

ТЕОРЕТИЧНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ МЕТЕОРОЛОГІЇ ТА КЛІМАТОЛОГІЇ

УДК 551.588.1(477)

Затула В. І.

Київський національний університет
імені Тараса Шевченка

РІЧНИЙ ХІД ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ТА ПОКАЗНИКИ ТЕРМІЧНОЇ ОКЕАНІЧНОСТІ КЛІМАТУ УКРАЇНИ

Ключові слова: річний хід температури повітря; річна амплітуда температури повітря; індекси термічної океанічності клімату; моделі множинної регресії

Вступ. Найважливіші риси кліматичного режиму різних регіонів пов'язані з поділом поверхні Землі на океан і суходіл. Під їх впливом на Земній кулі формується сукупність океанічних та материкових кліматів, основні відмінності між якими пояснюються неоднаковою реакцією різного типу діяльних поверхонь (океану та суходолу) на зміни радіаційного балансу протягом року. Радіаційні контрасти відповідних ділянок поверхні планети визначають не тільки особливості їх термічного режиму, але й основні риси загальної циркуляції атмосфери. Характерні особливості зміни температури повітря протягом року в різних регіонах Земної кулі прийнято виражати з допомогою спеціальної групи кліматичних індексів – індексів термічної континентальності або океанічності клімату.

Постановка та актуальність проблеми. В 1852 р. директор Пруського метеорологічного інституту, а також професор фізики в Кенігсберзькому і Берлінському університетах Генріх Вільгельм Дове запропонував для характеристики відмінностей термічного режиму океанів та материків використовувати відхилення температур повітря від їх середніх широтних значень. Побудована ним карта ізаномал широтних температур стала першим зображенням просторового розподілу ступеня континентальності клімату. Запропонований тоді метод ізаномал широтних температур не втратив свого значення і по цей час [2].

Ще більшого поширення набув підхід австрійського метеоролога і географа, професора Чернівецького університету Олександра Зупана [10], за якого кількісна оцінка материкових або океанічних впливів на клімат ґрунтується на річній амплітуді температури повітря. Однак, типові значення річної амплітуди температури у високих

широтах значно перебільшують характерні їх значення у низьких широтах. Тож в заснованих на ній показниках ступеня континентальності клімату реалізуються ті чи інші методи виключення впливу географічної широти [4, 7].

Загальні закономірності географічного розподілу середньої річної амплітуди температури повітря в Україні добре вивчені [1, 4]. Побудовано докладні карти географічного розподілу індексу континентальності клімату Л. Горчинського [3] і С.П. Хромова [4, 8]. Для останнього індексу представлено також ґрунтовний аналіз його регіональних особливостей [5].

Зроблено певні кроки в дослідженні просторового розподілу в Україні показників континентальності клімату, які виходять із особливостей річного ходу температури повітря. Насамперед це стосується оцінки ступеня термічної океанічності клімату за Х. Хенсе [6]. Разом з тим, як показано в [7], це питання вивчено ще недостатньо. Такий стан проблеми зумовив появу даної роботи, в якій розглядається доцільність застосування деяких інших індексів термічної океанічності клімату.

Об'єкт дослідження – океанічність клімату України.

Основною метою роботи є характеристика особливостей географічного розподілу деяких індексів термічної океанічності клімату на території України.

Матеріал і методи досліджень. Інформаційною базою даного дослідження є відомості Кліматичного кадастру України про середню місячну температуру повітря на 187 метеорологічних станціях країни за період 1961-1990 рр. Отримані на їх основі кліматичні показники опрацьовувалися за стандартними методиками, прийнятими у математичній статистиці і кліматології. Для

представлення результатів дослідження використовувалися графічний і картографічний методи. Частина результатів отримано за використанням методів множинного регресійного аналізу.

Виклад основного матеріалу. Як відомо, континентальність або океанічність є однією з найважливіших рис клімату, що відображає сумісний вплив на повітряні маси навколишніх материків та океанів.

Як уже зазначалося, в основі більшості індексів термічної континентальності клімату лежить річна амплітуда температури

$$A_p = t_{\max} - t_{\min}, \quad (1)$$

де t_{\max} і t_{\min} – середні місячні температури повітря найтеплішого і найхолоднішого місяців року відповідно, °С.

