

В.О. Балабух

МІНЛИВІСТЬ ДУЖЕ СИЛЬНИХ ДОЩІВ І СИЛЬНИХ ЗЛИВ В УКРАЇНІ

Розглянуто міжрічну мінливість кількості випадків стихійних гідрометеорологічних явищ (СГЯ), а саме: дуже сильних дощів і сильних злив – в Україні та її регіонах у другій половині ХХ – на початку ХХІ ст. Використавши методи сезонної декомпозиції, встановлено тенденцію динаміки цих рядів протягом досліджуваного періоду. Шляхом автокореляційного та спектрального аналізів визначено циклічні компоненти у структурі рядів річної кількості випадків СГЯ та їх особливості в періоди, коли спостерігали тенденцію до зменшення і збільшення інтенсивності цих явищ.

Вступ

Дослідженню багаторічних коливань метеорологічних величин, явищ і річкового стоку присвячено багато робіт [7-16, 19]. Але опади є одним з найбільш мінливих у часі і просторі метеорологічних явищ, тому досить детальних досліджень особливостей статистичної структури їх коливань та виявленню їх причин на сьогоднішній день дуже мало як у світі, так і в Україні. Ще менше вивчена регіональна й міжрічна мінливість повторюваності опадів, що досягають критеріїв небезпечних та стихійних, хоча саме вони завдають найбільших збитків господарському комплексу країни. Недостатньо також висвітлені причини, які пояснювали б ці коливання, хоча зібрано великий фактичний матеріал і виявлено зв'язки з деякими можливими факторами, особливо коливанням сонячної активності та ритмічністю макромасштабних синоптичних процесів. Причини, які зумовлюють цю циклічність, остаточно не з'ясовані. Існують лише гіпотези щодо їх походження [7-9, 11]. Тому необхідно аналізувати внутрішню структуру повторюваності стихійних опадів, у якій зосереджені результати впливу багатьох зовнішніх факторів і причинно-наслідкових зв'язків, які зумовлюють їх міжрічну мінливість. Ця проблема стає ще більш актуальною в останні роки, оскільки з 90-х років ХХ ст. у помірних і високих широтах північної півкулі в багатьох регіонах, зокрема і в Україні, спостерігається і

очікується в майбутньому ріст інтенсивності та збільшення числа випадків екстремальних опадів [20].

Матеріали і методи досліджень

Дослідження часової структури полів стихійних опадів було проведено на основі даних спостережень 187 метеорологічних станцій з 1968 по 2005 рр., а небезпечних – за період з 1981 по 2005 рр.

Статистичну характеристику зміни в часі кількості випадків дуже сильних дощів і сильних злив здійснювали за допомогою аналізу часових рядів, які розглядали як стохастичний процес. Для обґрунтування структурних коливань було застосовано теорію випадкових функцій, яка вивчає закономірності зміни в часі випадкової величини залежно від не випадкового параметру i , зокрема, її математичний апарат, представлений автокореляційним і спектральним аналізом [5]. Рівні таких рядів формуються під сукупним впливом багатьох факторів тривалої й короткочасної дії, а також різного роду випадковостей. Зміна умов розвитку явища зумовлює зміну самих факторів, зміну сили і результативності їх впливу і, зрештою, до варіації в часі даного явища.

Визначення періодичності є першим кроком у процесі аналізування часових рядів. Ординати автокореляційних і спектральних функцій для кращого просторового порівняння результатів аналізу визначали у вигляді нормованих щодо дисперсії значень. Оскільки за даними автокореляційного та спектрального аналізів було встановлено, що для рядів річної кількості випадків дуже сильних дощів і сильних злив характерна наявність періодичності та тренду, подальший аналіз їх динаміки проводили, використовуючи методи сезонної декомпозиції, які передбачають коригування ряду в разі утворення викидів. Сезонна декомпозиція – це узагальнення всього спектра факторів впливу на даний параметр за допомогою чотирьох складових: сезонної, циклічної, тренду та нерегулярної [5]. Поділ часового ряду на ці складові дозволяє виявити ті закономірності, властиві ряду, які не можна побачити на звичайному графікові. Оскільки досліджувані ряди мають невелику довжину, то вилучити з них окремо періодичну складову і тренд неможливо. Тому в досліджуваному ряді визначали тренд-циклічну складову, сезонну компоненту і випадкові коливання (шум). Необхідну форму тренду розраховували для отриманого згладженого ряду й оцінювали за допомогою аналізу залишків і множинного коефіцієнту кореляції (R^2), щоб знайти більш точну відповідність між модельними та фактичними

даними. Отримані висновки оцінювали з погляду їх достовірності, перевіряючи відповідні статистичні гіпотези.

