

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»
Гірничий факультет
Кафедра природоохоронної діяльності

«До захисту допущено»

Завідувач кафедри

Віктор КОСТЕНКО

(підпис)

(ініціали, прізвище)

“ ” 20__ р.

**ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
БАКАЛАВРА**

**на тему: «ОЦІНКА ДИНАМІКИ ГЛОБАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗА
РАХУНОК АНАЛІЗУ ПОКАЗНИКІВ ІНСОЛЯЦІЙНОЇ КОНТРАСТНОСТІ ЗЕМЛІ»**

Виконав: студентка 4 курсу, групи ЕКО-19

напрямку підготовки: 101 Екологія

Поліна ІВАНОВА

(прізвище та ініціали)

(підпис)

Керівник доц. каф. ПД, к.т.н., доц Олексій КУТНЯШЕНКО

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Рецензент

(посада, науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

(підпис)

Нормоконтроль:

Олексій КУТНЯШЕНКО

(підпис)

*Засвідчую, що у цій дипломній роботі
немає запозичень з праць інших авторів
без відповідних посилань.*

Студент

(підпис)

Луцьк –2023

ДВНЗ «Донецький національний технічний університет»

Гірничий факультет
Кафедра «Природоохоронна діяльність»
Освітньо-кваліфікаційний рівень - бакалавр
Напрямок підготовки 101 Екологія

ЗАТВЕРДЖУЮ:
Завідувач кафедри, д.т.н., проф.
Віктор КОСТЕНКО.
_____. _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ
на кваліфікаційну роботу бакалавра
Поліни ІВАНОВОЇ

1. Тема роботи: «Оцінка динаміки глобальних кліматичних процесів за рахунок аналізу показників інсоляційної контрастності Землі»
керівник роботи доц., к.т.н., доц.каф.ПД Олексій КУТНЯШЕНКО
затверджені наказом вищого навчального закладу від 08.05.2023 р. №181
2. Строк подання студентом роботи 16.06.2023р
3. Вихідні дані до проекту: відомості про загальні кліматичні зміни; методи дистанційного визначення вмісту метану; методи визначення вмісту вуглецевого газу; дані по інсоляційних показниках планети з 1900 по 2016 рр.
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Динаміка глобальних природних процесів; Аналіз антропогенних причин кліматичних змін і способів їх усунення; Інсоляційна контрастність як фактор зміни глобального клімату Землі; Шляхи рішення негативних наслідків глобальних змін клімату; Охорона праці.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
мультимедійна презентація на форматі А4

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Розділ 1	Олексій КУТНЯШЕНКО		
Розділ 2	Олексій КУТНЯШЕНКО		
Розділ 3	Олексій КУТНЯШЕНКО		
Розділ 4	Олексій КУТНЯШЕНКО		
Розділ 5	Юлія СІМОНОВА		
Нормоконтроль	Олексій КУТНЯШЕНКО		

7. Дата видачі завдання 08.05.2023 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

Найменування видів робіт	Термін виконання	Форма звітності	Відмітка наукового керівника
Розділ 1 Динаміка глобальних природних процесів	10.05.2023	Рукопис	
Розділ 2 Аналіз антропогенних причин кліматичних змін і способів їх усунення	14.05.2023	Рукопис	
Розділ 3 Інсоляційна контрастність як фактор зміни глобального клімату Землі	22.05.2023	Рукопис	
Розділ 4 Шляхи рішення негативних наслідків глобальних змін клімату	04.06.2023	Рукопис	
Розділ 5 Охорона праці	10.06.2023	Рукопис	
Оформлення пояснювальної записки	10.06.2023	Рукопис	
Підготовка презентації	13.06.2023	Рукопис	

Науковий керівник

Олексій КУТНЯШЕНКО

Студентка

Поліна ІВАНОВА

АННОТАЦІЯ

Поліна ІВАНОВА. Кваліфікаційна робота бакалавра зі спеціальності 101 Екологія: Оцінка динаміки глобальних кліматичних процесів за рахунок аналізу показників інсоляційної контрастності Землі // ДВНЗ «Донецький національний технічний університет», Луцьк, 2023 р.

Мета роботи - Оцінка динаміки глобальних кліматичних процесів за рахунок аналізу показників інсоляційної контрастності Землі

Об'єкт дослідження – процеси зміни глобальних кліматичних показників.

Предмет дослідження – природні та антропогенні фактори, що впливають на процеси змін глобальних кліматичних показників.

Задачі роботи: Оцінка основних тенденцій зміни клімату; Аналіз природних та антропогенних причин кліматичних змін і розглянуті сучасні способи їх усунення; Розробка рекомендацій щодо зменшення впливу антропогенних факторів на кліматичні показники; Оцінка показників інсоляційної контрастності Землі; Розробка рекомендацій щодо рішення негативних наслідків глобальних змін клімату.

Робота присвячена актуальному питанню оцінки динаміки глобальних кліматичних процесів за рахунок аналізу показників інсоляційної контрастності Землі. В роботі встановлено, що температура інсоляційної контрастності лінійно пов'язана з інсоляційною контрастністю. Інсоляційна контрастність, своєю чергою, лінійно пов'язані з нахилом осі обертання Землі. З цього випливає, що багаторічні зміни (збільшення) аномалії приповерхневих температур повітря і глобальне потепління клімату, що спостерігається, в основному, визначаються в першу чергу природними причинами і пов'язані зі зменшенням нахилу осі обертання Землі.

Ключові слова: КЛІМАТИЧНІ ЗМІНИ, АНТРОПОГЕННИЙ ФАКТОР, ІНСОЛЯЦІЯ, ТЕМПЕРАТУРА ПРИПОВЕРХНЕВОГО ПОВІТРЯ, МЕРИДІОНАЛЬНЕ ПЕРЕНЕСЕННЯ ТЕПЛА

ANNOTATION

Polina IVANOVA. Qualifications of a bachelor's thesis on the specialty 101 Ecology: Assessment of dynamics of global climate processes due to the analysis of indicators of the insolation contrast of the Earth// Donetsk National Technical University, Lutsk, 2023.

The purpose of the work - Assessment of the dynamics of global climate processes due to the analysis of indicators of the insolation contrast of the Earth

The object of research is the processes of changing global climate indicators.

The subject of the study is natural and anthropogenic factors affecting the processes of changes in global climate indicators.

Work tasks: Assessment of the main trends of climate change; Analysis of natural and anthropogenic causes of climate change and considered modern methods of their elimination; Development of recommendations for reducing the influence of anthropogenic factors on climatic indicators; Evaluation of indicators of insolation contrast of the Earth; Development of recommendations for solving the negative consequences of global climate change.

The work is devoted to the topical issue of assessing the dynamics of global climate processes through the analysis of the Earth's insolation contrast indicators. The work established that the temperature of the insolation contrast is linearly related to the insolation contrast. The insolation contrast, in turn, is linearly related to the tilt of the Earth's rotation axis. It follows that the long-term changes (increase) in near-surface air temperature anomalies and the observed global warming of the climate are mainly determined by natural causes and are associated with a decrease in the tilt of the Earth's axis of rotation.

Key words: CLIMATE CHANGES, ANTHROPOGENIC FACTOR, INSOLIA, NEAR-SURFACE AIR TEMPERATURE, MERIDIONAL HEAT TRANSFER

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ДИНАМІКА ГЛОБАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ.....	9
1.1 Глобальні зміни клімату та їх причини.....	9
1.2 Висновки за розділом.....	16
2 АНАЛІЗ АНТРОПОГЕННИХ ПРИЧИН КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН І СПОСОБІВ ЇХ УСУНЕННЯ.....	18
2.1 Визначення вуглекислого газу в навколишньому повітрі.....	18
2.2 Зниження впливу викидів метану на довкілля.....	22
2.2.1 Виявлення метану методами дистанційного зондування.....	22
2.2.2 Вибір інструменту для ідентифікації метану.....	24
2.2.3 Виявлення викидів метану.....	28
2.3 Висновки за розділом.....	29
3 ІНСОЛЯЦІЙНА КОНТРАСТНІСТЬ ЯК ФАКТОР ЗМІНИ ГЛОБАЛЬНОГО КЛІМАТУ ЗЕМЛІ.....	31
3.1 Результати досліджень інсоляційної контрастності.....	36
3.2 Висновки за розділом.....	51
4 ШЛЯХИ РІШЕННЯ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ.....	52
4.1 Висновки за розділом.....	57
5 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	59
5.1 Аерологічні спостереження. Загальні вимоги.....	59
5.2 Метеорологічні спостереження. Загальні вимоги.....	62
ВИСНОВКИ.....	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	68
ДОДАТОК А.....	74

ВСТУП

В даний час поряд з вражаючими досягненнями сучасної цивілізації в перетворенні природи з метою задоволення потреб людства, що зростають, спостерігається безліч екологічних проблем, у т. ч. глобального характеру, пов'язаних як з мінливістю споконвічно поточних глобальних природних процесів, так і з діяльністю людини.

Під глобальними природними процесами (ГПП) розуміють процеси, що повсюдно відбуваються в біосфері, що викликають зміни природного середовища і функціонування живої речовини, що зумовлюють зрештою еволюцію життя на Землі.

До них належать: космічні процеси (космічне та сонячне випромінювання, падіння астероїдів тощо); геологічні процеси, які є безпосередніми учасниками еволюції біосфери (тектоніка, вулканізм, землетруси, геоморфологічні та ін.); кліматичні (потепління, опустелювання, заледеніння); продукційний процес (хемосинтез та фотосинтез); динаміка біорізноманіття (видоутворення та вимирання видів); цефалізація, що забезпечила появу свідомості та розвиток науки – основного інструменту трансформації біосфери у ноосферу. У цей ряд глобальністю додаються процеси перетворення природи людиною (фрагментація ландшафтів, зміни біогеохімічного круговороту, забруднення природних середовищ, глобалізація та ін.).

Для ГПП характерні нерівномірність, циклічність і властива стійкість.

Циклічна кількість штормів, коливання рівнів морів, заледеніння та танення льодовиків, посухи, повені. Циклічні зміни концентрації вуглекислого газу в атмосфері Землі та температури повітря.

Циклічності схильні та розвитку світової економіки, і сплески захворюваності населення, і сплески плодючості комах.

У багатьох випадках така циклічність розвитку обумовлена синхронізацією

із сонячною активністю, в інших – космічними процесами вищого порядку чи процесами суто земного походження.

Глобальні зміни природного середовища є однією з найгостріших та найбільш дискусійних проблем у сучасному світі. Чи загрожують вони загибеллю людської цивілізації? У чому їхня реальна причина? Чи здатне людство запобігти їх негативним впливам на біосферу, і якщо «так», то яким чином? Досі достовірних відповідей на ці запитання ми не маємо.

1 ДИНАМІКА ГЛОБАЛЬНИХ ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ

1.1 Глобальні зміни клімату та їх причини

Під змінами клімату розуміють частину глобальних змін природного середовища, зумовлених флуктуаціями сонячної активності, динамікою інсоляції, теплового балансу атмосфери, циркуляції вод океану та кругообігу води, антропогенними та іншими факторами.

Головне завдання щодо цього – спробувати зрозуміти основну причину таких змін, зрозуміти, наскільки довготривалий цей тренд і які його реальні причини за такої великої кількості факторів, що діють. Динаміка температури атмосфери Землі протягом останніх двохсот років представлена на рис. 1.1. Очевидно, що, незважаючи на велику міру стохастичності, починаючи приблизно з 1910 спостерігається тренд до потепління клімату на Землі.

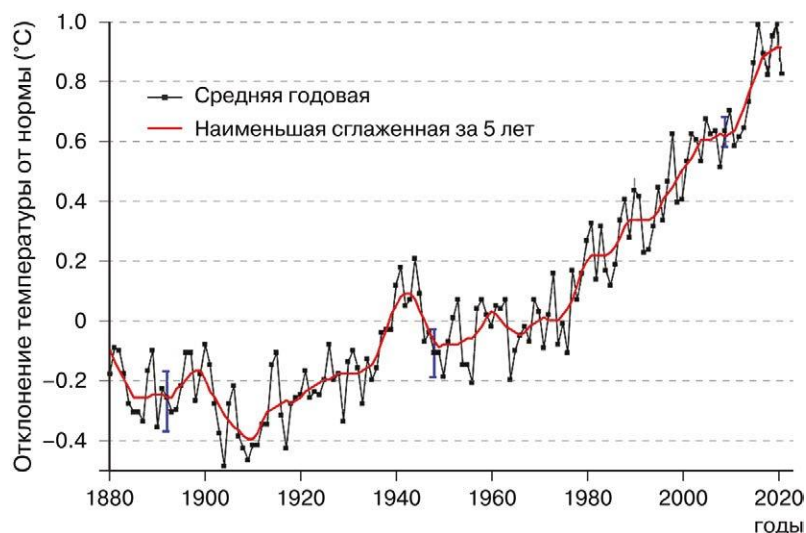


Рисунок 1.1 - Глобальний індекс температур суші та океанів (<https://smart-lab.ru/uploads/images/02/58/00/2019/09/28/09832b.png>)

У тривалому періоді історії біосфери (420 тис. років) динаміка кліматичних властивостей показана на рис. 1.2. Зіставлення спрямованості змін параметрів яскраво ілюструє їхню циклічність та взаємопов'язаність (особливо паралелізм змін температури із вмістом вуглекислого газу та метану в атмосфері) та демонструє, за словами В.І. Вернадського, «стрункий космічний механізм, у якому, як знаємо, немає випадковості». Для пояснення потепління атмосфери Землі, що спостерігається за останнє століття, на 0,5–1 °С висунуто десятки гіпотез, що пояснюють це явище різними причинами як природного, так і антропогенного походження. Спробуємо розглянути їх детальніше.

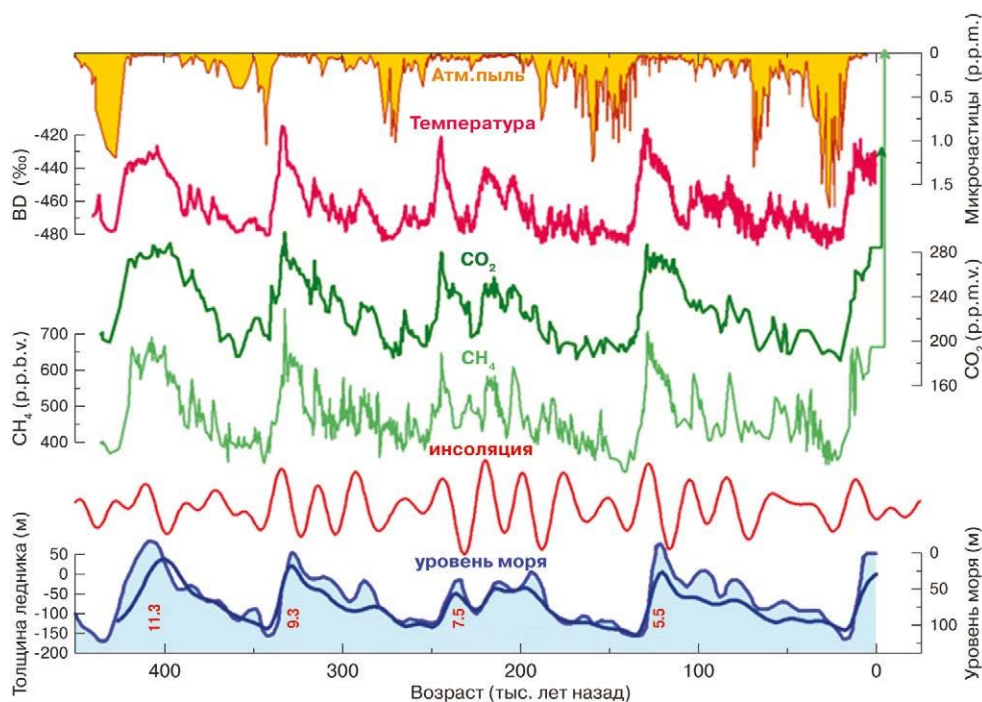


Рисунок 1.2 - Зміни вмісту атмосферного пилу, температури, концентрації вуглекислого газу та метану в атмосфері, інсоляції та рівня моря за останні 420 000 років, за даними крижаного керну станції «Схід» в Антарктиці (РАЕ 60, станція Схід: про керни та клімат)

Серед можливих антропогенних причин потепління насамперед слід розглянути такі процеси, вклад яких у глобальному масштабі не оцінено

належним чином.

Зменшення відбивної здатності (альbedo) поверхні Землі завдяки діяльності людини (розорювання земель, асфальтове покриття доріг, зведення лісів, забруднення снігових поверхонь пилом та ін.), що збільшує поглинання сонячного тепла Землею.

При цьому позбавлені рослинності землі тільки збільшують поглинання сонячної енергії, перетворюючи її на тепло, а зелена рослинність перетворює значну частину сонячної енергії на енергію живої речовини (хімічну, по суті), знижуючи тепловий ефект! Останнє важливо в аналізованому процесі потепління клімату.

Теплове забруднення біосфери в результаті використання людиною найрізноманітніших джерел енергії (викопне паливо, атомна та ін) і перетворення цієї енергії в кінцевому рахунку на тепло. Додаткове нагрівання навколишнього середовища відбувається навіть внаслідок кондиціонування приміщень.

Так, температура атмосфери у великих населених пунктах істотно вища за температуру навколишніх територій. Можливо, саме завдяки постійному підігріванню населених пунктів метеостанції постійно фіксують нові температурні рекорди в містах.

