

УДК 551.58.001.57;551.58.001.18+551.509.3

Голюк О.В., Мойсеєнко Л.В.

**ВЕРИФІКАЦІЯ ДАНИХ ПРИЗЕМНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ МЗЦАО,  
CRU ТА REMO ЗА 1850-2000 рр.**

*Наводяться результати аналізу моделювання середньорічних даних приземної температури повітря, використовуючи дані МЗЦАО, CRU та REMO. Проаналізовано віковий хід температури повітря за 150 років та встановлено 2-х, 4-5-ти, 7-8-ми та 15-річні цикли. Показано її поступове підвищення та вплив регіональної компоненти на результати моделювання.*

*Приводятся результаты анализа моделирования среднегодовых данных приземной температуры воздуха, используя данные МОЦАО, CRU и REMO. Проанализировано вековой ход температуры воздуха за 150 лет и установлены 2-х, 4-5-ти, 7-8-ми и 15-годовые циклы. Показано ее повышение и влияние региональной компоненты на результаты моделирования.*

*Results of annual surface air temperature modeling analysis are adduced using CMIP, CRU, and REMO. 150years' age progress of air temperature is analyzed and two-years, 4-5, 7-8 and 15 years cycles are established. Gradual rise in temperature and regional component impact on the results of the simulation are shown.*

*Постановка проблеми та її актуальність.* Глобальні зміни кліматичної системи є незаперечним фактом, що доведений міжнародними дослідженнями. Результати чисельного моделювання кліматичних змін [9] вказують на важливу їх особливість - неоднозначність регіонального прояву. Основними інструментами вивчення кліматичних змін майбутнього у сучасній кліматології є чисельні кліматичні моделі. Вони

дозволяють уточнити напрям і швидкість змін кліматичних характеристик, а отримані дані можуть стати одними з вирішальних у процесі планування стратегії розвитку різних сфер господарської діяльності на найближчі роки та десятиліття.

В пропонованій роботі здійснено дослідження даних 10-ти глобальних моделей [10-19] (МЗЦАО), даних світового кліматичного центру (CRU), регіональної моделі клімату REMO та фактичних спостережень метеорологічних станцій (Кліматичний кадастр України (ККУ) за період 1961-1990).

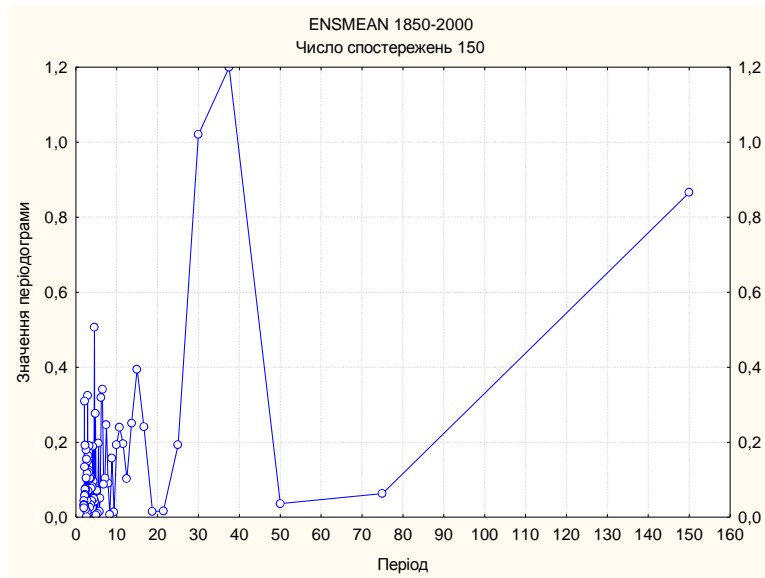
*Мета* – дослідити кліматичні зміни приземної температури повітря на території України за 1850-2000рр. за допомогою глобальних та регіональних моделей.