Результати досліджень

Багато складових, що впливають на кількість стихійних гідрометеорологічних явищ, до яких належать дуже сильні дощі (50 і більше міліметрів за 12 і менше годин) та сильні зливи (30 і більше міліметрів за годину і менше) мають періодичний, сезонний характер, тобто динаміка СГЯ має регулярну періодичну складову. Ці коливання, з одного боку, зумовлені глобальною, довготерміновою зміною клімату, а з іншого – природними коливаннями клімату з періодом, що триває декілька десятиріч. Коливання цього типу зумовлені особливостями атмосферної циркуляції. Вони проявляють себе в зміні циркуляційних епох. У метеорології існує два визначення терміну „циркуляційна епоха”. За Б.Л.Дзердзієвським, це період тривалістю 20-35 років, для якого характерне перевищення норми повторюваності зональних або меридіональних типів циркуляції у північній півкулі. За Г.Я.Вангенгеймом та А.А.Гірсом [17, 18], це період тривалістю 10 і більше років, що характеризується підвищеною повторюваністю синоптичних процесів однієї або двох форм циркуляції (західна (W), меридіональна (C) та східна (E)) над атлантико-європейським сектором північної півкулі. Перевага повторюваності тієї чи іншої форми циркуляції в певному регіоні формує аномальність погоди на цій території протягом цього періоду. Саме такий період повторюваності мають відносно холодні та теплі роки. У дослідженнях О.А.Дроздова, М.І.Будико, А.С.Григор'євої та ін. [7, 8, 11] було встановлено, що в епохи потеплінь і похолодань кількість опадів, які випадають у різних районах земної кулі, суттєво змінюється й має таку ж саму періодичність. Сонячна активність, яка впливає на атмосферні процеси на планеті, також коливається й має період 11–13 років. Період повторюваності, дещо більший за 10 років, мають і процеси, що зумовлюють опади в Україні [19]. Аналіз багаторічних коливань річкового стоку на території України, проведений М.Н.Сусідком та О.І.Лук'янець [10, 12-14, 16] показав, що періоди з високою водністю також повторюються через 9-13 років.

Визначення періодичності є першим кроком під час аналізу часових рядів. Щоб краще просторово порівняти результати аналізу, ординати автокореляційних і спектральних функцій визначали у вигляді нормованих щодо дисперсії значень. Проаналізувавши корелограми,

наведені на рис. 1, можна помітити залежності між елементами досліджуваних послідовностей, які свідчать про те, що в їх часових структурах існують реальні коливання, які не є випадковими. Максимуми автокореляційної функції відображають циклічність стихійних опадів в Україні.

