

В.Ф. Мартазінова, О.К. Іванова, І.М. Олексієнко

## **МОЖЛИВІСТЬ ДОВГОСТРОКОВОГО ПРОГНОЗУ ЗЛИВОВИХ ОПАДІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ**

Розглянуто просторово-часовий розподіл зливових опадів на території України за останнє десятиріччя. Визначено найбільш інформативні синоптичні ситуації, за яких відмічаються зливові опади в Україні. Побудовано схему прогнозу зливових опадів у літній період для території України.

### **Вступ**

Сучасна регіональна циркуляція, яка сформувалася під впливом великомасштабної циркуляції повітря, зумовила нові погодні умови кліматичного режиму України відносно середини минулого сторіччя [1]. Ці погодні умови визначаються найбільшою частотою небезпечних і стихійних явищ у всі сезони року. Одним із небезпечних метеорологічних явищ, які відмічаються в сучасний період, усе частіше є зливові опади.

Зливові опади – великі краплі дощу, інколи крупа чи град, що характеризуються швидкими змінами інтенсивності й короткочасністю випадання. Зливові опади можуть бути слабкими, помірними і сильними (інколи катастрофічними), але вони завжди короткочасні і раптові, хоча можуть випадати знову через невеликі проміжки часу. Зливи – це опади, кількість яких за добу становить більше ніж 30 мм.

Останнє десятиріччя за своїми кліматичними характеристиками помітно відрізняється від клімату середини попереднього сторіччя [1-6], тому щоб одержати сучасний аналіз опадів зливогого характеру, треба аналізувати їх за останнє десятиріччя.

### **Матеріали і метод досліджень**

Для того, щоб проаналізувати сучасну синоптичну ситуацію на території України, створено базу даних зливових опадів, кількість яких за добу становила більше ніж 30 мм. Матеріалом для дослідження були дані спостережень 189 метеорологічних станцій і постів України за останнє десятиріччя. За допомогою цих даних складено таблиці по станціях кожної області на три літні місяці за кожен із десяти досліджуваних років. У таблицях архіву вказано суми зливових опадів за кожен літній місяць

досліджуваного десятиріччя, а також кількість випадків зі зливами протягом кожного місяця.

Для аналізування зливових опадів було створено також архів баричних полів приземного тиску та геопотенціалу трьох літніх місяців останнього десятиріччя, які формували злизові опади на території України, що були взяті з архіву відділу кліматичних досліджень та довгострокового прогнозу погоди УкрНДГМІ. Ці поля відповідають території Атлантико-Європейського сектора, який обмежений паралелями  $40^{\circ}$ - $70^{\circ}$  пн. ш. і меридіанами  $30^{\circ}$  зх. д. і  $70^{\circ}$  сх. д., що взяті у вузлах регулярної географічної сітки з кроком  $\varphi=5^{\circ}$  і  $\lambda=5^{\circ}$ .

Розрахунки проводилися за допомогою програмного забезпечення відділу кліматичних досліджень та довгострокового прогнозу погоди УкрНДГМІ. Методом дослідження став фізико-статистичний підхід на основі теорії розпізнавання образів, метою якого є отримання типізації процесів для кожного місяця досліджуваного періоду.

Метеорологічні поля для дослідження представлено у вигляді матриці (1):

$$Y_m = \{y_j\}_m = \begin{bmatrix} y_{11} & \cdot & \cdot & y_{1n} \\ y_{21} & \cdot & \cdot & y_{2n} \\ \cdot & \cdot & \cdot & \cdot \\ y_{p1} & \cdot & \cdot & y_{pn} \end{bmatrix}, \text{ де } j = 1, 2, \dots, n; \quad (1)$$

де елементи  $y_{ij}$  матриці  $Y$  відповідають значенню метеорологічної величини в  $n$  – вузловій регулярній географічній сітці;  $j$  – вузол регулярної географічної сітки з кроком 5 градусів по широті і довготі  $i$ -го поля:

$$Y_i = (y_{ij})_m = (y_{i1}, y_{i2}, \dots, y_{in}), \quad i=1, 2, \dots, m, \quad (2)$$

де  $m = 1, 2, 3$ , тобто відповідає літньому місяцю (червню, липню, серпню);  $p$  – відповідає баричному полю з архіву матриці  $Y_m$ , при якому відмічались злизові опади у  $m$ -му місяці.

Таким чином, у вибраний архів баричних полів  $Y_m$  входять тільки ті поля, за яких відмічались злизові опади на території України для кожного літнього місяця ( $m$ ).