Річна амплітуда температури повітря формується під визначальним впливом процесів теплообміну, у т.ч. під впливом адвекції повітряних мас з океану і залежить від географічної широти, близькості океану, характеру рельєфу тощо. Географічний розподіл річної амплітуди температури на території України представлено на рис. 1.

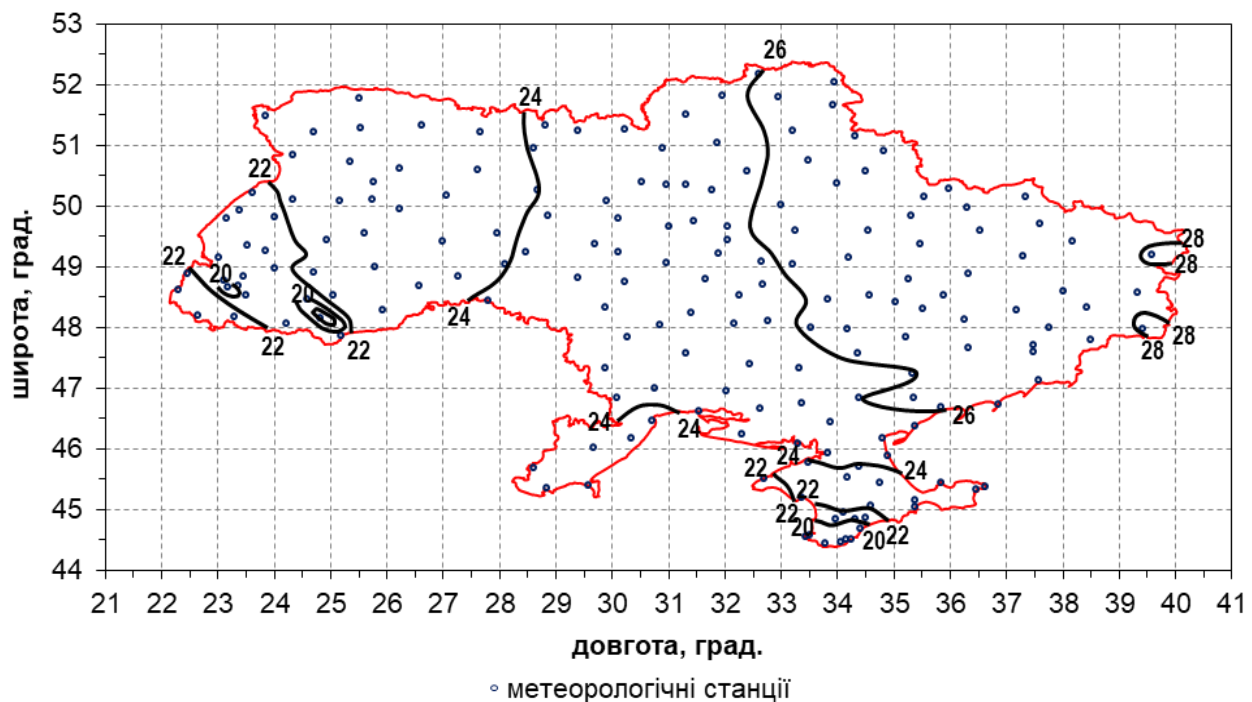


Рис. 1 – Річна амплітуда температури повітря, °С

Як видно з рис. 1, на річну амплітуду температури повітря на території України найбільший вплив має віддаленість від Атлантичного океану (географічна довгота). З просуванням із заходу на схід вплив Атлантичного океану послаблюється і річна амплітуда поступово зростає від 22 до 28°С, тобто більш як на 6°С. В Українських Карпатах та в Кримських горах помітним чинником формування цієї величини є гіпсометричне положення, причому зі зростанням абсолютної висоти річна амплітуда зменшується. Ґрунтовний аналіз впливу цих чинників та річну амплітуду температури представлено в [4]. На крайньому півдні України основним чинником формування річної амплітуди температури є близькість Чорного та Азовського морів. Він настільки потужний, що ізолінії однакових значень амплітуди набувають субширотного простягання. Особливо

добре це помітно на території Кримського півострова.

