

**ЗЛИВОВІ ОПАДИ НА ТЕРИТОРІЇ ПІВДНЯ УКРАЇНИ**

Розглянуто сучасну науково-методичну базу для нормування максимальних добових опадів. Запропоновано нові підходи з використанням методу сумісного аналізу та забезпеченості забезпеченостей (на прикладі території Півдня України).

**Ключові слова:** зливові опади, паводки, максимальний стік.

**Вступ**

Зливові опади на території Півдня України є одним з важливих чинників формування максимального стоку на невеликих за розмірами водотоках. Невипадково, що добовий максимум опадів теплого періоду року використовується в діючих нормативних документах як базова характеристика під час визначення розрахункових модулів стоку на водозборах з площами  $F$  до  $200 \text{ км}^2$ , причому:

$$q_m = 16.67 H_{\partial} \bar{\psi}(\tau) \eta, \quad (1)$$

де  $q_m$  – максимальний модуль стоку;  $16,67 \bar{\psi}(\tau)$  – ординати редуційних кривих дощових опадів у часі;  $\tau$  – розрахункова тривалість опадів:

$$\tau = 1,2 t_p^{1,1} + t_{cx}, \quad (2)$$

де  $t_p$  – тривалість руслового добігання;  $t_{cx}$  – тривалість схилового добігання;  $H_{\partial}$  – добовий максимум опадів;  $\eta$  – коефіцієнт стоку.

У СНіП 2.01.14-83 [1] добовий максимум опадів забезпеченістю  $P = 1\%$  узагальнено у вигляді карти ізоліній для території колишнього СРСР. Під час статистичної обробки вихідних даних використано криву трипараметричного гама-розподілу С.М. Крицького та М.Ф. Менкеля [2] із застосуванням методу найбільшої правдоподібності в ході встановлення стандартних параметрів розподілу (коефіцієнтів варіації  $C_v$  і співвідношення  $C_s/C_v$ ). Така науково-методична база під час здійснення просторових узагальнень добових опадів  $H_{1\%}$  є не зовсім коректною, оскільки в степовій зоні України зливові опади

характеризуються надзвичайною локальністю, а тому ізолінії  $H_m$  обмежуються фактично їхніми окремими випадками.

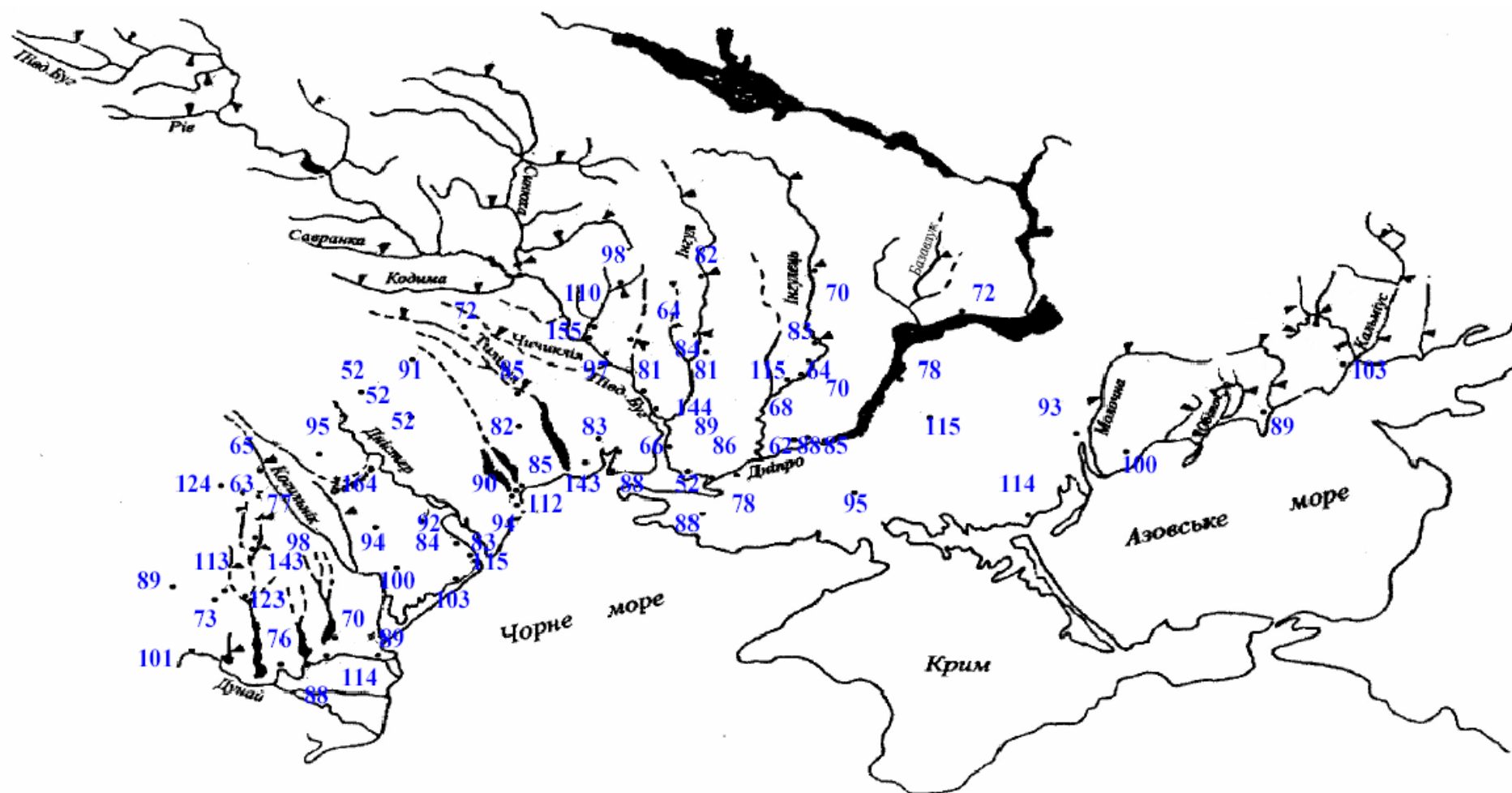
За загальними кліматичними умовами територія, що досліджується, значно неоднорідна: південні частини басейнів річок Дністер та Південний Буг належать до районів нестійкого та недостатнього зволоження, а приморські райони – до посушливої зони.

