

УДК 551.57+556.3

**Краковська С. В.<sup>1</sup>, Білозерова А. К.<sup>2</sup>,  
Паламарчук Л. В.<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Український гідрометеорологічний інститут,  
<sup>2</sup>Київський національний університет імені  
Тараса Шевченка*

## **ПРОЕКЦІЇ РЕГІОНАЛЬНИХ КЛІМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК У ХХІ СТОЛІТТІ ЗА ДАНИМИ МОДЕЛЮВАННЯ (на прикладі Одеської області)**

*Ключові слова:* кліматична характеристика, регіональна кліматична модель, ансамбль моделей, проєкції змін температури, проєкції змін опадів, довірчі інтервали

**Вступ.** Сучасні зміни клімату, їх тенденції та основні причини доведені значною кількістю наукових публікацій та звітів Міжурядової групи експертів по змінам клімату (МГЕЗМ). Найважливішими характеристиками стану як кліматичної системи у цілому так і для конкретного регіону зокрема, є температура повітря та суми опадів за певний період. Саме питанню визначення проєкцій названих кліматичних характеристик отриманих шляхом чисельного моделювання для конкретного регіону і присвячена представлена робота.

Для встановлення та коректної оцінки кліматичних змін доречно вказати на особливості та параметри сучасного клімату Одеської області. За кліматичними особливостями Одеську область можна розділити на три частини: північну, центральну і південну. Завдяки своєму близькому розташуванню до водної акваторії та теоретично близьким розміщенням на північному заході Карпатських гір та на південному сході Кримських гір клімат Одеської області має свої особливості у кожній з названих частин та дещо відмінний від клімату інших рівнинних суміжних областей [1].

Одеська область, так як і майже вся Україна за виключенням південного берега Криму, розташована в помірній кліматичній зоні, протягом року тут переважають повітряні маси помірних широт, утворення яких є наслідком трансформації як океанічного, так і континентального повітря. Клімат помірно континентальний, поєднує риси континентального і морського. Зима в регіоні м'яка, малосніжна і нестійка. Середня температура січня становить від -2 С на півдні до -5 С на півночі

Взимку переважають північні і південно-західні вітри, влітку - північно-західні і північні. Для весни характерні похмура погода, тумани у зв'язку з охолоджуючим впливом моря. Літо переважно спекотне, сухе. Середня температура липня від +21 С на північно-заході до +23 С на півдні, середні максимальні значення температури в липні можуть досягати +36.+39С (в останні роки бувають і вищі). Осінь тривала, тепліша весни, в основному, хмарна. Середньорічна температура коливається від +8,2 С на півночі до +10,8 С на півдні області. Загальна сума опадів 340-470 мм на рік, головним чином опади випадають влітку, часто у вигляді злив.

Число годин сонячного сяння - 2200 на рік. Радіаційний баланс підстильної поверхні, що характеризує сукупну променисту енергію, яку ця поверхня отримує або втрачає, що призводить відповідно до її нагрівання або охолодження, складає 3000 МДж/м<sup>2</sup> /рік. У південно-західній частині Одеської області значення сумарної сонячної радіації складають 4800 МДж/м<sup>2</sup> /рік, витрати теплоти на випаровування вологи - 500 МДж/м<sup>2</sup> /рік. Тривалість вегетаційного періоду 168-210 діб із загальною сумою температур від +28 до +34С.

Основними несприятливими метеорологічними явищами для теплого періоду року є посухи та викликана ними пожежна небезпечність, можливі також

сильні зливи та град. У холодний період року можливі заморозки, але ймовірність їх виникнення низька.

**Методика досліджень.** У численних наукових публікаціях, у тому числі і у роботах авторів [2–4] показано ефективність дослідження змін регіонального клімату з використанням регіональних кліматичних моделей (РКМ). Регіональні кліматичні моделі – це системи математичних рівнянь, що представляють стан кліматичної системи та її динаміку. Основу моделей складають рівняння гідротермодинаміки покладені на сферичну систему координат, які враховують режим надходження енергії та її перетворення ( потоки сонячної радіації, енергія фазових переходів води, турбулентний теплообмін і т.д.). Розрахунок проводиться у тривимірній системі координат з рівним кроком по горизонталі, для декількох рівнів по вертикалі та заданим часовим кроком.

