

## СПРАВДЖУВАНІСТЬ НЕМЕТОДИЧНИХ ДОВГОСТРОКОВИХ ПРОГНОЗІВ ТЕМПЕРАТУРИ ПОВІТРЯ ТА АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ В УКРАЇНІ

О.А. Щеглов

*Український гідрометеорологічний інститут ДСНС та НАН України, просп. Науки, 37, м. Київ 03028,  
Україна, e-mail: aleshcheglov@gmail.com*

Оцінено неметодичні прогнози середньомісячної температури повітря і місячної кількості опадів на території України за методикою, прийнятою в Гідрометеорологічному центрі України. Розглянуто справджуваність кліматологічних, інерційних і випадкових прогнозів, з якими можна порівнювати справджуваність прогнозів за певною методикою для оцінювання її ефективності. Найкраща справджуваність характерна для кліматологічних прогнозів, яка в середньому по Україні становить 60,9 % для прогнозу середньої місячної температури повітря та 63,4 % — для місячної кількості опадів. Середня абсолютна похибка кліматологічних прогнозів температури повітря дорівнює 1,88 °С. За допомогою даних реаналізу NCEP/NCAR показано, що ця методика вказує на вищу справджуваність неметодичних прогнозів над морськими акваторіями та приморськими районами.

**Ключові слова:** довгострокові прогнози, прогноз температури, прогноз опадів, неметодичні прогнози, кліматологічний прогноз, справджуваність прогнозів.

**Постановка проблеми.** Довгострокові прогнози найчастіше подають у вигляді осереднених або ймовірнісних характеристик погоди, передусім температури та опадів за певний проміжок часу, наприклад, місяць, сезон тощо. Випуск довгострокових прогнозів потребує їх оцінювання. При цьому важливим є відносне оцінювання щодо «неметодичних» прогнозів (інерційних, випадкових і кліматологічних). Справджуваність такого роду прогнозів можна вважати відправною точкою для перевірки ефективності нових методів довгострокового прогнозу погоди. Тому отримання оцінок справджуваності неметодичних прогнозів поряд з аналізом сучасного клімату є необхідним етапом розробки методів довгострокового прогнозу погоди. Більш того, за відсутності будь-якої методики довгострокового прогнозу можна використати архівні дані метеорологічних спостережень за відповідні дати в минулому або застосувати кліматологічний підхід.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми.** Актуальність довгострокових прогнозів полягає у можливості використання їх у плануванні діяльності сільського господарства, комунальних служб та інших галузей економіки. При випуску метеорологічних прогнозів необхідно розуміти, що вони можуть не тільки бути корисними, а й призводити до негативних наслідків, якщо користувачі ухвалюють певні рішення, спираючись на прогноз, який не справдився. Існування проблеми передбачуваності погоди ускладнює ситуацію, особливо у випадку довгострокових прогнозів [8]. Тому перед вибором тієї чи іншої моделі або методу як основи для винесення рішень важливо оцінити за сукупністю прогнозів, наскільки справджуваність таких

прогнозів перевищує справджуваність неметодичних прогнозів. Як неметодичні прогнози можна використати випадковий, інерційний або кліматологічний прогноз [5]. Така перевірка для офіційної методики оцінювання прогнозів, прийнятої в Україні, не представлена у літературі.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** На цей час існує досить широкий спектр методів довгострокових прогнозів: гідродинамічні, фізико-статистичні, статистичні [1, 4]. Як і самі методи прогнозу, так і методика оцінювання прогнозів можуть різнитися. Протягом тривалої історії розвитку довгострокового прогнозування погоди використовували різноманітні числові показники і графічні методи оцінювання прогнозів: коефіцієнт кореляції, середня квадратична похибка, кореляція за знаком аномалії, відносні оперативні характеристики (ROC), діаграми надійності, діаграми Тейлора, показник Джеріті тощо [2, 7, 10]. На початку 2000-х років проекти ENSEMBLES та DEMETER заклали базу для мультимодельних підходів до довгострокового прогнозування і, як наслідок, необхідність оцінювання не тільки категоричних, а й ймовірнісних прогнозів [11, 12]. Під егідою Всесвітньої метеорологічної організації (ВМО) в 2007 р. було створено проект Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble (LC LRFMME), який є частиною програми для глобальної системи обробки даних. Проект покликаний інтегрувати зусилля зі створення ефективної системи довгострокового прогнозування із прогнозними періодами до 4 місяців [7]. Для того щоб уніфікувати методику оформлення та верифікації прогнозів, було розроблено стандартизовану систему верифікації довгострокових прогнозів пого-

ди (Standardised Verification System for Long-Range Forecasts). Ця методика оцінювання прогнозів включена до технічного регламенту ВМО у вигляді доповнення II-8 [2]. Система є актуальною і для прогнозів часових масштабів менше сезону в рамках проекту S2S (subseasonal-to-seasonal), який стартував у 2013 р. і передбачає використання ансамблю моделей для прогнозування метеорологічних величин терміном до 60 діб [9]. Незважаючи на проведену роботу із стандартизації, трапляються публікації, в яких використовують інші характеристики, наприклад, стаття [1] присвячена комплексуванню різних методів довгострокових прогнозувань погоди на пострадянському просторі. У цій статті для оцінювання прогнозів використано такі показники, як кореляція за знаком аномалії, коефіцієнт кореляції Пірсона та відносна похибка. В Україні також прийнято власну методику оцінювання справджуваності довгострокових прогнозів [3], яка стосується лише оцінки середньої місячної аномалії температури повітря та місячної суми опадів.