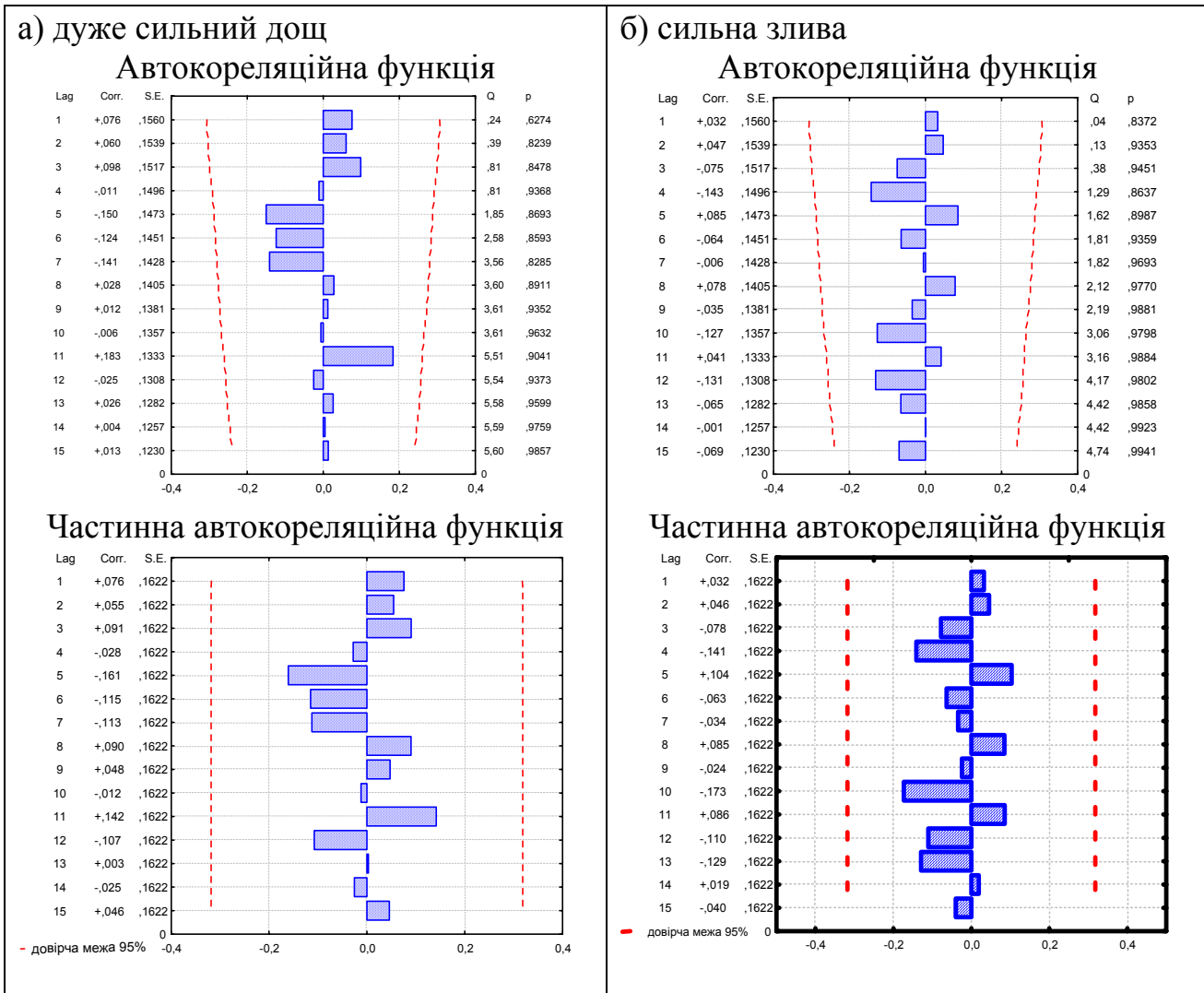


Рис. 1. Автокореляційна та частинна автокореляційна функції (лаг, стандартна похибка та оцінка білого шуму) річної кількості випадків дуже сильних дощів і сильних злив

Спектральний аналіз річної кількості випадків СГЯ показав, що для стихійних опадів (як для дуже сильних дощів, так і сильних злив) характерна періодичність 2-3, 4-5, 9-12 років. (рис. 2). За даними О.А.Дроздова та А.С.Григор'євої [8], ця періодичність характерна в цілому для опадів теплого періоду. При цьому 2- та 3-річні цикли характерні не лише для опадів, а й для багатьох метеорологічних величин, циркуляційних процесів у тропосфері північної півкулі та стратосфері

екваторіальних широт. 9- та 12-річні цикли близькі до циклів сонячної активності, зв'язок яких з атмосферною циркуляцією й полями метеорологічних величин було виявлено неодноразово [7-9, 11]. Цикл 4- та 5 років є обертоном 9- та 12-річного циклу.