Щоб розпізнавати найбільш ймовірні синоптичні процеси, які призводять до злив, було застосовано метод «еталонів», який детально описано в роботі [7]. Як показники схожості використовувалися два

критерії – геометричний ( $\rho$ ) та середньоквадратичне відхилення ( $\eta^2$ ) між двома векторами [7].

Розрахунки проводилися кількома етапами. На першому класифікували поля приземного тиску, які призводять до злив кожного літнього місяця кожного року. Синоптичні ситуації є аналогічними в даному класі, якщо  $\rho \geq 0,3$  і  $\eta < 1$ , у результаті чого було виділено три класи.

$$Y_1 = \begin{vmatrix} X_{11} \\ X_{12} \\ \vdots \\ X_{1N_1} \end{vmatrix} \rightarrow P_{\max}, \text{ при } \rho_{ij} \geq 0,3. \quad (3)$$

$$Y_2 = \begin{vmatrix} X_{21} \\ X_{22} \\ \vdots \\ X_{2N_2} \end{vmatrix} \rightarrow P_{sr}, \text{ при } -0,3 < \rho_{ij} < 0,3. \quad (4)$$

$$Y_3 = \begin{vmatrix} X_{31} \\ X_{32} \\ \vdots \\ X_{3N_3} \end{vmatrix} \rightarrow P_{\min}, \text{ при } \rho_{ij} \leq 0,3. \quad (5)$$

Найімовірнішим класом полів приземного тиску є перший ( $Y_1$ ) з найбільшим об'ємом вибірки  $N_1$  з ймовірністю  $P_{\max}$ . У кожному виділеному класі синоптичних процесів визначалось одне найінформативніше баричне поле – еталон, який має найкращу аналогічність з усіма полями класу.

### **Просторово-часовий розподіл зливових опадів на території України за останнє десятиріччя**

Проаналізувавши отриману базу даних зливових опадів за останнє десятиріччя, проведено загальний аналіз злив на Україні, результати якого можна представити за допомогою карт середнього просторового розподілу зливових опадів у міліметрах. Такі карти побудовано для трьох літніх місяців останнього десятиріччя. Як приклад наведено просторовий розподіл зливових опадів липня (рис. 1).

Аналіз просторового розподілу зливових опадів показав, що у всі літні місяці від злив потерпають в основному західні та центральні області. Так, у червні та липні найбільша кількість опадів зливого характеру (понад 150 мм) випадає в Київській, Черкаській, Львівській та

Івано-Франківській областях, але в липні від сильних злив потерпають також Чернігівська та Полтавська області.

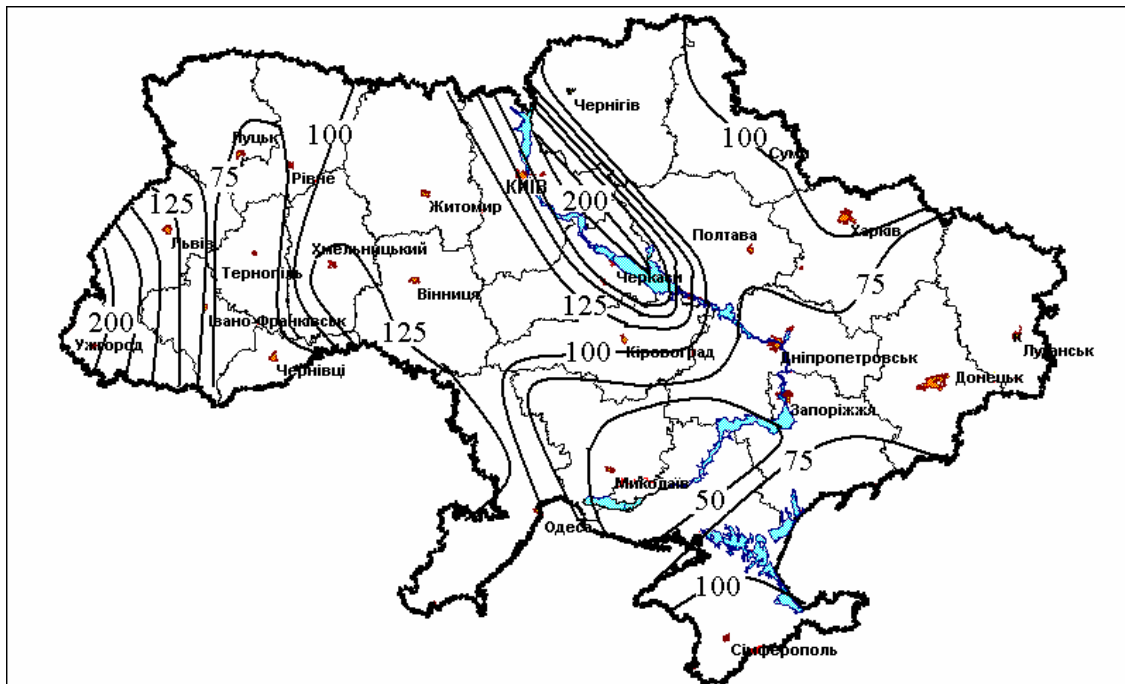


Рис. 1. Просторовий розподіл зливових опадів у міліметрах у липні за останнє десятиріччя