*Виклад основного матеріалу.* Регіональну модель (REMO) було розроблено в Інституті метеорології Макса-Планка (м. Гамбург)[5, 6, 7]. REMO об'єднує колишню чисельну модель прогнозу погоди EUROPA-MODELL для розрахунків термодинамічних характеристик і блоку глобальної кліматичної моделі ECHAM4 [7], в якому розраховуються процеси хмаро- та опадоутворення, проходження потоків сонячної радіації в атмосфері, вплив підстильної поверхні на теплові потоки з врахуванням альbedo й типу поверхні. В останні роки REMO досить успішно застосовувалася для моделювання минулого й майбутнього регіонального клімату не тільки Німеччини, але й інших країн Європи, а також Індії, Аргентини тощо. REMO була однією з провідних у проекті оцінки водного балансу басейну Балтійського моря [5] та у звіті IPCC-2007 [9].

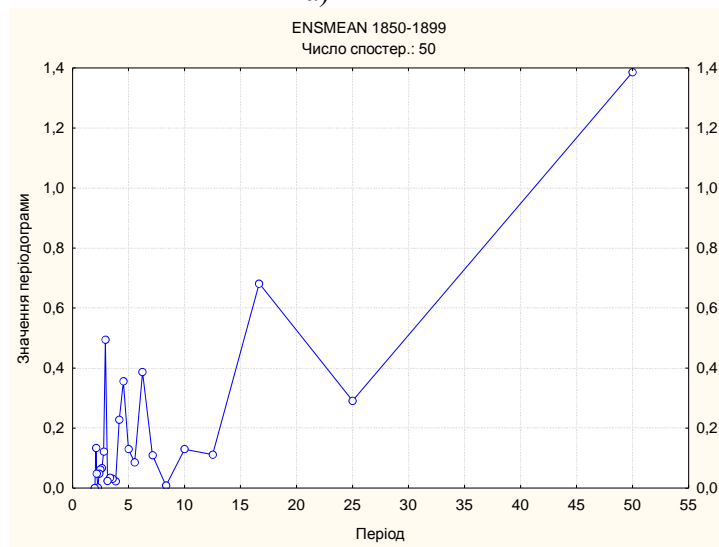
Для більш детального аналізу кліматичних змін на території України, було відібрано десять глобальних моделей [9-19]. В результаті всестороннього аналізу обрані моделі були визнані найбільш придатними для аналізу кліматичної ситуації на території нашої держави: вони є найбільш сучасними, розробленими науковцями провідних країн світу, що викликає до них певний ступінь довіри.

Методика аналізу результатів моделювання Моделей загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО) для України полягала в наступному. В першу чергу було надіслано запит до архіву СМІРЗ та отримано середньомісячні дані приземної температури повітря на XX ст. для 10 МЗЦАО. Далі було виділено територію України за її географічними координатами з глобальних даних.

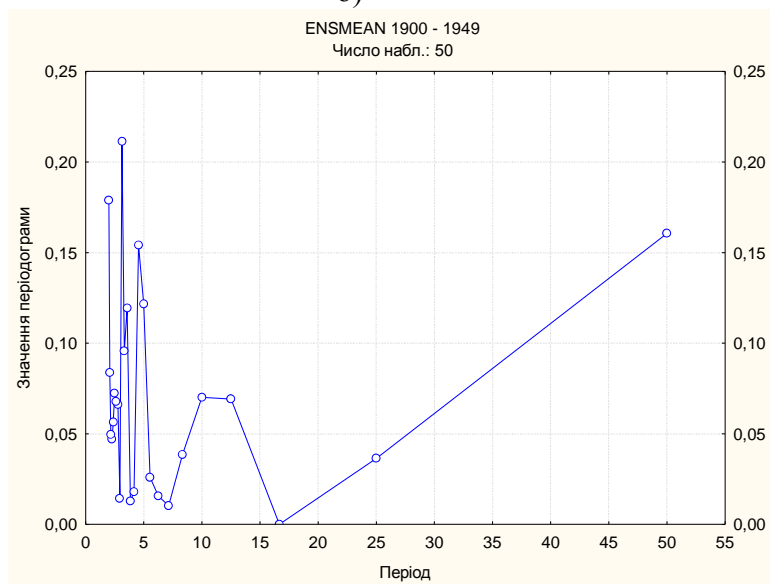
В даному випадку, було вирішено провести первісний аналіз даних і визначити загальні тенденції зміни середньорічних значень приземної температури повітря для території України в XX ст. Для цього в першу чергу було отримано середні значення для тих моделей, де було більше одного розрахунку – ансамблеве середнє(ENSMEAN). Згідно досліджуваних моделей, середня висота місцевості становить 195м., а середня висота за даними 187 метеорологічних станцій України – 187 м. [4].