Сукупний вплив елементів географічного положення на річну амплітуду температури повітря в Україні можна представити за допомогою моделі множинної регресії:

$$A_p = 0,3529\lambda + 0,6823\varphi - 0,0032h - 19,17, \quad (2)$$

де A_p – амплітуда річного ходу температури у даному пункті, °С; λ і φ – географічні координати (довгота і широта) метеорологічної станції, град.; h – висота над рівнем моря, м.

Коефіцієнт детермінації цього рівняння регресії дорівнює 0,756, що вказує на тісний зв'язок між чинниками впливу і залежною від них величиною річної амплітуди повітря. Невипадковий характер виявленого взаємозв'язку між залежною і незалежними

величинами підтверджується і високим значенням F -статистики (189,1). Обчислені для рівня значущості $\alpha = 0,01$ значення t -статистики значно перевищують критичне значення 2,603 і вказують на статистичну значущість отриманих коефіцієнтів та корисність усіх змінних для практичного

використання запропонованої моделі множинної регресії.

Рис. 2 показує дуже добру відповідність оціночних значень річної амплітуди повітря за моделлю (2) їхнім фактичним значенням для більшості метеорологічних станцій країни.

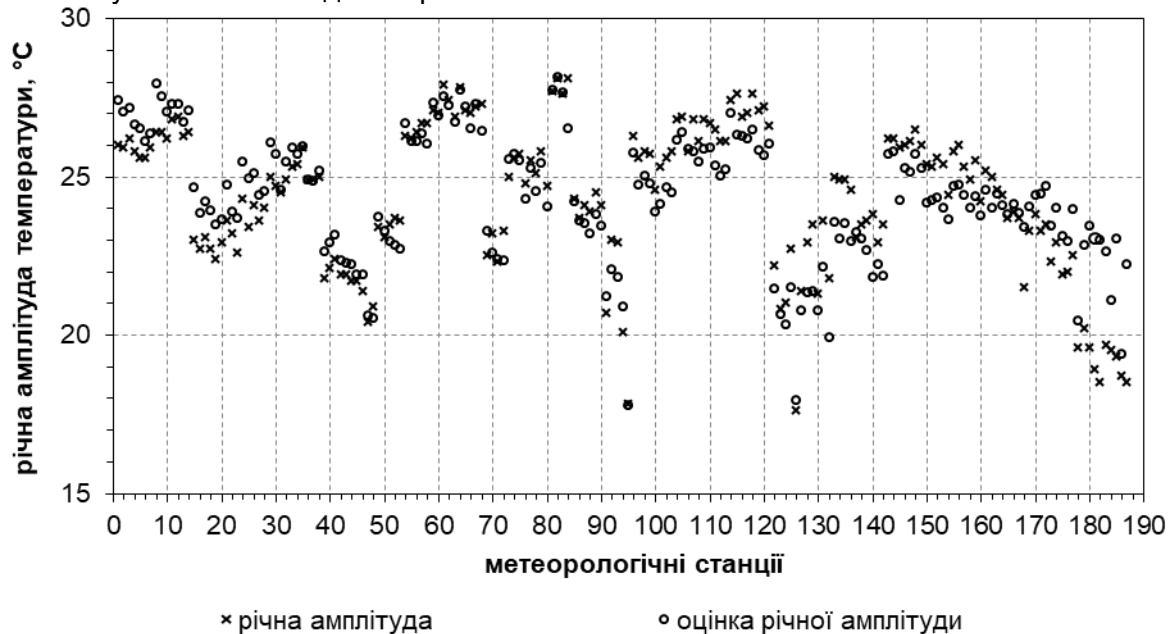


Рис. 2 – Відповідність змодельованих і фактичних значень річної амплітуди повітря на території України

Середня абсолютна похибка оцінки річної амплітуди повітря за рівнянням (2) дорівнює $0,87^{\circ}\text{C}$, середня відносна похибка – 3,7%. У 81,3% усіх випадків відносна похибка оцінки річної амплітуди повітря не перевищує 5% і ще в 15% випадків вона коливається в межах від 5 до 10%.

З допомогою нормованої моделі множинної регресії було також оцінено внесок окремих елементів географічного положення в загальну дисперсію показника A_p . Внесок географічної довготи в загальну дисперсію річної амплітуди повітря в Україні за трифакторною моделлю регресії (2) становить 44,2%, географічної широти – 37,4%, абсолютної висоти – 18,4%.

