

УДК 504.54 + 530.1

Н. В. МАКСИМЕНКО, канд. геогр. наук, доц.

(Харківський національний університет імені В. Н. Каразіна)

ФРАКТАЛЬНИЙ ПІДХІД ДО АНАЛІЗУ ДИНАМІКИ ПРИРОДНИХ ПРОЦЕСІВ

Розглядається можливість застосування фрактальної ідеології для дослідження проблематики аналізу динаміки природних процесів. На основі висновків Херста проаналізовані часові ряди температури атмосферного повітря тривалістю в 60 років для м. Харкова. Визначено стійкі тенденції до росту температури зимових місяців і зниження температури літніх місяців, що загалом дає поступове стійке зростання середньорічних температур. Підтвердженням цього є показник Херста, що доводить слабку персистентність ряду.

К л ю ч о в і с л о в а: тренд, температура атмосферного повітря, показник Херста, персистентність, фрактальна ідеологія

Постановка проблеми. Традиційним в географії є поєднання польових і камеральних досліджень, але сучасні тенденції розвитку науки свідчать про кардинальні зміни у їх співвідношенні. На порядку денному постають проблеми, вирішення яких значною мірою залежить від методики інтерпретації вже існуючої географічної інформації, або від обраного методу аналізу значного обсягу новітніх даних. Особливо актуальним це становиться у світлі створення географічних моделей. Значна частка існуючих моделей є статичними. Вони лише частково можуть бути використані для прогнозу змін у природних системах в майбутньому. Група моделей, що можна назвати динамічними відображують зміни, але вони орієнтовані на стабільність цих змін у природних системах і часто не враховують природних флуктуацій. У зв'язку з цим, останнім часом для аналізу часових змін все частіше застосовується фрактальна ідеологія [1,2].

Ступінь вивчення проблеми. Оскільки при аналізі динаміки природних процесів вихідними даними є часові ряди, що містять значення тих або інших показників за якийсь період, очевидно, що чим довший ряд, тим більше інформації з нього можна «витягти».

У загальному випадку існують дві основні мети аналізу часових рядів :

- визначення природи ряду;

- прогнозування майбутніх значень часового ряду за сучасними і колишніми значеннями.

Як і більшість інших видів аналізу, аналіз часових рядів припускає, що дані містять стабільну систематичну складову і випадковий «шум», що ускладнює виявлення регулярних компонентів. Переважають методи дослідження часових рядів, які включають різні способи фільтрації «шуму», що дозволяють побачити регулярну складову більш чітко. Більшість регулярних складових часових рядів належить до двох класів: вони є або трендом, або сезонною складовою. Тренд являє собою загальний систематичний лінійний або нелінійний компонент, що може змінюватися в часі. Сезонна складова - це періодично повторюваний компонент. Обидва ці види регулярних компонентів часто присутні в ряді одночасно.

Виклад основного матеріалу. Традиційно для аналізу даних, що змальовують динаміку процесу використовуються тренди. При цьому, як правило, вирішується тільки друге завдання: пророкування майбутніх значень ряду. У той же час, тренд нічого не говорить про те, наскільки стійкий ряд. Крім того, при побудові тренда велике значення має вибір методу побудови: чи звичайна середня, ковзна середня й т.д. Результати, отримані різними методами, можуть значно розрізнятися. Проілюструємо вищесказане на прикладі трендового аналізу ходу температур (за [3]).