У працях [3, 5] наведені результати верифікації даних отриманих в чисельному моделюванні для сучасного періоду. Встановлені при цьому похибки модельних даних незначні і свідчать про їх достовірність. Крім того точність прогнозування збільшується при використанні ансамблю РКМ, коли отримують осереднені за ансамблем моделей результати та зменшують вплив систематичних похибок, а також при проведенні осереднення результатів по площі вибраного регіону, коли фільтрується природна просторова та часова мінливість кліматичних показників.

Встановлення проєкцій змін клімату Одеської області на період з 2011 по 2100 роки представляло певні труднощі у зв'язку з незначною площею регіону та досить тривалим періодом прогнозування. Це потребувало спеціального аналізу та підбору ансамблю РКМ.

У останні роки [2] для отримання прогностичних значень кліматичних характеристик для території України у ХХІ столітті було сформовано ансамбль з 10 моделей загальної циркуляції атмосфери та океану (МЗЦАО), які були задіяні у проєкті CMIP3 (Meehl et al, 2007; Randall et al, 2007). Але через те що при використанні названого ансамблю моделей виникають проблеми з деталізацією рельєфу, зміною горизонтального та вертикального кроків моделювання є необхідність підбору моделей у межах ансамблю для виконання поставленою у роботі мети.

Наприклад, на територію України припадає близько двадцяти вузлів розрахункової сітки глобальної моделі ECHAM5 (Інститут метеорології Макса-Планка, Гамбург, Німеччина), але більше тисячі вузлів регіональної кліматичної моделі REMO, розрахованої з початковими та крайовими умовами даної МЗЦАО. Очевидно, що така деталізація є необхідною для отримання коректного довгострокового прогнозу для регіону не великої площі.

У табл.1 наводиться перелік та основні параметри використаних у дослідженні моделей. Результати моделювання були отримані у вузлів регулярної сітки з кроком 25x25 км. В табл. 1 фіолетовим кольором виділені дві найбільш успішні моделі для території України (перша - REMO, друга - RCA3-E), що і стали основою формування ансамблів для обох кліматичних характеристик, які розраховувалися у представленій роботі, а синім кольором ті, що не ввійшли в ансамбль для температури повітря, але включені в ансамбль для кількості опадів.

Отже, для побудови кількісних проєкцій температури повітря був визначений оптимальний ансамбль з 10 РКМ (моделі 1–10 табл. 1), а для кількості опадів оптимальним є ансамбль з 4 РКМ (моделі 1, 2, 11, 12 у табл. 1).

Таблиця 1 - РКМ, розрахунки яких використовувались у дослідженні

| № моделі та її акронім | Інститут-учасник FP-6 ENSEMBLES, що виконав та надав розрахунки                                 | Граничні умови з МЗЦАО, організація-розробник | Період розрахунку |
|------------------------|---|---|-------------------|
| 1. REMO                | MPI-M Інститут метеорології Макса-Планка, Гамбург, Німеччина                                    | ECHAM5-r3, MPI-M                              | 1951 – 2100       |
| 2. RCA3                | SMHI Росбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норчепінг, Швеція                  | ECHAM5-r3, MPI-M                              | 1951 – 2100       |
| 3. RegCM3              | ICTP Міжнародний центр теоретичної фізики, Трієст, Італія                                       | ECHAM5-r3, MPI-M                              | 1951 – 2100       |
| 4. RACMO2              | KNMI Королівській нідерландський метеорологічний інститут, ДеБільт, Нідерланди                  | ECHAM5-r3, MPI-M                              | 1951 – 2100       |
| 5. RM5.1 (Aladin)      | CNRM Науково-дослідний інститут Метео-Франс, Тулуза, Франція                                    | ARPEGE, CNRM                                  | 1951 – 2100       |
| 6. HadRM3Q0            | METO-NC Метеорологічний офіс Надлі центр, Екзетер, Велика Британія                              | HadCM3Q0, METO-NC                             | 1951 – 2100       |
| 7. CLM                 | ETHZ Швейцарський технологічний інститут, Цюріх, Швейцарія                                      | HadCM3Q0, METO-NC                             | 1951 – 2099       |
| 8. RCA3                | SMHI Росбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норчепінг, Швеція                  | HadCM3Q3, METO-NC                             | 1951 – 2100       |
| 9. RCA3                | C4I Консорціум для Ірландії в Ірландській національній метеорологічній службі, Дублін, Ірландія | HadCM3Q16, METO-NC                            | 1951 – 2099       |
| 10. HIRHAM             | METNO Норвезький метеорологічний інститут, Осло, Норвегія                                       | BCM, BCCR                                     | 1951 – 2050       |
| 11. RRCM               | VMGO Головна геофізична обсерваторія ім. Воєйкова, Санкт-Петербург, Росія                       | HadCM3Q0, METO-NC                             | 1951 – 2050       |
| 12. RCA3               | SMHI Росбі центр Шведського гідрометеорологічного інституту, Норчепінг, Швеція                  | BCM, BCCR                                     | 1951 – 2100       |

