

Characteristics ice deposits category AEs (dangerous) and OHSS (natural) in Ukraine during the last decade of the twentieth century (diameter and weight sediment)

Pyasetska S.I.

The article presents a description of the main indicators of sediment diameters and masses of ice deposits category for AE (dangerous) and OHSS (natural) in Ukraine during the last decade of the twentieth century in Ukraine, which describes the characteristics of the state in today's climate. For a number of months specified frequency diameters and masses of sediment on certain gradations. Found graduation with highest repeatability.

Keywords: dangerous and natural deposits of ice, diameter and mass of sediment.

Надійшла до редколегії 04.03.2015

УДК 551.509.313.2+551.509.313.6

Шпиг В.М.¹, Паламарчук Л.В.², Гуда К.В.²

¹Український гідрометеорологічний інститут

²Київський національний університет імені Тараса Шевченка

ОЦІНКА ТОЧНОСТІ ВІДНОВЛЕННЯ ВЕРТИКАЛЬНИХ ПРОФІЛІВ ТЕМПЕРАТУРИ І ВОЛОГОСТІ ТРИВИМІРНОЮ ДІАГНОСТИЧНОЮ МОДЕЛЛЮ

Ключові слова: модель, вертикальний розподіл температури та вологості, оцінка точності метеорологічної величини

Вступ. Протягом останніх сімдесяти років багато розділів фізики атмосфери продовжували досить швидко розвиватися. Детальніше були вивчені термодинамічні процеси в атмосфері, хімічний і колоїдний склад повітря, утворення хмар і туманів, формування і подальше випадання опадів, радіаційні, оптичні, електричні та акустичні явища в атмосфері. Серед дослідницьких напрямків фізики атмосфери виділяється фізика хмар. Ця галузь науки у 50-х роках ХХ століття значно розширилася і являла собою один із найрозвинутіших напрямків у метеорології. У цей період проводилася велика кількість експериментальних та теоретичних досліджень, які стосувалися мікрофізичних процесів утворення ядер конденсації, коагуляції, росту крапель хмар, виникнення та росту льодяних кристалів, механізму випадання опадів і т. д. Також були розроблені питання макрофізичних особливостей формування та росту хмар, які обумовлені навколишніми умовами їх існування, що визначають інтенсивність та тривалість мікрофізичних процесів. Особливо цінними з точки зору отримання нових даних про хмари й опади є комплексні натурні експерименти. Подібні дослідження мали значний вплив на розвиток фізики хмар, а також чисельного моделювання процесів у хмарах.

Для цілей, пов'язаних із дослідженням мезомасштабних властивостей фронтальних смуг хмарності та опадів, в Українському гідрометеорологічному інституті (УкрГМІ) були розроблені тривимірні стаціонарні (діагностичні) і нестаціонарні (прогностичні) моделі.

Постановка задачі. **Діагностична тривимірна модель і критерії оцінювання точності відтворення вертикальних профілів.** Для побудови вищезгаданих моделей традиційно використовуються насамперед дані мережі аерологічного зондування атмосфери, а саме : температура, тиск, температура точки роси, швидкість та напрямок вітру. Система рівнянь моделі включає рівняння руху у лагранжевій системі координат (1), рівняння стану (2) та рівняння

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.2(37)

нерозривності (3). Так як модель є діагностичною, то знехтувано за часом у (3) локальною похідною густини повітря.

$$dx = udt, \quad dy = vdt \quad (1)$$

$$\rho = \frac{p}{RT} \quad (2)$$

$$\frac{\partial \rho u}{\partial x} + \frac{\partial \rho v}{\partial y} + \frac{\partial \rho w}{\partial z} = 0 \quad (3)$$

де u, v, w – складові вектору швидкості вітру \vec{V} вздовж координатних осей x, y, z ; p, T, ρ – атмосферні тиск, температура і густина повітря; t – час; R – газова стала сухого повітря. Координатні осі x, y, z спрямовані відповідно із заходу на схід, з півдня на північ і перпендикулярно до земної поверхні.

Дані кожної станції радіозондування щодо p, T, f (f – відносна вологість повітря) розміщуються за допомогою лінійної інтерполяції у вузли координатної сітки по вертикальній осі z з вибраним кроком. На кожному рівні по z розраховуються проекції швидкості вітру u і v на горизонтальні осі x та y за формулами:

$$u = \vec{V} \cos(\alpha_1 - \alpha_2) \quad \text{та} \quad v = -\vec{V} \sin(\alpha_1 - \alpha_2), \quad (4)$$

де α_1 і α_2 азимути \vec{V} та осі x відповідно.