Відносно сприятливі умови для утворення дощових паводків склалися в південній степовій частині басейну Південного Бугу, басейнах річок Причорномор'я, де максимальні дощові витрати на невеликих водозборах перевищують максимальні витрати від талих вод. Східна частина території Півдня України також розташована в зоні розвинутої зливної діяльності. Особливо виділяється Приазовська височина. Тут майже щорічно спостерігається одноразове короткочасне випадіння великої кількості зливових опадів (до 100 мм та більше), що формують зливі паводки на річках та тимчасових водотоках [3].

На рис. 1 наведено величини  $H_m$  за багаторічний період у межах рівнинної території Півдня України та прилеглої території Молдови. Як видно, значення  $H_m$  коливаються в досить широких межах – від 52 мм (Станіслав, Коротне) до 164 мм (Каушани). З іншого боку, як показує аналіз, спостережені максимуми відносяться до різних років, про що свідчить рис. 2. За даними діаграми (рис. 3) видно, що найбільш імовірні добові максимуми спостерігалися в межах від 80 до 100 мм (56,7 %). Найчастіше – в часовому інтервалі 1961-1990 рр. (84,4 %). За останні двадцять років визначні добові опади становили тільки 12 % від загальної їхньої кількості.

З метою дослідження процесу формування дощових паводків було розглянуто матеріали спостережень Велико-Анадольської воднобалансової станції, яка розташована в степовій частині Донецького басейну і Приазовської височини (на вододілі між басейнами Азовського моря й р. Дніпро). На території Велико-Анадольського зливірного куща визначна злива була 26.06.1956, під час якої в окремих пунктах зареєстровано таку кількість опадів: Рутченкове – 104 мм, Андріївка – 102 мм, Мандрикіне – 101 мм, Авдот'їне – 100 м.

