

УДК 551.513.2, PACS: 92.60.Bh, 92.60.hv

## КЛАСИФІКАЦІЯ СИНОПТИЧНИХ ПРОЦЕСІВ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДИФІКОВАНОГО МЕТОДУ ДЖЕНКІНСОНА-КОЛЛІСОНА

І. Г. Семенова<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Одеський державний екологічний університет,  
вул. Львівська, 15, 65016, Одеса, Україна

<sup>2</sup>Instituto Pirenaico de Ecología,  
Avda. Montañana, 1005, Zaragoza, Spain  
in\_home@ukr.net <https://orcid.org/0000-0003-3383-4848>

Територія України протягом року знаходиться під впливом різноманітних синоптичних процесів, які зазнають певної еволюції в умовах підстильної поверхні регіону і подекуди призводять до утворення несприятливих та небезпечних погодних умов. Класифікація синоптичних процесів дозволяє впорядкувати набір щоденних синоптичних ситуацій з урахуванням особливостей певного регіону як для їх використання при складанні прогнозів погоди, так й для дослідження динаміки регіональних синоптичних процесів в умовах зміни клімату. В даному дослідженні для класифікації синоптичних процесів на території України використовується модифікований метод Дженкінсона-Коллісона, який ґрунтується на використанні даних поля тиску біля поверхні землі та на ізобаричній поверхні 500 гПа. Аналіз отриманого набору щоденних типів циркуляції атмосфери за період 1948-2021 рр. та побудовані на його основі композитні поля тиску для кожного типу показали, що всі синоптичні ситуації чітко визначаються згідно з класифікацією та мають сезонні особливості повторюваності. Протягом року превалюють адвективні процеси західної групи, також часто спостерігається східна адвекція, причому цей тип циркуляції домінує у весняні місяці року. Процеси південної групи найбільш характерні для холодного періоду року. Антициклони частіше виникають над регіоном взимку та восени, а циклони – влітку та навесні. Залучення в класифікації даних поверхні 500 гПа дозволяє врахувати тривимірну структуру синоптичних об'єктів та виділити такі типи циркуляції як низькі циклони та антициклони, а також улоговини і відсічений циклогенез на висотах. Отримано, що низькі (термічні) циклони та антициклони становлять невелику частку синоптичних ситуацій, тому в роботі обговорюється доцільність подальшого включення їх в типізацію для території України. Досить рідкісними виявилися процеси, пов'язані з відсіканням циклону на верхніх рівнях, але через можливість утворення небезпечних погодних умов цей тип циркуляції є необхідним при класифікації регіональних синоптичних процесів.

**Ключові слова:** тип циркуляції; регіональний синоптичний процес; адвекція; синоптичний об'єкт; синоптична класифікація.

### 1 ВСТУП

Різноманітність синоптичних процесів окремих територій завжди викликала підвищену увагу фахівців в питаннях їх систематизації та використання у синоптичній практиці. Незважаючи на успіхи в покращенні чисельних прогнозів погоди з використанням глобальних та регіональних моделей циркуляції атмосфери, оцінка локальних атмосферних процесів та пов'язаних з ними умов погоди, як і раніше, залишається одним із завдань синоптичного аналізу. З іншого боку, прикладні дослідження, спрямовані на пошуки взаємодії характеру атмосферної циркуляції з просторовим розподілом та тенденціями метеорологічних величин, стихійних лих, екологічними проблемами тощо, вимагають певної

систематизації атмосферних процесів на рівні окремих регіонів [1-3].

Сучасні чисельні підходи ґрунтуються на розробці об'єктивних методів класифікації атмосферних процесів, які адаптуються до будь-якого місця розташування, що забезпечується перевіреними критеріями та процедурами для оцінки типів циркуляції. Більшість ранніх класифікацій використовує опис структури приземних та висотних баричних полів, представлених у вигляді синоптичних карт (наприклад, класифікації Дзердзєєвського, Ванегенгейма-Гірса). Такі класифікації можуть доповнюватись іншими характеристиками (полем температури, опадів, вологості). У класифікації можуть бути враховані траєкторії баричних утворень та погодні умови на близьких

станціях.

Методи класифікації циркуляційних процесів бувають суб'єктивними, об'єктивними та змішаними (гібридними).

У суб'єктивних класифікаціях класи (типи) циркуляції визначаються суб'єктивно (вручну), і процес розподілення конкретних випадків до цих типів також проводиться суб'єктивно. Суб'єктивні методи, як правило, мають велику кількість типів, що прагнуть найбільш повно описати конкретну синоптичну ситуацію (наприклад, метод Хесса-Брезовського, 29 типів Grosswetterlagen [4]), або прив'язані до якогось географічного регіону, наприклад класифікація Кароссі [5], що враховує положення циклонів та антициклонів по відношенню до Карпатського регіону (13 типів).

Об'єктивні класифікації ґрунтуються на методах, в яких циркуляційні типи визначаються автоматизовано за допомогою чисельних процедур із використанням обчислювальної техніки. У таких класифікаціях застосовуються методи математичної статистики, наприклад, метод кластеризації та оптимізації, метод головних компонентів, кореляційний аналіз, неймережі тощо [6]. У змішаних методах досягається деяка автоматизація процесу, коли для визначення типу циркуляції використовуються кількісні порогові значення чи передумови, які дозволяють автоматично присвоювати конкретній ситуації певний тип циркуляції. Прикладом такої класифікації може бути схема Schuerpp, розроблена для Альпійського регіону [7], яка включає порогові значення деяких метеорологічних характеристик: градієнт приземного тиску та напрям вітру, вітер на рівні 500 гПа, вертикальний зсув вітру та інші параметри.