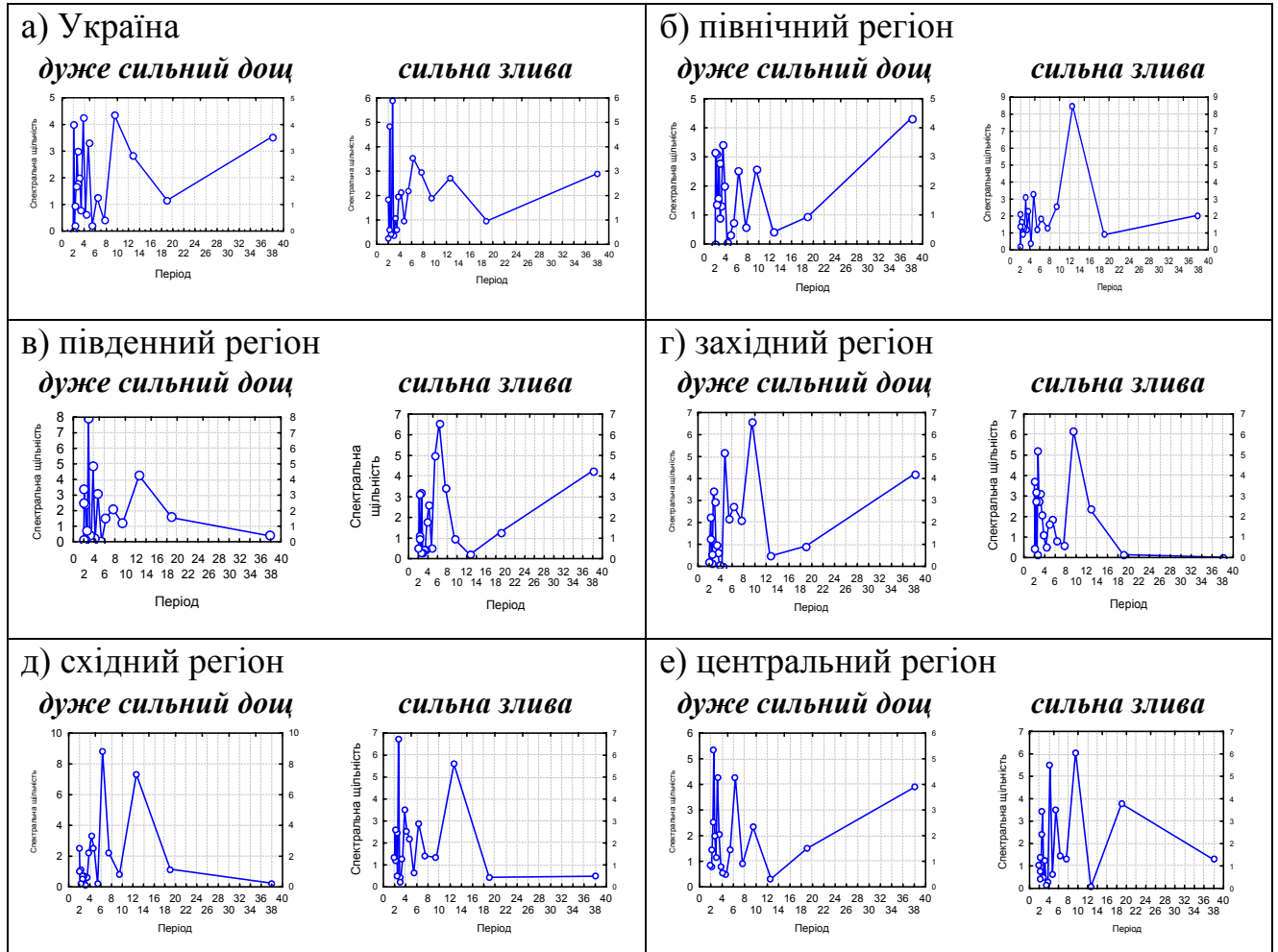


Рис. 2. Спектральний аналіз річної кількості випадків дуже сильних дощів і сильних злив (1968-2005 рр.)

У регіонах країни циклічність стихійних опадів має свої особливості. Так, для дуже сильних дощів основним на значній території країни (південний, центральний і північний регіони) є період 2-3 роки. На заході і особливо на сході країни він відіграє несуттєву роль у формуванні кількості випадків СГЯ. Період 4- та 5 років (а також кратний їм – 8-10 та 12 років) теж характерний для території всієї країни, але найбільш виражений у західному регіоні. До того ж, на більшій частині території країни, період 8-12 років має більшу потужність, ніж період 4-5 років, хоча і є не таким регулярним. Виняток становлять центральний і східний регіони. На цій території спостерігається періодичність 5-6 та 10-12 років,

але період має зміщення на 1 рік. Визначальним у формуванні кількості випадків СГЯ є період 5-6 років, особливо на сході (рис. 2).

При формуванні кількості випадків сильних злив період 2-3 роки також відіграє значну роль, особливо в східному та західному регіонах України. Винятком є північний регіон, де роль цієї періодичності несуттєва. Періоди 4-5, і особливо 8-10 років, характерні для західного та центрального регіонів. На півдні країни велику роль у формуванні СГЯ відіграє періодичність 6 років, а на сході, кратна їй, 12 років. Періодичність 11-13 років переважає на півночі країни (рис. 2).

Ці дані підтвердили висновки, отримані Є.П.Школьнім та Н.К.Волконською [19] під час дослідження місячних сум опадів, відповідно до яких для процесів, які зумовлюють опади в Україні, характерні три періодичності: 2-3, 4-5 та 11 років.

Аналіз динаміки часових рядів, проведений за допомогою методів сезонної декомпозиції, показав, що для рядів кількості випадків СГЯ амплітуда сезонних коливань з часом залишається постійною, що відповідає наявності адитивної сезонності. Виявлені тренди є значущими на рівні значимості 0,05, про що свідчить аналіз автокореляції залишків лінії тренду.

Аналіз графіків тренд-циклічної складової й нерегулярної компоненти кількості випадків дуже сильних дощів показав, що протягом досліджуваного періоду була значна мінливість амплітуди нерегулярної складової. Це свідчить про суттєву зміну ряду. Так, у період з 1968 до початку 80-х рр. ХХ ст. спостерігали стійке зменшення кількості випадків СГЯ. У цей час амплітуда випадкових коливань була невеликою і практично постійною. Для 80-х рр. ХХ ст. було характерне, з одного боку, припинення зменшення кількості випадків СГЯ, а з іншого – зростання амплітуди нерегулярної компоненти, що свідчить про нестабільність ситуації (рис. 3).

З початку 90-х рр. спостерігають тенденцію до зростання кількості випадків СГЯ, яка зберігається й до цього часу. Для цього періоду характерне зменшення амплітуди нерегулярної компоненти. Динаміка повторюваності сильних злив була більш складною, хоча в цілому для неї були характерні ті самі тенденції, що й для дуже сильних дощів (рис. 3).

Аналіз динаміки кількості випадків сильних дощів (15, 30 і більше міліметрів за 12 і менше годин) показав, що з початку 90-х років ХХ ст. в Україні також спостерігають тенденцію до зростання їх кількості (рис. 3).

