

Бургаз О.А. ас., Снісаренко В.В. ас.
Одеський державний екологічний університет

ЗАБРУДНЕННЯ АТМОСФЕРИ ВУГЛЕКИСЛИМ ГАЗОМ НАД ТЕРИТОРІЄЮ УКРАЇНИ

Досліджені особливості просторової структури полів вуглекислого газу в атмосфері над територією України. На основі матриць вихідних значень загального вмісту вуглекислого газу були побудовані матриці осереднених значень для кожного сезону окремо та для всього періоду дослідження. Побудовані та досліджені поля осереднених значень і поля середніх квадратичних відхилів. Отримані накопичені значення вмісту CO₂ в атмосфері.

***Ключові слова:** вуглекислий газ, поля концентрацій ВГ, структура, градієнт, матриці коваріацій, накопичені значення.*

Загальна постановка проблеми та аналіз останніх досліджень і публікацій.

Проблема глобального кругообігу вуглецю (ГКВ) привернула за останні десятиліття особливу увагу у зв'язку з численними, часто спекулятивними, поясненнями ролі CO₂ в зміні клімату в майбутньому [1]. На жаль, до теперішнього часу відсутня достатньо об'єктивна оцінка цієї ролі. Опубліковані недавно роботи [2, 3, 4] підвели перші підсумки створення формалізованої технології оцінки парникового ефекту за рахунок CO₂ з урахуванням ролі наземних і океанських екосистем. Був показаний інтерактивний зв'язок між глобальним круговоротом вуглецю у формі CO₂ і змінами клімату. Формалізація цього зв'язку заснована на синтезі глобальної моделі функціонування системи «природа-суспільство (СПС)» при обліку просторового розподілу елементів цієї системи, що дозволяє звести в єдину взаємно зв'язану схему причинно-наслідкові співвідношення потоків вуглецю між різними його біосферними і геосферними резервуарами.

Об'єктивна формалізація біосферних джерел і стоків CO₂ як функцій параметрів навколишнього середовища і облік реальної ролі антропогенних процесів стають можливими завдяки останнім розробкам багатьох авторів, що розвивають моделі різного ступеня детальності опису розподілених в просторі потоків вуглецю і їх взаємодії з компонентами СПС [5].

Матеріали і методи дослідження. У якості вихідних були взяті дані міжнародного проекту GEMS [6]. Даний проект використовує дані, отримані за допомогою радіометрів високого дозволу, що встановлені на метеорологічних супутниках. Вихідна супутникова інформація була оброблена у моделі ре-аналізу з метою прив'язки даних до регулярної сітки точок. Вихідні дані представляють собою інформацію про загальний вміст вуглекислого газу в стовпі атмосфери площею поперечного перерізу 1 м² і мають розмірність кг/м². Таким чином використовувалась строкова інформація про вміст діоксиду вуглецю за 12 годин (за Гринвічем) у регулярній сітці точок з просторовим дозволом 1,125° широти × 1,125° довготи. Інформація була відібрана за період з 1 січня 2003 р. по 31 грудня 2007 р. Таким чином ряд даних склав 1826 значень для кожного вузла сітки точок.

На основі вихідних даних, методом осереднення, були отримані середньомісячні значення загального вмісту вуглекислого газу в атмосфері. В результаті осереднення отриманий ряд середньомісячних значень загального вмісту CO₂ в атмосфері, що склав 60 членів для кожного вузла сітки точок. Дана процедура дозволила отримати значення загального вмісту вуглекислого газу в атмосфері для кожного сезону окремо та для всього періоду дослідження, тобто поле середніх значень загального вмісту CO₂ в атмосфері за п'ятирічний період.

В якості території дослідження був взятий сектор північної півкулі між $52,875^\circ$ та $43,875^\circ$ півн. ш. та $21,345^\circ$ і $40,5^\circ$ сх. д. Таким чином, враховуючи крок сітки точок, загальна кількість точок склала 162. Це дало змогу побудувати матрицю середньомісячних значень загального вмісту вуглекислого газу в атмосфері розміром 162×60 .

Осереднені поля CO_2 представляють інтерес, так як відображають характер просторової мінливості вуглекислого газу з часом над територією України.

