

Холопцев О.В., Юсупова Т.С.

УДК 551.510.534:911.2

**ЗВ'ЯЗКИ ЗМІН РОЗПОДІЛУ СЕРЕДНЬОМІСЧНИХ ЗНАЧЕНЬ  
ЗАГАЛЬНОГОВМІСТУ ОЗОНУ ПОНАД АНТАРКТИКОЮ, А ТАКОЖ  
АНОМАЛІЇ А КУТОВОГО МОМЕНТУ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ ПРИ СУЧАСНОМУ  
ПОТПЛІННІ КЛІМАТУ****Вступ.**

Суттєвим чинником мінливості потоків біологічно-активної ультрафіолетової радіації, що надходять на поверхню кожного регіону планети, є зміни загального вмісту озону (ЗВО) [1] у атмосфері понад нею. Тому розвиток уявлень про особливості впливу на ці зміни тих чи інших природних чинників є актуальною проблемою фізичної географії, та екології.

Найбільше значення має вирішення зазначеної проблеми щодо регіонів, у атмосфері понад якими амплітуда сезонних змін ЗВО досягає максимальних рівнів. Одним з таких регіонів є Антарктика, де влітку та восени значення ЗВО помітно перевищують середній рівень цієї характеристики у земній атмосфері, а повесні щороку утворюється озонова дірка.

Систематичні спостереження за розподілом озону понад Антарктикою розпочались у 50-х роках ХХ сторіччя, після відкриття у багатьох районах Антарктики стаціонарних полярних станцій.

Суттєвий крок щодо розвитку уявлень про просторово-часову мінливість ЗВО понад Антарктикою було зроблено під час здійснення досліджень за програмою Міжнародного геофізичного року (1957-1959 рр.). Саме тоді, було здійснено комплекс наземних та авіаційних спостережень цього процесу, результати якого дозволили вперше зафіксувати утворення тут озонової дірки [2].

У 1957 р., на станції Хеллі- бей (Великобританія), що має координати (75°s, 26°w), Добсон вперше зафіксував аномальне зменшення ЗВО, яке спостерігалось повесні. Це явище також спостерігалось на станції Дюмон-Дюрвіль (Франція) (66.7 °s, 140°e). Починаючи з 1974 р. утворення озонової дірки у вересні-листопаді щороку відбувається понад радянськими антарктичними станціями Мирний (66.6 °s, 93°e), Новолазоревська (70.8 °s, 11.8 °e) та Восток (78.5 °s, 106.9 °e) [3]. Встановлено, що тренди міжрічних змін середньомісячних ЗВО понад багатьма районами Антарктики були від'ємними[4].

З січня 1979 року почала діяти глобальна супутникова система моніторингу ЗВО, яка дозволила оперативно отримувати інформацію про зміни цієї характеристики понад будь-яким районом Антарктики, яку представлено на сайті Всесвітнього центру моніторингу ультрафіолетової радіації та озону [5].

Супутниковий моніторинг розподілу ЗВО у земній атмосфері здійснюється за допомогою спектрофотометра TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer), який встановлено на штучних супутниках Землі - Nimbus-7 (1978-1993 г.г.), Метеор-3 (1991-1994 г.г.), Earth Probe (1996-2004 г.г.), а також удосконаленого приладу OMI, що діє на супутнику Aura з 2005 р. Похибка дистанційного вимірювання ЗВО за допомогою цих засобів не перевищує 2%.

За період сучасного потепління клімату середньомісячні значення ЗВО у межах озонової дірки стійко зменшувались від 209 о.Д. у 1979 р. до 106 о. Д. у 2007 р., а її площа зростала від 1 млн. км<sup>2</sup> (1979 р.) до 30.6 млн. км<sup>2</sup> (2000 р.).

Встановлено, що суттєвим чинником змін характеристик озонової дірки понад Антарктикою є мінливість поля атмосферного тиску у відповідному сегменті стратосфери, яка призводить до утворення тут у весняні місяці циркумполярного антициклонічного вихоря, котрий блокує надходження до нього речовин, що беруть участь у руйнуванні озону. Стан подібного вихоря визначається баричним градієнтом у стратосфері між приполярними районами Антарктики, та Антарктичною зоною конвергенції, яку розташовано поблизу паралелі 65°S. Атмосферний тиск у цієї зоні залежить від поверхневих температур відповідних температур акваторій Світового океану.

