

Л.С. Рибченко

ORCID: 0009-0007-6517-3630

L.S.Rybchenko@gmail.com

С.В. Савчук

ORCID: 0009-0007-7861-9419

svetlanasvs120676@gmail.com

Український гідрометеорологічний інститут
Державної служби України
з надзвичайних ситуацій
та Національної академії
наук України, Київ, Україна

УДК 551.580

СОНЯЧНА РАДІАЦІЯ ПРИ ПОСУХАХ У ХОЛОДНИЙ ПЕРІОД РОКУ ПРОТЯГОМ 1991–2020 РР. В УКРАЇНІ

Через особливий стан атмосфери з антициклональним характером атмосферної циркуляції та трансформації малорухомих повітряних мас на значних територіях Атлантико-Європейського сектору у холодний період року, почали фіксуватися посухи або передумови до них, зокрема на більшій частині території України. Мета роботи — оцінка змін складових режиму сонячної радіації при посухах чи їх передумовах у холодний період року протягом 1991–2020 рр. в Україні. Наведено зміни складових радіаційного режиму при посухах або передумовах до них під час холодного періоду та їх порівняння відносно середніх значень 1991–2020 рр. в Україні. У певні місяці холодного періоду спостерігались відхилення окремих складових радіаційного режиму протягом останнього тридцятиріччя відносно стандартної кліматичної норми 1961–1990 рр. У холодний період вказаного проміжку часу при посухах або передумовах до них спостерігалися збільшення тривалості сонячного сьйва, прямої та сумарної сонячної радіації, що супроводжувалися зниженням розсіяної радіації. Виконані дослідження є вагомими для напрямку моніторингу аномалій кліматичних змін, що визначають вирішення прикладних завдань, зокрема адаптації сільськогосподарського виробництва в умовах посух або передумов до них протягом холодного періоду року.

Ключові слова: радіаційний режим, сонячна радіація, посухи холодного періоду.

ВСТУП

Посуха є складним природним явищем, що зумовлене значним періодом збільшення тривалості сонячного сьйва, прямої сонячної радіації, температури повітря за умов нестачі вологи у повітрі та ґрунті. У холодний період року це створює несприятливі передумови для розвитку сільськогосподарського виробництва [1–9].

В умовах зміни атмосферної циркуляції подібні процеси призводять до збільшення ясної та малохмарної погоди, відбувається зростання тривалості сонячного сьйва (ТСС) та потоку прямої сонячної радіації, що викликає зміни у надходженні потоків короткохвильової радіації, перерозподіл складових сумарної радіації, та одночасне збільшення енергетичних можливостей підстильної поверхні.

Згідно з каталогом 1991–2020 рр. посухи різної інтенсивності та тривалості відзначаються протягом більшості вегетаційних періодів. Проте характерною особливістю періоду 1991–2020 рр. є поява передумов або виникнення посух, що формуються у холодний період року. Для підтвердження наявності таких явищ необхідно проводити розрахунки перетворення складових радіаційного режиму відносно середніх показників.

Результати досліджень посух на території країни є предметом чисельних наукових робіт щодо оцінки ступеня посушливості, впливу посух у окремі періоди вегетації на стан і розвиток сільськогосподарських рослин. Розглянуто причини виникнення посух і зміни метеорологічних показників відносно середніх значень [10–11]. З метою представлення просторового розподілу основних характеристик посух у роботі побудовано карти окремих складових радіаційного режиму у визначені посушливі періоди.

Метою проведених досліджень є оцінка змін складових радіаційного режиму при посухах чи передумовах до них за холодний період року (листопад–березень) протягом 1991–2020 рр. в Україні.

МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Для проведення дослідження використано архів результатів вимірювань метеорологічної й актинометричної мережі спостережень ЦГО ім. Б. Срезневського ДСНС України. Створено каталог і базу даних спостережень за окремими складовими режиму сонячної радіації. Проведено розрахунки на підставі методів математичної статистики та здійснено

картографування просторово-часового розподілу окремих складових радіаційного режиму для території країни при посухах.

Відповідно “Оглядів погоди та стихійних метеорологічних явищ на території України” Українського гідрометеорологічного центру, Центральної геофізичної обсерваторії імені Бориса Срезневського ДСНС України визначено передумови та посухи, що спостерігались протягом холодного періоду 1991–2020 рр. Неоднозначна зміна середніх кліматологічних значень складових режиму сонячної радіації зумовлена різним ступенем надходження окремих складових короткохвильової радіації до рівня підстильної поверхні, що істотно впливає на перезимівлю та подальший розвиток рослин сільськогосподарського виробництва.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ЇХ ОБГОВОРЕННЯ

Зміна атмосферної циркуляції призвела до збільшення ясної та малохмарної погоди у 1991–2020 рр. і стала причиною зростання тривалості сонячного сьйва та прямої сонячної радіації з одночасним зменшенням розсіяної радіації. Це призвело до підвищення температури повітря при значному дефіциті опадів і зумовило формування посушливих явищ, що не спостерігались і не були типовими для значної частини територій країни протягом 1961–1990 рр.

З 1991 по 2020 рр. фіксувалися періоди формування посушливих явищ або передумови до них у деякі місяці холодного періоду року.

Передумови до посух відзначались у березні-квітні 2004 р., коли на більшій частині території спостерігався значний брак опадів та збільшувалась температура повітря.

У лютому-березні 2011 р., внаслідок значного дефіциту опадів, виникали передумови розвитку посух на переважній частині території країни.

У січні 2014 р. на півдні, у Степовій зоні та в АР Крим, недостатня кількість опадів сприяла початку посушливих явищ.

З другої половини березня 2015 р. розпочалась ранньовесняна ґрунтова посуха у більшості областей країни, особливо на півдні та сході.

У березні-квітні 2020 р. розвивалася повітряно-ґрунтова посуха на значній частині території України.

