

ЗМІНИ РЕЖИМУ ОПАДІВ В УКРАЇНІ

С.М. Степаненко¹, А.М. Польовий¹, О.С. Дем'янюк², О.О. Дронова¹

¹ Одеський державний екологічний університет

² Інститут агроекології і природокористування НААН

Розглянуто річний та за окремі пори року режими опадів за періоди 1961–1990 рр., 1986–2005 рр. та прогнозовані за трьома сценаріями (GFDL-30%, A1B, A2) зміни клімату на період 2011–2030 рр. Відзначено можливе загальне збільшення річної кількості опадів та їх нерівномірність за сезонами року: для території Полісся, Лісостепу та Північного Степу сценарії CFDL-30% та A1B демонструють майже однакові результати розрахунків річної кількості опадів, а за сценарієм A2 — їх збільшення на 10–15%.

Ключові слова: кількість опадів, режим зволоження, сценарії змін клімату, посушливість, вологозабезпеченість.

Важливою ланкою проблеми глобальних змін клімату є оцінювання агрокліматичних умов вирощування сільськогосподарських культур та вплив цих змін на їхню продуктивність. Сільське господарство є найбільш вразливою галуззю економіки до коливань та змін клімату. Зважаючи на інерційність сільського господарства та залежність його ефективності від погодних умов, уже нині виникає необхідність вивчення змін агрокліматичних умов ведення сільського господарства та прийняття своєчасних і адекватних рішень щодо проблем, зумовлених змінами клімату.

У кліматичних умовах України чинник вологозабезпеченості є визначальним для отримання стабільних та високих урожаїв сільськогосподарських культур. З огляду на це, метою роботи є вивчення сучасної динаміки режиму опадів, її оцінювання як на найближчі 10–20 років, так і в подальшому майбутньому за сценаріями зміни клімату.

МЕТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Були проаналізовані зміни режиму опадів за періоди 1961–1990 рр. (період, прийнятий Всесвітньою метеорологічною

організацією за базовий) та 1986–2005 рр. (за матеріалами агрокліматичних довідників) [1].

Виконана робота є продовженням досліджень з оцінювання впливу кліматичних змін на галузі економіки України [2].

Слід зауважити, що I базовий період (1961–1990 рр.) доволі віддалений від сучасного періоду, тому ймовірні зміни режиму опадів за сценаріями змін клімату розглядалися порівняно з II базовим періодом (1986–2005 рр.). Режим опадів за сезонами року та загалом за рік за кліматичними сценаріями розглядався для періоду 2011–2030 рр. Для аналізу використовувалися три сценарії змін клімату: м'який — CFDL-30% [3], помірний — A1B та жорсткий — A2 [4, 5].

Під час розрахунків нами були проаналізовані такі показники, як суми опадів за сезонами року та загалом за рік у кожній природно-кліматичній зоні і гідротермічний коефіцієнт (ГТК) за Г.Т. Селяниновим; була визначена тенденція до змін кількості опадів, розрахованих за означеними сценаріями.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Істотних змін кількості опадів за рік у II базовому періоді (1986–2005 рр.) порів-

Таблиця 1

Порівняльна характеристика річних сум опадів на території України

| Природно-кліматична зона | Базовий період | | | За сценаріями змін клімату в період 2011–2030 рр. | | | | | |
|--------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------|---|---------------------------|-----------------|---------------------------|-----------------|---------------------------|
| | I-й (1961–1990 рр.) | II-й (1986–2005 рр.) | | GFDL-30% | | A1B | | A2 | |
| | Сума опадів, мм | Сума опадів, мм | % від I базового періоду | Сума опадів, мм | % від II базового періоду | Сума опадів, мм | % від II базового періоду | Сума опадів, мм | % від II базового періоду |
| Полісся | 636 | 651 | 102 | 708 | 109 | 732 | 112 | 785 | 121 |
| Лісостеп | 611 | 600 | 98 | 705 | 118 | 665 | 111 | 723 | 121 |
| Північний Степ | 534 | 545 | 102 | 592 | 109 | 560 | 103 | 645 | 118 |
| Південний Степ | 450 | 464 | 103 | 525 | 113 | 525 | 113 | 510 | 110 |

няно з I базовим (1961–1990 рр.) не спостерігалось (табл. 1).

Загалом за рік на території України як у базовий період, так і в розрахунковий прогностичний період 2011–2030 рр. за різними сценаріями змін клімату очікується зменшення кількості опадів у напрямку з північного заходу на південний схід.