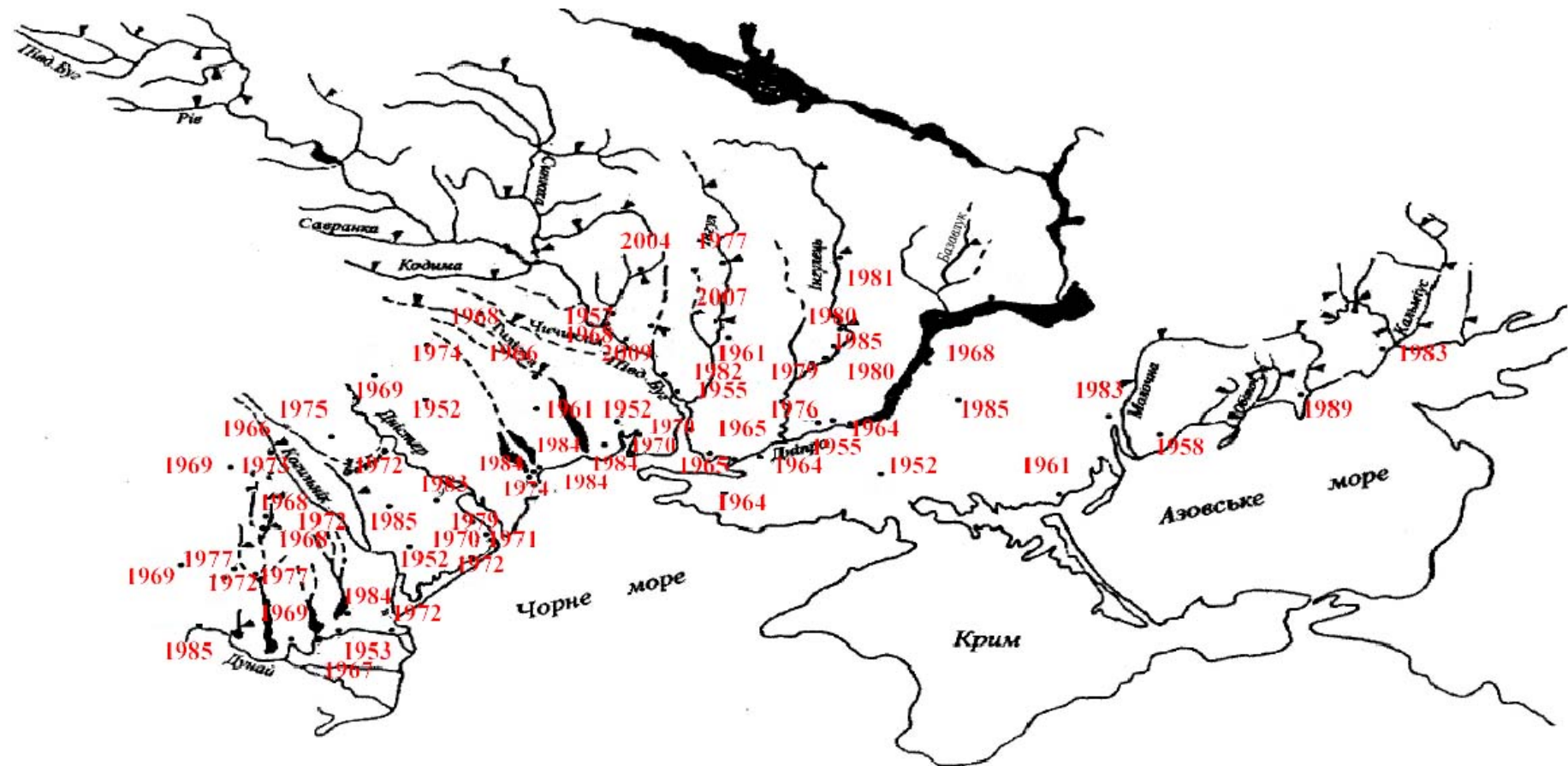
Карту ізогієт зливи, що пройшла 26.06.1956 на території Велико-Анадольського зливірного куща (рис. 4), побудовано за даними добових величин опадів у 107 пунктах.



Умовні позначки:

▼ – гідрологічний пост; ● – метеорологічний пост; **103** – максимальна добова сума опадів, мм

Рис. 1. Розподіл максимальних добових опадів теплого періоду року по території Півдня України та прилеглої території Молдови



Умовні позначки:

▼ – гідрологічний пост, ● – метеорологічний пост; 1964 – рік, у який спостерігалась максимальна добова сума опадів

Рис. 2. Розподіл по території Півдня України та прилеглої території Молдови років, коли спостерігалися максимальні добові суми опадів