Загалом на більшій частині території України кількість опадів зливого характеру у липні є більшою порівняно із червнем. Зокрема на північному сході зливових опадів випадає вдвічі більше. У серпні найбільше загострюється ситуація в Криму, оскільки за останнє десятиріччя тут відмічається найбільша кількість опадів (понад 250 мм). Загалом у серпні, порівняно з попередніми місяцями, зливових опадів випадає значно менше.

Проаналізувавши разову кількість зливових опадів по території України було виявлено, що в загальному в літній період розподіл опадів у середньому за одну зливу в останнє десятиріччя, має рівномірний характер. В усіх областях (за винятком деяких) ця кількість коливається в межах від 35 до 45 мм. Такий рівномірний розподіл кількості опадів говорить про те, що великі значення опадів відмічаються тільки через більшу кількість днів із зливовими опадами. Якщо синоптичне утворення зі зливовими опадами стійке, то по території басейну Дніпра і на заході країни цей процес затримується значно довше, ніж у прилеглих областях.

## Еталони полів приземного тиску та геопотенціалу, які формують опади зливового характеру на території України

Із загальної кількості полів кожного класу виділялося те поле-еталон, яке найкраще описує атмосферні процеси полів цього класу. Це поле має найвищі значення аналогічності по  $\rho$  і  $\eta^2$  зі всіма полями класу, тому воно є еталоном архіву класу  $Y_j$ . Отже, у кожному літньому місяці виділено стільки еталонів, скільки було класів.

Для червня виділено три класи, що описують синоптичні ситуації, які призводять до злив. Відповідно вибрано по одному найбільш інформативному полю в кожному класі – еталон класу (рис. 2).