Огляду численних класифікацій циркуляційних процесів у Європі було присвячено п'ятирічний проект COST Action 733 «Harmonization and Application of Weather Type Classifications for European Regions», в якому проведено порівняльний аналіз 33 класифікацій (27 об'єктивних і 6 суб'єктивних), що дозволило створити набір каталогів циркуляції для 12 регіонів Європи та супутнє програмне забезпечення [8].

Однією з перших і відносно простих об'єктивних класифікацій була класифікація Дженкінсона і Коллінсона [9], яка створювалася для відтворення більш ранньої суб'єктивної класифікації Лемба, розробленої для Британських островів, що враховує напрям потоку і кривизну ізобар на приземних

картах [10]. Подальші дослідження показали універсальність методу Дженкінсона-Коллінсона, причому його успішно використовували як у районах, що межують з морем [11-12], так і на континентальних просторах [13]. При цьому аналіз результатів для конкретних регіонів дозволив авторам узагальнити і поєднати деякі типи, оптимізувавши цим класифікацію для зони своїх географічних інтересів і скоротивши кількість типів циркуляції порівняно з великою суб'єктивною класифікацією (26 типів).

Одним із недоліків більшості регіональних класифікацій циркуляційних процесів є використання інформації лише приземних полів тиску, тоді як характер погоди конкретних територій формується під дією тривимірних тропосферних процесів. На це вказувалося, наприклад, у роботі Martín-Vide [14], де для Піренейського півострова показано, що саме приземні поля тиску слабко корелюють полями опадів, без урахування структури поля тиску середньої тропосфери. Тому включення в типізацію інформації з рівнів середньої тропосфери істотно розширює можливості більш детальної класифікації типів циркуляції з урахуванням вертикальної структури баричних утворень і стану тропосферних потоків. В дослідженні [15] було запропоновано об'єктивний метод класифікації синоптичних ситуацій над Європою та Північно-Східною Атлантикою, який ґрунтується на типах Grosswetterlagen (GWL) Хесса-Брезовського та використовує поля середнього тиску на рівні моря і геопотенціальної висоти 500 гПа. Як зазначається, об'єктивний підхід дозволив не тільки автоматизувати процедуру визначення типу циркуляції, але й значно розширив географічні межі застосування класифікації, адже класична класифікація Хесса-Брезовського розрахована перш за все, на типізацію синоптичних процесів Центральної Європи.

У нашому дослідженні для типізації синоптичних процесів над територією України було застосовано модифіковану класифікацію Дженкінсона-Коллінсона з урахуванням структури поля тиску на рівні 500 гПа, яка вперше була запропонована у роботі Miró та ін. [16] для західного Середземномор'я та північного сходу Піренейського півострова. Метою дослідження є визначення повторюваності типів регіональної циркуляції атмосфери та їх відповідності реальними синоптичним процесам для адаптації цієї класифікації до умов України.

## 2 МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ

Класифікація Дженкінсона-Коллісона, яка традиційно включає 27 типів циркуляції, заснована на восьми змінних, що розраховуються виключно за даними приземного атмосферного тиску на 16 або 9 точковій схемі для всієї області розрахунку: середній тиск; зональна складова геострофічного вітру, розрахована як градієнт тиску між широтами; меридіональна складова геострофічного вітру, розрахована як градієнт тиску між відповідними довготами; напрямок вітру; швидкість вітру; зональна складова вихору швидкості; меридіональна складова вихору швидкості; вихор швидкості. Вибір більшої кількості вузлів сітки, як правило, зменшує кількість некласифікованих випадків, тому в даному дослідженні для території України обрано варіант 16-точкової схеми з кроком сітки 10 градусів (рис. 1). Центр розрахункової області розташований у центральній частині України. Особливістю застосовуваного комбінованого методу є те, що всі вузли сітки для рівня 500 гПа зміщені на захід на 5 градусів по відношенню до сітки на рівні поверхні землі. Такий підхід дозволяє врахувати типовий нахил просторової осі баричних утворень, а також такі структури, як висотні улоговини та гребені. Вісім змінних розраховуються за відповідними формулами з використанням тиску або геопотенціальної висоти у вузлах сітки та комбінуються у типи циркуляції відповідно до п'яти правил цієї методики, які наведені в статті [16].

Для визначення щоденних типів циркуляції на території України в період з 1 січня 1948 р. по 31 грудня 2021 р. було використано значення тиску на рівні моря та геопотенціальної висоти поверхні 500 гПа з реаналізу NCEP/NCAR-1 [17], за 12:00 UTC для 16-ти точок зазначеної вище схеми.

Базовий програмний R-код для розрахунку типів циркуляції було надано Піренейським інститутом екології (проф. S.M. Vicente-Serrano). Він дає змогу визначити 15 циркуляційних типів, адже до 13 типів комбінованої об'єктивної класифікації в розрахунок додано два типи із суб'єктивної класифікації Martín-Vide [18] для Піренейського півострова, які були об'єднані авторами з іншими типами циркуляції через їх невелику повторюваність.