У вересні-листопаді 2011 р. фіксувалася ґрунтова посуха АР Крим і південно-східній частині України при дефіциті ефективних опадів (кількість опадів становила 20–60% норми), зниження запасів продуктивної вологи до незадовільних значень. У вересні та у першій половині листопада 2015 р. від-

мічалась повітряно-ґрунтова посуха у Полтавській, Дніпропетровській, Харківській, на більшій частині Запорізької, Херсонської та Миколаївської областей за тривалого дефіциту опадів.

Згідно з виконаними розрахунками протягом теплого періоду року до підстильної поверхні надходить переважна більшість короткохвильової радіації.

У 80–90-х рр. ХХ ст. та у 20 рр. ХХІ ст. відбулась зміна щодо надходження складових сумарної сонячної радіації. Сума прямої сонячної радіації за рік, зокрема у холодний період упродовж 1961–2020 рр., зростала на переважній частині території із півночі на південь, що засвідчують результати спостережень на окремих актинометричних станціях України (рис. 1).

Зростання розпочалось із 80-х рр. ХХ ст. і продовжується в ХХІ ст., незважаючи на досить поступове збільшення прямої радіації у холодний період, порівняно з річними сумами, необхідно зауважити, що ця тенденція не припиняється.

Річна сума розсіяної сонячної радіації, зокрема за холодний період впродовж 1961–2020 рр. поступово зменшувалася на переважній частині територій, в чому переконають результати спостережень (рис. 2).

Таке зменшення зафіксоване з середини 80-х рр. ХХ ст і триває в ХХІ ст. Тобто, зменшення розсіяної радіації збігається з періодом збільшення надходження прямої радіації. Це є підтвердженням зміни атмосферної циркуляції, що призвело до зростання ясної та малохмарної погоди та зміни умов надходження сонячної радіації до підстильної поверхні.

На рис. 3 представлено відхилення тривалості сонячного сьйва в окремі місяці холодного періоду року при посухах або передумовах до посух відносно багаторічних значень протягом 1991–2020 рр. на території України.

Відхилення мали різну направленість тривалості сонячного сьйва при окремих посухах або їх передумовах відносно середніх багаторічних значень. Найбільше додатне відхилення ТСС відносно середніх значень 1991–2020 рр. спостерігалось у березні 2011 р. і березні 2020 р. по всій території країни. У березні 2004 р. додатне відхилення зафіксоване на півдні, у Степовій зоні. У лютому 2011 р. додатним було відхилення на сході та невеликій території західного регіону. У листопаді 2011 р. незначне додатне відхилення ТСС спостерігалось переважно по всій території країни. У листопаді 2015 р. досить незначні додатні відхилення відзначались локально у декількох регіонах.

Під час посух або передумов до них протягом холодного періоду фіксувалися відхилення різного