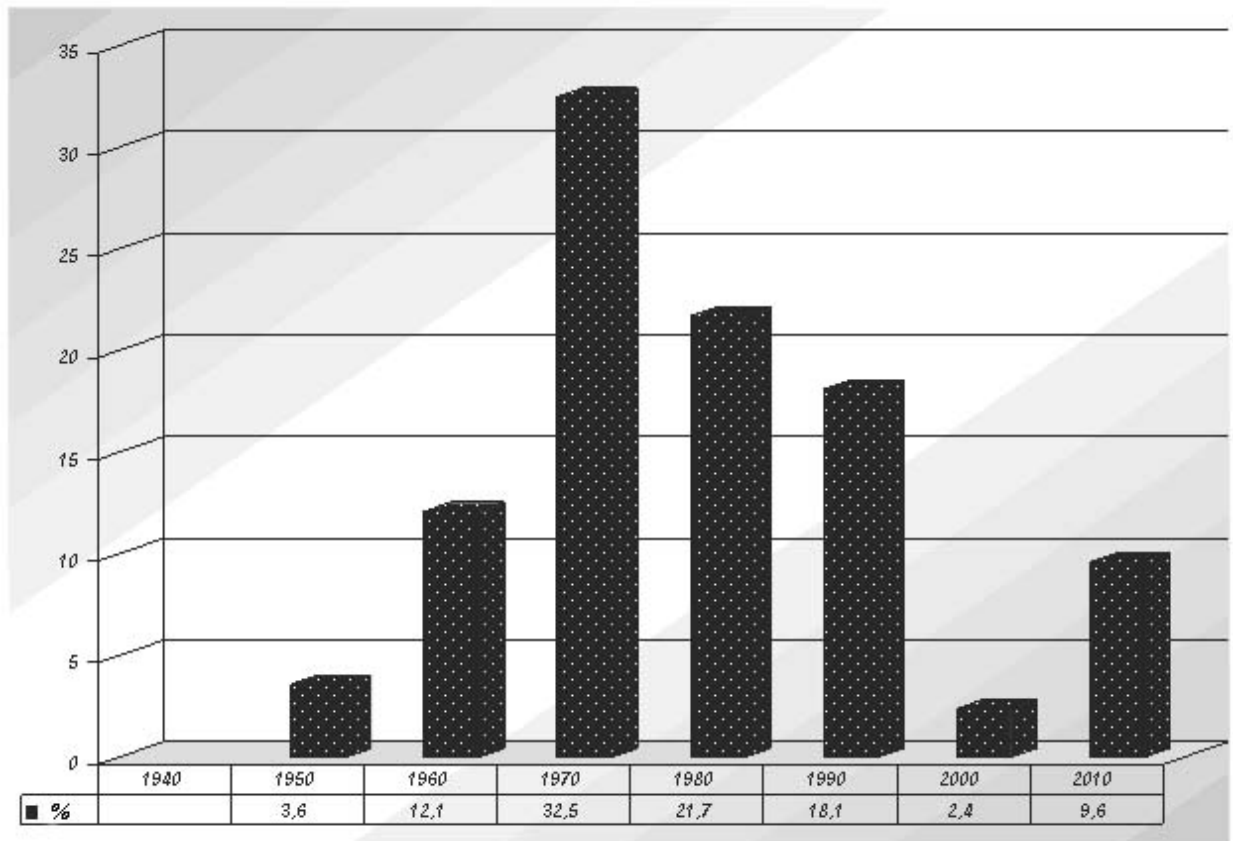


Рис. 3. Розподіл максимальних добових опадів теплого періоду на Півдні України по роках спостереження: вісь абсцис – роки; вісь ординат – відсоток від загальної кількості

Центр зливи знаходився в районі витoku річок Кальчик і Березівка з найбільшою сумою опадів 104 мм у пункті Рутченкове. Кількість опадів від центру зливи поступово і майже рівномірно зменшувалася. Всього зливою було зрошено територію близько 4500 км<sup>2</sup>.

Аналіз характеру зливної діяльності на території Півдня України показав, що на загальному, переважно одноманітному кліматичному фоні, існують різні особливості характеру випадання злив. Вони стосуються основних характеристик: величин площ зрошення, інтенсивності, тривалості та ін.

Досконало вивчити характер інтенсивності визначних злив дуже важко, бо в багатьох випадках відсутні записи самописцями ходу злив великої інтенсивності та значної тривалості.

### **Методика та результати дослідження**

Для статистичної обробки й просторового узагальнення добових максимумів опадів теплого періоду було використано матеріали

спостережень 72 метеорологічних пунктів. Найбільшу кількість метеорологічних пунктів (55,6 % від загальної кількості) мають часові ряди тривалістю від 30 до 40 років.