Обрані регіональні моделі розроблені в провідних європейських метеорологічних інститутах та були багаторазово успішно перевірені в моделюванні сучасного клімату.

Розрахунки регіональних кліматичних моделей осереднювалися за визначеними оптимальними ансамблями на *найближчу* (2011-2030 рр.), *середню* (2031-2050 рр.) та *віддалену* (2081-2100 рр.) перспективи та визначалися відхилення відносно сучасного (контрольного) періоду 1991-2010 рр.

Розглянуті можливі зміни основних кліматичних характеристик – багаторічних середніх місячних та річних значень температури повітря та кількості опадів.

**Обговорення отриманих результатів. Температура повітря.** У період найближчого майбутнього 2011-2030 рр. прогнозовані зміни середньої річної температури повітря відносно сучасного періоду складають  $+0,44^{\circ}\text{C} \pm 0,3^{\circ}\text{C}$ , а її значення –  $10,9^{\circ}\text{C}$  (табл.2). Несуттєві зміни середньої місячної температури повітря (у межах  $\pm 0,05^{\circ}\text{C}$ ) очікуються з січня до березня, а з квітня і до кінця року очікується поступальне підвищення середніх місячних температур повітря.

Найбільші підвищення очікуються у грудні, вересні та липні (+0,89°C±0,5°C, +0,79°C±0,4°C, +0,74°C±0,4°C відповідно). Січень – найхолодніший місяць року, абсолютне значення середньої температури прогнозується -1,3°C у цьому періоді. Липень буде найтеплішим місяцем з середньою температурою 23,3°C. Найменші довірчі інтервали було отримано для серпня ±0,2°C, найбільші – для січня ±0,7°C.