Для отримання координат x_m, y_m для кожної точки по осі z_m (індекс m відповідає порядковому номеру пункту радіозондування у початкових даних) система рівнянь (1-3) далі розв'язується методом Ейлера за формулами:

$$x_{i+1,k} = x_{i,k} + u_{i+1,k}(t_{i+1} - t_i) + x_S, \quad i = n, n+1 \dots N, \quad (5)$$

$$y_{i+1,k} = y_{i,k} + v_{i+1,k}(t_{i+1} - t_i) + y_S, \quad i = n, n+1 \dots N, \quad (6)$$

$$x_{i,k} = x_{i+1,k} - u_{i,k}(t_{i+1} - t_i) + x_S, \quad i = n-1, n-2 \dots 1, \quad (7)$$

$$y_{i,k} = y_{i+1,k} - v_{i,k}(t_{i+1} - t_i) + y_S, \quad i = n-1, n-2 \dots 1, \quad (8)$$

де k – номер вузла координатної сітки по осі z ; n і N – номер зондування, найближчого до центрального, і загальна кількість зондувань для даного пункту; x_S, y_S – координати станції зондування відносно вибраного початку системи координат.

Одним із найпоширеніших способів розрахунку швидкості вертикальних рухів є метод із застосуванням розв'язку рівняння нерозривності з нульовою граничною умовою на землі. Проте, при використанні цього методу видно, що вертикальні рухи не виправдано збільшуються із висотою. Уникнути цих помилок можна шляхом диференціювання рівняння (3) по z , з нульовими граничними умовами першого роду на верхній і нижній границях області моделювання. Врахувавши це, рівняння (3) набуває наступного вигляду

$$\frac{\partial^2 \rho w}{\partial z^2} = - \left(\frac{\partial^2 \rho u}{\partial x \partial z} + \frac{\partial^2 \rho v}{\partial y \partial z} \right) \quad (9)$$

Протягом останніх років на території України відбувається скорочення аерологічних спостережень, при збереженні (або навіть і примноженні) числа запусків радіозондів протягом доби у Польщі, Угорщині, Росії, Румунії та інших країнах. Відсутність даних радіозондувань значно обмежує потреби в інформації, які можуть виникати у повсякденній оперативній роботі як синоптиків, так і під час виконання робіт з активних впливів на гідрометеорологічні процеси, унеможлиблює використання перевірених часом методик прогнозу конвективних явищ та практично ускладнює розрахунки, пов'язані із поширенням домішок в атмосфері, і т.д. Альтернативним джерелом даних щодо фактичного стану атмосфери над заданою територією може стати об'єктивний аналіз глобальних моделей. Однією із кращих моделей подібного класу вважається модель GFS (Global Forecasting System), котра була створена Національною службою погоди США як частина Глобальної системи асиміляції даних та прогнозу (GDAS) з метою покращення глобального прогнозу та прогнозу синоптичних систем довгохвильового характеру.

Діагностична модель, основне ядро якої залишилося практично незмінним [1, 3, 4], була адаптована для використання даних GFS NCEP, яка має широтно-довготну сітку з кроком 1 у горизонтальній площині. Розрахунки проводилися для 00 та 12 год., проте зрештою для верифікації моделі використовувався строк 00, оскільки вдень на території України зондування здійснюють лише метеостанції Київ та Кривий Ріг. Крок діагностичної моделі по горизонталі становив 20 км, а по вертикалі – 200 м, висота верхньої межі – 15 км. Центр області моделювання – м. Київ.

Оцінка точності відтворення саме вертикальних профілів температури та абсолютної вологості повітря (precipitable water) проводилася зважаючи на практичну значимість цих метеорологічних величин у багатьох аспектах. Зокрема, атмосферна волога, її фазові переходи та вологообмін відіграють важливу роль у формуванні клімату та водного режиму суходолу. Наявність водяної пари в атмосфері має значний вплив на теплові умови атмосфери та земної поверхні.

Чисельні експерименти проводилися для періоду січень–березень 2013 р.

Оцінка проводилася за допомогою графічного методу та таких кількісних характеристик як середня помилка прогнозу (*ME*), середня абсолютна помилка прогнозу (*MAE*), середня квадратична помилка (*RMSE*) згідно [5] та середня відносна помилка (*RELE*) прогнозу метеорологічного елемента для метеостанцій Київ, Чернівці, Харків, Львів та Шепетівка.

$$RELE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N \frac{(F_i - O_i)}{O_i} \quad (10)$$

Для тих випадків, коли O_i дорівнювало нулю, фактичним значенням метеорологічних величин присвоювалося 0,001, що є меншим за точність вимірів.

