

Міщенко Н.М., асп.

Одеський державний екологічний університет

ПРОСТОРОВО-ЧАСОВА СТРУКТУРА АНОМАЛІЙ ПОЛЯ ОПАДІВ ПРИ БЛОКУВАННІ ЗОНАЛЬНОГО ПЕРЕНЕСЕННЯ

За допомогою розрахунку кореляційного зв'язку між індексами блокування для Азорського та Сибірського максимумів та супроводжуючих їх аномаліями кількості опадів виявлені певні закономірності в їх просторово-часовому розподілі.

Ключові слова: блокування зонального перенесення, блокуючі антициклони, добова кількість опадів, аномалії, кореляція, індекс блокування

Вступ. Блокування зонального перенесення являє собою стійкий процес в атмосфері, який виступає однією з причин аномалій погодних умов. Залежно від розташування регіону по відношенню до впливаючого на нього блокуючого антициклону, з процесом блокування пов'язують розвиток засух та суховіїв, весняні повернення холодів, прихід холодних та малосніжних зим тощо на термін від тижня до сезону.

Сучасний стан проблеми. У багатьох аспектах блокінг представляє собою інтерес для середньострокових та довгострокових прогнозів погоди, моделювання атмосферних процесів та моніторингу клімату [1, 2]. Г.Я. Вангенгейм зазначав, що планетарні процеси блокування є складовою частиною або стадіями перетворення основних форм атмосферної циркуляції. Зокрема, малий час розвитку та розпаду блокування (1-2 дні) в [3,4] приймався за відповідні стадії переходу одного стану циркуляції атмосфери до іншого, а їх тривале існування (від 2-3 ЕСП до 1 місяця і більше) – за відповідні стадії внутрішньорічного стійкого розвитку загальної циркуляції атмосфери (ЗЦА). В принципі, у довгостроковий прогноз різних станів ЗЦА потрапляє також і прогноз ситуацій блокування.

Очевидно, що задача підвищення надійності та результативності прогнозу та його окремих складових лежить у площині більш детального пізнання його режимних особливостей в цілому та окремих елементів зокрема.

Мета та результати дослідження. Метою даного дослідження є знаходження кількісних характеристик зв'язку між індексами блокування та аномаліями середньодобової кількості опадів над територією Атлантико-Європейського сектору при блокуванні зонального перенесення Азорським та Сибірським антициклонами.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

1. Ідентифікація ситуацій блокування над територією Атлантико-Європейського сектору шляхом розрахунку полів індексу блокування за даними ре-аналізу;
2. Побудова полів фактичної кількості опадів та аномалій їх середньодобової кількості над досліджуваною територією при блокуванні зонального перенесення;
3. Перевірка гіпотези на нормальність закону розподілу середньодобової кількості опадів у період блокування;
4. Визначення оптимальної степені апроксимуючого поліному для зв'язку між середньодобовою кількістю опадів та індексом блокування Ленаса і Окладна [5,6].
5. Дослідження структури та тісноти зв'язку між аномаліями середньодобової кількості опадів та індексом блокування.

Характерну для блокування дипольну структуру термобаричного поля відображають індекси блокування, які у відповідності з [1,2] будемо розраховувати як різницю геопотенціалу H_{500} на широтах 40 та 60° для кожних 10° довготи. У представленій роботі для ідентифікації блокування зонального перенесення зазначені

індекси розглядалися для сітки, накладеної на розрахункову область з координатами 0° до 130° сх. д. та $35 - 80^\circ$ пн. ш.

В якості вихідних використовувалися наступні дані ре-аналізу глобальних атмосферних полів Європейського центру середньострокових прогнозів (ECMWF) та Національного центру прогнозів США (NCEP/NCAR):

а) поля поверхневого осідання вологи ($\text{кг}/\text{м}^2\cdot\text{с}$), які перераховувалися у значення середньодобової кількості опадів у вузлах регулярної сітки з просторовим розділенням $1,87^\circ \times 1,87^\circ$;

б) поля середньодобового значення геопотенціалу ізобаричної поверхні 500 гПа у вузлах регулярної сітки з кроком $2,5^\circ \times 2,5^\circ$.

Крім того, використовувалися карти приземного аналізу, абсолютної та відносної баричної топографії (АТ-500, ВТ 500/1000) за періоди блокування, дані «Кліматичного кадастру України» (2007 р.) і кліматологічні характеристики опадів по європейській території Росії.

