

УДК 528.88-519.6

Аналіз залежності між концентрацією CO₂ в атмосфері та температурою повітря для дослідження та прогнозування кліматичних змін в Україні

В. І. Лялько, О. А. Апостолов*, Л. О. Єлістратова, І. Г. Артеменко

ДУ "Науковий центр аерокосмічних досліджень Землі ІГН НАН України", Київ, Україна

Проаналізовано зміни вмісту CO₂ в атмосфері над територією України на основі вимірів приладом SCIAMACHY (космічний апарат ENVISAT) за 2003–2011 роки та з супутника GOSAT за 2010–2012 роки. Ці результати були зіставлені з температурою повітря за наземними метеорологічними спостереженнями в Україні. При цьому виявлено корелятивні зв'язки між змінами вмісту CO₂ в атмосфері та температурою повітря.

Встановлено, що значення концентрації CO₂ в атмосфері та температура повітря (°C) знаходяться в прямій корелятивній залежності, що дає можливість прогнозувати зміни концентрації CO₂, маючи тренд температури і навпаки.

Ключові слова: температура повітря, концентрації CO₂, тренд, SCIAMACHY, GOSAT

© В. І. Лялько, О. А. Апостолов, Л. О. Єлістратова, І. Г. Артеменко. 2016

Актуальність дослідження

Клімат України є частиною загальної глобальної кліматичної системи. Всі аномалії температури, опадів, стихійних явищ в Україні є наслідком макрорегіональних процесів в Атлантико-Європейському секторі атмосферної циркуляції. Що стосується регіонального антропогенного фактора в Україні, то він формується довготривалим періодом ведення господарської діяльності. Антропогенний вплив проявляється в масштабах мікроклімату і змінює місцеву циркуляцію, але на рівні великомасштабної циркуляції цей вплив не є суттєвий. Слід зазначити, що накладання глобального антропогенного фактора та регіонального (Україна) антропогенного фактору значною мірою змінюють сучасні кліматичні умови у бік потепління.

Встановлено, що з факторів антропогенного впливу основними є збільшення концентрації парникових газів і збільшення викидів аерозолів в атмосферу.

Розраховано, скільки сонячної енергії і тепла поглинають різні парникові гази. Знаючи хімічний склад атмосфери, легко можна пояснити поглинання парниковими газами інфрачервоного випромінювання Землі. Природний парниковий ефект Землі — це збалансований процес, завдяки йому середня температура земної поверхні на 32 градуси вища, ніж була б при його відсутності. Антропогенне збільшення концентрації парникових газів в атмосфері призведе до посилення природного парникового ефекту [1]. Сьогодні уже мало хто з учених, які безпосередньо займаються проблемою зміни клімату, не враховує цього факту. На даний час викликає турбо-

ту, яка кількість парникових газів може стати критичною і викличе незворотні порушення енергетичного балансу Земля–Космос.

Емісія парникових газів, що триває, спричинятиме подальше потепління і зміни в усіх компонентах кліматичної системи. Обмеження кліматичних змін потребуватиме значного і безперервного зниження викидів парникових газів [6]. Для контролю рівня CO₂ в атмосфері в останнє десятиліття активно використовують дані, отримані з супутників, які насамперед дають можливість постійного спостереження за концентрацією вуглекислого газу в атмосфері. В процесі технічного вдосконалення супутників, що несуть на собі сенсори по визначенню CO₂ в атмосфері, розробки та оптимізації алгоритмів обробки даних, з'являються можливості обчислювати якісніші глобальні сценарії змін і оцінювати з більшою точністю істотні регіональні зміни, спричинені зростанням концентрації CO₂.

Прогнози на наступні кілька десятиліть демонструють просторову картину змін клімату, подібну до прогнозу на кінець XX ст., але з нижчими значеннями у глобальному масштабі [2]. Що стосується України то з початку XXI ст. спостерігається досить стрімкий процес потепління клімату. До цього потрібно адаптуватися, готуватися і розуміти, що по іншому при таких умовах і темпах підвищення температури у найближчі 10–20 років не буде. Знаючи реальну інформацію про сучасний клімат в нашій країні, це дасть можливість зменшити економічні та соціальні наслідки зміни клімату, і отримати можливі вигоди з процесу потепління. Тому для вирішення поставлених задач слід залучати матеріали дистанційного зондування, які можуть забезпечити постійні, з географічною прив'язкою регулярні продукти. Дистанційне зондування допоможе інтерполювати дані

* alex@casre.kiev.ua

спостережень на території, що не охоплені мережею метеорологічних станцій. Саме поєднання метеорологічних величин та даних ДЗЗ дуже важливе для розуміння коливань та змін клімату, особливо на території, де відносно густа сітка метеорологічних станцій (190). Таким чином, територія України може бути прикладом для отримання реальних характеристик змін клімату.