Точність відтворення вертикальних профілів температури і вологості.

Отримано, що для розглянутого періоду для Києва значення *ME* для температури змінюється у межах -0,57...1,25°C, значення *MAE* від 0,2 до 1,27 °C, а значення *RMSE* від 0,2 до 1,63 °C.

Дещо іншу картину було отримано для абсолютної вологості: значення *ME*

коливалось від -0,31 до 0,19, *MAE* від 0,02 до 0,48, *RMSE* від 0,03 до 0,73.

Досить великими є значення оцінок для метеостанції Чернівці. Так, *ME*, *MAE*, *RMSE* для температури майже співпадають за своїми величинами (*MAE* і *RMSE* на всіх рівнях, а *ME* співпадає з ними починаючи із висоти 4000 до 10000 м, потім відхиляється від значень *MAE* і *RMSE*, а на висоті 12200 м чітко виділяється мінімум цієї характеристики -3,59 °C). Значення *RELE* коливаються від -1,53 до 0,56 °C приблизно до висоти 3 км, а вище – прямують до нуля.

Для абсолютної вологості значення оцінок також змінюються у значних межах. Найбільші значення усіх чотирьох характеристик відмічаються на висоті приблизно 4 км.

Для метеостанції Харків значення *RELE* для температури прямують до нуля і лише на висоті 400 м *RELE* становить 1,57 °C. Максимальні значення *MAE* і *RMSE* (3,62 і 3,86 °C) знаходяться на висоті 10800 м. Лише *ME* має від'ємні значення, але верхній пік співпадає із *MAE* і *RMSE*.

Вертикальний розподіл помилок *ME*, *MAE*, *RMSE* абсолютної вологості характеризується найбільшими їх значеннями у нижньому чотирьохкілометровому шарі тропосфери, а значення *RELE* змінюється з точністю до навпаки і саме ця характеристика помилок має найбільш від'ємні значення.

Цікавим є вертикальний розподіл помилок температури повітря та абсолютної вологості для метеостанції Львів. Так, значення *ME*, *MAE*, *RMSE* для температури повітря мають найбільші значення до висоти 5400 м, потім вони дещо зменшуються, а від висоти 8600 м ці три характеристики точності співпадають та стають ще більшими, порівняно із нижчими шарами. Значення *RELE* є максимальними до висоти 3 км, а потім (що відмічалось і на попередніх метеостанціях) прямують до нуля.

Вертикальний розподіл помилок абсолютної вологості характеризується тим, що *MAE* і *RMSE* співпадають між собою, а *ME* та *RELE* мають дещо схожий розподіл, але значення трохи відрізняються і на відміну від значень *MAE* і *RMSE*, вони є в основному нижчими за нуль. Найбільші значення цих помилок прослідковуються до висоти 3 км.

Аналіз вертикальних профілів помилок температури та абсолютної вологості повітря (рис.1) показує, що для температури повітря має місце наявність значних осциляцій значень характеристик помилок. У той же час варіації помилок абсолютної вологості повітря мають більш плавний хід із висотою. Наявність взаємозв'язку між вищезгаданими характеристиками помилок метеорологічних величин, які розглядалися, не прослідковується.

Як відомо, *ME* дає можливість оцінити не лише величину власне помилок, але і визначити тяжіння до завищення або заниження метеорологічної величини, яка прогнозується [5]. Із рис.1 видно, що діагностична модель практично в усьому діапазоні висот відтворює температуру повітря із дещо більшими значеннями, ніж спостерігається фактично. Найбільші значення помилок мають місце в межах пограничного шару та верхньої тропосфери – нижньої стратосфери.

Також було виконано осереднення за січень – березень 2013 р. вертикальних профілів температури та вологості повітря (їх середнє, мінімальне та максимальне значення) по метеостанціях Чернівці, Харків та Шепетівка, а також їх співставлення із модельними розрахунками.

Було виявлено, що для метеостанції Чернівці модельні значення температури повітря найкраще співпадають із даними спостереження до висоти приблизно 7 км, а вище розходження стають більшими. Досить суттєвими є відмінності між значеннями моделі та абсолютної вологості, при чому на всіх висотах.