У зоні Полісся за розрахунковий період 2011–2030 рр. два сценарії змін клімату – *CFDL-30%* та *A1B* характеризуються майже однаковою очікуваною кількістю річних опадів, відповідно – 708 мм та 732 мм (109 та 112% від II базового періоду). За сценарієм змін клімату *A2* можна очікувати збільшення кількості опадів на території Полісся до 120%, що становитиме 785 мм (рис. 1).

У Лісостепі загальна тенденція до зменшення кількості опадів у південно-східному напрямку залишається і в розрахунковий період. Усі сценарії змін клімату свідчать про збільшення кількості річних опадів на території Лісостепу щодо їх середньої багаторічної кількості.

Кліматична норма річних опадів у Лісостепі становить 600 мм, для цієї території сценарії *CFDL-30%* та *A2* демонструють приблизно однакову кількість очікуваних у період 2011–2030 рр.

річних опадів – 705 і 723 мм відповідно. Тобто можна очікувати збільшення кількості річних опадів у середньому на 120%. Розрахунки очікуваних річних опадів за сценарієм *A1B* також свідчать про їх збільшення, але в дещо меншій кількості – до 665 мм (110%).

У степовій зоні України випадає найменша кількість опадів. У Північному Степу

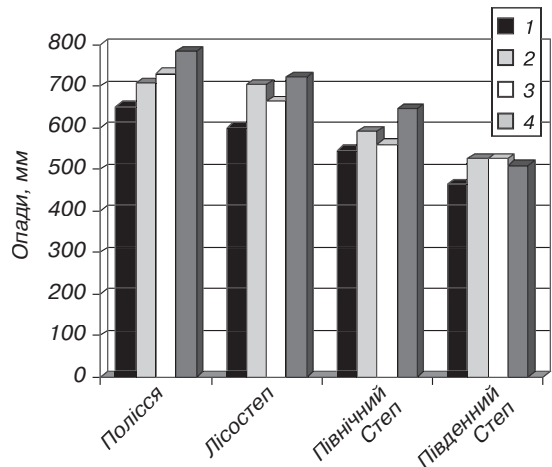


Рис. 1. Порівняльна характеристика річних сум опадів на території України: 1 – II базовий період (1986–2005 рр.); сценарії змін клімату: 2 – *GFDL-30%*; 3 – *A1B*; 4 – *A2*

річна кліматична норма становить 550 мм. За розрахунками сценаріїв *CFDL-30%* та *A1B* очікується незначне збільшення річної кількості опадів для цієї території, в середньому на 105% (табл. 1, рис. 1).

Так, за сценарієм *CFDL-30%* річна кількість опадів у Північному Степу може становити 592 мм, а за сценарієм *A1B* — 560 мм. Сценарій *A2* демонструє дещо більшу кількість очікуваних річних опадів — до 645 мм.

У Південному Степу спостерігається найменша кількість опадів, що становить за середніми багаторічними даними 464 мм. Згідно з проведеними розрахунками, всі три сценарії змін клімату свідчать про незначне збільшення річної кількості опадів, у середньому до 110%. Імовірність очікуваної річної кількості опадів може становити 525 мм — за сценаріями *CFDL-30%* та *A1B* і 510 мм — за сценарієм *A2*.

Таким чином, у розрізі всього року спостерігається загальна тенденція до збільшення річної кількості опадів для всіх природно-кліматичних зон України, до того ж для території Полісся, Лісостепу та Північного Степу сценарії *CFDL-30%* та *A1B* демонструють майже однакові результати розрахунків річної кількості опадів, а за сценарієм *A2* слід очікувати на 10–15% більшу кількість опадів, ніж за двома попередніми сценаріями. Для території Південного Степу всі три сценарії демонструють майже однакові результати розрахунків (рис. 1).

Проте згідно з проведеними нами розрахунками, у кожній природно-кліматичній зоні на всій території України як загалом, так і за сезонами року спостерігаються значні видозміни очікуваної кількості опадів.

На території Полісся найменша кількість опадів випадає в зимовий період і становить за середніми багаторічними даними 104 мм. Розрахунок показників зволоження на території Полісся в умовах змін клімату наведено в таблиці 2 і на рисунку 2. За всіма досліджуваними сценаріями змін клімату очікується збільшення кількості зимових опадів. Найбільше — за сценаріями

A1B і *A2*, понад 50%. За сценарієм *A1B* вони мають збільшитися до 161 мм (155%), за сценарієм *A2* — до 157 мм (151%). Дещо менше збільшення кількості опадів прогнозує сценарій *CFDL-30%* — близько 121 мм (116%).