**Формулювання цілей.** Мета статті — отримати числові характеристики справджуваності неметодичних прогнозів місячної температури повітря та місячної кількості опадів на території України за методикою, наведеною в «Настанові по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди» [3], а також оцінити, наскільки згадана методика рівномірно описує справджуваність кліматологічного прогнозу на території, більшої за територію України, з наявністю різних типів клімату (у межах Східної Європи).

У запропонованому дослідженні неметодичні прогнози подано у такій інтерпретації. Кліматологічний прогноз — прогноз, у якому як прогностичні дані використано середнє багаторічне значення температури та кількості опадів для відповідного місяця. Інерційний прогноз — прогноз, у якому як прогностичні дані використано аномалії температури та опадів попереднього місяця. Випадковий прогноз — прогноз, у якому як прогностичні дані використано минулорічну аномалію температури та опадів відповідного місяця.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Для оцінювання неметодичних прогнозів використано дані спостережень на метеорологічних станціях України (дані Центральної геофізичної обсерваторії, м. Київ), що були раніше оброблені і зібрані у вигляді електронного архіву середніх місячних значень температури і суми опадів у відділі кліматичних досліджень та довгострокового прогнозу погоди УкрГМІ. Згідно з традицією подання довгострокових прогнозів в Україні у вигляді середніх обласних значень, результати також наведено по областях. Часовий інтервал вибірки — 1991—2014 рр.

Для зручності у викладі формул зазначимо, що надалі всі позначення температури ( $T$ ) є аномаліями, тобто відхиленнями від середньої температури

відповідного місяця за період 1991—2014 рр. Також введено величину, сутність якої полягає у відхиленні прогнозного значення (неметодичного прогнозу) від фактичного. Для однієї області і конкретного місяця цю величину розраховано за виразом

$$\Delta T = T_{\phi} - T_{np}, \quad (1)$$

де  $T_{\phi}$ ,  $T_{np}$  — фактичне та прогнозне значення середньої місячної температури повітря. Відповідно до [3], справджуваність у відсотках визначено за правилом

$$P_{ij} = \begin{cases} 100\%, & |\Delta T_{ij}| \leq 1,0^{\circ}\text{C} \\ 75\%, & 1,1^{\circ}\text{C} \leq |\Delta T_{ij}| \leq 2,0^{\circ}\text{C} \\ 25\%, & 2,1^{\circ}\text{C} \leq |\Delta T_{ij}| \leq 3,0^{\circ}\text{C} \\ 0\%, & |\Delta T_{ij}| > 3,0^{\circ}\text{C}, \end{cases} \quad (2)$$

де  $P_{ij}$  — справджуваність неметодичних прогнозів середньої місячної температури  $i$ -го місяця у  $j$ -й області. Цьому показнику як поправці, за значних фактичних аномалій температури  $T_{ij} \leq -3,0^{\circ}\text{C}$  або  $T_{ij} \geq 3,0^{\circ}\text{C}$  і прогнозу сусідньої градації (до  $2,0^{\circ}\text{C}$  або  $-2,0^{\circ}\text{C}$ ), присвоюється значення 75 %, а при прогнозуванні аномалії понад  $3,0^{\circ}\text{C}$  або нижче  $-3,0^{\circ}\text{C}$  — 100 % незалежно від  $\Delta T$ .

Також застосовано інший простий спосіб оцінювання — розрахунок середньої абсолютної похибки. Для неметодичних прогнозів цей показник розраховано для кожної області за формулою

$$E = \frac{\sum_{i=1}^n |\Delta T_i|}{N}, \quad (3)$$

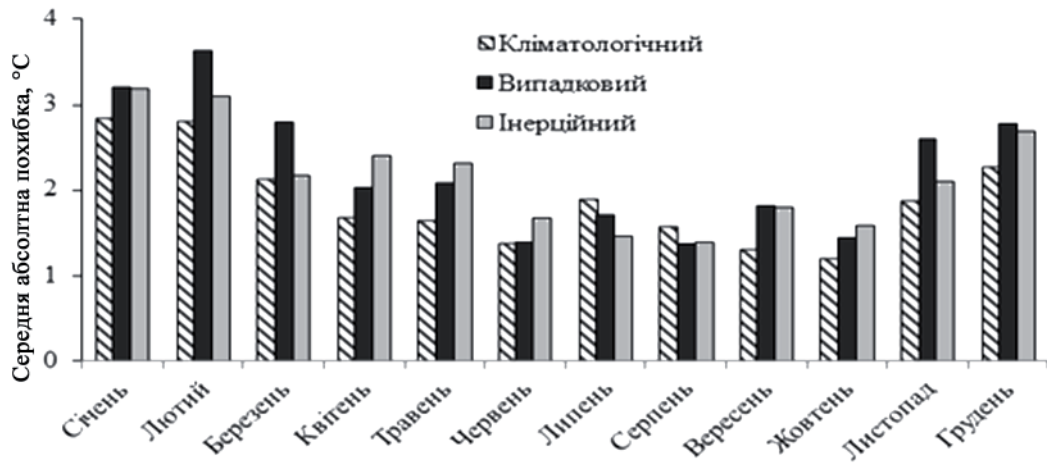
де  $N$  — кількість місяців у вибірці;  $i$  — місяць.