**Таблиця 2 - Проекції середніх місячних та середньорічних температур повітря для XXI ст. (Одеська область)**

| Період, рр                                    | I    | II   | III   | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Рік  |
|---|------|------|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Середньомісячні та середньорічні значення, °C |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2011-2030                                     | -1,3 | -0,2 | 3,9   | 10,5 | 16,4 | 20,7 | 23,3 | 22,6 | 17,3 | 11,4 | 5,7  | 0,9  | 10,9 |
| 2031-2050                                     | 0,3  | 0,6  | 4,9   | 11,1 | 17,2 | 21,5 | 24,3 | 23,9 | 18,1 | 12,4 | 6,6  | 2,0  | 11,9 |
| 2081-2100                                     | 1,7  | 2,3  | 6,5   | 12,5 | 18,7 | 23,6 | 26,9 | 26,3 | 20,3 | 13,7 | 8,3  | 3,6  | 13,7 |
| Середньоквадратичне відхилення, °C            |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2011-2030                                     | 2,5  | 2,5  | 2,1   | 1,5  | 1,6  | 1,9  | 1,8  | 1,4  | 1,4  | 1,8  | 2,1  | 2,2  | 0,8  |
| 2031-2050                                     | 2,2  | 2,3  | 1,7   | 1,4  | 1,4  | 1,7  | 1,6  | 1,7  | 1,8  | 1,6  | 2,0  | 2,0  | 0,7  |
| 2081-2100                                     | 2,3  | 2,8  | 1,8   | 1,6  | 1,6  | 1,8  | 1,8  | 1,7  | 1,6  | 1,6  | 1,8  | 1,9  | 0,8  |
| Зміни температури, °C                         |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2011-2030                                     | 0,05 | 0,01 | -0,05 | 0,37 | 0,43 | 0,62 | 0,74 | 0,55 | 0,79 | 0,40 | 0,42 | 0,89 | 0,44 |
| 2031-2050                                     | 1,61 | 0,79 | 1,02  | 0,95 | 1,21 | 1,51 | 1,68 | 1,81 | 1,59 | 1,38 | 1,29 | 2,05 | 1,41 |
| 2081-2100                                     | 3,04 | 2,49 | 2,56  | 2,37 | 2,72 | 3,58 | 4,31 | 4,25 | 3,84 | 2,67 | 3,05 | 3,62 | 3,21 |
| Довірчі інтервали, ± °C                       |      |      |       |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| 2011-2030                                     | 0,7  | 0,4  | 0,4   | 0,3  | 0,4  | 0,3  | 0,4  | 0,2  | 0,4  | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,3  |
| 2031-2050                                     | 0,6  | 0,4  | 0,2   | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,3  | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,4  | 0,4  | 0,2  |
| 2081-2100                                     | 0,8  | 0,6  | 0,4   | 0,4  | 0,4  | 0,5  | 0,7  | 0,6  | 0,7  | 0,6  | 0,9  | 0,8  | 0,7  |

Проекції змін температури повітря до середини XXI ст. вказують на однозначне потепління в усі місяці року. Зміни середньої річної температури у цьому періоді прогнозуються +1,41±0,2°C, а її значення – 11,9°C, що на 1,0°C вище за попередній період. Максимальні значення змін очікуються, як і в попередньому періоді, у грудні +2,05±0,4°C. На відміну від періоду найближчого майбутнього, значні зміни відбудуться у серпні +1,81±0,4°C та січні +1,61±0,6°C, найменші – навесні з мінімумом у лютому +0,79±0,4°C. Січень, як і в період 2011-2030 рр., очікується найхолоднішим місцем року (-0,3°C). У літні місяці потепління буде відбуватись нерівномірно: максимально у серпні, але і у липні зміни температури суттєві і складають +1,68±0,3°C. Для всього періоду отримана висока однорідна міжмодельна узгодженість: довірчі інтервали в межах ±0,2-0,6°C.

На кінець XXI ст. в Одеській області прогнозується підвищення річної температури на +3,21±0,3°C, а її значення – 13,7°C, що на 1,8°C вище за

попередній період. Найменші зміни знову отримані у квітні  $+2,37 \pm 0,4^\circ\text{C}$  та у лютому  $+2,49 \pm 0,6^\circ\text{C}$ . Середня температура всіх зимових місяців буде значно вищою за  $0^\circ\text{C}$ . У літні місяці передбачається суттєве підвищення температури, але на відміну від попередніх періодів найбільше потепління очікується у липні  $+4,31 \pm 0,7^\circ\text{C}$ . З червня до серпня зміни температури складають  $+3,58-4,31^\circ\text{C} \pm 0,3-0,4^\circ\text{C}$ , а максимум річного ходу температури повітря у липні сягне значення  $26,9^\circ\text{C}$ . Довірчі інтервали на кінець ХХІ ст. очікувано найбільші: від  $\pm 0,4^\circ\text{C}$  з березня до травня до  $\pm 0,9^\circ\text{C}$  у листопаді.

**Атмосферні опади.** В Одеській області у період найближчого майбутнього 2011-2030 рр. очікуються досить неоднозначні зміни річних сум опадів, від зменшення на  $-13\text{мм}$  або  $-3\%$  до збільшення на  $12\text{мм}$  або  $3\%$ , а усереднене значення – зменшення на  $-4\text{мм}$  або  $-1\%$  (табл. 3). Очевидно, що отримані у моделюванні результати є також і відображенням сучасної просторово-часової мінливості опадів у досліджуваному регіоні. Наприклад, зміни значень річних сум опадів у області відмічаються у значних межах: від максимальної річної суми  $545\text{мм}$ , до більше ніж вдвічі меншої –  $263\text{мм}$ , що спостерігається у посушливих районах. Причина такої мінливості – у неоднорідних фізико-географічних умовах області, що впливають на атмосферну циркуляцію та процеси опадоутворення.