На основі матриці середньомісячних значень, були отримані матриці коваріації, які, в свою чергу, дали змогу отримати матриці середніх квадратичних відхилень. Таке розділення значно спрощує коваріаційний аналіз полів вуглекислого газу з часом над територією України.

Дослідження статистичної структури полів вуглекислого газу виконувалось за допомогою методу багатовимірного статистичного аналізу, а саме – кореляційного аналізу [7].

Для одержання матриць коваріацій використовувалось матричне рівняння

$$K_X = \frac{1}{m-1} \Delta X' \Delta X, \quad (1)$$

де m – об'єм вибірки;

ΔX – матриця центрованих елементів;

$\Delta X'$ – транспонована матриця центрованих елементів.

Як відомо, на головній діагоналі матриці коваріацій розташовуються дисперсії величини, що досліджується. Маючи матрицю коваріацій, можна легко сформувати діагональну матрицю середніх квадратичних відхилень.

Результати дослідження та їх аналіз. Аналізуючи поле загального вмісту вуглекислого газу (ВГ) для всього періоду дослідження можна відмітити, що вся територія України знаходиться у зоні порівняно невеликих меридіональних градієнтів, при цьому ізолінії поля приймають квазіширотний напрямок (рис. 1). Звертає на себе увагу зона мінімуму над територією Румунії та максимум, що знаходиться над територією Росії. Величина градієнтів досягає $0,15 \text{ кг/м}^2/1^\circ$ широти.

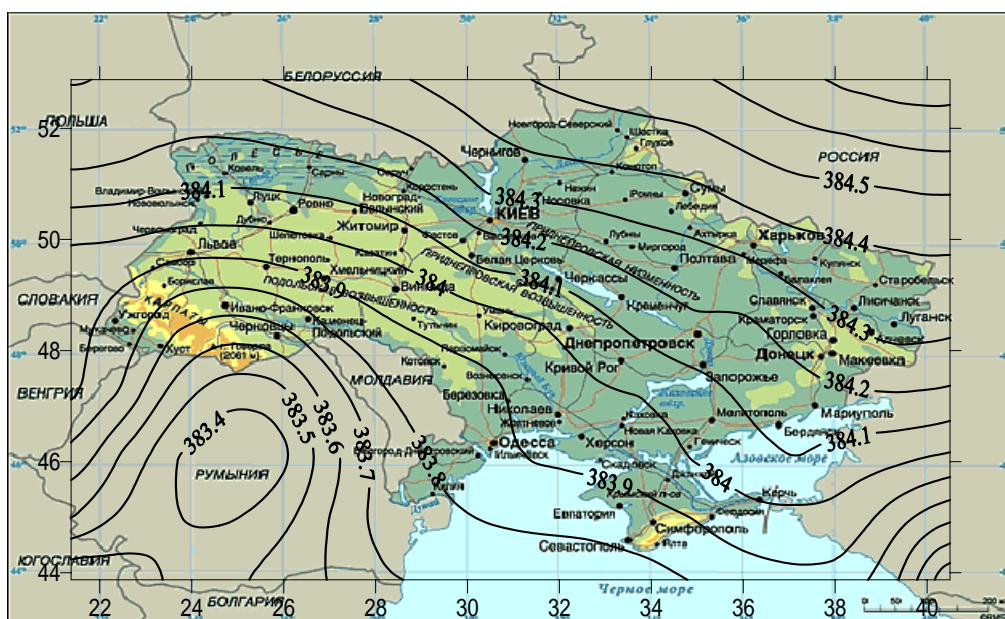


Рис. 1 – Поле середньомісячних значень загального вмісту CO_2 (2003 – 2007).

При розгляді середньосезонних полів загального вмісту діоксиду вуглецю в атмосфері можна помітити значну схожість їх у осінній та зимовий періоди. Характер розподілу CO_2 над територією України восени і взимку майже ідентичний, він також дуже схожий зі структурою поля ВГ отриманого для всього періоду дослідження (рис. 2 – 3). Тут також проявляється зона мінімальних значень над Румунією і максимуму над територією Росії. Відмінність між ними полягає у тому, що взимку спостерігається збільшення вмісту CO_2 у атмосфері.



Рис. 2 – Поле середньомісячних значень загального вмісту CO_2 (осінній період).