Додатково для неметодичних прогнозів (крім кліматологічного) розраховано показник  $\rho$  за принципом збігу або незбігу знака аномалії, який для окремої області обчислено за формулою

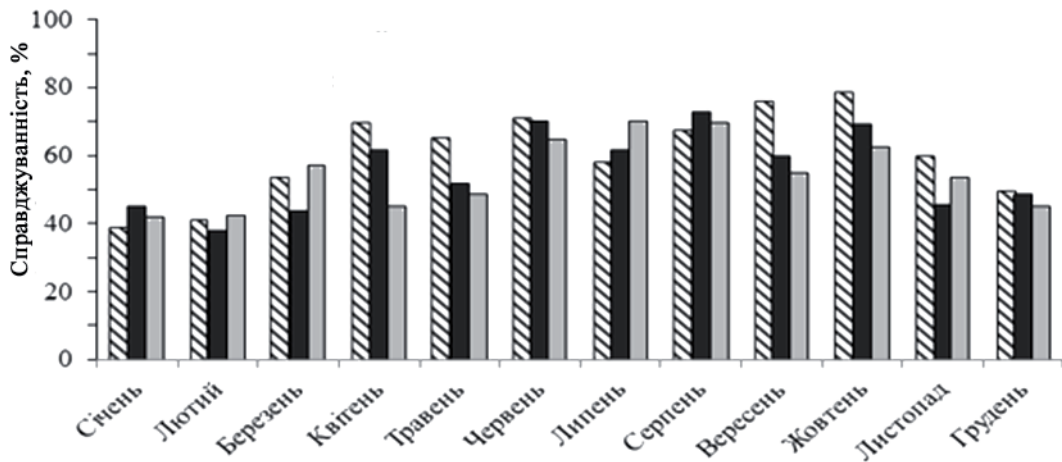
$$\rho = \frac{\sum_{i=1}^n n_i}{N}, \quad (4)$$

де  $n_i = 1$  при  $T_{\phi} \cdot T_{np} > 0$  (прогноз і фактичне значення  $i$ -го місяця збігаються за знаком аномалії) або  $n_i = -1$  при  $T_{\phi} \cdot T_{np} < 0$  (знаки протилежні);  $N$  — кількість місяців у вибірці.

Для оцінювання місячної суми опадів використано фактичну кількість опадів  $R_{\phi}$  та умовну кліматичну норму  $R_{\kappa}$  (за 1991—2014 рр.), за якими було розраховано їх відсоткове співвідношення ( $R_c = R_{\phi}/R_{\kappa} \cdot 100$ ), а також аналогічне співвідношення для прогнозних значень  $R_{np}$  ( $R_{cn} = R_{np}/R_{\kappa} \cdot 100$ ). Згідно з методикою, виділено три класи або градації місячної суми опадів: «нижче норми» ( $R_c < 80\%$ ), «вище норми» ( $R_c > 120\%$ ) та «близько норми» ( $80\% \leq R_c \leq 120\%$ ). Відповідно до [3], оцінку отримували за допомогою порівняння класів  $R_c$  та  $R_{np}$  за правилом:



а



б

Рис. 1. Оцінки неметодичних прогнозів середньої місячної температури повітря в середньому по території України: а — середні абсолютні похибки, °C; б — справджуваність, %

Fig. 1. Estimates of «non-methodological» forecasts of monthly mean air temperature over the territory of Ukraine: a — mean absolute error, °C; б — accuracy, %

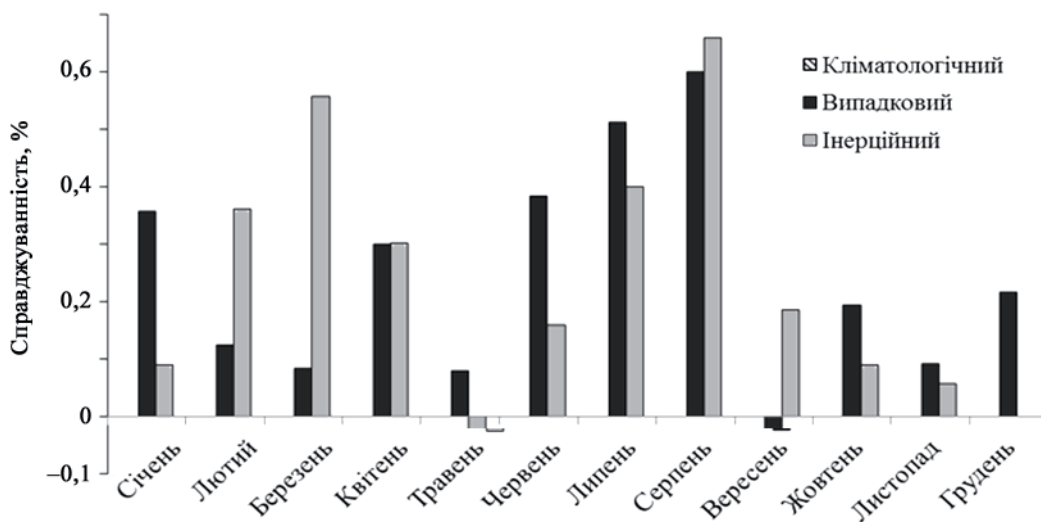


Рис. 2. Оцінка неметодичних прогнозів середньої місячної температури повітря за показником  $\rho$  на території України

Fig. 2. The  $\rho$  values for «non-methodological» forecasts of monthly mean air temperature over the territory of Ukraine

$$Pr_{ij} = \left\{ \begin{array}{l} 100\%, \text{ за збігу класів} \\ 50\%, \text{ при сусідніх класах} \\ 0\%, \text{ при протилежних класах} \end{array} \right\}, \quad (5)$$

де  $Pr_{ij}$  — справджуваність неметодичного прогнозу місячної суми опадів для  $i$ -го місяця у  $j$ -й області.