а)



б)



в)

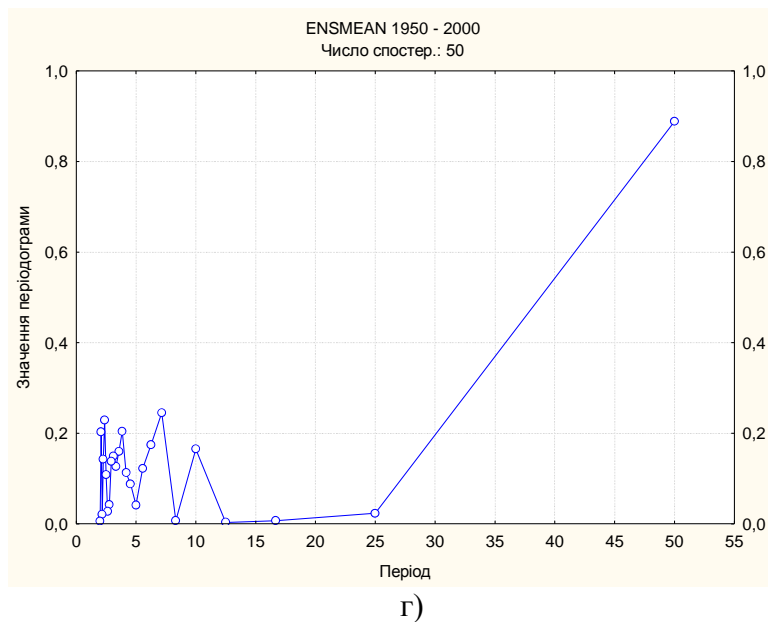


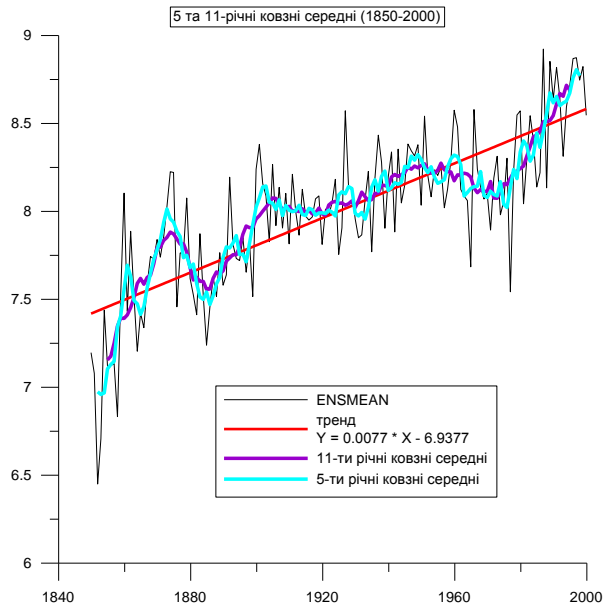
Рис.1 Спектральний аналіз ансамблевого осереднення 10-ти глобальних моделей за окремими періодами а) 1850 – 2000; б) 1850 – 1899; в) 1900 – 1949; г) 1950 – 2000.