Для реалізації поставленої мети за приземними картами погоди (00 СГЧ) та картами баричної топографії (АТ-500, ВТ-500/1000) були відібрані синоптичні ситуації з тривалим (≥ 10 днів) існуванням Сибірського та Азорського антициклонів, які потенційно могли розглядатися у подальшому як випадки блокування західного перенесення. Найбільш показові з цих випадків розглянуті в цій статті.

Ідентифікація ситуацій блокування виконувалася за даними ре-аналізу шляхом розрахунку значень індексу блокування Ленаса і Окленда I , який враховує меридіональний профіль геопотенціалу та знаходиться за формулами:

$$I(\lambda) = H_{40^\circ \text{ півн.ш.}}(\lambda) - H_{60^\circ \text{ півн.ш.}}(\lambda) < 0;$$

$$\frac{I(\lambda - 10^\circ) + I(\lambda) + I(\lambda + 10^\circ)}{3} < 0, \quad (1)$$

де H — значення геопотенціалу на поверхні 500 гПа на довготі λ .

Варто зазначити, що синоптична ситуація на даній довготі ідентифікується як блокування тільки при виконанні обох умов.

Для більшої зручності у подальших розрахунках дані середньодобової кількості опадів, по області з координатами $0 - 180^\circ$ сх. д. та $35 - 80^\circ$ півн. ш., були інтерпольовані у вузлах регулярної сітки з кроком $2,5^\circ \times 2,5^\circ$.

Для отримання полів індексу блокування за формулою

$$I(\lambda) = H_{\varphi+10}(\lambda) - H_{\varphi-10}(\lambda) < 0 \quad (2)$$

його значення перераховувалися за широтами з кроком 10° та представлялися у графічному вигляді лише ті, що задовольняють умові $I(\lambda) < 0$.

На рис.1 представлені приклади розподілу індексу блокування (a , b) та ізогіети середньодобової кількості опадів (v , z) для Азорського та Сибірського антициклонів (10.05.2005 р. та 14.11.2003 р. відповідно).

На рис. 1 (a , b) зображені від'ємні значення індексу блокування, які ідентифікують наявність блоку, зумовленого Азорським (a) та Сибірським (b) антициклонами відповідно, що добре узгоджується з непрямыми ознаками блокування [5, 6] при аналізі карт приземного аналізу, абсолютної та відносної баричної топографії.

Побудова ізогіет середньодобової кількості опадів (рис.1 v , z) виконувалася по тій же розрахунковій області, що й поля індексу блокування.

