

УДК 551.577.1

Т.М. Заблоцька, В.М. Шпиг

ТРАНСФОРМАЦІЯ БАРИЧНОГО ПОЛЯ ТА ХМАРНОСТІ У ВИПАДКУ ТРИВАЛИХ І СИЛЬНИХ ОПАДІВ

Виконано аналіз умов формування сильних злив та інших небезпечних явищ у травні 2014 р. на території України. Проаналізовано перевищення кількості опадів на кожній станції щодо кліматологічної норми та його просторовий розподіл. Наведено результати синоптичного аналізу. Окреслено взаємозв'язок між тривалим періодом випадіння опадів, високою частотою виходу південних циклонів, потеплінням у верхній стратосфері й часом, коли в ній відбувається весняна перебудова циркуляції.

Ключові слова: злива, циклон, антициклон, стратосфера, аномальний рух, блокування, зона конвергенції, супутникова інформація.

Вступ

Сильні опади спричиняють великі збитки, тому прогнозування та розроблення можливих методів їх штучного зменшення важливі для будь-якої держави. Такі опади є епізодичними в часі, але іноді їх повторюваність може зростати. Прикладом частого формування сильних опадів є травень 2014 р., коли вони спостерігалися на території багатьох європейських країн. Так, на Балканах протягом декількох днів (з кінця першої до середини другої декади) випала більша, ніж трьохмісячна норма опадів. Таку кількість опадів не відмічали останні 120 років. В Україні також майже щоденно (крім 7, 8, 25 травня) фіксували дощі та зливи, іноді з випадінням граду та буревіями. У Львівській області на початку другої декади утворився паводок.

На сьогодні найповніше дослідження цього питання для території України в галузі синоптичної метеорології та кліматології подано в [6], де приведено інформацію про макро- та мезомасштабні синоптичні утворення, кількість опадів, їх повторюваність, тривалість, річний хід та деякі особливості добового ходу тощо. Тоді як у вітчизняній і зарубіжній літературі мало приділено уваги тропосферно-стратосферним зв'язкам.

Зважаючи на наведені вище обставини, виконання цього дослідження мало на меті дослідити характер розподілу перевищень опадів щодо норми на території та виконати аналіз синоптичних умов, які склалися в атмосфері.

Матеріали та метод дослідження

Для вирішення поставленого завдання було використано щодобові значення кількості опадів на всій мережі станцій України та кліматологічна

норма за травень (1961–1990 рр.). Аналіз баричного поля проводили за приземними картами та картами баричної топографії АТ-700, АТ-500, АТ-300, АТ-100, ОТ-500/1000 північної півкулі.

Метод дослідження полягав у кількісній оцінці перевищення опадів щодо багаторічної норми, його просторового розподілу. За картами баричної топографії та супутниковими знімками хмарного покриву визначали, які саме процеси в тропосфері спричиняли тривале формування потужних фронтальних хмарних систем.

Результати дослідження

За даними 168 станцій, які рівномірно охоплюють територію країни, кількість днів з опадами в травні 2014 р. на окремій станції була в межах від 11 до 14 днів (75 % станцій), а на деяких (25 %) і 15–17 днів.

Майже всюди місячна кількість опадів на станціях перевищувала кліматологічну норму (табл. 1, рис. 1).

Таблиця 1
Повторюваність перевищення кількості опадів щодо кліматологічної норми

Перевищення (рази)	0,01–1,00	1,01–2,00	2,01–3,00	3,01–4,00
Повторюваність, %	26	48	20	6

Тільки чверть станцій фіксували кількість опадів менше кліматологічної норми, на інших (три чверті станцій) опади її перевищували.

Уся центральна частина країни з півночі на південь потерпала від значних опадів. У таких областях як Волинська, Житомирська, Черні-

гівська, Київська, Черкаська, Кіровоградська, Миколаївська кількість опадів перевищила багаторічну норму в 2-3, іноді й у 4 рази. Тільки на півдні Закарпаття, в Криму, частково в Херсонській області та на південному сході опадів випало менше норми. Усюди опади мали переважно зливовий характер (рис. 1).

У різних районах і окремих населених пунктах країни менш ніж за добу випала місячна й більше норма опадів: 6 травня – Волноваха (58 мм), 16 травня – Львів (65 мм), Дрогобич (92 мм), 28 й 29 травня – Джанкой (51 й 38 мм), 31 травня – Вилково (89 мм), Золотоноша (46 мм) та ін.

Особливо багато опадів випало в Київській та Черкаській областях. За даними УкрГМЦ стільки опадів у травні в цих областях не було зареєстровано за весь період спостережень.