*Неметодичні прогнози температури повітря.* Оцінки, отримані за формулами (2) — (4) для кожного місяця і області, було осереднено щодо території і за часом. Середні абсолютні похибки (рис. 1, *a*) та справджуваність (рис. 1, *b*) для трьох видів неметодичних прогнозів показали перевагу кліматологічних прогнозів.

Найбільші похибки неметодичних прогнозів відмічено узимку (від 2,6 до 3,6 °C для різних видів прогнозів), тоді як найнижчі значення характерні для літніх місяців (всі неметодичні прогнози мають середні абсолютні похибки менше 2,0 °C). Справджуваність у відсотках також є помітно вищою в період з червня до жовтня включно (від 58 до 78 %). Для решти місяців відповідні величини здебільшого є нижчими від 50 %, хоча окремі місяці, зокрема для кліматологічних прогнозів, також мають справджуваність понад 60 %. Аналіз неметодичних прогнозів на предмет їх справджуваності за знаком прогнозованої аномалії показав суттєвий розкид оцінок протягом року для випадкових та інерційних прогнозів (рис. 2). Так, випадковий прогноз (минулорічна аномалія даного місяця) дав змогу добре спрогнозувати лише температуру липня та серпня ( $\rho > 0,5$ ) і мав допустимі оцінки для січня та червня ( $\rho > 0,3$ ). Водночас інерційний прогноз (аномалія попереднього місяця) продемонстрував допустимий результат у квітні та липні (зі значен-

нями  $\rho$  близько 0,3—0,4) та хорошу справджуваність у березні та серпні (рис. 2).

Розподіл оцінок неметодичних прогнозів на території України в середньому за рік указує на певні закономірності. Менші абсолютні похибки ( $E \leq 1,8$  °C) характерні для приморських і південно-західних областей (рис. 3). Абсолютні похибки збільшуються разом із посиленням континентальності клімату. Так, для східних і північно-східних областей вони є суттєво більшими ( $E > 2,1$  °C). Очевидно, що така особливість розподілу пояснюється більшою міжрічною мінливістю клімату (середніх місячних температур повітря). Ця особливість, хоч і меншою мірою, властива й північним областям України. Проміжну позицію займають північно-західні області з м'якішим кліматом, а також області, суміжні з приморськими регіонами, із середніми абсолютними похибками  $E < 2,0$  °C.

Просторовий розподіл оцінок, отриманих за формулою (2), свідчить про такі самі особливості, визначені для абсолютних похибок (рис. 4): найкраща справджуваність характерна для південних областей, а найгірша — для північно-східних.

Слід зазначити, що кліматологічний прогноз у 80 % випадків демонстрував кращі результати, ніж інерційні та випадкові, за абсолютними оцінками і в 68 % випадків — за показником справджуваності.

*Неметодичні прогнози опадів.* Середня за рік справджуваність прогнозів місячної кількості опадів також є вищою для кліматологічних прогнозів порівняно з іншими неметодичними прогнозами — 63,4 % проти 53,9 % і 54,2 % для випадкових та інерційних прогнозів відповідно. При цьому справджуваність кліматологічних прогнозів середньої

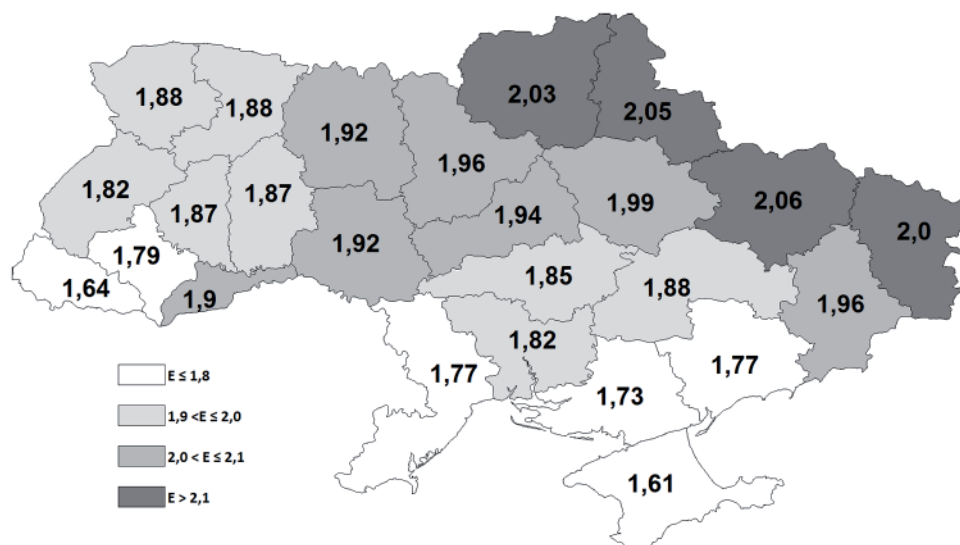


Рис. 3. Середня абсолютна похибка кліматологічних прогнозів середньої місячної температури повітря по областях у середньому за рік, °C

Fig. 3. Mean absolute error of climatological monthly mean air temperature forecasts by regions, in average for a year, °C