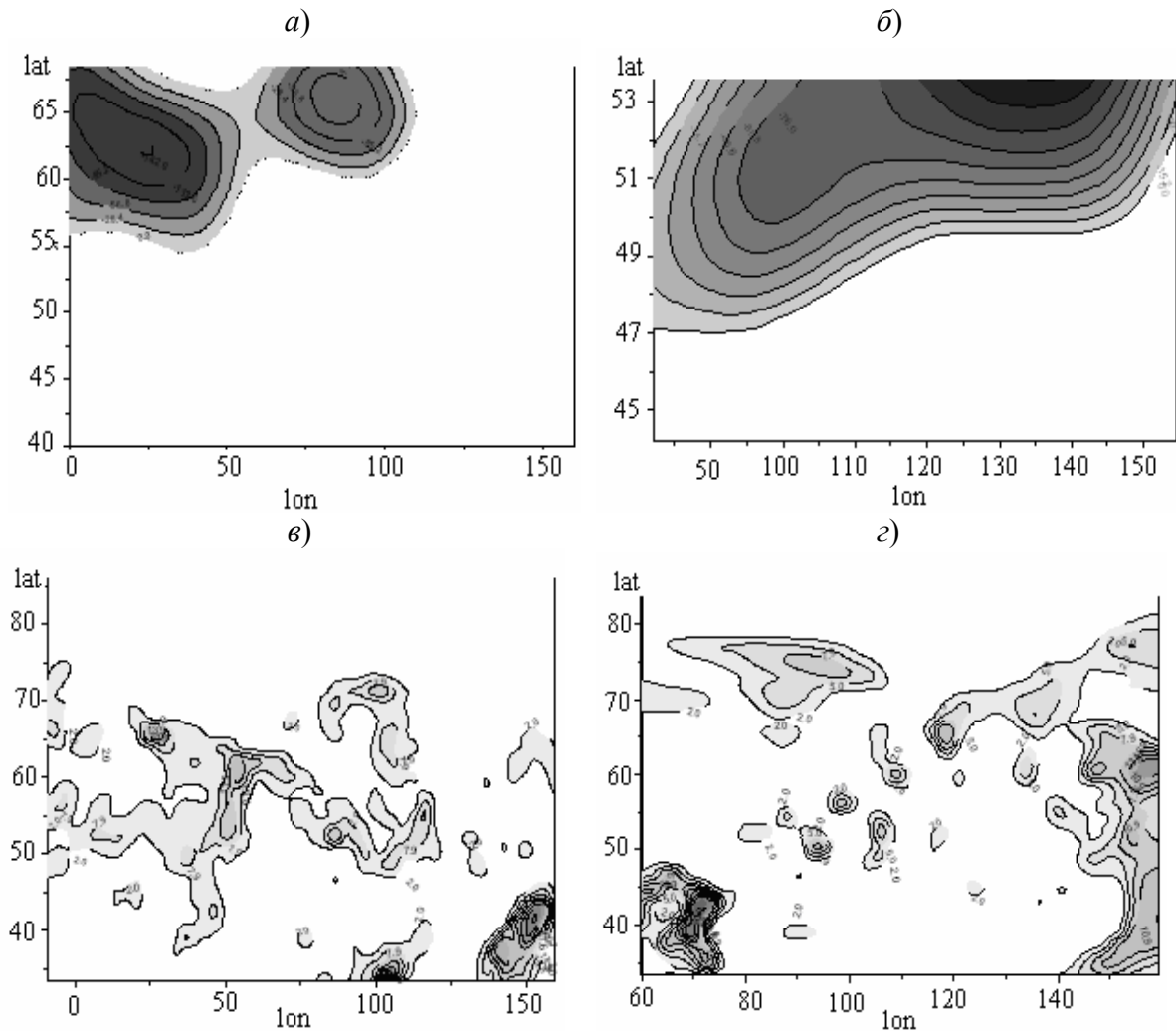


Рис.1 – Поля індексу блокування зонального перенесення (а, б) та ізогієти середньодобової кількості опадів (в, г):

а, в – 00СГЧ 10.05.2007 р. (Азорський максимум);

б, г – 00 СГЧ 14.11.2003 р. (Сибірський антициклон).

Аналіз просторового розподілу кількості опадів свідчить, що найбільша середньодобова кількість опадів при блокуванні атмосферної циркуляції, зумовленим Азорським антициклоном, спостерігається в південно-східній частині антициклону. Зазначені опади, вочевидь, мають фронтальну природу і пов'язані з циклонами, що мають північну складову руху, заблоковані та заповнюються.

При блокуванні зонального перенесення Сибірським антициклоном найбільша добова кількість опадів спостерігається на південно-західній периферії антициклону; їх походження також зумовлене наявністю фронтальних розділів циклонів, зональне зміщення яких суттєво уповільнюється. Крім того, при даній синоптичній ситуації спостерігаються поля нефронтальних опадів на північно-східній та південно-східній периферіях антициклону, які чітко простежуються на рис.1 (в, г).

Для побудови полів аномалій середньодобової кількості опадів (рис. 2 а, б) кліматичні дані про середньодобову кількість опадів для відповідного місяця і конкретної станції інтерполювалися у вузли сітки з розділенням $2.5^{\circ} \times 2.5^{\circ}$. Далі у кожному вузлі сітки розраховувалася різниця між фактичним значенням добової кількості опадів та їх кліматичною нормою та візуалізувалися додатні значення цих різниць. Так, вихід та стаціонування Азорського антициклону 08.05.2005р.

супроводжувався значною кількістю опадів переважно над територією західної Європи. Кількість опадів в період блокування (на прикладі 10.05.2005 р.) перевищувала 20 мм за добу. Аномальні значення >10 мм/доб спостерігались над південно-західною територією Росії (рис. 2а), тобто додатні значення аномалій кількості опадів спостерігалися на південно-східній та східних периферії антициклону. Максимальне значення аномалій кількості опадів сягає 19,3 мм/доб, фактична середньодобова кількість опадів перевищувала 19,9 мм/доб.