Ще один спосіб кількісної оцінки ступеня океанічності клімату відштовхується від того, що швидкість нагрівання та охолодження повітря над різними типами діяльної поверхні відчутно відрізняється. Відомо, що через високу питому теплоємність води водна поверхня навесні повільніше прогрівається, а восени повільніше охолоджується, ніж суходіл. Це породжує певну асиметричність річного ходу температури повітря відносно

найтеплішого місяця року, яким в Північній півкулі, як відомо, є липень. В якості можливих показників цієї асиметричності можна розглядати різницю температур серпня і червня ($t_{08} - t_{06}$), вересня і травня ($t_{09} - t_{05}$), жовтня і квітня ($t_{10} - t_{04}$), листопада і березня ($t_{11} - t_{03}$) тощо. Середні значення та деякі інші статистичні показники цих різниць для території України представлено в табл. 1.

Аналіз табл. 1 показує, що океанічні впливи на території України найкраще відображає параметр $t_{09} - t_{05}$. Саме для цього показника досягається мінімальне значення середнього арифметичного при максимальних розмахові значень та середньому квадратичному відхиленні. Наявність значень показника різного знаку на різних метеорологічних станціях дозволяє виділити області континентального (від'ємні значення $t_{09} - t_{05}$) та океанічного (додатні значення) клімату (рис. 3). Зауважимо, що застосування такого показника в якості критерію різних типів клімату в позатропічних широтах Південної Америки [9], є додатковим аргументом на його користь.

Таблиця 1 – Деякі статистичні характеристики показників асиметричності річного ходу температури повітря на території України. 1961-1990 рр.

Статистична характеристика	$t_{08} - t_{06}$	$t_{09} - t_{05}$	$t_{10} - t_{04}$	$t_{11} - t_{03}$	$t_{12} - t_{02}$
Середнє арифметичне	0,906	-0,234	-0,201	1,911	1,893
Максимальне значення	2,8	4,2	3,7	4,5	3,3
Мінімальне значення	0,0	-1,9	-2,1	-0,2	-0,3
Розмах значень	2,8	6,1	5,8	4,7	3,6
Середнє квадратичне відхилення	0,576	1,201	1,091	0,698	0,640
Коефіцієнт асиметрії	1,053	1,065	1,011	0,973	-1,106
Коефіцієнт ексцесу	0,987	1,141	1,019	2,778	1,743