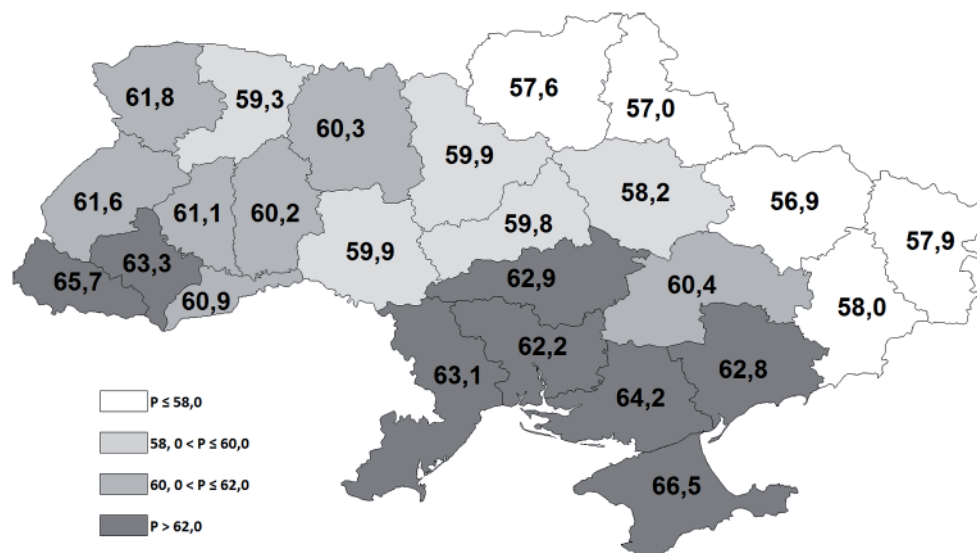


Рис. 4. Справджуваність кліматологічних прогнозів середньої місячної температури повітря по областях, у середньому за рік, %  
 Fig. 4. Accuracy of climatological monthly mean air temperature forecasts by regions, in average for a year, %

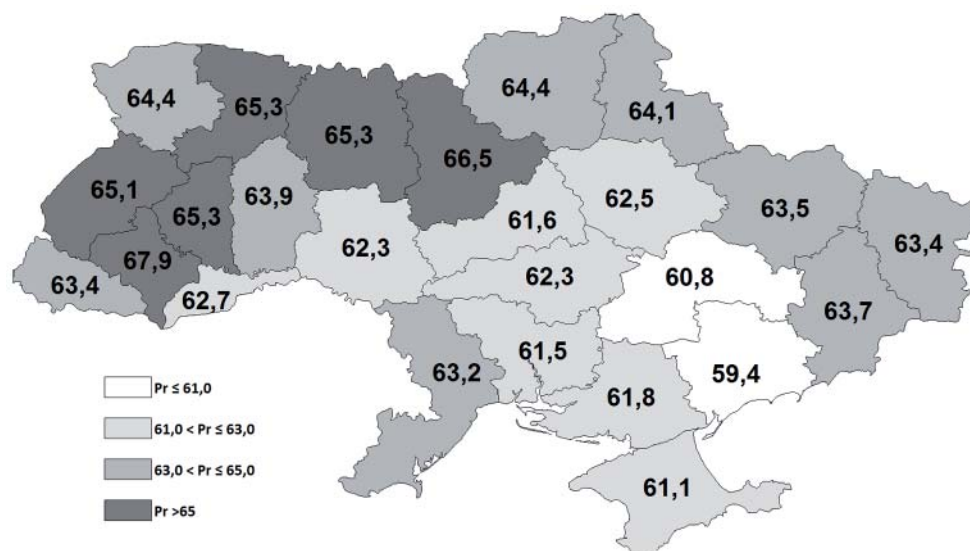


Рис. 5. Справджуваність кліматологічних прогнозів місячної кількості опадів, у середньому за рік, %  
 Fig. 5. Accuracy of climatological monthly precipitation forecasts by regions, in average for a year, %

місячної кількості опадів є найвищою в період з квітня по червень (65,0–68,5 %), а найгіршою — з вересня по грудень (59,8–61,7 %). Територіально справджуваність кліматологічного прогнозу також деякою мірою варіює (рис. 5). Кліматологічний підхід дає змогу найкраще спрогнозувати опади у північних і північно-західних регіонах (здебільшого  $Pr > 65\%$ ). Найменша справджуваність кліматологічних прогнозів опадів стосується центральних і південно-східних областей України ( $Pr < 63\%$ , а в окремих випадках —  $Pr < 60\%$ ).

Кліматологічний прогноз місячної кількості опадів у 84 % випадків перевершував випадковий і у 89 % — інерційний. Зауважимо, що для періоду 1991–2014 рр. класи мають різну повторюваність: «нижче норми» — 41,8 %, «вище норми» — 32,3, «близько нор-

ми» — лише 25,9 %. Очевидно, що використання рівномірних градацій покращить справджуваність кліматологічних прогнозів.

Як показано вище, оскільки у формулі (2) використано фіксовані градації, неврахування регіональних кліматичних особливостей регіонів призводить до неоднакового оцінювання якості прогнозів. Для перевірки цього твердження розглянемо, як працює методика при оцінюванні кліматологічних прогнозів на більшій території із більшою різноманітністю кліматичних умов. Було використано дані реаналізу NCEP/NCAR щодо температури повітря у помірних широтах Східноєвропейського регіону (рис. 6) із кроком регулярної сітки 2,5 градуса за довготою і широтою [6]. Вибірка охопила часовий період 1987–2017 рр. із грудня по лютий.

