

Л.Д.Гончарова, к. г. н., **С.І. Решетченко**, асп.
Одеський державний екологічний університет

ОСОБЛИВОСТІ СТАТИСТИЧНОЇ СТРУКТУРИ ПОЛІВ АТМОСФЕРНОГО ТИСКУ У ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ХХ СТОЛІТТЯ НА ТЕРИТОРІЇ ЛІВОБЕРЕЖНОЇ УКРАЇНИ

На основі статистичного аналізу матеріалів спостережень на 38 станціях за період 1951-2000 рр. встановлені особливості просторово-часової мінливості кліматичних полів атмосферного тиску на території лівобережної України у другій половині ХХ століття.

Ключові слова: атмосферний тиск, зміна клімату, атмосферна циркуляція, головні компоненти, періодична складова.

Вступ. Клімат сучасної епохи встановлено на основі статистичної обробки інструментальних метеорологічних спостережень, що проводяться системою світових кліматичних станцій. Але кліматичні умови постійно змінюються і особливо це стало відчутно наприкінці ХХ-го та початку ХХІ-го століть. Ці зміни характеризуються зростанням глобальної температури повітря та збільшенням випадків кліматичних аномалій. Серед причин глобального потепління головну роль відіграє антропогенний вплив на кліматичну систему, що характеризується підвищенням викидів в атмосферу парникових газів [1].

Атмосферна циркуляція є головним проявом зміни клімату, тому що охоплює всі складові погодних умов [2]. Зміна поля атмосферного тиску впродовж ХХ століття характеризується зміною синоптичних процесів, які активізувалися в останні десятиріччя (особливо це відчутно у зимовий період).

Питанням дослідження атмосферної циркуляції присвячено багато робіт [3-9]. Так, в роботі [3] зазначається, що середні поля атмосферного тиску у першій половині ХХ століття від десятиріччя до десятиріччя зазнавали незначних змін і утримувалися в межах середньої циркуляції повітря (1930-1939 рр.).

Відмінність сучасної циркуляції атмосфери (1986-2005 рр.) від циркуляції початку ХХ століття полягає у переміщенні центрів дії атмосфери на схід у межах 20 градусів. У наступні десятиріччя ХХ століття і до сьогоднішня атмосферна циркуляція суттєво змінювалась, тому температурний режим став дуже нестійким. Нестійкість температурного режиму можна пояснити за допомогою виявленого баричного поля. Характер цього поля залежить від розподілу атмосферного тиску біля поверхні землі.

Великомасштабну атмосферну циркуляцію під час другого періоду глобального потепління вивчала Свєрдлік Т.А. [4]. Автор підкреслює, що в період 1984-1995 рр. впродовж зимових місяців спостерігались значні зміни середньої атмосферної циркуляції. Північно-Атлантичний максимум змістився на схід, де охопив більшу частину території Європи та західні райони України. Помітне також зростання атмосферного тиску в центрі цього баричного утворення до 1025 гПа та поглиблення Ісландського мінімуму з 1000 до 995 гПа. Зменшилася територія розповсюдження Сибірського антициклону. Так, у період 1964-1973 рр. західна периферія антициклону охоплювала територію до 20° сх. д., впливаючи на погодні умови більшої частини Східної Європи, надалі (1974-1983 рр.) вона поширилася до 40° сх. д., формуючи погоду лише на території Поволжя, а впродовж періоду 1986-1995 рр. його межа визначалась 50° сх. д. Таким чином, Сибірський центр дії атмосфери перемістився на схід на 30°. Одночасно при зміщенні кліматичних областей високого тиску спостерігаються зміна положення осі баричної улоговини над Європою та зростання

тиску з 1020 гПа в період 1974-1983 рр. до 1022,5 гПа в період 1986-1995 рр. Автор підкреслює, що на формування режиму приземної циркуляції повітря значно впливає її стан на високих рівнях тропосфери. Особливо добре це виявляється у зимовий період, коли вплив сонячної радіації найменший. В цей час положення висотної фронтальної зони північної півкулі змінюється. Було встановлено зміщення кліматичних гребенів та улоговин на схід. Для періоду 1974-1995 рр. характерна значна амплітуда баричних хвиль у порівнянні з попереднім періодом (1967-1973 рр.), що можна пояснити посиленням меридіональних атмосферних процесів. Так, Азорський антициклон та Ісландський циклон переміщуються на схід, де більша частина Європи та України знаходиться під впливом теплих повітряних мас. Тому тут можна очікувати часті аномалії додатних температур повітря та дефіцит опадів.