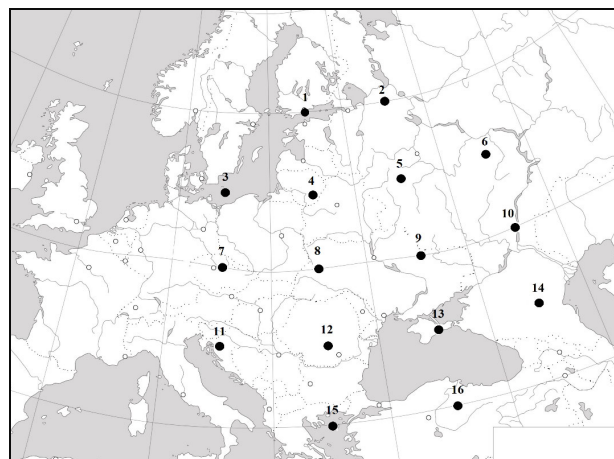


Рис. 1 - Схема розташування точок розрахункової сітки біля поверхні землі

Fig. 1 - Scheme of the grid location at the sea surface level

Йдеться про типи баричних утворень, механізм яких обумовлений термічним впливом підстильної поверхні. Тип "Термічний антициклон" (Thermal Anticyclone, TYPE\_16) діагностується, коли біля поверхні землі в холодному повітрі формується область високого тиску із замкнутими ізобарами, а на висоті антициклон відсутній. Такі ситуації характерні для холодного періоду року при інтенсивному затоці холоду та стаціонаванні холодної повітряної маси в регіоні. Тип "Термічний циклон" (Thermal Low, TYPE\_13), який характеризується неглибоким циклоном біля поверхні землі, що зникає з висотою, у програмному коді автоматично ділиться на два підтипи: "Термічний циклон" (Thermal Low) і "Неглибокий циклон" (Shallow cyclone). Оскільки для території Піренейського півострова термічні циклони характерні влітку при сильному прогріванні підстильної поверхні, назва цього типу автоматично присвоюється синоптичній ситуації в період року з травня по вересень. В інші місяці цьому ж об'єктивно визначеному типу ситуації присвоюється назва «Неглибокий циклон», що також означає присутність циклону тільки біля поверхні землі, але його механізм виникнення не зумовлений повністю термічним фактором. Для території України ці типи циркуляції також було визначено та проаналізовано для доцільності їх подальшого виділення як окремих класів.

У табл. 1 представлена інформація про всі типи комбінованої класифікації, що використовується в даному дослідженні. Слід зазначити, що конфігурація ізобар/ізогіпс оцінюється над районом дослідження, що охоплюється вузлами розрахункової сітки.

**Таблиця 1** – Типи циркуляції за модифікованою класифікацією Дженкінсона-Коллісона (TYPE\_s\_) [16] та класифікацією Martin-Vide (TYPE\_) [18]**Table 1** – Circulation types according to the modified Jenkinson-Collison classification (TYPE\_s\_) [16] and the Martin-Vide classification (TYPE\_) [18]

Тип циркуляції	Оригінальна назва	Інтерпретація
TYPE_s_01	West advection	<i>Західна адвекція.</i> Напрямок ізобар біля поверхні землі та ізогіпс на рівні 500 гПа відповідає західним вітрам
TYPE_s_02	Anticyclonic western advection	<i>Антициклонічна західна адвекція.</i> Розташування антициклону біля поверхні землі та конфігурація ізогіпс на рівні 500 гПа спрямована відповідає утворенню західних вітрів
TYPE_s_03	Northwest advection	<i>Північно-західна адвекція.</i> Напрямок ізобар біля поверхні землі та ізогіпс на рівні 500 гПа відповідають північно-західним вітрам
TYPE_s_04	North advection	<i>Північна адвекція.</i> Напрямок ізобар біля поверхні землі та ізогіпс на рівні 500 гПа відповідають північним вітрам
TYPE_s_05	Northeast advection	<i>Північно-східна адвекція.</i> Напрямок ізобар біля поверхні землі та ізогіпс на рівні 500 гПа відповідають північно-східним вітрам
TYPE_s_06	East advection	<i>Східна адвекція.</i> Напрямок ізобар у поверхні землі відповідає східним вітрам, тоді на рівні 500 гПа присутній висотний гребінь або зона східних вітрів
TYPE_s_07	East Advection with cut-off low above	<i>Східна адвекція з відсіченим верхнім циклоном.</i> Напрямок ізобар у поверхні землі відповідає східним вітрам, тоді на рівні 500 гПа присутній висотний циклон або улоговина
TYPE_s_08	South advection	<i>Південна адвекція.</i> Напрямок ізобар біля поверхні землі та ізогіпс на рівні 500 гПа відповідають південним вітрам
TYPE_s_09	Southwest advection	<i>Південно-західна адвекція.</i> Напрямок ізобар біля поверхні землі та ізогіпс на рівні 500 гПа відповідають південно-західним вітрам
TYPE_s_10	Trough	<i>Улоговина.</i> Улоговина, що перетинає район дослідження із заходу на схід, без визначеного центру
TYPE_s_11	Low or Cyclone	<i>Циклон.</i> Циклон із замкненими ізобарами/ізогіпсами присутній біля поверхні землі та на рівні 500 гПа
TYPE_s_12	Shallow Cyclone or Undetermined pressure gradient	<i>Неглибокий циклон.</i> Неглибокий циклон біля поверхні землі, який зникає з висотою, або малоградієнтне поле тиску; на рівні 500 гПа малоградієнтне поле тиску або висотний гребінь
TYPE_s_13	Anticyclone	<i>Антициклон.</i> Антициклон із замкненими ізобарами / ізогіпсами, присутній біля поверхні землі та на рівні 500 гПа
TYPE_13	Thermal Low	<i>Термічний циклон.</i> Неглибокий циклон біля поверхні землі, який зникає з висотою; на рівні 500 гПа малоградієнтне поле або адвективний тип. Цей тип більш характерний для літніх місяців
TYPE_16	Thermal anticyclone	<i>Термічний антициклон.</i> Приземний антициклон утворюється в холодній повітряній масі, що стаціонує; на рівні 500 гПа може спостерігатися малоградієнтна улоговина або адвективний тип. Цей тип більш характерний для зимових місяців

Як можна бачити, всі типи циркуляції поділяються на три основні групи: 1) адвективне перенесення, що відповідає певному напрямку вітрів біля поверхні землі та на висотах у районі дослідження; 2) циклон, що відповідає циклонічній циркуляції біля поверхні землі, при різних ситуаціях на висотах; 3) антициклон, що відповідає антициклонічній циркуляції біля поверхні землі, при різних ситуаціях на висотах.