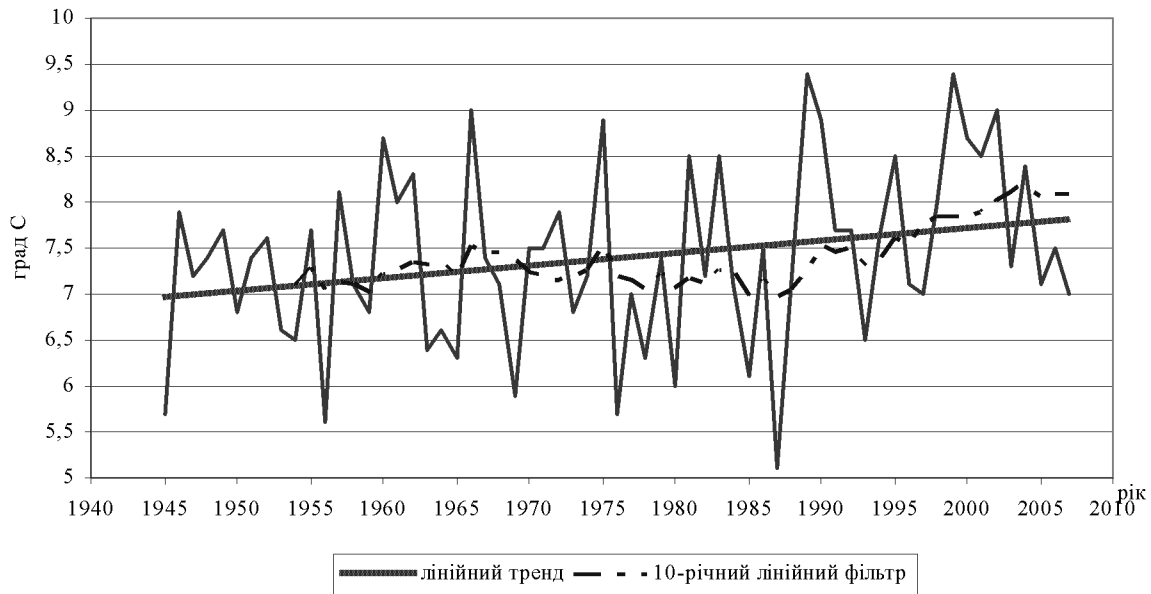


Рисунок 1 – Динаміка середньорічних температур м. Харкова

Як видно (рис. 1), результати трендового аналізу дуже залежать від моменту початку спостереження. Так, якщо обрати період 1950-1965 р.р., то можна робити висновок про потепління, у період 1965 – 1975 - похолодання, у період 1975-1985 р.р. - про стабільність ситуації, з 1990 по 2007 р.р. - про різке потепління. Загальний тренд свідчить про суттєве (на $0,85^{\circ}\text{C}$) підвищення температури за 60 років спостереження.

Таким чином, класичні методи аналізу є малоінформативними й мають багато методологічних обмежень до застосування.

Останнім часом широкого поширення набув аналіз часових рядів з використанням фрактальної ідеології. Передбачається, що часовий ряд на деякому інтервалі масштабів самоподібний, і, як наслідок, процеси, що йдуть у даний момент, визначалися попередніми станами. Причому не лише тими, що безпосередньо передують досліджуваному часу, а і процесами, що відбувалися досить давно відносно сьогодення.

Способів дослідження фрактальних часових рядів існує досить багато. Розглянемо метод, запропонований Б. Мандельбротом, що ґрунтується на дослідженнях Херста. У його основі

лежить аналіз розмаху параметра (у даному випадку – амплітуда температури за досліджуваний проміжок часу) і середньоквадратичного відхилення [2].

Часовий ряд розділяється на набір відрізків, що не перекриваються. Для кожної розбивки визначається функція F , що враховує середнє значення для кожного інтервалу. Далі розраховується розмах R як різниця між максимальним і мінімальним значенням (у нашому випадку – амплітуда температури). Далі, отриманий R ділиться на стандартне відхилення S для кожної розбивки, і отриманий набір величин усереднюється для всіх розбивок. Одержуємо функцію $R/S(n)$.

Вивчаючи динаміку розливів Нілу, Херст експериментально показав, що

$$(R/S) \propto n^H,$$

де H – показник Херста.