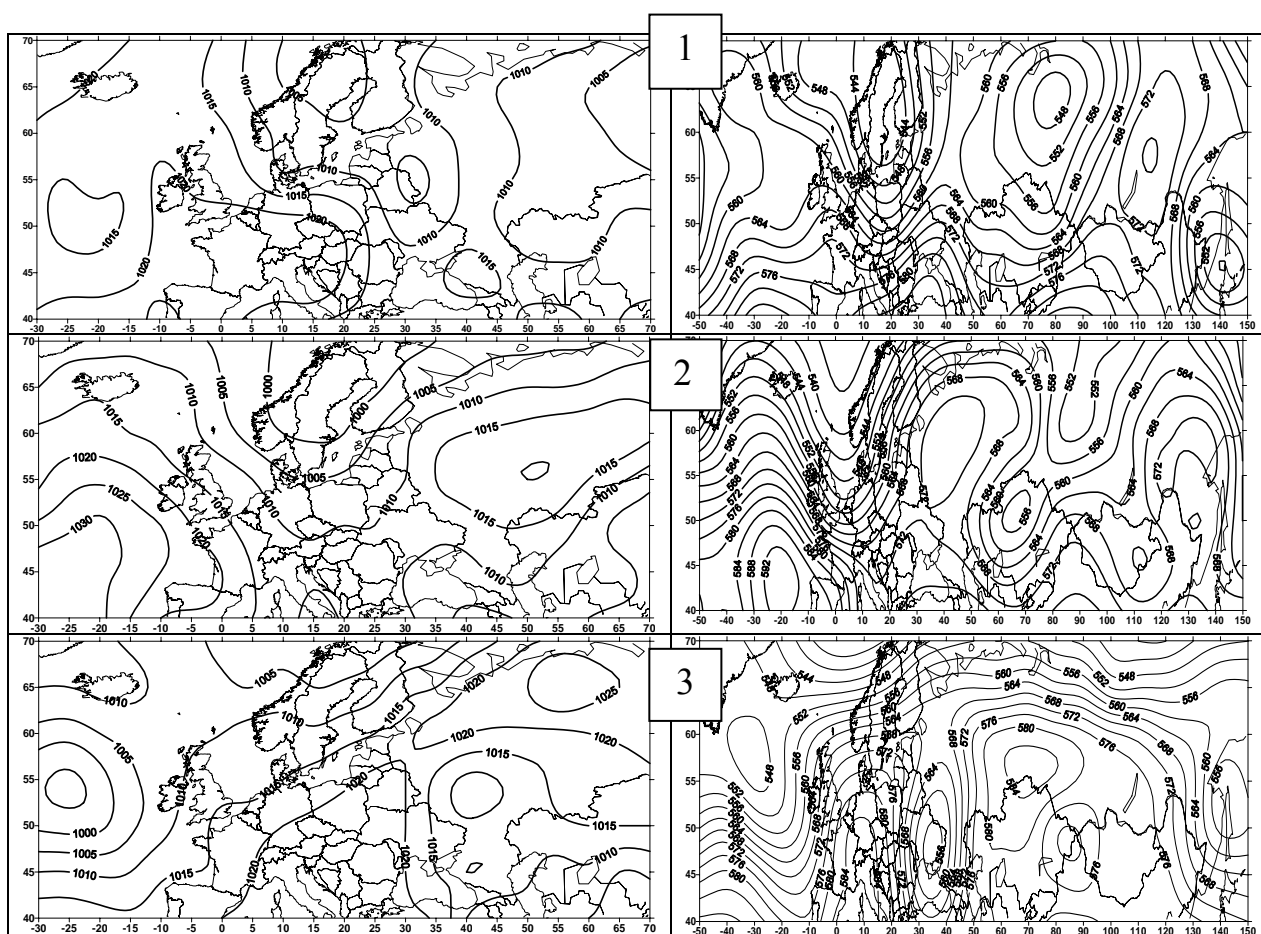


Рис. 2. Еталони полів приземного тиску та геопотенціалу для трьох класів, які формують зливові опади на території України у червні останнього десятиріччя

Еталон першого класу на більшій частині території Атлантико-Європейського сектора представлено областями низького тиску, центри яких перебувають над Скандинавією та Росією (див. рис. 2). Над

Атлантикою та частиною західної Європи міститься область високого тиску. Погоду на території України визначає область низького тиску із центром над Скандинавією. На середньому рівні тропосфери висотні циклонічні утворення відповідають циклонічним утворенням біля поверхні землі. Таке розміщення баричних утворень призводить до сильних опадів. Представлений еталон є найбільш інформативним серед архіву полів першого класу.

Еталон другого класу баричних полів червня має ще більш розвинуту область низького тиску, витягнуту на південь, яка проходить через територію України. Територію Атлантики і Центральної частини Росії займають дві області високого тиску (див. рис. 2). Поле геопотенціалу на рівні 500 гПа представлено висотним гребенем, під впливом якого перебуває більша частина України, але на заході країни простягається витягнута висотна улоговина, яка і формує тут сильні зливи.

Еталон третього класу є найменш інформативним для червня, але також призводить до сильних злив. Еталон представлений смугою високого тиску, яка простягається з північного сходу на південний захід Європи (див. рис. 2). Над Атлантикою та Центральною Європою містяться області низького тиску, одна з них впливає на східну частину України. На рівні 500 гПа територію України займає висотна улоговина, яка вузькою смугою простяглася з півночі Атлантико-Європейського сектора.

Всі поля синоптичних ситуацій, що призводять до злив у липні, описуються одним еталоном, який носить у собі інформацію про кожне з баричних полів архіву. Вибраний еталон (рис. 3) описує аналогічність із полями архіву цього місяця на території в середньому до 85 %.

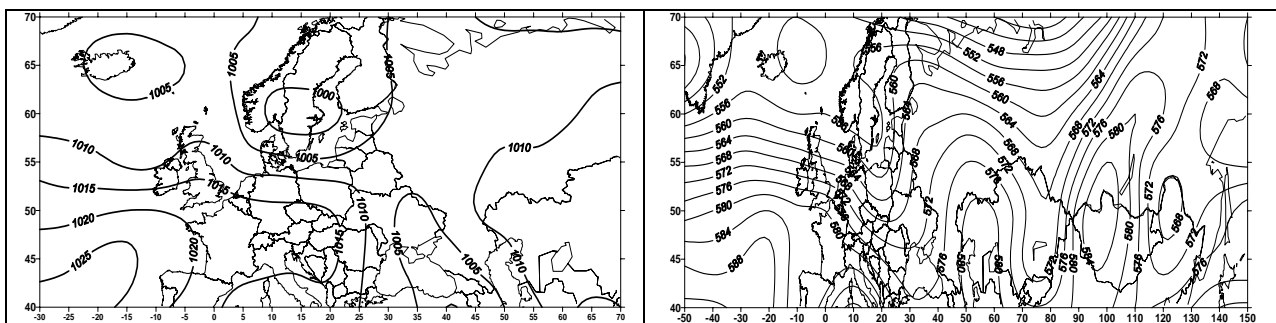


Рис. 3. Еталон полів приземного тиску та геопотенціалу, який формує зливі опад на території України у липні останнього десятиріччя

Ця синоптична ситуація схожа до еталона другого класу червня і характеризується об'єднанням циклонічних областей над територією України, центр однієї з яких міститься над Скандинавією, а центр іншої – над південно-східною частиною Європи. На середньому рівні тропосфери на територію України впливає висотна улоговина.