У весняний період середня багаторічна кількість опадів становить 145 мм. Для розрахункового періоду 2011–2030 рр. найбільшу кількість опадів демонструє сценарій *A2* — близько 196 мм, що становитиме 135% від II базового періоду. Також незначне збільшення передбачається і за сценарієм *CFDL-30%*. За цим сценарієм можна очікувати збільшення кількості опадів у весняний період до 157 мм (108%). Сценарій змін клімату *A1B*, навпаки, прогнозує зменшення кількості опадів навесні — до 76 мм, що становитиме лише 52% від кліматичної норми.

Найбільша кількість опадів на території Полісся випадає у літній період. Середня багаторічна кількість їх становить 249 мм. За нашими розрахунками, за сценарієм змін клімату *A1B* кількість опадів улітку до 2030 р. не зміниться, що становитиме 246 мм, за сценаріями *CFDL-30%* та *A2* можна передбачати збільшення кількості опадів до 298 і 257 мм відповідно.

Слід зауважити, що можна прогнозувати і зміни такого важливого показника зволоження території, як гідротермічний коефіцієнт. Якщо за розрахунками за II базовий період 1986–2005 рр. ГТК становить 1,5, то за розрахунками за сценарієм змін клімату *CFDL-30%* та *A1B* можна передбачати збільшення посушливості території. Так, розрахований ГТК становитиме 1,3 та 1,4 відповідно. А розрахунки за сценарієм змін клімату *A2* вказують на підвищення коефіцієнта до 1,6.

Восени за сценаріями *CFDL-30%* та *A1B* передбачається незначне зменшення кількості опадів — до 132 мм та 149 мм відповідно, при кліматичній нормі 153 мм (рис. 2, табл. 2). Сценарій змін клімату *A2* вказує на підвищення кількості осінніх опадів до 175 мм.

На території Лісостепу мінімальна кількість опадів також випадає у зимовий пе-

Таблиця 2

Порівняльна характеристика режиму зволоження

| Пора року | Базовий період | | | | | | За сценаріями змін клімату (період 2011–2030 рр.) | | | | | | | | |
|---------------|-----------------------------|-----|--------------------------------|------------------------------|-----|------------------------------|---|-----|---------------------------------|-----------------------|-----|---------------------------------|-----------------------|-----|---------------------------------|
| | I-й період 1961–1990 рр. | | | II-й період 1986–2005 рр. | | | GFDL-30% | | | A1B | | | A2 | | |
| | Сума опадів, мм | ГТК | % від I базового періоду | Сума опадів, мм | ГТК | % від базового періоду | Сума опадів, мм | ГТК | % від II базового періоду | Сума опадів, мм | ГТК | % від II базового періоду | Сума опадів, мм | ГТК | % від II базового періоду |
| | <i>Полісся</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Зима | 133 | | 78 | 104 | | 78 | 121 | | 116 | 161 | | 155 | 157 | | 151 |
| Весна | 131 | | 111 | 145 | | 111 | 157 | | 108 | 76 | | 52 | 196 | | 135 |
| Літо | 235 | 1,4 | 106 | 249 | 1,5 | 106 | 298 | 1,3 | 120 | 246 | 1,4 | 99 | 257 | 1,4 | 103 |
| Осінь | 137 | | 112 | 153 | | 112 | 132 | | 86 | 149 | | 97 | 175 | | 114 |
| Всього за рік | 636 | | 102 | 651 | | 102 | 708 | | 109 | 732 | | 112 | 785 | | 121 |
| | <i>Лісостеп</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Зима | 121 | | 83 | 101 | | 83 | 129 | | 128 | 145 | | 144 | 147 | | 146 |
| Весна | 134 | | 101 | 135 | | 101 | 158 | | 117 | 169 | | 125 | 175 | | 130 |
| Літо | 232 | 1,3 | 96 | 222 | 1,3 | 96 | 296 | 1,2 | 133 | 222 | 1,3 | 100 | 240 | 1,3 | 108 |
| Осінь | 123 | | 115 | 142 | | 115 | 121 | | 85 | 129 | | 91 | 161 | | 105 |
| Всього за рік | 611 | | 98 | 600 | | 98 | 705 | | 118 | 665 | | 111 | 723 | | 121 |
| | <i>Північний Степ</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Зима | 132 | | 72 | 95 | | 72 | 130 | | 137 | 145 | | 153 | 153 | | 161 |
| Весна | 121 | | 98 | 118 | | 98 | 126 | | 107 | 128 | | 108 | 163 | | 138 |
| Літо | 170 | 0,9 | 115 | 195 | 1,0 | 115 | 208 | 0,9 | 107 | 169 | 1,0 | 87 | 172 | 1,1 | 88 |
| Осінь | 111 | | 123 | 137 | | 123 | 128 | | 93 | 118 | | 86 | 157 | | 115 |
| Всього за рік | 534 | | 102 | 545 | | 102 | 592 | | 109 | 560 | | 103 | 645 | | 118 |
| | <i>Південний Степ</i> | | | | | | | | | | | | | | |
| Зима | 106 | | 86 | 91 | | 86 | 113 | | 124 | 176 | | 193 | 143 | | 157 |
| Весна | 105 | | 97 | 102 | | 97 | 113 | | 111 | 97 | | 95 | 122 | | 120 |
| Літо | 143 | 0,8 | 108 | 155 | 0,9 | 108 | 183 | 0,7 | 118 | 97 | 0,6 | 63 | 115 | 0,7 | 74 |
| Осінь | 97 | | 120 | 116 | | 120 | 116 | | 100 | 155 | | 134 | 130 | | 112 |
| Всього за рік | 450 | | 103 | 464 | | 103 | 525 | | 113 | 525 | | 113 | 510 | | 110 |