Суттєва частина потоку тепла, який приносять до цих акваторій океанічні течії, надходить з тропічної зони Тихого океану. Як було встановлено М. Сидоренко [6], зміни поверхневих температур приєкваторіальної зони Тихого океану відбуваються у статистичному зв'язку зі змінами аномалії кутового моменту обертання Землі. Це дозволяє припускати, що зазначений процес може впливати також на зміни розподілу ЗВО понад Антарктикою.

У 1875 р. І. Ньютон встановив, що кутова швидкість обертання Землі не є постійною. Нерівномірність обертання Землі підтвердили також спостереження Де Ситера та С. Джонса. Від тоді моніторинг цього процесу здійснюється багатьма астрономічними обсерваторіями планети, а його результати, у вигляді часових рядів середньомісячних значень аномалії кутового моменту обертання Землі, що розглядається як глобальний кліматичний індекс GLAAM, представлено у [7].

За період сучасного потепління клімату середньомісячні значення ЗВО у межах озонової дірки стійко зменшувались від 209 о.Д. у 1979 р. до 106 о. Д. у 2007 р., а її площа зростала від 1 млн. км<sup>2</sup> (1979 р.) до 30.6 млн. км<sup>2</sup> (2000 р.) [8]. Суттєво змінились також особливості часової мінливості індексу GLAAM, що дозволяє припускати можливість відсутніх змін характеристик статистичного зв'язку між цими процесами[7]. Найбільший інтерес має визначення зв'язків, зміни характеристик яких були стійкими та призвели до перевищення рівня суттєвості. Саме такі зміни доцільно враховувати при прогнозуванні.

Завдяки наявності у вільному доступі інформації про мінливість GLAAM за період, починаючи з 1958 р., використання цього індексу, як аргументу моделей, що відображають зміни ЗВО понад Антарктикою, не зв'язано з будь-якими додатковими витратами. Тому перевірка адекватності висунутої гіпотези має суттєвий теоретичний та практичний інтерес.

**ЗВ'ЯЗКИ ЗМІН РОЗПОДІЛУ СЕРЕДНЬОМІСЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ЗАГАЛЬНОГО ВМІСТУ ОЗОНУ ПОНАД АНТАРКТИКОЮ, А ТАКОЖ АНОМАЛІЇ А КУТОВОГО МОМЕНТУ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ ПРИ СУЧАСНОМУ ПОТПЛІННІ КЛІМАТУ**

Незважаючи на це статистичні зв'язки мінливості розподілу ЗВО понад Антарктикою та змін кутового моменту обертання Землі досі є дослідженими недостатньо.

Тому, як об'єкт дослідження, обрано зміни розподілу середньомісячних ЗВО понад Антарктикою, що відбуваються у різні місяці року, а також індексу GLAAM.

Предмет дослідження – зміни характеристик зв'язків між процесами, що розглядаються, які мали місце протягом періоду сучасного потепління клімату.

Мета роботи – визначення умов, за яких статистичні зв'язки між змінами GLAAM, а також мінливістю розподілу ЗВО понад Антарктикою, за період сучасного потепління клімату стійко посилювались та досягли рівня суттєвості.

**Методика дослідження та фактичний матеріал.**

Для досягнення зазначеної мети розв'язано наступні завдання:

1. Визначення місяців, у які спостерігається стійке посилення зв'язку між процесами, що вивчаються, котрий вже досяг рівня суттєвості, а також часових зсувів між ними, при яких подібне явище має місце.

2. Дослідження залежностей характеристик встановлених зв'язків між змінами індексу GLAAM та ЗВО у сегментах атмосфери понад Антарктикою, від їх географічного положення.