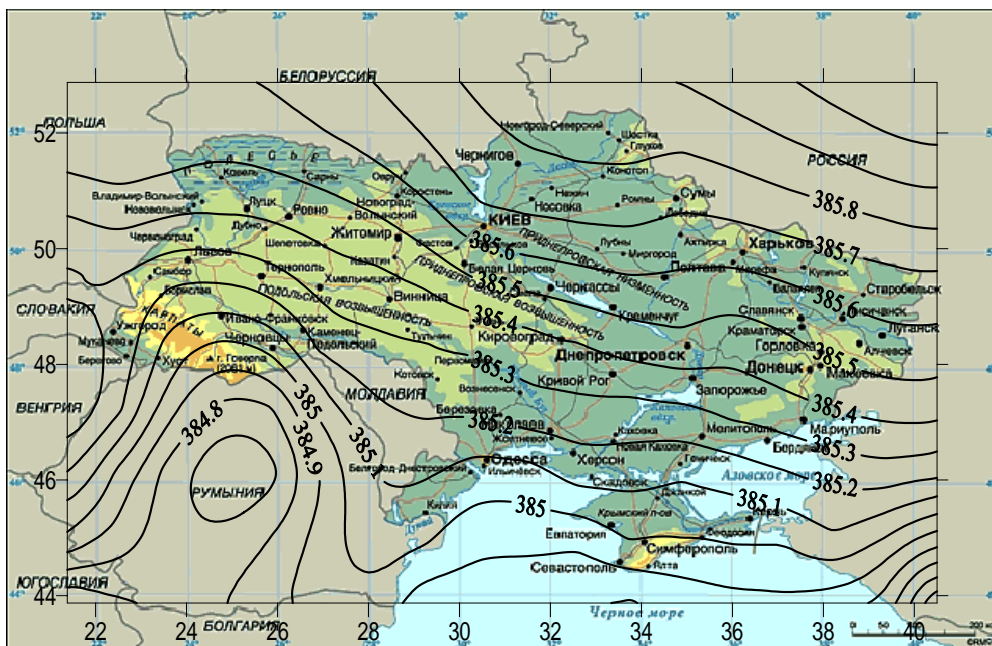


Рис. 3 – Поле середньомісячних значень загального вмісту CO_2 (зимовий період).

Навесні територія України знаходиться у зоні відносно високих меридіональних градієнтів загального вмісту вуглекислого газу (рис. 4). величина градієнтів складає у середньому $0,2 \text{ кг/м}^2 / 1^\circ$ широти.

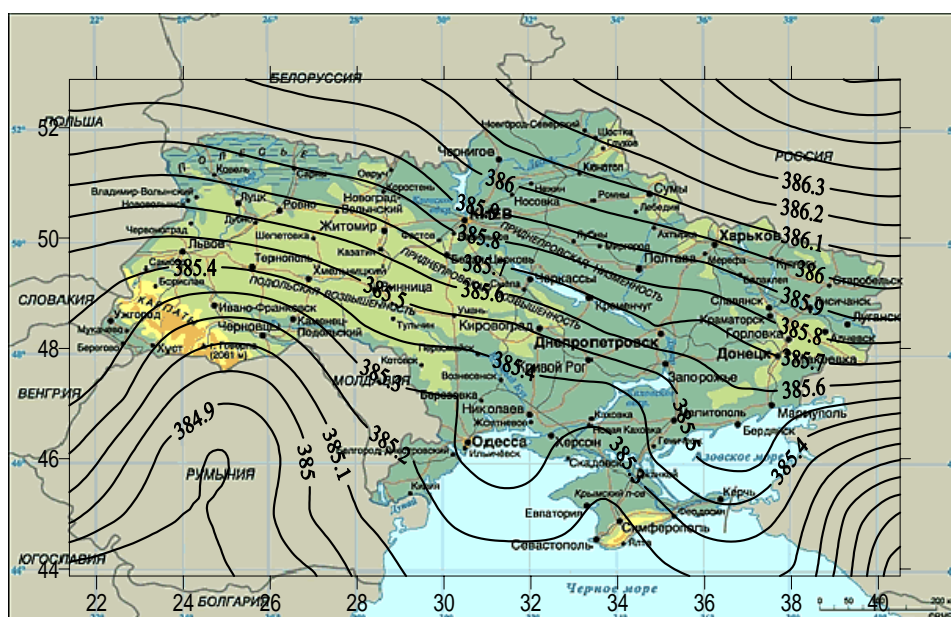


Рис. 4 – Поле середньомісячних значень загального вмісту CO_2 (весняний період).