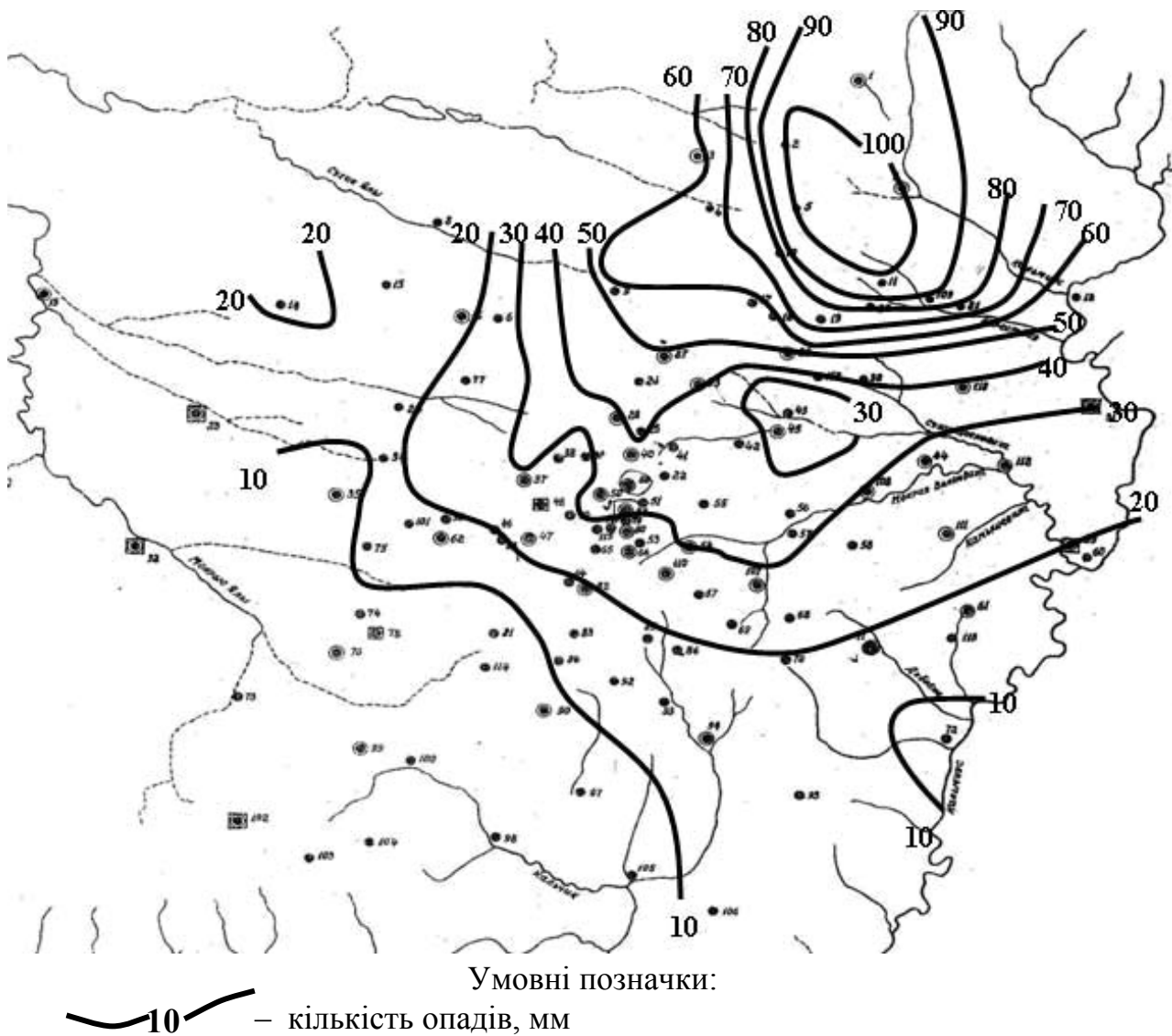


Рис. 4. Ізогіети зливи 26.06.1956 на території Велико-Анадольської водно-балансової станції

Відповідно до рекомендацій СНіП 2.01.14-83, статистичну обробку рядів максимальних добових опадів проведено з використанням методів моментів і найбільшої правдоподібності [1]. За обома методами отримано майже однакові коефіцієнти варіації  $C_v$ , які змінюються від 0,27 (Вулканешти) до 0,76 (Каушани), співвідношення  $C_s/C_v$  у середньому становить 4,0. Щодо середніх багаторічних значень добових максимумів дощових опадів, то вони коливаються в межах від 31,2 мм (Станіслав) до 48,2 мм (Кагул). Розраховані за допомогою кривої трипараметричного