У теплий період року зростає роль сонячної радіації у формуванні загальної циркуляції атмосфери. Під впливом термічної взаємодії материків змінюється розподіл середніх багаторічних приземних баричних полів. Периферія Азорського максимуму в період 1974-1983 рр. рухається на схід на 10° , в період 1984-1995 рр. – на 30° . Також відзначається зростання тиску в перехідній зоні між Азорським та Азіатським центрами дії атмосфери, скорочується зі сходу область Ісландського мінімуму. Східна Європа та Україна перебувають під впливом області низького тиску. Така синоптична ситуація формує над країною нестійку погоду, з великою імовірністю вторгнення холодних повітряних мас в тилу циклону та випадання опадів.

Аналіз синоптичних процесів впродовж 100 років у північній півкулі проводили М.С. Сидоренко та І.А. Орлов [5]. Вивчаючи форми атмосферної циркуляції над Атлантико-Євразійським сектором північної півкулі, автори досліджують її основні форми: західну, меридіональну та східну. Було встановлено, що річна частота утворення західної циркуляції зменшилася по відношенню до східної. На думку авторів, відбувається поступова перебудова атмосферної циркуляції в північній півкулі, що знаходить відгук у змінах різних кліматичних характеристик. З'ясовуються також сезонні зміни форм атмосферної циркуляції, де виявлені такі епохи: 1891-1902 рр. та 1938-1971 рр., коли переважала меридіональна циркуляція; 1903-1938 рр. та 1972-1988 рр., коли частота форм західної та східної циркуляції була вища за норму. Також серед названих епох виділяються періоди співвідношення частоти появи західної та східної циркуляції. Так, у період 1903-1938 рр. та після 1972 р. більш активно була західна циркуляція.

Це знайшло підтвердження в дослідженнях В.Ф. Мартазінової та інших [6,7]. Автори підкреслюють, що у періоди глобального потепління ХХ століття характеристики атмосферної циркуляції різні. Відмінності атмосферних процесів полягають у тому, що центри дії атмосфери змістилися на схід відносно їх положення у попередні десятиріччя. Це вказує на те, що сучасний характер посушливих умов на території України відрізняється від посушливих атмосферних процесів початку та середини століття. Встановлено, що посушливі умови середини ХХ століття формувались у більшості випадків антициклонічною погодою. Безпосередніми осередками їх зародження стали два головних центри дії атмосфери – Арктичний та Азорський. Посушливі атмосферні процеси та посухи, які спостерігалися наприкінці ХХ століття, можливі при вторгненні холодних повітряних мас з півночі, північного заходу та північного сходу. Перші два напрямки надходження холодного повітря характеризуються різкою зміною відносної вологості та середньодобової температури повітря. При вторгненні холодного повітря з північного сходу відбувається поступове вихолодження повітря, дія якого становить від двох тижнів до місяця.

В роботі [7] проведено аналіз приземного атмосферного тиску впродовж ХХ століття у січні, коли синоптичні процеси мають найбільшу активність. Дослідження

поля приземного тиску повітря в Атлантико-Європейському секторі відбулося відповідно до трьох періодів зміни глобальної температури повітря в ХХ столітті. Так, з'ясувалося, що в період 1911-1943 рр. територія майже всієї Європи характеризувалася підвищеним атмосферним тиском, який формувався Сибірським максимумом. Надалі (до середини 70-х років) відбувалася активізація синоптичних процесів, що посилювала нестійкість погодних умов. В останні 30 років ХХ століття атмосферна циркуляція почала зміщуватися на схід, посиливши вплив Атлантичного гребеня. Такі умови атмосферної циркуляції формують теплі зими.

Дослідження сезонних особливостей антициклонічної діяльності на території України за останні десятиріччя провадили В.І. Затула та С.В. Мисник [8,9]. Було встановлено, що у холодний період року посилюється антициклогенез на півночі та сході Атлантико - Європейського синоптичного регіону. В теплий період збільшується кількість антициклонів з південного заходу, переважно з Балканського півострова. Восени та взимку значно зменшується частка місцевого антициклогенезу. Кращі умови для нього створюються влітку. Виявлено, що у зимові та осінні місяці найпотужнішими є північно-східні антициклони, а у літні та весняні – північні [9].