Загальна характеристика висотного баричного поля (ізобарична поверхня 500 гПа) була такою:

упродовж усього місяця над Європою домінував меридіональний характер циркуляції, зумовлений потужною висотною улоговиною. Головними центрами циркуляційних процесів були гребені Азорського (на заході) та Азійського (на сході) антициклонів і майже безперервна активна дія циклонів на півночі (Баренцеве море й центр Льодовитого океану) та циклонів з півдня. Вплив північно-західних циклонів був менш відчутним. Попередимне посилення гребенів сприяло зміщенню вісі улоговини на захід або на схід та блокуванню південних циклонів.

Детальніше можна виділити такі періоди:

перша декада – над Атлантикою антициклоніальне поле (вісь гребеня спрямована із північного сходу на південний захід), так орієнтована й улоговина. На сході над Західним Сибіром

гребінь простягався з півночі на південь. Розповсюдження улоговини на північ Африки сприяло затоку холоду та формуванню південно-західних циклонів. У кінці декади (9 травня) антициклоніальне поле над Атлантикою зруйнувалося, проте поширився його вплив у південно-східному напрямку (на західну частину Середземного моря, тобто з північного заходу на південний схід). Саме тоді східний гребінь змістився в західному напрямку й посилювався над Туркменістаном та Каспійським морем.

Такий стан обумовив роздвоєння улоговини: перша направлена зі Скандинавії на Туреччину, друга – із Карського моря на Казахстан.

У *другій декаді* Азорський гребінь відновив свій вплив на Атлантику й повністю **блокував** циклон, що утворився на периферії улоговини над Балканами. Це блокування практично тривало до кінця місяця. Найінтенсивнішим воно було в період 14-18 травня (градієнт висоти баричної поверхні в центрі улоговини змінювався від 1,7 до 3,7 гп. дкм/100 км).

Треба зазначити, що весь цей час на півночі (Льодовитий океан) панувало циклоніальне поле (висота поверхні 500 гПа становила 499 гп. дкм).

Починаючи з кінця другої декади й до кінця місяця обидва гребені зміщувались аномально: зі сходу на північний захід (Азорський – на східні райони Канади, Азійський – на Скандинавію). Це сприяло як пануванню циклоніального поля від Чукотки до північно-західних районів Африки (через усю півкулю із північного сходу на південний захід), так і в подальшому **блокуванні** циклонів, що утворювались переважно над сходом Туреччини й Чорного моря.

Паралельний аналіз баричної топографії на

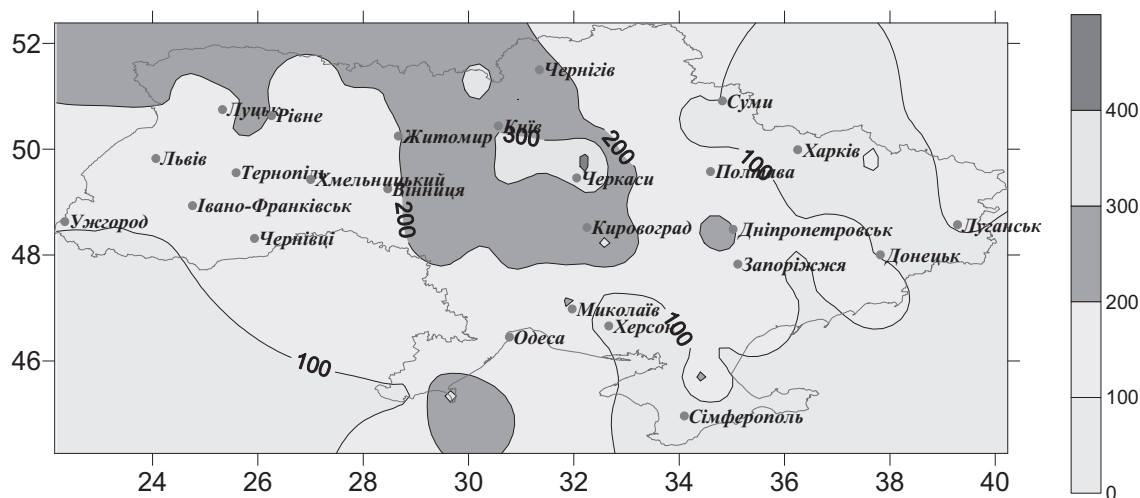


Рис. 1. Просторовий розподіл перевищення (%) кількості опадів щодо кліматологічної норми

поверхнях 500 й 300 гПа показав їх практичну ідентичність, а саме: замкнуті вихори як циклонального, так і антициклонального характеру були надзвичайно потужними й охоплювали всю тропосферу, тобто це свідчить про крупномасштабність циркуляційних процесів у досліджуваній період.

Приземне баричне поле в районі дослідження формувалось переважно у вигляді сідловини, тобто по широті з обох сторін щодо гіперболічної точки сідловини було антициклональне поле, а по довготі – циклональне.