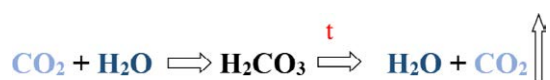
Додаткова затримка випромінюваної поверхнею Землі сонячної енергії атмосферою внаслідок її забруднення т.зв. парниковими газами. Саме цей аспект став головним у так званій гіпотезі парникового ефекту. І саме цю гіпотезу, незважаючи на її очевидні недоліки, поставили на чільне місце всіх прийнятих на міжнародному рівні рішень, у т. ч. на кліматичних самітах (COP – Conference of the Parties), що проводяться ООН з 1995 р.. Цей шлях обрали, можливо, тому що він є найбільш очевидним для населення при вирішенні проблем потепління, а

головне, найбільшою мірою керованим для вирішення інших, які не мають відношення до клімату політико-економічних міждержавних взаємин. Згідно з гіпотезою парникового ефекту, саме зростання вмісту вуглекислого газу та інших парникових газів, насамперед метану, в атмосфері зумовлює підвищення її температури.

Багато встановлених наукою фактів суперечить гіпотезі парникового ефекту, що неодноразово вказувалося на літературі, зокрема у наших публікаціях.

Синхронні коливання цих властивостей в спостережуваних нині межах відбувалися раніше без будь-якої серйозної господарської діяльності. При цьому оцінки Міжурядової групи зі зміни клімату (IPCC) ролі антропогенних викидів вуглекислого газу завищені: так, на 2014 р. викиди від викопного палива склали 4,6 ppm викидів/рік проти 98 ppm/рік від природних явищ, тобто менше 5% природних викидів нашої планети.

Особливо слід зазначити, що згідно із законами фізичної хімії саме підвищення температури є причиною зростання вмісту вуглекислого газу в атмосфері за рахунок його меншої розчинності у водах океану при підвищенні температури відповідно до рівняння:



Саме Світовому океані у розчиненому вигляді перебуває переважна більшість вуглекислого газу біосфери, перевищує у 60 раз його вміст у атмосфері. Про виділення вуглекислого газу та метану з океану при потеплінні свідчать, наприклад, дані досліджень.

Звинувачення вуглекислого газу як головного ворога людства (і біосфери), що збільшує температуру атмосфери, безпідставно ще й тому, що зростання його концентрації як одного з основних учасників фотосинтезу з неминучістю веде до

зростання продукційного процесу і, отже, до його поглинання рослинністю. У цьому полягає важливий механізм природного регулювання його вмісту в атмосфері, поряд із похованням у водах Світового океану.

Видається також перебільшеною роль антропогенного фактора щодо зростання концентрації в атмосфері іншого парникового газу – метану. Незважаючи на значне зростання викидів метану в ході діяльності нафтогазового комплексу, сільськогосподарського виробництва, що відзначається у багатьох роботах (наприклад, [6]), очевидно, що однією з головних причин зростання його концентрації в атмосфері є виділення метану із похованих у глибинах Землі та Світового океану газогідратів (метангідратів) внаслідок зростання температури, чому не суперечать дані про вікові взаємозв'язки, відображені на рис. 1.2.

Природні чинники глобальної зміни клімату.

Оскільки головним джерелом тепла на Землі є потік сонячної енергії, який постійно і циклічно змінюється за своїми законами, цілком природно пов'язувати таке потепління переважно з природною динамікою інсоляції Землі, як це спостерігалось протягом тисячоліть. Безліч наукових досліджень, у т. ч. опублікованих у журналі «Життя Землі», вважають головною причиною змін клімату, що спостерігаються, природні цикли надходження сонячної енергії на поверхню планети. Про переважно природну причину потепління свідчить також дослідження американських вчених, що показало, що тренд зростання рівня океану відстає від зростання температури і був значно більшим до активного використання вуглеводневої сировини, що свідчить про відсутність взаємозв'язку з діяльністю людини.

У цій же роботі не підтверджено взаємозв'язок динаміки використання вуглеводнів з таненням льодовиків: тренд танення льоду почався задовго до активної експлуатації вуглеводнів, перелом у цій експлуатації у 1950-х не позначився на динаміці танення. На користь природних факторів глобальних змін

клімату на противагу широко поширеній антропогенній теорії сучасного потепління свідчить також геодинамічна гіпотеза, викладена в роботі. Згідно з цією гіпотезою, причиною сучасного потепління клімату в Арктиці є сильні механічні обурення крайової області арктичної літосфери, викликані найсильнішими землетрусами в Алеутській зоні субдукції. передачею цих обурень в область арктичного шельфу та прилеглої суші та тригерним ефектом вивільнення метану з багаторічномерзлих осадових порід та метастабільних газогідратів. На думку авторів зазначеної гіпотези, якщо визнавати важливу роль природного фактора, то логічно переглянути розроблені на основі антропогенної теорії економічні та політичні рішення, що передбачають досить швидкі зміни сучасної промисловості.

Про природні причини спостереження останнім століттям потепління писав і В.І. Вернадський: «Льодовиковий період не закінчився і триває досі. Ми живемо в періоді міжльодовикового - потепління ще триває, - але людина так добре пристосувався до цих умов, що не помічає льодовикового періоду ... ».

Вивчення історії зміни клімату показує цикли періодичних наступів холодних (льодовикових) і теплих періодів, причиною чого, як впливає, зокрема, з роботи, Зміна нахилу орбіти Землі.

Збільшення кута нахилу орбіти призводить до потепління, т. зв. «міжльодовиковий» стан, останнє з яких почалося приблизно 11 000 років тому. Якщо виходити з того, що половина повного обороту осі земної кулі за конусом прецесії становить 12 960 років, то максимум температури настане приблизно через дві тисячі років незалежно від боротьби з підвищенням вмісту вуглекислого газу в атмосфері. Цілком природно, що при цьому йдеться про загальну тенденцію потепління, при якій внаслідок нерівномірності та циклічності природних процесів можливі й тимчасові періоди похолодання. На тлі процесів такої (тисячі років) тривалості та за наявності багаторічних флуктуацій відхилення від основної тенденції в десятки років (до яких, можливо, входять

результати сучасних спостережень) можуть бути випадковими, що не відповідають глобальній закономірності (див. рис. 1.2). Сумніви у справедливості звинувачення вуглекислого газу атмосфери як головну причину сучасного потепління висловлює і відомий дослідник льодовикових періодів та міжльодовиків Давид Рапп.

Резюмуючи сказане вище, можна зробити висновок, що в гіпотезі парникового ефекту причину і слідство поміняли місцями. Спостережуване останніми роками зростання температури Землі викликає зростання концентрації вуглекислого газу з океанічних вод і метану з глибин планети. Основна причина потепління – природні коливання інсоляції; антропогенний фактор робить при цьому додатковий, не оцінений належним чином внесок за рахунок теплового забруднення атмосфери та збільшення альbedo поверхності Землі. Однозначно називати цей внесок негативним проблематично, враховуючи, що в глобальному масштабі ми живемо в період міжльодовиків, і в майбутньому, хай і віддаленому, на нашу планету чекає новий льодовиковий період.

Згідно з автором роботи, «в історії останнього тисячоліття потепління позитивно позначалося на зростанні населення». У часи таких потеплінь температура була навіть вищою за сучасну, в Євразії була відсутня зона тундри, заледеніння в Гренландії було істотно менше сьогоденного (звідси і назва цього острова - "зелена земля", оскільки норвезькі вікінги, що відкрили її в X столітті, побачили її зеленою завдяки середньовічному кліматичному оптимуму), «в центральних районах Східно-Європейської рівнини поширювалися хвойно-широколистяні ліси з величезним переважанням ялиці і граба».

Серед головних небезпек сучасного потепління клімату часто вказується прискорення танення льодовиків, що спостерігається останнім часом, і підвищення у зв'язку з цим рівня моря. Але як це поєднується з даними про збільшення поверхні суші за останні 30 років на 58 тис. км², яке відбувається як

з природних причин (наприклад, зростання площі дельт за рахунок винесення матеріалів з материків), так і завдяки штучному нарощуванню суші людиною? У січні 2023 р. від шельфового льодовика Бранта (Антарктида) відколовся величезний айсберг А-74 площею 1550 км² і це відразу пов'язали з потеплінням через парниковий ефект. Але більш серйозною причиною того, що сталося, може бути виявлений сейсмологами в цьому щодо молодому континенті з тонкою корою величезний магматичний осередок Мері Берд.

У той же час діяльність людини на планеті набула настільки масштабного характеру, що може змінювати глобальні природні процеси, і ми повинні враховувати можливі негативні аспекти цієї діяльності у зміні навколишнього середовища в тих випадках, коли вина антропогенного фактора доведена. Прикладом ефективного вирішення проблеми у таких випадках є боротьба із закисленням атмосферних опадів внаслідок промислових викидів у рамках Конвенції ЄЕК ООН про транскордонне забруднення повітря на великі відстані (1979) та протоколів до неї про обмеження викидів оксидів сірки (1985) та азоту (1988).

1.2 Висновки за розділом

В роботі розглянуто основні тенденції зміни клімату. Зазначено, що серед можливих антропогенних причин потепління насамперед слід розглянути такі процеси, вклад яких у глобальному масштабі не оцінено належним чином: зменшення відбивної здатності (альbedo) поверхні Землі; теплове забруднення біосфери; додаткова затримка випромінюваної поверхнею Землі сонячної енергії атмосферою; і, особливо, природні чинники глобальної зміни клімату.

В роботі зауважено, що в гіпотезі парникового ефекту причину і слідство в сучасному інформаційному просторі поміняли місцями. Спостережуване останніми роками зростання температури Землі викликає зростання концентрації

вуглекислого газу з океанічних вод і метану з глибин планети. Основна причина потепління – природні коливання інсоляції; антропогенний фактор робить при цьому додатковий, не оцінений належним чином внесок за рахунок теплового забруднення атмосфери та збільшення альбедо поверхні Землі.

У той же час діяльність людини на планеті набула настільки масштабного характеру, що може змінювати глобальні природні процеси, і ми повинні враховувати можливі негативні аспекти цієї діяльності у зміні навколишнього середовища в тих випадках, коли вина антропогенного фактора дійсно доведена.

2 АНАЛІЗ АНТРОПОГЕННИХ ПРИЧИН КЛІМАТИЧНИХ ЗМІН І СПОСОБІВ ЇХ УСУНЕННЯ

2.1 Визначення вуглекислого газу в навколишньому повітрі

Вуглекислий газ є парниковим газом, який значно впливає зміну клімату. Викиди вуглекислого газу збільшуються, насамперед через діяльність людини, таку як спалювання викопного палива, вирубування лісів та промислові процеси. Для вирішення проблеми підвищення рівня вуглекислого газу слід контролювати концентрацію вуглекислого газу в атмосфері.

Датчики визначення вуглекислого газу використовують кілька принципів роботи, включаючи інфрачервоне поглинання, електрохімічне і твердотільне зондування.

Датчики інфрачервоного поглинання використовують принцип, за яким молекули вуглекислого газу поглинають певні довжини хвиль інфрачервоного світла. Вимірюючи кількість інфрачервоного світла, що поглинається вуглекислим газом, можна визначити концентрацію вуглекислого газу повітря. Електрохімічні датчики працюють, вимірюючи електричний струм, що генерується при окисненні вуглекислого газу електроді.

Твердотілі датчики використовують принцип адсорбції газу для вимірювання концентрації вуглекислого газу.

Так, як сенсор на присутність вуглекислого газу в газовій атмосфері може застосовуватися вуглецевий нанокристалічний матеріал на основі піролізованого поліакрилонітрилу (ППАН). У присутності вуглекислого газу опір ППАН збільшується, що дозволяє визначати цей газ.

Розглянемо взаємодію молекули вуглекислого газу з молекулярним кластером ППАН. У першому випадку досліджуємо процес адсорбції молекули на поверхні полімеру.

Розрахунки проводилися напівемпіричним способом PM6. Молекула газу підводиться до полімерного шару, інтервал руху становить 0,1 Å. На кожному етапі фіксувалася повна енергія системи, що дозволила побудувати графічну залежність (рис. 2.1).

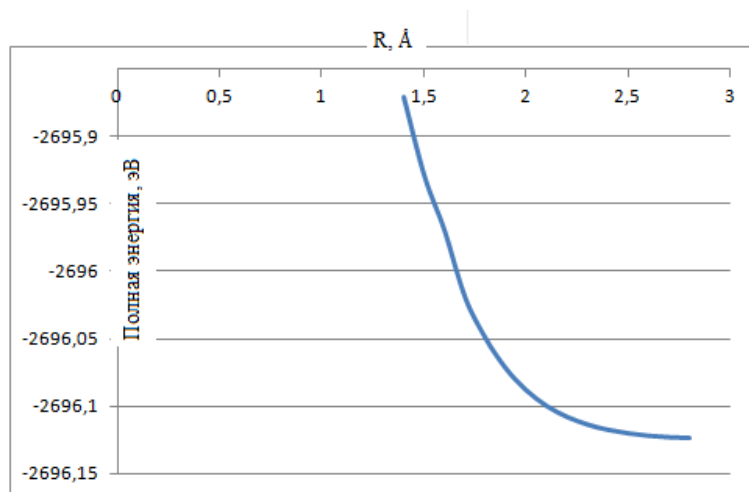


Рисунок 2.1 - Залежність енергії від відстані між молекулою CO₂ та ППАН

Відсутність мінімуму на цій залежності свідчить про відсутність адсорбційної взаємодії між вуглекислим газом та полімером (рис. 2.2).

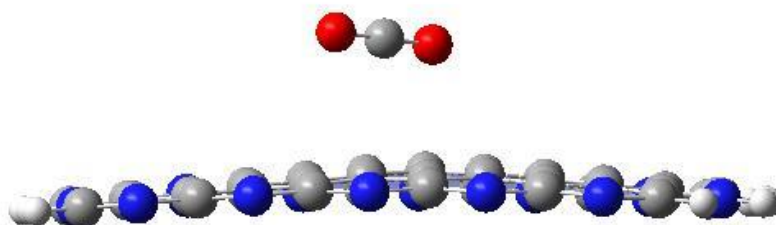


Рисунок 2.2 - Взаємодія молекули CO₂ з ППАН

Слід зазначити, що ППАН має шарувату структуру, моношари якого подібні до графіту. Розглянемо, як взаємодіє молекула газу із двошаровою структурою. Дана взаємодія моделювалася використанням молекули через бічну поверхню в міжшарове місце полімеру. Оптимізація геометричних параметрів

дозволила виявити адсорбційний комплекс "ППАН+CO₂" (рис. 2.3).

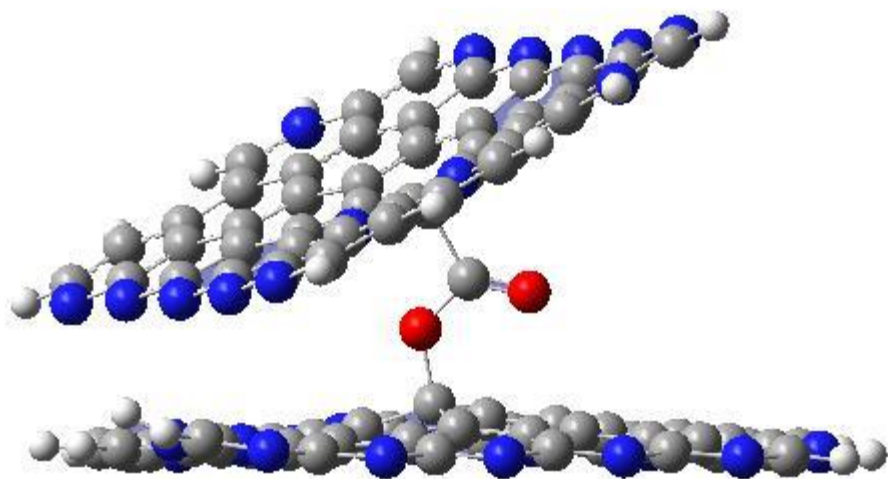


Рисунок 2.3 - Утворення хімічного зв'язку між молекулою вуглекислого газу та полімеру

Порівняння фізико-хімічних властивостей комплексу, що утворився, з характеристиками «чистого» полімеру дозволило встановити ряд відмінностей. Наприклад, адсорбція газу призводить до зміни ширини забороненої зони (рис. 2.4).

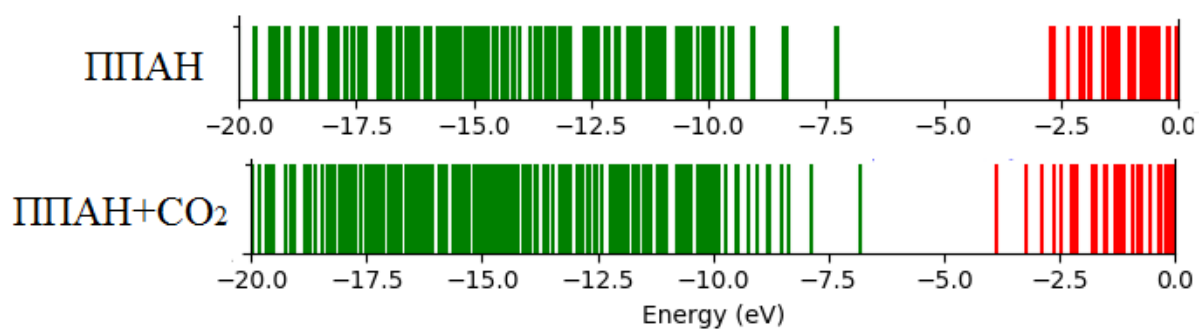


Рисунок 2.4 - Значення забороненої зони

Ця відмінність і може дозволити ППАН виступити як сенсорний пристрій. Полімер змінюватиме свої провідні властивості при виявленні газу в атмосфері.

