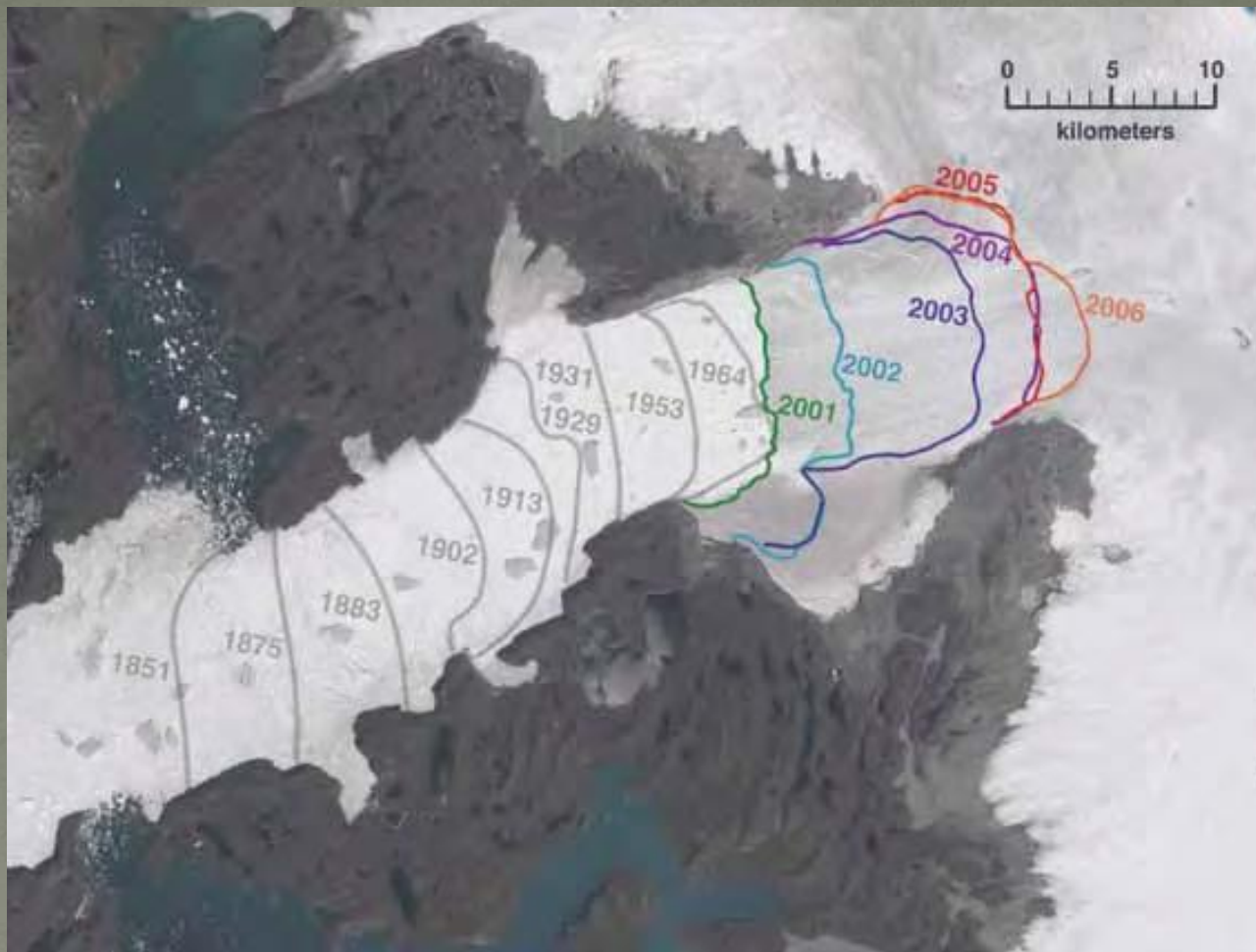
- ❖ Супутникові дані з 1978 року показують, що середньорічна площа арктичного морського льоду зменшувалася в середньому на 2,7% за десятиліття, причому влітку процес йшов швидше - на 7,4% за десятиліття. За прогнозами експертів Арктичного і Антарктичного науково-дослідного інституту (Санкт-Петербург), вже через 30 років Північний Льодовитий океан протягом теплого періоду року буде повністю розкриватися з-під льоду.
- ❖ Площа поверхні гренландського крижаного щита, який відчуває літнє танення збільшилася на 30% з 1979 року. Літнє танення зачіпало 50% від крижаного покриву під час сезону спостережень 2007 року.
- ❖ За останні півстоліття температура на південному заході Антарктики, на Антарктичному півострові, зросла на 2,5° С. У 2002 році від шельфового льодовика Ларсена площею 3250 км<sup>2</sup> і товщиною понад 200 метрів, розташованого на Антарктичному півострові, відколовся айсберг площею понад 2500 км<sup>2</sup>.
- ❖ Товща Гімалайських льодів тоне зі швидкістю 10-15 м на рік. При нинішній швидкості цих процесів дві третини льодовиків Китаю зникнуть до 2060 р., а до 2100 всі льодовики розтануть остаточно.