Мета роботи

Виявлення корелятивних зв'язків між даними CO₂ та температурою повітря для дослідження сучасної зміни клімату в Україні.

Аналіз останніх досліджень публікацій

Для вирішення наукової задачі по визначенню концентрацій парникових газів в атмосфері актуальною постає робота по оптимізації моніторингу та коректній оцінці інформації про вміст основних парникових газів (зокрема CO₂ та CH₄) над територіями країн. Необхідно зазначити, що технічні можливості по оцінці концентрацій парникових газів супутниковими методами з'явилися у 2002 році, коли були задіяні супутники Envisat-1 та Aqua, на яких розміщуються сенсори SCIAMACHY та AIRS відповідно, що визначають вміст парникових газів в атмосфері. В працях таких іноземних науковців, як М. Buchwitz, М. Reuter, Oliver Schneising, Edward. T. Olsen, Thomas S. Pagano, Н. Takagi, І. Morino [6], розроблено алгоритми визначення концентрацій за даними сенсорів, проведена верифікація на окремих ділянках, оцінена загальна достовірність визначення концентрації для деяких типів підстильної поверхні, отримані глобальні розподіли концентрацій парникових газів, визначені напрямки роботи з розрахунків концентрації на регіональному масштабі.

Серед українських фахівців в даному напрямі необхідно відмітити роботи В. І. Лялька, Ю. В. Костюченка, О. Д. Федоровського, О. І. Сахацького, Д. М. Мовчана [3–5], які спрямовані на уточнення регіональних даних концентрації парникових газів, їх верифікацію та калібровку з даними наземних полігонів, геопросторовий аналіз, розробку і оптимізацію методів використання для оцінки балансу парникових газів на регіональному рівні і для проблемно-орієнтованих моделей енергомасообміну в геосистемах.

Серед новіших досліджень слід відмітити розрахунки окремо динаміки зміни концентрації CO₂ в атмосфері та температури повітря, як для країни в цілому, так і для кожної адміністративної області окремо, результати наведені у монографії [6].

В зв'язку із доволі швидкою зміною кліматичних показників за останні роки ХХІ ст., постає питання про подальшу оцінку зміни в концентрації CO₂, що провокують кліматичні зміни (зокрема зміни темпе-

ратури повітря) для дослідженнями та прогнозування кліматичних змін в Україні.

Матеріали і методика дослідження

Для встановлення зв'язків між температурою повітря та вмісту CO₂ в атмосфері, нами було підготовлені дані середньорічної температури по Україні за даними 54 наземних метеорологічних станцій та дані по концентрації CO₂ по всій території України за даними супутника ENVISAT сенсор SCIAMACHY з просторовою розрізненістю 0.5 на 0.5 градуси за період з 2003 по 2011 роки та з супутника GOSAT з просторовою розрізненістю 2.5 на 2.5 градуси за 2010–2012 роки.

Виклад матеріалу

Спочатку було виконано кореляцію між вхідними наборами даних, коефіцієнт кореляції: $R^2 = 0.25$. Таким чином, можливо зробити висновок, що безпосередньо дані неможливо порівнювати, через складний характер графіку розподілу температур (рис. 1).

Нами було запропоновано, провести осереднення первинних даних температури ковзним вікном розміром 5 років. Такий підхід застосовується в прикладних науках, наприклад в кліматології, він дозволяє осереднити первинні дані, прибрати екстремальні значення.

Наступним кроком було визначено тренду розподілу осереднених значень температур, для території України рівняння тренду має вигляд:

$$Y = 0.09440606061 \cdot X - 180.4452667,$$

де X — це роки, а Y — значення температури (°C). Коефіцієнт кореляції між трендом та осередненими 5-ти літніми ковзним вікном значеннями температур: $R^2 = 0.64$.