Ситуація блокування, зумовлена Сибірським антициклоном 14.11.2003р., спровокувала опади над південно-західною, східною та північно-східною територіями Росії. На рис. 2б представлено поле аномалій кількості опадів, з якого видно, що в період блокування над приведеною територією спостерігалися декілька осередків аномалій. Максимальні значення аномалій кількості опадів над територією, що розглядалась $62,1-134^\circ$ сх.д. а $4,2-54,8^\circ$ пн.ш.), становлять 11,6 мм/доб, фактична кількість опадів – 16,9мм/доб в районі 70° сх.д. та $44,2^\circ$ пн. ш.

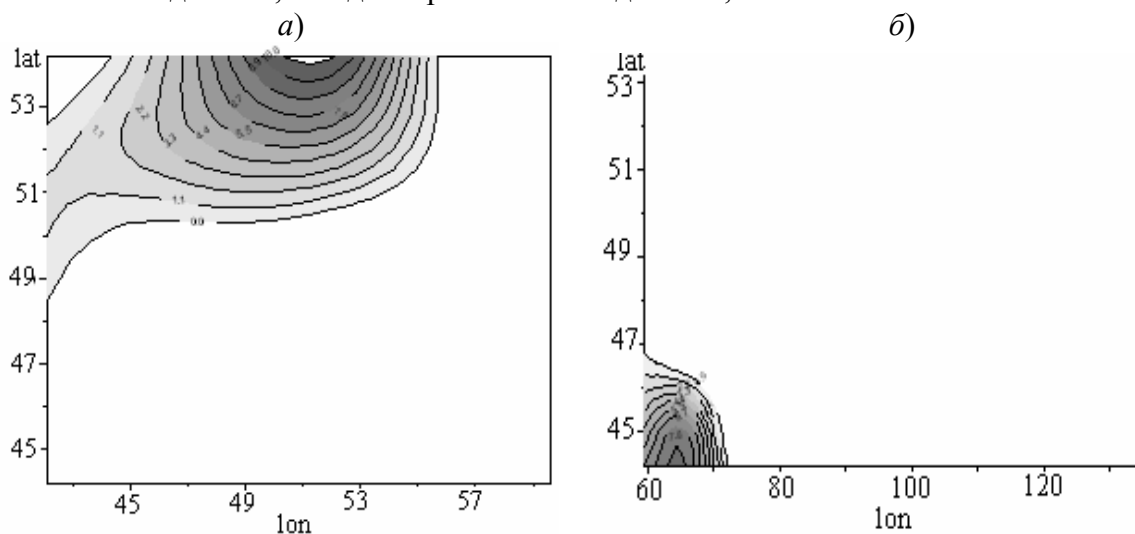


Рис.2 - Ізаномали середньодобової кількості опадів при блокуванні зонального перенесення:

а) Азорським максимумом (10.05.2007 р.); б) Сибірським антициклоном (14.11.2003 р.).

Отже, можна зазначити, що додатні значення аномалій середньодобової кількості опадів при блокуванні загальної циркуляції атмосфери головним чином спостерігаються при Азорському антициклоні – на його південно-східній та східній периферії, при Сибірському – на південно-західній і північно-західній периферіях.

Далі виконувалася перевірка статистичної гіпотези про відповідність емпіричного розподілу середньодобової кількості опадів в період блокування нормальному закону на рівні значущості $\alpha = 0,05$.

Оскільки $\chi^2 > \chi^2_{крит}(\alpha, \nu)$, то гіпотеза H_0 про те, що емпіричний ряд середньодобової кількості опадів має нормальний розподіл та відхиляється на рівні значущості $\alpha = 0,05$.

Значення середньодобової кількості опадів в нашому випадку не підпорядковується нормальному закону розподілу.

Дослідження характеру зв'язку між значеннями індексу блокування та аномаліями середньодобової кількості опадів виконувалося за допомогою процедури оптимізації степені апроксимуючого поліному. Але спочатку була перевірена тіснота зв'язку між індексом блокування і аномаліями кількості опадів (рис. 3а) та індексу блокування з фактичною кількістю опадів (рис. 3б) на прикладі ситуації 04.11.2003 р.