Оцінка точності відновлення вертикальних профілів температури (t) та абсолютної вологості повітря (a)

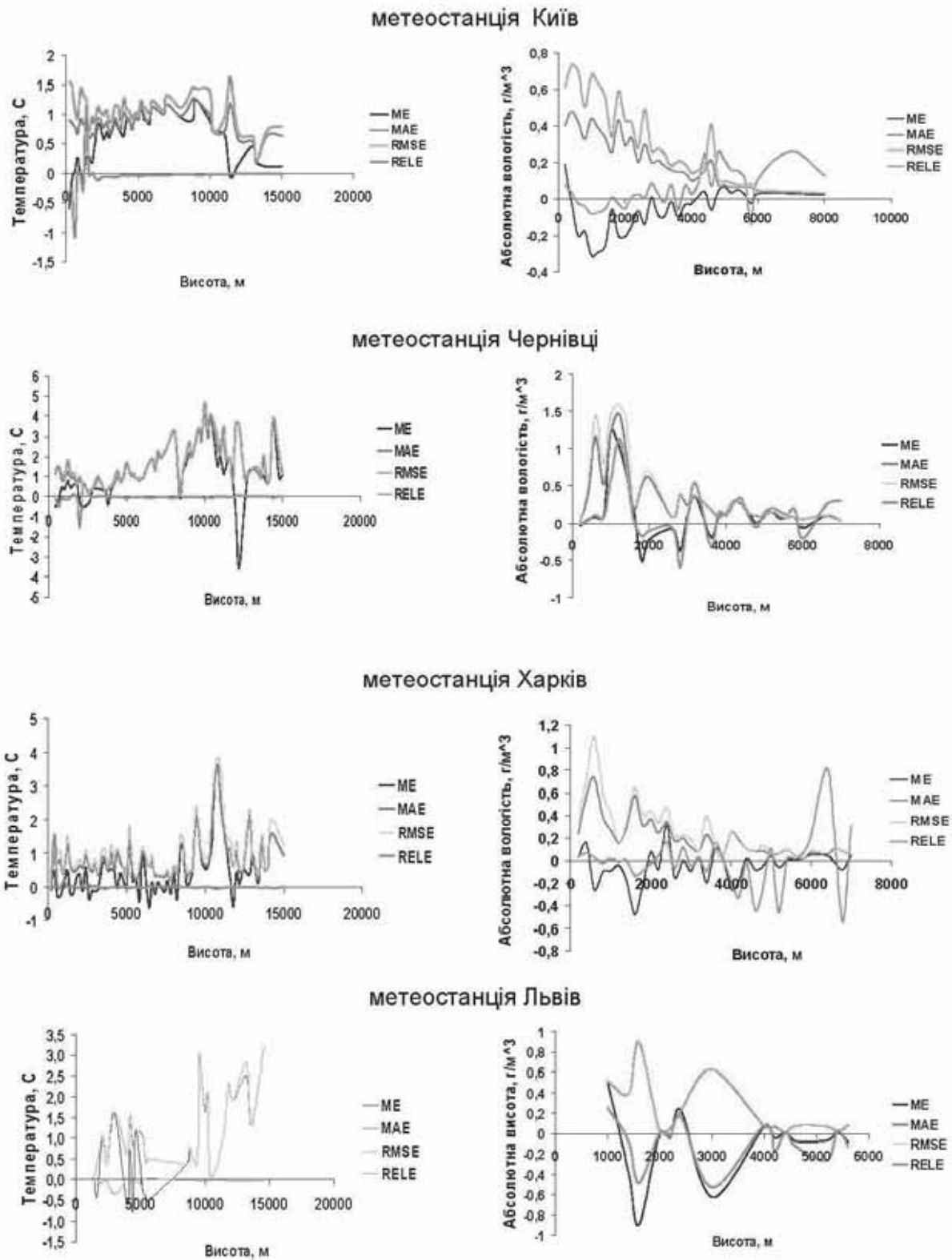


Рис. 1. Вертикальний профіль помилок температури та абсолютної вологості повітря

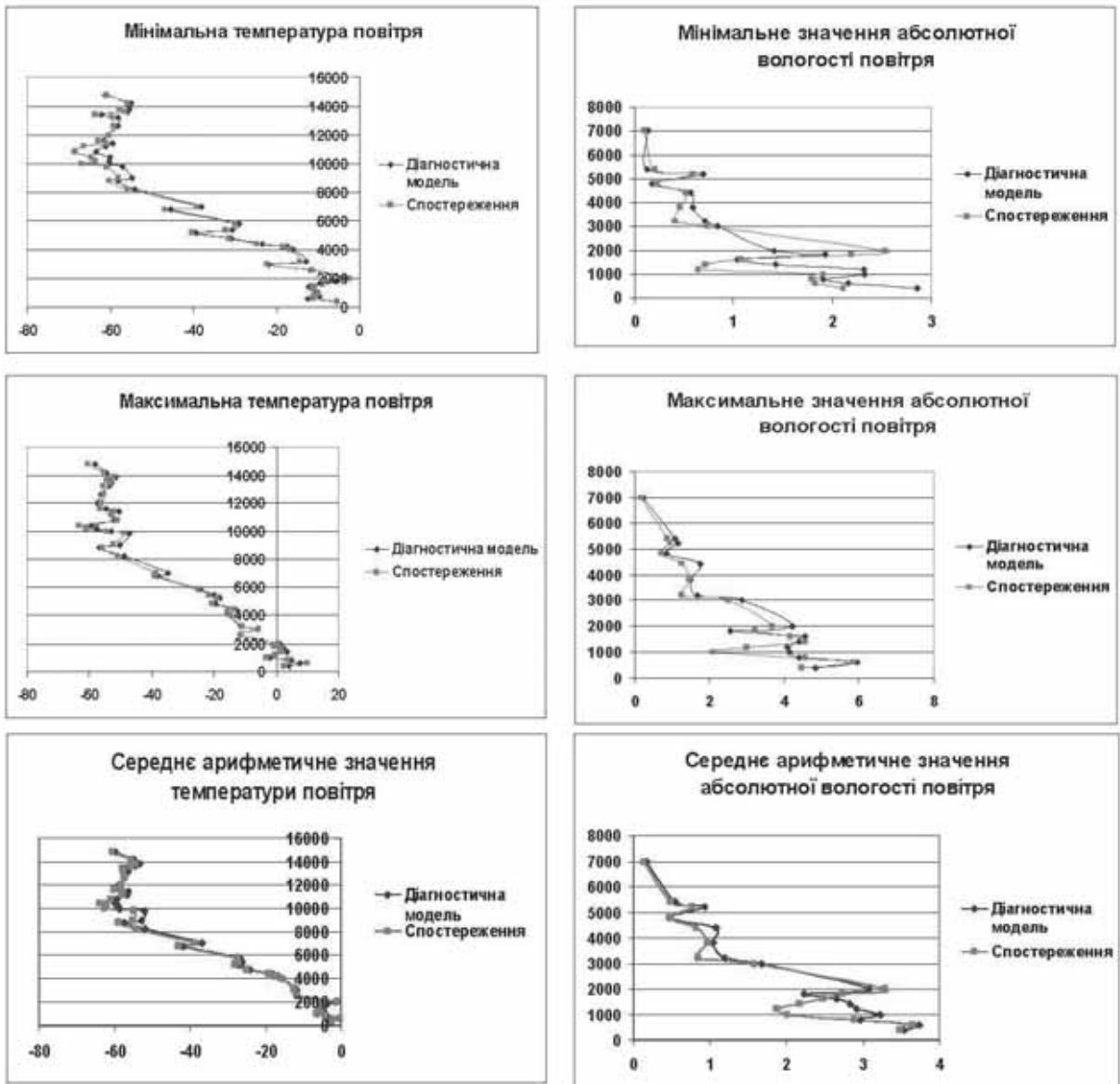


Рис. 2. Вертикальний розподіл максимальних, мінімальних та осереднених за період експерименту значень температури та абсолютної вологості повітря для метеостанції Чернівці

Найкращі співпадіння осереднених вертикальних профілів температури повітря із діагностичною моделлю для метеостанції Харків відмічаються приблизно до висоти 8,4 км, а для абсолютної вологості картина зовсім інша, адже до висоти 4,4-4,8 км відхилення модельних значень є найбільшими, а вище вони змінюються у меншу сторону.

Для метеостанції Шепетівка вертикальні профілі осередненої максимальної та мінімальної температури мають найменші розходження із модельними розрахунками до висоти 7 км, а для середньої температури співпадіння є хорошим по всій довжині профілю.

Як і для метеостанції Харків, відхилення значень моделі від осереднених значень абсолютної вологості є вищими на висотах більше 4 км.