Для серпня виділено два класи, що описують синоптичні ситуації, які призводять до злив. Еталон найбільш інформативного класу серпня представлено синоптичною ситуацією, аналогічною до еталона найменш інформативного класу червня (рис. 4). Це означає, що у червні цей процес має місце, але з меншою ймовірністю.

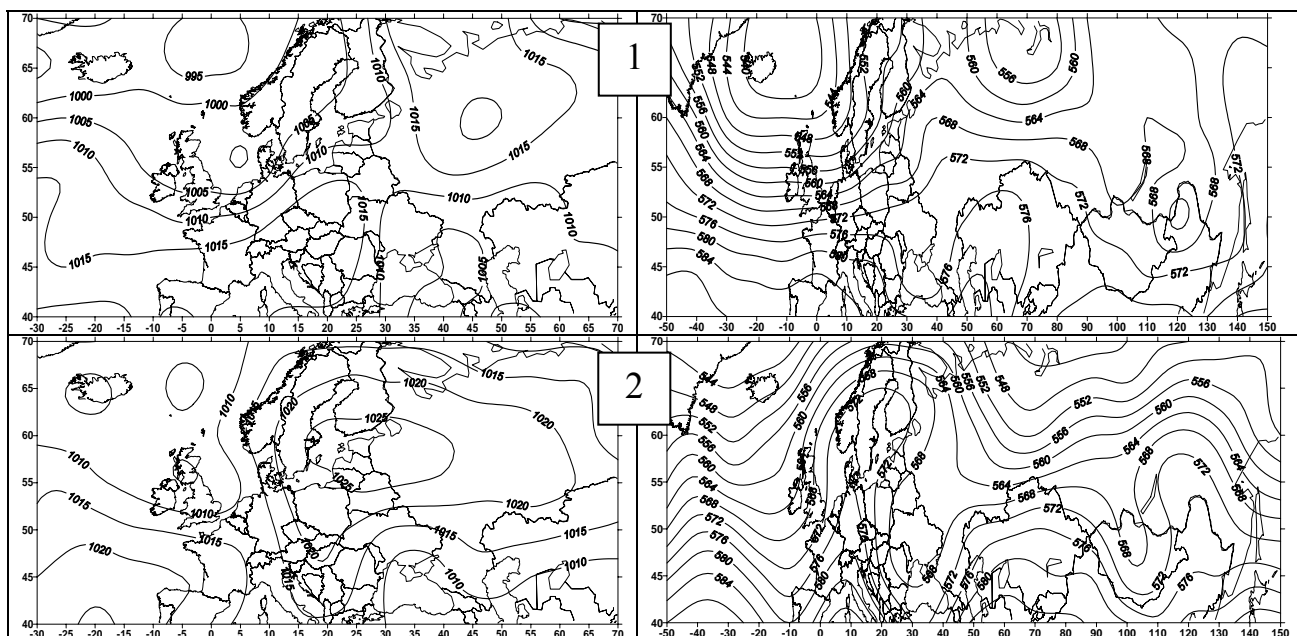


Рис. 4. Еталони полів приземного тиску та геопотенціалу для двох класів, які формують зливі опади на території України у серпні останнього десятиріччя

Еталон класу баричних полів меншої ймовірності представлено областю високого тиску, що займає територію Скандинавії та Центральної Європи. Атлантика перебуває під впливом області низького тиску. Погоду на території України визначає область низького тиску, що простягається з півдня. Саме цей синоптичний процес і формує сильні зливи в Криму в останнє десятиріччя.

На середньому рівні тропосфери відмічається різко меридіональна циркуляція. На територію України впливає висотна улоговина, яка і формує опади у більшості областей держави.

## Схема довгострокового деталізованого прогнозу зливових опадів на території України

Схема прогнозу зливових опадів для території України має кілька основних блоків, які розглянемо детальніше (рис. 5).