### 3 РЕЗУЛЬТАТИ

#### 3.1 Типи циркуляції

Розглянемо, як розподілилися щоденні поля тиску за період 1948-2021 рр. за типами циркуляції і їх візуалізацію для кожного типу. В табл. 2 представлені композитні поля тиску біля поверхні землі та рівня 500 гПа для обчислених типів циркуляції (ТЦ). Результати можна поєднати у шість груп типів циркуляції, які об'єднує характер баричного поля та напрямок переносу (адвекції) у поверхні землі: 1) антициклонічна (типи 1ТЦ, 2ТЦ); 2) циклонічна (типи 4ТЦ, 5 (з) та 5(л) ТЦ, 6ТЦ); 3) східна (типи 7ТЦ, 8ТЦ); 4) північна (типи 9ТЦ, 10ТЦ, 11ТЦ); 5) південна (типи 12ТЦ, 13 ТЦ); 6) західна (типи 3ТЦ, 14ТЦ). Далі наведемо короткий опис кожного з типів циркуляції з розглядом особливостей на прикладах фактичних полів тиску, які наведені на рис. 2 для зимового та літнього періодів і обрані з отриманих наборів дат по кожному з типів циркуляції.

**1ТЦ (Антициклон):** біля поверхні землі антициклон розташований над Східною та Центральною Європою з основним центром над Україною або північніше (див. табл. 2, 1ТЦ). У зимовий період антициклон, зазвичай, більш потужний, ніж влітку (рис. 2, 1ТЦ). У висотному полі тиску територія України у південній та східній частині знаходиться під впливом висотної улоговини, орієнтованої з північного сходу. Західна та північна частини країни знаходяться в області потужного висотного гребеня, орієнтованого з центрального Середземномор'я на Прибалтику.

**2ТЦ (Термічний антициклон):** біля поверхні землі антициклон розташовується над Східною та Центральною Європою з основним центром над Україною (див. табл. 2, 2ТЦ). Тиск у центрі в середньому нижче, ніж у типі 1ТЦ. У фактичних ситуаціях антициклон може бути представленим полем підвищеного тиску з окремими центрами,

які підсилюються або слабшають в залежності від часу доби та термічного впливу підстильної поверхні (рис. 2, 2ТЦ). У висотному полі тиску територія України повністю знаходиться в області висотної улоговини, орієнтованої з північного сходу. Висотний гребінь займає центральну Європу та орієнтований із південного заходу Європи на Балтійське море.

**3ТЦ (Західна адвекція):** в приземному та висотному полі тиску циркуляція атмосфери над Європою характеризується наявністю обширного поля низького тиску або циклону (біля поверхні землі) у високих широтах, та полем підвищеного тиску у південній половині Європи з максимальним тиском над західним Середземномор'ям (див. табл. 2, 3ТЦ). Даний тип, як правило, супроводжується активною циклонічною діяльністю над північчю Європи і прилеглими морями як у зимовий, так і літній періоди, при цьому територія України може періодично підпадати під вплив глибоких улоговин та атмосферних фронтів, пов'язаних з цими циклонами (рис. 2, 3ТЦ). У смузі широт 45-55° півн.ш. є зона західних вітрів практично над усім континентом, зокрема над Україною.

**4ТЦ (Циклон):** біля поверхні землі над територією України розташовується великий циклон із замкнутими ізобарами (табл. 2, 4ТЦ). Улоговина циклону може поширюватися на Балканський та Апеннінський півострів. Циклон обмежений гребенем зі сходу або півночі (рис. 2, 4ТЦ). Висотний циклон знаходиться на захід від приземного центру, інтенсивна висотна фронтальна зона (ВФЗ) зсунута на південь і проходить через райони Середземного та Чорного морів.

**5(з) і 5(л) ТЦ (Низький циклон (зима) та термічний циклон (літо)):** біля поверхні землі циклон розташовується над територією України, улоговина циклону витягнута на захід, з частинним центром над Апеннінським півостровом (табл. 2, 5ТЦ). Циклон обмежений зі сходу та півночі антициклоном і його гребенем. Літній і зимовий типи, переважно, відрізняються глибиною циклонів біля поверхні землі. У фактичних синоптичних ситуаціях над територією України можуть розташовуватися периферійні частини циклону, а не його центр, як у типі 4ТЦ (рис. 2, 5ТЦ). У висотному полі спостерігається квазізональне перенесення зі слабо вираженою улоговиною над центральною Європою та західною половиною Середземного моря.



**Таблиця 2** – Типи циркуляції та композитні поля тиску на рівні моря та геопотенціальної висоти поверхні 500 гПа  
**Table 2** – Circulation types and composite fields of sea level pressure and geopotential height at the 500 hPa level

ТЦ	Повна назва ТЦ	Приземне поле	АТ-500
1ТЦ	Антициклон	<p>SLP composite AZN, 1948-2022</p> <p>102022 102045 102068 102091 102114 102137 102160 102183 102206 102229</p> <p>Scale: 10000, Min = 10201</p>	<p>H500 composite AZN, 1948-2022</p> <p>51211 51203 51205 51207 51209 51211 51213</p> <p>Scale: 1070, Min = 1074</p>
2ТЦ	Низький (термічний) антициклон	<p>SLP composite TAZ, 1948-2022</p> <p>102027 102049 102072 102095 102118 102141 102164 102187 102210</p> <p>Scale: 10000, Min = 10201</p>	<p>H500 composite TAZ, 1948-2022</p> <p>composite (1)</p> <p>51201 51241 51281 51321 51361 51402</p> <p>Scale: 1070, Min = 1070</p>
3ТЦ	Західна адвекція	<p>SLP composite AWA, 1948-2022</p> <p>10200 102021 102043 102065 102087 102109 102131 102153 102175 102197</p> <p>Scale: 10000, Min = 10200</p>	<p>H500 composite AWA, 1948-2022</p> <p>51340 51382 51424 51466 51508 51550 51592</p> <p>Scale: 1070, Min = 1070</p>
4ТЦ	Циклон	<p>SLP composite CYC, 1948-2022</p> <p>102044 102072 102100 102128 102156 102184 102212 102240</p> <p>Scale: 10000, Min = 10201</p>	<p>H500 composite CYC, 1948-2022</p> <p>51305 51350 51395 51440 51485 51530</p> <p>Scale: 1070, Min = 1070</p>
5(з)ТЦ	Низький циклон	<p>SLP composite SHC, 1948-2022</p> <p>102011 102065 102120 102174 102229 102283 102337 102391</p> <p>Scale: 10000, Min = 10201</p>	<p>H500 composite SHC, 1948-2022</p> <p>51224 51267 51310 51353 51396 51439</p> <p>Scale: 1070, Min = 1070</p>
5(л)ТЦ	Термічний циклон	<p>SLP composite TLO, 1948-2022</p> <p>102004 102046 102087 102129 102170 102212 102254 102296</p> <p>Scale: 10000, Min = 10201</p>	<p>H500 composite TLO, 1948-2022</p> <p>51204 54201 54208 51205 504 2 51111</p> <p>Scale: 1070, Min = 1070</p>