Як довідкові фактичні дані в дослідженні використали середні багаторічні значення приземної температури повітря, отримані на 187 метеорологічних станціях України з Кліматичного Кадастру України (ККУ) за 1961-90 рр. Враховуючи нерівномірність та недостатню щільність мережі метеорологічних станцій на території України (відстані між станціями в деяких районах перевищують 50 км – максимальний крок розрахунку моделі), а також те, що в деяких районах результати спостережень не повністю відтворюють просторову мінливість метеорологічних величин, було доцільно залучити також дані Світового кліматичного центру CRU (Climate Research Unit, University of East Anglia, Norwich. Ці дані отримані в результаті інтерполяції даних наземних вимірювань кліматичних станцій. Тобто і дані CRU, і дані метеомережі в основі мають практично одні й ті самі фактичні виміри на метеостанціях, але дані CRU зручніші у використанні для верифікації результатів моделювання. Для вирішення проблеми аналізу часових рядів середньої річної температури повітря було поставлено низку завдань:

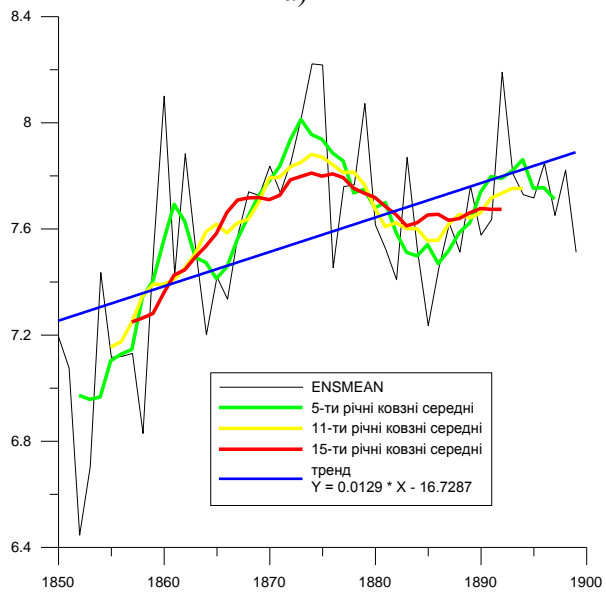
- ✓ Проаналізувати та отримати ансамблеве середнє за даними 10 глобальних моделей для території України за період 1850-2000рр.,яке буде використане в подальших дослідженнях;
- ✓ Дослідити деякі циклічності отриманого часового ряду за окремі 50-річні (1850-99рр.,1900-1949рр., 1950-2000рр.) періоди та побудувати згладжені тренди часових рядів для перевірки цих періодичностей.

За допомогою спектрального аналізу часового ходу середньорічної приземної температури за даними ансамблевого осереднення з 10 глобальних моделей було виявлено циклічність з періодами 5, 11, 15, 30 та 50 років(рис.1а). Для подальшого аналізу часовий ряд було розділено на окремі 50-ти річні періоди: 1850 – 1899 рр, 1900 – 1949 рр, 1950 – 2000 рр.

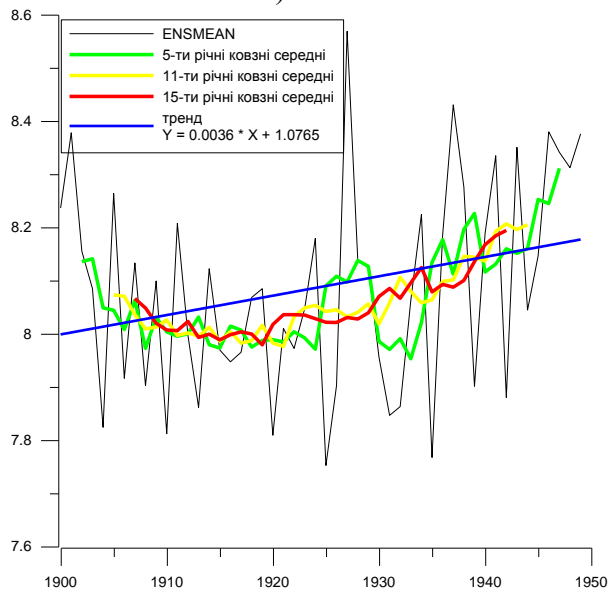
# Географія та туризм



a)