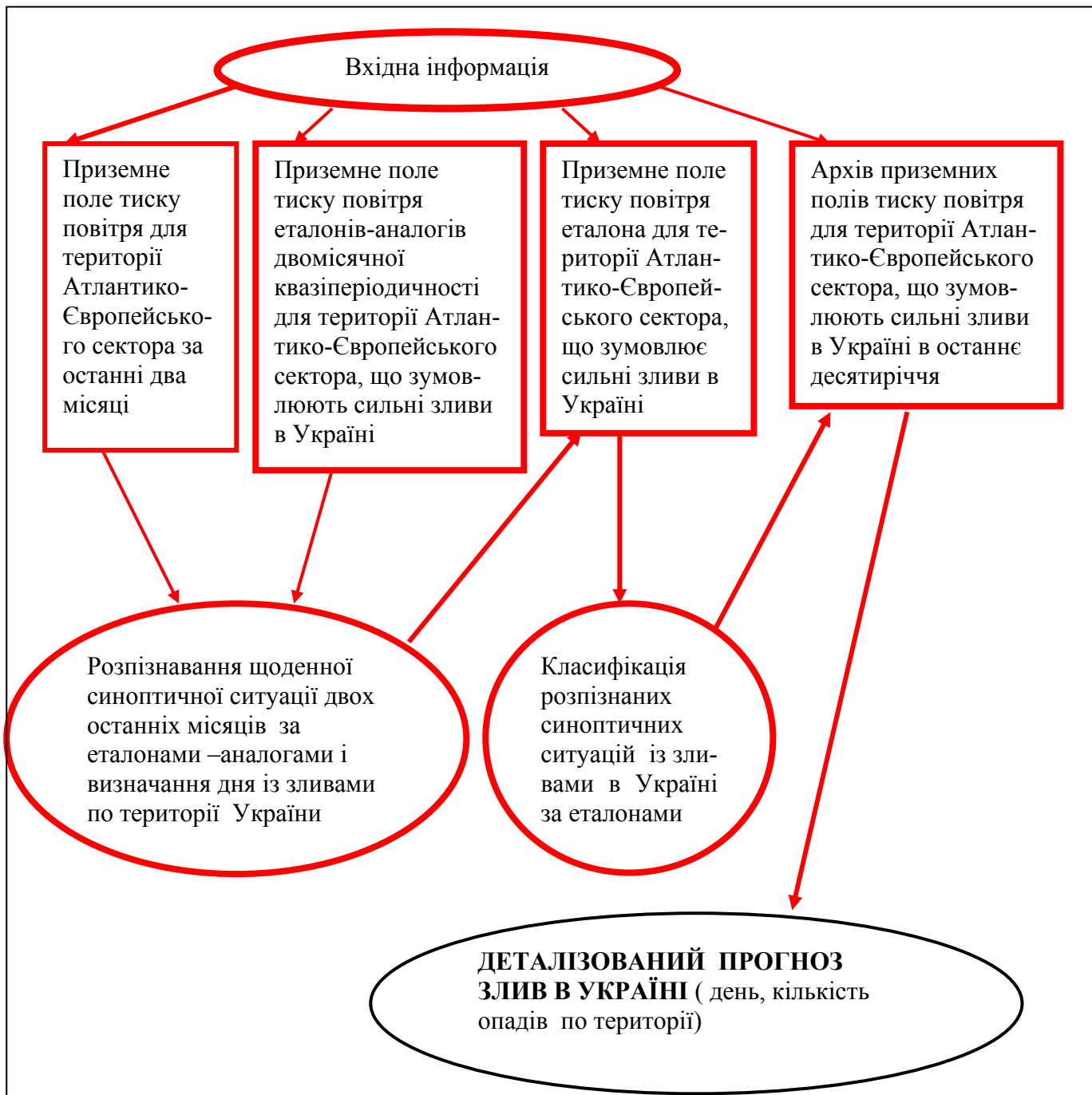


Рис. 5. Схема прогнозу зливових опадів для території України

Перший блок схеми – це вхідна інформація, що включає в себе чотири підблоки:

1. Приземне поле тиску повітря для території Атлантико-Європейського сектора за останні два місяці;
2. Приземне поле тиску повітря еталонів-аналогів двомісячної квазіперіодичності для території Атлантико-Європейського сектора, що зумовлює сильні зливи в Україні;
3. Приземне поле тиску повітря еталона для території Атлантико-Європейського сектора, що зумовлює сильні зливи в Україні.
4. Архів приземних полів тиску повітря для території Атлантико-Європейського сектора, що зумовлюють сильні зливи в Україні за останнє десятиріччя.

Другий блок схеми – це розпізнавання щоденної синоптичної ситуації двох останніх місяців за еталонами-аналогами і визначання дня із зливами по території України.

Третій блок – це класифікація синоптичних ситуацій із зливами в Україні, які було розпізнано в попередньому блоці, за еталонами.

Четвертий блок – це вихідна інформація, що відповідає деталізованому прогнозу зливових опадів в Україні, де подається день та кількість опадів по території.

Роботу запропонованої схеми прогнозу зливових опадів для території України було розглянуто на конкретному прикладі. Як приклад прогнозу злив наведемо прогноз на 14 липня 2004 року (рис. 6).