Загалом найтипівішими процесами в Європі (з впливом на Україну) у теплому півріччі є такі [3]:

- Взаємодія антициклонів з півночі, що рухаються на Східну Європу, й західних чи норвезьких циклонів з азорськими антициклонами. Можливі також виходи південних циклонів.
- Взаємодія антициклонів, що рухаються на континент Європи зі Скандинавії чи Норвезького моря, з південними циклонами.
- Циклони з Північного Кавказу чи сходу Чорного моря, що рухаються на північний захід.

У травні 2014 р. мав перевагу третій типовий процес і частково другий – майже щоденні опади було зумовлено стійким зміщенням циклонів з Атлантики, Середземного та Чорного морів на територію України, їх взаємодією з північними циклонами та блокуванням антициклонами із заходу, півночі та сходу.

Синоптичні процеси, що сприяли випадінню опадів, були такими:

1-2 травня – вплив на лівобережну частину країни (Крим, південний схід) центру хвилі фронтальної системи II (з Північного Кавказу) та зон конвергенції в малоградієнтному баричному полі між глобальними фронтальними (полярною I та тропічною II) системами.

3-5 травня – послідовне зміщення західного циклону (північ Італії, Середньо-Дунайська низовина) спочатку на Правобережжя, потім на всю територію й далі на південний схід. Також активно діяли зони конвергенції.

6-7 травня – вплив на західні райони (Закарпаття, Львівська обл.) циклону з Атлантики (Північне море).

8-го травня продовжувався вплив циклону з Атлантики на західні райони, проте на схід Криму та південно-східні райони розповсюдив свій вплив циклон зі сходу Туреччини та Чорного моря. Між цими циклонами – малоградієнтне поле підвищеного тиску, тому циклон з Атлантики не поширював свої хмарні масиви вглиб країни.

Але південний циклон через блокування зі сходу антициклоном змінив свій напрям руху (замість півночі на північний захід, тобто виник аномальний рух) та швидко змістився в цьому напрямі. **9-го травня** хмарні масиви теплового фронту південного циклону та холодного з хвилями північно-західного наблизились один до одного, а **10-го травня** практично об'єднались, охоплюючи всю територію України (діяли також зони конвергенції на межі зближення хмарних систем). Улоговина північно-західного циклону, опускаючись дещо на південь, зруйнувала замкнутий вихор південного циклону біля поверхні землі, тоді як в тропосфері (поверхні 700 та 500 гПа) він зберігався й 11 травня.

11-13 травня – аналогічна взаємодія вторинних циклонів (в улоговині північно-західного циклону) й південного (зі сходу Чорного моря). Хмарні системи об'єдналися з **12 на 13 травня**. У цей період активніша хмарна система циклону з Атлантики.

13-18 травня – дія циклону з південного заходу з другої половини **13 травня**, його повільне зміщення в північно-східному напрямі зумовило опади на заході, півдні та в центрі (**14 травня**). Надалі циклон майже повністю (з усіх сторін) блокувався (**15 травня**) й почав збільшувати швидкість обертання, що спричинило сильні опади, буревії та грозову активність на Правобережжі та півночі.

16 та 17 травня поступово хмарний покрив розширився в південно-західному напрямку (аномально), проте став розрідженішим, а **18 травня** стрімко змінив напрям руху на північний захід. На межі з антициклональним полем сформувалися зони конвергенції.

19-26 травня – активізувалися циклонічна діяльність над південним заходом (Нижньо-Дунайська низовина) та сходом Чорного моря (це – хвильове збудження на глобальних фронтальних системах I та II), а також зони конвергенції на межі з антициклональним полем.

27-31 травня – наприкінці досліджуваного періоду над Східною Європою діяли фронтальні системи I та II, орієнтовані в широтному напрямку, та циклонічна діяльність над Кавказом і сходом Чорного моря. Над Скандинавією та крайнім південним заходом – антициклональне поле. Своєрідна перебудова антициклонального поля (розповсюдження північного та Азорського антициклонів у південно-східному напрямі, розвиток субтропічного антициклогенезу) блокувала ділянки фронтальних систем I й II. Вони витяглися в меридіональному напрямі від Чорного до Балтійського морів, в центрах хвиль

сформувалися циклони, а на межі циклонального й антициклонального полів – потужні зони конвергенції.

Ретельну оцінку умов, що сприяли утворенню сильних опадів, було виконано шляхом аналізу синоптичної інформації та супутникових знімків хмарних масивів кожні 15 хв.

Дуже сильні й тривалі опади було зумовлено формуванням південних циклонів (особливо на сході Чорного моря), їх блокуванням та аномальним зміщенням і тісною взаємодією глобальних

фронтальних систем I й II. Для підтвердження розглянемо дві синоптичні ситуації: 13-18 та 27-31 травня, коли спостерігалися небезпечні явища (сильні зливи, випадіння граду, буревії) на значній території України.