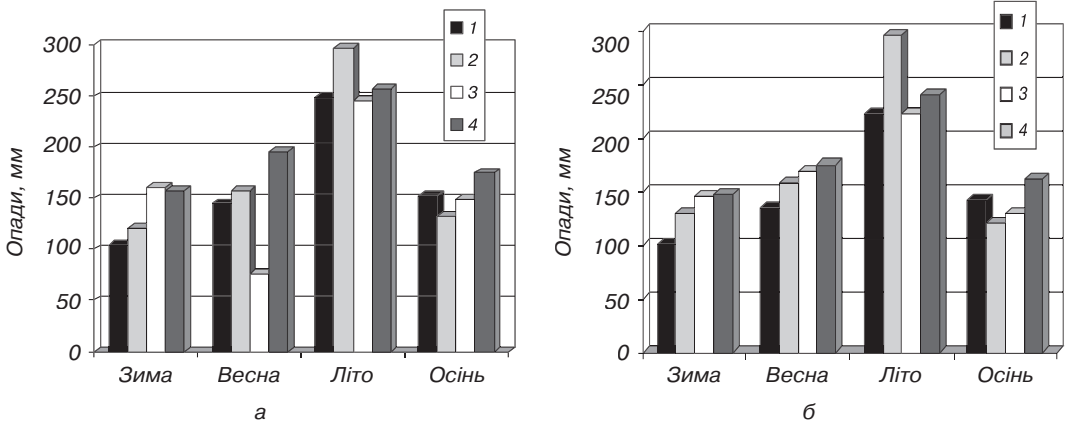


Рис. 2. Порівняльна характеристика суми опадів на території: а) Полісся; б) Лісостепу: 1 — базовий період 1986–2005 рр.; сценарії змін клімату: 2 — *GFDL-30%*; 3 — *A1B*; 4 — *A2*

ріод і становить за середньобагаторічними даними 101 мм (табл. 2, рис. 2, б). Також як і у зоні Полісся, всі сценарії змін клімату свідчать про підвищення кількості зимових опадів. Сценарії *A1B* та *A2* демонструють майже однакові результати — згідно з розрахунками, кількість прогнозованих зимових опадів становитиме 145 і 147 мм відповідно, це у середньому близько 145% від кліматичної норми. Сценарій *CFDL-30%* також свідчить про підвищення кількості опадів, але незначне — до 158 мм (117%).

Навесні також зберігається тенденція до збільшення кількості опадів за всіма сценаріями — від 158 мм за сценарієм *CFDL-30%* до 175 мм за сценарієм *A2*, при кліматичній нормі 135 мм (рис. 2, б).

У літній період на території Лісостепу за середніми багаторічними даними випадає 222 мм опадів. За сценаріями змін клімату *CFDL-30%* та *A2* спостерігатиметься збільшення кількості опадів до 296 та 240 мм відповідно, і лише сценарій *A1B* не прогнозує зміни кількості літніх опадів на території Лісостепу (рис. 2, б), при цьому за сценарієм змін клімату *CFDL-30%* ГТК зменшиться до 1,2, а за сценаріями *A1B* і *A2* — збільшиться до 1,3 і 1,4 відповідно.