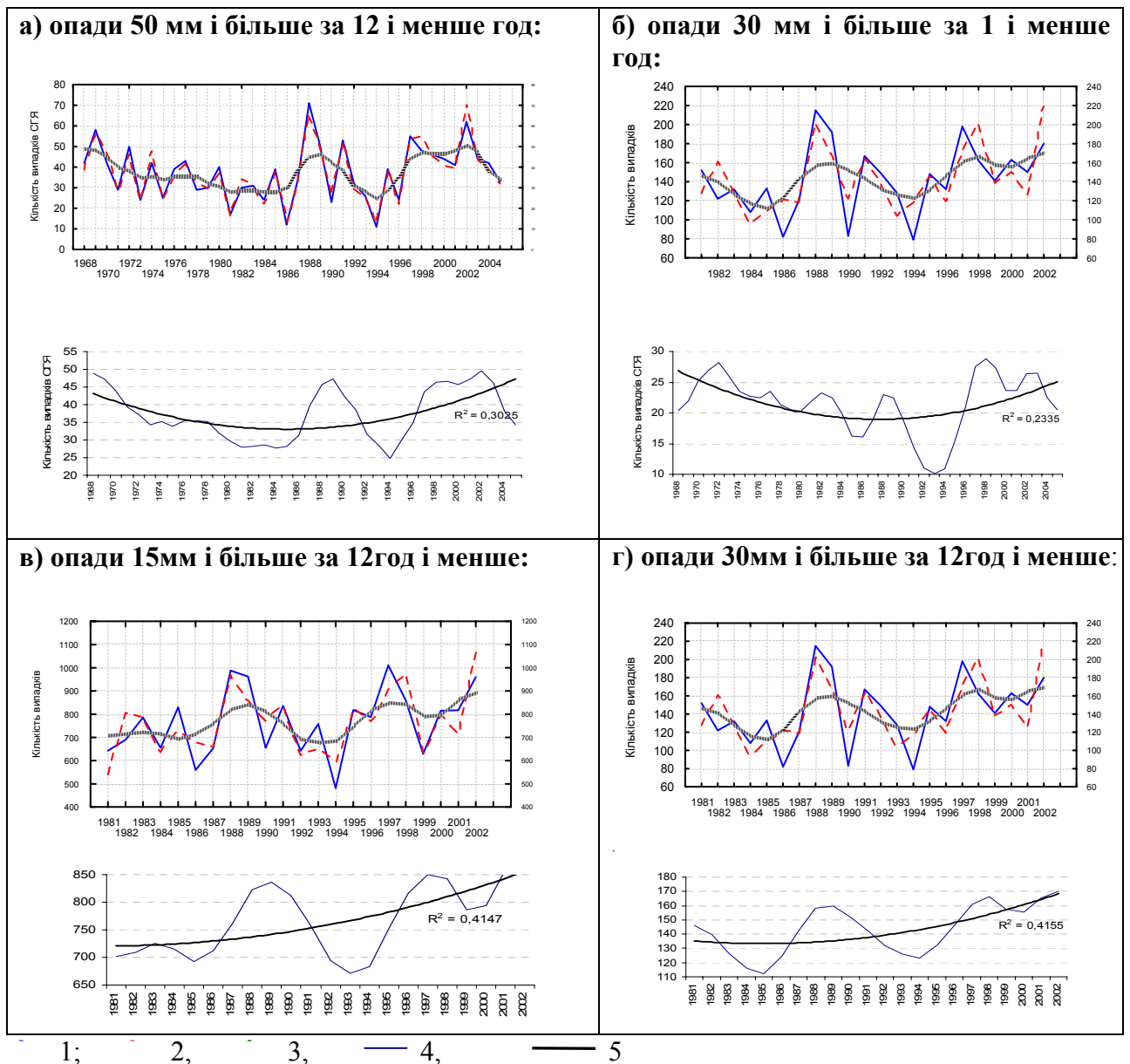


Рис. 3. Щорічні коливання випадків небезпечних і стихійних опадів в Україні (1 – річна кількість випадків; 2 – скоригований на сезонність ряд; 3 – вирівняний тренд-циклічний ряд; 4 – тренд-циклічна складова; 5 – тренд)

Таким чином, в Україні з 90-х рр. ХХ ст. спостерігають значиму тенденцію до зростання кількості випадків опадів, що досягли критеріїв небезпечних і стихійних. З початку ХХІ ст. вона стала більш виражена на всій території, але має деякі особливості в регіонах. Так, у західному регіоні України в 90-х роках ХХ ст. значно зросла кількість випадків усіх градацій небезпечних і стихійних опадів. Цей ріст був зумовлений значним їх збільшенням у гірській частині регіону [1-3]. У південному регіоні кількість випадків дуже сильних дощів зростала, особливо в Криму. Кількість випадків дощів з інтенсивністю 30 і більше мм за 12 і

менше годин залишалась стабільною протягом цього періоду, а з інтенсивністю 15 і більше мм за 12 і менше годин – зменшувалась. Тобто в цьому регіоні зростала частка більш сильних опадів. Така ж тенденція спостерігалася і в центральних областях України, але вона менш виражена. Із середини 90-х років ХХ ст. у цьому регіоні спостерігався режим повторюваності опадів, близький до квазістаціонарного, із невеликою тенденцією до зростання. Дуже цікавим виявився східний регіон. Кількість випадків сильних дощів у 90-х роках ХХ ст., порівняно з 80-ми, тут зростала, а дуже сильних – зменшувалася. З початку ХХІ ст. спостерігають тенденцію до збільшення повторюваності дуже сильних дощів у цьому регіоні. У північних і центральних областях країни у 90–х роках кількість сильних дощів не змінилась, а дуже сильних – також зменшилася. З початку ХХІ ст. у цьому регіоні спостерігають їх ріст, особливо на півночі країни.