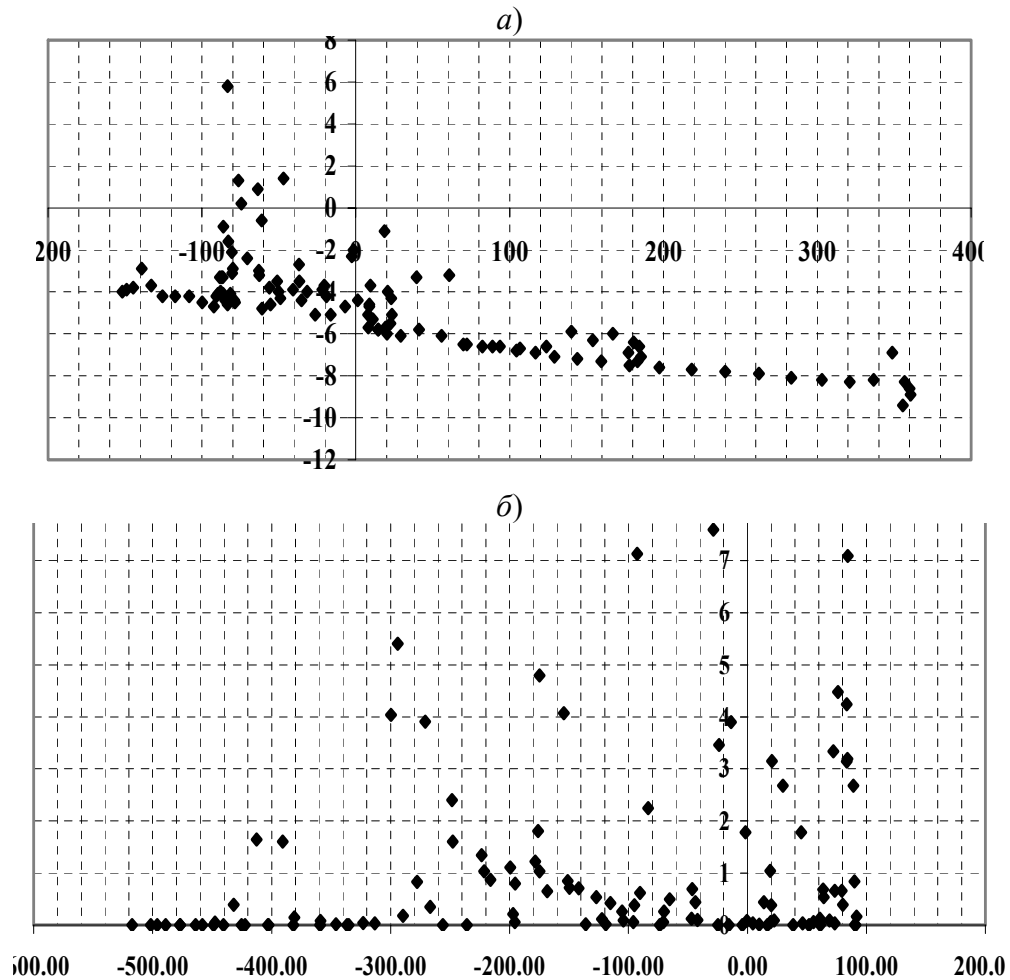


Рис.3 – Діаграми залежності між:

а) індексом блокування та аномалій кількості опадів

б) індексом блокування та середньодобовою кількості опадів.

За критерій оптимальності приймалося мінімальне значення середньоквадратичного відхилення. У табл. 1 представлені види рівнянь регресії для апроксимуючих поліномів 1-3 степені, коефіцієнти та вільні члени яких зумовлюють мінімізацію непогодженості для ситуацій блокування Сибірським та Азорським антициклонами. Наприкінці кожного з видів антициклону в табл. 1, приведені осередненні рівняння регресії кожного порядку для обох видів блокування.

Можна побачити, що найменші значення середньоквадратичного відхилення для досліджуваного зв'язку при блокуванні зонального перенесення Сибірським антициклоном спостерігаються при його апроксимації поліномом першої та другої степені, при Азорському максимуму – першої.

Таким чином, визначивши оптимальну степінь апроксимуючого поліному для кожної ситуації та його загальний вид, можемо представити його графічне зображення для значення середньоквадратичне відхилення (рис. 4).