Характер поля вмісту вуглекислого газу влітку в основному формується під впливом зони мінімуму над Румунією (рис. 5). Як можна побачити з рис. 5, в західних областях зональний розподіл ізоліній поля CO_2 цілковито обумовлений саме впливом зони мінімуму. Проте квазімеридіональний напрямок ізоліній у центральних та східних областях спричинений взаємовпливом зони мінімальних значень, що згадувалась вище, та зони максимуму в районі російського Приазов'я.

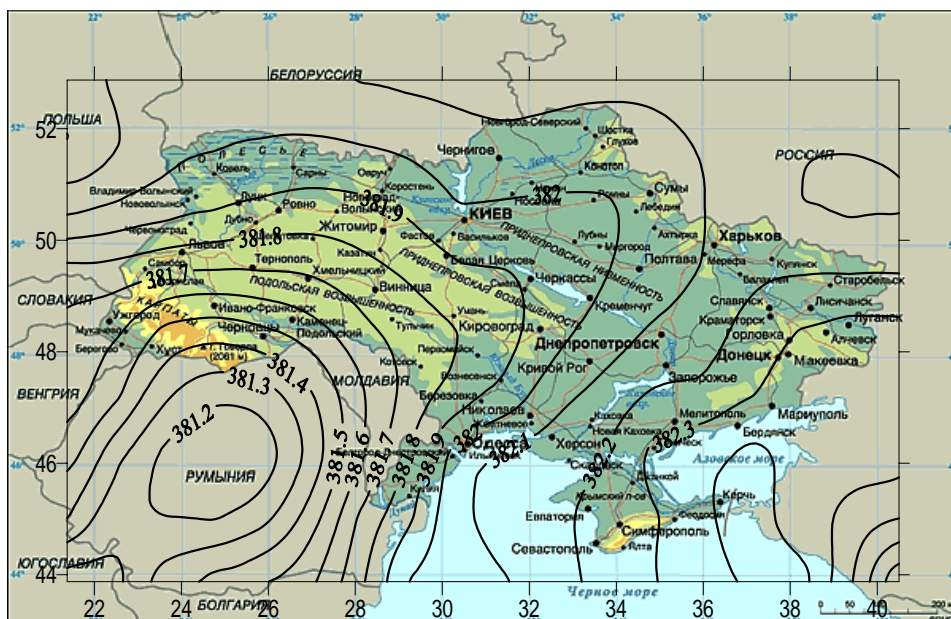


Рис. 5 – Поле середньомісячних значень загального вмісту CO_2 (літній період).

Надзвичайно цікаву особливість загального вмісту вуглекислого газу виявляє часовий хід накопичених значень CO_2 для сектору, що досліджується (рис. 6). Накопичені величини, отримані шляхом знаходження суми значень вмісту CO_2 для всіх точок поля.

Як видно з рисунку, у п'ятирічному ході надзвичайно виразно проявляється тренд збільшення кількості вуглекислого газу в атмосфері. Крім того наявна сезонна компонента змін накопичених значень.