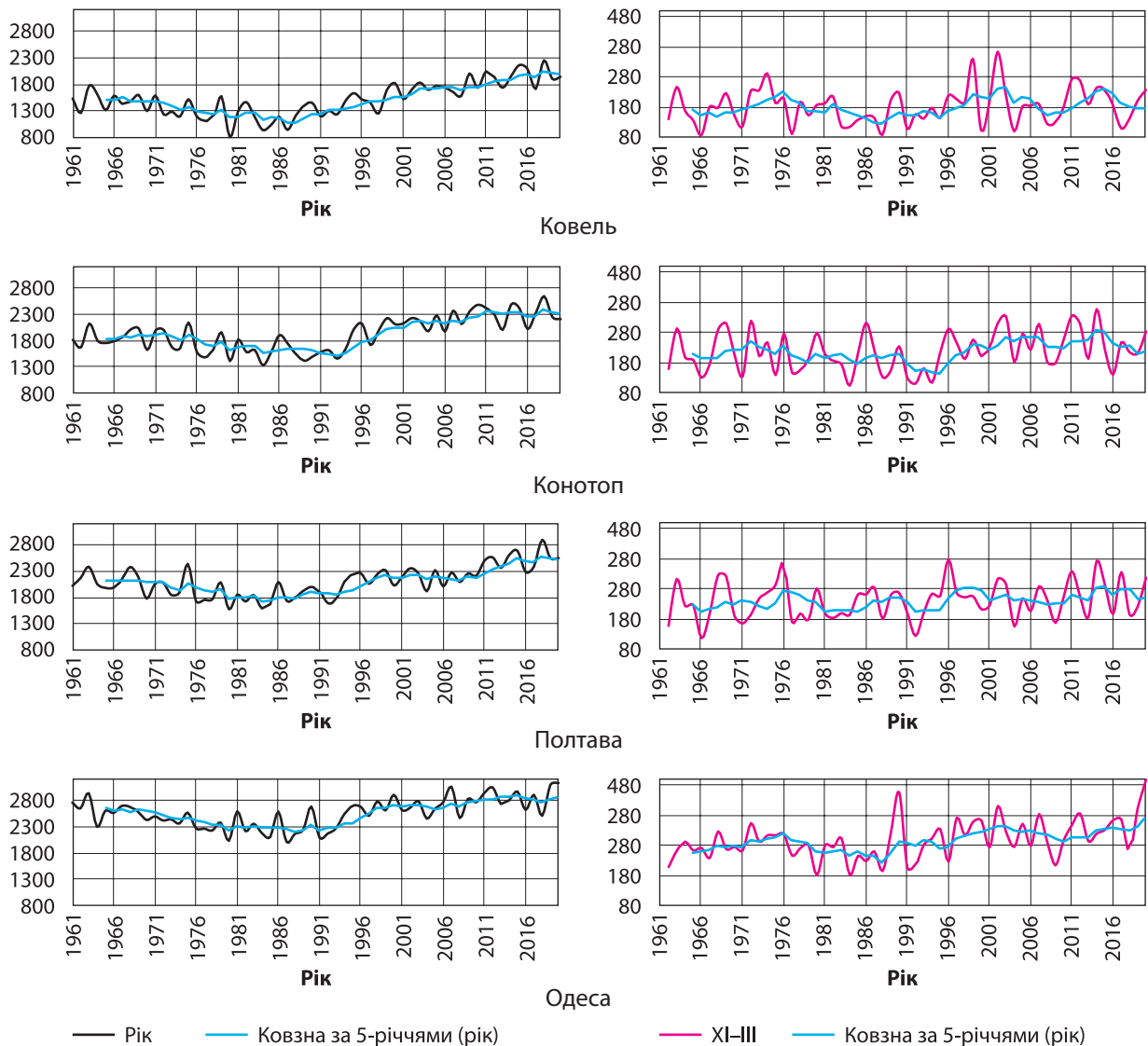


Рис. 1. Зміна суми прямої сонячної радіації (МДж/м²) за рік та холодний період року впродовж 1961–2020 рр. на актинометричних станціях України

знаку прямої сонячної радіації територією країни відносно середніх значень 1991–2020 рр. (рис. 4).

Згідно з *рисунком 4*, подібно до тривалості сонячного сйва (*рис. 3*), значні додатні відхилення прямої сонячної радіації при посухах відносно середніх протягом 1991–2020 рр. спостерігались у березні 2011 р. і березні 2020 р. У березні 2004 р. додатні відхилення зафіксовані на півдні, у Степовій зоні. У лютому 2011 р. відзначались на переважній частині територій і найбільшими були на сході країни. У листопаді 2011 р. збільшення щодо норми значення прямої радіації мали місце майже на всій території та дещо більшими були у західному регіоні. У листопаді 2015 р. додатні відхилення прямої радіації були на наступних частинах території країни: у південно-західному та значно менше у південному та східному напрямку.

Розсіяна сонячна радіація за періоди посух або передумов до них у холодний період року також зазнає значних змін щодо надходження до підстильної поверхні. Це засвідчує відхилення цієї складової радіаційного режиму при посухах відповідно до середніх значень 1991–2020 рр. в Україні (*рис. 5*).

Відхилення розсіяної сонячної радіації у холодний період були неоднозначними за спрямуванням для різних наведених термінів на території країни та зазвичай протилежним за знаком щодо тривалості сонячного сйва (*рис. 3*) і прямої радіації (*рис. 4*). Найбільші від'ємні відхилення розсіяної радіації територією спостерігались у березні 2011 р. й березні 2020 р., проте не на всій території, як це відзначалось зі тривалістю сонячного сйва й прямою радіацією. На значній частині країни, особливо у центральному регіоні спостерігалися додатні від-