Найбільш поширений у використанні коефіцієнт кореляції Пірсона, що характеризує ступінь лінійної залежності між змінними, підходить для оцінки взаємозв'язку між двома нормальними змінними. Крім того, коефіцієнт кореляції Пірсона нестійкий до викидів – за їх наявності можна помилково зробити висновок про наявність кореляції між змінними. Тому якщо розподіл досліджуваних змінних

відрізняється від нормального або існують викиди, то варто скористатися непараметричним аналогом – коефіцієнтом рангової кореляції Спірмена, який характеризує ступінь довільної нелінійної залежності між змінними в рамках моделі «зростання однієї змінної зумовлює зростання іншої». Слід зазначити, що коефіцієнт кореляції Спірмена може використовуватися для оцінки залежності між змінними незалежно від їх розподілу [7, 8]. Ця важлива якість досягається завдяки тому, що всі специфічні для конкретних розподілів деталі зникають, коли значення змінних замінюються їх рангами у вибірці. Також він менш чутливий до викидів, що є ще однією важливою перевагою при обробці експериментальних даних поля опадів.

У цьому випадку визначається фактичний ступінь паралелізму між двома кількісними рядами досліджуваних ознак (у нашому випадку індексом блокування та аномаліями середньодобових опадів) і дається оцінка тісноти встановленого зв'язку за допомогою кількісно вираженого коефіцієнта [7, 8].

Таблиця 1 – Рівняння регресії для апроксимуючого поліному 1 – 3 степені для Сибірського та Азорського антициклонів

Дата	Рівняння регресії	Середньоквадратичне відхилення σ_i
СИБІРСЬКИЙ АНТИЦИКЛОН		
31.12.2001 – 07.01.2002	$y = 0,18$	2,30
	$y = -0,0000028x^2 - 0,00061x + 0,61$	2,22
	$y = 6,00000071x^3 - 0,0073x^2 - 3,47x + 112,14$	365,28
15.02.2003 – 22.02.2003	$y = 0,04$	1,22
	$y = 0,0000036x^2 - 0,00045x - 0,097$	1,25
	$y = 0,0000018x^3 - 0,00022x^2 - 0,124 + 3,334$	25,55
04.11.2003 – 11.11.2003	$y = 0,43$	2,19
	$y = -0,000013x^2 - 0,004x + 0,55$	2,08
	$y = 0,0000092x^3 + 0,0042x^2 + 0,38x - 17,48$	58,27
15.01.2005 – 19.02.2005	$y = 0,11$	1,75
	$y = 0,0000016x^2 - 0,00018x + 0,033$	1,77
	$y = -0,00021x^2 + 0,1118$	13,95
$y = 0,19$ $y = 2,7 \cdot 10^{-6}x^2 - 0,001x + 0,27$ $y = 1,5x^3 - 0,027x^2 - 3,35x + 110,8$		
АЗОРСЬКИЙ АНТИЦИКЛОН		
08.05.2007 – 19.05.2007	$y = 0,85$	3,70
	$y = 0,0000019x^2 - 0,0015x + 0,88$	252,2
	$y = 0,0000018x^3 - 0,0015x^2 + 0,35x - 14,57$	19,58
16.08.2007 – 09.09.2007	$y = 0,1$	2,57
	$y = 0,000015x^2 + 0,042x + 0,3565$	2,50
	$y = -0,0000017x^3 - 0,0011x^2 + 0,029x + 68,74$	23,75
17.09.2008 – 28.09.2008	$y = 0,08$	3,26
	$y = 0,0000032x^2 - 0,00099x + 0,113$	569,64
	$y = -0,0000055x^3 + 0,0013x^2 + 0,085x - 13,49$	104,83
$y = -0,011$ $y = 6,7 \cdot 10^{-5}x^2 + 0,013x + 0,45$ $y = 1,8 \cdot 10^{-6}x^3 - 4,3 \cdot 10^{-4}x^2 - 13,56$		