Усереднені зміни місячних сум опадів складають  $\pm 6\text{мм}$ . Але при цьому відзначаємо суттєву неоднорідність змін впродовж року – від зменшення на  $-11\text{мм}$  до збільшення на  $10\text{мм}$ . У серпні прогнозується зменшення опадів від  $-9$  до  $-1\text{мм}$ , або відповідно від  $-25$  до  $-3\%$ , такі зміни перевищують отримані довірчі інтервали, а їх ймовірність перевищує  $95\%$ . Зміни, що дорівнюють усередненому довірчому інтервалу  $\pm 6\text{мм}$ , отримано у вересні, тоді також передбачається суттєве зменшення кількості опадів від  $-11\text{мм}$  до  $-3\text{мм}$  або від  $-20$  до  $-6\%$ .

У холодне півріччя збільшуватимуться середні місячні суми опадів, максимально у березні від  $4$  до  $10\text{мм}$ , або від  $11$  до  $31\%$ . Зменшення місячних сум опадів у межах всієї області отримано з серпня по жовтень включно та в лютому місяці.

**Таблиця 3 - Проекції середньомісячних та середньорічних сум опадів для періоду 2011-2030 рр. ( Одеська область)**

|  | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Рік  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Середньомісячні та середньорічні суми опадів, мм, для періоду 2011-2030 рр.</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 39   | 32   | 43   | 48   | 49   | 58   | 70   | 52   | 48   | 38   | 48   | 48   | 545  |
| С  | 30   | 27   | 37   | 33   | 40   | 43   | 43   | 35   | 39   | 29   | 42   | 39   | 436  |
| мін  | 14   | 14   | 27   | 19   | 23   | 26   | 21   | 23   | 22   | 19   | 28   | 25   | 263  |
| <b>Середньоквадратичне відхилення, мм</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | 19,8 | 17,1 | 18,5 | 16,2 | 31,7 | 21,4 | 34,1 | 22,6 | 26,4 | 19,4 | 26,8 | 26,6 | 62,7 |
| <b>Зміни кількості опадів, мм</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 4    | -0   | 10   | 9    | 5    | 2    | 3    | -1   | -3   | -1   | 4    | 7    | 12   |
| С  | 0    | -2   | 6    | 4    | 0    | -3   | -0   | -6   | -6   | -3   | 2    | 3    | -4   |
| мін  | -2   | -4   | 4    | 2    | -3   | -7   | -3   | -9   | -11  | -5   | -0   | 0    | -13  |
| <b>Довірчі інтервали, <math>\pm</math> мм</b>                                      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 10   | 6    | 11   | 9    | 16   | 20   | 24   | 9    | 12   | 8    | 12   | 16   | 108  |
| С  | 8    | 4    | 9    | 5    | 9    | 10   | 11   | 5    | 6    | 4    | 9    | 13   | 79   |
| мін  | 5    | 2    | 6    | 3    | 1    | 3    | 2    | 2    | 2    | 1    | 4    | 9    | 40   |
| <b>Зміни кількості опадів, %</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 11   | -1   | 31   | 24   | 12   | 3    | 9    | -3   | -6   | -4   | 12   | 20   | 3    |
| С  | 0    | -8   | 18   | 13   | 1    | -6   | -0   | -14  | -13  | -11  | 5    | 9    | -1   |
| мін  | -12  | -13  | 11   | 6    | -8   | -11  | -5   | -25  | -20  | -15  | -0   | 0    | -3   |

