

ДЕТАЛІЗАЦІЯ БАГАТОРІЧНОЇ ЗМІНИ АТМОСФЕРНИХ ОПАДІВ У ЛІТНІЙ СЕЗОН

За даними місяців літнього сезону ОГМС Києв, а також оточуючих станцій за період 1951-2010 рр. встановлені багаторічні тенденції загальної кількості опадів, днів з явищем, добової кількості. Отримано значну відмінність між окремими місяцями: у червні та липні спостерігаються додатні тренди кількості опадів та днів з явищем, а у серпні – від'ємні тенденції. Проведена деталізація шляхом введення порогу значних опадів показала найбільше зростання добової кількості у червні у останні десятиліття, зменшення – у серпні. Проаналізовано стан атмосферної циркуляції на середньому рівні, як чинника посилення добової інтенсивності опадів на початку літа.

Ключові слова: загальна кількість опадів, день з явищем, добова кількість, небезпечні явища, циркуляція атмосфери, значимість трендів.

По данным месяцев летнего сезона ОГМС Киев, а также окружающих станций за период 1951-2010 гг. установлены многолетние тенденции общего количества осадков, дней с явлением, суточной интенсивности. Получено значительное отличие между отдельными месяцами: в июне и июле наблюдаются положительные тренды количества осадков и дней с явлением, а в августе – отрицательные. Проведенная детализация путем введения порога значительных осадков показала наибольший рост суточного интенсивности в июне в последние десятилетия, и уменьшение – в августе. Проанализировано состояние атмосферной циркуляции на среднем уровне как возможной причины усиления суточной интенсивности осадков в начале лета.

Ключевые слова: общее количество осадков, день с явлением, суточная интенсивность, опасные явления, циркуляция атмосферы, значимость трендов.

Trends in total precipitation amount, days with precipitation and its daily intensity were obtained according to the data of Kyiv station and surrounding stations for the summer season of 1951-2010. Significant difference among individual months is detected, with an increase in total precipitation amount and days with precipitation in June and July, and decrease – in August. Detail specification is done by means of threshold of significant precipitation, with its daily intensity growth in June, and reduction in August. It is shown that the state of the atmospheric circulation at the mid-level is a background of changes in daily precipitation amount at the beginning of summer.

Keywords: total precipitation amount, days with precipitation, daily intensity, extreme events, atmospheric circulation, trend significance.

Постановка проблеми. Атмосферні опади є одним із найважливіших кліматичних показників. Вони є характеристикою зволоження головним джерелом поновлення водних запасів і вологи у ґрунті. Значні опади складають велику частину місячної кількості опадів, особливо в літній період, тому дослідження значних опадів є особливо актуальним для економіки, зокрема, аграрної галузі, транспорту. Іноді значні опади мають особливо небезпечні наслідки, з утворенням паводків у західному регіоні (Українські Карпати), а також в будь-якому регіоні під час тривалого або сильного дощу (зливи) чи тривалого снігопаду. Завчасний прогноз значних опадів є передумовою успішної адаптації до можливих наслідків.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. існує низка визначень значних опадів, як за тривалістю так і інтенсивністю [2, 3, 5, 6, 10]. Атмосферні опади у практиці вітчизняної Гідрометслужби поділені за інтенсивністю на небезпечні (НЯ) і стихійні гідрометеорологічні явища (СГЯ). В цілому впродовж останніх десятиліть спостерігається підвищення ймовірності значних опадів, що зазначалось у попередніх звітах Міжурядової комісії зі змін клімату (ІРСС), а в поточному році вийшов спеці-

альний звіт, присвячений проблемам адаптації до природних небезпечних явищ, в тому числі до атмосферних опадів [8]. В ньому зазначено, що на фоні незначних змін загальної кількості опадів, значущі додатні тренди має добова кількість опадів. В останні десятиліття за даними станцій України відзначено зростання випадків дуже сильного дощу, сильної зливи, а також сильного снігопаду [6].

В цілому, опади зумовлені загальними циркуляційними факторами та їх регіональними проявами. Зокрема, значні опади формуються під час переміщення південних циклонів та атмосферних фронтів або їх загострення, а також малорухомих висотних циклонів. [2, 5, 6]. Зміна типів циркуляції атмосфери, пов'язана з глобальним потеплінням, сприяє зміні режиму опадів.