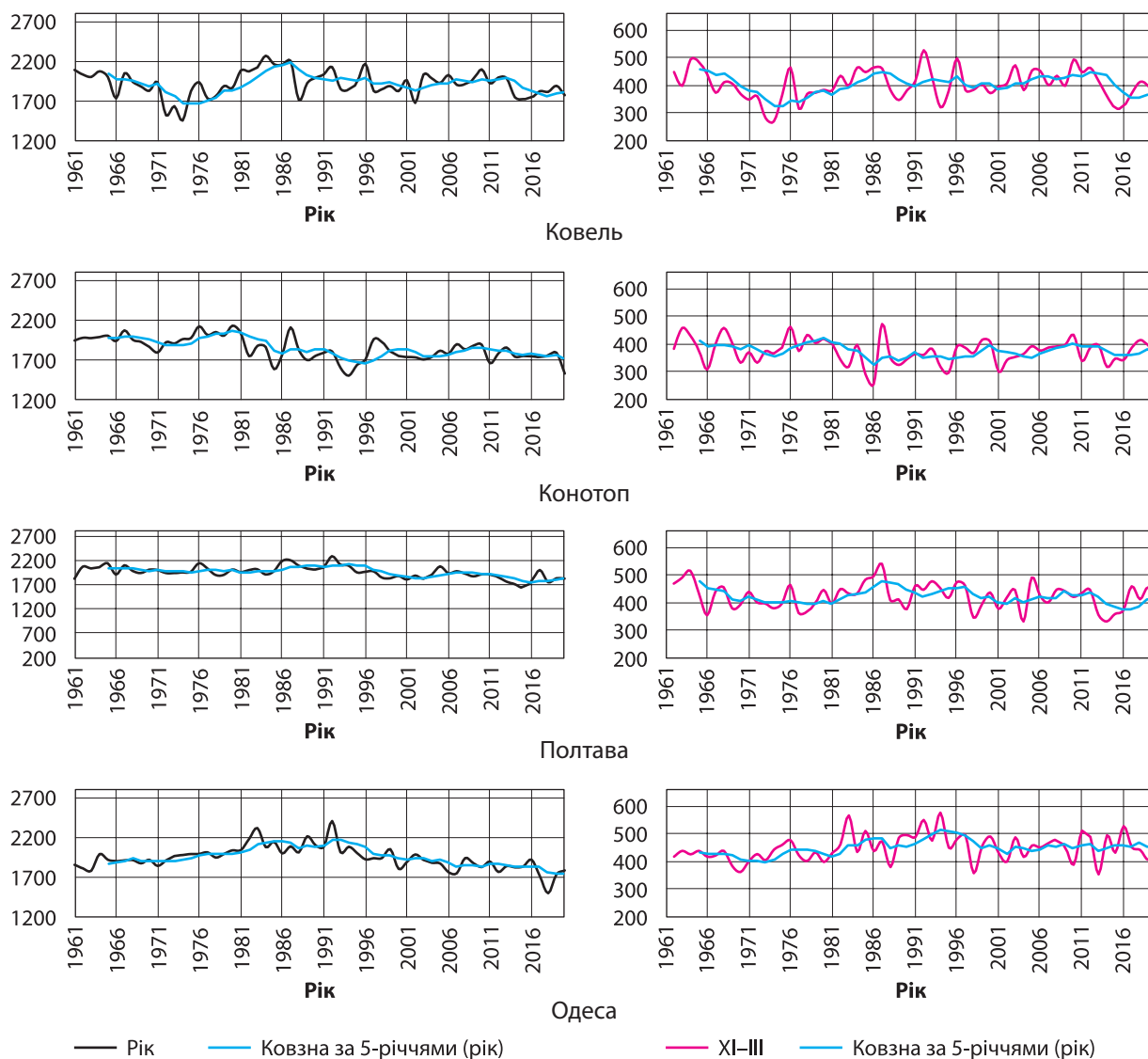


Рис. 2. Зміна суми розсіяної сонячної радіації (МДж/м²) за рік та холодний період року впродовж 1961–2020 рр. на актинометричних станціях України

хилення розсіяної радіації. У інші наведені місяці холодного періоду також відмічались додатні та від’ємні відхилення розсіяної радіації для окремих регіонів. Однак, у березні 2004 р. і у лютому 2011 р. від’ємні відхилення займали значно більші площі, ніж у листопаді 2011 р. й у листопаді 2015 р.

Сумарна сонячна радіація у періоди посух або передумов до них за холодний період також зазнала істотних змін щодо надходження до підстильної поверхні. Це засвідчують відхилення сумарної радіації при посухах відповідно до її середніх багаторічних значень 1991–2020 рр. (рис. б).

Згідно з *рисунком б*, додатні відхилення сумарної сонячної радіації за окремих періодів з посухами або передумовами до них у холодний період року відносно середньої багаторічної 1991–2020 р. були значно виразнішими, ніж для раніше представлених

окремих складових радіаційного режиму. При тому, що найбільшого впливу на просторовий розподіл її змін стосовно середньої мали тривалість сонячного сьйва і пряма сонячна радіація (рис. 3–4).

Найбільші додатні відхилення сумарної радіації при посухах спостерігались у березні 2011 р. й березні 2020 р. Дещо меншими вони були у листопаді 2011 р. У лютому 2011 р. додатні її відхилення при посухах відзначались на більшості територій країни, окрім регіонів заходу та півдня. У листопаді 2015 р. невеликі додатні відхилення характерні для дещо більшої частини країни, окрім західної та східної. Найменшими додатні відхилення за посух на теренах держави, як і стосовно інших досліджених складових радіаційного режиму, були у березні 2014 р. на півдні, у Степовій зоні.

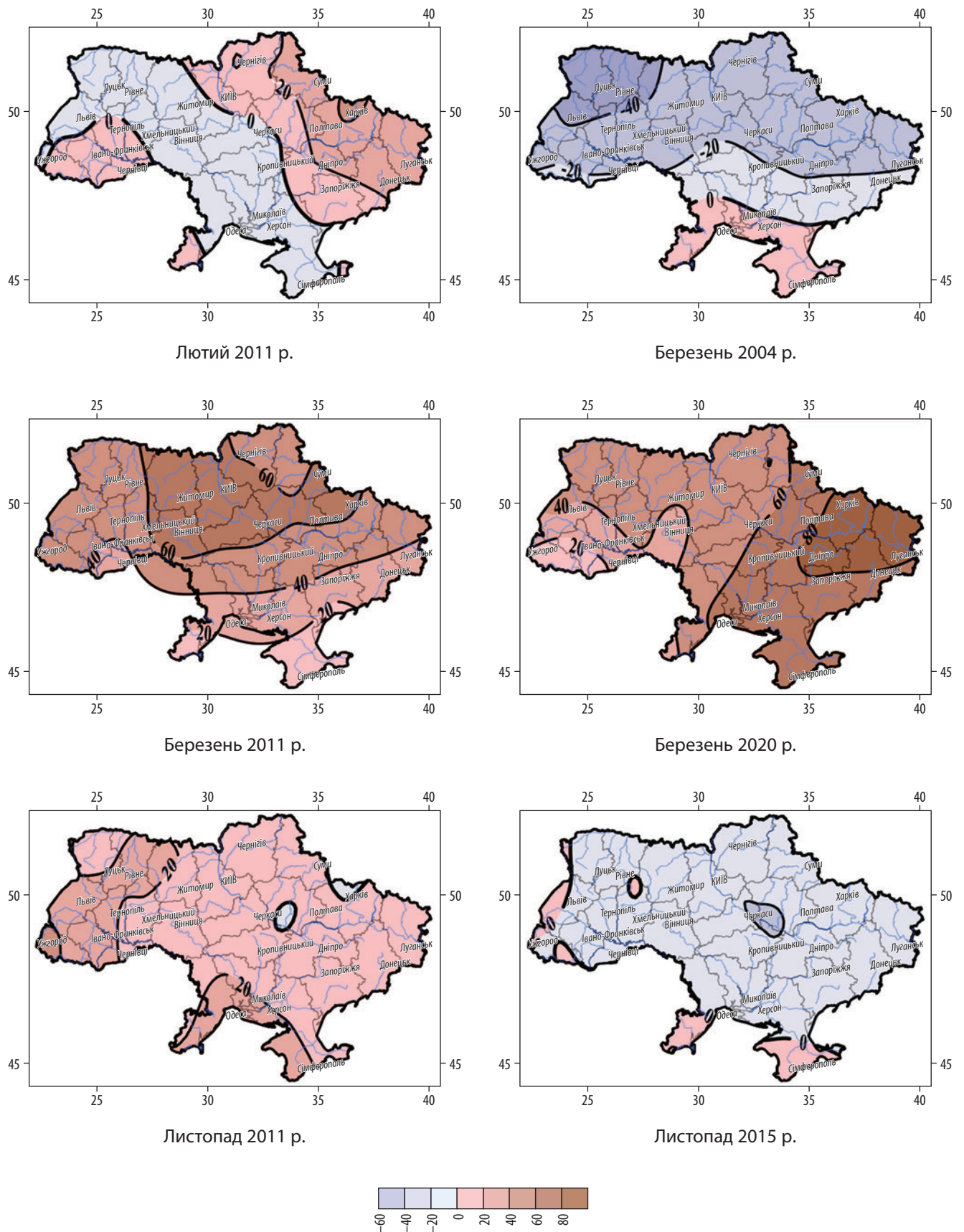


Рис. 3. Відхилення тривалості сонячного сяйва (год) при окремих посухах холодного періоду року відносно багаторічного значення за період 1991–2020 рр. в Україні