б)



в)

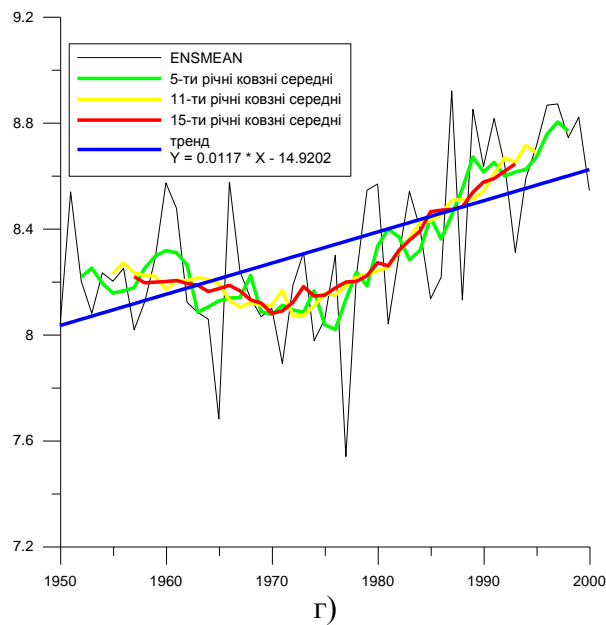


Рис.2 Лінійні тренди та ковзні середні ансамблевого осереднення глобальних моделей:  
 а) 1850 – 2000; б) 1850 – 1899; в) 1900 – 1949; г) 1950 – 2000

На основі осереднених даних приземної глобальної температури (ENSMEAN) було проведено спектральний аналіз виокремлених періодів (рис.1 б-г). За ці проміжки часу виділяються 2-х,4-5-ти 7-8-ми та 15-ти річні цикли. Фактичне співпадання тривалості періодів змін приземної температури повітря в досліджуваних 50-річних періодах свідчить про спільні причини цих змін, якими можуть бути, наприклад, багаторічні цикли в змінах сонячної активності (11 років, 22 роки). Циклічність, що перевищує 4-8 років скоріше за все обумовлюється зміною циркуляційних епох, які в метеорології встановлюються на основі повторюваності встановлених циклів [3].

Для більш детального аналізу часового ряду за період 1850 - 2000 рр. Було побудовано 5-ти та 11-ти річні ковзні середні (рис.2а), для того щоб усунути вплив змін клімату локального масштабу та «шуми», зумовлені кліматичними флуктуаціями [3].

На рис.2 б-г представлені тренди та 5, 11, 15-ти річні ковзні середні середньорічної приземної температури повітря за виокремлені 50-ти річні періоди, 1850 - 1899, 1900 - 1949, 1950 – 2000 рр. Протягом цих періодів виділяються 4-5-ти 7-8-ми та 15-ти річні цикли.

Аналізуючи дані тренди було встановлено, що температура зростає з кожним наступним періодом. Лінії тренду середньорічної приземної температури в досліджуваному регіоні та осереднені дані глобальних моделей показують, що вона має виражений циклічний характер з періодами різної тривалості. Спектральний аналіз підтвердив цей факт (див.рис.1), тут вузькі високі піки свідчать про наявність регулярних циклів, а широкі – відповідають нерегулярним, нестійким циклам або ж це цикли, які тільки починають формуватися [3]. Тобто, протягом досліджуваного 150-річного проміжку часу на формування приземної

температури повітря переважно впливали синоптичні процеси з періодом в 4-5 років. Збільшення приземної температури повітря значною мірою зумовлене зростанням активності макромасштабних процесів, що мають циклічність 4-5, 8-11 та 15-22 роки. Спектральний аналіз підтверджує цей факт.