Метою роботи є дослідження багаторічної зміни режиму атмосферних опадів за даними ОГМС Києв та низки оточуючих станцій через аналіз загальної кількості опадів, кількості днів з явищем, їх добової інтенсивності, та характеристик значних опадів більше визначеного порогу.

Методика дослідження. Кількість опадів визначалась за критерієм > 1мм, за цим же критерієм відбира-

лись дні з опадами. Використовувались дані бази даних регіонального кліматичного центру ЕСАД (<http://esa.knmi.nl/>), а також дані Центральної геофізичної обсерваторії. Згідно методики обробки ЕСАД, значні опади визначались за кількістю ≥ 10 мм., а дуже сильні ≥ 20 мм. Дані вимірювань приземної температури і опадів перевірені на однорідність згідно методики [9].

Добова інтенсивність опадів розраховується як відношення кількості опадів до кількості днів з опадами:

$$r_i = \frac{\sum P_m}{n_m}$$

де P_m – сума опадів за місяць за період дослідження m , n_m – кількість днів з опадами за період m . В нашій роботі $m=60$ рік (1951-2010 рр.).

Статистична значимість коефіцієнтів трендів була оцінена за допомогою критерію Стьюдента та коефіцієнту детермінації (r) між лінією тренду та відповідними точками емпіричного ряду [7]:

$$t^* = \frac{r}{\sigma_r} = \frac{r \cdot \sqrt{N-1}}{\sqrt{1-r^2}}$$

Значення t^* порівнювалось із табличним (для довжини ряду 60 і рівня значимості 95 %)

Виклад основного матеріалу. Багаторічна зміна кількості опадів більше 1 мм у літні місяці характеризується зростанням у червні і липні, і зменшенням у серпні, хоча через значну міжрічну мінливість та величини лінійних трендів статистично незначущі (рис. 1). Таким чином відзначено сезонний хід, з найбільшим зростанням кількості опадів у червні, і зменшенням – в серпні. Багаторічна зміна кількості днів з опадами має незначущий додатний тренд у червні-липні, і статистично значущий від'ємний у серпні (-0,83дні/десятиліття). Оскільки багаторічна зміна кількості опадів та днів з опадами мають однаковий знак у відповідні місяці, і кількість днів з опадами зростає менш інтенсивно у червні-липні, тренд добової інтенсивності опадів незначущий додатний і дорівнює у червні 0,10, у липні 0,04 мм/доба за десятиліття. Добова інтенсивність опадів у серпні зростає за рахунок зменшення кількості опадів і складає 0.20 мм/доба за десятиліття.

Далі визначимо характеристики значних опадів. Аналогічно величинам лінійного тренду загальної кількості опадів, кількість днів із опадами ≥ 10 мм у Києві збільшується з червня по серпень, причому у червні-липні відбувається зростання кількості опадів, а у серпні – зменшення (табл. 1).