Опади в третьому блоці прогнозувалися за синоптичною ситуацією, яка представлена на рис. 6. Баричне поле представлено двома областями високого тиску, між якими проходить область низького тиску з двома центрами, один з яких займає територію України і формує тут сильні опади зливогого характеру.

Фактичне поле тиску і поле опадів на 14.07.04 добре описуються прогностичними полями. Як очікувалося за прогнозом на 14.07.04 від 30.05.04, на більшій частині території України будуть відмічатися опади зливогого характеру. Фактично 14.07.04 на більшій частині території України відмічалися сильні зливові опади. Якщо поррахувати критерій аналогічності полів тиску фактичного і прогностичного, то коефіцієнт збігу процесів буде на 85 % території, чому відповідає і характер фактичних і прогностичних опадів.

Таким чином, розрахунок прогнозу зливових опадів на 14.07.04 з півторамісячною завчасністю має успішну справджуваність, порогове

значення якої закладається схемою прогнозу і нижнє значення відповідає за коефіцієнтом кореляції 0,7.

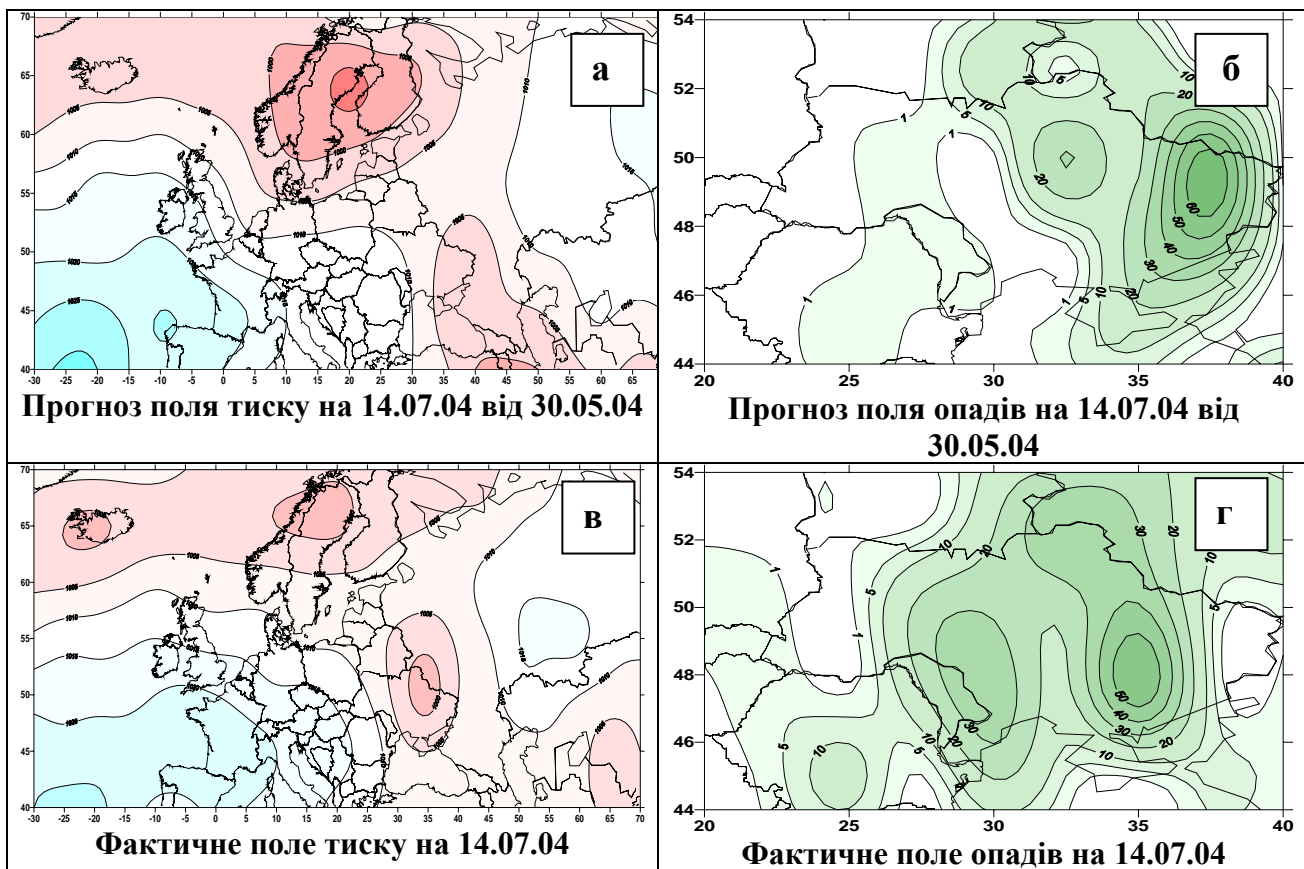


Рис. 6. Прогностичні (а, б) та фактичні (в, г) поля тиску та опадів на території України

Оцінка успішності прогнозу зливових опадів на незалежному матеріалі показала заплановані схемою результати прогнозу.