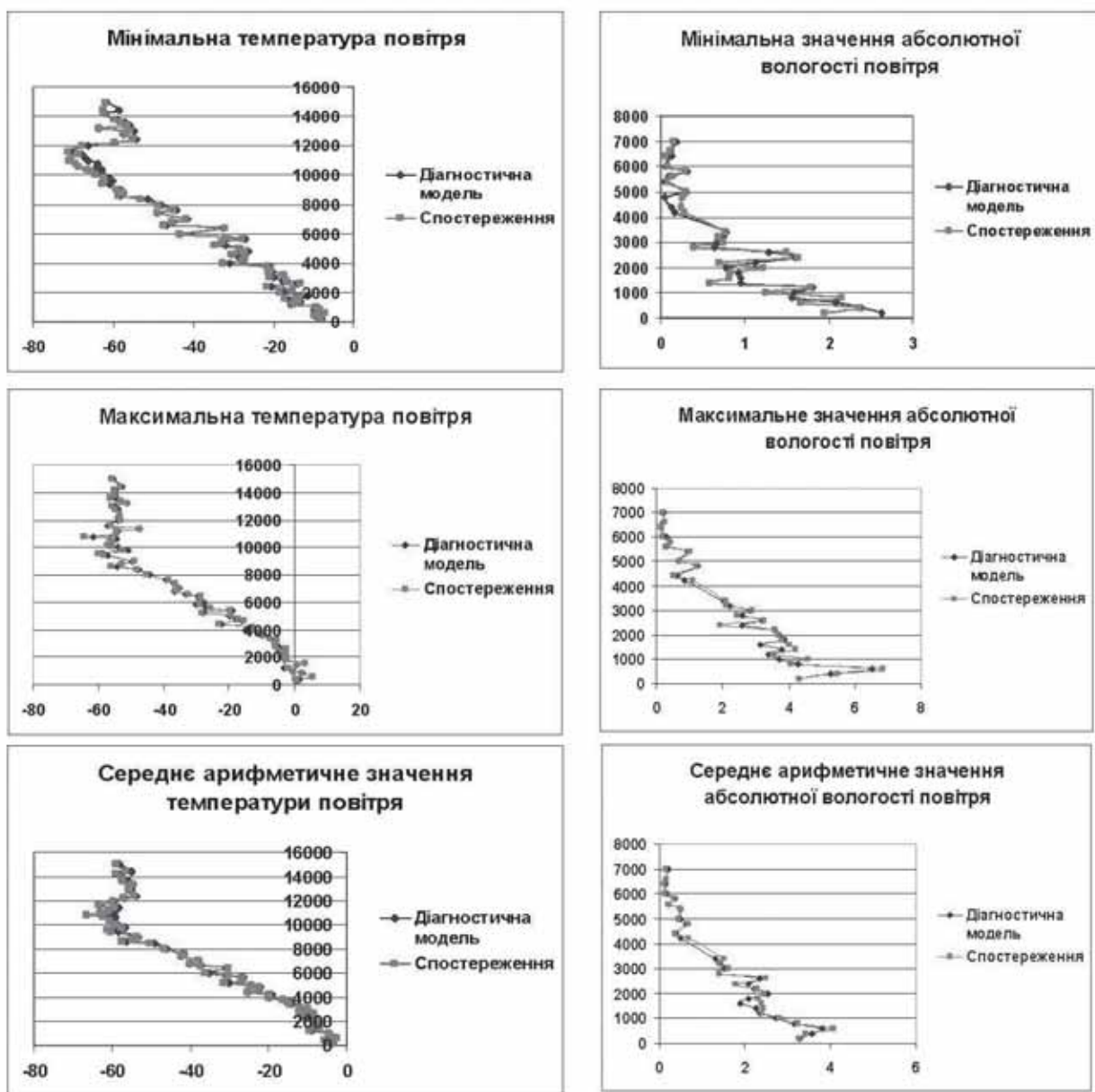


Рис. 3. Вертикальний розподіл максимальних, мінімальних та осереднених за період експерименту значень температури та абсолютної вологості повітря для метеостанції Харків

Проаналізувавши вертикальні розподіли максимальних, мінімальних та середніх значень температури та абсолютної вологості повітря для кожної із метеостанцій, які розглядалися, можна відмітити, що значення діагностичної моделі найкраще співпадають із профілями температури повітря до висот 7-8 км, а із максимальними та осередненими значеннями абсолютної вологості у межах пограничного шару атмосфери та на висотах більше 4 км. Для мінімальних значень абсолютної вологості повітря ця тенденція дещо відмінна, оскільки найменші відхилення моделі відмічаються лише на висотах.

Висновки. У роботі на основі раніше створеної в УкрГМІ і модифікованої авторами чисельної діагностичної моделі виконано оцінку точності відтворених нею вертикальних профілів температури та абсолютної вологості повітря, отриманих із використанням в якості вхідних даних об'єктивного аналізу моделі GFS.