Як характеристика статистичного зв'язку між процесами, що розглядаються, використано коефіцієнт парної кореляції фрагментів їх часових рядів, початки яких відрізняються по між собою на той чи інший час. Це дозволяє при визначенні суттєвості зв'язку між ними використати критерій Стьюдента[9].

При виконанні обох завдань вивчались зв'язки між всіма можливими фрагментами рядів GLAAM та ЗВО у сегментах атмосфери понад Антарктикою, які мають розмір  $1^\circ \times 1^\circ$ , що відповідають часовим інтервалам тривалістю 22 роки. Вивчались зв'язки, за яких часовий ряд GLAAM передуює часовому ряду ЗВО на 0 – 79 місяців.

Зв'язок між двома фрагментами часових рядів, що вивчались, розглядався як суттєвий, якщо достовірність такого статистичного висновку, оцінена за критерієм Стьюдента, перевищувала рівень 0.95.

Ураховуючи це при виконанні обох завдань було використано метод кореляційного аналізу[10]. Поріг достовірної кореляції обирався з урахуванням кількості ступенів волі часових рядів що вивчались. Його значення дорівнює 0.42.

При визначенні репрезентативних сегментів атмосфери понад Антарктикою для кожного з них було здійснено аналіз меридіональних проекцій функцій просторової кореляції змін середньомісячних ЗВО, що відповідали будь яким місяцям. Встановлено, що для будь яких сегментів атмосфери значення інтервалу кореляції при меридіональних зсувах не нижче ніж  $15^\circ$ . Це дозволило встановити, що при виборі, як репрезентативних, сегментів, котрі відрізняються між собою по широті на  $5^\circ$ , втрати інформації будуть гарантовано відсутніми. Тому вивчались статистичні зв'язки змін GLAAM та ЗВО у сегментах атмосфери понад Антарктикою, центри яких було розташовано на паралелях  $64.5^\circ S$ ,  $69.5^\circ S$ ,  $74.5^\circ S$ ,  $79.5^\circ S$ ,  $84.5^\circ S$  та  $89.5^\circ S$ .

Для кожного такого сегменту було здійснено пошук місяців та значень зсувів між процесами, що вивчаються при яких кореляція між відповідними їх фрагментами стійко посилювалася, та у період 1989-2010 р перевищує рівень обраного порогу суттєвості. Посилення зв'язку між процесами розглядалось як стійке, якщо залежність коефіцієнту кореляції відповідних фрагментів часових рядів від року їх початку є монотонною функцією.

Як фактичний матеріал було використано:

- часові ряди середньомісячних значень ЗВО у всіх обраних сегментах атмосфери понад Антарктикою та для всіх місяців, які відповідають періоду з січня 1979 по грудень 2010 р., що отримано з [5];

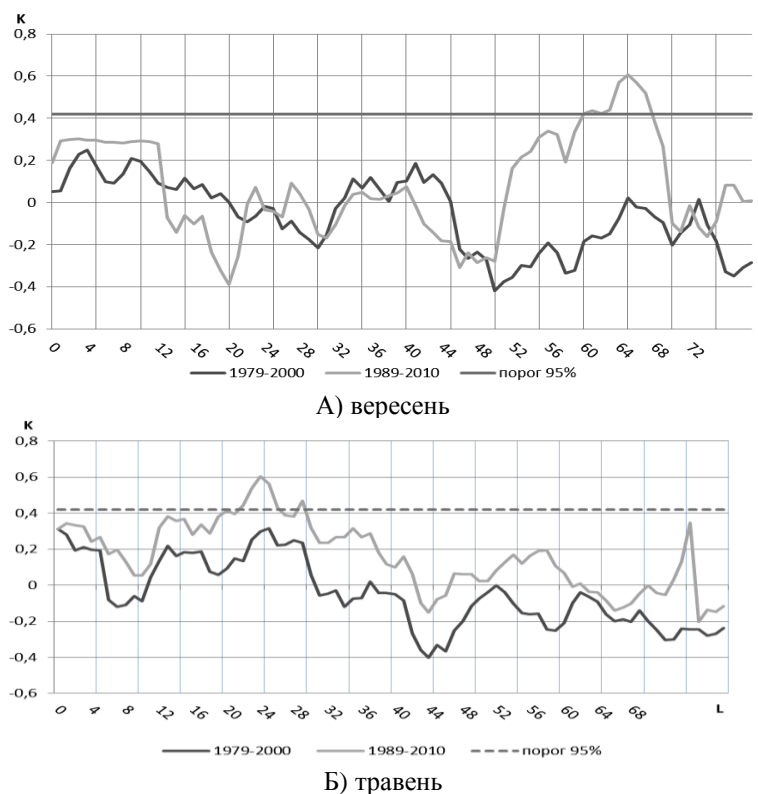
- часові ряди індексу GLAAM за всі місяці, які відповідають періоду з січня 1974 по грудень 2010 р., що отримано з [7].