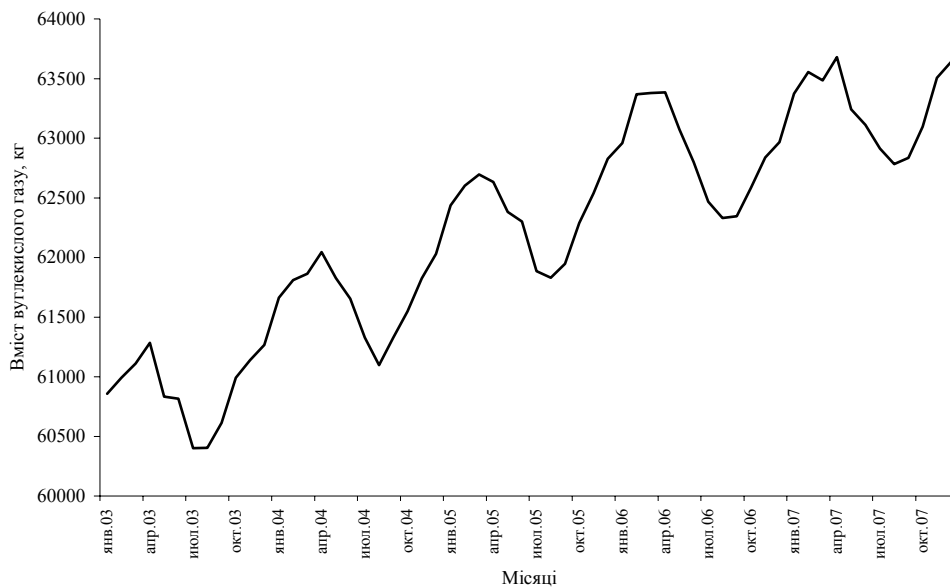


Рис. 6 - П'ятирічний хід накопичених значень CO_2 для сектору дослідження.

Сезонні змінування концентрації CO_2 в атмосфері можуть бути пояснені поглинанням ВГ зеленими рослинами у весняно-літній період в процесі фотосинтезу.

Важливою характеристикою статистичної структури є поля мінливості CO_2 . Як і для осереднених значень, поля мінливості були отримані як для усього періоду дослідження, так і для кожного сезону окремо.

Розглядаючи поле середніх квадратичних відхилень (СКВ), що отримане для всього періоду дослідження на основі середньомісячних значень загального вмісту CO_2 в атмосфері, можна відзначити, що вся територія України знаходиться у зоні досить високих меридіональних градієнтів мінливості (рис. 7).

Як видно з рисунку, мінливість поступово збільшується у північному напрямку. Слід зазначити, що над східними районами України меридіональні градієнти більш значні ніж над західними і складають близько $0,06 \text{ кг/м}^2/1^\circ$ широти, в той час як над західними регіонами ці показники складають близько $0,03 \text{ кг/м}^2/1^\circ$ широти.

У весняний період поле мінливості загального вмісту вуглекислого газу має досить складну структуру (рис. 8). В цей період формування поля мінливості відбувається під впливом центру підвищених значень СКВ над територією Росії та центру зменшеної мінливості над територією Румунії.

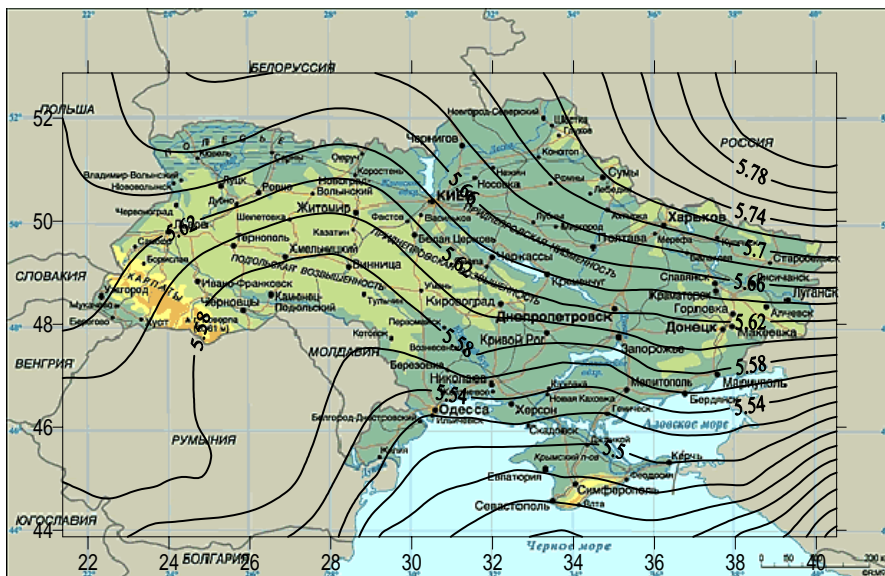


Рис. 7 – Поле середніх квадратичних відхилень вмісту CO₂ (2003 – 2007).