Табл. 2 – Продовження  
Table 2 – Continued

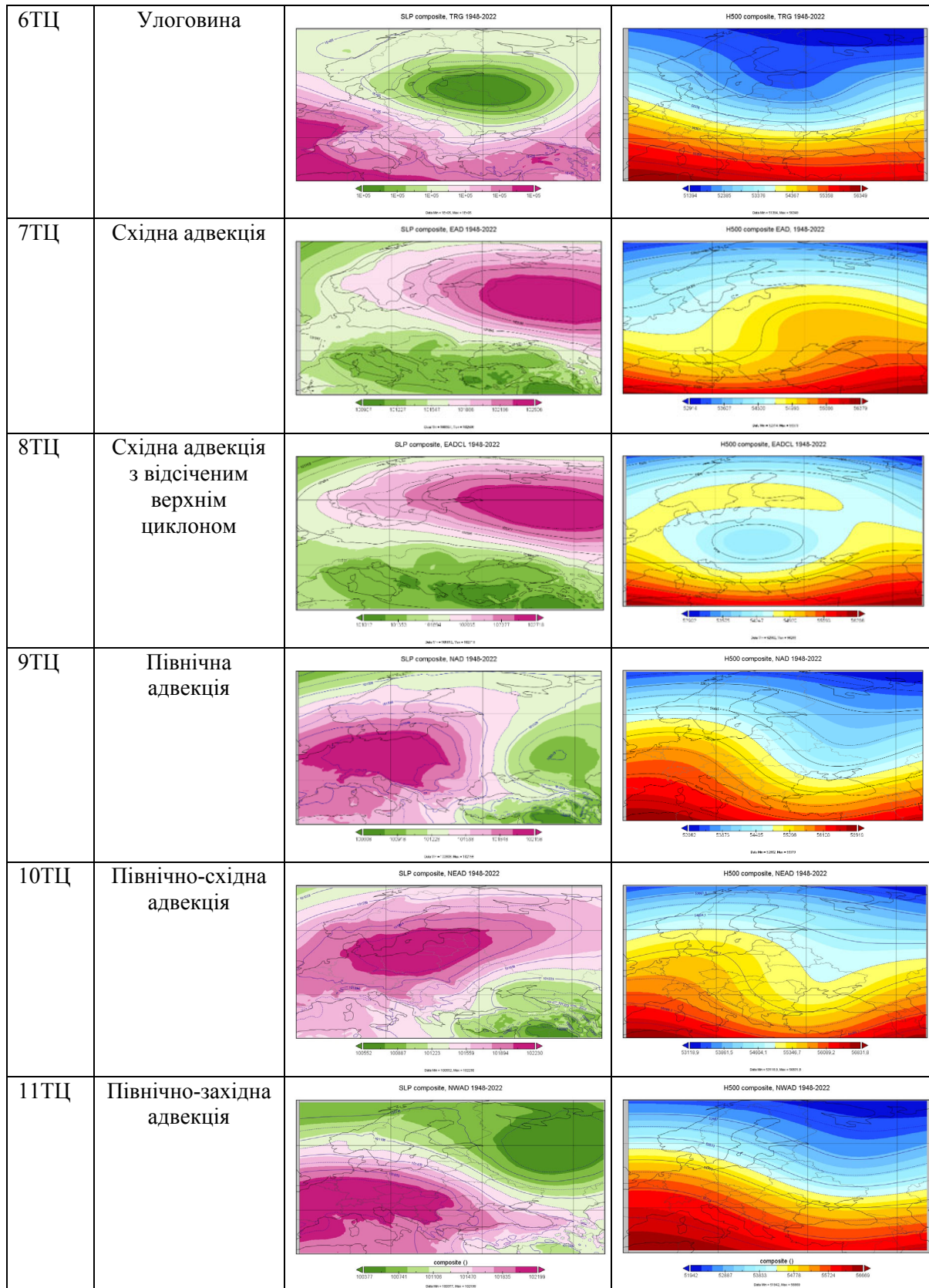
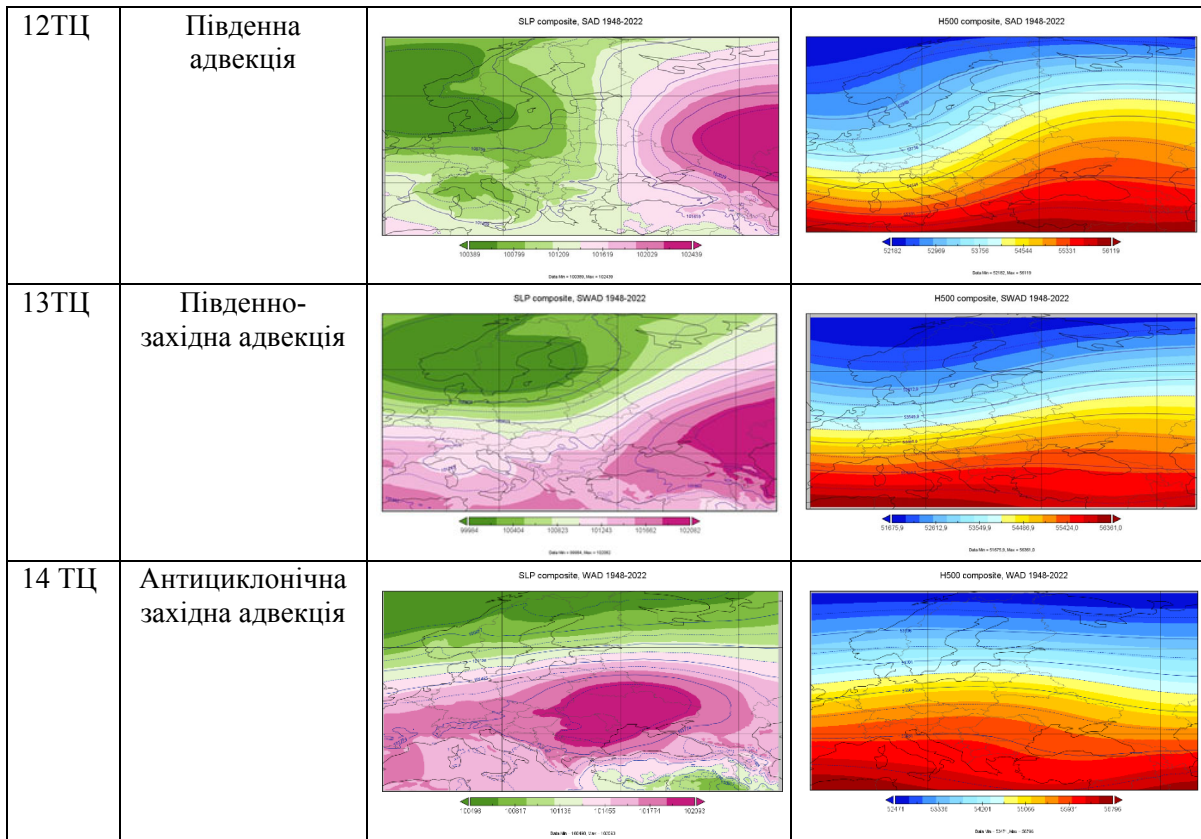