Датчики визначення вуглекислого газу мають кілька застосувань, включаючи моніторинг якості повітря у приміщеннях, управління виробничими процесами та дослідження клімату. При моніторингу якості повітря в приміщенні датчики використовуються для забезпечення концентрації вуглекислого газу в приміщеннях у допустимих межах. Високий рівень вуглекислого газу в приміщеннях може викликати втому, головний біль та інші проблеми зі здоров'ям. В управлінні промисловими процесами датчики використовуються контролю концентрації вуглекислого газу у вихлопних газах процесів горіння.

У кліматичних дослідженнях датчики використовуються для вимірювання концентрації вуглекислого газу в атмосфері, щоб краще зрозуміти динаміку зміни клімату.

Таким чином, датчики визначення вуглекислого газу необхідні контролю концентрації цього парникового газу атмосфері. Різні типи датчиків використовують різні принципи роботи, і кожен із них має свої переваги та недоліки. Інфрачервоні абсорбційні датчики широко використовуються завдяки їх точності та надійності, тоді як електрохімічні та твердотільні датчики більш економічні.

Датчики визначення вуглекислого газу мають кілька застосувань, включаючи моніторинг якості повітря у приміщеннях, управління виробничими процесами та дослідження клімату. Оскільки світ продовжує боротися із проблемою підвищення рівня вуглекислого газу, датчики для визначення вуглекислого газу відіграватимуть життєво важливу роль у пом'якшенні наслідків зміни клімату.

2.2 Зниження впливу викидів метану на довкілля

Метан є потужним парниковим газом, який за нормальних умов не має ні кольору ні запаху, що значно впливає на зміну клімату. Вклад метану в глобальне потепління становить близько 25% від усього потепління, яке спостерігається з доіндустріальних часів.

Антропогенні викиди метану походять з безлічі різних джерел, в основному пов'язаних із сільськогосподарською діяльністю, видобутком вугілля, нафти та газу та обробкою відходів. Дослідження, проведені в цій галузі, показали, що деякі з цих джерел викидають значне кількість метану через несправності обладнання чи ненормальні умови експлуатації.

2.2.1 Виявлення метану методами дистанційного зондування

Дистанційне зондування – це процес ідентифікації, спостереження та вимірювання об'єкта без контакту з ним. Таким чином, дистанційне зондування включає акустичний моніторинг навколишнього середовища, але цей термін зазвичай використовується щодо вимірювання електромагнітного випромінювання.

Очі, як і камери є дистанційними датчиками. В основі дистанційного зондування лежить принцип, згідно з яким всі об'єкти взаємодіють з падаючим випромінюванням: поглинають, відбивають, заломлюють або розсіюють його. Те, скільки випромінювання об'єкт відбиває назад на дистанційний датчик, залежить від властивостей його поверхні, таких як розмір, орієнтація та хімічний склад.

Простіше кажучи, один газ, наприклад, CH_4 має іншу сигнатуру відображення (або спектр), ніж CO_2 за однакових умов навколишнього середовища. Це означає, що можна відрізнити друг від друга шляхом відбору

проб відбитого ними випромінювання.

Простіше кажучи, один газ, наприклад, CH_4 має іншу сигнатуру відображення (або спектр), ніж CO_2 за однакових умов навколишнього середовища. Це означає, що можна відрізнити друг від друга шляхом відбору проб відбитого ними випромінювання.

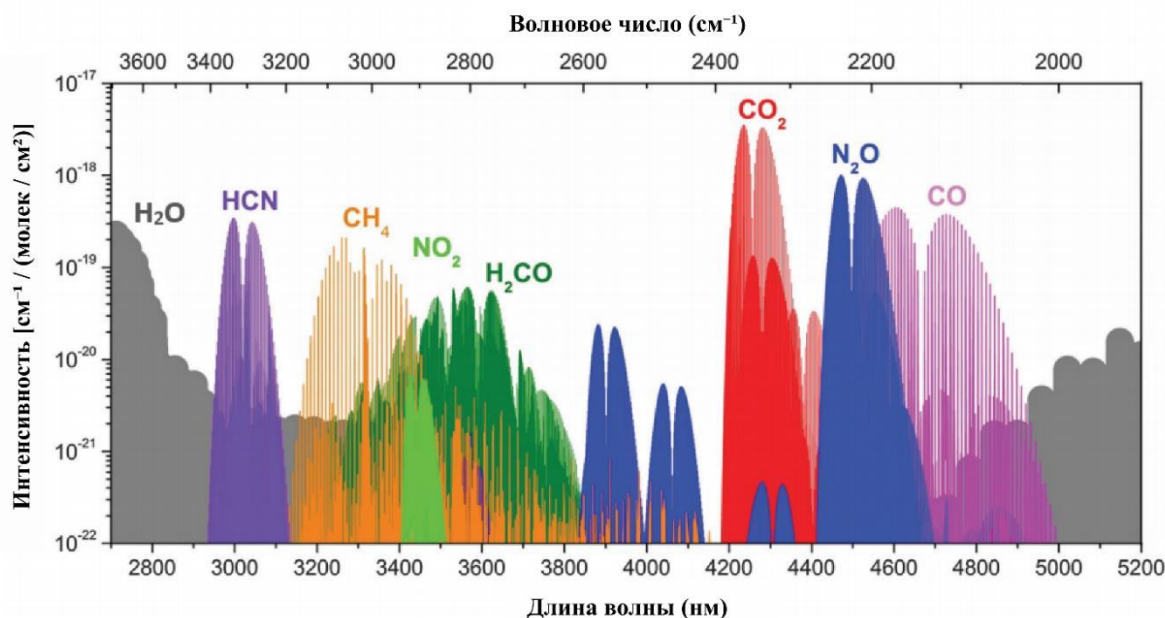


Рисунок 2.5 - Різні спектри поглинання для різних газів

Людина може бачити електромагнітне випромінювання з довжиною хвилі приблизно від 400 нм та 750 нм, що відомо як видимий спектр.

Дистанційні датчики можуть вимірювати випромінювання у видимому, а й у значно більших довжинах хвиль (інфрачервоний (700 нм - 1 мм), мікрохвильове (1 мм – 1 м), радіо (1 м – 100 000 км)).

Найменші, ніж видимі, довжини хвиль (тобто ультрафіолет (10 нм – 400 нм)) значною мірою розсіюються атмосферою Землі і тому використовуються для дистанційного зондування.

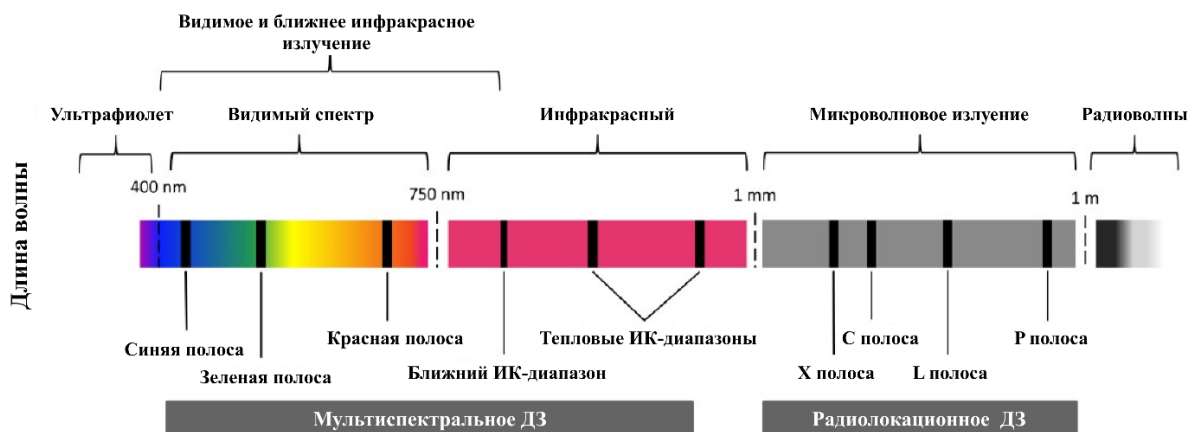


Рисунок 2.6 - Спектр електромагнітного випромінювання та його використання у супутниковому дистанційному зондуванні (ДЗ)

2.2.2 Вибір інструменту для ідентифікації метану

Для ідентифікації джерел викидів метану необхідно вибрати відповідний дистанційний датчик, який дозволить ідентифікувати ті самі викиди. Дистанційні датчики характеризуються просторовим, тимчасовим, спектральним та радіометричним дозволами:

- Просторовий дозвіл. Належить розмір найменшого об'єкта, який може бути ідентифікований даним датчиком, і відповідає розміру окремого пікселя. Просторова роздільна здатність відноситься до розміру найменшого об'єкта, який може бути ідентифікований даним датчиком, і відповідає розміру окремого пікселя. Просторове дозвіл визначається як особливостями датчика, а й висотою датчика над поверхнею Землі. Низький просторовий роздільна здатність відповідає більшому розміру пікселя.

- Тимчасовий дозвіл. Це час між двома послідовними зображеннями, і воно визначається частотою прольоту супутника (тобто як часто супутник проходить над тим самим місцем на поверхні Землі), яка визначається орбітою датчика. Тимчасове покриття визначається датами запуску та виведення з експлуатації.

- Спектральний дозвіл. Це найменша різниця у довжині хвилі, яку може

розрізнити датчик. У видимому спектрі це можна подати як кількість різних окремих кольорів, які можуть бути виявлені.

- Радіометрична роздільна здатність. Це найменша різниця в інтенсивності випромінювання, яку може розрізнити датчик. Це схоже на кількість значень сірого кольору в чорно-білій фотографії – чим більше різних значень сірого, тим більш тонкі тим тонші відмінності, які можна розрізнити.

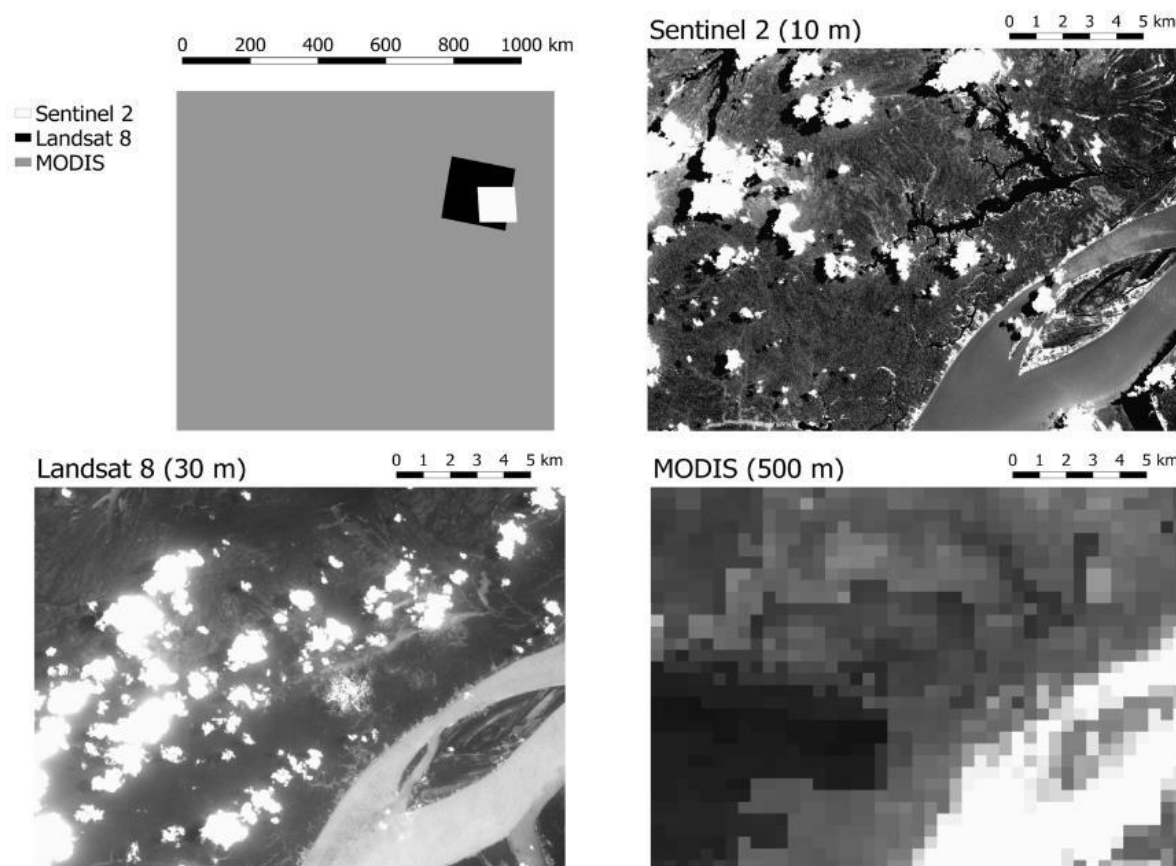


Рисунок 2.7 - За годинниковою стрілкою зверху зліва: Порівняння відбитків трьох сцен, отриманих із різних багатоспектральних космічних датчиків; їх розмір варіюється від 100 x 100 км (Sentinel 2 Level 1C) до 1015 x 1015 км (продукт MODIS MOD09A1 Surface Reflectance). Три супутникові знімки, отримані над однією і тією ж територією трьома багатоспектральними датчиками, що демонструють різний рівень деталізації, що вловлюється різними просторовими роздільними здатностями

Слід зазначити, що тимчасова роздільна здатність і просторова роздільна здатність часто негативно корелюють - супутники з більш високою частотою прольоту, як правило, мають більш високу орбіту і нижчу просторову роздільну здатність.

На основі перерахованих вище характеристик був обраний мультиспектральний інструмент Sentinel-2.

Sentinel-2 – це супутник спостереження Землі в рамках програми "Коперник", який систематично отримує оптичні зображення з високою просторовою роздільною здатністю над сушею та прибережними водами. В даний час місія є угрупованням з двох супутників - Sentinel-2A і Sentinel-2B. Мультиспектральний прилад Sentinel-2 (MSI) робить вибірку 13 спектральних смуг: чотири смуги з просторовою роздільною здатністю 10 метрів, шість смуг з просторовою роздільною здатністю 20 метрів і три смуги з просторовою роздільною здатністю 60 метрів.

Отримані дані, охоплення місії та висока частота повторних візитів дозволяють генерувати геоінформацію у місцевому, регіональному, національному та міжнародному масштабах.

Таблиця 2.1 – Спектральні полоси Sentinel-2

Полоса	Диапазон длин волн, нм	Пространственное разрешение, м
B1	433-553	60
B2	458-523	10
B3	543-578	10
B4	650-680	10
B5	698-713	20
B6	733-748	20
B7	773-793	20
B8	785-900	10
B8A	855-875	20
B9	935-955	60
B10	1360-1390	60
B11	1565-1655	20
B12	2100-2280	20

CH_4 має сильне поглинання між 2200 нм і 2400 нм і другий набір слабших поглинань поблизу 1674 нм. CO_2 також має три значні поглинання в спектральній ділянці при 1970 нм, 2010 нм, 2060 нм, а також кілька слабших поглинань поблизу 1600 нм. H_2O , парниковий газ з найбільшим радіаційним впливом, має поглинання, розташовані в області 900 нм, 940 нм, 970 нм, 1130 нм, 1380 нм та 1870 нм.

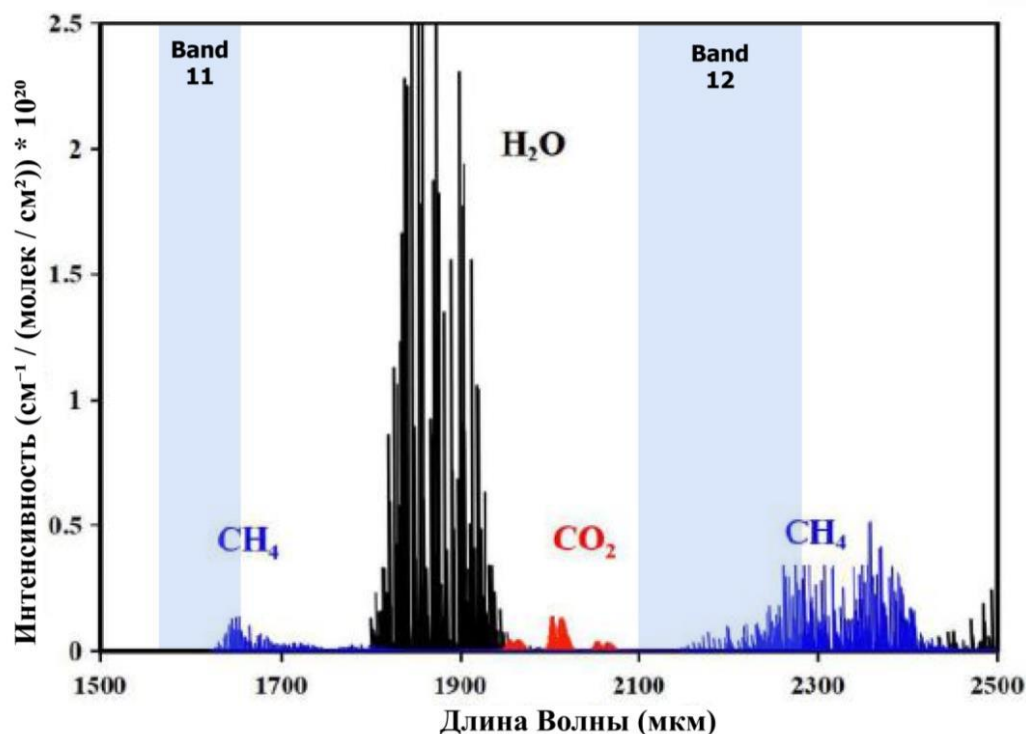


Рисунок 2.8 - Спектральна інтенсивність метану (CH_4 , синій), діоксиду вуглецю (CO_2 , червоний), і водяна пара (H_2O , чорний) в короткохвильовому інфрачервоному діапазоні (SWIR)

Як видно з рисунка 2.8, смуги B11 і B12 супутника Sentinel-2 збігаються зі спектрами поглинання метану, і тому можуть бути використані для виявлення. Також з рисунка 2.8 випливає, що наявність інших газів в атмосфері, таких як CO_2 та H_2O не матиме впливу на виявлення метану, оскільки їх спектри поглинання не перетинаються зі спектром поглинання метану.