Така структура поля СКВ призводить до зміни напрямку ізоліній над територією України. Як видно з рисунку, над західними регіонами України ізолінії поля СКВ мають широтний характер. Такий же характер має структура поля мінливості над південними регіонами. Тут також відмічається згущення ізоліній та збільшення меридіонального градієнту мінливості загального вмісту CO₂ в атмосфері у районі 47° півн. ш. та 36° сх. д. В цей же час, над центральними та східними регіонами України ізолінії поля СКВ мають меридіональний напрямок.

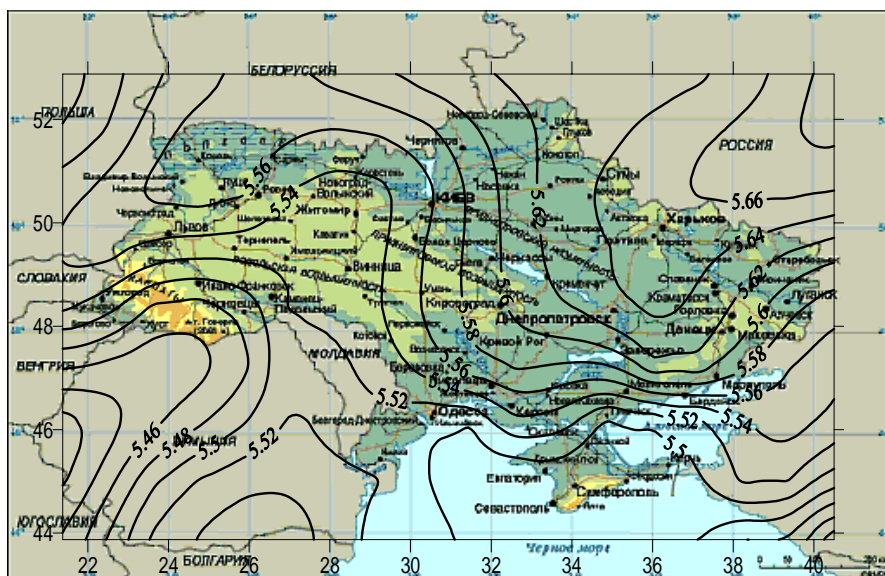


Рис. 8 – Поле середніх квадратичних відхилень вмісту CO₂ (весняний період).

Досить цікаву структуру має поле середніх квадратичних відхилень загального вмісту ВГ у літній період (рис. 9).

З рисунку видно, що над північними районами України утворюється зона знижених значень мінливості вмісту CO₂ в атмосфері. В літній період зони підвищених та знижених значень мінливості, що розглядалися вище міняються своїми місцями: над

територією Румунії розташовується зона підвищених значень СКВ. Також слід зазначити меридіональний напрямок ізоліній над західними регіонами України.

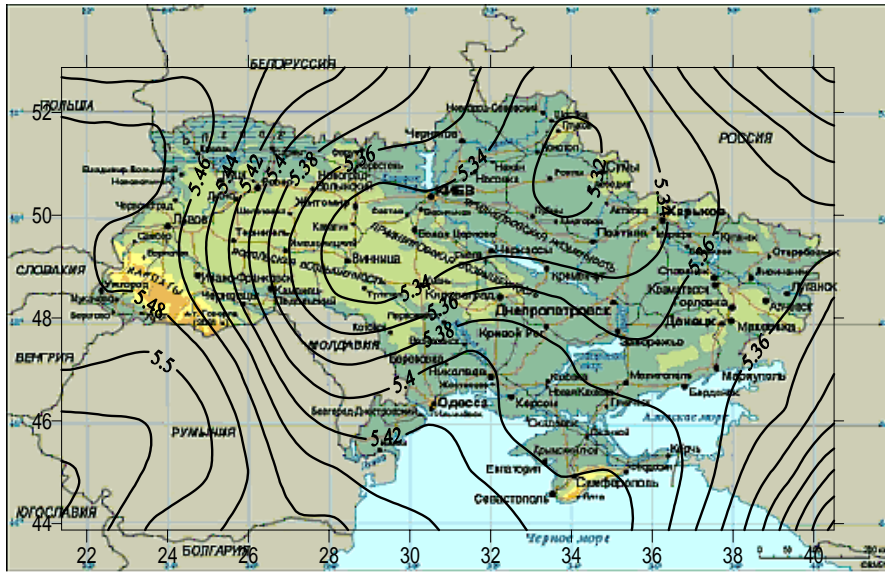


Рис. 9 – Поле середніх квадратичних відхилень вмісту CO₂ (літній період).