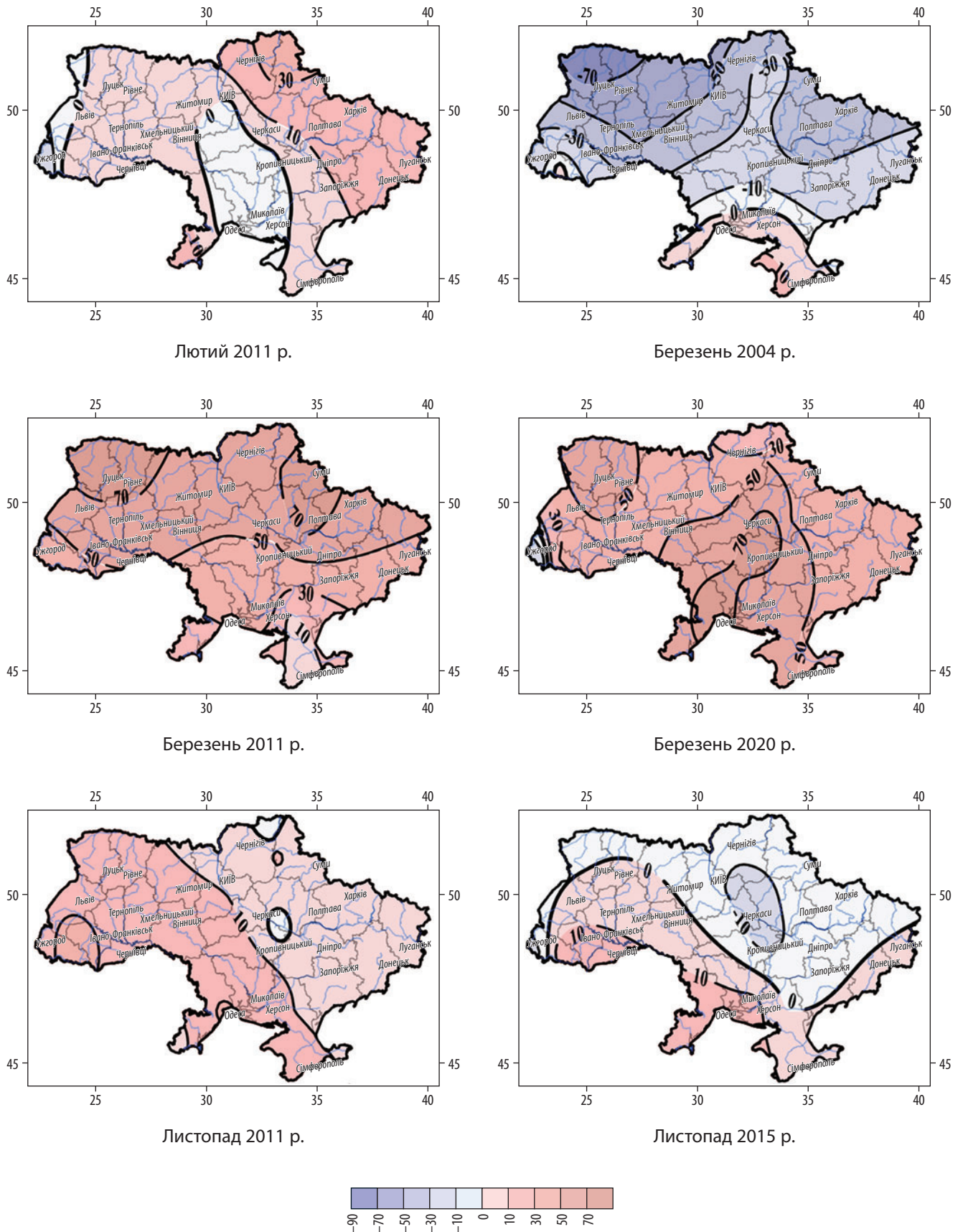


Рис. 4. Відхилення прямої сонячної радіації (МДж/м²) щодо окремих посух холодного періоду року відносно багаторічних значень за період 1991–2020 рр. в Україні