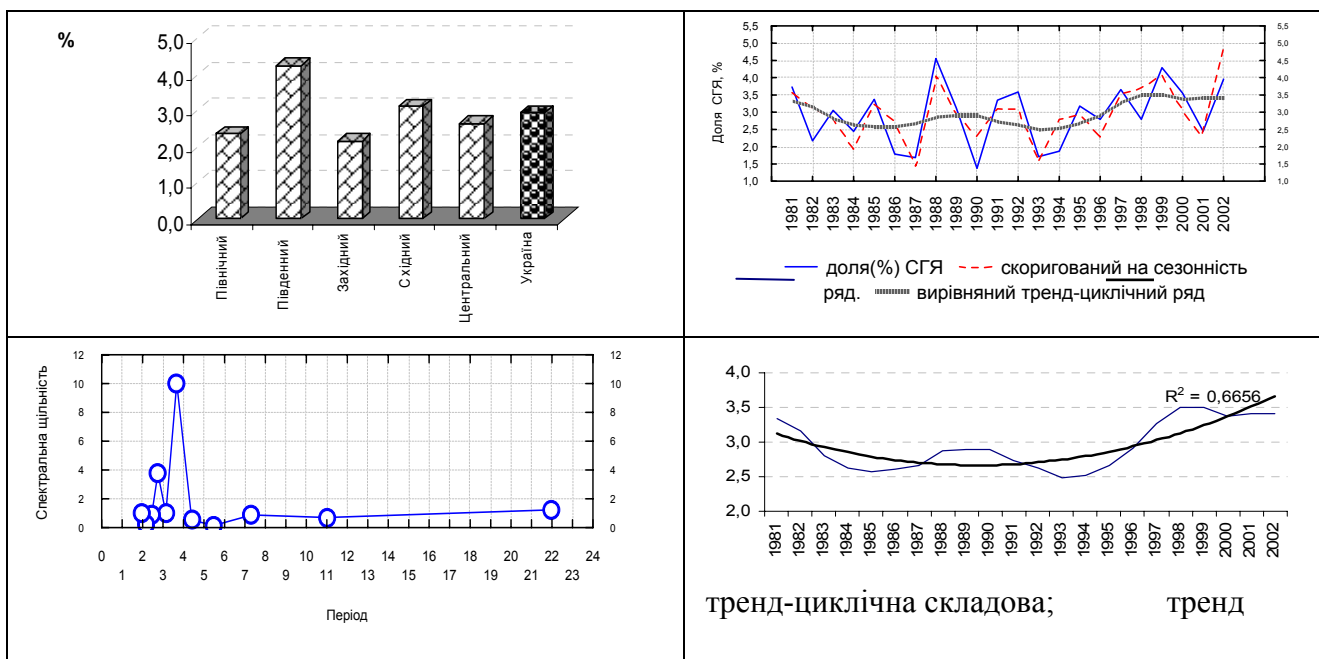


Рис. 4. Частка (%) кількості випадків дуже сильних дощів по відношенню до кількості випадків сильних дощів, її спектральна щільність і міжрічна мінливість в Україні

Відсоток дуже сильних дощів по відношенню до кількості випадків сильних дощів, що спостерігали у досліджуваному регіоні в даний період, свідчить про інтенсивність процесів, що зумовлюють утворення опадів. В Україні він коливається від 2 до 5%. Максимум спостерігають на півдні країни. Значна кількість дуже сильних дощів по відношенню до кількості випадків сильних дощів буває також на сході [1]. Проведений спектральний

аналіз середньої річної частки СГЯ за період з 1981 по 2005 рр. показав, що для неї характерна періодичність 2-3 та 4 роки. Аналіз часового ряду цієї величини підтвердив, що в Україні з 90-х років ХХ ст. спостерігають тенденцію до збільшення відсотка кількості випадків СГЯ (рис. 4).