Восени відбувається перебудова поля мінливості загального вмісту вуглекислого газу (рис. 10). В цей період зона мінімуму вмісту CO₂ переміщується на південний захід і розташовується над територією Молдавії.

Можна помітити, що на північ від 48° півн. ш., над територією України розташовується зона підвищених меридіональних градієнтів мінливості загального вмісту CO₂ в атмосфері. Їх значення досягають 0,04 кг/м²/1° широти. Південні області займає мало градієнтна зона.

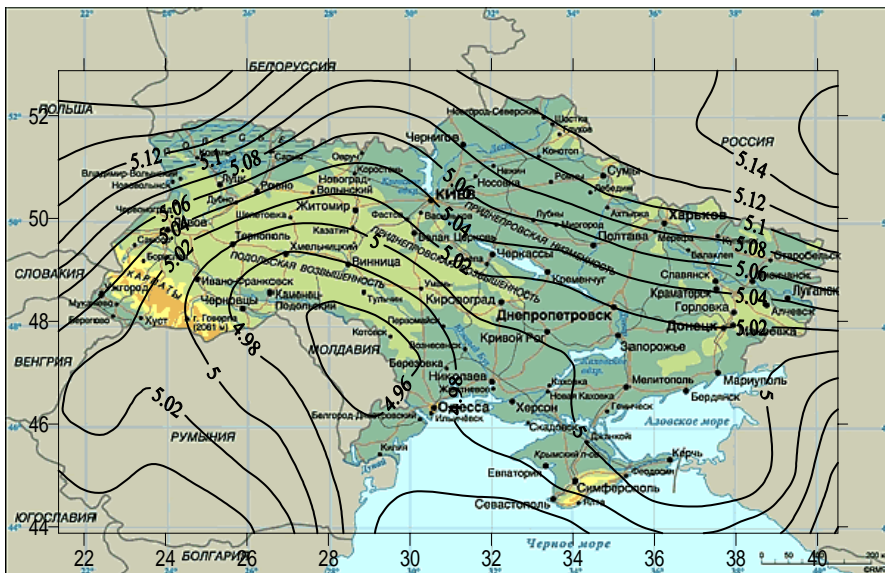


Рис. 10 – Поле середніх квадратичних відхилень вмісту CO₂ (осінній період).

Досить цікаву структуру має поле СКВ у зимовий період (рис 11).

Взимку всю територію України займає зона великих меридіональних градієнтів СКВ, значення яких досягають $0,08 \text{ кг/м}^2/1^\circ$ широти. Можна також помітити, що над західними областями відбувається розрідження ізоліній поля мінливості, а меридіональні градієнти зменшуються до $0,04 \text{ кг/м}^2/1^\circ$ широти.

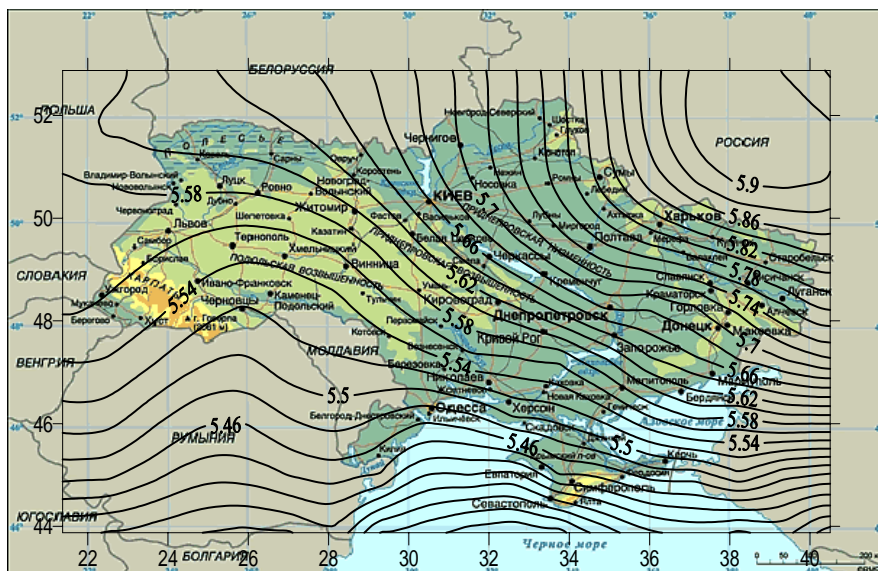


Рис. 11 – Поле середніх квадратичних відхилень вмісту CO_2 (зимовий період).