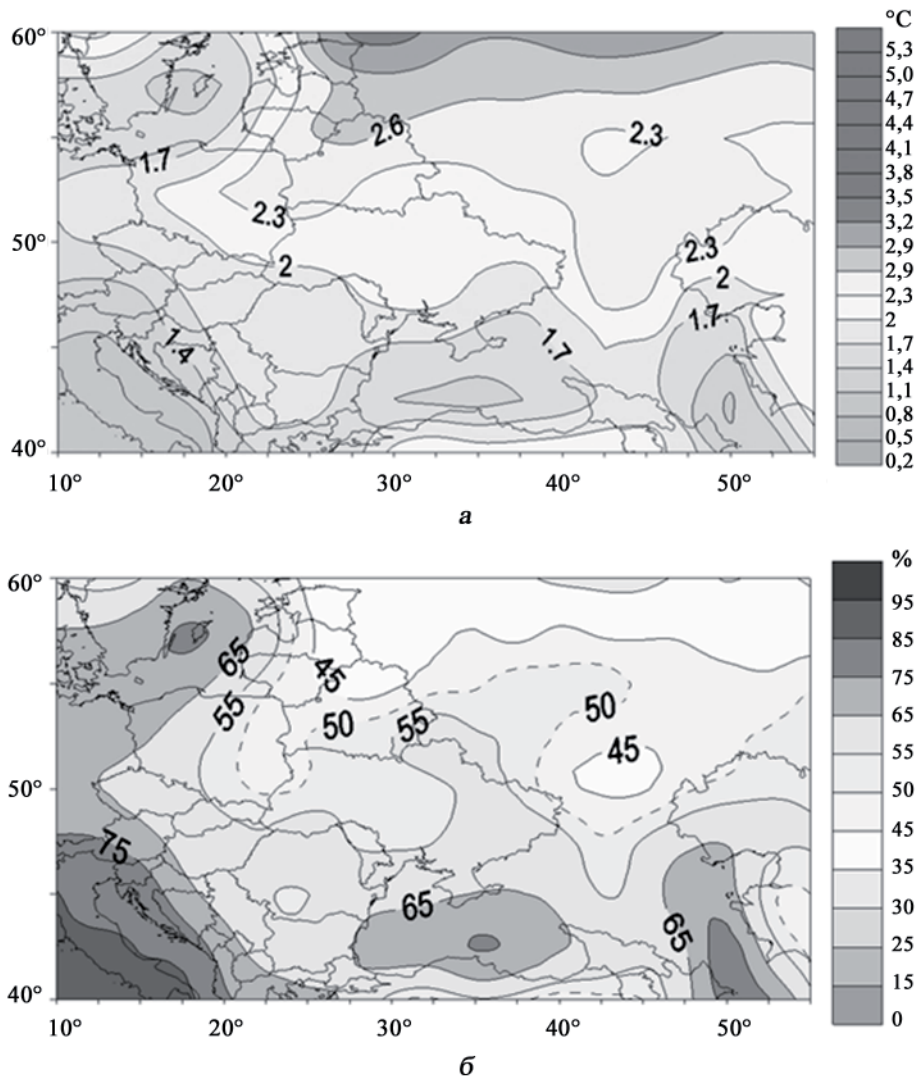


Рис. 6. Просторовий розподіл оцінок кліматологічного прогнозу середньої місячної температури повітря у грудні: а — абсолютна похибка, °С; б — справджуваність прогнозу, %

Fig. 6. Spatial distribution of estimates of climatological monthly mean air temperature forecasts in December: a — mean absolute error, °C; б — accuracy of the forecast, %

Було отримано відповідні показники за формулами (2) і (3). Середні характеристики для кліматологічного прогнозу на території Східної Європи без урахування точок над морськими акваторіями варіюють від 4,49 °С у лютому до 2,21 °С у грудні, а справджуваність — від 30,0 % у лютому до 53,7 % у грудні. Набагато гірші оцінки у лютому, очевидно, зумовлені суттєвою мінливістю середньої місячної температури, що включає як екстремально низькі, так і рекордні аномалії в останні роки за всю історію інструментальних спостережень.

У регіонах із морським кліматом мінливість температур нижча, що проявляється у локальних мінімумах абсолютних похибок і локальних максимумах справджуваності над морськими акваторіями (понад 65 %, а над Адріатичним морем — більш як 75 %). У разі врахування таких регіонів середня справджуваність прогнозів на території підвищується.

Однак навіть без урахування морської поверхні показники варіюють і в межах континентальних районів (рис. 6). Так, північні регіони характеризуються справджуваністю менше 45 %, а південні, наприклад Балкани, — понад 60 %.

**Висновки.** Незважаючи на те що випадковий та інерційний прогнози згадуються у літературі, дослідження показало, що в такій інтерпретації прогнози для території України не мають сенсу для оцінювання ефективності методичних прогнозів. Найкращою альтернативою для території України за відсутності методичного довгострокового прогнозу як температури, так і опадів є кліматологічний прогноз. У середньому за рік на території країни для такого прогнозу справджуваність за методикою, що прийнята в Гідрометеорологічному центрі України, становить 60,9 % для середньої місячної температури повітря та 63,4 % — для місячної кількості

опадів. Середня абсолютна похибка кліматологічних прогнозів температури повітря дорівнює 1,88 °С. Справджуваність прогнозів місячної кількості опадів також є найвищою для кліматологічних прогнозів порівняно з іншими неметодичними прогнозами (63,4 %). На розширеній території в межах помірних широт Східної Європи взимку кліматологічні прогнози температури також продемонстрували кращу справджуваність. За умови виключення точок над морськими акваторіями середня абсолютна похибка для території становить 3,01 °С, а справджуваність — 45,2 %, тоді як з урахуванням морських акваторій — 2,78 °С та 48,6 % відповідно. Отримані оцінки неметодичних прогнозів дають змогу визначати у майбутньому ефективність методичних прогнозів погоди на місяць, незалежно від недоліків методики оцінювання. Відношення справджуваності прогнозів за методикою до кліматологічної справджуваності > 1,0 вказуватиме на практичну корисність методичного прогнозу, тоді як відповідне відношення < 1,0 — на необхідність доопрацювання методу прогнозу або на відмову від використання такого методу.