13-18 травня на Правобережжі та в північних районах (тобто майже на половині всієї території країни) випало від 30 до 80 мм опадів (рис. 2а). Протягом досліджуваного періоду (6 днів) опади спостерігали впродовж 5-6 днів на 24 % станцій, 3-4 днів – 41 % й 1-2 днів – 35 %.

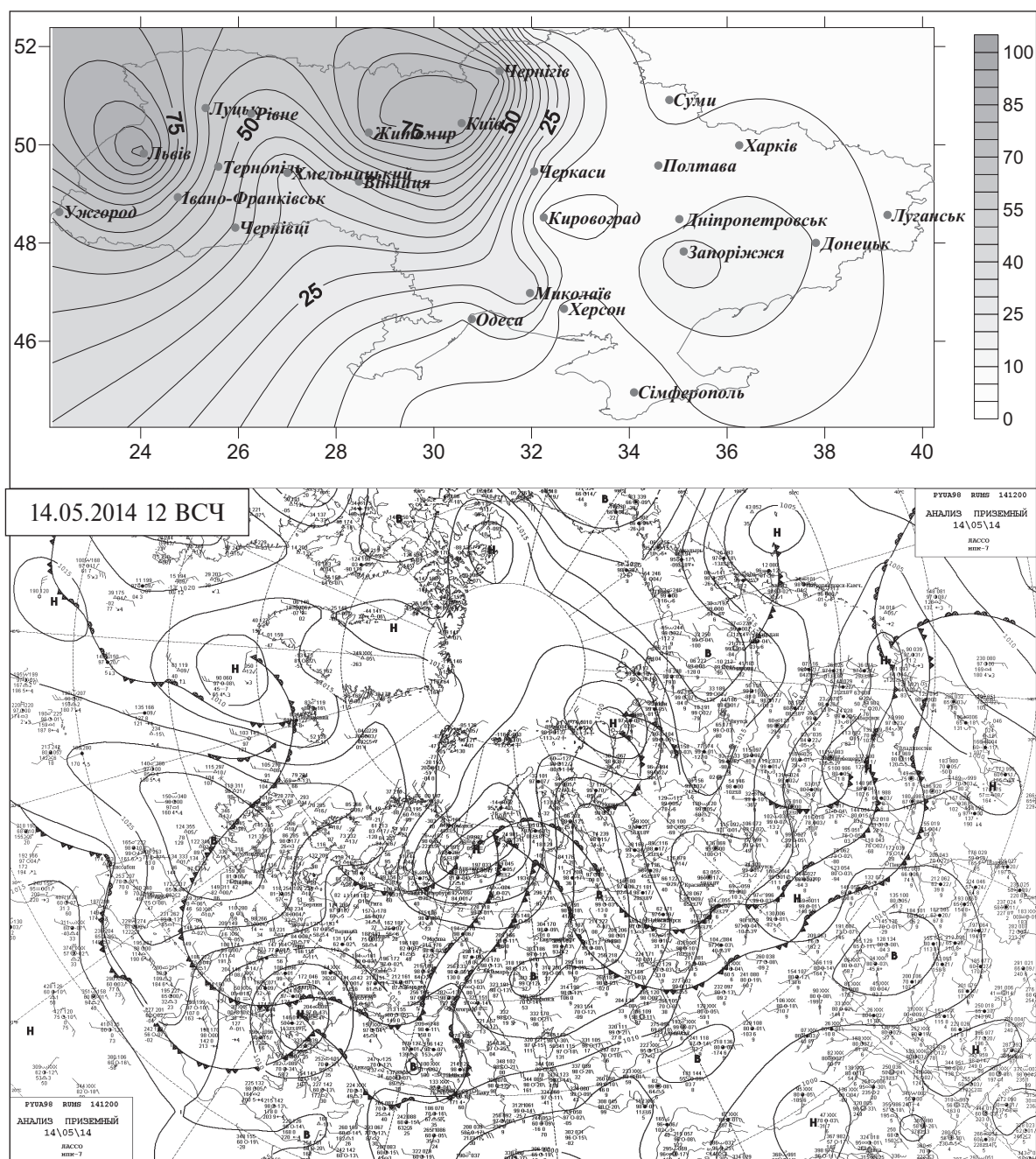


Рис. 2. Просторовий розподіл кількості опадів (мм) протягом 13-18 травня 2014 р. (а) та приклад приземного баричного поля 14 травня 2014 р., 12 ВСЧ (б)

Їх випадіння було зумовлено тривалим впливом заблокованого над Балканами циклону (рис. 2б). Безпосередньою причиною утворення та блокування цього циклону є одночасна (з певною послідовністю) дія антициклонів: Канадського, Азорського, Азійського та субтропічного поясу підвищеного тиску.