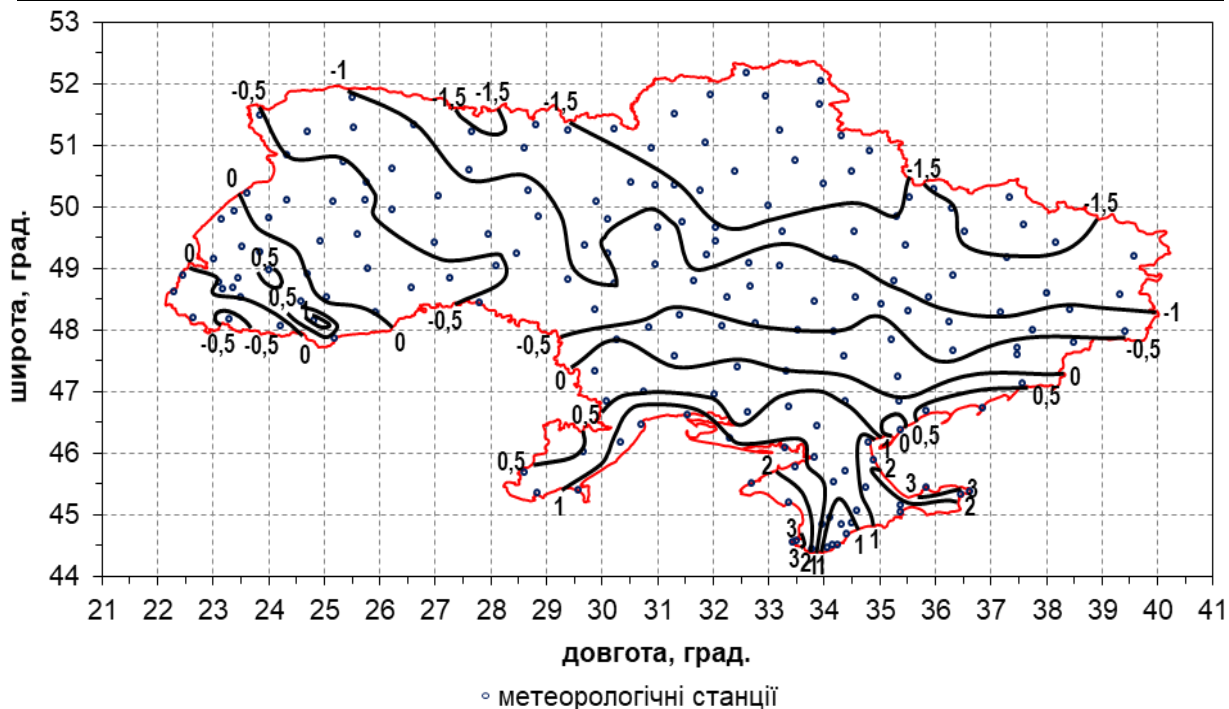


Рис. 3 – Різниця середніх температур повітря вересня і травня, °С

З рис. 3 видно, що на більшій частині території України середня температура повітря у вересні на 0,5...1,5°С і більше поступається її значенням у травні. Область додатних різниць температур $t_{09} - t_{05}$ охоплює південь країни (аж до 4,2°С на метеостанції Херсонський маяк) та най-більш високогірні ділянки Українських Карпат (1,2°С на метеостанції Пожежевська, 1451 м н.р.м.) та Передкарпаття. Ізолінії однакових значень показника $t_{09} - t_{05}$ мають переважно широтне простягання, за винятком західної України, де вони простягаються з північного заходу на південний схід, та Криму, де їхнє простягання під впливом Чорного та Азовського морів наближається до меридіонального.

Від'ємні значення різниці температури $t_{09} - t_{05}$ спостерігаються на 122 метеостанціях (або більш як на 65 % їхньої загальної кількості). Ще на 38 метеостанціях (20,3 %) мають місце невеликі додатні (до 0,9°С включно) значення показника (табл. 2).

Таблиця 2 – Повторюваність різних градацій різниці температури $t_{09} - t_{05}$, °С

різниця температур, °С	випадків	відсотків
від -2,05 до -1,05	51	27,27
від -1,05 до -0,05	71	37,97
від -0,05 до 0,95	38	20,32
від 0,95 до 1,95	15	8,02
від 1,95 до 2,95	8	4,28
від 2,95 до 3,95	3	1,60
від 3,95 до 4,95	1	0,53
Разом	187	100,00

Нарешті, можна запропонувати новий індекс термічної океанічності клімату, який найкращим чином відображає умови її формування на території України

$$K_{ок} = \frac{t_{09} - t_{05}}{A_p} \cdot 100, \quad (3)$$

де A_p – річна амплітуда температури; t_{09} і t_{05} – середня температура повітря у вересні і травні, відповідно.

Просторовий розподіл індексу $K_{ок}$ на території України показано на рис. 4.