До середини XXI ст. (2031-2050 рр.) в Одеській області (табл. 4) також прогнозується зменшення усередненої за площею середньої річної суми опадів на –2 мм або –0,2% відносно сучасного періоду, але ці суми на 2-5мм вищі, ніж у період 2011-2030 рр. При цьому зменшення на всій території області прогнозується тільки у лютому від -5 до -1мм, або відповідно від -17 до -6%. Ці зміни перевищують довірчі інтервали, тобто статистично значимі за рівня довіри 95%. Також для цього періоду отримано статистично значимі за того ж рівня довіри зменшення опадів у листопаді від -8 до -4мм або від -22 до -11%. Зменшення опадів у серпні мають практично такі самі значення, як і у листопаді, але вони не перевищують довірчих інтервалів, тобто їх ймовірність менша за 95%. У цілому усереднені значення змін у цей період менші за попередній і складають ±4мм.

**Таблиця 4 - Проекції середньомісячних та середньорічних сум опадів для періоду 2031-2050 рр.(Одеська область)**

|  | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Рік  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Середньомісячні та середньорічні суми опадів, мм, для періоду 2031-2050 рр.</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 44   | 30   | 37   | 43   | 50   | 64   | 80   | 58   | 55   | 38   | 42   | 45   | 554  |
| С  | 34   | 26   | 30   | 31   | 40   | 46   | 47   | 37   | 46   | 30   | 36   | 36   | 439  |
| мін  | 17   | 14   | 22   | 18   | 22   | 28   | 21   | 23   | 31   | 21   | 24   | 24   | 264  |
| <b>Середньоквадратичне відхилення, мм</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | 24,6 | 15,4 | 16,7 | 17,0 | 27,9 | 23,0 | 34,9 | 25,1 | 27,5 | 19,8 | 25,4 | 24,4 | 71,9 |
| <b>Зміни кількості опадів, мм</b>  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 8    | -1   | 2    | 5    | 4    | 7    | 8    | 1    | 10   | 0    | 0    | 3    | 10   |
| С  | 4    | -4   | -1   | 3    | -0   | 1    | 4    | -4   | 1    | -2   | -4   | 1    | -2   |
| мін  | 1    | -5   | -3   | 1    | -4   | -3   | -5   | -7   | -4   | -5   | -8   | -1   | -8   |
| <b>Довірчі інтервали, ± мм</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 13   | 5    | 9    | 10   | 10   | 17   | 31   | 14   | 20   | 10   | 6    | 14   | 99   |
| С  | 11   | 3    | 7    | 5    | 6    | 8    | 12   | 7    | 13   | 5    | 3    | 12   | 74   |
| мін  | 6    | 1    | 5    | 1    | 4    | 3    | 4    | 1    | 6    | 1    | 1    | 9    | 47   |
| <b>Зміни кількості опадів, %</b>   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 22   | -6   | 6    | 14   | 8    | 14   | 22   | 1    | 23   | 1    | 1    | 9    | 2    |
| С  | 15   | -12  | -3   | 9    | -1   | 2    | 9    | -11  | 4    | -7   | -11  | 2    | -0   |
| мін  | 6    | -17  | -9   | 2    | -10  | -5   | -10  | -17  | -7   | -17  | -22  | -5   | -2   |

У період віддаленого майбутнього (2081-2100 рр.) (табл.5) зміни відносно сучасного періоду середніх річних сум опадів мають найбільший діапазон коливань порівняно з попередніми прогнозними періодами, а саме - від -9 до +16 мм, а їх усереднене за площею значення позитивне, на відміну від раніше розглянутих періодів, і становить +4мм або +1%. Збільшення середніх місячних сум опадів очікується по всій області у більшість місяців року. Максимальне збільшення сум опадів прогнозується у січні, від 4 до 12 мм, або відповідно, від 15 до 36%. Також у грудні можливе збільшення сум від 3 до 11мм або від 8 до 27%. Але отримані довірчі інтервали у вказані місяці значно перевищують зазначені зміни, тобто вони мають досить низьку ймовірність. Статистично значимі за рівня довіри 95% зміни кількості опадів було отримано тільки для серпня від -19 до -4мм або від -48 до -12%. У цей місяць очікується максимальне зменшення опадів у досліджуваному періоді. Зменшення опадів у межах всієї області було отримано також для червня від -9 до -1мм або -17 до -5%, але ймовірність події є меншою за 95%.