Канадський антициклон, розповсюджуючись на північні райони Європи, змістив циклон (з центром над Баренцовим морем) та фронтальну систему I на південь. Саме тоді посилення субтропічного антициклогенезу на півдні (північно-східні райони Африки) та зміщення Азійського антициклону із західною складовою руху сприяли поширенню фронтальної системи II на північ. Обидві фронтальні системи рухались назустріч одна одній. Об'єднання над Балканами хмарних масивів центрів хвиль зумовило утворення циклону та його подальше блокування (рис. 3).

Надалі, хоча Канадський антициклон і почав відступати, його місце зайняв Азорський антициклон, охоплюючи всю північну частину

Західної, а потім і Східної Європи. Таким чином, циклон над Балканами був заблокований з усіх сторін. Потім Азорський антициклон почав поширюватись ще й у південно-східному напрямі, розриваючи фронтальну систему II та руйнуючи циклон (17-18 травня). Після зближення одна з однією ділянки систем I й II почали повільно зміщуватись в північно-східному напрямі.

27-31 травня опади фіксували на всій території країни, проте найбільшими (від 20 до 70 мм) вони були в районах Волино-Подільської та Придніпровської височин та до 90 мм на півночі Криму. Вони випадали протягом 3-4 днів на 44 % станцій, 1-2 днів – 56 % станцій (рис. 4а).

Структура висотного баричного поля над усією півкулею була складною. Напередодні (26 травня) територію Центральної та півдня Східної Європи було охоплено малоградієнтним полем підвищеного тиску. Над Західною Європою та сходом Чорного моря й Туреччиною відмічено циклонічну діяльність.

Обидві фронтальні системи (I й II) були роз-

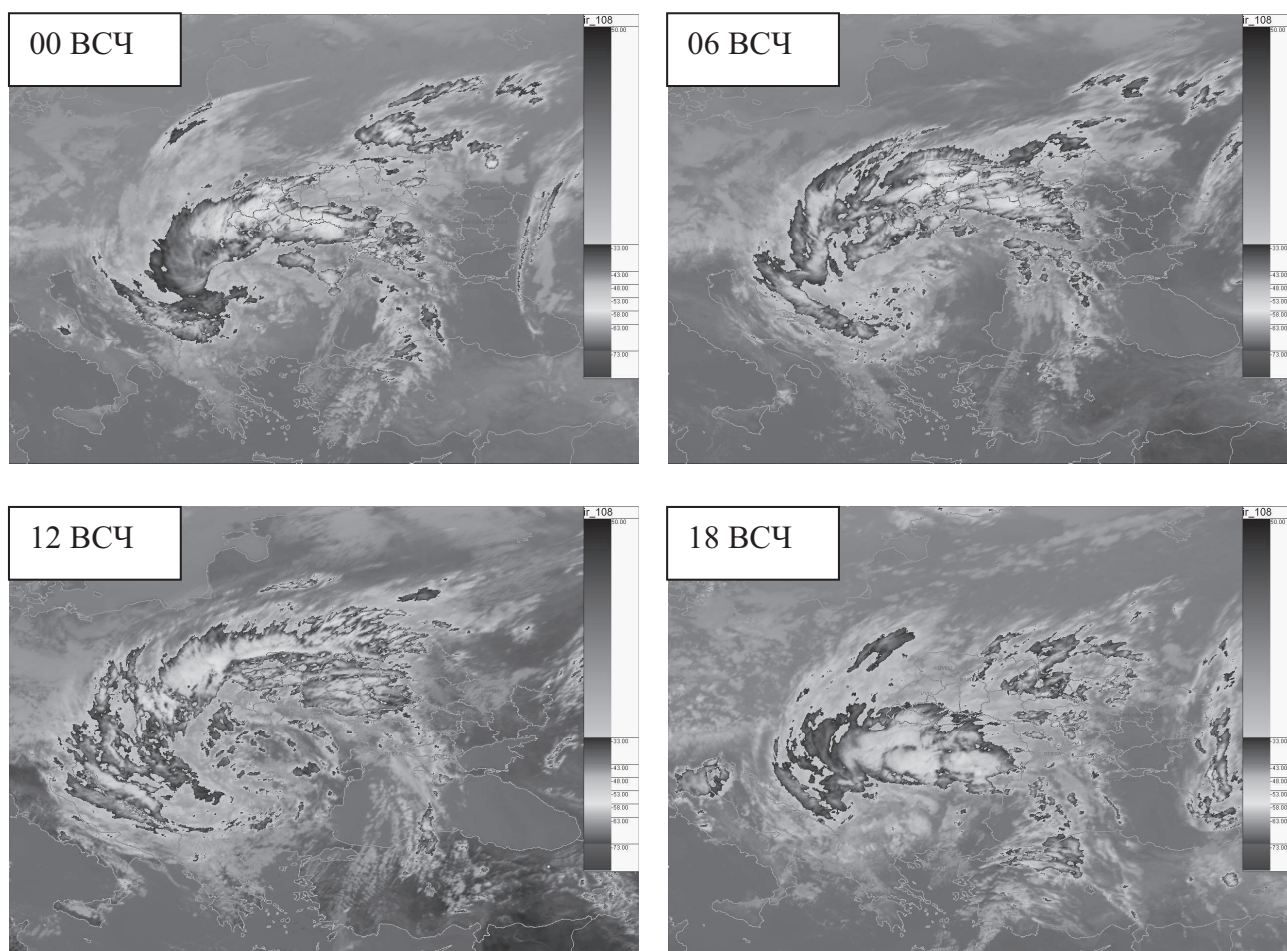


Рис. 3. Розповсюдження хмарного покриття під час блокування 15 травня (00, 06, 12 та 18 ВСЧ)