2.2.3 Виявлення викидів метану

Один із методів виявлення метану – це багатосмуговий пошук, який ґрунтується на оцінюванні посилення метану за різницею між відображеннями смуг 11 та 12, виміряними під час одного проходу супутника. Просте співвідношення смуг B12/B11 дають зображення, де пікселі CH_4 приймають низькі значення ($<0,9$), які контрастують із рештою поверхнею, близькою до 1.



Рисунок 2.9 - Виявлення викидів метану на основі відношення смуг B12/B11 супутника Sentinel-2

Таким чином, у розділі представлена цінність супутникових спостережень Sentinel-2 для виявлення аномальних точкових джерел метану зі спектральною роздільною здатністю 20 м і частими повторними візитами. Одним із найбільших переваг мультиспектрального інструменту (MSI) Sentinel-2 для виявлення метану є той факт, що його спектральні смуги B11 і B12 не перетинаються зі спектрами

поглинання інших газів, що дозволяє з більшою точністю визначити наявність викиду метану. Також слід зазначити, що здатність Sentinel-2 виявляти метанові плями залежить від стану поверхні, а саме від її однорідності.

Незважаючи на те, що метан не затримується в атмосфері так довго, як вуглекислий газ, він може завдати набагато більших збитків клімату через свою здатність ефективно поглинати тепло.

Виявлення та кількісне визначення метану за допомогою супутників може не лише допомогти підприємствам зберегти свої доходи, а й допомогти людству зберегти довкілля.

2.3 Висновки за розділом

В розділі роботи представлено аналіз деяких антропогенних причин кліматичних змін і розглянуті сучасні способи їх усунення.

Вуглекислий газ є парниковим газом, який значно впливає зміну клімату. Викиди вуглекислого газу збільшуються, насамперед через діяльність людини, таку як спалювання викопного палива, вирубування лісів та промислові процеси. Для вирішення проблеми підвищення рівня вуглекислого газу слід контролювати концентрацію вуглекислого газу в атмосфері. Датчики визначення вуглекислого газу необхідні контролю концентрації цього парникового газу атмосфері. Різні типи датчиків використовують різні принципи роботи, і кожен із них має свої переваги та недоліки. Як сенсор на присутність вуглекислого газу в газовій атмосфері в роботі розглянуто вуглецевий нанокристалічний матеріал на основі піролізованого поліакрилонітрилу (ППАН). У присутності вуглекислого газу опір ППАН збільшується, що дозволяє визначати цей газ. Розглянуто взаємодію молекули вуглекислого газу з молекулярним кластером ППАН, теоретично підтверджено ефективність використання такого хіміко-молекулярного сенсора для оцінки присутності вуглекислого газу в повітрі.

Також у розділі представлені дослідження щодо спостереження за атмосферними викидами антропогенного метану. Доведено цінність супутникових спостережень Sentinel-2 для виявлення аномальних точкових джерел метану зі спектральним роздільною здатністю 20 м і частими повторними візитами. Одним із найбільших переваг мультиспектрального інструменту (MSI) Sentinel-2 для виявлення метану є той факт, що його спектральні смуги B11 і B12 не перетинаються зі спектрами поглинання інших газів, що дозволяє з більшою точністю визначити наявність викиду метану. Також слід зазначити, що здатність Sentinel-2 виявляти метанові плями залежить від стану поверхні, а саме від її однорідності. Незважаючи на те, що метан не затримується в атмосфері так довго, як вуглекислий газ, він може завдати набагато більших збитків клімату через свою здатність ефективно поглинати тепло. Виявлення та кількісне визначення метану за допомогою супутників може не лише допомогти підприємствам зберегти свої доходи, а й допомогти людству зберегти довкілля.

З ІНСОЛЯЦІЙНА КОНТРАСТНІСТЬ ЯК ФАКТОР ЗМІНИ ГЛОБАЛЬНОГО КЛІМАТУ ЗЕМЛІ

Проблема зміни клімату і, насамперед його температурного режиму, нині стає однією з найважливіших проблем людської цивілізації. Ця проблема зачіпає багато сфер життя людини і суспільства: здоров'я, психологічні, соціально-економічні та політичні аспекти. Цим визначається особлива наукова актуальність проблеми, пов'язаної із зміною клімату, причинами змін та наслідків цих змін. Питання про причини глобального потепління, що спостерігається, є ключовим у дослідженнях кліматичних змін та прогнозуванні зміни клімату.

Відомо, що основним джерелом енергії природної системи Землі є промениста енергія Сонця. Клімат є опосередкованою за простором та за часом характеристикою стану природного середовища. Сонячною радіацією визначається радіаційний та тепловий баланс Землі. На поверхні Землі промениста енергія частково відбивається і поглинається, трансформуючись у теплову енергію, а також у потенційну та кінетичну енергію водних та повітряних мас. Подальший перерозподіл тепла в природній системі Землі (в атмосфері та океані) пов'язаний з механізмами теплообміну: меридіональним перенесенням тепла, теплообміном у системі океан – материк, пов'язаного з реверсивною сезонною зміною областей холоду та тепла, теплообміном у системі океан – атмосфера.

З ХХ століття відзначається тенденція підвищення глобальної температури приповерхневого повітря. Широко поширена думка, що основною причиною потепління глобального клімату є «парниковий» ефект, пов'язаний, головним чином, з емісією парникових газів, що визначається антропогенним фактором. У той же час, не піддається сумніву, що сонячна радіація має найважливіше значення в генезі клімату. Крім того, відомо, що основним парниковим газом є водяна пара. При глобальному потеплінні, що відзначається, збільшується

випаровування і підвищується вміст водяної пари в атмосфері. Вміст водяної пари в атмосфері в середньому на 3 порядки перевищує вміст CO₂ пов'язаного з діяльністю людини. Приблизно $\frac{3}{4}$ довгохвильової радіації утримується в атмосфері водяною парою і лише близько 0, 4% двоокисом вуглецю антропогенного походження. Таким чином, сонячна радіація і парниковий ефект планети (пов'язаний з вмістом водяної пари в атмосфері) є головними кліматоутворюючими факторами. У динаміці цих чинників слід шукати причини та чинники змін сучасного глобального клімату Землі.

Ціллю роботи є визначення зв'язку багаторічних змін приповерхневої температури повітря Землі та півкуль з багаторічними змінами контрастності інсоляційної температури та інсоляційної контрастності у глобальному масштабі.

У рамках роботи було наведено розрахунок річної приповерхневої температури повітря на основі даних інсоляції. Основне завдання, пов'язане з розрахунками річної інсоляційної приповерхневої температури повітря, – визначення впливу інсоляції та її змін, пов'язаних з небесно-механічними процесами (орбітальним рухом Землі та зміною, що впливають на інсоляцію Землі, характеристик цього руху), на формування та зміну річних приповерхневих повітря Землі та півкуль. Таким чином, із загальної сукупності, що впливають на термічний стан природної системи Землі факторів, виділяється та досліджується інсоляційний фактор, визначається його роль у формуванні та зміні глобальних річних приповерхневої температура повітря, що відображають стан та динаміку термічного режиму природної системи Землі.

Як вихідні кліматичні дані приймалися середні для широтних зон значення приповерхневої температури повітря за базовий період 1961–1990 рр., наведені в масиві абсолютних температур університету Східної Англії та метеобюро Хедлі (табл. 1). Кліматична норма приповерхневої температури повітря за період 1961–1990 років відображає властиві їй характеристики парникового ефекту, сонячної активності та механізмів теплообміну, що беруть участь у формуванні

середньомісячної та середньорічної температури та її розподілі механізмами теплообміну за широтами та сезонами. Однак при розрахунках річних інсоляційних приповерхневих температур повітря в минуле та майбутнє враховувалися лише зміни інсоляції (атмосфери сонячної радіації, що приходить на верхню межу). Зміна парникового ефекту, сонячної активності та механізмів теплообміну (меридіональне перенесення тепла, теплообмін між океаном та атмосферою та ін.) за межами кліматичної норми 1961–1990 років. не враховувалося.

Розраховані для 5-ти градусних широтних зон земного еліпсоїда (без урахування атмосфери) значення інсоляції (середні за період з 1961 по 1990 рр.) зіставлялися з кліматичною нормою приповерхневої температури повітря за період 1961-1990 рр (рис. 3.1, табл. 3.1).

Розпрозподіл приповерхневих температур повітря по широтних зонах характеризується тісним кореляційним зв'язком з розподілом сонячної радіації, що приходить на земний еліпсоїд (рис. 3.1). Коефіцієнт кореляції (R) кліматичної норми приповерхневих температур повітря (1961–1990 рр.) і сонячної радіації, що приходить по всьому широтному діапазону (90° п.ш. – 90° пд.ш.) характеризується значенням 0,942, для Північної півкулі – 0 для Південної півкулі – 0,942. Рівняння регресії визначалися з урахуванням роздільної апроксимації трьох широтних діапазонів Землі (так досягалася оптимальна апроксимація). Для апроксимації річних значень приповерхневих температур повітря в діапазоні широтних зон від 85° - 90° пн.ш. до 10° - 15° пн.ш. використовувався поліном 6-го ступеня. У діапазоні від 5° - 10° пн.ш. до 55° - 60° пд.ш. і в діапазоні від 60° - 65° пд.ш. до 85° - 90° пд.ш.

Таблиця 3.1 - Визначення річних норм приповерхнева температура повітря та інсоляції за широтними зонами (середнє за період з 1961 по 1990 рр.)

Географічна широта, град.	Північна півкуля		Южна півкуля	
	приповерхнева температура повітря, °С	Інсоляція, Дж/м ²	приповерхнева температура повітря, °С	Інсоляція, Дж/м ²
0–5	26,15	1,316x10 ¹⁰	25,97	1,315 x10 ¹⁰
5–10	26,35	1,307x10 ¹⁰	25,77	1,307 x10 ¹⁰
10–15	26,42	1,289x10 ¹⁰	24,91	1,289 x10 ¹⁰
15–20	25,66	1,262x10 ¹⁰	23,77	1,262 x10 ¹⁰
20–25	24,03	1,226x10 ¹⁰	22,25	1,226 x10 ¹⁰
25–30	21,27	1,182x10 ¹⁰	20,25	1,182 x10 ¹⁰
30–35	17,09	1,131x10 ¹⁰	17,79	1,131 x10 ¹⁰
35–40	13,62	1,072x10 ¹⁰	15,02	1,072 x10 ¹⁰
40–45	10,07	1,008x10 ¹⁰	11,55	1,008 x10 ¹⁰
45–50	6,16	9,376 x10 ⁹	7,85	9,376 x10 ⁹
50–55	3,12	8,637 x10 ⁹	4,31	8,637 x10 ⁹
55–60	0,48	7,879 x10 ⁹	0,92	7,878 x10 ⁹
60–65	-4,60	7,135 x10 ⁹	-3,35	7,135 x10 ⁹
65–70	-8,83	6,494 x10 ⁹	-10,76	6,494 x10 ⁹
70–75	-12,09	6,058 x10 ⁹	-24,68	6,058 x10 ⁹
75–80	-15,14	5,763 x10 ⁹	-34,66	5,763 x10 ⁹
80–85	-16,73	5,576 x10 ⁹	-38,96	5,576 x10 ⁹
85–90	-17,07	5,485 x10 ⁹	-46,18	5,485 x10 ⁹

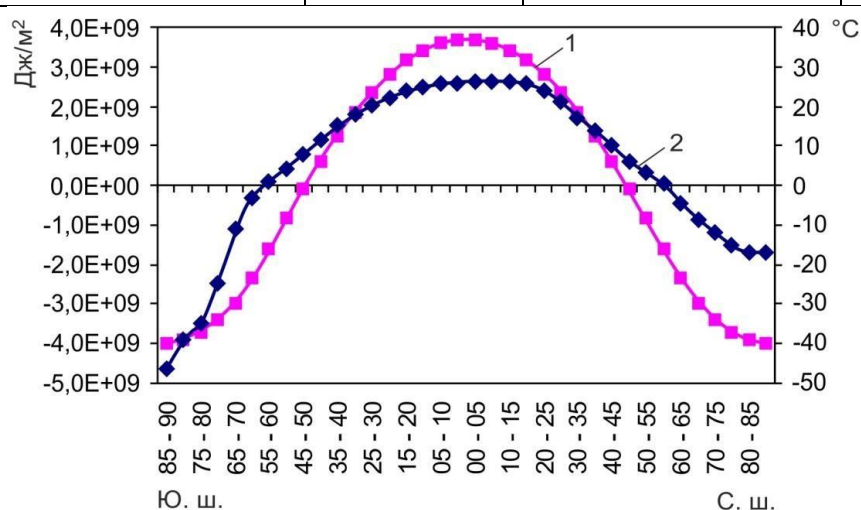


Рисунок 3.1 - Розподіл за широтними зонами щодо середнього для 5-ти градусної широтної зони значення за період з 1961 по 1990 рр інсоляції (1) та абсолютних значень приповерхнева температура повітря (2)

Значення коефіцієнта детермінації (R^2) виявились усіх трьох широтних діапазонів рівним 0,99. Це узгоджується з результатами зіставлення розрахованих за даними спостережень і середніх по півкулі і протягом року змін планетарного радіаційного балансу, що з хмарністю. Виявилось, що є практично повна компенсація. Тобто, за глобального масштабу усереднення вплив хмар на радіаційний режим замало. Широтні діапазони апроксимації відображають неоднорідну структуру поверхні, що підстилає Землі в півкулях (різні співвідношення континентів і океанів у півкулях, льодовий континент Антарктида), що проявляється в характері зв'язку приповерхневої температури повітря з інсоляцією.

Про отримані поліноміальні рівняння регресії для 5-ти градусних широтних зон за даними інсоляції були розраховані (що враховують лише зміну інсоляції) річні значення приповерхневої температури повітря для періоду з 1900 по 2016 рр. Вихідними астрономічними даними для розрахунків інсоляції були відмінювання та еліптична довгота Сонця, відстань від Землі до Сонця, різниця ходу рівномірно поточного (координатного часу – СТ) та всесвітнього коригованого часу (UT). Поверхня Землі апроксимувалась еліпсоїдом (GRS80 - Geodetic Reference System, 1980) з довжинами півосей рівними 6378137 м (великі) і 6356752 м (мала). Кроки при інтегруванні становили: за довготою 1° , широтою 1° , за часом $1/360$ частина тривалості тропічного року. Значення сонячної постійної (середнє багаторічне значення TSI) приймалося рівним 1361 Вт/м^2 . Зміна активності Сонця не враховувалося.

Розраховані врахована зміна площі широтної зони залежно від географічної широти та кривизни поверхні. Так розраховувалася інсоляційна температура півкуль. Для Землі інсоляційна температура розраховувалася як середня за півкулями.

Розрахована з використанням рівнянь регресії за даними інсоляції річна норма приповерхневої температури повітря для періоду з 1961 по 1990 роки

становить $13,97^{\circ}\text{C}$ для планети, $14,54^{\circ}\text{C}$ для Північної та $13,40^{\circ}\text{C}$ для Південної півкулі. За даними архіву абсолютних температур, норми приповерхневої температури повітря (фактичні норми) на інтервалі з 1961 по 1990 роки. складають для планети – $13,97^{\circ}\text{C}$, для Північної півкулі – $14,59^{\circ}\text{C}$, для Південної – $13,36^{\circ}\text{C}$. Різниця між фактичними та розрахованими значеннями склала $0,003$ для Землі, $0,044$ – для Північної півкулі та $-0,04$ – для Південної півкулі (помилки апроксимації). Розраховані, з урахуванням зміни лише інсоляційного фактора (змін інсоляції, що визначаються небесно-механічними процесами), річні приповерхневі температури повітря названі у роботі річними інсоляційними температурами.

Таким чином, інсоляційна приповерхнева температура повітря – це приповерхнева температура повітря при стаціонарній та незмінній за складом атмосфері. Інсоляційні приповерхневі температури повітря відбивають роль тільки інсоляційного фактора, враховують парниковий ефект, сонячну активність, механізми теплообміну та стан природної системи, характерні для норми 1961–1990 рр., і не враховують попередні та подальші зміни сонячної активності, парникового ефекту) та механізмів теплообміну. У зв'язку з тим, що основним джерелом енергії гідрометеорологічних процесів є радіація, що надходить від Сонця, теоретична оцінка радіаційного фактора формування та багаторічних змін приповерхневої температури повітря,

3.1 Результати досліджень інсоляційної контрастності

По знайдених рівняннях регресії розраховувалися річні інсоляційні приповерхневі температури повітря для кожного року в інтервалі з 1900 по 2017 рр., забезпеченому достовірними метеоданими. Також розраховувалися абсолютні значення річної приповерхневої температури повітря (для півкуль та Землі). Ці розрахунки виконувались алгебраїчним додаванням значень аномалії

приповерхневих температур повітря, представлених у масиві HadCRUT4, з розрахованою за масивом абсолютних температур нормою приповерхневої температури повітря для базового періоду 1961-1990 років. (Рис. 2).