Останнім кроком було проведено співставлення тренду температур та первинних даних концентрації CO₂, коефіцієнт кореляції $R^2 = 0.99$, а само рівняння має вигляд: $Y = 0.04951201885 \cdot X - 9.67715908$, де X — це концентрація CO₂ (ppmV), а Y — значення температури (°C) (рис. 2).

Отримані результати дозволяють зробити попередній висновок, що значення концентрації CO₂ в атмосфері та температура повітря (°C) знаходяться в прямій кореляційній залежності. Таким чином, можливо уточнити регіональний прогноз зміни температури повітря, маючи супутникові дані про зміни концентрації CO₂ для території України.

Висновки та рекомендації

Для передбачення та прогнозування можливого перебігу та негативного впливу на довкілля, економіку і умови життєдіяльності населення України від

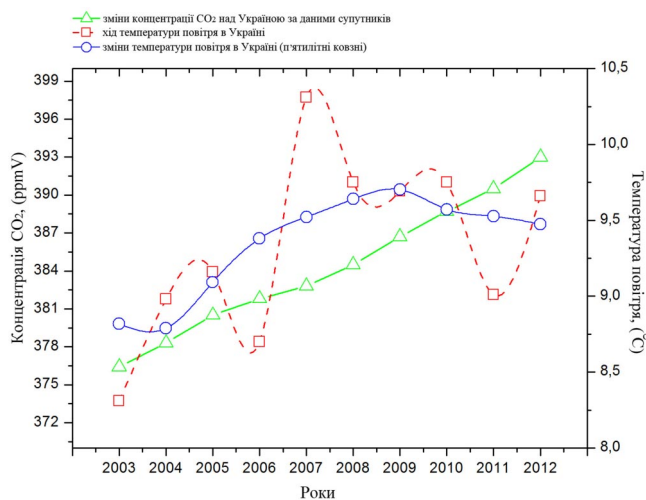


Рис. 1. Зіставлення зміни концентрації CO_2 , температури повітря та температури повітря осередненою п'ятилітніми ковзними на території України

змін клімату на коротко- і середньострокову перспективу потрібна організація додаткових наукових досліджень впливу фактичних та очікуваних змін клімату, превентивно організувати постійний оперативний моніторинг стану концентрації CO_2 , провести прогнозування сценаріїв розвитку та ризику можливих загроз навколишньому середовищу та суспільству і запропонувати оперативно діючу систему заходів та механізмів їх реалізації по мінімізації впливу цих загроз.

Слід зазначити, що для прийняття обґрунтованих рішень із питань адаптації до зміни клімату необхідно перетворити, якщо це можливо в кількісну форму всі елементи аналізу інформації зі змін клімату. Обов'язково враховувати супутникову інформацію, що дозволить технічними засобами перевірити результати досліджень зі змін клімату.

Інформація повинна пройти авторську перевірку і незалежну експертну академічну оцінку.

У процесі використання інформації про майбутній клімат відчувається її недостатність, а також неповнота доказів щодо її достовірності. І все ж таки нею не слід нехтувати. Там, де не можливо дати кількісну оцінку, доцільним є доповнення інформації рядом тверджень якісного логічного характеру.

У розгляді прогнозів, які містять деякі попередження про несприятливий розвиток подій, рішення потрібно приймати, не дочекавшись, поки настане цілковита ясність подій. Слід відзначити, що кінцева ясність взагалі може не наступити або наступити занадто пізно.

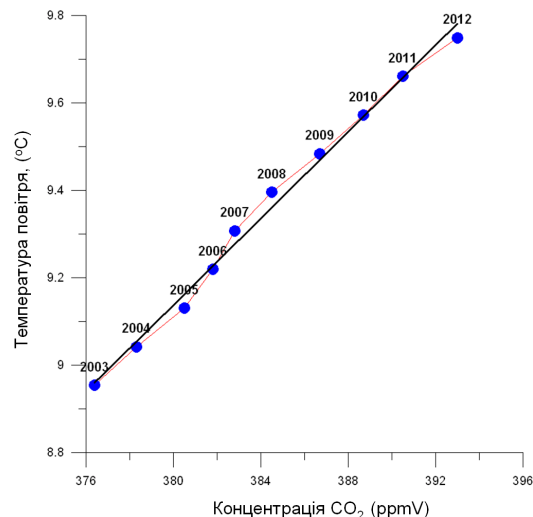


Рис. 2. Зіставлення тренду температури повітря та первинних даних концентрації CO_2

Кінцевий вибір може здійснюватися тепер і в майбутньому на основі тверджень учених і спеціалістів.