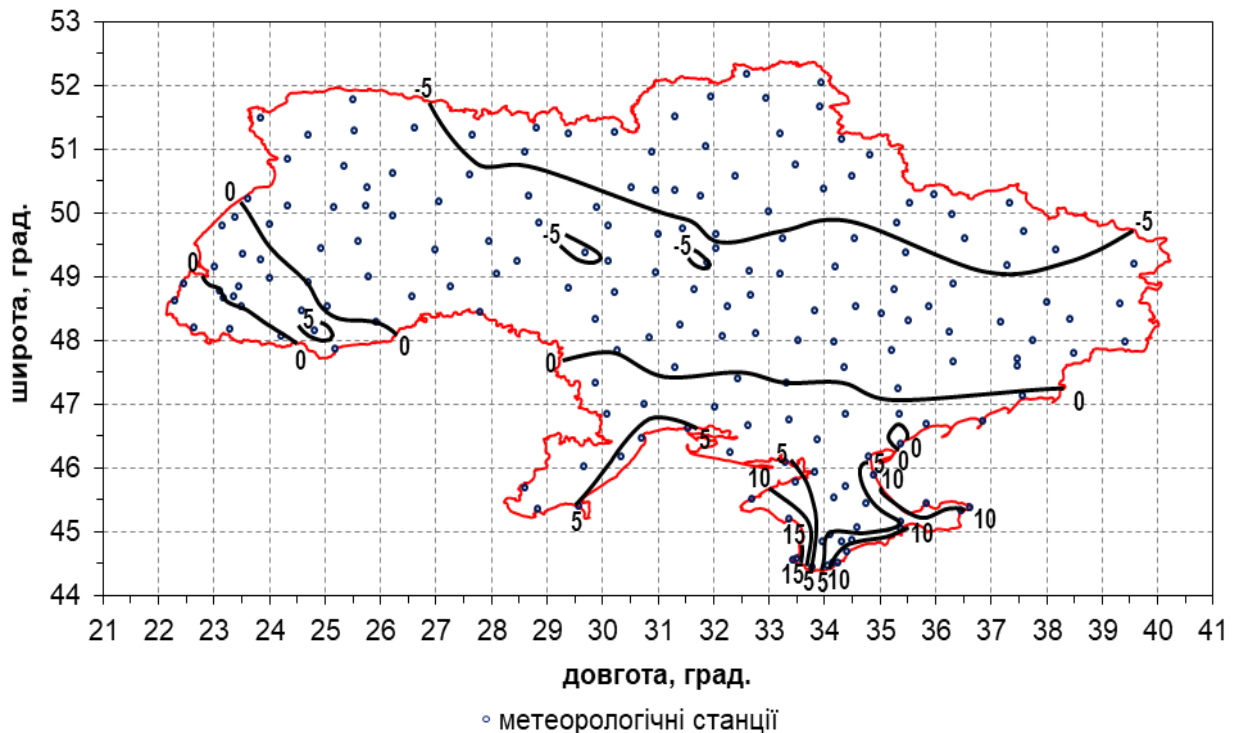


Рис. 4 – Індекс термічної океанічності клімату України, %

Як видно з рис. 4, слабкими рисами океанічного клімату (0-5 відсотків) володіють Причорномор'я та Приазов'я (приблизно південніше 47-48° пн. ш.) та найбільш високогірна частина Українських Карпат (власне Українські Карпати та Прикарпаття). Особливо м'яким океанічним кліматом вирізняються прибережні райони Криму, де запропонований вище індекс океанічності клімату досягає рівня 10-15 і більше відсотків. Водночас, індекси океанічності клімату глибинних районів Криму та західної частини Зовнішнього пасма Кримських гір (приблизно по лінії метеостанцій Сімферополь – Поштове – Орлине) дуже близькі до типових показників Причорноморської низовини.

Зауважимо також, що найбільшим ступенем континентальності клімату за індексом $K_{ок}$ вирізняються північно-східні регіони України. В цілому можна говорити, що за цим показником континентальність клімату рівнинної частини України зростає у напрямку з півдня і південного заходу на північ і північний схід. Значною мірою це зумовлено великою чутливістю запропонованого показника до чинників формування клімату регіонального масштабу – внутрішніх морів та гірських масивів.

В табл. 3 представлено результати моделювання просторового розподілу різниці температури $t_{09} - t_{05}$ та запропонованого тут

індексу термічної океанічності клімату України за допомогою двофакторної моделі множинної регресії виду $y = a_{\lambda}\lambda + a_{\phi}\phi + a_0$ (чинник висоти над рівнем моря виявився статистично незначущим).

Аналіз табл. 3 говорить про статистичну значущість побудованих моделей і велику тісноту встановлених зв'язків між елементами обох моделей. Високі середні відносні похибки зумовлені малими абсолютними значеннями залежних величин і тому не є критичними для побудованих рівнянь регресії.