### Список бібліографічних посилань

1. Вильфанд Р.М., Мартазинова В.Ф., Цепелев В.Ю., Хан В.М., Мироничева Н.П., Елисеєв Г.В., Иванова Е.К., Тищенко В.А., Уткузова Д.Н. Комплексовані синоптико-статистических и гидродинамических прогнозов температуры воздуха на месяц. *Метеорология и гидрология*. 2017. Вып. 8. С. 5—17.
2. Наставление по Глобальной системе обработки данных и прогнозирования. Том 1. Глобальные аспекты. Дополнение II-8 к Техническому регламенту ВМО. URL: [https://www.wmo.int/pages/prog/www/DPFS/documents/485\\_Vol\\_I\\_ru.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/www/DPFS/documents/485_Vol_I_ru.pdf) (дата звернення: 30.10.2018)
3. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди. Київ: Держ. гідрометеорологічна служба, 2003. 30 с.
4. Угрюмов А.И. Долгосрочные метеорологические прогнозы. Спб.: Изд-во РГГМУ, 2006. 84 с.
5. Хандожко Л.А. Экономическая эффективность метеорологических прогнозов. Обнинск: ВНИИГМИ, 2008. 145 с.
6. Kalnay E. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1996. Vol. 77. P. 437—471.
7. Kim G., Ahn J.-B., Kryjov V.N., Sohn S.-J., Yun W.-T., Graham R., Kolli R.K., Kumar A., Ceron J.-P. Global and regional skill of the seasonal predictions by WMO Lead Centre for Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble. *Int. J. Climatol.* 2016. Vol. 36. P. 1657—1675. URL: doi:10.1002/joc.4449.
8. Lorenz E.N. Some aspects of atmospheric predictability. Problems and Prospects in Long and Medium Range Weather Forecasting. Berlin: Springer Verlag, 1984. P. 1—20.
9. Mariotti A., Ruti P.M., Rixen M. Progress in subseasonal to seasonal prediction through a joint weather and climate community effort. *Climate and Atmospheric Science*. 2018. Vol. 1. URL: DOI:10.1038/s41612-018-0014-z.
10. Mason S.J., Graham N.E., Areas beneath the relative operating characteristics (ROC), and relative operating levels (ROL) curves: Statistical significance and interpretation. *Q.J.R. Meteorological Society*. 2002. Vol. 128. P. 2145—2166. Palmer T.N., Alessandri A., Andersen U., Cantelaube P., Davey M., Décluse P., Déqué M., Dnez E., Doblas-Reyes F.J., Feddersen H., Graham R., Gualdi S., Guййimy J.-F., Hagedorn R., Hoshen M., Keenlyside N., Latif M., Lazar A., Maisonnave E., Marletto V., Morse A.P., Orfila B., Rogel P., Terres J.-M., Thomson M.C. Development of a European multi-model ensemble system for seasonal to inter-annual prediction (DEMETER). *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2004. Vol. 85. P. 853—872.
11. Weisheimer A., Doblas-Reyes F.J., Palmer T.N., Alessandri A., Arribas A., Deque M., Keenlyside N., MacVean M., Navarra A., Rogel P. ENSEMBLES — a new multi-model ensemble for seasonal-to-annual predictions: Skill and progress beyond DEMETER in forecasting tropical Pacific SSTs. *Geophysiscal Reserch Letter* 2009. Vol. 36. L21711. URL: DOI:10.1029/2009GL040896.

Надійшла до редакції 07.11.2018 р.

## ОПРАВДЫВАЕМОСТЬ НЕМЕТОДИЧЕСКИХ ДОЛГОСРОЧНЫХ ПРОГНОЗОВ ТЕМПЕРАТУРЫ ВОЗДУХА И АТМОСФЕРНЫХ ОСАДКОВ В УКРАИНЕ

А.А. Щеглов

Украинский гидрометеорологический институт ГСЧС Украины и НАН Украины, Украина, г. Киев, просп. Науки 37, 03028, e-mail: [aleshcheglov@gmail.com](mailto:aleshcheglov@gmail.com)

Дана оценка неметодических прогнозов среднемесячной температуры воздуха и месячного количества осадков на территории Украины по методике, принятой в Гидрометеорологическом центре Украины. Рассмотрена оправдываемость климатологических, инерционных и случайных прогнозов, с которыми можно сравнивать оправдываемость прогнозов по определенной методике для оценки ее эффективности. Лучшая оправдываемость характерна для климатологических прогнозов, которая в среднем по Украине составляет 60,9 % для средней месячной температуры воздуха и 63,4 % — для месячного количества осадков. Средняя абсолютная ошибка климатологических прогнозов температуры воздуха составляет 1,88 °С. С помощью данных

реанализа NCEP/NCAR показано, что данная методика указывает на более высокую оправдываемость нематодических прогнозов над морскими акваториями и приморскими районами.

**Ключевые слова:** долгосрочные прогнозы, прогноз температуры, прогноз осадков, нематодические прогнозы, климатологический прогноз, оправдываемость прогнозов.

## THE SKILL OF «NON-METHODOLOGICAL» LONG-TERM AIR TEMPERATURE AND PRECIPITATION FORECASTS IN UKRAINE

*O.A. Shcheglov*

*Ukrainian Hydrometeorological Institute of State Service of Emergencies and National Academy of Sciences of Ukraine, Nayki ave. 37, Kyiv, 03028, Ukraine, e-mail: aleshcheglov@gmail.com*

**Purpose.** The purpose of the article is to estimate the forecast skill of «non-methodological» (persistence, random and climatological) forecasts of monthly mean air temperature and monthly precipitation over the territory of Ukraine according to the official methodology adopted in Ukraine. The aim is also to assess whether the methodology equally estimates the climatological forecast skill over a much larger area with the presence of different types of climate (within Eastern Europe).