Таблиця 5- Проекції середньомісячних та середньорічних сум опадів для періоду 2081-2100 рр. (Одеська область)

|  | I    | II   | III  | IV   | V    | VI   | VII  | VIII | IX   | X    | XI   | XII  | Рік  |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| <b>Середньомісячні та середньорічні суми опадів, мм, для періоду 2081-2100 рр.</b> |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 48   | 36   | 42   | 46   | 45   | 57   | 75   | 43   | 58   | 44   | 45   | 54   | 559  |
| С  | 37   | 30   | 33   | 31   | 38   | 41   | 47   | 27   | 47   | 33   | 38   | 43   | 444  |
| мін  | 20   | 15   | 22   | 17   | 19   | 25   | 25   | 18   | 29   | 20   | 23   | 27   | 262  |
| Середньоквадратичне відхилення, мм   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
|  | 22,8 | 21,3 | 17,5 | 19,5 | 29,2 | 25,1 | 40,4 | 20,0 | 33,1 | 32,6 | 24,7 | 24,1 | 67,1 |
| Зміни кількості опадів, мм   |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 12   | 2    | 7    | 7    | 0    | -1   | 8    | -4   | 5    | 6    | 0    | 11   | 16   |
| С  | 8    | 1    | 1    | 3    | -2   | -5   | 3    | -14  | 2    | 1    | -2   | 7    | 4    |
| мін  | 4    | -0   | -0   | 0    | -4   | -9   | -3   | -19  | -1   | -1   | -5   | 3    | -9   |
| Довірчі інтервали, ± мм  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 24   | 9    | 9    | 9    | 16   | 15   | 16   | 14   | 19   | 17   | 22   | 21   | 136  |
| С  | 19   | 5    | 5    | 6    | 9    | 9    | 12   | 7    | 10   | 12   | 17   | 15   | 102  |
| мін  | 11   | 1    | 2    | 2    | 1    | 5    | 8    | 1    | 4    | 4    | 8    | 10   | 64   |
| Зміни кількості опадів, %  |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |      |
| макс   | 36   | 6    | 20   | 21   | 0    | -5   | 22   | -12  | 13   | 17   | 0    | 27   | 4    |
| С  | 27   | 2    | 3    | 10   | -5   | -10  | 9    | -34  | 5    | 4    | -6   | 20   | 1    |
| мін  | 15   | -2   | -1   | 0    | -10  | -17  | -4   | -48  | -2   | -4   | -12  | 8    | -2   |

Аналіз прогнозованого впродовж XXI ст. річного ходу кількості опадів та його змін в Одеській області вказує на те, що мінімум опадів до середини сторіччя залишатиметься у лютому (26-27 мм), але до його кінця, другий мінімум, що був у жовті (29-30 мм), переміститься на серпень і значення сум опадів у цей місяць будуть найнижчими (27 мм – у серпні, 30мм – у лютому та 33 мм - у жовтні (табл. 5). У цілому, спостерігатиметься тенденція до вирівнювання річного розподілу опадів за рахунок збільшення середньомісячних сум холодного періоду року та зменшення у теплий період. На кінець століття прогнозується, що мінімум річного ходу переміститься на серпень (27мм), але у зв'язку з тим у суміжних місяцях прогноуються максимальні сумами опадів (47 мм), необхідні додаткові дослідження з метою виключення похибки моделювання.

**Висновки.** РКМ є сучасним, визнаним багатьма групами дослідників інструментом, що застосовується для визначення проєкцій майбутніх змін клімату. Вважаємо, що для вирішення окремої практичної задачі необхідним є підбір оптимального ансамблю моделей та верифікація результатів моделювання.

Отримані результати моделювання показують, що середньорічні та середньо місячні температури повітря в межах Одеської області у XXI ст. будуть зростати при цьому закономірний річний розподіл температури збережеться.

Прогнозовані зміни середніх річних та середніх місячних сум опадів мають коливальний характер з загальною тенденцією до деякого збільшення середньомісячних сум опадів у холодний період та зменшення у теплий. Це може призвести до вирівнювання річного ходу опадів. Тільки у кінці століття тенденція до збільшення сум опадів стає більш стійкою.