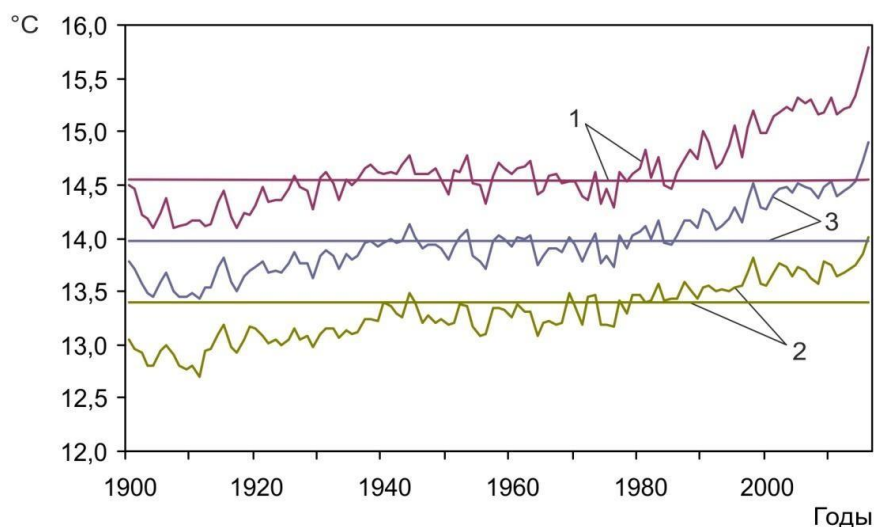


Рисунок 3.2 - Фактичні (ламани лінії) та інсоляційні (прямі лінії) річні приповерхневі температури повітря: 1 – Північна півкуля, 2 – Південна півкуля, 3 – Земля

У Північній півкулі у середньому фактичні приповерхневі температури повітря перевищують інсоляційні температури. У Південній півкулі, навпаки, фактичні приповерхневі температури повітря в середньому поступаються інсоляційним температурам. Відніманням із фактичних значень приповерхневих температур повітря (для періоду з 1900 по 2017 рр.) відповідних значень інсоляційної приповерхневої температури повітря була різниця між абсолютними значеннями фактичної та інсоляційної приповерхневої температури повітря. Отримані значення різниці фактичної та інсоляційної приповерхневої температури повітря порівнювалися з даними аномалії приповерхневих температур повітря, представленими в масиві HadCRUT4 (рис. 3.3).

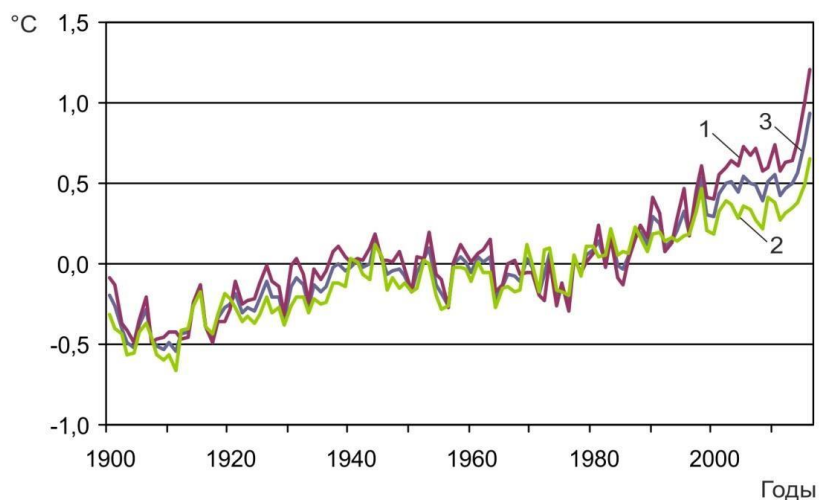


Рисунок 3.3 - Зміна аномалії приповерхневих температур повітря за даними HadCRUT4; 1 – Північна півкуля, 2 – Південна півкуля, 3 – Земля

Виявилось, що аномалія приповерхневих температур повітря (рис. 3.3) та різниця фактичних та інсоляційних приповерхневих температур повітря (рис. 3.4) кореляційно тісно пов'язані (коефіцієнт кореляції дорівнює 0,999). Відніманням розрахованої різниці фактичних та інсоляційних приповерхневих температур повітря (рис. 3.4) з відповідних фактичних значень аномалії приповерхневих температур повітря (рис. 3.3) були отримані характеристики їх відмінностей. Для Землі розбіжність у середньому становить $-0,003^{\circ}\text{C}$, для північної півкулі $-0,044^{\circ}\text{C}$, для південної півкулі $-0,04^{\circ}\text{C}$.

Розрахована для періоду 1961-1990 років інсоляційна норма приповерхневої температури повітря у Південній півкулі перевищує фактичну норму приповерхневої температури повітря цього періоду на $0,04^{\circ}\text{C}$. У Північній півкулі вона поступається їй на $0,044^{\circ}\text{C}$. Фактична норма приповерхневої температури повітря Землі виявилася на $0,003^{\circ}\text{C}$ вище за розраховану для неї інсоляційну норму. Таким чином, середня розбіжність між фактичними значеннями аномалії приповерхневих температур повітря та різницею фактичних та інсоляційних приповерхневих температур повітря збігається за абсолютними

значеннями з зазначеними вище помилками апроксимації. Тобто, аномалії приповерхневих температур повітря та різниці фактичних та інсоляційних приповерхневих температур повітря приблизно рівні. Іншими словами, фактичні приповерхневі температури повітря відрізняються від інсоляційних приповерхневих температур на величину аномалій приповерхневих температур повітря. Отже, причиною аномалій приповерхневих температур повітря не є варіації в сонячній радіації.

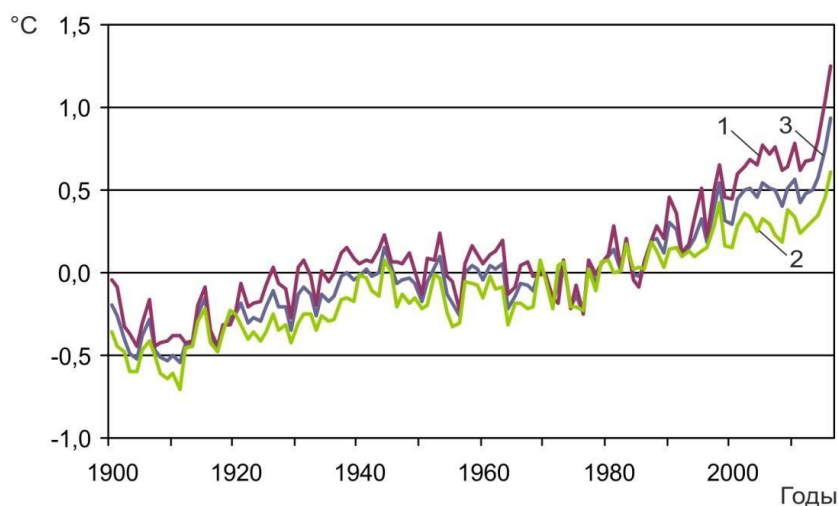


Рисунок 3.4 - Різниця між фактичними та інсоляційними річними значеннями приповерхневих температур повітря (1- Північна півкуля, 2 - Південна півкуля, 3 - Земля)

Тим не менш, цей спрощений принцип (що більше сонячна радіація, тим тепліше, чим менше – тим холодніше) справедливий для річного (літо завжди тепліше за зиму) і найчастіше добового циклу. Рівність багаторічних аномалій приповерхневих температур повітря та різниць фактичної та інсоляційної приповерхневих температур повітря свідчить про те, що причини багаторічних змін приповерхневої температури повітря не пов'язані з варіаціями радіації, що приходять.

У середньому за модулем значення фактичної аномалії приповерхневих

температур повітря становлять $0,234^{\circ}\text{C}$, $0,254^{\circ}\text{C}$ та $0,238^{\circ}\text{C}$ для Землі, Північної та Південної півкулі відповідно. Середні для інтервалу (1900–2017 рр.) аномалії приповерхневих температур повітря становлять для Північної півкулі $+0,048^{\circ}\text{C}$, для Південної півкулі $-0,063^{\circ}\text{C}$, для Землі $-0,007^{\circ}\text{C}$. Таким чином, середні значення аномалії приповерхневої температури повітря в півкулях мають протилежні за знаком значення.

Для визначення фактора, що визначає багаторічні зміни приповерхневих температур повітря, розраховувалася контрастність річних інсоляційних температур (температура інсоляційної контрастності) як різниця річних інсоляційних приповерхневих температур повітря в екваторіальній (0° – 5°) та полярній (85° – 90°). Температурна контрастність (температура інсоляційної контрастності) у Північній півкулі (рис. 3) збільшується з 1900 р. по 2017 р. від $43,44^{\circ}\text{C}$ до $43,48^{\circ}\text{C}$ (на $0,04^{\circ}\text{C}$, або на $0,09\%$). У Південній півкулі температура інсоляційної контрастності збільшується від $70,73^{\circ}\text{C}$ до $70,87^{\circ}\text{C}$ (збільшення становить $0,14^{\circ}\text{C}$, або $0,20\%$). Тобто, збільшення температури інсоляційної контрастності у період із 1900 по 2017 рр. у Південній півкулі майже в 3,5 рази перевищує збільшення температури інсоляційної контрастності у Північній півкулі (рис. 3.5).

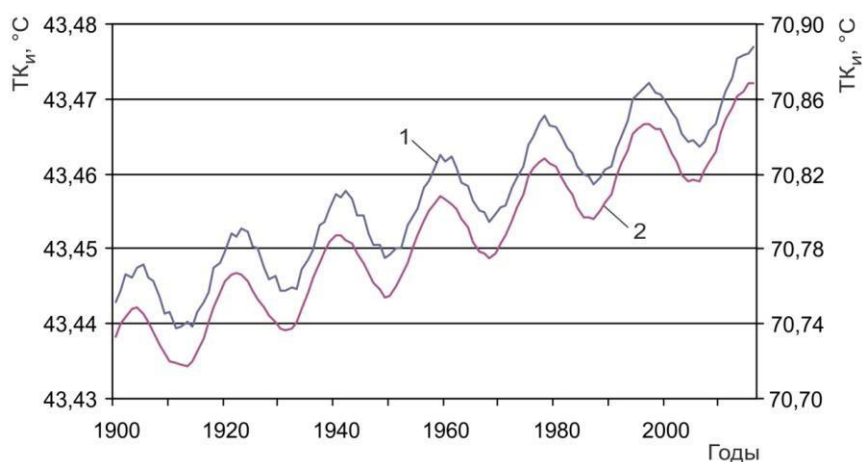


Рисунок 3.5 - Зміна температури інсоляційної контрастності в Північній (1) та Південній (2) півкулі

Представлені на рис. 3.3 часові ряди фактичної аномалії приповерхневих температур повітря мають високу позитивну кореляцію (імовірність 0,99) з відповідними часовими рядами річних значень температури інсоляційної контрастності. У Північній півкулі коефіцієнт кореляції (R) дорівнює 0,794, у Південній півкулі 0,869. Для Землі (температура інсоляційної контрастності перебувала як середня по півкулях) R дорівнює 0,843. Подібні значення коефіцієнта кореляції характерні і для рядів різниці фактичної та інсоляційної річної приповерхневої температури повітря та температури інсоляційної контрастності. Вони мають значення R , рівні 0,794 і 0,871 і 0,844 відповідно. Отже, проведено кореляційний аналіз рядів фактичної річної приповерхневих температур повітря та аномалії приповерхневих температур повітря в діапазоні від 1900 до 2017 рр. з прихідною сонячною радіацією та інсоляційною контрастністю (інсоляційна контрастність) (табл. 3.2).

Під інсоляційною контрастністю розуміється різниця річної інсоляції в широтному діапазоні 0° - 45° і в широтному діапазоні 45° - 90° в півкулях. Ця величина відображає різницю інсоляції в ділянці, що є джерелом тепла та інсоляції в ділянці стоку тепла. Інсоляційна контрастність узагальнено (по областях джерела та стоку тепла) відображає зміну меридіонального градієнта інсоляції.

В тимчасові ряди фактичної приповерхневої температури повітря, її аномалії та інсоляції (приходить на верхню межу атмосфери сонячної радіації) Землі та півкуль зв'язок не виявляється ($R < 0,01$). Одночасно відзначається тісний позитивний зв'язок часових рядів фактичної річної приповерхневої температури повітря, її аномалії та інсоляційної контрастності (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 - Значення коефіцієнта кореляції річної інсоляції, інсоляційна контрастність та температура інсоляційної контрастності з річною приповерхневою температурою повітря та аномалією приповерхневої температури повітря

Параметр	Фактична приповерхнева температура повітря			Аномалія приповерхневої температури повітря		
	Земля	ПнП	ПдП	Земля	ПнП	ПдП
Інсоляція	0,003	0,010	-0,001	0,003	0,010	-0,001
інсоляційна контрастність	0,835	0,786	0,856	0,835	0,786	0,856
температура інсоляційної контрастності	0,843	0,794	0,869	0,843	0,794	0,869

Середні значення аномалії фактичних приповерхневих температур повітря мають протилежні значення у Північній та Південній півкулі. Це вказує на те, що механізм меридіонального перенесення тепла по-різному проявляється та впливає на температурний режим у півкулях. Тобто, ефекти від перерозподілу тепла, що приходить від Сонця, що визначається меридіональним перенесенням тепла, у півкулях мають суттєві відмінності.

Меридіональне перенесення тепла здійснюється як регулярним перенесенням у загальну циркуляцію атмосфери – осередки Хедлі, Ферреля, полярні осередки, так і вихровими утвореннями (тропічні та позатропічні циклони), через більшу неоднорідність підстилаючої поверхні в Північній півкулі, ніж у відносно однорідній Південній півкулі, меридіональне перенесення тепла здійснюється тропічними та позатропічними циклонами. Крім того, як показують виконані раніше дослідження, збільшення меридіонального градієнта інсоляції (яким регулюється меридіональне перенесення тепла) відзначається в зимові півріччя в полярних осередках, а в літні півріччя вона знижується. Збільшення річного меридіонального градієнта інсоляції (перенесення тепла) відзначається в областях локалізації циркуляційних осередків Хедлі та Ферреля.

Неоднорідність підстилаючої поверхні в півкулях характеризується співвідношенням площі континентів та океанів. У Північній півкулі 39,3% площі припадає на сушу і 60,7% на океан, у Південній півкулі площа суші становить –

19,1%, площа океану 80,9%. Так щорічна кількість тропічних циклонів у Північній півкулі (Північна Атлантика та північно-західна частина Тихого океану) у середньому становить близько 60. У Південній півкулі тропічних циклонів значно менше – 6–8.

У Південній півкулі меридіональне перенесення тепла блокується потужним західно-східним перенесенням «ревучі сорокові», існування якого пов'язане з однорідністю півкулі та високим меридіональним градієнтом температури (значно перевищує меридіональний градієнт температури в Північній півкулі). Так само меридіональне перенесення тепла в Південній півкулі блокується циркумполярною антарктичною течією. Тому, незважаючи на більш високі значення меридіонального градієнта температури (і температури інсоляційної контрастності) у Південній півкулі, ефект меридіонального перенесення тепла тут виражений слабше, ніж у Північній півкулі.

Багатолітні зміни фактичної приповерхневої температури повітря (її аномалії) не пов'язані зі зміною інсоляції Землі та півкуль, але тісно пов'язано зі зміною температури інсоляційної контрастності та самої інсоляційної контрастності. При цьому відзначається лінійний зв'язок температури інсоляційної контрастності та інсоляційної контрастності (рис. 3.6).

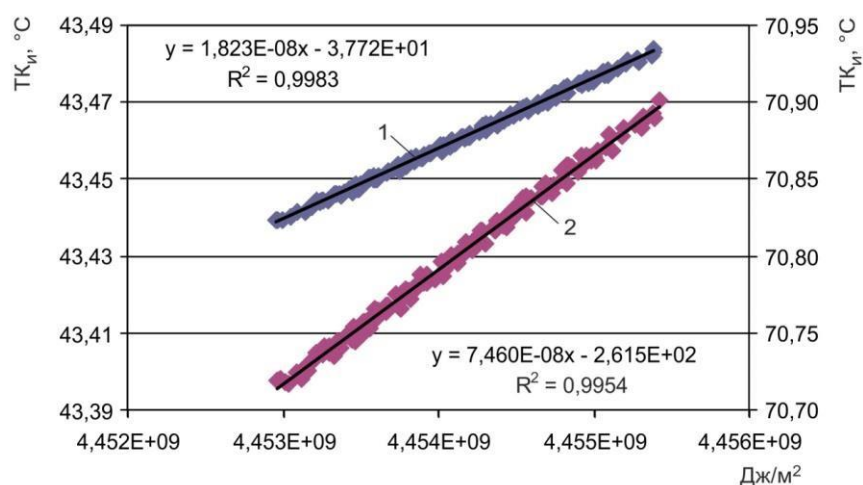


Рисунок 3.6 – Зв'язок температури інсоляційної контрастності та інсоляційної контрастності в Північній (1) та Південній (2) півкулі

Багатолітні зміни фактичної приповерхневої температури повітря, аномалії приповерхневої температури повітря і різниці фактичної та інсоляційної приповерхневої температури повітря (по суті рівної аномалії приповерхневої температури повітря) тісно пов'язані з багаторічними змінами температури інсоляційної контрастності та інсоляційної контрастності. З цього випливає, що багаторічні зміни аномалії приповерхневої температури повітря, в основному, визначаються багаторічними змінами інсоляційної контрастності, яку можна вважати основним фактором тенденції багаторічних змін приповерхневої температури повітря. Показник інсоляції (інсоляційна контрастність), узагальнено (по областях джерела та стоку тепла) відображає зміну меридіонального градієнта інсоляції на верхню межу атмосфери. Інсоляційна контрастність лінійно пов'язана із зміною нахилу осі обертання Землі. Оскільки сонячна радіація є основним джерелом енергії гідрометеорологічних процесів, зазначені кореляційні зв'язки слід вважати причинно – слідчими.