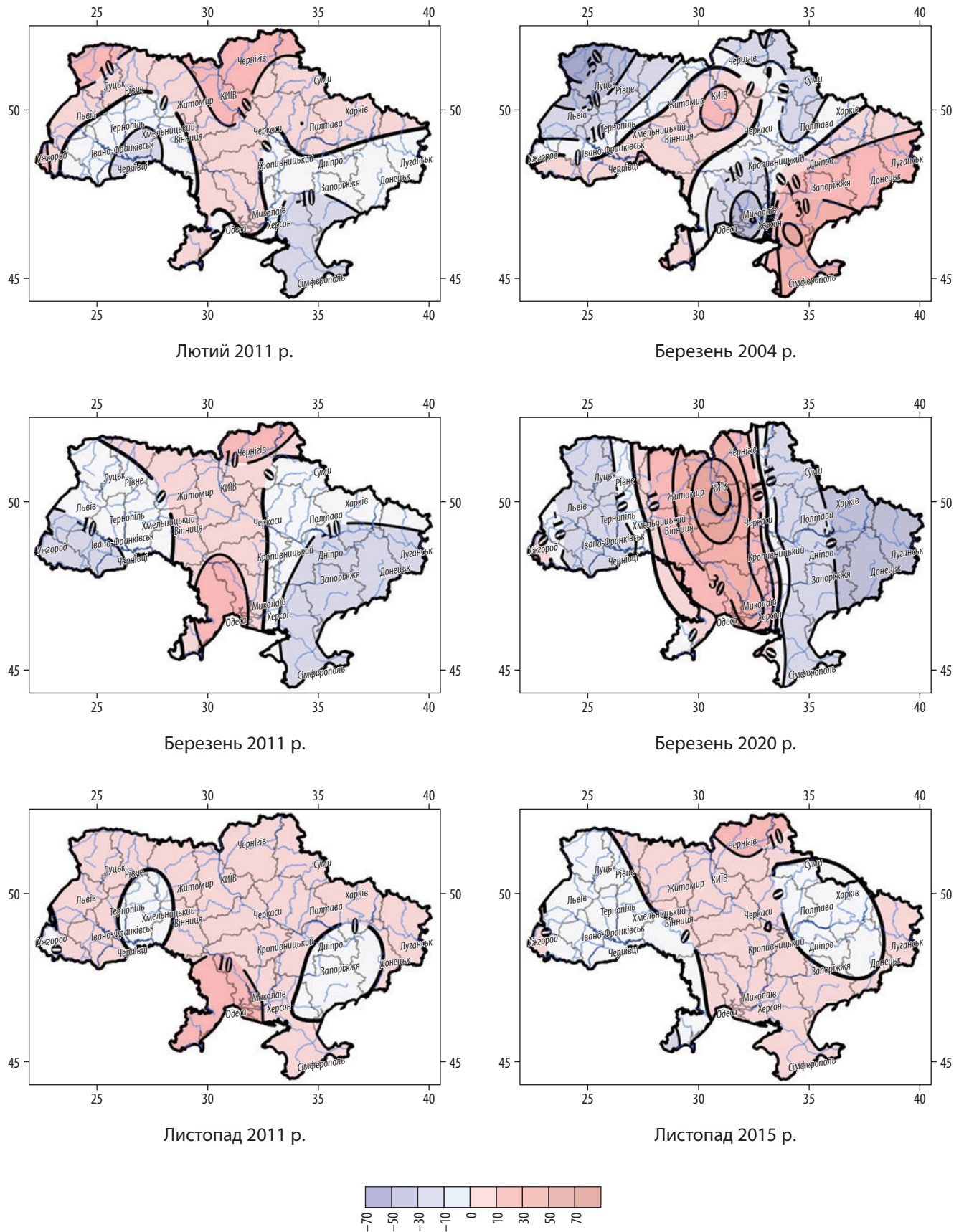


Рис. 5. Відхилення розсіяної сонячної радіації (МДж/м²) щодо окремих посух холодного періоду року відносно її середнього багаторічного значення за період 1991–2020 рр. на території України