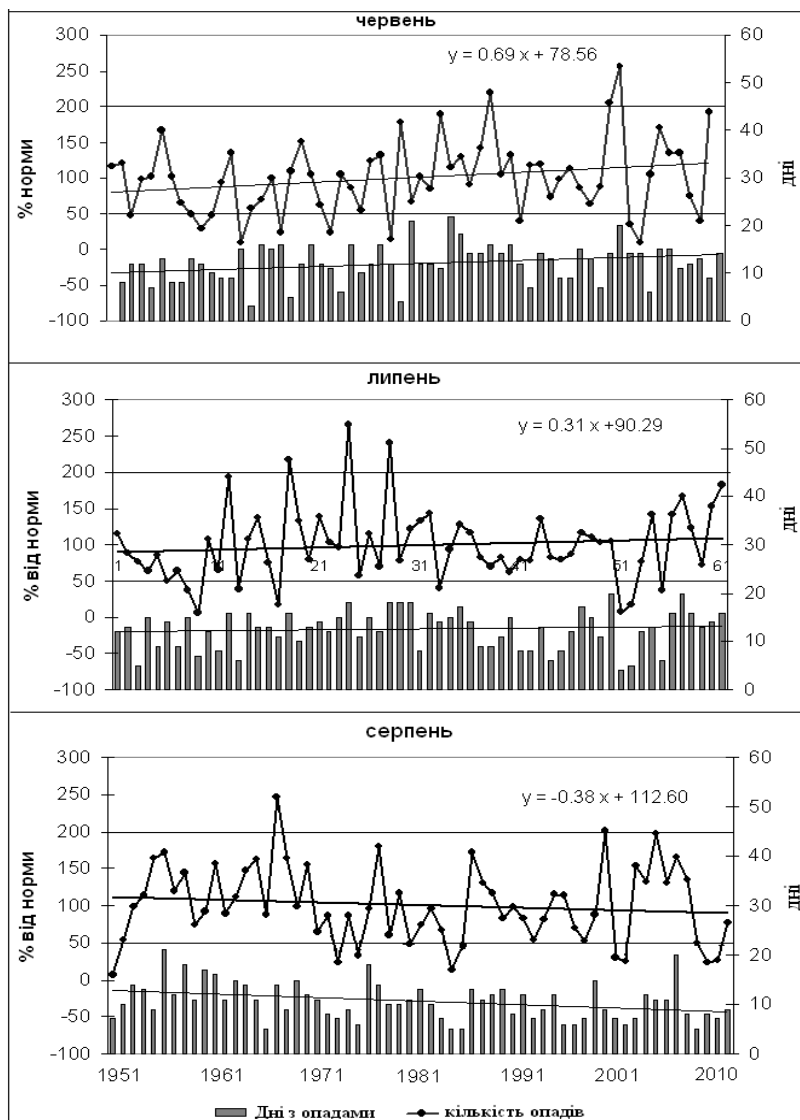


Рис. 1. Багаторічний хід кількості опадів, днів з опадами > 1мм, червень-серпень, Київ, 1951-2010 рр. Рівняння регресії наведено для лінійних трендів кількості опадів.

Порівнюючи тенденції характеристик опадів різної інтенсивності, зауважимо, що добова інтенсивність значних опадів у червні зростає за рахунок значних опадів,

а у липні-серпні зростає за рахунок опадів градацій меншої інтенсивності.

Таблиця 1. Коефіцієнти лінійного тренду характеристик атмосферних опадів більше 10 мм на добу (за десятиліття) днів з опадами, добової інтенсивності, Київ (червень-серпень), інші станції України (червень), 1951-2010 рр.

станція	Кількість, мм		дні з опадами		Добова інтенсивність, мм/доба	
	коэф. тренда	t*	коэф. тренда	t*	коэф. тренда	t*
Київ, червень	3.04	1.91	0.12	0.77	0.92	1.09
липень	2.03	1.80	0.24	1.24	0.02	0.64
серпень	-1.43	1.65	0.10	0.68	-1.54	2.22
Житомир	9.72	3.30	0.44	2.77	0.91	1.15
Полтава	8.23	3.82	0.33	4.31	2.03	2.18
Кіровоград	4.94	1.69	0.21	1.48	1.84	2.31
Вінниця	7.70	2.51	0.23	1.88	2.02	1.12
Одеса	0.34	0.15	0.03	0.02	0.33	0.25

Примітка. Значущі коефіцієнти тренду виділені разом із значеннями критерію Стьюдента (t*) для довжини ряду N=60 при p=95%, t_{крит.} = 2.003.

Оскільки зростання добової інтенсивності опадів понад 10 мм на добу відзначено тільки у червні, спробуємо підтвердити цей висновок даними про багаторічну мінливість на станціях навколо Києва, а також Одеси. Для всіх обраних пунктів отримано додатні коефіцієнти трендів кількості опадів, днів з явищем, добової кількості опадів, а статистично значущі додатні тренди отримано у Полтаві (для всіх показників), Житомирі (двох перших), Вінниці (кількості опадів), Кіровограді (добової кількості). В Одесі також зареєстровано зростання кількості опадів (0.3 мм/десятиліття), але коефіцієнт тренду незначущий.

Таким чином, на обмеженій території навколо Києва підтверджується наявність зростання кількості опадів, днів з явищем та добової інтенсивності опадів більше 10 мм; у половині пунктів отримано статистичну значимість змін.