Табл. 2 – Продовження  
Table 2 – Continued

При цьому висотний гребінь над територією України більш розвинений у теплий період, а улоговина над Європою – у холодний період року. Поділ типу 5ТЦ на низький та термічний циклон за формальною ознакою – порою року, виявляється недоцільним для території України, оскільки навіть у літній час циклонічні малоградієнтні поля можуть містити атмосферні фронти (див. рис. 2, 5ТЦ), тоді як термічні утворення, за визначенням, нефронтальні та їх поява повністю зумовлена термодинамічними умовами в приземному шарі повітря.

**6ТЦ** (Улоговина): приземне поле тиску характеризується обширним циклоном із центром над районами Прибалтики та Білорусі, причому на територію України з півночі орієнтована широка улоговина цього циклону (табл. 2, 6ТЦ). Південні райони Європи перебувають у полі високого тиску, пов'язаного з антициклоном (гребенем) із заходу. У глибоких улоговинах над територією України часто проходять атмосферні фронти (рис. 2, 6ТЦ). У висотному полі область низького тиску розташовується у високих та полярних широтах, високий тиск – у південній половині Європи та

над Середземним морем. Територія України знаходиться під впливом висотної улоговини, орієнтованої з півночі.

**7ТЦ** (Східна адрекція): біля поверхні землі потужний антициклон розташовується над Східноєвропейською рівниною, гребінь його поширюється на райони Скандинавії. Територія України знаходиться в умовах південної периферії антициклону, в зоні вітрів східної чверті (табл. 2, 7ТЦ). Цей тип, зазвичай, пов'язаний з активізацією циклонічної діяльності над Чорним морем і Малою Азією, особливо у зимовий період (рис. 2, 7ТЦ). У висотному полі тиску над Україною спостерігається добре розвинений висотний гребінь, орієнтований з Малої Азії на Прибалтику.

**8ТЦ** (Східна адрекція з відсіченим верхнім циклоном): біля поверхні землі обширний антициклон розташовується над Східноєвропейською рівниною, гребінь його поширюється на райони Скандинавії (табл. 2, 8ТЦ). Територія України знаходиться в умовах південної периферії антициклону, у області вітрів східної чверті. У літній період над Україною може бути малоградієнтне поле тиску,



взимку воно зміщене на південь, на Чорне море (рис. 2, 8ТЦ). У висотному полі тиску над центральною та східною Європою розташовується висотний циклон, відсічений із півночі смугою підвищеного тиску.

Цей тип має загальні риси в приземному полі тиску з типом 7ТЦ, проте структура висотного поля з осередком холоду у висотному циклоні свідчить про нестійкі термодинамічні умови атмосфери, особливо в літній період.

**9ТЦ** (Північна адвекція): в приземному полі тиску над західною та центральною Європою розташовується потужний антициклон, над південним сходом Східноєвропейської рівнини та Прикаспієм - глибокий циклон (табл. 2, 9ТЦ). Територія України розташована у перехідній зоні між антициклоном на заході та циклоном на сході, в області вітрів північної чверті. Градієнти тиску в перехідній зоні можуть бути великими як у зимовий, так і в літній період, і спостерігаються часто за холодним фронтом (рис. 2, 9ТЦ). У висотному полі тиску висотний гребінь, орієнтований із північного заходу Африки, займає західну та центральну Європу. Висотна улоговина над східною Європою проходить через територію України.