**Результати та їх обговорення.**

Згідно методики, що розглянуто, розраховано взаємкореляційні функції всіх можливих фрагментів часових рядів ЗВО, які відповідають різним місяцям та всім обраним сегментам атмосфери понад Антарктикою, а також рядів GLAAM, що передують ним на 0-79 місяців.

Їх аналіз показав, що суттєве посилення статистичних зв'язків між процесами, що вивчаються, має місце лише у випадках, коли зміни ЗВО відповідають весняним місяцям, а також травню та червню.

Як приклад, на рисунку 1 представлено взаємкореляційні функції фрагментів часових рядів ЗВО у вересні понад Південним полюсом планети, які відповідають інтервалам часу 1979-2000рр. та 1989-2000 рр., а також фрагментів рядів GLAAM, що передують ним на 0-79 місяців.



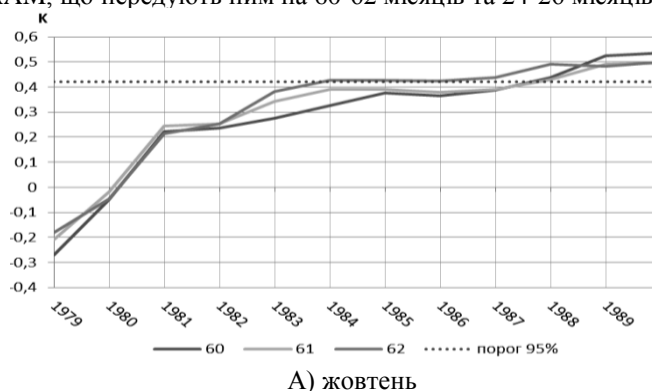
**Рис. 1.** Взаємкореляційні функції змін індексу GLAAM та ЗВО у вересні (а) та травні (б) понад Південним полюсом планети, які відповідають інтервалам часу 1979-2000рр. (ряд 1) та 1989-2000 рр. (ряд 2). Ряд 3 – 95% поріг достовірної кореляції за критерієм Стьюдента.

З рисунку 1а бачимо, що значення коефіцієнту кореляції змін індексу GLAAM та ЗВО у вересні, що відповідають періоду 1989-2010 рр. позитивні та відчутно перевищують його значення, для періоду 1979-2000 р. при часових зсувах між їх фрагментами 52-67 місяців. При зсувах 63-67 місяців його значення для періоду 1989-2010 рр. помітно перевищують рівень 95% порогу достовірної кореляції за критерієм Стьюдента. Аналогічні особливості притаманні залежностям між змінами індексу GLAAM та ЗВО у жовтні та листопаді.