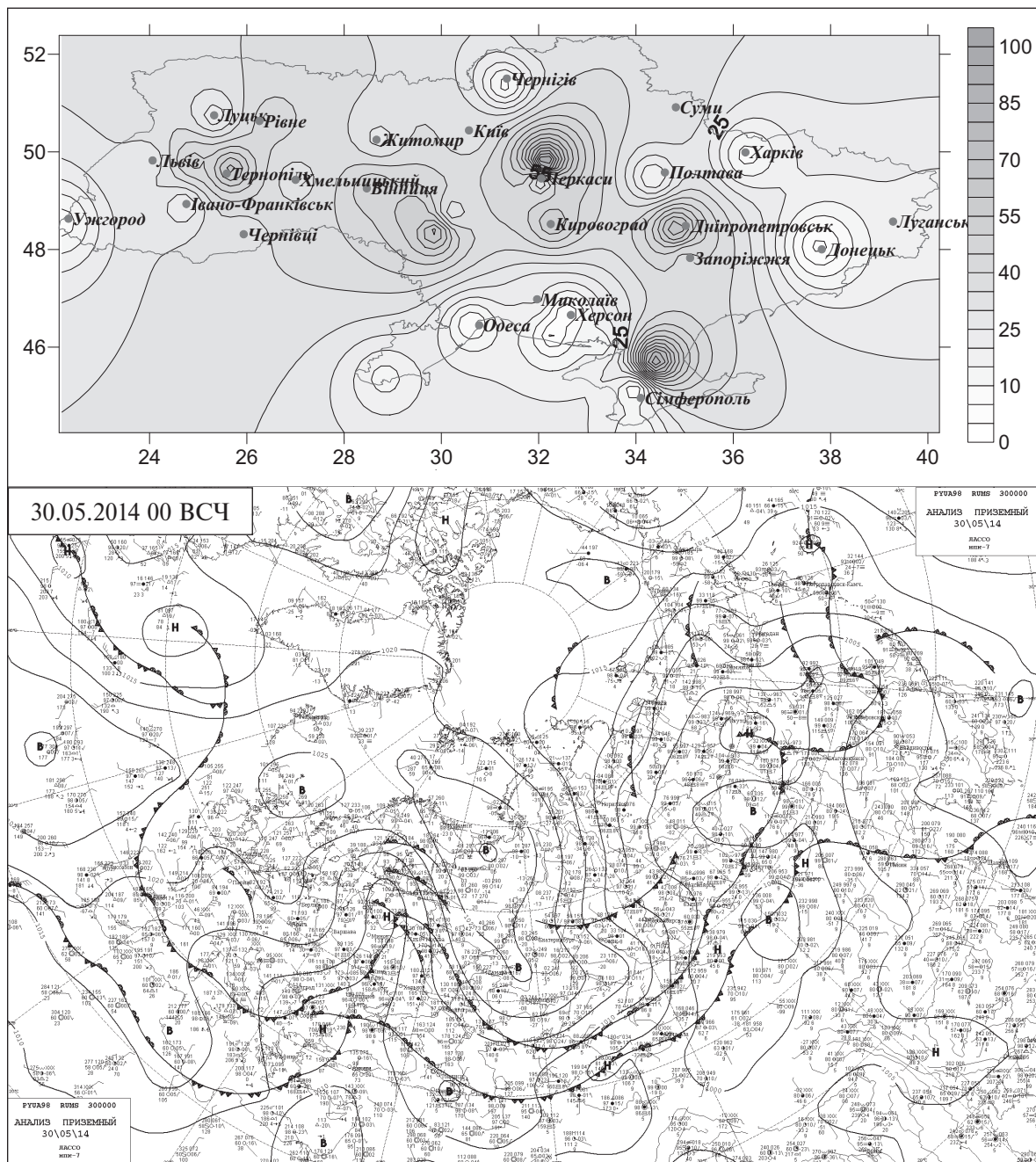


Рис. 4. Просторовий розподіл кількості опадів (мм) протягом 27-31 травня 2014 р. (а) та приклад приземного баричного поля 30 травня 2014 р. 00 ВСЧ (б)

ташовані на півночі. Великий вплив на подальший розвиток процесів мав також потужний циклон над північними районами ЄТР та Західним Сибіром.