Значущість лінійних трендів показників атмосферних опадів зазвичай не завжди вдається отримати через існування значних міжрічних коливань. На рис. 2 наведено багаторічну зміну добової кількості опадів за даними ОГМС Київ для червня-серпня, у вигляді сум за окремі 5-річні періоди. Оскільки у червні наявні щонайменше дві точки зміни знаку тренда, тому були

додатково розраховані тренди для періодів зменшення добової кількості опадів у 1951-1985 рр., і зростання 1986-2010 рр. Загальне зростання добової кількості опадів відбувається за рахунок того, що в останні три п'ятиріччя кількість опадів була більшою (в останній п'ятиріччя періоду дослідження. Зниження кількості значних опадів у 1961-1985 рр. співпадає з значною повторюваністю та тривалістю посушливих явищ (приклади посух 1968, 1972, 1975, 1979, 1981 рр.) [4]. Впродовж останніх десятиліть посух на початку літа зареєстровано значно менше [3].

Таким чином, кількість значних опадів в червні збільшується, а з іншого боку, вони стають інтенсивнішими при нормуванні на кількість днів з явищем, причому тенденція посилюється у останнє десятиліття.

У липні і серпні на фоні загального зменшення добової кількості опадів, спостерігаються значні зміни практично кожні 5-10 років. На відміну від червня, у липні добова інтенсивність в цілому зменшується за рахунок більшої кількості днів з опадами, а у серпні за рахунок зменшення кількості опадів > 10 мм.

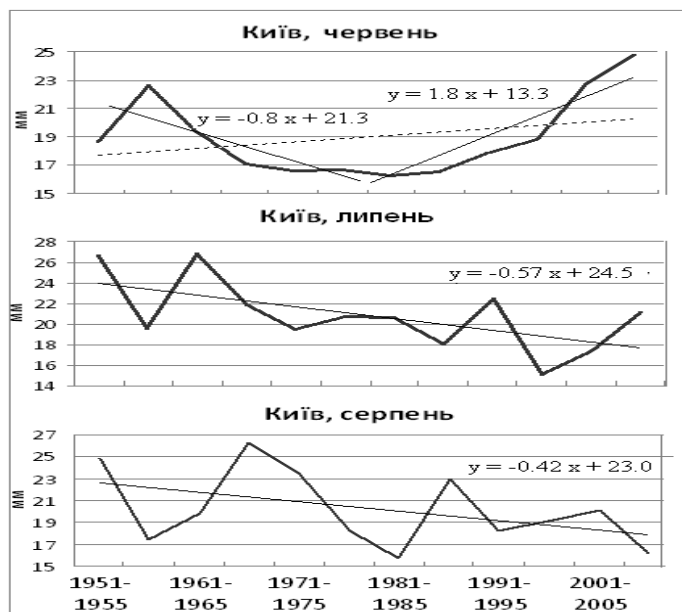


Рис. 2. Добова інтенсивність опадів понад 10 мм за добу по 5-річним періодам, 1951–2010 рр., червень, Київ, лінійний тренд 1951–2010 рр. Для червня лінійний тренд 1951–2010 рр. показаний пунктиром, суцільною лінією – тренди 1951–1985 і 1986–2010 рр. з рівняннями регресії

Подібні зміни добової мінливості опадів відзначені у роботі [1] для більшості території Російської федерації (РФ).

Чинники зміни опадів в атмосферній циркуляції.

Аналіз циркуляції атмосфери за останні десятиліття дозволив виділити деякі її характерні особливості в Україні [3]: послаблення циклонічної діяльності та посилення антициклонічної у низькій тропосфері на фоні різноманітності та складності сезонних змін циркуляції атмосфери. Водночас з посиленням антициклонічних полів у низькій тропосфері синоптична ситуація на висотах характеризується посиленням циклонічності, що відзначається зокрема у 2005-2010 рр. Вивчення полів приземного тиску і геопотенціалу АТ-500 гПа у червні і липні показує наявність осередку від'ємних аномалій на півночі Європейської території РФ, і додатної – над центральною Європою. Україна розташована між двома областями аномалії, із безпосереднім впливом циклонічної області, що сприяє розвитку конвекції і хмарності. Проявом таких процесів було переміщення висотних улоговин і циклонів відсічення, які зумовили НЯ і СГЯ в Україні у 2008-2011 рр., а конкретними прикладами є значні опади і паводок у західному регіоні у липні 2008 р., і стійке зростання кількості СГЯ у 2008-2011 рр. Найбільша частота висотних циклонів спостерігається у першій половині літа, що пояснює зростання інтенсивності значних опадів у червні. Найбільш стійка антициклонічна циркуляція на середньому рівні атмосфери відзначається у серпні, і відповідно у цьому місяці інтенсивність значних опадів зменшується.