Потім виявилось, що це і багато інших природних явищ добре описуються виведеним законом. Виявляється, що часові послідовності вимірів таких величин, як річковий стік, температура, кількість опадів тощо, можна досліджувати методом нормованого розмаху або методом Херста. Часові послідовності, для яких $H > 0,5$, належать до класу персистентних – зберігаючих виявлену тенденцію. Якщо збільшення

були позитивними протягом деякого часу в минулому, тобто відбувалося зростання, то і надалі в середньому буде відбуватися зростання. Таким чином, для процесу з $H > 0,5$ тенденція до збільшення в минулому означає тенденцію до збільшення в майбутньому. І навпаки, тенденція до зменшення в минулому означає, у середньому, продовження зменшення в майбутньому. Чим більше H , тим сильніша тенденція. При $H = 0,5$ ніякої вираженої тенденції процесу не виявлено, і немає підстав вважати, що вона з'явиться в майбутньому. Випадок $H < 0,5$ характеризується антиперсистентністю – ріст у минулому означає зменшення в майбутньому, а тенденція до зменшення в минулому робить імовірним збільшення в майбутньому. І чим менше H , тим вища ця ймовірність. У таких процесах після зростання змінної звичайно відбувається її зменшення, а після зменшення – зростання. Одним з переваг методу розмаху є мала чутливість до довжини ряду, що дозволяє визначати показник H навіть для коротких рядів.

Нами були досліджені ряди із середніми річними температурами за період 1945-2007 р.р. для м. Харкова. Якщо аналізувати дані тренда (рис. 2), то одержуємо, що за 60 років приріст середньорічної температури повинен був скласти $0,9^{\circ}\text{C}$, що розходиться з реально наявними даними. У той же час, показник H , отриманий для того ж ряду, становить $0,51$, що говорить, що ряд є слабо персистентним.

Пояснення настільки високому значенню кута нахилу тренда можна знайти, якщо проводити аналіз не за річним значенням температури, а аналізувати зміни середньомісячної температури за весь обстежуваний період (рис. 2).

Таку персистентність дають зимові місяці. Саме у зимові місяці спостерігається стійке ($H = 0,53$) підвищення середньомісячної температури ($2,9^{\circ}\text{C}$ за 60 років), а у літні – нестійке її підвищення (на $0,2^{\circ}\text{C}$ за 60 років) (рис.2).