*Площа арктичного морського льоду протягом п'яти днів до 16 вересня 2007 у порівнянні з середнім мінімумом морського льоду за період 1979-2006.  
Джерела з NASA / Goddard Space Flight Center  
Scientific Visualization Studio.*



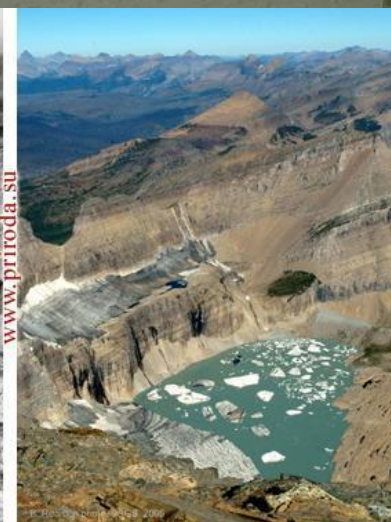
Загальна площа танення льодового покриву Гренландії збільшилася на 30% в період між 1979 і 2008 роками, висновок зроблено на основі пасивних мікрохвильових супутникових даних, з максимумом танення в 2007 році. В цілому 33-55% від загальної втрати маси з льодового покриву Гренландії викликані поверхневим таненням і стоком. Низький рівень танення в 1992 році був викликаний вулканічними аерозолями вулкана Пінатубо, що викликали короточасне глобальне похолодання [9]



Плаваючий льодовий язик, що є морським продовженням льодовика Jakobshavn Isbrae (Антарктичний півострів) 7 липня 2001. Зміни в положенні кордонів показані від 1851 до 2006 року. Джерела з NASA / Goddard Space Flight Center Scientific Visualization Studio [9]



Танучий льодовик Pasterze в Австрії в 1875 році (ліворуч) та 2004 році (справа)