#### Список літератури

1. Клімат України : монографія / Ліпінський В. М., Дячук В. А., Бабіченко В. М. та ін. ; НАН України. Держ. гідрометеорол. служба М-ва екології та природ. ресурсів України, УкрНДГМІ. – К. : Вид-во Раєвського, 2006. – 237 с.
2. Моделі загальної циркуляції атмосфери та океанів у прогнозуванні змін регіонального клімату України в XXI ст. / Краковська С. В., Паламарчук Л. В., Шедеменко І. П. та ін. // Геофізический журнал. – 2011. – № 6, Т. 33. – С. 68-81.
3. Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU)

та регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу приземної температури повітря за контрольний період 1961-90 рр. / Краковська С. В., Паламарчук Л. В., Шедеменко І. П. та ін. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2008. – №257. – С. 42-60. **4.** Сезонні зміни клімату в Україні в XXI столітті / Паламарчук Л. В., Гнатюк Н. В., Краковська С. В. та ін. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2010. – №259. – С. 104-120. **5.** Верифікація даних світового кліматичного центру (CRU) та регіональної моделі клімату (REMO) щодо прогнозу поля опадів в Україні за контрольний період 1961-1990 рр. / Паламарчук Л. В., Краковська С. В., Шедеменко І. П. та ін. // Наук. праці УкрНДГМІ. – 2009. – №258. – С. 69-84. **6.** The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate / Roeckner E., Arpe K., Bengtsson L. and etc. // Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report. – 1996. – No. 218. **7.** The Rossby centre regional climate model RCA3: Model description and performance / Samuelsson P., Jones C. G., Willon U. and co-authors // Tellus. – 2011. – 63A. – P. 4–23. **8.** RegCM3 regional climatologies using reanalysis and ECHAM global model driving fields / Seth A., Rauscher S. A., Carmago S. J. and etc. // Climate Dyn. – 2006. – Vol.28. – P. 461–480. **9.** <http://ensembles-eu.metoffice.com>.

**Краковська С. В., Білозерова А. К., Паламарчук Л. В. Проекції регіональних кліматичних характеристик у XXI столітті за даними моделювання (на прикладі Одеської області).** Представлено результати моделювання основних кліматичних характеристик для Одеської області на основі використання ансамблю РКМ. Обговорюються основні тенденції зміни середніх річних та середніх місячних сум температур повітря та відповідних сум опадів на найближчу (2011-2030 рр.), середню (2031-2050 рр.) та віддалену (2081-2100 рр.) перспективи.

*Ключові слова:* кліматична характеристика, регіональна кліматична модель, ансамбль моделей, проекції змін температури, проекції змін опадів, довірчі інтервали.

**Krakovska S. V., Belozerova A. K., Palamarchuk L. V. Projection of Regional Climate Characteristics in XXI Century on the Basis of Results of Modeling Data (on Odessa Region).** It is presented the results of modeling of the main climate characteristics for Odessa region on the basis of RSM ensembles. Main tendencies of annual and monthly average sums of air temperature and precipitation for the nearest (2011-2030), middle (2031–2050) and distant (2051–2100) a projection are discussed.

*Keywords:* climate characteristics, regional climate model, models ensemble, temperature change projection, precipitation change projection.

**Краковская С. В., Белозерова А. К., Паламарчук Л. В. Проекции региональных климатических характеристик в XXI столетии на основании данных моделирования (на примере Одесской области).** Представлено результати моделювання основних кліматических характеристик для Одесской области на основании использования ансамбля РКМ. Обсуждаются основные тенденции в изменении средних годовых та средних месячных сумм температур воздуха а также соответствующих сумм осадков на ближайшую (2011-2030 гг.), среднюю (2031-2050 гг.) и отдаленную (2051-2100 гг.) перспективы.

*Ключевые слова:* климатическая характеристика, региональная климатическая модель, ансамбль моделей, проекции изменения температуры, проекции изменения осадков, доверительные интервалы.

**Надійшла до редколегії 30.04.2015**