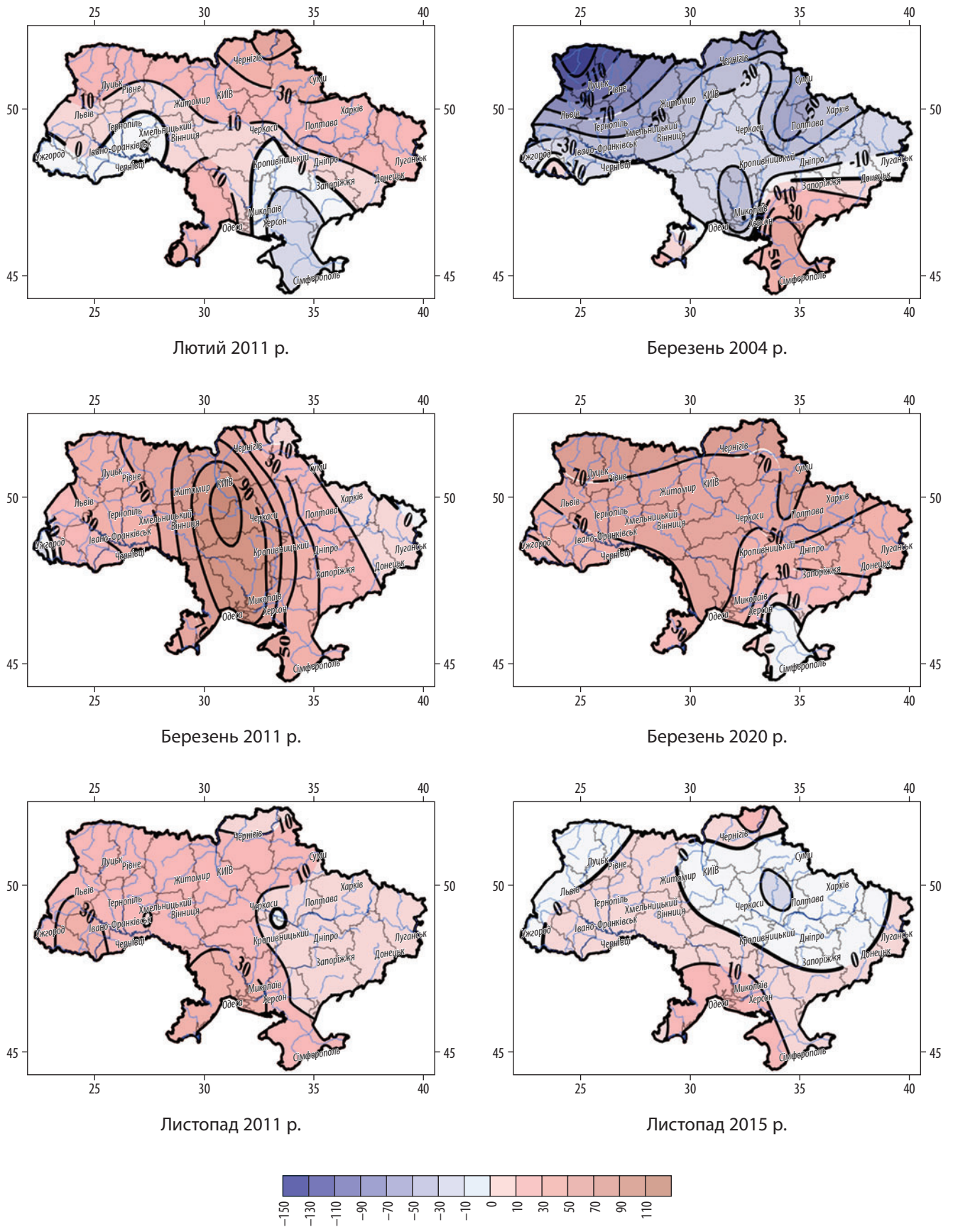


Рис. 6. Відхилення сумарної сонячної радіації (МДж/м²) щодо окремих посух холодного періоду року відносно її середнього багаторічного значення за період 1991–2020 рр. в Україні

Отже, при посухах у холодний період року відповідно до середніх значень 1991–2020 рр., як і у теплий період, спостерігалось підвищення тривалості сонячного сьйва, прямої та сумарної сонячної радіації. Проте для розсіяної радіації відхилення щодо багаторічних значень були досить неоднозначними для різних досліджуваних строків і не завжди узгоджувались із тими змінами, що спостерігались для тривалості сонячного сьйва, прямої та сумарної сонячної радіації.

Виконані дослідження мають вагоме значення для УкрГМЦ та інших підрозділів ДСНС України та можуть бути використані як основа для складання рекомендацій щодо сталого розвитку економіки галузей, які є найбільш чутливими до посух.

Представлений матеріал фундаментально важливий для моніторингу аномалій кліматичних змін, що визначають вирішення прикладних завдань адаптації сільськогосподарського виробництва в умовах посух або передумов до них.

ВИСНОВКИ

Посушливі явища або передумови до них у холодний період року є наслідком особливого стану атмосфери з антициклональним характером атмосферної циркуляції та трансформацією малорухомих повітряних мас на значних територіях. Завдяки складному комплексу динамічних процесів, який зумовлює розвиток цього явища, відбувається підвищення тривалості сонячного сьйва та короткохвильової радіації, що призводить до підвищення температури повітря у бездощовий період.

Протягом періоду дослідження відзначалася зміна атмосферної циркуляції, яка призвела до збільшення ясної та малохмарної погоди. Зазнали

істотних перетворень надходження складових радіаційного режиму до рівня підстильної поверхні у 1991–2020 рр. порівняно з 1961–1990 рр. Спостерігались збільшення тривалості сонячного сьйва, прямої та сумарної сонячної радіації, що не завжди супроводжувались одночасним зменшенням розсіяної радіації. Такими були зміни протягом теплого періоду 1991–2020 рр. і вони стали характерними навіть для холодного періоду, що не відмічалось раніше. Істотне підвищення тривалості сонячного сьйва, прямої та сумарної сонячної радіації змінює стан підстильної поверхні та призводить до коливання балансу короткохвильової радіації (поглинута радіація), ефективного випромінювання (балансу довгохвильової радіації) та повного радіаційного балансу. В умовах посушливих явищ або передумов до них відбувається перерозподіл витратної частини радіаційного балансу та зростання витрат на турбулентний теплообмін.

Посуха є небезпечним природним явищем, яке досить часто спостерігається за останні тридцять років. У окремі місяці холодного періоду року посухи фіксувались у кінці осені (листопад), наприкінці зими та на початку весни (лютий–березень). Протягом окремих холодних періодів спостерігались передумови, що сприяли виникненню посушливих явищ.

Відповідно до проведених розрахунків з'ясувалося, що у окремі місяці холодного періоду протягом останнього 30-річчя фіксуються роки, коли виникали посухи чи передумови розвитку посух на переважній або значній частині території країни: у березні 2004 р., лютому–березні та листопаді 2011 р., із другої половини березня та у першій половині листопада 2015 р. і у березні–квітні 2020 р.

ЛІТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Дмитренко В.П., Строкач Н.К. Посушливі явища (бездощовий період, суховій, посуха). *Клімат України*: кол. моногр. / за ред. В.М. Ліпінського, В.А. Дячука, В.М. Бабіченко. Київ: Вид-во Раєвського, 2003. С. 233–245. [Dmytrenko, V.P., Strokach, N.K. (2003). Dry phenomena (rainless period, drought, drought). *Climate of Ukraine*: collective monograph / edited by V.M. Lipinskyi, V.A. Diachuk, V.M. Babichenko. Kyiv: Raevsky Publishing House. 233–245].
2. Дмитренко В.П. Посушливі явища. *Погода, клімат і урожай польових культур*: монографія. Київ: Ніка-центр, 2010. С. 328–358. [Dmytrenko, V.P. (2010). Dry phenomena. *Weather, climate and harvest of field crops*: a monograph. Kyiv: Nika Center. 328–358].
3. Логвинов К.Т., Сакали Л.И., Дайгот Л.С. Оценка степени засушливости вегетационного периода. *Особенности засухи 1972 г. на Украине*: кол. моногр. / под ред. К.Т. Логвинова. Ленинград: Гидрометеоздат, 1973. С. 25–29. [Logvinov, K.T., Sakali, L.I., Daygot, L.S. (1973). Assessment of the degree of aridity of the growing season. *Features of the 1972 drought in Ukraine*: collective monograph / edited by K.T. Logvinov. Leningrad: Gidrometeoizdat. 25–29].
4. Мартазинова В.Ф., Свердлик Т.А. Крупномасштабная атмосферная циркуляция XX столетия, ее изменение и современное состояние. *Тр. УкрНИГМИ*. 1998. **246**. С. 21–27. [Martazinova, V.F., Sverdluk, T.A. (1998). Large-scale atmospheric circulation of the 20th century, its changes and current state. *Proceedings of UHMI*. **246**. 21–27].
5. Мартазинова В.Ф., Сологуб Т.А. Атмосферная циркуляция, формирующая засушливые условия на территории Украины в конце XX столетия. *Наук. праці УкрНДГМІ*. 2000. **248**. С. 36–47. [Martazinova, V.F., Sologub, T.A. (2000). Atmospheric circulation that forms arid conditions on the territory of Ukraine at the end of the 20th century. *Scientific Practices of UHMI*. **248**. 36–47].
6. Мартазинова В.Ф., Остапчук В.В., Иванова Е.К., Прохоренко В.М. Характер изменения среднесуточной температуры воздуха на территории Украины в последние десятилетия и физико-статистический метод его прогноза с