**10ТЦ** (Північно-східна адвекція): в приземному полі тиску потужний антициклон розташовується над усією Європою, з центром над Прибалтикою та півднем Балтійського моря (табл. 2, 10ТЦ). Територія України знаходиться на південно-східній периферії цього антициклону, у зоні північно-східних вітрів. Над сходом Чорного моря та Кавказом у холодний період року активізується циклонічна діяльність (див. рис. 2, 10ТЦ). У висотному полі тиску висотний гребінь, орієнтований із північного заходу Африки, займає західну та центральну Європу. Вузька (порівняно з типом 9ТЦ) висотна улоговина розташована над Україною.

**11ТЦ** (Північно-західна адвекція): в приземному полі тиску антициклон розташовується над Західною та Центральною Європою, не поширюючись на Скандинавію. Поле низького тиску займає північну половину Східноєвропейської рівнини (див. табл. 2, 11ТЦ). Західна половина території України та Чорне море знаходяться в області гребня антициклону, тоді як північний схід країни – в області улоговини. Над територією України проходить зона північно-західних вітрів (див. рис. 2, 11ТЦ). Висотне поле тиску має слабо виражену меридіональність потоків за рахунок висотного гребня, орієнтованого з півночі Африки на західну Європу. Над Східною Європою

відмічається північно-західне перенесення у передній частині висотного гребня.

**12ТЦ** (Південна адвекція): південні потоки біля поверхні землі над Україною формуються за рахунок взаємодії потужного антициклону над півднем Східноєвропейської рівнини та полем зниженого тиску над західною та центральною Європою з основним центром над Північним морем (див. табл. 2, 12ТЦ). Сильний південний потік в холодний період може спостерігатися у східній частині так званого центрального циклону над Європою, коли його периферія з частинними циклонами проходить через територію України (див. рис. 2, 12ТЦ). Влітку південне перенесення частіше зумовлює західна периферія гребня зі сходу. На висотах над Україною знаходиться західна периферія висотного гребня, орієнтованого з районів Малої Азії на Чорне море та Кавказ, що забезпечує південно-західні потоки в тропосфері. Над Західною та Центральною Європою спостерігається квазізональне перенесення.

**13ТЦ** (Південно-західна адвекція): приземне поле тиску характеризується наявністю обширного антициклону над Каспійським морем та глибоким циклоном над Скандинавією (див. табл. 2, 13ТЦ). Поле підвищеного тиску також знаходиться над Середземномор'ям. Над Україною у перехідній зоні між циклоном та антициклоном спостерігаються південно-західні потоки (див. рис. 2, 13ТЦ). На висотах слабо виражений гребінь відмічається над районами Кавказу та Каспійським морем, над Україною потоки західного та південно-західного напрямку. Над Західною та Центральною Європою спостерігається квазізональне перенесення.

**14ТЦ** (Антициклонічна західна адвекція): біля поверхні землі широка смуга високого тиску розташована в помірних широтах, з окремими центрами над південною половиною Східної Європи (див. табл. 2, 14ТЦ). Активна циклонічна діяльність зсунута над континентом у високі широти та/або зосереджена в Північній Атлантиці (див. рис. 2, 14ТЦ). В висотному полі тиску переважає західний переніс над усім Європейським континентом. Даний тип має спільні риси у структурі приземного поля тиску з типами 1ТЦ та 2ТЦ, але на висотах його відрізняє яскраво виражена зональність атмосферної циркуляції. Сенс розділення цього типу з типом 3ЦТ полягає у наявності чіткого процесу розповсюдження гребня або антициклону із заходу на схід.