Висновки. Впродовж місяців літнього сезону за період 1951-2010 рр. за даними ОГМС Київ та низки оточуючих станцій встановлені загальні тенденції та десятилітні зміни загальної кількості опадів, днів з опадами, добової інтенсивності, а також характеристик значних опадів. Отримано значну сезонну мінливість: на початку літа спостерігаються позитивні тренди показників опадів, а наприкінці – від'ємні тенденції. Динаміка опадів у червні підтверджується даними окремих станцій навколо Києва.

Якщо збільшення добової інтенсивності загальних опадів в червні зростає за рахунок значних опадів, то у

липні і серпні – за рахунок опадів кількістю менше 10 мм. У липні добова інтенсивність опадів зменшується за рахунок більшої кількості днів з опадами. У серпні, подібно липню, загальне зменшення добової інтенсивності спостерігається через зменшення кількості опадів, а кількість днів з опадами при цьому практично не змінюється.

Зазначена різниця між місячними характеристиками опадів протягом літнього сезону зростає у останні десятиліття, перш за все за рахунок зміни атмосферної циркуляції. Сучасний режим циркуляції полягає у збільшеній повторюваності циклонічних полів на висотах у тропосфері, які викликають посилення вертикальних рухів і хмарності, у тому числі конвективної, яка відповідна за посилення інтенсивності опадів, перш за все зливових.

Перспективи. Подальші дослідження потрібно провести по всій території України з виділенням окремих регіонів з однорідними змінами.

- 1 Богданова Э.Г., Гаврилова С.Ю., Ильин Б.М. Изменение числа дней с сильными осадками на территории России за период 1939- 2000 гг. // М., Метеорология и гидрология, 2010, вып. 5. – с. 75- 81. 2 Клімат України. Під ред. В. М. Ліпінського та ін. Київ. Видавництво Раєвського, 2003. – 342 с. 3. Мартазінова В.Ф., Іванова О.К. Сучасний клімат Київської області. Київ, Аверс. 2010. – 70 с. 4. Особенности засухи 1972 г. на Украине. Под ред. К. Т. Логвинова. – Л.: Гидрометеоиздат, 1973. – 30 с. 5. Ромов А.И., Богатырь Л.Ф. Локальная классификация мезосиноптических положений при сильных летних осадках в Украинских Карпатах.- Тр. УкрНИГМИ, 1972, вып.117. –с. 3-28. 6 Стихийні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр). Під ред. В. М. Ліпінського. К. Ніка-Центр, 2006. – 311с. 7. Школьный Е.П., Гончарова Л.Д., Миротворська Н.К. Методи обробки та аналізу гідрометеорологічної інформації. Одеса, 2000. – 420 с. 8. IPCC, 2012: Managing the Risks of Extreme Events and Disasters to Advance Climate Change Adaptation. A Special Report of Working Groups I and II of the Intergovernmental Panel on Climate Change [Field, C.B., V. Barros, T.F. Stocker, D. Qin, D.J. Dokken, K.L. Ebi, M.D. Mastrandrea, K.J. Mach, G.-K. Plattner, S.K. Allen, M. Tignor, and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, NY, USA, 582 pp. 9. Klein Tank, A.M.G. and Coauthors. Daily dataset of 20th-century surface air temperature and precipitation series for the European Climate Assessment. Int. J. of Climatol., 2002, N 22. – p. 441-1453. 10. Re M.,Barros V.R. Extreme rainfalls in SE South America // Climatic Change, 2009, N 96. – 119–136.