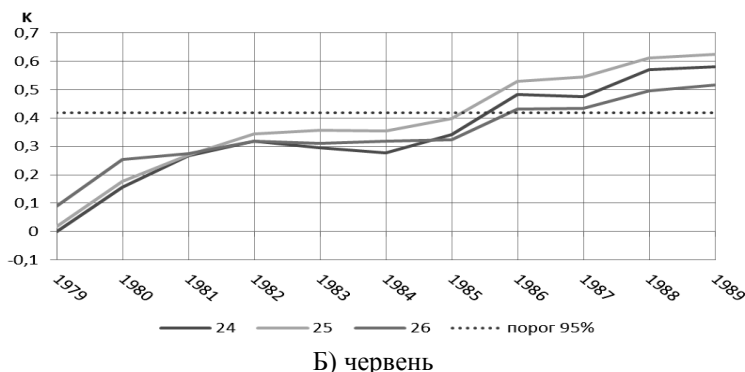
Рисунок 1б свідчить про те, що значення коефіцієнту кореляції змін індексу GLAAM та ЗВО у травні, що відповідають періоду 1989-2010 рр. є теж позитивними та помітно перевищують його значення, для періоду 1979-2000 р. при будь яких часових зсувах між їх фрагментами. При зсувах між ними, що дорівнюють 22-26 місяці, значення цього коефіцієнту для періоду 1989-2010 рр. суттєво перевищують рівень 95% порогу достовірної кореляції за критерієм Стьюдента. Аналогічне явище має місце також у червні.

У інші місяці статистичні зв'язки між процесами, що вивчаються, не визначено.

Аналіз стійкості змін статистичних зв'язків між процесами, що розглядаються, в умовах, коли у період з 1989-2010 рр, вони були суттєвими, підтвердив її наявність. Як приклад, на рисунку 2 представлено залежності від року початку фрагменту ряду ЗВО у жовтні та червні значень коефіцієнту його кореляції з фрагментами ряду GLAAM, що передують ним на 60-62 місяців та 24-26 місяців.



ЗВ'ЯЗКИ ЗМІН РОЗПОДІЛУ СЕРЕДНЬОМІСЧНИХ ЗНАЧЕНЬ ЗАГАЛЬНОГОВМІСТУ ОЗОНУ ПОНАД АНТАРКТИКОЮ, А ТАКОЖ АНОМАЛІЇ А КУТОВОГО МОМЕНТУ ОБЕРТАННЯ ЗЕМЛІ ПРИ СУЧАСНОМУ ПОТПЛІННІ КЛІМАТУ



Б) червень

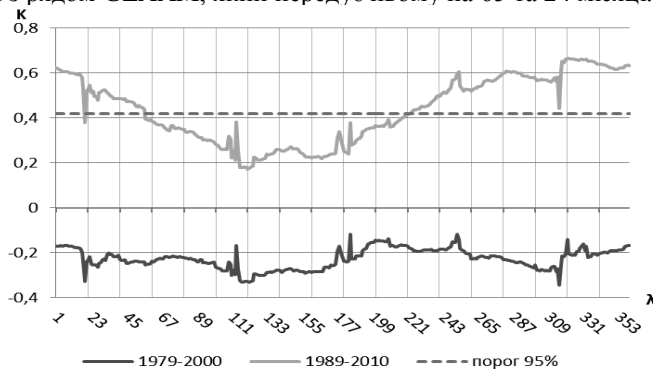
**Рис. 2.** Залежності від року початку фрагменту ряду ЗВО у жовтні та червні значень коефіцієнту його кореляції з фрагментами ряду GLAAM, що передують ним на 60-62 місяців та 24-26 місяців.

Як бачимо з рисунку 2, функції, що відповідають залежностям, які відображено на ньому, відхиляються від монотонно зростаючих несуттєво. Це доводить, що зміни зв'язків між процесами, що вивчаються, за період сучасного потепління клімату були справді стійкими. Тому припущення, згідно якому у найближчі роки, при подальшому потеплінні клімату характер їх змін залишиться незмінним (тобо вони й далі посилюватимуться).

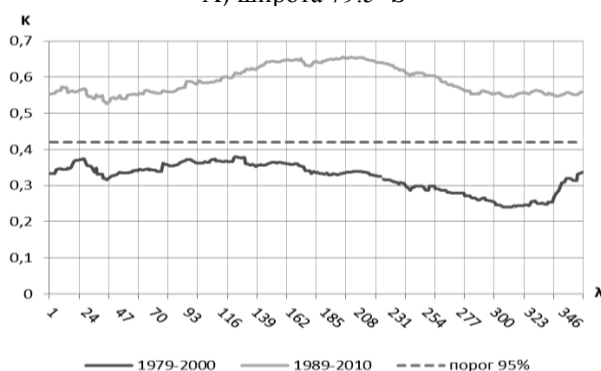
Аналогічний висновок зроблено також для процесів, що вивчаються у вересні, листопаді та травні.