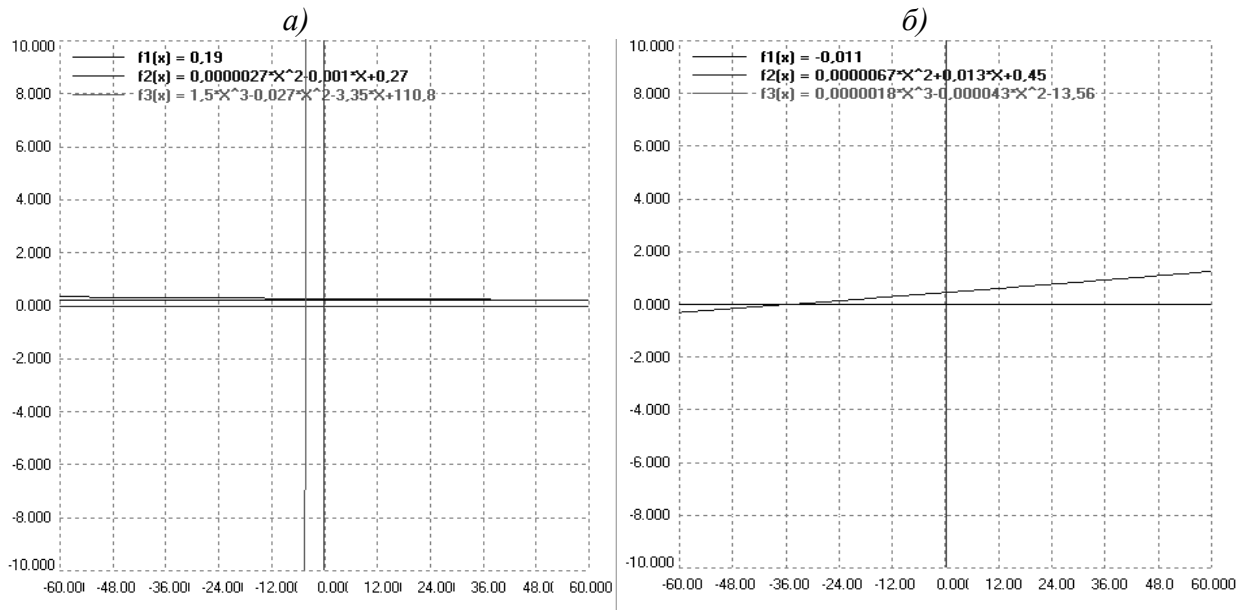


Рис. 4 – Графічний вигляд рівнянь регресії для: а) Сибірського антициклону; б) Азорського антициклону.

Розрахунок коефіцієнта рангової кореляції Спірмена виконано наступним чином :

- 1) Кожній з ознак зіставлено її порядковий номер (ранг) за збільшенням (зменшенням).
- 2) Визначено різниці рангів кожної пари значень, що зіставляються.
- 3) Піднесено у квадрат кожену різницю і підсумовано одержані результати.
- 4) Обчислено коефіцієнт кореляції рангів за визначенням

$$r = 1 - \frac{6 \sum d^2}{n(n^2 - 1)},$$

де $\sum d^2$ - сума квадратів різниць рангів; n - число парних спостережень.

Виявлений кореляційний зв'язок між індексом блокування та аномаліями опадів протягом досліджуваного періоду (рис. 5) дозволяє свідчити, що від'ємним значенням індексу блокування при Азорських максимумах (наприклад, 08.05.2007 – 19.05.2007 р.) відповідають додатні аномалії середньодобової кількості опадів, що розташовані на південно-східній та східній периферії блокуючого антициклону (рис.5а). Слід зазначити, що аномалії розглядалися лише для територій України та європейської території Росії, тому порівняння з коефіцієнтом кореляції проводиться саме для цих територій.

Для Сибірського антициклону (наприклад, 04.11.2003 – 11.11.2003 р.) аналіз поля кореляції виявив, що район з від'ємними значеннями коефіцієнту кореляції, якому відповідає район локалізації додатних значень аномалій кількості опадів, які розташовані на північній та північно-східній периферії антициклону (рис. 5б).

Висновки.

1) Аналіз аномалій кількості опадів під час блокуючих процесів Азорським і Сибірським антициклонами показав, що область з максимальними аномаліями розташовується для Азорського антициклону – на його південній і південно-східній периферії, для Сибірського антициклону – південна, південно-західна та східна і північно-східна периферії.

2) Поле ізокорелят показує, що для південної, південно-східної периферії Азорського максимуму зменшення індексу блокування відповідає збільшенню кількості опадів і його позитивних аномалій. Для Сибірського антициклону – зменшення індексу блокування - це збільшення кількості опадів і їх позитивних аномалій на східній і північно-східних периферіях.

Решта областей обох антициклонів характеризується позитивним кореляційним зв'язком, тобто зменшенню індексу блокування відповідає зменшення кількості опадів і їх позитивних аномалій.

3) У ряді випадків при блокуванні зонального перенесення спостерігається поява полів конвективних опадів нефронтального типу на східній (північно-східній) периферії антициклону.