Публікація містить результати досліджень, проведених при грантовій підтримці Державного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом № Ф64/25-2015, № Ф64/20-2016.

Література

1. Дослідження впливу змін CO_2 та CH_4 в атмосфері на клімат за матеріалами космічних зйомок / В. І. Лялько [та ін.] // Геол. журнал. — 2007. — № 4. — С. 7–16.
2. Клімат України: у минулому... майбутньому? / Кульбіда М. І. [та ін.]. — К.: Сталь, 2009. — 234 с.
3. Лялько В. І. Оцінка впливу астрономічних та геоботанічних факторів на формування кліматичних особливостей регіонів (на прикладі України) / В. І. Лялько, Д. М. Мовчан, С. В. Сябряй // Геоінформатика. — 2009. — № 3. — С. 74–82.
4. Особенности дистанционного зондирования Земли при исследовании глобальных и региональных изменений климата / В. И. Лялько [и др.] // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса: Физические основы, методы и технологии мониторинга окружающей среды, потенциально опасных явлений и объектов: Сб. науч. статей. Т. 2. — М.: GRANP polygraf, 2005. — С. 23–27.
5. Парниковый эффект і зміни клімату в Україні: оцінки та наслідки / За ред. Лялька В. І. — К.: НВП "Наукова думка" НАН України, 2015. — 283 с.
6. Alexander Lisa V. Climate Change 2013 / Alexander Lisa V., Allen Simon K., Bindoff Nathaniel L. // The Physical Science Basis. — 2013. — 30 p.

АНАЛИЗ ЗАВИСИМОСТИ МЕЖДУ КОНЦЕНТРАЦИЕЙ CO_2 В АТМОСФЕРЕ И ТЕМПЕРАТУРОЙ ВОЗДУХА ДЛЯ ИССЛЕДОВАНИЙ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ В УКРАИНЕ

В. И. Лялько, А. А. Апостолов, Л. А. Елистратова, И. Г. Артеменко

Проанализировано изменения содержания CO_2 в атмосфере над территорией Украины на основании измерений прибором SCIAMACHY (космический аппарат ENVISAT) за 2003–2011 годы и данных со спутника GOSAT за 2010–2012 года. Эти

результаты были сопоставлены с температурой воздуха по наземным метеорологическим наблюдениям в Украине. При этом выявлено коррелятивные связи между изменениями содержания CO_2 в атмосфере и температурой воздуха. Установлено, что значение концентрации CO_2 в атмосфере и температура воздуха ($^{\circ}\text{C}$) находятся в прямой корреляционной зависимости, что дает возможность прогнозировать изменения концентрации CO_2 , имея тренд температуры и наоборот.

Ключевые слова: температура воздуха, концентрация CO_2 , тренд, SCIAMACHY, GOSAT

ANALYSIS OF THE RELATIONSHIP BETWEEN THE CONCENTRATION OF CO_2 IN THE ATMOSPHERE AND TEMPERATURE OF THE AIR FOR RESEARCH AND FORECASTING OF CLIMATE CHANGE IN UKRAINE

V. I. Lyalko, A. A. Apostolov, L. A. Elistratova, I. G. Artemenko

The changes of content of CO_2 in the atmosphere over the territory of Ukraine on the basis of measurements from ENVISAT/SCIAMACHY for 2003–2011 and from GOSAT for 2010–2012 have been analyzed. These results have been compared with the air temperature from ground meteorological observations in Ukraine. It is revealed the correlative relationship between changes of content of CO_2 in the atmosphere and the air temperature.

It is established that value of concentration of CO_2 in the atmosphere and the air temperature ($^{\circ}\text{C}$) are in direct correlation dependence that gives the chance to predict changes of concentration of CO_2 , having temperature trend and vice versa.

Keywords: temperature, concentration of CO_2 , trend, SCIAMACHY, GOSAT