Дослідження залежностей від географічних координат значень коефіцієнту кореляції між фрагментами рядів ЗВО, що відповідають 1989-2010 рр. та індексу GLAAM, які передують ним в умовах коли зв'язки між ними є суттєвими дозволи встановити, що вони є відчутними.

Як приклад, на рисунку 3 представлено залежності від довготи сегменту, якому відповідає фрагмент часового ряду ЗВО у вересні (А), та травні (Б) для періоду 1979-2000 рр., та 1989-2010 рр., значень коефіцієнту його кореляції з рядом GLAAM, який передує ньому на 65 та 24 місяці.



А) широта 79.5° S



Б) широта 84.5° S

**Рис. 3.** Залежності від довготи( $\lambda$ ) сегменту, якому відповідає фрагмент часового ряду ЗВО у вересні (А), та травні (Б) для періоду 1979-2000 рр., та 1989-2010 рр., значень коефіцієнту його кореляції з рядом GLAAM, який передує ньому відповідно на 60 та 24 місяці.

Як бачимо з рисунку 3, значення коефіцієнту кореляції між фрагментами часового ряду ЗВО у вересні (А), та травні (Б) для періодів 1979-2000 рр., та 1989-2010 рр., та фрагментами ряду GLAAM суттєво залежать від довготи.

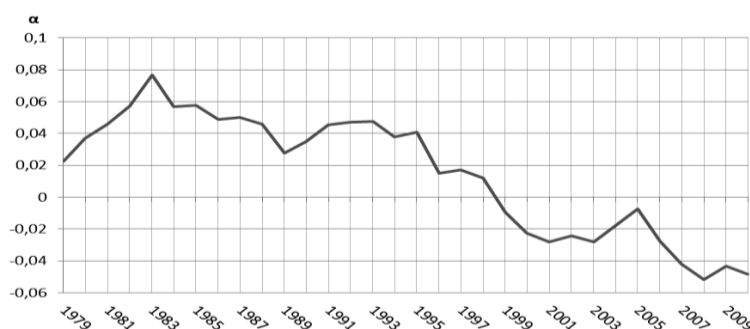
За період сучасного потепління клімату зв'язок між процесами, що розглядаються посилюється у будь-яких сегментах атмосфери понад Антарктикою. При цьому розподіл значень коефіцієнту кореляції є пасмовою структурою.

З рисунку 3А неважко побачити, що у вересні у сегментах Антарктики, що розташовані у її Тихоокеанському секторі, кореляція є більш потужною та статистично суттєвою, навіть у випадках, коли вони розташовані на паралелі  $64.5^{\circ}$  S. У секторах, які відповідають Атлантичному та Індійському океанам її значення не досягають рівня суттєвості для сегментів, які віддалені від Південного полюсу за паралель  $85^{\circ}$  S.

Аналогічні закономірності мають місце також у жовтні та листопаді.

З рисунку 3Б слід, що у травні більш потужною є кореляція у сегментах Антарктики, які відповідають Атлантичному та Індійському океанам, у той час, як у Тихоокеанському сегменті вона послаблена. Аналогічні особливості визначено також для травня.

На рисунку 4 представлено залежності від початку інтервалу тривалістю 22 р. кутового коефіцієнту лінійного тренду ( $\alpha$ ) часового ряду середньорічних значень індексу GLAAM [7] значень кутового коефіцієнту лінійного тренду [10], що був розрахований по цьому фрагменту.



**Рис. 4.** Залежність від року початку інтервалу тривалістю 22 р. кутового коефіцієнту лінійного тренду ( $\alpha$ ) часового ряду середньорічних значень індексу GLAAM.