Восени, навпаки, для території Лісостепу сценарії *CFDL-30%* та *A1B* свідчать про зменшення кількості опадів до 121 та 129 мм

(85 та 91%) відповідно, при кліматичній нормі 142 мм. І лише за сценарієм *A2* слід очікувати незначне збільшення кількості опадів до 161 мм.

На території Степу передбачається найменша кількість вологи як загалом за рік, так і за сезонами року. Ця природна зона займає майже 40% території України, і нерівномірна за умовами зволоження (табл. 2, рис. 3).

На території Північного Степу найменша кількість опадів випадає взимку і за середніми багаторічними даними становить 95 мм. Для розрахункового періоду 2011–2030 рр. прогнозується тенденція до збільшення зимової кількості опадів. За сценарієм *CFDL-30%* прогнозована кількість опадів може становити 130 мм, за сценарієм *A1B* — 145, а за сценарієм *A2* — 153 мм (рис. 3, а).

Навесні також можна передбачати збільшення кількості опадів до 126 мм за сценарієм змін клімату *CFDL-30%*, а за сценарієм *A2* — до 163 мм. Так, середня багаторічна кількість опадів у весняний період на території Північного Степу становить 118 мм.

Улітку кліматична норма досягає 195 мм. За сценарієм *CFDL-30%* прогнозується незначне підвищення кількості опадів до 208 мм, а за сценаріями *A1B* та *A2* — зменшен-

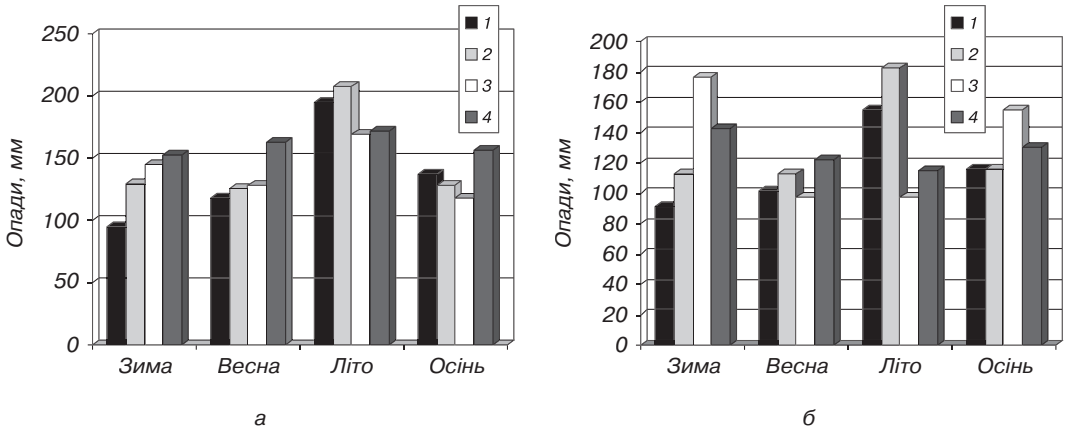


Рис. 3. Порівняльна характеристика умов опадів на території: а) Північного Степу; б) Південного Степу: 1 — базовий період 1986–2005 рр.; сценарії змін клімату: 2 — *CFDL-30%*; 3 — *A1B*; 4 — *A2*

ня кількості літніх опадів на території Північного Степу до 169 та 172 мм відповідно (табл. 2).

Восени кількість опадів у Північному Степу за сценаріями *CFDL-30%* та *A1B* дещо знизиться — до 128 і 118 мм відповідно. Так, середня багаторічна кількість опадів у осінній період становитиме 137 мм. За сценарієм *A2* осіння кількість опадів дещо підвищиться — до 157 мм. Тобто можна передбачити, що осіння кількість опадів у прогностичний період майже не зміниться.

Територія Південного Степу отримує ще менше вологи, ніж Північний Степ. Найменша кількість її випадає взимку. Кліматична норма цього сезону становить 91 мм.

Як і для всієї території України, всі три взяті нами для розрахунків сценарії змін клімату свідчать про підвищення кількості опадів у зимовий період. До того ж саме для території Південного Степу слід очікувати найістотніший ріст кількості зимових опадів. Найбільший ріст опадів узимку демонструє сценарій *A1B*. За розрахунками за цим сценарієм слід очікувати збільшення кількості зимових опадів майже вдвічі — до 176 мм (193%), дещо менше — за сценарієм *A2* — до 143 (157), і до 113 мм (124%) — за сценарієм *CFDL-30%*.