Як виходить з проведеного аналізу річні інсоляційні приповерхневі температури повітря зменшуються, але збільшується температурна контрастність (температура інсоляційної контрастності). Аналіз зміни фактичних річних приповерхневих температур повітря в областях, що є джерелами тепла (0° - 45°) і областями стоку тепла (45° - 90°) показує інший характер розподілу фактичних приповерхневих температур повітря. Для фактичних приповерхневих температур повітря (на відміну інсоляційних приповерхневих температур повітря) у період з 1900 по 2017 р.р. відзначається тенденція до збільшення.

Оцінка розподілу фактичної приповерхневих температур повітря проводився за даними з 1960 року, які визнаються найбільш достовірними в масиві HadCRUT4. Цей період має менше пропусків даних, як у місяцях, і по 5-ти градусним широтним зонам, ніж представлений у масиві більш ранній період. За даними масиву розраховувалися річні значення глобальної приповерхневої температури повітря для областей, що є джерелом (0° - 45° широти) і стоком (45°

- 90° широти) тепла в кожній півкулі. Розрахунки цих областей виконувались аналогічно розрахункам річних інсоляційних приповерхневих температур повітря півкуль. Однак, у цьому випадку середньорічні температури знаходилися для «половинок» кожної півкулі. Отримані для широтних зон середньорічні значення приповерхневих температур повітря множилися на середні для 5 градусних зон широтних косинуси широти. Потім знаходилося середнє для 5-ти градусної широтної зони (по 9-ти зонам) значення, яке ділилося на косинус $22,5^\circ$ для розрахунків температури в області джерела тепла та на косинус $62,5^\circ$ при розрахунках температури в області стоку тепла.

Із аналізу отриманих результатів слід, що фактичні річні приповерхневі температури повітря в Північній півкулі повільно збільшуються як в області джерела тепла, так і в області стоку тепла (рис. 3.7).

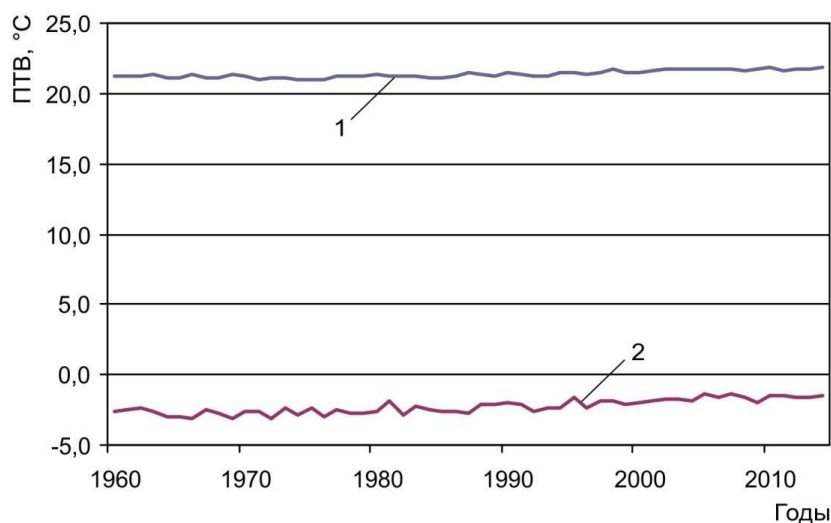


Рисунок 3.7 - Зміна річної приповерхневої температури повітря у Північній півкулі (1 – у сфері джерела тепла, 2 – у сфері стоку тепла)

Така в Північній півкулі протягом цього періоду зменшується температурна контрастність річних фактичних приповерхневих температур повітря (ТКФ) – різниця річних фактичних приповерхневих температур повітря в екваторіальній (0° – 5°) та полярній (85° – 90°) зонах півкулі (рис. 3.8).

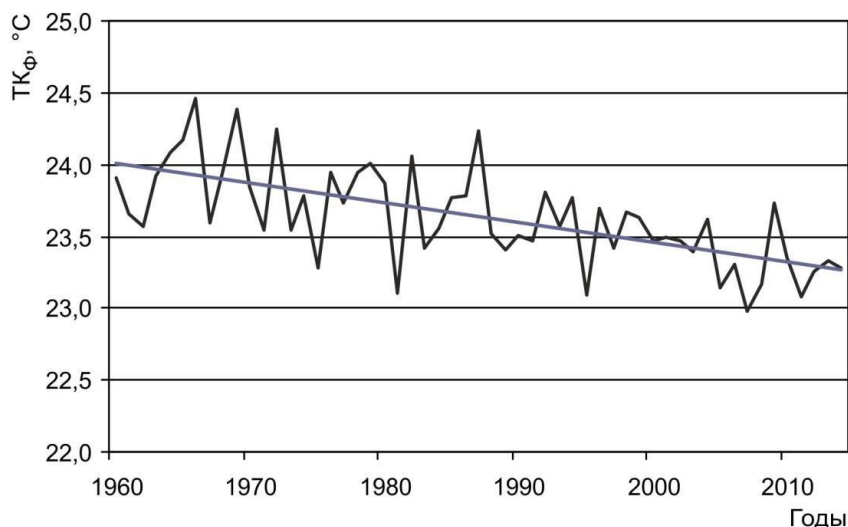


Рисунок 3.8 - Зміна температурної контрастності (ТКФ) у Північній півкулі

Це пов'язано з тим, що в Північній півкулі збільшення приповерхневої температури повітря в області стоку тепла перевищує збільшення приповерхневої температури повітря в області джерела тепла. У Південній півкулі спостерігається дещо інша картина. Фактичні річні приповерхневі температури повітря також збільшуються як в області джерела тепла, так і в області стоку тепла (рис. 3.9).

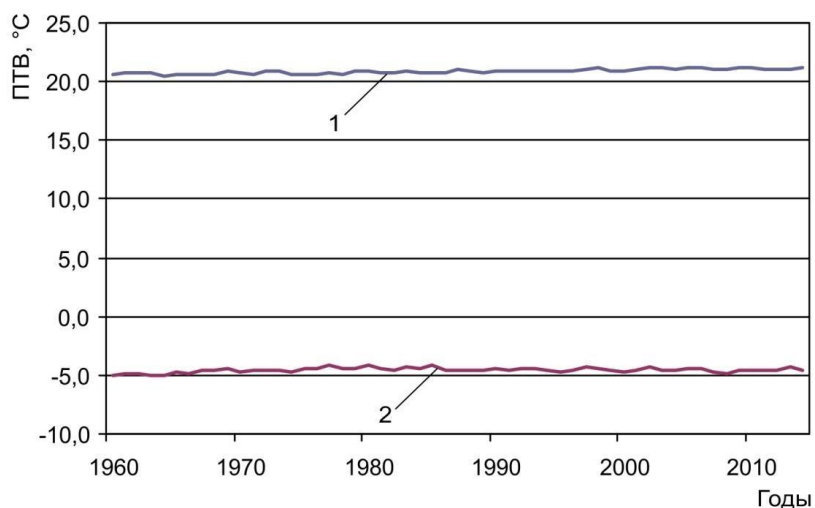


Рисунок 3.9 - Зміна річної фактичної приповерхневої температури повітря в Південній півкулі (1 – у сфері джерела тепла, 2 – у сфері стоку тепла)

Однак, температурна контрастність тут, на відміну Північної півкулі збільшується (рис. 3.10).

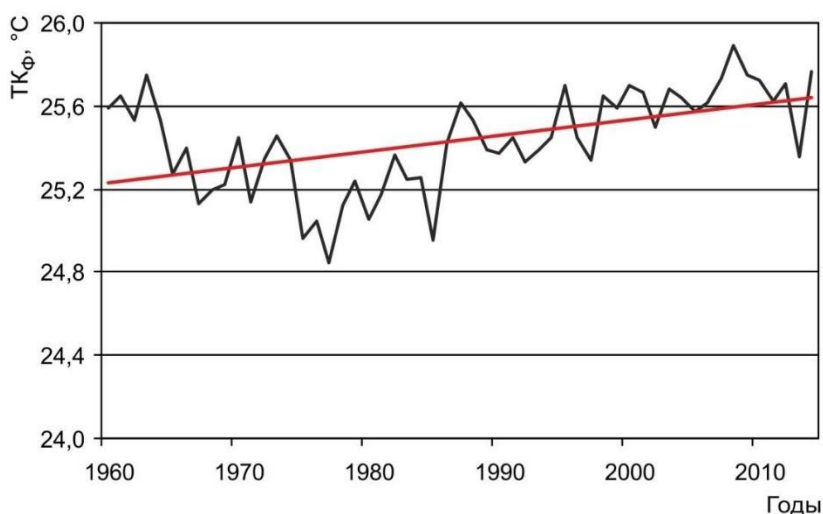


Рисунок 3.10 - Зміна температурної контрастності (ТКФ) у Південній півкулі

Це пов'язано з тим, що збільшення приповерхневої температури повітря в області джерела тепла перевищує збільшення приповерхневої температури повітря в області його стоку (через блокування меридіонального перенесення радіаційного тепла потужним зональним потоком). Відзначається високий кореляційний зв'язок багаторічних змін фактичної річної приповерхневої температури повітря з багаторічними змінами річної інсоляційною контрастністю в Північній півкулі. У сфері джерела тепла R дорівнює 0,827. У сфері стоку тепла – 0,841. У Південній півкулі відповідні значення R (з річною інсоляційною контрастністю цієї півкулі) дорівнюють 0,876 та 0,307.

Із порівняння результатів розрахунків річних інсоляційних приповерхневих температур повітря з фактичними даними випливає, що фактичні приповерхневі температури повітря в Північній півкулі змінюються у протифазі з інсоляційними приповерхневими температурами повітря. Також у протифазі змінюються температура інсоляційної контрастності та температурна

контрастність річних фактичних приповерхневих температур повітря. Річні значення інсоляційної приповерхневої температури повітря зменшуються, а значення фактичної приповерхневої температури повітря збільшуються (як області джерела, і області стоку тепла). Річна температура інсоляційної контрастності збільшується у Північній та Південній півкулі. Річна температурна контрастність фактичних приповерхневих температур повітря зменшується у Північній півкулі та збільшується у Південній. У Північній півкулі річна інсоляційна контрастність (лінійно пов'язана з температурою інсоляційної контрастності), таким чином, збільшується, а температурна контрастність між областями, що є джерелом і стоком тепла скорочується (через посилення меридіонального переносу тепла, що визначається ступенем лінійно пов'язаної з нахилом осі обертання). У Південній півкулі фактичні приповерхневі температури повітря слабо збільшуються в області джерела та стоку тепла, але температурна контрастність річних фактичних приповерхневих температур повітря зростає (при зростанні та температурі інсоляційної контрастності). Це визначається тим, що у Південній півкулі ефект меридіонального перенесення тепла виражений слабше, ніж у Північній півкулі. Це, як зазначалося вище, пов'язано з блокуючим зональним переносом («ревучі сорокові»), циркумполярним антарктичним перебігом, наявністю льодового континенту Антарктиду, океанічності південної півкулі, невеликою кількістю тропічних циклонів.

Збільшення приповерхневої температури повітря в області джерела тепла є наслідком збільшення приходу сонячної радіації в цю область. Збільшення приповерхневої температури повітря в областях стоку є наслідком посилення меридіонального перенесення тепла. При цьому меридіональне перенесення тепла (при подібній річній інсоляції та інсоляційній контрастності) має суттєві відмінності, які пов'язані з зазначеними відмінностями у природних системах Північної та Південної півкуль Землі. У зв'язку з цим відзначається негативний

зв'язок інсоляційної контрастності з меридіональним градієнтом температури у Північній півкулі та позитивний зв'язок у Південній півкулі.

Фізичний механізм знайденого тісного кореляційного зв'язку багаторічних змін приповерхневої температури повітря з інсоляційною контрастністю, в узагальненому вигляді може зводитися до наступного. Пов'язане із зменшенням кута нахилу збільшення інсоляційної контрастності, що управляє меридіональним перенесенням тепла або інтенсивністю роботи «теплової машини першого роду», призводить до збільшення перенесення тепла (циркуляційними процесами в атмосфері та вихровими утвореннями) з низьких широт у високі. Слід врахувати, що площі областей стоку тепла в півкулях приблизно в 2,7 рази менше від площі областей джерел тепла. Тому переносимо з низьких широт у високі радіаційне тепло розподіляється по меншій площі і його питомі характеристики зростають (Дж/м^2 , Вт/м^2). Внаслідок меридіонального перенесення тепла температура поверхні океану та приповерхнева температура повітря в областях стоку тепла збільшується (т.зв. явне тепло). Це призводить до збільшення випаровування, підвищення вмісту водяної пари в атмосфері та посилення парникового ефекту. Результатом цього є додаткове підвищення температури тощо. (По спіралі). Цей процес багаторазово повторюючись посилює потепління глобального клімату. Крім того, в результаті конденсації через адвекцію теплих повітряних мас у високі широти виділяється приховане тепло, яке робить додатковий внесок у схему радіаційного теплообміну в атмосфері (рис. 3.11).



Рисунок 3.11 - Принципова схема радіаційного теплообміну в атмосфері

Три пов'язаних нижніх блоків у схемі є кліматичним детектором, що призводить до посилення глобального потепління. Крім того, процес потепління посилюється і зворотними позитивними зв'язками через скорочення площі морських льодів та льодовиків та зменшення планетарного альбедо. Підвищення температури в областях стоку тепла пов'язане не тільки меридіональним перенесенням тепла (явне тепло), але і з процесами конденсації водяної пари в атмосфері (приховане тепло) при меридіональному русі повітряних мас з низьких широт у високі. Подана схема підтверджується зазначеними тісними зв'язками приповерхневих температур повітря з температурами інсоляційної контрастності та інсоляційною контрастністю, тісними зв'язками інсоляційної контрастності з кутом нахилу осі обертання та логікою кліматичних знань.

З-за фізико-географічних відмінностей у півкулях еволюція клімату у яких дещо відрізняється. Так, по-перше, вихрових утворень (тропічних і позатропічних циклонів) у Північній півкулі більше, ніж у Південній півкулі (у

якій поверхня, що підстилає, більш однорідна). По-друге, у Південній півкулі меридіональне перенесення тепла помітно блокується зональною циркуляцією («ревучі сорокові» в атмосфері та циркумантарктична течія в океані). Тому процеси потепління більш помітно проявляються у Північній півкулі.

3.2 Висновки за розділом

Інсоляційні річні приповерхневі температури повітря відрізняються від фактичних річних приповерхневих температур повітря на величину аномалії приповерхневих температур повітря. Багаторічні зміни аномалії приповерхневих температур повітря, що відображають багаторічні зміни глобального клімату (його температурного режиму), в основному визначаються багаторічними змінами температура інсоляційної контрастності та інсоляційної контрастністю. Іншими словами, тенденції зміни глобальної температури в XX столітті і в даний час визначається розподілом сонячної радіації, що приходить по широтах - інсоляційної контрастністю.

Багатолітні зміни інсоляційної контрастності узагальнено (по областях джерела та стоку тепла) відображають багаторічні зміни меридіонального градієнта інсоляції. Меридіональним градієнтом інсоляції регулюється меридіональне перенесення тепла у системі океан – атмосфера (меридіональне перенесення тепла). Температура інсоляційної контрастності лінійно пов'язана з інсоляційною контрастністю. Інсоляційна контрастність, своєю чергою, лінійно пов'язані з нахилом осі обертання Землі. З цього випливає, що багаторічні зміни (збільшення) аномалії приповерхневих температур повітря і глобальне потепління клімату, що спостерігається, в основному, визначаються природними причинами і пов'язані зі зменшенням нахилу осі обертання Землі.

4 ШЛЯХІ РІШЕННЯ НЕГАТИВНИХ НАСЛІДКІВ ГЛОБАЛЬНИХ ЗМІН КЛІМАТУ

Успішне вирішення проблеми негативного впливу глобальних змін клімату для людства багато в чому залежить від розуміння природи та головної причини цих змін.

Якщо в основі потепління клімату лежить антропогенний фактор (зниження альbedo поверхні Землі, теплове забруднення, зростаючі промислові викиди забруднюючих речовин, включаючи парникові гази), то цілком природним є шлях удосконалення технологій, що скорочують викиди, скиди, відходи. І це у будь-якому разі позитивний шлях зменшення антропогенного пресу, покращення екологічної ситуації.

Однак наскільки ефективним є цей шлях у сенсі запобігання потепленню клімату? Наскільки ефективною виявилася діяльність у рамках Кіотського протоколу і Паризької угоди щодо клімату до Рамкової конвенції ООН про зміну клімату (2016), що послідувала за нею? Незважаючи на явну корисність обмеження будь-яких дій людства, які негативно впливають на навколишнє середовище, саме недоведеність висновків на основі гіпотези парникового ефекту стала причиною низької природоохоронної ефективності передбачених Паризькою угодою та попереднім Кіотським протоколом заходів щодо запобігання потепленню.

Неправомірність заснованих на гіпотезі парникового ефекту висновків, покладених в основу боротьби з потеплінням клімату, зазначалася в доповіді під час 27-ї сесії конференції сторін Рамкової конвенції ООН про зміну клімату: «Останні 30 років країни зосереджують зусилля на зміні балансу концентрації антропогенних викидів парникових газів, які становлять лише 6% загального обсягу парникових газів, при цьому 94% інших емісій ігнорується разом із другою частиною вуглецевого циклу – поглинаннями парникових газів».