гама-розподілу добові максимуми опадів теплового періоду забезпеченістю  $P = 1\%$  змінюються по території від 168 мм (Каушани) до 62,2 мм (Коротне). Між іншим, для зливових опадів на півдні України більші можливості дає застосування методу повторюваності екстремумів, що призводить до побудови кривої забезпеченості забезпеченостей максимальних членів ряду [4]. Теоретичний розподіл забезпеченостей  $P_{p(x)}$  для максимальних членів вибірки можна записати таким чином:

$$P_{p(x)} = 1 - (1 - Px)^n, \quad (3)$$

де  $P(x)$  – забезпеченість у часовому ряді,  $n$  – об'єм вибірок, з яких вибираються екстремуми (середнє значення по регіону  $n = 35,8$ ).

Забезпеченість забезпеченостей, насамперед, дорівнює:

$$P_{p(x)} = \frac{m}{N + 1}, \quad (4)$$

де  $m$  – порядковий номер спадного ряду,  $N$  – кількість об'єктів.

Виходячи з (3),

$$P_x = 1 - (1 - P_{p(x)})^{1/n}. \quad (5)$$

З цією метою з вихідних даних ( $N = 72$ ) по кожному пункту було визначено максимальні за період спостережень добові опади  $H_m$ . Для значень  $H_m$ , розташованих у спадному порядку, за формулами (4) і (5) було розраховано забезпеченості максимальних членів просторової вибірки й побудовано криву забезпеченості, яка наводяться нижче (рис. 5).

Використовуючи цю криву, одержано розрахункове значення добових опадів 1 %-ї забезпеченості, яке становить 95 мм [5].

З іншого боку, максимальні добові опади 1 %-ої забезпеченості можна визначити в рамках просторового узагальнення із застосуванням методу сумісного аналізу. Сутність методу сумісного аналізу полягає в тому, що метеорологічні та гідрологічні величини в просторі обумовлюються як географічними, так і випадковими закономірностями [2].

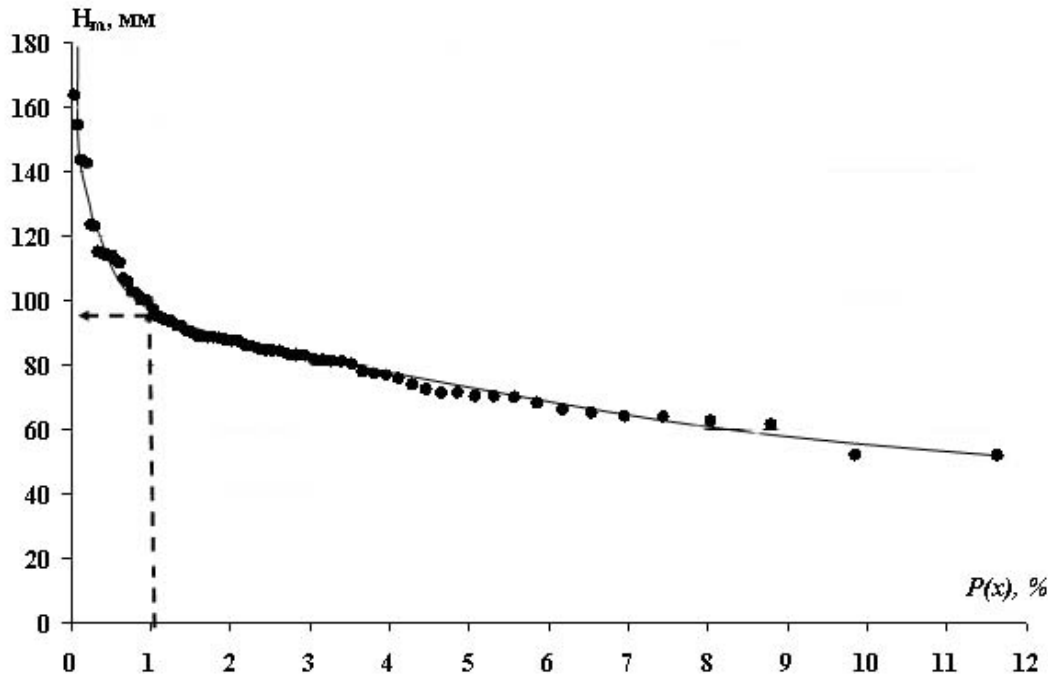


Рис. 5. Крива забезпеченості максимальних добових опадів на Півдні України

Вважається, що повна дисперсія розподілу того чи іншого параметра  $A_i$  складається з двох частин: географічної  $\sigma_{\text{геогр}}^2$  і випадкової  $\sigma_{\text{вип}}^2$ , тобто:

$$\sigma_n^2 = \sigma_{\text{вип}}^2 + \sigma_{\text{геогр}}^2 \quad (6)$$

Причому,

$$\sigma_n^2 = \frac{\sum_{i=1}^N (A_i - A_{\text{ср}})^2}{N - 1}, \quad (7)$$

де  $i = 1, 2, \dots, N$  – число об'єктів дослідження;  $A_i$  – оцінка досліджуваного параметра по  $i$ -му басейну;  $A_{\text{ср}}$  – середнє із оцінок параметрів за всіма об'єктами.

Випадкова складова розсіювання  $\sigma_{\text{вип}}^2$  параметра  $A$  розраховується як осереднена по  $N$  об'єктах дисперсія параметра:

$$\sigma_{\text{вип}}^2 = \frac{\sum_{i=1}^N \sigma_{A_i}^2}{N}, \quad (8)$$



де  $\sigma_{Ai}$  – середньоквадратична похибка визначення параметра  $A$  для  $i$ -го басейну.

Географічна складова  $\sigma_{геогр}^2$  визначається за різницею:

$$\sigma_{геогр}^2 = \sigma_n^2 - \sigma_{вип}^2. \quad (9)$$

Підсумком дослідження є середні значення параметрів і співвідношення між випадковими і географічними складовими розсіювання. Якщо  $\sigma_{вип}^2 > \sigma_{геогр}^2$ , то набір параметрів, які отримано в результаті об'єднання даних, можна віднести до однієї сукупності. Для території, що розглядається  $\bar{H}_{1\%} = 95,3$  мм. Зауважимо, що це значення майже збігається з тим, яке було отримано шляхом осереднення розрахункових величин 1 % забезпеченості по індивідуальних вихідних рядах спостережень ( $\bar{H}_{1\%} = 95,5$  мм).

Розраховані середні районні значення максимальних добових опадів  $H_m$ , коефіцієнтів варіації та їх співвідношення до коефіцієнта асиметрії представлено в табл. 1, з якої видно, що для всієї сукупності даних географічна складова має менші значення, ніж випадкова. Отже, усі пункти спостережень можна об'єднати в один район.

Таблиця 1

Значення випадкової та географічної складових дисперсії часових рядів максимальних добових величин опадів

Характеристики опадів	Кількість пунктів	Дисперсія			Середнє районне значення
		$\sigma_{п}^2$	$\sigma_{вип}^2$	$\sigma_{геогр}^2$	
$\bar{H}_m$ , мм	72	19,74	10,77	8,97	39,7
$C_v$	72	0,008	0,008	-0,001	0,420
$C_s/C_v=3,0$					

Для уточнення розрахункових добових опадів 1 % забезпеченості нами використано послідовне застосування двох дещо різних статистичних підходів під час аналізу вихідних даних. Спочатку на основі кривої трипараметричного гама-розподілу було отримано  $H_{1\%}$  по кожному пункту, які потім було узагальнено по території за допомогою методу забезпеченості забезпеченостей. Відповідну криву забезпеченості  $H_{1\%} = f(Px)$  приведено на рис. 6. За її допомогою встановлено розрахункове значення для досліджуваної території  $H_{1\%} = 100$  мм.