Аналіз лінії тренду річної кількості випадків дуже сильних дощів в Україні показав, що він має виражений циклічний характер зі змінним періодом. Спектральний аналіз підтвердив цей факт. Поділимо ряд на дві частини. У першій частині розглянемо проміжок часу, протягом якого спостерігали постійний, майже лінійний, спад кількості випадків дуже сильних дощів (1968-1987 рр.). До другої частини належить період з 1988 по 2005 рр., коли поведінка кривої суттєво змінилася (спостерігали зростання кількості випадків, яке значно підсилилося за останнє десятиріччя). На рис. 5 показано графіки спектральної щільності двох отриманих рядів. Вузькі високі піки на цих графіках свідчать про наявність регулярних циклів, а широкі – відповідають нерегулярним, нестійким циклам.

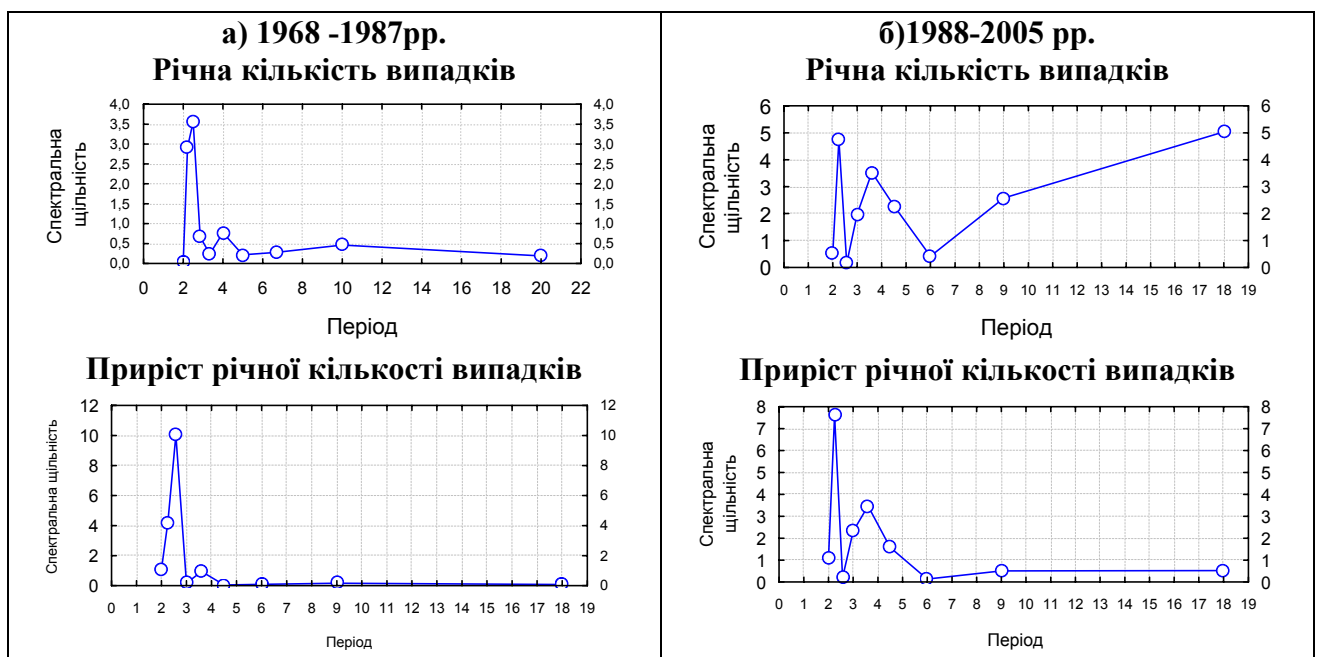


Рис. 5. Спектральна щільність річної кількості випадків і приросту річної кількості випадків дуже сильних дощів

У період з кінця 60-х до середини 80-х років ХХ ст., коли спостерігали зменшення кількості випадків дуже сильних дощів в Україні, основним, регулярним періодом був цикл 2-3 роки, а 4- та 10-річні цикли починали лише формуватись. Тобто в цей період на формування

повторюваності дуже сильних дощів мали переважний вплив синоптичні процеси з періодом 2-3 роки. Спектральний аналіз приросту річної кількості випадків підтвердив цей висновок. На рис. 5(б) видно, що у період, коли спостерігали зростання кількості дуже сильних дощів, циклічність 2-3 роки зберігається і стає більш потужною. Крім того, більш потужними стають 4-та 5-річні цикли, що дає підставу стверджувати про наявність тенденції до формування стійкого циклу з таким періодом. На цьому графіку можна побачити, що в цей період також зросла потужність 9- та 18-річних циклів. Тобто збільшення кількості випадків дуже сильних дощів в Україні було значною мірою зумовлене зростанням активності макромасштабних процесів, що мають циклічність 4-5, 9-12 та 18-24 років. Спектральний аналіз приросту річної кількості випадків підтвердив цей висновок (рис. 5).

Висновки

Таким чином, отримані результати свідчать про можливість коливального характеру повторюваності випадків сильних та дуже сильних дощів і сильних злив в Україні, який має свої особливості в регіонах країни. В Україні у кінці ХХ – на початку ХХІ ст. збільшення кількості випадків СГЯ було значною мірою зумовлене зростанням активності макромасштабних процесів, що мають циклічність 4-5, 9-12 та 18-24 рр.