Статистичні характеристики полів атмосферного тиску досліджувалися переважно для великих територій земної кулі по результатам реаналізу. Але вивчення регіональних змін кліматичних полів атмосферного тиску на теперішній час мало чисельне. Відсутність великих масивів даних гідрометеорологічних характеристик ускладнює подальший аналіз особливостей коливання клімату.

Таким чином, зміна кліматичних умов потребує подальшого дослідження атмосферних процесів, що є актуальним для створення методів їх короткострокового та довгострокового прогнозу.

Матеріали та методи дослідження. Метою роботи стало дослідження статистичної структури рядів середньомісячного атмосферного тиску на території лівобережної України за допомогою методів багатовимірної статистичного аналізу. Поля метеорологічних величин формуються під впливом атмосферних процесів різних масштабів. Статистичні методи обробки метеорологічної інформації дозволяють визначити переважані фактори формування будь-якого кліматичного поля. Одним з таких методів є компонентний аналіз, який широко використовується в різних дослідженнях [10, 11].

В якості вихідних даних виступають часові ряди середньомісячного атмосферного тиску за дванадцять місяців упродовж періоду 1951-2000 рр. для дев'яти областей України, що представляють лівобережний регіон країни [12].

Результати дослідження та їх аналіз. За допомогою компонентного аналізу [10] була реалізована задача стиснення вихідної інформації. Спочатку була вирішена повна проблема власних значень і отримані власні значення та власні вектори матриці кореляції середньомісячного атмосферного тиску. Побудовані поля першого власного вектора матриці кореляції середньомісячного атмосферного тиску впродовж року.

На рис. 1 в якості прикладів представлені поля першого власного вектора матриці кореляції середньомісячного атмосферного тиску для центральних місяців 4-х сезонів року.

Як свідчать результати даного дослідження, можна визначити дві зони, перша з яких розташована на території Чернігівської, Київської, Полтавської, Сумської та частково Харківської областей; друга – на території Дніпропетровської, Донецької, Запорізької, Луганської областей.

Впродовж зими ці зони трансформуються, особливо це відчутно у січні та лютому, коли йде перебудова атмосферних процесів. Так, у січні (рис. 1а) відбувається звуження південного району, який вже у лютому займає територію лише південно-

східної частини Луганської області. Перший район зазнає західного циклонічного впливу, з переважанням західних, північно-західних вітрів, що приносять опади. Другий район знаходиться під впливом східних, північно-східних вітрів, які приносять сухе повітря. Розташування першого району переважно має меридіональну спрямованість, а другого – широтну.

Таким чином, наприкінці зими майже вся територія лівобережної України зазнає впливу циклонічної діяльності.