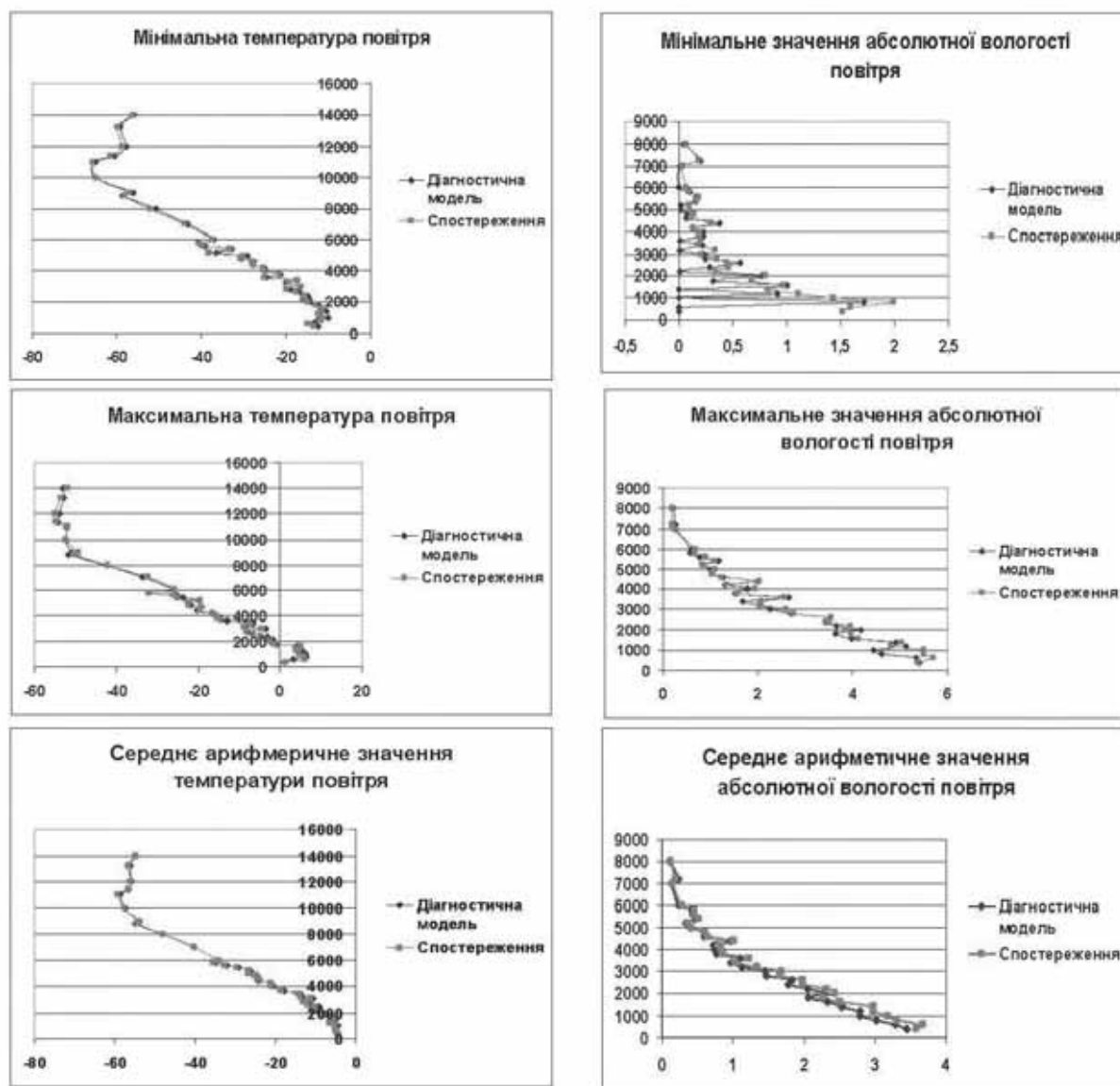


Рис. 4. Вертикальний розподіл максимальних, мінімальних та осереднених за період експерименту значень температури та абсолютної вологості повітря для метеостанції Шепетівка

Отримано, що діагностична модель практично в усьому діапазоні висот відтворює температуру повітря із дещо більшими значеннями, ніж спостерігається фактично. Найбільші значення помилок мають місце в межах пограничного шару та верхньої тропосфери – нижньої стратосфери. Показано, що варіації помилок абсолютної вологості мають більш плавний хід із висотою, ніж температури повітря.