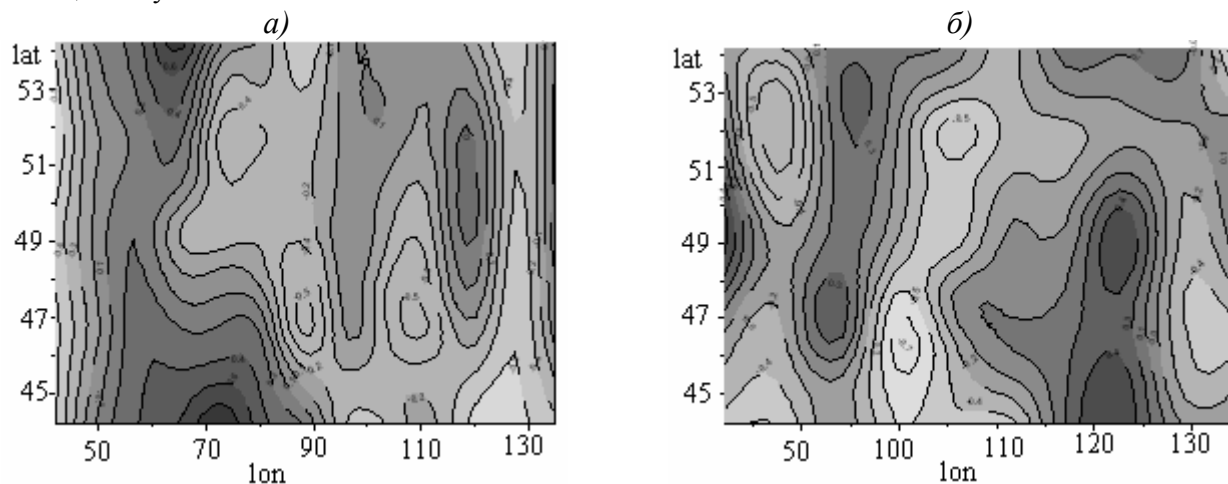


Рис.5 – Поле ізокорелят між індексом блокування та аномаліями кількості опадів
 а) Азорський максимум (08.05.2007 – 19.05.2007 р.);
 б) Сибірський антициклон (04.11.2003 – 11.11.2003 р.).

Список використаних джерел

1. *Руководство по месячным прогнозам погоды.* – Л.: Гидрометеоиздат, 1972. – 365 с.
2. *Coughlan M.J. A comparative climatology of blocking action in the hemispheres// Austr.Meteorol.Mag. – 1983/ - Vol.31. – P. 3-13*
3. *Вангенгейм Г.Я.* Процессы блокирования зональных течений и их роль в режиме общей циркуляции атмосферы. // Труды ВНМС. – 1963. – Т.3. – С. 18-26.
4. *Вангенгейм Т.Г.* Спектральный анализ коэффициентов разложения среднемесячных аномалий атмосферного давления северного полушария по естественным ортогональным составляющим для зимнего периода // Труды ААНИИ. – 1986. – т. 393. – С. 131-137.
5. *Шановалова Н.С.* Процессы блокирования зональной циркуляции атмосферы // Метеорология и гидрология. – 1985. – № 5.
6. *Шановалова Н.С.* Блокирующие образования в атмосфере. // Труды ГМЦ СССР, 1991.- Вып. 316. - С. 68 – 73.
7. <http://www.infamed.com/stat/s05.html>
8. http://etlive.ru/koefficienty_rangovoj_korrelyacii

Пространственно-временная структура аномалий поля осадков при блокировании зонального переноса. Мищенко Н.М. С помощью расчета корреляционной связи между индексами блокирования для Азорского и Сибирского максимумов та сопровождающих их аномалиями количества осадков выявлены определенные закономерности в их пространственно-временном распределении.

Ключевые слова: блокирование зонального переноса, блокирующие антициклоны, суточное количество осадков, аномалии, корреляция, индекс блокирования.

Spatio-temporal structure of anomalies of the field of precipitations at blocking of zonal transfer. Mishenko N. By the calculation of correlation communication between the indexes of blocking for the Azorean and Siberian maximums that accompanying by their anomalies of amount of precipitations certain conformities to the law in their spatio-temporal distributing are exposed.

Keywords: blocking of zonal transfer, blocking anticyclones, day's amount of precipitations, anomalies, correlation, index of blocking.