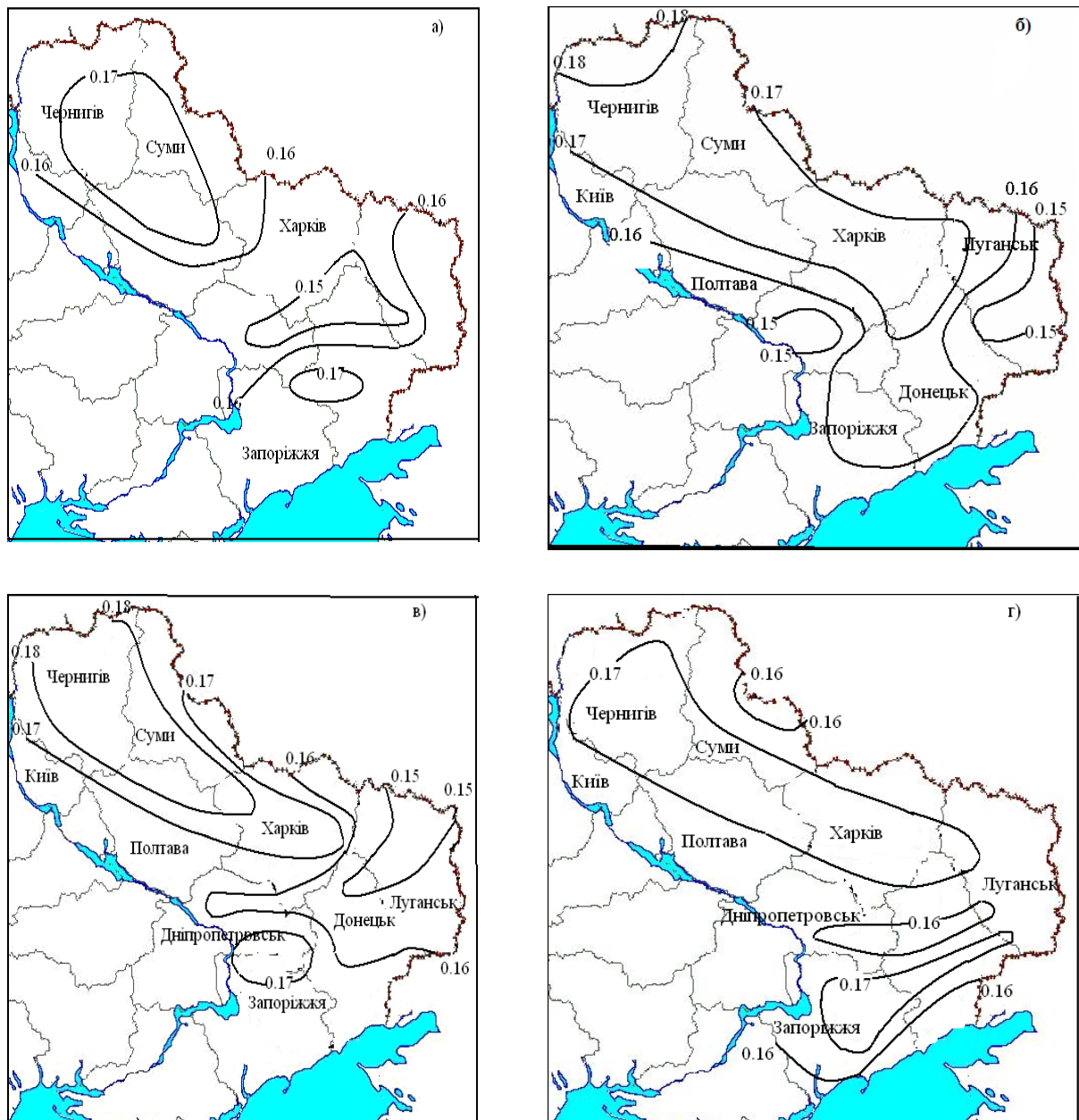


Рис.1 – Поле першого власного вектора матриці кореляції атмосферного тиску (а-січень, б-квітень, в-липень, г-жовтень).

Весною (рис. 1б) місцезнаходження вказаних районів змінюється. Так, у березні, відбувається поглиблення на північний схід другого району, який взимку займав

територію південного сходу Луганської області. Надалі площа північного району зменшується, а південний – поширюється на територію Донецької, Дніпропетровської, Запорізької, Харківської областей.

У липні (рис. 1в) та серпні відбувається поглиблення південного району, який має широтну спрямованість.

У вересні на території, що досліджується, з'являються три райони. Перший район охоплює Чернігівську, Київську, Полтавську, Сумську, Харківську та частково Дніпропетровську області. Другий – розпадається на південно-східний, який поширюється на територію південної частини Донецької та Луганської областей, та південно-західний, що займає частково територію Дніпропетровської та Запорізької областей. Це можна пояснити посиленням впливу локальних атмосферних процесів, що формуються над Азово-Чорноморською акваторією та Середземномор'ям.

Надалі у жовтні (рис. 1г) спостерігається подальша перебудова районів до утворення північного та південного, де перший район займає переважно більшу площу даного регіону.

Таким чином, впродовж року спостерігається зміна меж визначених районів відповідно до впливу атмосферних процесів, особливо Північно-Атлантичного циклону та Сибірського антициклону.

За методикою, що викладена у [10], були визначені головні компоненти середньомісячного атмосферного тиску і встановлено, що перша головна компонента вичерпує більше ніж 85% сумарної дисперсії взимку та восени, а навесні та влітку – більше ніж 70% сумарної дисперсії цього поля.