Перебудова баричного поля над усією півкулею (її основними центрами) у досліджуваній період відбувалась майже одночасно. Через інтенсифікацію Азорського та північного антициклонів циклон над Західною Європою зміщувався в східному напрямку, саме тоді вищезгаданий потужний циклон, що мав широтне розташуван-

ня, через посилення антициклону над північчю Східного Сибіру (Північно-Тихоокеанський) стрімко почав розповсюджуватись у південно-західному напрямку і зміщувати гребінь Азійського антициклону на захід.

Такий, практично одночасний, розвиток антициклогенезу сприяв тому, що обидві фронтальні системи 28 травня (від 00 до 12 год.) із аномально великою швидкістю (≥ 100 км/год) змістились на південь (рис. 4б).

Ці фронтальні системи надалі були заблоко-

вані на межі між циклональним та антициклональним полями. Утворилась довготривала великомасштабна зона конвергенції, в якій формувались небезпечно сильні зливи, рис. 5.

Стійке зміщення південних циклонів, вірогідно, є своєрідним (за інтенсивністю) проявом макромасштабної циркуляції (взаємно в тропосфері й у стратосфері) у Північній півкулі. Відомо, що основний внесок у загальну мінливість макроциркуляційних процесів атмосфери дають зимові процеси (як активніші), а найсуттєвіші з них – стратосферні потепління, що характеризують ступінь обміну повітря між субтропічними й полярними широтами [4]. Існує думка, що вони виникають завдяки енергії хвильових збурень планетарного масштабу [2].

Оцінка макроциркуляції за різними індексами для Північної півкулі (як усієї, так і окремих районів) показала, що в період потеплень у 2-3 рази зростає інтенсивність меридіональної циркуляції від поверхні землі й до висоти 25-30 км [5].

Вірогідно, треба також урахувувати й взаємо-

зв'язок між потепліннями й часом, коли відбувається весняна перебудова циркуляції в стратосфері. Чим інтенсивніше й пізніше спостерігаються потепління в другій половині зими, тим пізніше настає літній режим циркуляції. Установлено й те, що в роки пізньої перебудови стратосферної циркуляції (перехід від циклонального до антициклонального поля) тропосфера найбільше реагує в травні та червні, що проявляється підвищеною повторюваністю виходу циклонів з півдня (із Середземного й Чорного морів). У вільній атмосфері встановлюється глибока висотна улоговина [1].

Подібний стан (циклональне поле над полюсом, панування потужних улоговин на всьому просторі півкулі й вихід південних циклонів) був у досліджуваний період.

Висновки

На прикладі травня 2014 р. показано, що в атмосфері можуть складатись такі умови, коли протягом достатньо довгого періоду часу значно