Точність моделі за вищезгаданими метеорологічними величинами цілком співставна із точністю чисельних мезомасштабних моделей прогнозу погоди [2, 6].

Список літератури

1. Паламарчук Л.В. Исследование внутренней структуры фронтальных зон при помощи трехмерных полуэмпирических моделей / Л.В. Паламарчук, А.М. Пирнач // Тр. УкрНИГМИ. 1992. Вып. 243. С. 107-125.
2. Ромаш Т.А. Особливості зміни запасу вологи в атмосфері в період сильних снігопадів / Т.А. Ромаш, В.М. Шпиг // Часопис картографії.– 2013. – Вип. 7. – С. 219-235.
3. Pirnach A.M. Numerical studies of dynamics and cloud microphysics of the frontal rainbands / A.M. Pirnach, S.V Krakovskaya.// Atmos. Res. 1994. Vol.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.2(37)

33. P. 333-365. 4. Pirnach A.M. The construction and application of numerical models to the study of cloud dynamics and the structure of winter frontal rainbands // A.M. Pirnach // Atmos. Research. 1998. Vol. 47-48. P. 355-376. 5. Recommendations for the Verification and Intercomparison of QPFs and PQPFs from Operational NWP Models. WMO TD No. 1485. 2008. 6. Shpyg V. Evaluation of thermodynamic fields forecast accuracy for different physical schemes in the WRF ARW model / V. Shpyg, I. Budak // Fifth International Verification Methods Workshop : 1-7 December 2011 : Abstracts, CAWCR Technical Report No. 046. – Melbourne (Australia), 2011. – P. 66.

Оцінка точності відновлення вертикальних профілів температури і вологості тривимірною діагностичною моделлю

Шпиг В.М., Паламарчук Л.В., Гуда К.В.

У дослідженні викладено результати чисельних експериментів із тривимірною діагностичною моделлю, яку адаптовано до даних об'єктивного аналізу. Виконано оцінку точності відтворення вертикальних профілів температури та абсолютної вологості повітря за допомогою графічного методу та кількісних характеристик для метеостанцій Київ, Чернівці, Харків, Львів та Шепетівка.

Ключові слова: модель, вертикальний розподіл температури та вологості, оцінка точності метеорологічної величини.

Оценка точности восстановления вертикальных профилей температуры и влажности трехмерной диагностической моделью

Шпиг В.М., Паламарчук Л.В., Гуда К.В.

В исследовании изложены результаты численных экспериментов с трёхмерной диагностической моделью, адаптированной к данным объективного анализа. Выполнена оценка точности восстановления вертикальных профилей температуры и влажности воздуха с помощью графического метода и количественных характеристик для метеостанций Киев, Черновцы, Харьков, Львов и Шепетовка.

Ключевые слова: модель, вертикальное распределение температуры и влажности, оценка точности метеорологической величины.

Evaluation of the accuracy of recovery of temperature and humidity vertical profiles of the three-dimensional diagnostic model

Shpyg V.M., Palamarchuk L.V., Huda K.V.

In this article the results of numerical experiments with three-dimensional diagnostic model, adapted to the objective analysis of the data, are shown. The estimation of the accuracy of recovery of temperature and humidity vertical profiles with using a graphical method and forecast skill scores for weather stations Chernivtsi, Kharkiv, Lviv and Shepetivka were carried out.

Keywords: model, vertical distribution of temperature and humidity, the evaluation of precision meteorological values.

Надійшла до редколегії 06.03.2015

УДК 631.175:551.584

Польовий А.М., Ляшенко В.А.

Одеський державний екологічний університет

ПРОСТОРОВА МІНЛИВІСТЬ ВРОЖАЙНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ЗА АГРОКЛІМАТИЧНИМИ РЕСУРСАМИ В УМОВАХ НЕОДНОРІДНОГО РЕЛЬЄФУ

Ключові слова: врожайність, агрокліматичні ресурси, рельєф

Вступ. Раціональне використання природних ресурсів в різних галузях економіки й, насамперед, в сільськогосподарській галузі, залишається важливою проблемою сьогодення, вирішення якої пов'язане з їх детальною оцінкою. В ряду природних ресурсів особливе значення надається дослідженням агрокліматичним ресурсам, які визначають умови росту, розвитку і формування врожайності сільськогосподарських культур, як об'єктів сільськогосподарського виробництва.

Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія. – 2015. – Т.2(37)