* *

Рассмотрена межгодовая изменчивость количества случаев очень сильных дождей и сильных ливней в Украине и ее регионах во второй половине ХХ - в начале ХХІ в. Установлена тенденция динамики этих рядов на протяжении исследуемого периода. Определены циклические компоненты в структуре рядов годового количества случаев стихийных осадков (СГЯ) и их особенности в периоды, когда наблюдали тенденцию к уменьшению и увеличению интенсивности этих явлений.

* *

1. Балабух В.О. Регіональні особливості розподілу небезпечних і стихійних явищ погоди при переміщенні в Україну циклонів і фронтів з північною складовою наприкінці ХХ століття // Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища. Міжнар. наук. конф. – О. – 2002. – С. 31-36.
2. Балабух В.О., Лавриненко О.М. Особливості мезомасштабної циркуляції, що обумовлює небезпечні і стихійні конвективні явища погоди та її зміна

- наприкінці ХХ ст. // Гідрометеорологія і охорона навколишнього середовища. Міжнар. наук. конф. – О. – 2002. – С. 77-79.
3. *Балабух В.О.* Траєкторії циклонів, що зумовлюють небезпечну і стихійну кількість опадів в Україні у теплий період року // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 2004. – Вип. 253. – С. 37-49.
 4. *Балабух В.О.* Об'єктивна ідентифікація баричних систем синоптичного масштабу // Вісн. Київ. ун-ту. – 2005. – № 51. – С. 16-35.
 5. *Бокс Дж., Дженкинс Г.* Анализ временных рядов. Прогноз и управление. – Вып. 1(2). – М.: Мир, 1974. – 408 с.
 6. *Бровкин В.* Особенности атмосферной циркуляции над Европейской Россией во второй половине 20 века – начале 21 века – Самара, 2005. – [Цит. 2008, 27 листопада] – < http://meteocenter.net/meteolib/_circ.htm >
 7. *Вительс Л.А.* Многолетние изменения барико-циркуляционного режима и их влияние на колебания климата // Тр. ГГО. – Вып. 8(70). – 1948. – С. 52-65.
 8. *Дроздов О.А., Григорьева А.С.* Многолетние циклические колебания атмосферных осадков на территории СССР. – Л.: Гидрометеиздат, 1971. – 157 с.
 9. *Логинов В.Ф.* Особенности проявления солнечной активности и увлаженности Европы // Тр. ААНИИ. – 1969. – Т. 289. – С. 12-75.
 10. *Лук'янець О.І., Сусідко М.М.* Річки правобережжя Прип'яті в періоди високої водності: повторюваність дощових паводків та особливості гідрологічного режиму // Наук. пр. УкрНДГМІ. – 1999. – Вип. 247. – С. 136-143.
 11. *Максимов И.В.* Геофизические силы и воды океана. – Л.: Гидрометеиздат, 1970. – 448 с.
 12. *Свердлик Т.А.* Эволюция крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха Северного полушария во второй период современного глобального потепления климата // Тр. УкрНИГМИ. – 1999. – Вып. 246. – С. 63-75.
 13. *Соседко М.Н.* Исследование циклических колебаний дождевого стока в бассейне Днестра // Тр. УкрНИГМИ. – 1974. – Вып. 127. – С. 16-37.
 14. *Соседко М.Н.* Вероятностная оценка дождевого стока Днестра за июнь-октябрь на 7-летний период // Тр. УкрНИГМИ. – 1975. – Вып. 135. – С. 43-64.
 15. Стихійні метеорологічні явища на території України за останнє двадцятиріччя (1986-2005 рр.) / За ред. *В.М.Ліпінського, В.І.Осадчого, В.М.Бабіченко.* – К.: Ніка-Центр, 2006. – 312 с.

16. *Сусідко М.М., Лук'янець О.І.* Можливості оцінювання річкового стоку в Карпатах на найближчі роки з урахуванням його багаторічних коливань // *Наук. пр. УкрНДГМІ.* – 1998. – Вип. 246. – С. 46-55.
17. *Матвеев Л.Т.* Теория общей циркуляции атмосферы и климата Земли. – Л.: Гидрометиздат, 1991. – 295 с.
18. *Хромов С.П.* Метеорология и климатология. – М.: МГУ, 2005. – 528 с.
19. *Школьный Е.П., Волконская Н.К.* Естественные ортогональные составляющие месячных сумм осадков на Украине // *Тр. УкрНИГМИ.* – 1976. – Вып. 134. – С. 51-71.
20. *Resinger A.* Climate Change 2007: the AR4 Synthesis Report. – Geneva (Switzerland): IPCC, 2007. – [Cited 2008, 27 November]. – Available from: <<http://www.ipcc.ch>>

*Український науково-дослідний
гідрометеорологічний інститут, Київ*