### Висновки

У цій статті наведено результати досліджень зливових опадів у літній сезон на території України за останнє десятиріччя. Результати дослідження показали, що в усі літні місяці від злив потерпають в основному західні та центральні області. Так, у червні та липні найбільша кількість опадів зливого характеру (більше ніж 150 мм) випадає в Київській, Черкаській, Львівській та Івано-Франківській областях. Загалом в липні на північному сході України зливових опадів випадає вдвічі більше порівняно із червнем. У серпні, порівняно з попередніми місяцями, зливових опадів випадає значно менше, але в Криму за останнє десятиріччя фіксують найбільшу кількість опадів (більше ніж 250 мм).

Аналіз разової кількості зливових опадів у міліметрах по території України показав, що в загальному в літній період розподіл опадів у середньому за одну зливу за останнє десятиріччя має рівномірний характер і становить 35-45 міліметрів.

Вивчено синоптичні ситуації за зливових опадів на території України за останнє десятиріччя. Все різноманіття синоптичних ситуацій, які зумовлюють зливи на території України, зведено до шести еталонів баричних полів. Отримані еталони дозволяють завчасно розпізнавати синоптичну ситуацію, яка сформує зливові опади над Україною.

Побудовано схему прогнозу зливових опадів у літній період для більшої частини території України, роботу запропонованої схеми розглянуто на конкретному прикладі. Оцінка успішності прогнозу зливових опадів на незалежному матеріалі показала заплановані схемою результати прогнозу.

\* \*

1. *Мартазінова В.Ф., Иванова Е.К., Чайка Д.Ю.* Изменения крупномасштабной атмосферной циркуляции воздуха на протяжении XX века и ее влияние на погодные условия и региональную циркуляцию воздуха в Украине // Геофізичний журн. – 2006. – № 1. – Т. 28. – С. 51-60.
2. *Мартазінова В.Ф.* Физико-статистические методы прогноза месячных сумм осадков для основных сельскохозяйственных районов Европейской территории СССР с двухмесячной заблаговременностью // Тр. УкрНИГМИ. – 1978. – Вып. 176. – С. 3-9.
3. *Мартазінова В. Ф., Мельник Н. П., Радченко Т. Э.* Детализированный прогноз осадков на два месяца по способу плавающий аналог для территории Украины // Тр. УкрНИГМИ. – 1991. – Вып. 239. – С. 69-74.
4. *Мартазінова В.Ф., Сологуб Т.А., Иванова О.К.* Довгострокове прогнозування середньої місячної температури повітря та місячної суми опадів для території України // Системні дослідження та моделювання в землеробстві. – К.: Агропром, – 1997. – С. 23-28.
5. *Мартазінова В.Ф.* К вопросу об использовании аналоговых полей метеозаэлементов для прогноза // Тр. УкрНИГМИ. – 1986. – Вып. 219. – С. 37-42.
6. *Мартазінова В.Ф., Сологуб Т.А.* Определение квазипериодичности атмосферных процессов на Северном полушарии с помощью метода плавающий аналог // Тр. УкрНИГМИ. – 1986. – Вып. 219. – С. 42-46.

7. Martazinova V. The Classification of Synoptic Patterns by Method of Analogs // J. Environ. Sci. Eng. – 2005. – 7. – P. 61-65.

*Український науково-дослідний  
гідрометеорологічний інститут, Київ  
Київський національний університет імені Тараса Шевченка*

**В.Ф. Мартазинова, Е.К. Иванова, И.Н. Алексеенко**

**Возможность долгосрочного прогноза ливневых осадков на территории Украины**

*Рассмотрено пространственно-временное распределение ливневых осадков на территории Украины за последнее десятилетие. Определены наиболее информативные синоптические ситуации, при которых отмечаются ливневые осадки в Украине. Построена схема прогноза ливневых осадков в летний период для территории Украины.*

**V.F. Martazinova, O.C. Ivanova, I.M. Olexienko**

**The possibility of the long-range forecast of the rainstorms on the territory of Ukraine**

*The spatio-temporal distribution of rainstorms on the territory of Ukraine for the last decade is considered. The most informative synoptic situations at which rainstorms are occurred in Ukraine are defined. The scheme of the forecast of the rainstorms during the summer period for the territory of Ukraine is constructed.*