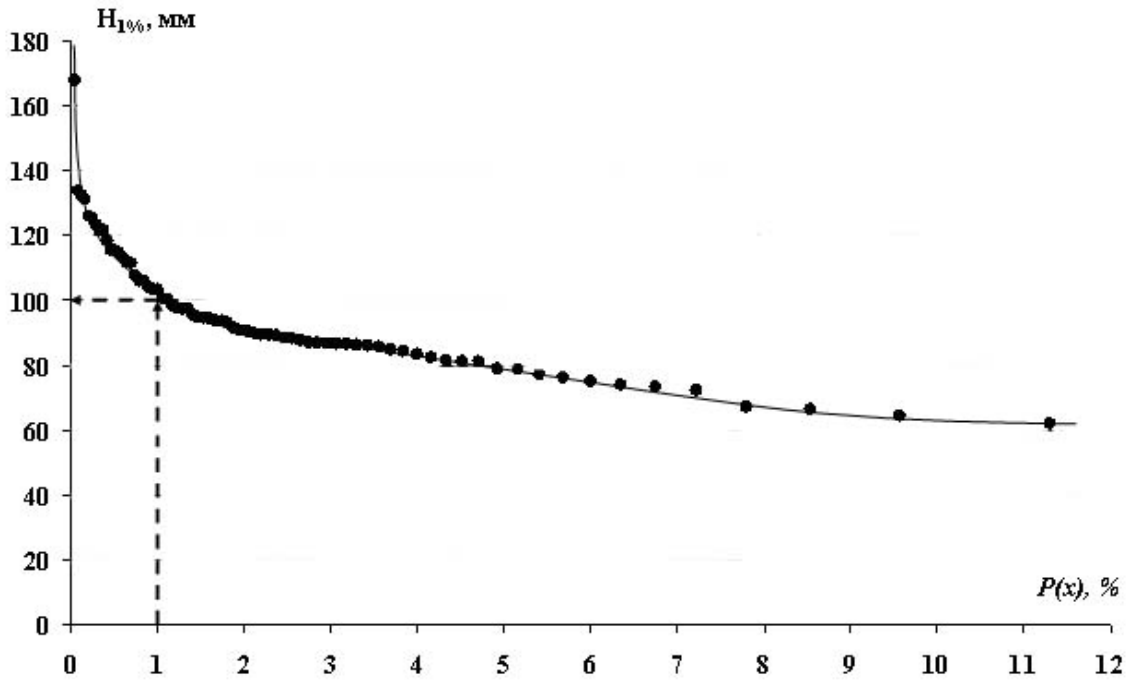


Рис. 6. Просторова крива забезпеченості 1 % квантилів максимальних добових опадів для території Півдня України

### Висновки

- Проаналізовано умови формування зливових дощів на Півдні України, внаслідок яких формуються паводки на малих річках цієї території.

- Значення максимальних добових опадів характеризуються значною як просторовою, так і часовою мінливістю.

- Під час статистично-просторового аналізу добових максимумів опадів теплої періоду застосовано методи моментів і найбільшої правдоподібності з подальшим використанням для визначення їхньої 1 %-ої забезпеченості кривої трипараметричного гама-розподілу.

- Крім того, було здійснено відповідний статистичний аналіз вихідних даних за допомогою сумісного аналізу до полів зливових опадів, а також кривої забезпеченості забезпеченостей для екстремально високих величин добових значень  $H_m$ .

- Остаточо для всієї території Півдня України обґрунтовано  $H_{1\%} = 100$  мм. Це значення суттєво відрізняється від методичних узагальнень  $H_{1\%}$ , прийнятих у СНіП 2.01.14-83, якими передбачено картування розрахункових опадів для використання їх у формулі (1).

**Завданням подальших досліджень** є розробка регіональної методики для визначення максимального стоку дощових паводків з

використанням отриманого  $H_{1\%}$ , як одного з основних розрахункових параметрів.

\* \*

1. Пособие по определению расчётных гидрологических характеристик. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 448 с.
2. Крицкий С.Н., Менкель М.Ф. Гидрологические основы управления речным стоком. – М.: Наука, 1981. – 254 с.
3. Вишневський П.Ф. Зливи і зливовий стік на Україні. – К.: Наук. думка, 1964. – 230 с.
4. Калинин Г.П. Проблемы глобальной гидрологии. – Л.: Гидрометеиздат, 1968. – 376 с.
5. Гопченко Є.Д., Овчарук В.А, Кічук Н.С. Розрахункові характеристики дощових паводків на території півдня України // Вісник Одеського державного екологічного університету. – Вип. 11. – О.: ТЕС. – 2011. – С. 161-171.

*Одеський державний екологічний університет*

**Е.Д. Гопченко, В.А. Овчарук, Н.С. Кічук**

### **Ливневые осадки на территории Юга Украины**

*Рассмотрено существующую научно-методическую базу для нормирования максимальных суточных осадков. Предложены новые подходы с использованием методов совместного анализа и обеспеченности обеспеченностей (на примере территории Юга Украины).*

**Ключевые слова:** ливневые осадки, паводки, максимальный сток.

**E.D. Gopchenko, V.A. Ovcharuk, N.S. Kichuk**

### **Thundershower on territory of South of Ukraine**

*Existent science-methodical base is considered for normalizations of maximal daily precipitations. New approaches are offered with the use of method of compatible analysis and exceeding probability on the example of South of Ukraine territory.*

**Keywords:** thundershower, floods, maximal runoff.