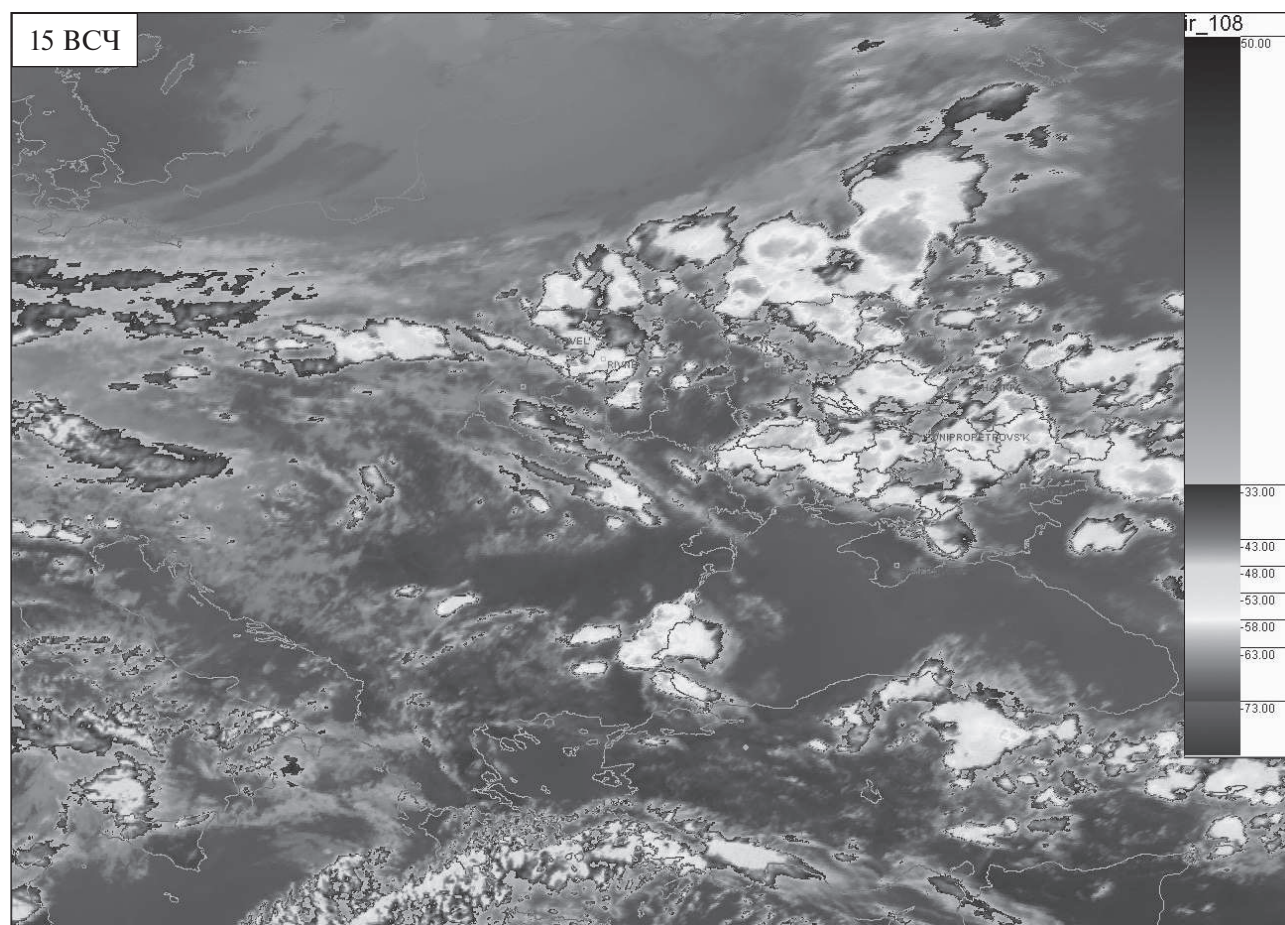


Рис. 5. Інфрачервоний знімок ($\lambda=10,8$ мкм) 28 травня 15 ВСЧ: зона конвергенції та радіаційна температура на верхній межі хмарного покриву

зростає повторюваність надзвичайно сильних опадів.

Головною причиною збільшення частоти сильних опадів є встановлення тривалого режиму блокування.

Отримані результати вказують на те, що виникнення режиму блокування може бути своєрідним впливом вибухового стратосферного потепління на початку літньої стратосферної циркуляції, що супроводжується збільшенням частоти утворення південних циклонів та макромасштабною інтенсифікацією меридіональних процесів у тропосфері.

* *

1. Бакулина Е.А., Дунаева Е.А., Угрюмов А.И. Связь весенних перестроек циркуляции в стратосфере с характером процессов в тропосфере в марте – июне // Метеорология и гидрология. – 2009. – № 2. – С. 29-37.
2. Дымников В.П., Филатов А.Н. Устойчивость крупномасштабных атмосферных процессов. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1990. – 235 с.
3. Кричак О.Г. Синоптическая метеорология. – Л.: Гидрометеоиздат. – 1956. – 532 с.
4. Переведенцев Ю.П., Шанталинский К.М., Исмагилов Н.В. Структура и взаимосвязи зимних макроциркуляционных процессов в тропосфере и стратосфере умеренных широт Северного полушария // Метеорология и гидрология. – 1998. – № 5. – С. 25-35.
5. Погосян Х.П., Павловская А.А. О зимних потеплениях в стратосфере Северного полушария // Метеорология и гидрология. – 1978. – № 2. – С. 15-20.
6. 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.

Український гідрометеорологічний інститут, Київ

Т.Н. Заболоцкая, В.М. Шпиг

Трансформация барического поля и облачности в случае длительных и сильных осадков

Выполнен анализ условий формирования сильных ливней и других опасных явлений в мае 2014 г. на территории Украины. Проанализировано превышение количества осадков на каждой станции относительно климатологической нормы и его пространственное распределение. Приведены результаты синоптического анализа. Определена взаимосвязь между длительным периодом выпадения осадков, высокой частотой выхода южных циклонов, потеплением в верхней стратосфере и временем, когда в ней происходит весенняя перестройка циркуляции.

Ключевые слова: ливень, циклон, антициклон, стратосфера, аномальное движение, блокирование, зона конвергенции, спутниковая информация.

T.M. Zabolotska, V.M. Shpyg

Transformation of baric field and cloudiness in the case of long-term and heavy precipitation

Analysis of the atmospheric conditions during formation of heavy rainfall and other hazards over Ukraine in the May 2014 was carried out. The excess of rainfall for each station relative to climatological norm and its spatial distribution were analyzed. Synoptic analysis results are shown. It was described the relation between the long-term precipitation period, high frequency of outlets of southern cyclones, warming in the upper stratosphere and the time when spring time reconstruction of circulation begins.

Keywords: rainfall, cyclone, anticyclone, stratosphere, abnormal moving, blocking, zone of convergence, satellite information.