Розглядаючи поля середніх квадратичних відхилень середньомісячних значень загального вмісту CO_2 в атмосфері як за весь сезон дослідження, так і посезонно, можна відмітити досить низькі значення мінливості вмісту ВГ. При середніх значеннях вмісту вуглекислого газу порядку $380 - 390 \text{ кг/м}^2$, значення СКВ досягають лише близько $5,5 \text{ кг/м}^2$.

Висновки. Дослідження полів концентрації вуглекислого газу над територією України показали, що змінення концентрацій CO_2 відбувається під впливом зони мінімальних значень над територією Румунії та зони максимумів над територією Росії. Така особливість проявляється як для кожного сезону окремо, так і для всього періоду дослідження в цілому.

Розглядаючи поля середніх квадратичних відхилень середньомісячних значень загального вмісту CO_2 в атмосфері як за весь сезон дослідження, так і посезонно, можна відмітити досить низькі значення мінливості вмісту ВГ. В цілому поля СКВ мають досить неоднорідну структуру, що змінюється в різні сезони.

Дуже цікаву особливість динаміки вмісту CO_2 можна відмітити при розгляді часового ходу накопичених значень концентрації вуглекислого газу. Загальне збільшення вмісту вуглекислого газу відбувається на фоні сезонних коливань вмісту CO_2 . При цьому помітно, що з квітня по вересень відбувається зниження концентрації вуглекислого газу в атмосфері, а з жовтня по березень – її збільшення. Таку динаміку можна пояснити поглинанням CO_2 рослинністю у теплий період року.

Список літератури

1. Кондратьев К. Я. Глобальная экодинамика на рубеже двух тысячелетий // Исслед. Земли из космоса. – 2000. – N 4. с.
2. Кондратьев К. Я. Глобальные изменения на рубеже двух тысячелетий // Вестник РАН. – 2000. – V. 70(9). P. 788 – 796.
3. Кондратьев К. Я. (2004 а). Глобальные изменения климата: данные наблюдений и результаты численного моделирования // Исследование Земли из космоса. – 2004 № 1. С. 3-25.
4. Kondratyev K.Ya., Krapivin V.F., Phillips G.W. () Global environmental change: Modelling and Monitoring, Springer, Berlin, 2002. – 319 p.
5. Пархоменко В.П., Тарко А.М. Анализ современных проблем мира и России Вычислительный центр РАН, Сообщения по прикладной математике 2002. – 54 с.
6. Служба даних ECMWF [Електронний ресурс]. – Режим доступу до журналу http://data-portal.ecmwf.int/data/d/gems_reanalysis/
7. Школьный С.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації. – Одеса, 1999. – с.600.

Загрязнение атмосферы углекислым газом над территорией Украины.

Бургаз А.А. Снисаренко В.В.

Исследованы особенности пространственной структуры полей углекислого газа в атмосфере над территорией Украины. На основе матриц исходных значений общего содержания углекислого газа были построены матрицы осредненных значений для каждого сезона отдельно и для всего периода исследования. Построены и исследованы поля осредненных значений и поля средних квадратических отклонений. Получены накопленные значения содержания CO₂ в атмосфере.

Ключевые слова: углекислый газ, поля концентраций УГ, структура, градиенты, матрицы ковариаций, накопленные значения.

Contamination of atmosphere by carbon dioxide above territory of Ukraine.

Burgaz A.A. Snisarenko V.V.

The features of carbon dioxide fields spatial structure in an atmosphere above territory of Ukraine are probed. On the basis of carbon dioxide general maintenance initial values matrices the matrices of average values for every season separately and for all of period of research were built. The fields of average values and the fields of mean quadratic deviations were built and researched. The cumulative values CO₂ maintenance in atmosphere are got.

Keywords: carbon dioxide, carbon dioxide concentration fields, structure, gradients, matrices of covariances, cumulative values.