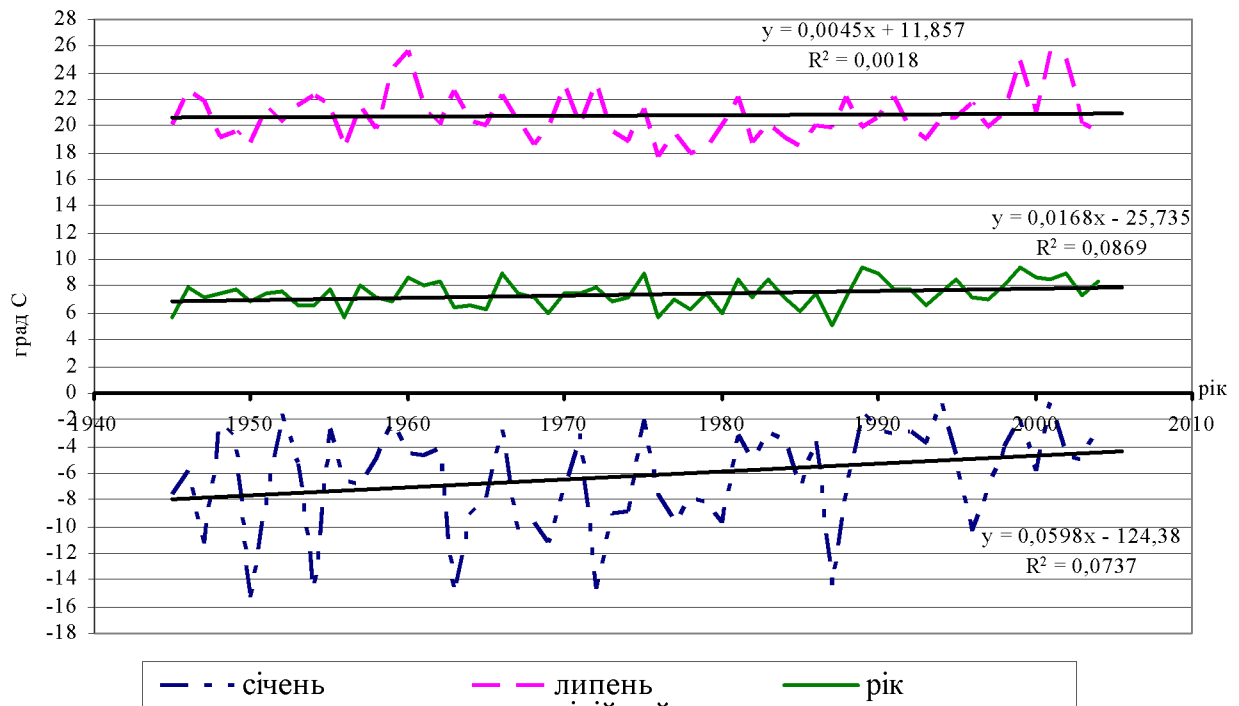


Рисунок 2 – Тренди середніх температур за період 1945–2007 р.р. (січень, липень, рік)

Висновки. В цілому, за рік трендовий аналіз видає підвищення температури, що пояснюється внеском зимових місяців. Дослідження кута нахилу прямої тренду і значення H у різні місяці показало, що взимку кути нахилу тренда позитивні, а влітку нижче нуля.

Аналіз даних, отриманих за допомогою двох підходів – звичайного і фрактального, дозволяє зробити висновок, що зараз у Харкові існує стійка тенденція до підвищення зимових температур і стійкого зниження літніх. У той же час, аналіз співвідношення цих тенденцій показує, що є стійке зростання середньорічних температур повітря.

ЛІТЕРАТУРА

1. Солнцев Л., Иудин Д., Снегирева М., Гелашивили Д. Фрактальный анализ векового хода средней температуры воздуха в г. Нижнем Новгороде // Вестник Нижегородского университета им. Н. И. Лобачевского – 2007, № 4. – С. 88–91.
2. Hurst H. E., Black R. P., Simaika Y.M. Long-storage: An experimental study. – L.: Constable, 1965.
3. Фондові матеріали Харківського обласного Центру з гідрометеорології. – Харків. 2008.
4. Максименко Н. В. Фрактальний підхід до моделювання природних систем. // Географія в інформаційному суспільстві. Зб. наук. праць. У 4-х томах. – К.: ВГЛ Обрії, 2008. – Т. IV. – С. 80-82.

УДК 504.54 + 530.1

МАКСИМЕНКО Н. В., канд. геогр. наук, доц.
(Харьковский национальный университет
имени В. Н. Каразина)

**ФРАКТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К АНАЛИЗУ
ДИНАМИКИ ПРИРОДНЫХ ПРОЦЕССОВ**
Рассматривается возможность применения
фрактальной идеологии для исследования

проблематики анализа динамики природных процессов. На основе выводов Херста проанализированны временные ряды температуры атмосферного воздуха длительностью в 60 лет для г. Харькова. Определены стойкие тенденции к росту температуры зимних месяцев и снижения температуры летних месяцев, что в целом дает стойкий рост среднегодовых температур. Подтверждением этого является показатель Херста, что доказывает слабую персистентность ряда.

К л ю ч о в ы е с л о в а: тренд, температура атмосферного воздуха, показатель Херста, персистентность, фрактальная идеология

UDK 504.54 + 530.1

MAKSIMENKO N. V.

(V. N. Karazin Kharkov national university)

**FRAKTAL APPROACH TO THE ANALYSIS
OF DYNAMICS OF NATURAL PROCESSES**

Application possibility fraktal ideology for research of problematics of the analysis of dynamics of natural processes is considered. On the basis of Herst's conclusions temporal rows of atmospheric air temperature by extent in 60 years for Kharkov are analysed. The steady tendency to rise in winter months temperature and decrease in summer months temperature are established, that as a whole gives forward steady growth of mid-annual temperatures.

Acknowledgement to it is Herst's index wich proves weak persistentnost of row.

К e y w o r d s: trend, atmospheric air temperature, Herst's index, persistence, fraktal ideology

Надійшла до редколегії 28.03.2009