Як бачимо з рисунку 4, протягом всього періоду сучасного потепління клімату (починаючи з 1979 р.) спостерігалось стійке зменшення середньорічних значень аномалії кутового моменту обертання Землі. Це якісно відповідає гіпотезі А. Ейнштейна [11], відповідно до якої причиною зменшення швидкості обертання Землі може бути зменшення маси крижаних покривів у її приполярних районах (поблизу осі обертання) та перерозподіл талих вод до екватору. Неважко помітити, що мова йде лише про якісну відповідальність, бо з рисунку 4 слід, що негативне прискорення цього процесу почало діяти у період після 1960 року, коли помітного збільшення глобальних температур не спостерігалось. Останнє свідчить про те, що безпосередньою причиною подібного негативного прискорення сучасне потепління глобального клімату, яке розпочалось у середині 70-х років ХХ сторіччя, бути не може. Тому питання про справжню причину змін аномалій кутового моменту обертання Землі залишається відкритим.

Позитивна кореляція між процесами що вивчається свідчить про те, що зміни кутового моменту обертання Землі, котрі спостерігались протягом періоду сучасного потепління клімату, призводили до послаблення впливу повітряних течій у стратосфері на потоки речовин, які приймають участь у руйнуванні озону понад Антарктикою, як восени, так і повесні.

У вересні-листопаді цей вплив полягає в утворенні блокуючого ефекту, котрий обумовлений існуванням у стратосфері понад Антарктикою циркумполярного антициклонічного вихоря, інтенсивність якого у зазначені місяці досягає максимального рівня.

У травні та червні він полягає, навпаки, у послабленні циркумполярного циклонічного вихоря, який спрямовує повітряні потоки до Південного полюсу і таким чином впливає на зміни понад Антарктикою розподілу ЗВО.

Вірогідне подальше зменшення значень аномалій кутового моменту обертання Землі дозволяє очікувати, що як восени так і повесні буде відбуватись зниження ЗВО понад Антарктикою та подальший розвиток озонової дірки.

Таким чином отримані результати відповідають сучасним уявленням про вплив на розподіл ЗВО у сегменті стратосфері понад Антарктикою атмосферної циркуляції [8].

Стійкість тенденцій, які визначено, дозволяє припускати, що у найближчі роки їх характер залишиться незмінним. Тому урахування встановлених зв'язків є доцільним при моделюванні та прогнозуванні змін розподілу озону понад Антарктикою.

#### **Висновки:**

1) За період сучасного потепління клімату статистичні зв'язки між змінами кутового моменту обертання Землі та розподілу ЗВО понад Антарктикою у вересні – листопаді та травні- червні відчутно посиллись. У багатьох сегментах атмосфери понад Антарктикою висновок про їх суттєвість є достовірним з вірогідністю не нижче 0.95.

2) Посилення зв'язків, про які йдеться, було стійким, що дозволяє припускати аналічний характер їх змін і у майбутньому. Тому їх доцільно ураховувати при моделюванні та прогнозуванні змін розподілу ЗВО понад Антарктикою.