Часові ряди атмосферного тиску містять періодичні компоненти, обумовлені хвильовою природою атмосферних процесів.

Існує кілька методів дослідження періодичностей, що містяться в часових рядах. Їх називають «прихованими» періодичностями. Зручним для реалізації є метод, оснований на інтегральному перетворенні Фур'є.

Часовий ряд атмосферного тиску на заданому інтервалі можна розглядати як кусково-гладку функцію часу. Таку функцію у відповідності з теоремою Діріхле можна виразити суперпозицією простих гармонік

$$X(t) = \sum_{k=0}^{\infty} A_k \sin(\omega_k t + \varphi_k), \quad (1)$$

де A_k - амплітуда k -тої гармоніки, ω_k - її частота, φ_k - початкова фаза.

Тому головні компоненти розглядалися далі як нестационарні часові ряди, до яких було застосовано інтегральне перетворення Фур'є [11], що дозволило отримати частоти (ω_k), амплітуди (A_k), початкові фази (φ_k) періодичних компонент, прихованих у часовій послідовності.

Із наведених даних (табл. 1) можна побачити, що часовий ряд середньомісячного атмосферного тиску у зимовий період характеризується такими статистично значущими гармоніками з періодами: 9, 7, 3 та 2 роки. Навесні спостерігаються дванадцятирічна, семирічна, чотирирічна, трирічна та дворічна періодичності. Часові ряди середньомісячного атмосферного тиску влітку приховують 20, 6, 3 та дворічні періодичності. В рядах атмосферного тиску восени виявлено дві статистично значущі гармоніки з коливаннями дванадцять і два роки.

Періодичні коливання середньомісячного атмосферного тиску впродовж року виявлені переважно з ймовірністю 75%, лише гармоніки з періодами два-три роки (лютий, квітень, травень, листопад) та двадцять і дванадцять (червень, жовтень) визначені з 95% ймовірністю.

Таблиця 1 - Характеристики періодичних компонент атмосферного тиску

Місяць	ω , рад	T, рік	A, °C	φ , рад	φ , рік	
1	0,69	9,06	2,86	0,65	0,94	
	2,38	2,64	2,95	-0,36	1,20	
	$\bar{A}=2,0$		$\sigma_A=0,60$			
2	3,32	1,89	3,77	0,81	0,24	
	$\bar{A}=1,6$		$\sigma_A=0,84$			
	0,51	12,42	2,19	-0,69	4,85	
3	1,44	4,35	2,04	1,54	1,07	
	$\bar{A}=1,5$		$\sigma_A=0,51$			
	0,88	7,13	1,55	1,06	1,20	
4	2,38	2,64	1,92	-0,45	1,13	
	$\bar{A}=1,2$		$\sigma_A=0,32$			
	3,32	1,89	2,95	-1,57	0,47	
5	$\bar{A}=1,6$		$\sigma_A=0,36$			
	2,19	2,87	2,37	-0,04	1,42	
	3,32	1,89	2,80	0,13	0,04	
6	$\bar{A}=1,7$		$\sigma_A=0,50$			
	0,32	19,73	2,02	0,98	3,08	
	$\bar{A}=1,2$		$\sigma_A=0,38$			
7	1,07	5,88	1,68	0,23	0,22	
	$\bar{A}=1,3$		$\sigma_A=0,31$			
	3,32	1,89	2,55	-1,26	0,57	
8	$\bar{A}=1,4$		$\sigma_A=0,43$			
	0,51	12,42	1,93	1,29	2,55	
	$\bar{A}=1,3$		$\sigma_A=0,33$			
9	3,13	2,00	2,47	1,53	0,49	
	$\bar{A}=1,5$		$\sigma_A=0,38$			
	0,88	7,13	2,31	-0,38	3,13	
10	$\bar{A}=1,7$		$\sigma_A=0,36$			

За допомогою ковзного осереднення (косинус-фільтра) отримана детермінована основа першої головної компоненти атмосферного тиску.