- длительной заблаговременностью. *Тр. УкрНИГМИ*. 1999. **247**. С. 36–48.
- [Martazinova, V.F., Ostapchuk, V.V., Ivanova, Ye.K., Prokhorenko, V.M. (1999). The nature of changes in the average daily air temperature on the territory of Ukraine in recent decades and the physical and statistical method of its forecast with a long lead time. *Proceedings of UHMI*. **247**. 36–48].
7. Рибченко Л.С. Перетворення радіаційного режиму в період посухи. *Фізична географія та геоморфологія*. 2006. **50**. С. 34–39.
- [Rybchenko, L.S. (2006). Transformation of the radiation regime in the period of drought. *Physical geography and geomorphology*. **50**. 34–39] [in Ukrainian].
8. Рибченко Л.С. Зміна радіаційного режиму в умовах сучасної посухи в Україні. *Укр. геогр. журн.* 2007. **1**. С. 14–19.
- [Rybchenko, L.S. (2007). The change of the radiation regime in the conditions of modern drought in Ukraine. *Ukrainian geographical journal*. **1**. 14–19].
9. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Радіаційний режим в умовах інтенсивних засух 2001–2010 рр. в Україні. *Укр. геогр. журн.* 2013. **1**. С. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2013.01.005>.
- [Rybchenko, L.S., Savchuk, S.V. (2013). Solar radiation regime in the conditions of intensive droughts of 2001–2010 in Ukraine. *Ukrainian geographical journal*. **1**. 5–11. DOI: <https://doi.org/10.15407/ugz2013.01.005> (Accessed: 05.12.2023)].
10. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Складові радіаційного режиму сонячної радіації при посухах за 1991–2020 рр. в Україні. *Гідрологія, гідрохімія і гідроекологія*. **2 (68)**. 2023. С. 63–73. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.2.7>
- [Rybchenko, L.S., Savchuk, S.V. (2023). Components of the radiation regime of solar radiation during droughts for 1991–2020 in Ukraine. *Hydrology, hydrochemistry and hydroecology*. **2 (68)**. 63–73. DOI: <https://doi.org/10.17721/2306-5680.2023.2.7> (Accessed: 05.12.2023)].
11. Рибченко Л.С., Савчук С.В. Сонячна радіація та максимальна температура повітря у періоди інтенсивної посухи 2011–2015 рр. *Часопис картографії*. **1 (20)**. 2019. С. 131–144.
- [Rybchenko, L.S., Savchuk, S.V. (2019). Solar radiation and maximum air temperature during periods of intense drought 2011–2015. *Journal of cartography*. **1 (20)**. 131–144].

Rybchenko Lyudmyla

ORCID: 0009–0007–6517–3630

L.S.Rybchenko@gmail.com

Savchuk Svitlana

ORCID: 0009–0007–7861–9419

svetlanasvs120676@gmail.com

Ukrainian Hydrometeorological Institute
of the State Emergency Service of Ukraine and
the National Academy of Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

SOLAR RADIATION DURING COLD SEASON DROUGHT FOR THE YEARS 1991–2020 IN UKRAINE

Drought is a dangerous natural phenomenon that has often been observed during the last thirty years. In certain months of the cold period of the year, droughts were observed at the end of autumn (November), at the end of winter and at the beginning of spring (February–March). The purpose of the work is to evaluate the changes in the components of the radiation regime of solar radiation during droughts or their prerequisites for the cold period of the year in 1991–2020 in Ukraine. During some cold periods, the prerequisites for the development of droughts were noted. The latest in the cold period of the year are droughts or the prerequisites for them, in particular some in the larger territory of Ukraine, which are caused by a special

state of the atmosphere with the anticyclonic nature of the atmospheric circulation and the transformation of slow-moving air masses in large areas. According to a complex of dynamic processes that cause the development of this phenomenon, there is an increase in the duration of sunlight and short-wave radiation, which leads to an increase in air temperature during a period without rain or precipitation. In the conditions of changes in atmospheric circulation in 1990–2020 relative to 1961–1990, which led to an increase in clear and cloudless weather, deviations of individual components of the radiation regime of solar radiation were observed in certain months of the cold period. In the cold period of the last three decades, during droughts or the conditions for them, an increase in the duration of sunshine, the flow of direct and total solar radiation was observed, which was accompanied by a decrease in scattered radiation. The set of dynamic processes during droughts or the prerequisites for them leads to an increase in the energy potential of the active surface. Changes in the components of the radiation regime of solar radiation during droughts or prerequisites for them during the cold period of the year and their comparison relative to the average values for the years 1991–2020 in Ukraine are given. The conducted studies are important in the direction of monitoring climate change anomalies, which determine the solution of applied problems of adaptation of agricultural production in conditions of droughts or prerequisites for them during the cold period.

Keywords: radiation mode, solar radiation, droughts during the cold period.