Навесні при кліматичній нормі опадів 102 мм за сценаріями *CFDL-30%* та *A2* можливе незначне підвищення кількості опадів — до 113 та 122 мм (111 та 120%) відповідно. Сценарій *A1B* свідчить про незначне зниження кількості опадів — до 97 мм (95%). Тобто можна стверджувати, що режим зволоження Південного Степу весною істотно не зміниться.

За середніми багаторічними даними, за літній період у Південному Степу випадає 155 мм опадів. Аналіз отриманих результатів свідчить про тенденцію до зменшення кількості літніх опадів.

Найістотніше зниження демонструє сценарій *A1B* — до 97 мм, що становитиме всього 63% від кліматичної норми. За сценарієм *A2* також слід очікувати зменшення опадів улітку — до 115 мм (74%). І лише сценарій *CFDL-30%* свідчить про підвищення кількості опадів до 183 мм (118%).

Ступінь вологозабезпеченості території знизиться за розрахунками ГТК за всіма сценаріями змін клімату — до 0,7–0,6 (табл. 2).

В осінній період на території Південного Степу за середніми багаторічними даними випадає 116 мм опадів. За сценарієм *CFDL-30%* їх кількість не зміниться, а за сценаріями *A1B* та *A2* — збільшиться. За сценарієм *A1B* очікується найістотніше збільшен-

ня кількості осінніх опадів — до 155 мм (134%), а за сценарієм А2 — до 130 мм (112%).

ВИСНОВКИ

Отже, річна кількість опадів за оцінюванням як м'якого сценарію змін клімату, так і жорсткого збільшується на всій території країни. До того ж для території Полісся, Лісостепу та Північного Степу найбільше збільшення кількості опадів — до 134, 123 і 100 мм відповідно — демонструє сценарій А2. Для території Південного Степу найбільшого підвищення кількості річних опадів (до 61 мм) слід очікувати, якщо зміни клімату будуть відбуватися за сценаріями *GFDL-30%* та *A1B*. Слід підкреслити, що збільшення кількості опадів буде нерівномірним за сезонами року, а в літній період здебільшого опади випадатимуть у вигляді злив, а у Степу їх кількість зменшиться. Ефективність опадів буде значно меншою, але все це буде відбуватись на фоні підвищення температури повітря, що спричинить збільшення випаровування і погіршення умов вологозабезпеченості.

Так, для територій Північного та Південного Степу, що є найважливішими для вирощування зернових культур, зокрема пшениці озимої та ячменю ярого, найвірогідніше зниження літньої кількості опадів, тобто погіршення умов вологозабезпеченості культур. Для території Північного Степу з великою часткою вірогідності та-

кож очікується погіршення умов вологозабезпеченості та осіннього періоду вегетації озимих культур.

Для південної частини України слід очікувати зниження атмосферних опадів, що зменшить їх частку у формуванні врожаїв сільськогосподарських культур. Підвищення посушливості клімату, погіршення агрокліматичних умов росту та розвитку культур в основні періоди вегетації неминуче призведе до необхідності застосування адаптаційних заходів щодо пом'якшення негативного впливу змін клімату на ведення аграрного виробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Агрокліматичний довідник по території України / За ред. Т.І. Адаменко, М.І. Кульбіді, А.Л. Прокопенко. — Кам'янець-Подільський, 2011. — 107 с.
2. Оцінка впливу кліматичних змін на галузі економіки України / За ред. С.М. Степаненко, А.М. Польового. — Одеса: Екологія, 2011. — 694 с.
3. Україна та глобальний парниковий ефект. Кн. 2. Вразливість і адаптація екологічних та економічних систем до зміни клімату / За ред. В.В. Васильченка, М.В. Рапцуна, І.В. Трофимової. — К., 1998. — 208 с.
4. A comprehensive model inter-comparison study investigating the water budget during the BALTEX-PIDCAP period. / D. Jacob, B.J.J.M. Van den Hurk, U. Andre et al. // Meteor. Atm. — 2001. — No. 77. — P. 61–73.
5. The atmospheric general circulation model ECHAM4: Model description and simulation of present-day climate / E. Roeckner, K. Arpe, L. Bengtsson et al. // Max-Planck-Institute fur Meteorologie, Report. — 1996. — No. 218. — P. 90.