На рис.2, в якості прикладів представлені часові та згладжені ряди середньомісячного атмосферного тиску у січні та квітні. Отримані ряди мають тренди та періодичні складові. Аналіз часових рядів середньомісячного атмосферного тиску на території лівобережної України впродовж зими та літа (рис. 2а), вказує на слабке зростання атмосферного тиску до початку 70-тих років ХХ століття, яке в період 1972-1982 рр. переходить у тенденцію «зниження» атмосферного тиску. Надалі відбувається відновлення тенденції «зростання» атмосферного тиску. Весняні (рис. 2б) та осінні місяці характеризуються тенденцією «зниження» атмосферного тиску до початку 70-х років, яка надалі переходить у тенденцію зростання атмосферного тиску. Починаючи з

середини 80-тих років спостерігається зниження атмосферного тиску в досліджуваному регіоні.

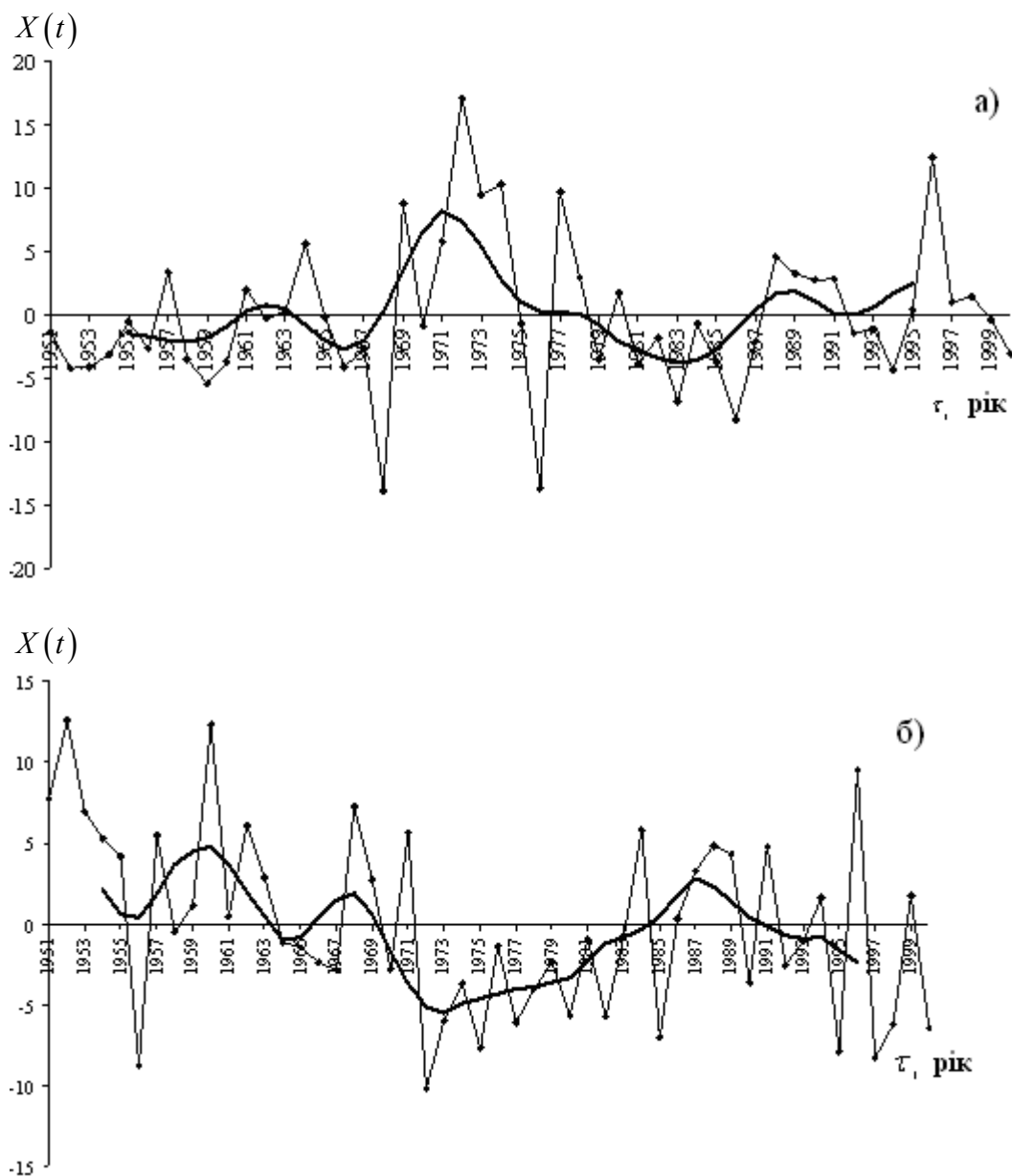


Рис. 2 – Часові та згладжені ряди першої головної компоненти середньомісячного атмосферного тиску (а-січень, б- квітень).