Льодовик Grinnell в Національному парку льодовиків (Канада) в 1938 і 2005 роках



Льодовик Agassiz в Національному парку льодовиків (Канада) в 1913 і 2005 роках



Льодовик Grinnell з іншого ракурсу, фото 1940 і 2004 років

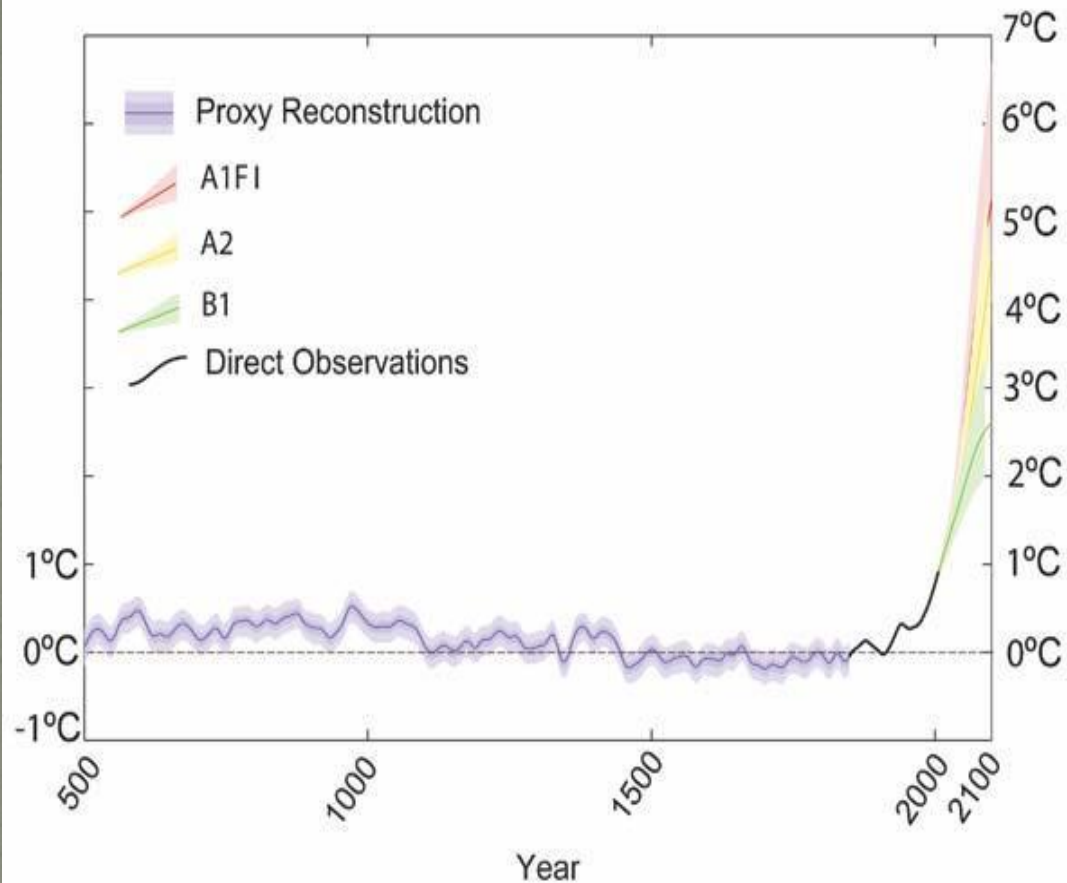
Глобальні кліматичні зміни дуже складні, тому сучасна наука не може дати однозначної відповіді, що ж нас очікує в найближчому майбутньому.

Існує безліч сценаріїв розвитку ситуації:

- ❖ глобальне потепління відбуватиметься поступово;
- ❖ глобальне потепління відбуватиметься відносно швидко;
- ❖ глобальне потепління в деяких частинах Землі зміниться короткочасним похолоданням;
- ❖ глобальне потепління зміниться глобальним похолоданням;
- ❖ парникова катастрофа.

*За прогнозами Міжнародної групи експертів зі зміни клімату (МГЕЗК) в найближчі 20 років зростання температури складе в середньому  $0,2^{\circ}\text{C}$  за десятиліття, а до кінця 21 століття температура Землі може підвищитися від  $1,8$  до  $4,6^{\circ}\text{C}$ .*

## Global Temperature Relative to 1800-1900 (°C)



Реконструкції глобальної середньої температури в порівнянні з 1800-1900 (синя) і прогноз глобальної середньої температури до 2100 року (останній з Четвертої доповіді IPCC). Діапазони B1, A2, A1 FI відповідають прогнозам Четвертої доповіді IPCC з використанням цих сценаріїв. Реконструкції взяті з Mann та ін. (2008) [9]



# Наслідки для України

Фахівцями Українського науково-дослідного гідрометеорологічного інституту із застосуванням зарубіжних моделей загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО) та вітчизняних баз даних спостережень з 1855 року зроблений прогноз сезонних значень температур повітря та сум опадів до 2100 року.

- ❖ очікується підвищення приземної температури повітря у всі сезони року із найбільшим зростанням температур у зимовий період;  
Протягом наступного десятиліття середньостатистична температура в Україні зростає на  $0,2^{\circ}\text{C}$ . У майбутньому така тенденція буде зберігатися, не виключена й можливість прискорення темпів підвищення температури до  $1,1^{\circ}\text{C}$ .
- ❖ можлива зміни режиму випадання опадів за рахунок збільшення їх сум у зимовий та весняний періоди та зменшення у літній та осінній сезони.

- ❖ різкі перепади тиску стануть причиною збільшення частоти появи ураганних вітрів, сильних опадів, які супроводжуватимуться паводками. З подібними проблемами стикнуться західні, частково північні й центральні райони України;
- ❖ східний регіон навпаки буде перебувати переважно в зоні високого тиску, що призведе до досягнення рекордно високих температур, як у літні місяці, так і у зимову пору року;
- ❖ погода південних областей також буде спекотною й сухою;
- ❖ Кримський півострів, на думку експертів, найближчим часом очікує справжній тропічний клімат – висока вологість і температура, а також збільшення сили штормових вітрів.

***ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!***