**Джерела та література:**

1. Александров Э. Л. Озонный щит Земли и его изменения / Э. Л. Александров, Ю. А. Израэль, И. Л. Кароль, А. Х. Хргиан. – СПб. : Гидрометеиздат, 1992. – 288 с.
2. Капица А. П. Подтверждение гипотезы о естественном происхождении Антарктической озоновой дыры / А. П. Капица, А. А. Гаврилов // ДАН. – 1999. – № 4. – С. 543-546.
3. Радионов В. Ф. Анализ характеристик радиационного режима и общего содержания озона на российских антарктических станциях / В. Ф. Радионов, Е. Е. Сабир, А. А. Мишин // Исследования и охрана окружающей среды Антарктики : тезисы докладов науч. конф. (г. Санкт-Петербург 13-15 ноября 2002 г.). – СПб., 2002. – С. 89-91.
4. О вкладе гетерофазных процессов в формирование весенней озоновой аномалии в Антарктиде / А. М. Звягинцев, В. В. Зуев, Г. М. Крученицкий, Т. В. Скоробогатый // Исследование Земли из космоса. – 2002. – № 3. – С. 1-6.
5. The World Ozone and Ultraviolet Radiation Data Centre (WOUDC) : [Electronic resource] : official site. – Mode of access : <http://www.woudc.org>
6. Сидоренков Н. С. Физика нестабильностей вращения Земли / Н. С. Сидоренков. – М. : Наука, 2002.
7. Climate Indices: Monthly Atmospheric and Ocean Time Series : : [Electronic resource]. – Mode of access : <http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/climateindices/list>
8. Груздев А. Н. Пространственно-временная динамика атмосферного озона и связанных с ним газовых примесей : автореф. дис. ... д-ра физ.-мат. наук / А. Н. Груздев. – М., 2007. – 48 с.
9. Кендал М. Дж. Многомерный статистический анализ и временные ряды / М. Дж. Кендал, А. Стьюарт; пер. с англ.: Э. Л. Пресмана, В. И. Ротаря; под ред.: А. Н. Колмогорова, Ю. В. Прохорова. – М. : Наука, 1976. – 736 с.
10. Айвазян С. А. Прикладная статистика и основы эконометрики / С. А. Айвазян, В. С. Мхитарян. – М. : Юнити, 1998. – 1022 с.
11. Киселев В. Н. Неравномерность суточного вращения Земли / В. Н. Киселев. – Новосибирск, 1980. – 160 с.

**Яворська В.В., Яковлева Ю.К.****УДК 911.3:316.3****СУТНІСТЬ ТА ОСОБЛИВОСТІ СОЦІАЛЬНОЇ СФЕРИ****Проблема.**

Давно виник й історично розвивається особливий тип просторових відносин, в якому розвивається людина як суспільна істота. Будь-яка територія змінюється в міру розвитку суспільств, бо суспільство є складовою частиною ландшафтної оболонки, яке не існує само по собі, а взаємодіє в різних формах. Здебільшого людську діяльність зосереджено на взаємодії з природою, тобто з об'єктивною реальністю, що існує поза людиною й незалежно від неї, є безкінечною у просторі й часі, без початку й кінця та безперервно рухається й змінюється. Освоєні людиною й неосвоєні географічні території з точки зору природних властивостей не розрізняються, але в соціальному плані їх відмінності істотні. Вони обумовлюються відношенням людини до світу, історично складаються під впливом особливостей відтворення способів людської діяльності та поведінки.

Природне середовище життя суспільства не обмежується лише географічним середовищем, тому треба мати уявлення про цілісну систему суспільного життя. Ця система включає предметний світ, який людина створює і оновлює у своїй діяльності, саму людину та її ставлення до інших людей, стан людської свідомості, що регулюють його діяльність. Технічні пристрої, впорядкований простір полів, садів, зрошуваних земель, штучно створені водойми, архітектура міст не виникають самі по собі в природі, а формуються тільки завдяки діяльності людей. Змінена людством частина географічного середовища з розвитком суспільства постійно розширюється, оскільки людство залучає до своєї діяльності все більшу кількість ресурсів і (або) опановує сили природи та, на жаль, все більше забруднює повітря, землю й воду.

Вплив суспільства на природу обумовлюється розвитком матеріального виробництва, науки й техніки, суспільних потреб, а також характером суспільних відносин. У свою чергу й географічне середовище впливає на розвиток суспільства. Намагання людства послабити залежність від природи, властивостей географічного середовища (клімат, родючість ґрунтів тощо) призвела до послаблення цього тиску, завдяки розвитку культури й техносфери, проте відрив від природи призвів до нівелювання важливості природного компоненту життя у суспільній свідомості, що ставить людство на край екологічної прірви, обмежує економічний розвиток. Таким чином, діалектична взаємодія людства й географічного середовища супроводжується посиленням ролі географічної сфери, оскільки зменшується кількість природних ресурсів, не залучених до господарської діяльності, практично не залишилося територій не освоєних людьми, а також екологічно чистих територій, зростає конкуренція за природні ресурси, особливо енергонесії. Проблема оптимально ефективною взаємодії природи й суспільства була, є та буде залишатися однією з головних проблем не тільки ефективного соціально-економічного розвитку людства, але й самого його існування.