Висновки: результати цього дослідження дозволили виявити головні особливості структури багаторічної зміни середньомісячного атмосферного тиску у другій половині ХХ століття на території лівобережної України. Так, у осінньо-зимовий період формування кліматичного поля атмосферного тиску на території лівобережного регіону країни пов'язано з Північною Атлантикою. Виявлені в часових рядах атмосферного тиску 20-річні, 12-річні, дворічні та трирічні періодичні коливання з ймовірністю 95%.

Задачею подальшого вивчення є дослідження узгодженості отриманих результатів зі змінами Північно-Атлантичного коливання, що допоможе пояснити визначені особливості.

Список літератури

1. *Израэль Ю.А.* Всемирная конференция по изменению климата // Метеорология и гидрология. – 2004. – № 4. – С.13-21.
2. *Гончарова Л.Д., Серга Е.М., Школьний Є.П.* Клімат і загальна циркуляція атмосфери: Навчальний посібник. – К.: КНТ, 2005. – 252с.
3. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. Ліпінського В.М., Осадчого В.І., Бабіченко В.М. – К., 2006. – 311с.
4. *Свердлик Т.А.* Эволюция крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха Северного полушария во второй период современного глобального потепления климата // Тр.УкрНИГМИ. – 1999. – Вып. 247. – С. 63-75.
5. *Сидоренко Н.С., Орлов И.А.* Атмосферные циркуляционные эпохи и изменение климата // Метеорология и гидрология. – 2008. – № 9. – С. 22-29.
6. *Мартазинова В.Ф., Сологуб Т.А.* Атмосферная циркуляция, формирующая засушливые условия на территории Украины в конце XX ст. // Труды УкрНИИГМИ. – 2000. – Вып. 248. – С. 36-47.
7. *Мартазинова В.Ф., Чайка Д.Ю.* Изменения поля давления в январе на протяжении XX ст. на территории Атлантико-Европейского сектора // Метеорология, кліматологія та гідрологія. – 2008. – Вип. 50. – Ч. 1. – С. 25-30.
8. *Затула В.І., Мисник С.В.* Деякі особливості антициклонічної діяльності на території України в різні сезони року // Метеорологія, кліматологія та гідрологія. – 2008. – Вип. 50. – Ч. 1. – С. 51-57.
9. *Мисник С.В.* Сезонні особливості антициклонічної діяльності на території України // Фізична географія та геоморфологія. – 2005. – Вип. 49. – С. 247-254.
10. *Школьний Є.П., Лоева І.Д., Гончарова Л.Д.* Обработка та аналіз гідрометеорологічної інформації: Підручник. – К.: Міносвіти України, 1999. – 600с.
11. *Гончарова Л.Д., Школьний Є.П.* Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації: Навчальний посібник. – Одеса: Екологія, 2007. – 464с.
12. *Гончарова Л.Д., Решетченко С.І.* Зміни середньомісячної температури повітря впродовж другої половини XX століття на території лівобережної України // Вісник ОДЕКУ. – 2009. – Вип. 8. – С. 79-89.

Особенности статистической структуры полей атмосферного давления во второй половине XX столетия на территории левобережной Украины. Гончарова Л.Д., Решетченко С.И.

На основе статистического анализа материалов наблюдений на 38-ми станциях за период 1951-2000 гг. определены особенности пространственно-временной изменчивости климатических полей атмосферного давления на территории левобережной Украины во второй половине XX столетия.

Ключевые слова: атмосферное давление, изменение климата, атмосферная циркуляция, главные компоненты, периодическая составляющая.

Peculiarities of statistic of atmospheric pressure over a period of the second half of 20 century at left-bank Ukraine. L. D. Goncharova, S. I. Reschetchenko

Using statistical analysis of observables from the 38 stations for the second half of 20th century, the spatiotemporal features for changes of climatic field have been determined for surface atmospheric pressure at left-bank Ukraine.

Keywords: atmospheric pressure, climate changes, atmospheric circulation, main components, periodicity.