Висновки. Проаналізувавши представлені вище матеріали, можна дійти таких висновків. В основі численних показників термічної океанічності або континентальності клімату лежать корінні відмінності в річному ході температури повітря над морськими акваторіями і в глибині материків. Просторовий розподіл річної амплітуди температури повітря в Україні перш за все відображає послаблення впливу Атлантичного океану з просуванням вглиб Євразії як кліматичного чинника планетарного масштабу і значно меншою мірою – пом'якшуючий вплив морів, що омивають територію країни з півдня. А от асиметрія річного ходу температури повітря в перехідні сезони року на її території значно

Таблиця 3 – Деякі параметри двофакторних моделей множинної регресії різниці температури $t_{09} - t_{05}$ та індексу термічної океанічності $K_{ок}$ клімату України

Параметри моделей	Модель множинної регресії	
	різниці температури $t_{09} - t_{05}$	індексу океанічності клімату $K_{ок}$
Коефіцієнт a_λ	-0,0807	-0,3006
Коефіцієнт a_φ	-0,5815	-2,4866
Вільний член рівняння регресії a_0	30,48	129,31
Коефіцієнт детермінації	0,799	0,764
F - статистика	366,0	297,3
Рівень значущості	0,01	0,01
Похибка рівняння регресії:		
середня абсолютна	0,40	1,81
середня відносна, %	73,4	78,7
Внесок в загальну дисперсію (%):		
географічної довготи	24,1	21,7
географічної широти	75,9	78,3

чутливіша до дії чинників регіонального масштабу і, як з'ясувалося, виявляє слабший зв'язок з Атлантичними впливами. У роботі статистично обґрунтовано використання різниці середніх температур повітря вересня і травня в якості альтернативного показника ступеня континентальності (океанічності) клімату. Ізолінія з нульовою різницею цих температур в районі 47-48-ї паралелі просторово окреслює зону впливу Чорного і Азовського морів. Комбінацією обох підходів є запропонований в роботі індекс термічної океанічності клімату, який являє собою відсоткове співвідношення різниці температур вересня і травня до річної амплітуди температури. На більшій частині території

України він плавно зменшується у напрямку від Кримського узбережжя і Західного Причорномор'я в бік північно-східних регіонів України. Невелика область підвищених значень цього індексу розташована на заході країни й охоплює високогірні області Українських Карпат і Прикарпаття. Її наявність цілком узгоджується з існуючими уявленнями про схожість гірського і морського типів клімату. Важливою перевагою цього показника є його безрозмірна форма і наявність теоретичних підстав для виділення океанічних та материкових типів клімату з від'ємними та додатними значеннями індексу відповідно.

Список літератури

1. Температура воздуха на Украине / В.Н. Бабиченко, С.Ф. Рудышина, З.С. Бондаренко, Л.М. Гуцина ; Под ред. В.Н. Бабиченко. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 400 с.
2. Блютген И. География климатов : Пер. с нем. / И. Блютген. – М.: Прогресс, 1973. – Т. 2. – 402 с.
3. Врублевська О.О. Річна амплітуда температури повітря як показник динаміки клімату України / О.О. Врублевська, Т.Л. Касаджик // Вісник Одеського державного екологічного університету. – 2012. – Вип. 12. – С. 86-92.
4. Затула В.І. Річна амплітуда температури повітря і континентальність клімату України / В.І. Затула, Н.І. Затула // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2013. – Т. 4(31). – С. 95-101.
5. Затула В.І. Дослідження залежності ступеня континентальності клімату України від географічного положення методами регресійного аналізу / В.І. Затула, Н.І. Затула // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т. 1(36). – С. 130-136.
6. Затула В.І. Термічна океанічність клімату України / В.І. Затула, Н.І. Затула // Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2016. – Т. 1(40). – С. 104-111.
7. Затула В.І. Показники термічної континентальності та океанічності клімату і сучасна практика їх застосування / В.І. Затула, Н.І. Затула // Географія в Київському національному університеті імені Тараса Шевченка: 85 років – досягнення та перспективи (GTSNU): матеріали міжнародн. наук.-практ. конф., присвяченої 85-річчю географічного факультету Київського національного університету імені Тараса Шевченка. – К.: Прінт-Сервіс, 2018. – С. 269-271.
8. Колісник П.І. Континентальність клімату України / П.І. Колісник // Вісник Київ. ун-ту. Географія. – 1980. – Вип. 22. – С. 36-41.
9. Prohaska F. The climate of Argentina, Paraguay and Uruguay / F. Prohaska // Climates of Central and South America. World Survey of Climatology / W. Schwerdtfeger (ed.). – 1976. – Vol. 12. – P. 13-112.
10. Supan A. Grundzüge der physischen Erdkunde / A. Supan. – Leipzig: Veit, 1884. – 492 s.