Якщо потепління клімату – результат дії природних причин, то на шляху «безвуглецевої економіки» зовсім не варто очікувати значних успіхів у запобіганні потеплінню. Якщо реально доведено негативний вплив сучасного потепління клімату на цивілізацію, то набагато ефективніше можуть виявитися методи пом'якшення клімату та стримування його потепління, адаптації до негативних змін клімату, а отже, стабілізації сучасного клімату, у т. ч. за допомогою геоінжинірингу.

З метою пом'якшення змін клімату є перспективними технології збереження клімату, які показали свою ефективність у ході натурних експериментів:

- відбиття прямого сонячного випромінювання: відбиття в космос частини прямого сонячного випромінювання, що падає на атмосферу, за допомогою високодисперсних аерозолів (у нижній частині стратосфери, що підтверджено відповідними експериментами) або космічними методами (створення в космосі пристроїв);

- збільшення відбитого інфрачервоного сонячного випромінювання: розведення лісів та іншої рослинності, зміна альbedo земної поверхні, розсіювання шляхом перетворення хмарності;

- використання в економіці методів отримання енергії або іншого корисного продукту без виділення парникових газів, наприклад, з використанням атомної енергетики та ін.

Світова практика вирішення негативних аспектів потепління клімату, пов'язаних насамперед із опустелюванням, показує чимало позитивних прикладів. Так, починаючи з 1999 р. щорічно відновлюються 1200 км² земель у Китаї завдяки посадкам т.з. синдзянського тополі. Значні успіхи показує діяльність із озеленення Сахеля, а також розвиток сільського господарства в Саудівській Аравії, заснованого на викопних ґрунтових водах.

У проблемі запобігання негативним наслідкам потепління вирішальне

значення повинні мати доведені, за В.І. Вернадському, емпіричні узагальнення, засновані на достовірних результатах наукових досліджень, а чи не на надуманих гіпотезах, оскільки саме «Наукове знання, що виявляється як геологічна сила, що створює ноосферу, неспроможна призводити до результатів, які суперечать тому геологічному процесу, створенням що вона є. Це не випадкове явище – коріння його надзвичайно глибоке».

Глибока переконаність у позитивній ролі розуму та наукового знання у вирішенні проблем, що постають перед людством, дозволила В.І. Вернадському і дозволяє нам залишатися на позиції історичного оптимізму - світогляду, заснованого на уявленні про розумність людини, на вірі в людину, в її позитивно орієнтовану природу та можливості нескінченного вдосконалення людини, людства в цілому та навколишнього природного середовища. В.І. Вернадському основою для оптимізму служила також упевненість у незворотному розвитку наукового знання та суттєвої позитивної ролі розуму та людства в еволюційному процесі.

Людство живе в навколишньому середовищі, що змінюється; похолодання клімату змінюється потеплінням, виснажуються багато природних ресурсів, але наукові дослідження надають нові можливості адаптації людини до непостійним умовам довкілля. Для вжиття практичних заходів щодо компенсації глобальних змін середовища необхідний виважений підхід, що ґрунтується на достовірних наукових фактах.

На думку В.І. Вернадського, радикальні зміни, які спостерігаються нині в біосфері, не стануть причиною загибелі людини та планети в цілому, тому що вони обумовлені глибинними механізмами еволюції та виражають загальні закони природи. Дуже актуально чудове висловлювання В.І. Вернадського: «В даний час під впливом оточуючих жахів життя поряд з небувалим розквітом наукової думки доводиться чути про наближення варварства, про катастрофу цивілізації, самогубство людства. Мені видаються ці настрої та ці судження

наслідком недостатньо глибокого проникнення в навколишнє. Не ввійшла ще життя наукова думка...».

При цьому також важливо відзначити, що за мільярди років свого розвитку біосфера Землі виробила цілком надійні механізми захисту від різноманітних змін і навіть катаклізмів, що мають, як правило, циклічний характер. Так, вже відзначено механізм поглинання додаткової кількості вуглекислого газу в атмосфері за рахунок додаткового виробництва живої речовини під час фотосинтезу. Існує і свій механізм «переробки» додаткового метану в атмосфері за рахунок активізації метанотрофних бактерій, для яких метан є їжею для виробництва органічної речовини біосфери.

Діяльність людини, що набуває все більш глобального характеру, проте далеко не завжди є головною причиною подій, що відбуваються на нашій планеті. Незважаючи на багато антропогенних факторів, що сприяють потеплінню клімату (зниження альбедо, теплове забруднення та ін.), немає достатніх підстав вважати людину головним фактором, який зумовив спостерігається в останні півтора століття потепління клімату.

На жаль, область екологічних знань виявилася надто часто наповненою недоведеними, неперевіреними відомостями. Іноді це просто т.з. «екологічні страшилки» на основі припущень, необґрунтованих прогнозів із використанням короткострокових спостережень, часом із посиленням на презумпцію екологічної небезпеки.

При цьому з усіх можливих причин потепління клімату, що спостерігається, у практиці міжнародних відносин обрано одну, мабуть, найбільш дискусійну, пов'язану з т.з. парниковим ефектом.

Складається враження, що гіпотеза парникового ефекту так само безславно і тихо кане в Лету, як це сталося з фреоновою гіпотезою появи озонових дірок, покладеною в основу Монреальського протоколу з речовин, що руйнують озоновий шар (1987). Шкода, що надмірне, перебільшене значення однієї

гіпотези, що, втім, часто відзначається «в завжди примхливому і по суті дуже історично нечутному науковому середовищі», стає фільтром для інших думок, що має бути неприпустимим, принаймні в області науки. Так часто відбувається з недоведеними гіпотезами, коли те, що здавалося логічно та науково неминучим, зрештою виявляється «ілюзією, і явище постає нам у таких формах, які ніким не очікувалися».

При цьому видаються особливо безпідставними звинувачення вуглекислого газу у створенні парникового ефекту та потепління клімату через два положення: по-перше, його зростання зумовлене потеплінням (а не навпаки), а, по-друге, підвищення концентрації в атмосфері цього неодмінного учасника процесу фотосинтезу веде до зростання продуктивності екосистем і, таким чином, до природного регулювання його концентрації в атмосфері.

Тобто жива речовина вкотре підтверджує роль регулятора процесів у біосфері. Розглянута ситуація пояснює низьку ефективність заходів, що вживаються на міжнародному рівні щодо запобігання глобальному потеплінню, в основу яких покладена гіпотеза парникового ефекту.

Зважаючи на переважно природні (космічні) причини зміни клімату, зумовлені переважно змінами ступеня інсоляції планети внаслідок прецесії земної осі, вирішення негативних наслідків потепління бачиться в різних напрямках:

- Підтримка умов навколишньої людини природного середовища в оптимальному для її існування режимі (параметрах), в т.ч. За допомогою різних методів геоінжинірингу, якщо ступінь потепління визнається надлишковим;
- адаптація процесів життєдіяльності та виробничої сфери людини до змінних умов земного середовища за рахунок мінливості живої речовини, її здатності пристосовуватися до умов зовнішнього середовища, завдяки якому «живі організми можуть протягом навіть небагатьох поколінь пристосовуватися до життя за таких умов, які для колишніх поколінь були б згубні»;

- автономізація процесів життєдіяльності від умов довкілля, вироблена під час еволюції живих організмів.

В цілому глобальні зміни природного середовища відбуваються повільно, і людство повною мірою, особливо на сучасному розвитку наукової та виробничої сфери, має можливість пристосуватися до таких змін. Вже наявна практика вирішення проблем, зумовлених глобальними змінами навколишнього середовища, показує масу позитивних прикладів у тому випадку, коли вона ґрунтується на достовірних наукових знаннях про природні процеси.

4.1 Висновки за розділом

Діяльність людини набуває все більш глобального характеру, проте далеко не завжди є головною причиною подій, що відбуваються на нашій планеті. Незважаючи на багато антропогенних факторів, що сприяють потеплінню клімату (зниження альбедо, теплове забруднення та ін.), немає достатніх підстав вважати людину головним фактором, який зумовив потепління клімату, що спостерігається в останні півтора століття.

Зважаючи на переважно природні (космічні) причини зміни клімату, зумовлені переважно змінами ступеня інсоляції планети внаслідок прецесії земної осі, вирішення негативних наслідків потепління бачиться в різних напрямках:

- Підтримка умов навколишньої людини природного середовища в оптимальному для її існування режимі (параметрах), в т.ч. За допомогою різних методів геоінжинірингу, якщо ступінь потепління визнається надлишковим;

- адаптація процесів життєдіяльності та виробничої сфери людини до змінних умов земного середовища за рахунок мінливості живої речовини, її здатності пристосовуватися до умов зовнішнього середовища, завдяки якому «живі організми можуть протягом навіть небагатьох поколінь пристосовуватися до

життя за таких умов, які для колишніх поколінь були б згубні»;

- автономізація процесів життєдіяльності від умов довкілля, вироблена під час еволюції живих організмів.

В цілому глобальні зміни природного середовища відбуваються повільно, і людство повною мірою, особливо на сучасному розвитку наукової та виробничої сфери, має можливість пристосуватися до таких змін. Вже наявна практика вирішення проблем, зумовлених глобальними змінами навколишнього середовища, показує масу позитивних прикладів у тому випадку, коли вона ґрунтується на достовірних наукових знаннях про природні процеси.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аерологічні спостереження. Загальні вимоги

До складу технічних засобів аерологічних вимірів входить велика кількість різних за принципом дії електричних приладів та установок. Усі вони повинні мати сертифікати відповідності вимогам безпеки.

При проведенні температурно-вітрового радіозондування атмосфери небезпечними та (або) шкідливими виробничими факторами є:

- Висока електрична напруга при експлуатації радіолокаційних станцій;
- напруга постійного струму 28 В комплектів живлення радіозондів; змінна напруга 220 і 380, постійна напруга 40 і 46 при електролізному способі добування водню;

- електромагнітні поля (ЕМП) надвисокої частоти (НВЧ), що генеруються станціями радіолокації (РЛС) і радіозондами в діапазоні 1670-1690 МГц або 1770-1796 МГц (довжина хвилі - 17 см).

РЛС працюють у імпульсному режимі, коли енергія випромінюється короткими імпульсами з відносно тривалими паузами з-поміж них.

Основними джерелами електромагнітного випромінювання є генеруюча апаратура та антенно-фідерна система;

- електромагнітні поля, м'яке рентгенівське випромінювання, що створюється обчислювальними електронними цифровими машинами, вбудованими в аерологічний обчислювальний комплекс АВК-1, та персональними електронно-обчислювальними машинами (ПЕОМ) малогабаритних аерологічних радіолокаторів МАРЛ-А та ВЕКТОР-М;

- акустичні шуми, що створюються в апаратних приміщеннях АВК-1, МАРЛ-А та ВЕКТОР-М системою вентиляції, периферійними пристроями (принтерами, сканерами, модемами, мережевими пристроями та блоками

безперебійного живлення);

- вибухонебезпечна речовина - водень, який необхідно виробити та наповнити ним оболонку;

- хімічні речовини [67]: їдкий натр NaOH, феросиліцій та алюміній, що використовуються при добуванні водню за допомогою балонних газогенераторів АВГ-45, та водний розчин їдкого лугу КОН з концентрацією 350 г/л, або водний розчин NaOH концентрацією 250 г/л як електропровідне середовище в електролізері при електролізному способі добування водню;

- балони під тиском зі стисненим воднем або гелієм;

- ризик падіння балона і як наслідок травми кінцівок, а також ризик падіння за борт аеролога, що випускає радіозонд, на морських експедиційних судах;

- Підвищений тиск водню та кисню при електролізному способі добування водню;

- легкозаймисті рідини (ЛЗР) - гас, що застосовується при обробці не пластифікованих оболонок для підвищення висоти радіозондування;

- прилади із ртутним заповненням (термометри, барометри).

Усі етапи робіт, пов'язані з аерологічним радіозондуванням, вимагають дотримання правил пожежної безпеки.

Необхідно дотримуватись вимог з охорони праці при вантажно-розвантажувальних роботах та розміщення великої кількості обладнання та витратних матеріалів.

Відповідальність та виробничий контроль за дотриманням вимог охорони праці покладається на начальника наземної АЕ або на начальника наукової експедиції, яка здійснює радіозондування на полюсах або на морських експедиційних суднах, які зобов'язані забезпечувати безпеку обслуговування, справний стан та надійність роботи всього обладнання.

Контроль та санітарно-епідеміологічний нагляд за умовами праці при температурно-вітровому радіозондуванні здійснюють органи державного

нагляду у встановленому прядці.

Підрозділи АЕ, що видобувають водень за допомогою газогенераторів або користуються стисненим воднем у балонах, повинні бути забезпечені технічним майном, запасними частинами згідно з таблицями технічного майна.

Працівники, які виконують температурно-вітрове радіозондування, повинні забезпечуватися засобами індивідуального захисту відповідно до діючих Типових галузевих норм безкоштовної видачі спеціального одягу, спеціального взуття та інших засобів індивідуального захисту.

До експлуатації та обслуговування АВК-1, МАРЛ-А та ВЕКТОР-М, газогенераторів та водневих балонів допускаються особи, які досягли 18 річного віку, які не мають медичних протипоказань, вивчили технічну документацію та апаратуру, вимоги її безпечної експлуатації та технічного обслуговування, минулі:

- атестацію з електробезпеки під час роботи на РЛС;
- перевірку знань з експлуатації газогенераторів та водневих балонів.

Працівники, які здійснюють експлуатацію РЛС, повинні мати групу з електробезпеки не нижче III, працівники, які виконують обслуговування та ремонт РЛЗ, - не нижчі за IV. Поліпшення умов праці фахівців, які виконують аерологічні спостереження, має проводитися систематично відповідно до чинних санітарних норм і правил захисту персоналу від опромінення електромагнітними полями НВЧ та від впливу небезпечних хімічних речовин. Під час роботи на АВК-1, МАРЛ-А або ВЕКТОР-М з персональними електронно-обчислювальними машинами необхідно дотримуватись оптимальної відстані від монітора до очей 600-700 мм. Коли робота не виконується, монітор повинен бути вимкнений. При появі перших ознак втоми очей, втоми м'язів рук, шийно-плечового відділу та спини бажано виконувати комплекси вправ, що знімають втому очей та напруження м'язів. Забороняється куріння на робочих місцях РЛС та у приміщеннях з ПЕОМ.

5.2 Метеорологічні спостереження. Загальні вимоги

При проведенні метеорологічних, актинометричних та теплобалансових спостережень небезпечними та (або) шкідливими виробничими факторами є:

- гідрометеорологічні явища, що досягли критеріїв ПРО Я:

дуже сильний вітер, шквал, смерч, дуже сильний дощ, сильна злива, сильна хуртовина і курна буря, сильний туман, великий град, сильна спека і мороз;

- несприятливі гідрометеорологічні явища (НГЯ), які не досягли критеріїв ПРО Я, але значно ускладнюють виробництво спостережень. До НГЯ належать: гроза, ожеледиця, відкладення ожеледиці або замерзлого мокрого снігу на сходах драбинок, настилах, помостах; явища, що супроводжуються сильним вітром або погіршенням метеорологічної дальності видимості та ін;

- поява у районі розташування пункту спостережень чи маршруту снігозйомок хижих звірів, небезпечних життя людини;

- робота на висоті;

- прилади із ртутним заповненням (термометри, барометри).

Усі працівники наглядового підрозділу повинні пройти інструктаж (навчання на робочому місці) та перевірку знань з охорони праці.

При укомплектуванні штату важкодоступної станції (ТДС) всі працівники та члени їх сімей, що направляються для роботи та проживання в умовах ТДС, зобов'язані пройти медичний огляд, а за наявності можливості - стажування за поведінкою в екстремальних умовах (ночівля на снігу, розведення багаття, орієнтування, використання вогнепальної зброї), у разі виникнення надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру та за способами захисту у надзвичайних ситуаціях, у тому числі за правилами надання першої медичної допомоги.

Спостережні підрозділи з урахуванням умов функціонування, обсягу програм та виконуваних робіт повинні бути забезпечені необхідними керівними

документами: настановами з виробництва спостережень та робіт, відповідними інструкціями щодо використання засобів вимірювань, а також інструкціями щодо безпечної експлуатації апаратури зв'язку, енергоустановок, технічних засобів та ПЕОМ з метою дотримання вимог державних стандартів безпеки праці. Інструкції повинні зберігатися підшитими на видному місці або вивішуватись у службових приміщеннях у куточку «Охорона праці». Персонал наглядового підрозділу має бути навчений та пройти перевірку знань правил пожежної безпеки. Усі наглядові підрозділи необхідно забезпечити протипожежними засобами (вогнегасники, сходи, багри, сокири, лопати, мішки та ящики з піском, відра, ємності з водою та ін.), які повинні утримуватись у постійній готовності, у повному комплекті та бути доступні до використання. По кожному об'єкту (службові, підсобні приміщення, установки, спеціальні споруди) з персоналу наглядового підрозділу призначаються відповідальні за протипожежний стан та за кожним закріплюються конкретні функції у разі виникнення пожежі.

При користуванні пічним опаленням необхідно дотримуватись таких вимог протипожежної безпеки:

- підлога під дверцятами печі повинна бути покрита листовим залізом;
- не допускається закривати димар наглухо після закінчення топки печі (ця умова повинна передбачатися при кладці печі);
- забороняється експлуатувати несправні печі;
- забороняється використовувати для розпалювання печей швидкозаймисті матеріали.

Відповідальність за дотримання правил з охорони праці у наглядовому підрозділі покладається на начальника цього підрозділу, а в організаціях наглядової мережі – на структурні підрозділи та служби, відповідальні за безпеку функціонування наглядових підрозділів та контроль за ними.