**Design/methodology/approach.** The official methodology adopted in Ukraine was used for assessing the forecast skill. The forecast skill was estimated only on a monthly time scale.

**Findings.** The research has shown that random and persistence forecasts for the territory of Ukraine are much worse than climatological. The climatological forecast is the best alternative in case of absence of a methodological long-term forecast of both air temperature and precipitation. The average annual forecast skill according to the official methodology is 60,9 % for the air temperature climatological forecast. The mean absolute error of the climatological forecasts is 1,88 °C. The forecast skill of monthly precipitation is also the highest for the climatological forecast (63,4 %). The official methodology has a drawback, which is in the usage of fixed temperature gradations in a calculation. As a result, the failure to take into account the regional climate features (namely different standard deviation) leads to a different estimation of the forecasts skill. Using the NCEP/NCAR reanalysis data, it has been shown that the official methodology indicates the superiority of forecast skill over the seas and coastal areas. With an exception of points above the seas, the mean absolute error for the territory of Eastern Europe is 3,01 °C, and the forecast skill is 45,2 %. In case of inclusion the grid points over the seas — 2,78 °C and 48,6 % respectively.

**Practical value/implications.** The obtained forecast skills of «non-methodological» forecasts are needed for estimation of the relative effectiveness of monthly forecasts based on a certain methodology (model). The ratio of the certain model forecast skill to the climatological forecast skill  $>1,0$  will indicate the practical usefulness of the model, while the ratio of  $<1,0$  will indicate the need for an adjustment of the model or the refusal to use such a model.

**Keywords:** long-term forecasts, temperature forecast, precipitation forecast, non-methodological forecasts, climatological forecast, forecast skill.

## References

1. Vil'fand, R., Martazinova, V., Tsepelev, V., Khan, V., Mironicheva, N., Eliseev, G., Ivanova, E., Tishchenko, V., Utkuzova, D. Integration of synoptic and hydrodynamic monthly air temperature forecasts. *Russian Meteorology & Hydrology*. 2017. Vol. 42, issue 8. P. 485—493.
2. Manual on the Global Observing System Volume I — Global Aspects. Annex II-8 to the WMO Technical Regulations. Available at: [https://www.wmo.int/pages/prog/www/DPS/Publications/WMO\\_485\\_Vol\\_I.pdf](https://www.wmo.int/pages/prog/www/DPS/Publications/WMO_485_Vol_I.pdf) (Accessed 30 October 2018).
3. Nastanova po sluzhbi prohnziv ta poperedzhen pro nebezpechni ta stykhiyni yavyshcham pohody. Kyiv: Derzhavna hidrometeorolohichna sluzhba, 2003. 30 p. [in Ukrainian].
4. Ugryumov A.I. Long-term meteorological forecasts. A manual. St. Petersburg: RSHU Publishers, 2006. 84 p.
5. Khandozhko L.A. Ekonomicheskaya effektivnost' meteorologicheskikh prognozov. Obninsk: VNIIGMI, 2008. 145 p. [in Russian].
6. Kalnay E. et al. The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. *Bulletin of the American Meteorological Society*. 1996. Vol. 77. 437471.
7. Kim G., Ahn J.-B., Kryjov V.N., Sohn S.-J., Yun W.-T., Graham R., Kolli R.K., Kumar A., Ceron J.-P. Global and regional skill of the seasonal predictions by WMO Lead Centre for Long-Range Forecast Multi-Model Ensemble. *Int. J. Climatol*. 2016. Vol. 36. P. 1657—1675. doi:10.1002/joc.4449.
8. Lorenz E.N., Some aspects of atmospheric predictability. Problems and Prospects in Long and Medium Range Weather Forecasting (D.M. Burridge and E. Killn. Eds). Berlin: SpringerVerlag, 1984. P. 1—20.
9. Mariotti A., Ruti P.M., Rixen M. Progress in subseasonal to seasonal prediction through a joint weather and climate community effort. *Climate and Atmospheric Science*. 2018. Vol. 1, doi:10.1038/s41612-018-0014-z.
10. Mason S.J., Graham N.E., Areas beneath the relative operating characteristics (ROC), and relative operating levels (ROL) curves: Statistical significance and interpretation. *Q.J.R. Meteorological Society*. 2002. Vol. 128. P. 2145—2166.



11. Palmer T.N., Alessandri A., Andersen U., Cantelaube P., Davey M., Décluse P., Déqué M., Dhez E., Doblas-Reyes F.J., Feddersen H., Graham R., Gualdi S., Guйгйму J.-F., Hagedorn R., Hoshen M., Keenlyside N., Latif M., Lazar A., Maisonnave E., Marletto V., Morse A.P., Orfila B., Rogel P., Terres J.-M., Thomson M.C. Development of a European multi-model ensemble system for seasonal to inter-annual prediction (DEMETER). *Bulletin of the American Meteorological Society*. 2004. Vol. 85. P. 853–872.
12. Weisheimer A., Doblas-Reyes F.J., Palmer T.N., Alessandri A., Arribas A., Deque M., Keenlyside N., MacVean M., Navarra A., Rogel P. ENSEMBLES — a new multi-model ensemble for seasonal-to-annual predictions: Skill and progress beyond DEMETER in forecasting tropical Pacific SSTs. *Geophys. Res. Lett.* 2009. Vol. 36. L21711. DOI:10.1029/2009GL040896.

*Received 07/11/2018*