Затула В. І. Річний хід температури повітря та показники термічної океанічності клімату України. Розглянуто принципи побудови показників термічної океанічності клімату. Статистично обґрунтовано використання деяких із них для опису континентальності або океанічності клімату України. Побудовано карти різниці середніх температур вересня і травня, річної амплітуди температури повітря та їх відсоткового співвідношення на території України як окремого індексу океанічності клімату. Побудовано ефективні моделі множинної регресії згаданих величин залежно від елементів географічного положення.

Ключові слова: річний хід температури повітря; річна амплітуда температури повітря; індекси термічної океанічності клімату; моделі множинної регресії.

Zatula V. I. Annual cycle of air temperature and indicators of thermal oceanicity of Ukrainian climate. Principles of constructing of indicators of thermal oceanicity of climate are considered. Some of them are statistically grounded to describe continentality or oceanicity of Ukrainian climate.

Maps of the difference between the average temperatures of September and May, the annual air temperature range and their percentages over the territory of Ukraine as a particular index of oceanicity of climate are constructed. Effective models of multiple regression of the considered variables are constructed depending on the components of the geographical location.

It was found that weather station altitudes reveal a significant effect only on the annual air temperature range. It was determined that the contribution of geographic longitude in the total variance of this variable is 44.2%, latitude – 37.4%, altitude – 18.4%. Two-factors regression models are constructed for other indices. They included only the geographical coordinates of weather stations. Determination coefficients of equations of multiple regression are in the range of 0.75-0.80. It was determined that all regressive models are statistically significant at the 1% significance level.

It was established that the thermal influence of the Black and Azov seas on climate of Ukraine extends to about 47-48 parallels.

Keywords: annual cycle of air temperature; annual range of air temperature; index of thermal oceanicity of climate; multiple regression models.

Затула В. И. Годовой ход температуры воздуха и показатели термической океаничности климата Украины. Рассмотрены принципы построения показателей термической океаничности климата. Статистически обосновано использование некоторых из них для описания континентальности или океаничности климата Украины. Построены карты разницы средних температур сентября и мая, годовой амплитуды температуры воздуха и их процентного соотношения на территории Украины как отдельного индекса океаничности климата. Построены эффективные модели множественной регрессии упомянутых величин в зависимости от элементов географического положения.

Ключевые слова: годовой ход температуры воздуха; годовая амплитуда температуры воздуха; индексы термической океаничности климата; модели множественной регрессии.

Надійшла до редколегії 18.12.2017

УДК 551.577.42

Пясецька С. І.

*Український гідрометеорологічний інститут
ДСНС України та НАН України*

СТІЙКІСТЬ ЦЕНТРІВ ВІДКЛАДЕНЬ ОЖЕЛЕДІ КАТЕГОРІЇ НЯ В УКРАЇНІ У ДРУГІЙ ПОЛОВИНІ ХХ ст. - ПОЧАТКУ ХХІ ст.

Ключові слова: метеорологічні станції, відкладення ожеледі категорії НЯ, центри відкладень, стійкість центрів відкладень

Вступ. Як відомо відкладення ожеледі відносяться до несприятливих погодних умов. Вони суттєво можуть вплинути на роботу ряду галузей економіки. Найбільше можуть перешкоджати господарській діяльності відкладення ожеледі значних розмірів – НЯ (небезпечні, діаметр відкладень від 6 до 19 мм) та СГЯ (стихийні, діаметр відкладень ≥ 20 мм). Найбільш вразливими ланками господарської діяльності від відкладень ожеледі є енергетика (особливо підприємства, діяльність яких пов'язана з передачею

енергії), окремі види зв'язку, майже усі види транспорту за винятком трубопровідного, комунальна сфера. В умовах сучасного етапу зміни клімату постає нагальна потреба дослідити як розподіляються відкладення ожеледі значних діаметрів по території України у різні періоди глобального потепління для виявлення вразливих районів, які частіше знаходяться під їх впливом для підтримання сталого розвитку економіки держави натеper та у майбутньому. Результати проведеного дослідження дадуть змогу визначити не