ВИСНОВКИ

В роботі розглянуто основні тенденції зміни клімату. Зазначено, що серед можливих антропогенних причин потепління насамперед слід розглянути такі процеси, вклад яких у глобальному масштабі не оцінено належним чином: зменшення відбивної здатності (альbedo) поверхні Землі; теплове забруднення біосфери; додаткова затримка випромінюваної поверхнею Землі сонячної енергії атмосферою; і, особливо, природні чинники глобальної зміни клімату.

В роботі зауважено, що в гіпотезі парникового ефекту причину і слідство в сучасному інформаційному просторі поміняли місцями. Спостережуване останніми роками зростання температури Землі викликає зростання концентрації вуглекислого газу з океанічних вод і метану з глибин планети. Основна причина потепління – природні коливання інсоляції; антропогенний фактор робить при цьому додатковий, не оцінений належним чином внесок за рахунок теплового забруднення атмосфери та збільшення альбедоповерхності Землі. У той же час діяльність людини на планеті набула настільки масштабного характеру, що може змінювати глобальні природні процеси, і ми повинні враховувати можливі негативні аспекти цієї діяльності у зміні навколишнього середовища в тих випадках, коли вина антропогенного фактора дійсно доведена.

В роботі представлено аналіз деяких антропогенних причин кліматичних змін і розглянуті сучасні способи їх усунення.

Вуглекислий газ є парниковим газом, який значно впливає зміну клімату. Викиди вуглекислого газу збільшуються, насамперед через діяльність людини, таку як спалювання викопного палива, вирубування лісів та промислові процеси. Для вирішення проблеми підвищення рівня вуглекислого газу слід контролювати концентрацію вуглекислого газу в атмосфері. Датчики визначення вуглекислого газу необхідні контролю концентрації цього парникового газу атмосфері. Різні типи датчиків використовують різні принципи роботи, і кожен із них має свої

переваги та недоліки. Як сенсор на присутність вуглекислого газу в газовій атмосфері в роботі розглянуто вуглецевий нанокристалічний матеріал на основі піролізованого поліакрилонітрилу (ППАН). У присутності вуглекислого газу опір ППАН збільшується, що дозволяє визначати цей газ. Розглянуто взаємодію молекули вуглекислого газу з молекулярним кластером ППАН, теоретично підтверджено ефективність використання такого хіміко-молекулярного сенсора для оцінки присутності вуглекислого газу в повітрі.

Також у розділі представлені дослідження щодо спостереження за атмосферними викидами антропогенного метану. Доведено цінність супутникових спостережень Sentinel-2 для виявлення аномальних точкових джерел метану зі спектральним роздільною здатністю 20 м і частими повторними візитами. Одним із найбільших переваг мультиспектрального інструменту (MSI) Sentinel-2 для виявлення метану є той факт, що його спектральні смуги B11 і B12 не перетинаються зі спектрами поглинання інших газів, що дозволяє з більшою точністю визначити наявність викиду метану. Також слід зазначити, що здатність Sentinel-2 виявляти метанові плюми залежить від стану поверхні, а саме від її однорідності. Незважаючи на те, що метан не затримується в атмосфері так довго, як вуглекислий газ, він може завдати набагато більших збитків клімату через свою здатність ефективно поглинати тепло. Виявлення та кількісне визначення метану за допомогою супутників може не лише допомогти підприємствам зберегти свої доходи, а й допомогти людству зберегти довкілля.

В рамках наукового дослідження в роботі визначено, що інсоляційні річні приповерхневі температури повітря відрізняються від фактичних річних приповерхневих температур повітря на величину аномалії приповерхневих температур повітря. Багаторічні зміни аномалії приповерхневих температур повітря, що відображають багаторічні зміни глобального клімату (його температурного режиму), в основному визначаються багаторічними змінами температура інсоляційної контрастності та інсоляційної контрастністю. Іншими

словами, тенденції зміни глобальної температури в XX столітті і в даний час визначається розподілом сонячної радіації, що приходить по широтах - інсоляційної контрастністю.

Багатолітні зміни інсоляційної контрастності узагальнено (по областях джерела та стоку тепла) відображають багаторічні зміни меридіонального градієнта інсоляції. Меридіональним градієнтом інсоляції регулюється меридіональне перенесення тепла у системі океан – атмосфера (меридіональне перенесення тепла). Температура інсоляційної контрастності лінійно пов'язана з інсоляційною контрастністю. Інсоляційна контрастність, своєю чергою, лінійно пов'язані з нахилом осі обертання Землі. З цього випливає, що багаторічні зміни (збільшення) аномалії приповерхневих температур повітря і глобальне потепління клімату, що спостерігається, в основному, визначаються природними причинами і пов'язані зі зменшенням нахилу осі обертання Землі.

Таким чином, діяльність людини, що набуває все більш глобального характеру, проте далеко не завжди є головною причиною подій, що відбуваються на нашій планеті. Незважаючи на багато антропогенних факторів, що сприяють потеплінню клімату (зниження альбедо, теплове забруднення та ін.), немає достатніх підстав вважати людину головним фактором, який зумовив спостерігається в останні півтора століття потепління клімату.

Зважаючи на переважно природні (космічні) причини зміни клімату, зумовлені переважно змінами ступеня інсоляції планети внаслідок прецесії земної осі, вирішення негативних наслідків потепління бачиться в різних напрямках:

- Підтримка умов навколишньої людини природного середовища в оптимальному для її існування режимі (параметрах), в т.ч. За допомогою різних методів геоінжинірингу, якщо ступінь потепління визнається надлишковим;
- адаптація процесів життєдіяльності та виробничої сфери людини до змінних умов земного середовища за рахунок мінливості живої речовини, її

здатності пристосовуватися до умов зовнішнього середовища, завдяки якому «живі організми можуть протягом навіть небагатьох поколінь пристосуватися до життя за таких умов, які для колишніх поколінь були б згубні»;

- автономізація процесів життєдіяльності від умов довкілля, вироблена під час еволюції живих організмів.

В цілому глобальні зміни природного середовища відбуваються повільно, і людство повною мірою, особливо на сучасному розвитку наукової та виробничої сфери, має можливість пристосуватися до таких змін. Вже наявна практика вирішення проблем, зумовлених глобальними змінами навколишнього середовища, показує масу позитивних прикладів у тому випадку, коли вона ґрунтується на достовірних наукових знаннях про природні процеси.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Монін А.С., Шишков Ю.А. Клімат як проблема фізики // Успіхи фіз. Наук, 2000. Т. 170. № 4. С. 419-445.
2. Монін А.С., Шишков Ю.А. Історія клімату Л.: Гідрометеоздат, 1979. 408 с.
3. Федоров В.М. Проблема меридіонального перенесення тепла в астрономічній теорії клімату // Геофізичні процеси та біосфера, 2019 а. Т. 18. № 3. С. 117-128. DOI:10.21455/GPB1019.3-8.
4. Федоров В.М. Еволюція сучасного глобального клімату Землі та її можливі причини//Геориск, 2020. Т.14. № 4. С. 16 - 29. DOI: 10.25296/1997-8669-2020-14-416-29.
5. Федоров В.М. Голоценовий парадокс в астрономічній теорії клімату та проблеми орбітальної настройки // Геофізичні процеси та біосфера, 2021. Т. 20. № 1. С. 95-194.DOI:10.21455/GPB2021.1-9.
6. Climate Change. Розділ 8. Антропогенний і природний radiative forcing. 2013. Р. 659-740.
7. Алексєєв Г.В. Прояв та посилення глобального потепління в Арктиці. Фундаментальна та прикладна кліматологія, 2015. № 1. С. 11–26.
8. Jones PD, New M., Parker DE, Martin S., Rigor IG Surface Air Temperature і його варіанти понад останні 150 років // Reviews of Geophysics, 1999. V.37. Р. 173-199. DOI:10.1029/1999RG900002.
9. Jones PD, Osborn TJ, Briffa KR, Folland CK, Horton B., Alexander LV, Parker DE, Rayner NA Adjusting для стиснутої тягарства в grid-box land and ocean surface temperature time series // J. Geophys. Res., 2001. V. 106. Р. 3371-3380. DOI:10.1029/2000JD900564
10. Brohan P., Kennedy JJ, Harris I., Tett SFB, Jones PD Непрямі помітки в регіональній і глобальній технічній зміні змінюються: Нова dataset від 1850 // J. Geophys. Res., 2006. V. 111. D12106. DOI: 10.1029/2005JD006548.

11. Jones PD, Lister DH, Osborn TJ, Harpham C., Salmon M., Morice CP
Гемістичне і велике-коду краю земної сфери її температурної variations:
extensive revision і update to 2010 // J. Geophys. Res., 2012. V. 117. DO5127.
DOI: 10.1029/2011JD017139.
12. Temperature data (HadCRUD4, CRUTEM4) Climatic Research Unit Global
Temperature. – Електронний ресурс університету Східної Англії та
метеобюро Хедлі. – URL:
<http://www.cru.uea.ac.uk/cru/data/temperature/absolute.nc> Режим доступу:
(12.04.2023).
13. Сонячна радіація та клімат Землі. URL: <http://www.solar-climate.com> Режим
доступу: (12.04.2023).
14. Мохов І.І. Про вплив хмарності на енергетичний баланс кліматичної
системи // Метеорологія та гідрологія, 1982. № 8. С. 34-39.
15. Fedorov VM, Grebennikov PB Визначення довготривалого часу за межами
сфери атмосфери ґрунтується на вилученні даних // Izvestiya atmospheric and
oceanic. 2017. V. 53. № 8. P. 757-768. DOI: 10.1134/S0001433817080047.
16. Giorgini JD, Yeomans DK, Chamberlin AB, Chodas PW, Jacobson RA, Keesey
MS, Lieske JH, Ostro SJ, Standish EM, Wimberly RN JPL`s On-Line Solar
System Data Service // Bulletin of American Astronomical Society, 1996. V. 28
(3). P. 1158.
17. NASA, Jet Propulsion Laboratory Institute of Technology California (JPL Solar
System Dynamics). URL: <http://ssd.jpl.nasa.gov>. Електронний ресурс
національної аерокосмічної агенції США. Режим доступу: (12.04.2023).
18. Федоров В.М., Костін А.А. Обчислення інсоляції Землі для періоду від
3000 до н.е. до 2999 р. н.е. // Процеси в геосередовищах, 2019. № 2. С. 254-
262

19. Rudolf B., Scheider U. Calculation of gridded precipitation data for global land-surface using in-situ gauge observations // Proceedings IPWG. Monterey, 2004. P. 1 - 14.
20. Met Office Hadley Centre observations datasets. Електронний ресурс університету Східної Англії та метеобюро Хедлі. URL: <http://www.metoffice.gov.uk/hadobs/hadcrut4/data/current/download.html>. – Режим доступу: (12.04.2023).
21. Climatic Research Unit (University of East Anglia) та Met Office. Електронний ресурс університету Східної Англії та метеобюро Хедлі. URL: <http://crudata.uea.ac.uk/cru/data/temperature> Режим доступу: (12.04.2023).
22. Федоров В.М. Багаторічні зміни у перенесенні променистої енергії на верхній межі атмосфери // Процеси в геосередовищах, 2019 б. - № 1 (19). - С. 107-111.
23. Pettorelli, N., Nagendra, H., Williams, R., Rocchini, D. & Fleishman, E. (2015). На новій платформі допоможуть дослідження в інтер'єрі remote sensing, ecology and conservation.
24. Latty, RS, Nelson, R., Markham, B., Williams, D. & Toll, D. (1985). Performance Comparisons Between Information Extraction Technics Using Variable Spatial Resolution Data.
25. Xiao, C.; Fu, B.; Shui, H.; Guo, Z.; Zhu, J. Визначення Sources of Methane Emission from Oil Shale Mining and Processing Using Airborne Hyperspectral Data. Remote Sens. 2020, 12, 537.
26. Kiehl, JT; Trenberth, KE Earth's annual global mean energy budget. Bull. Am. Meteorol. Soc. 1997.
27. Irakulis-Loitxate, I.; Guanter, L.; Maasakkers, JD; ZavalaAraiza, D.; Aben, I. Satellites Detect Abatable Super-Emissions в Одну з World's Largest Methane Hotspot Regions. Environ. Sci. Technol. 2022, 56, 2143.
28. Бялко А. Світове населення та варіації клімату // Природа. 2018. № 7. С. 51.

- 29.Вернадський В.І. Біосфера. М.: Думка, 1967. 367 з.
- 30.Вернадський В.І. Наукова думка, як планетне явище. М: Наука, 1991. 270 с.
- 31.Вернадський В.І. Сторінка з історії ґрунтознавства (Пам'яті В.В. Докучаєва). М.: Типографія т-ва І.М. Кушнеров та К, 1904. 23 с.
- 32.ГЕО-4. Четверта доповідь Програми ООН з навколишнього середовища. ЮНЕП, 2007. 572 с.
- 33.Єфімов В.І. Реальність вуглецевого сліду у світовій зміні клімату // Життя Землі. 2021. Т. 43, №3. С. 328-335. DOI: 10.29003/m2437.0514-7468.2020_43_3/328-335.
- 34.Лобковський Л.І. Можливий сейсмогенно-тригерний механізм різкої активізації емісії метану та потепління клімату в Арктиці // Арктика: екологія та економіка. 2020. № 3 (39). С. 62-72. DOI: 10.25283/2223-4594-2020-3-62-72.
- 35.Писарева В.В. Реконструкція палеоландшафтів лихвінського міжльодовиків і подальшого похолодання біля Східної Європи // Изв. РАН. Серія географії. 2012. № 3. С. 54-70.
- 36.Снакін В.В. Глобальні зміни клімату: прогнози та реальність // Життя Землі. 2019. Т. 41, № 2. С. 148-164.
- 37.Федоров В.М., Алтунін І.В., Фролов Д.М. Вплив діоксиду вуглецю антропогенного генези на термічний режим атмосфери та його зміни // Життя Землі. 2022. Т. 44, № 4. С. 402-414. DOI: 10.29003/m3115.0514-7468.2022_44_4/402-414.
- 38.Федоров В.М., Голубєв В.М., Фролов Д.М. Багаторічна мінливість інсоляції Землі та змісту двоокису вуглецю в атмосфері // Життя Землі. 2018. Т. 40, № 1. С. 12-21.
- 39.Bajo P., Drysdale RN, WoodheadJ.D., Hellstrom JC, Hodell D., Ferretti P., Voelker AHL, Zanchetta G., Rodrigues T., Wolff E., Tyler J., Frisia S., Spotl G.,

- Fallick AE Persistent influence obliquity on ice age terminations since Middle Pleistocene transition // Science. 2020. V. 367 (6483). P. 1235. DOI: 10.1126/science.aaw1114.
40. Donchyts G., Baart F., Winsemius H., Gorelick N., Kwadijk J., Giesen N. Зовнішній бік води, що змінюється за літо 30 років // Nature Climate Change. 2016. V. 6. P. 810-813.
41. Friis-Christensen E., Lassen K. Length of Solar Cycle: Індикатор Solar Activity Closely Associated with Climate // Science, New Series. 1991. Vol. 254, No. 5032. P. 698-700.
42. Guoqian W., Xuequan W., Bo. W. and Qi L. Desertification and its Mitigation Strategy in China // J. of Resources and Ecology 3 (2), 97–104 (1 June 2012) (<https://doi.org/10.5814/j.issn.1674764x.2012.02.001>).
43. Lough A., Wiens D., Grace Barcheck C. та ін. Seismic detection of antive subglacial magnetic complex in Marie Byrd Land, Antarctica // Nature Geosci. 2013. V.6. P. 1031-1035. <https://doi.org/10.1038/ngeo1992>.
44. Rapp D. Ice Ages and Interglacials: Measurements, Interpretation and Models. Berlin-Heidelberg-New York: Springer, 2009. 292 с. С. 85.
45. Robinson AB, Robinson NE, Soon W. Environmental Effects of Increased Atmospheric Carbon Dioxide // The J. of Amer. Physicians and Surgeons. 2007. V. 12(3). P. 79-90.
46. Shakhova N., Semiletov I. Methane release and coastal environment in the East Siberian Arctic shelf // J. of Marine Systems. 2007. V. 66 (1-4). P. 227-243.
47. Zhu LK Dynamics of Desertification and Sandification в Китаї. Beijing: China Agricultural Publishing, 2006.
48. About Creation of Sensor of New Firefighting, Devices Based on Nanostructures for Determination of Carbon Monoxide and Carbon Dioxide Components / SV Boroznin, OA Kakorina, IA Kakorin, ES Dryuchkov // "Smart technologies" for

society, state and economy, Volgograd, 02 -03 липня 2020 року. - Volgograd: Springer, 2021. - P. 277-287. - DOI 10.1007/978-3-030-59126-7_31.

49. Газовий сенсор на багатостінних вуглецевих нанотрубках, що працює на реєстрації чотирьох електрофізичних параметрів / С. А. Жукова, Д. Ю. Обіжаєв, О. В. Демічова [та ін] // Нано-і мікросистемна техніка. - 2007. - № 4. - С. 60-64.

ДОДАТОК А
Перелік зауважень нормоконтролера до кваліфікаційної роботи бакалавра
студентки групи ЕКО-19 Поліни ІВАНОВОЇ

Позначення документа	Документ	Умовна відмітка	Зміст зауваження

Науковий керівник

_____ (підпис, дата) (ПІБ)

Олексій КУТНЯШЕНКО

Нормоконтролер

_____ (підпис, дата) (ПІБ)

Олексій КУТНЯШЕНКО

Завідувач кафедри

_____ (підпис, дата) (ПІБ)

ВІКТОР КОСТЕНКО