*Висновки.* Динаміка клімату України як регіонального, значною мірою відображає характерні риси змін глобального клімату. Для оцінки кліматичних змін в другій половині XIX - XXст. було проаналізовано осереднену для території України середню річну температуру повітря, яку можна вважати інтегральною характеристикою кліматичної системи.

За ансамблем осереднення даних 10 глобальних моделей за останні 150 років (1850-2000pp) спостерігалось поступове підвищення температури повітря з кожним наступним періодом. Крім того, з 1850 до 1875 року позитивна зміна середньорічної температури становила близько 1°C, збільшення на таку величину відмічалось і наприкінці XX ст. (1975-2000pp). Встановлено періодичність змін приземної температури повітря за останні 150р.: 2-3, 4-5, 7-8 та 15 років, що вказує на вплив сонячної активності та зміни циркуляції атмосфери.

За перший 50-річний період (1850-99 pp.) показник середньої температури за даними ансамблю становив лише 93.6% по відношенню до наступного 50-річного періоду (1900-49pp.). За 1950-2000pp. ця величина вже була на 3% більшою за 1900-49pp., тобто спостерігалось суттєве підвищення температури.

Регіональний вплив оцінено за допомогою використання регіональної кліматичної моделі, показник середньої річної температури якої на 1,5-2 °C вищий на відміну від ансамблевого осередненого значення та даних CRU, саме ця різниця температур і вказує на вплив регіональних синоптичних процесів.

1. Кліматичний Кадастр України (електронна версія) Державна гідрометеорологічна служба УкрНДГМІ. Центральна Геофізична обсерваторія. – К., 2006.
2. Клімат України / Под ред. Г.Ф. Прихотько, А.В.Ткаченко, В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1967. – 413 с.
3. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко – К.: Вид-во Равського, 2003. – 343 с.
4. Краковська С.В., Паламарчук Л.В., Шедєменко І.П., Дюкель Г.А., Гнатюк Н.В. Верифікація даних Світового кліматичного центру (CRU) та Регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період // Наук.пр. УкрНДГМІ. - №257. – 2008. – С. 42-61.
5. Jacob D., B.J.M. Van den Hurk, U. Andre et. al. A comprehensive model inter-comparison study investigating the water budget during the BALTEX-PIDCAP period // Meteor. Atm., 2001. - №77. – С. 61-73.
6. Pfeifer S. Modeling cold cloud processes with the regional climate model REMO. // Ber. Zur Erdsystemforschung, 2006, - MPI-M, 23. – 120 p.
7. Roeckner E., K. Arpe L. Bengtsson M. Christoph M. Claussen L. Dumenil M. Esch, U. Schlese, U. Schulzweida. The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate // Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report. – 1996. – No.218.
8. Christensen J.H., B. Hewitson A. Busuios et al. Regional climate Projections. In: Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of WG I to the Fourth Assessment Report of the IPCC [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M/ Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, United Kingdom and New York, NY, USA. – 2007. – 94p.
9. <http://www.ipcc.ch/ipccreports>
10. [http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/model\\_documentation/BCCR\\_BCM2.0.htm](http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/model_documentation/BCCR_BCM2.0.htm)

11. <http://www.ucar.edu/communications/CCSM/index.html>
12. [http://www.cgd.ucar.edu/ccr/strandwg/CCSM3\\_AR4\\_Experiments.html](http://www.cgd.ucar.edu/ccr/strandwg/CCSM3_AR4_Experiments.html)
13. <http://www.cccma.bc.ec.gc.ca/models/cgcm3.shtml>
14. <http://www.gfdl.noaa.gov/nomads/forms/deccen/CM2.X/>
15. [http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/model\\_documentation/GFDL-cm2.htm](http://www-pcmdi.llnl.gov/ipcc/model_documentation/GFDL-cm2.htm)
16. <http://www.ccsr.u-tokyo.ac.jp/kyosei/hasumi/MIROC/tech-repo.pdf>
17. <http://www.mri-jma.go.jp/Welcome.html>
18. <http://www.metoffice.gov.uk/climatechange/>
19. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/6320515.stm>