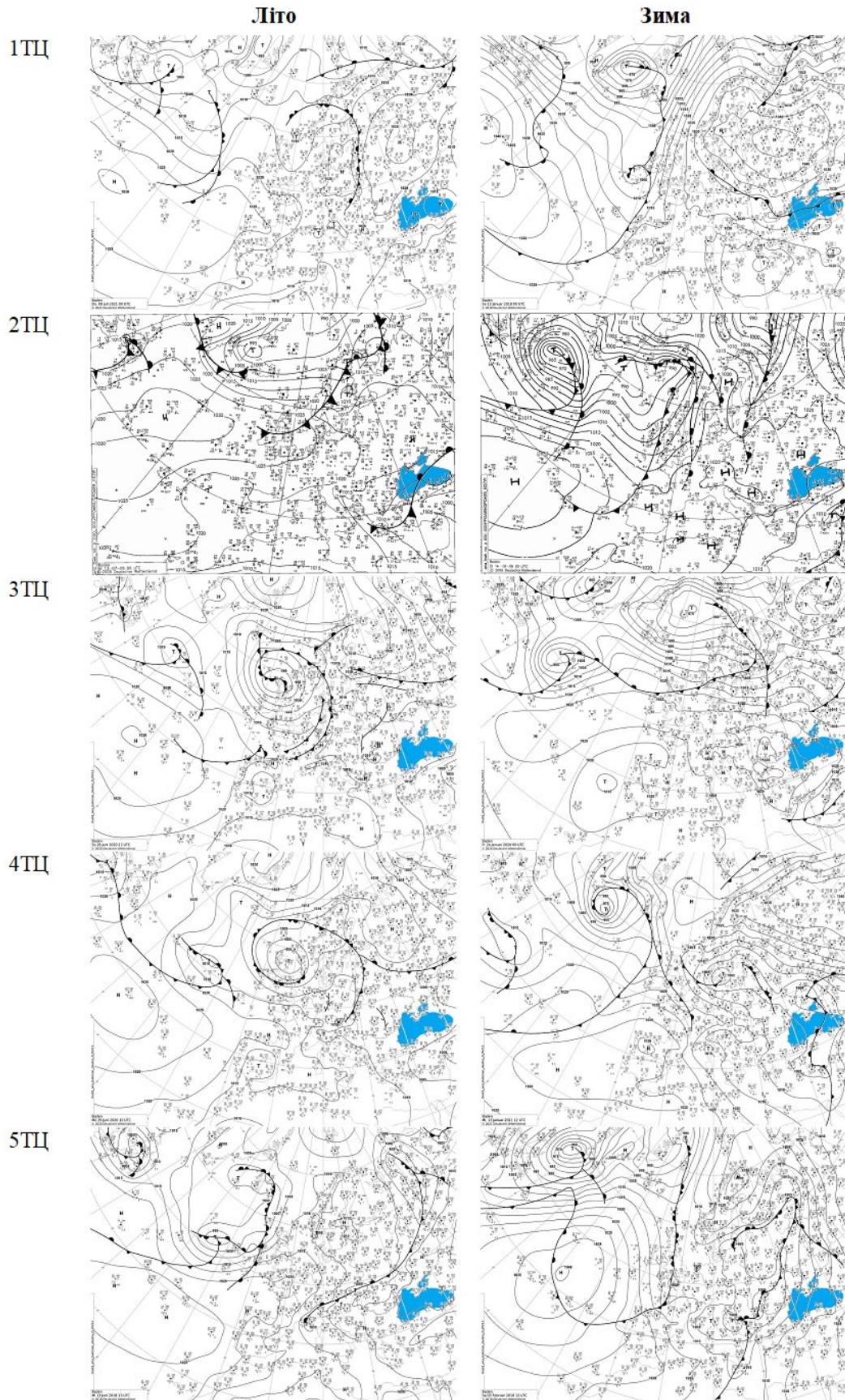


Рис. 2 - Приклади синоптичних ситуацій для 14 типів циркуляції (згідно табл. 2) взимку та влітку  
Fig. 2 - Examples of weather patterns for 14 circulation types (regarding Table 2) in winter and summer



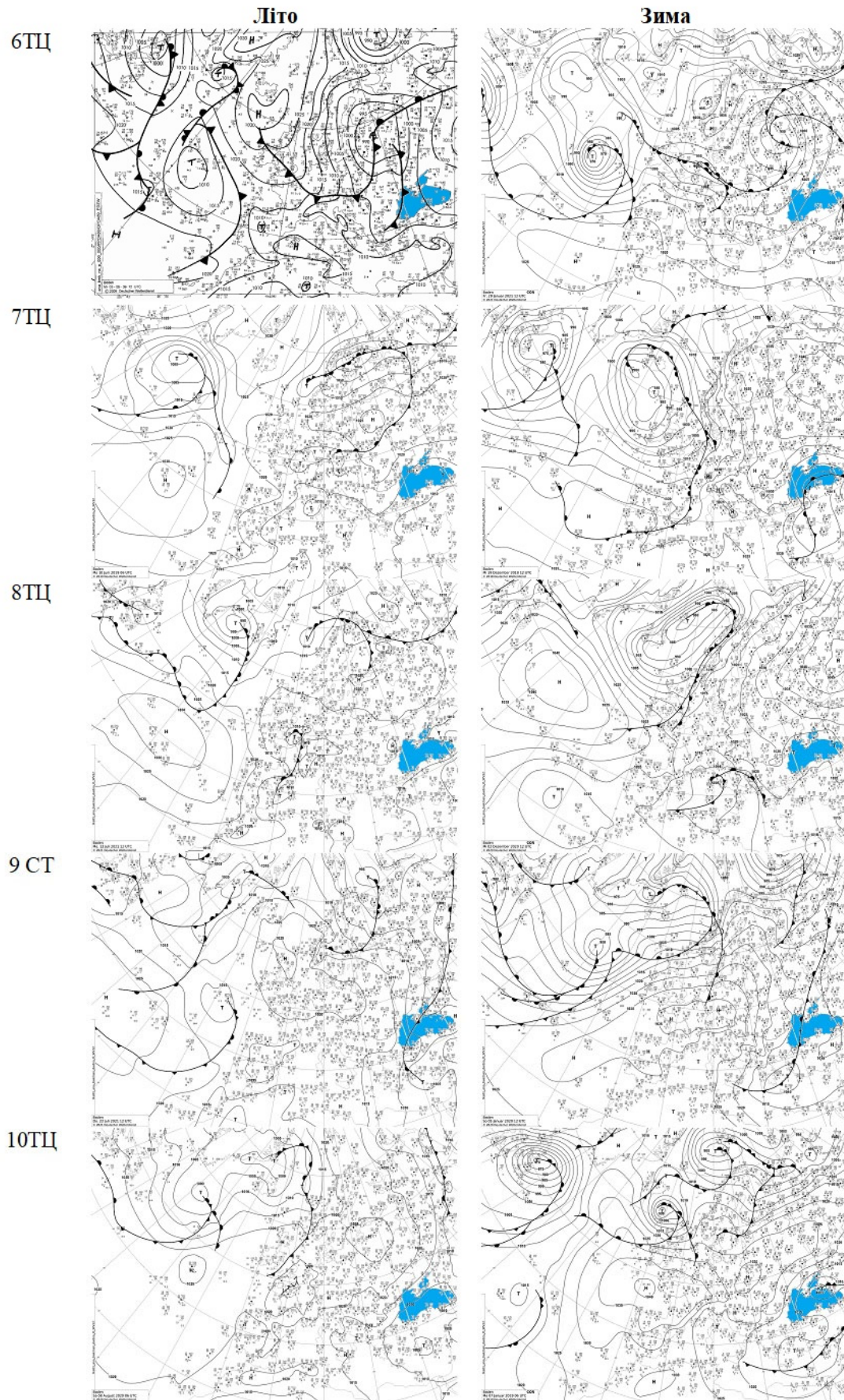


Рис. 2 – Продовження  
Fig. 2 – Continued



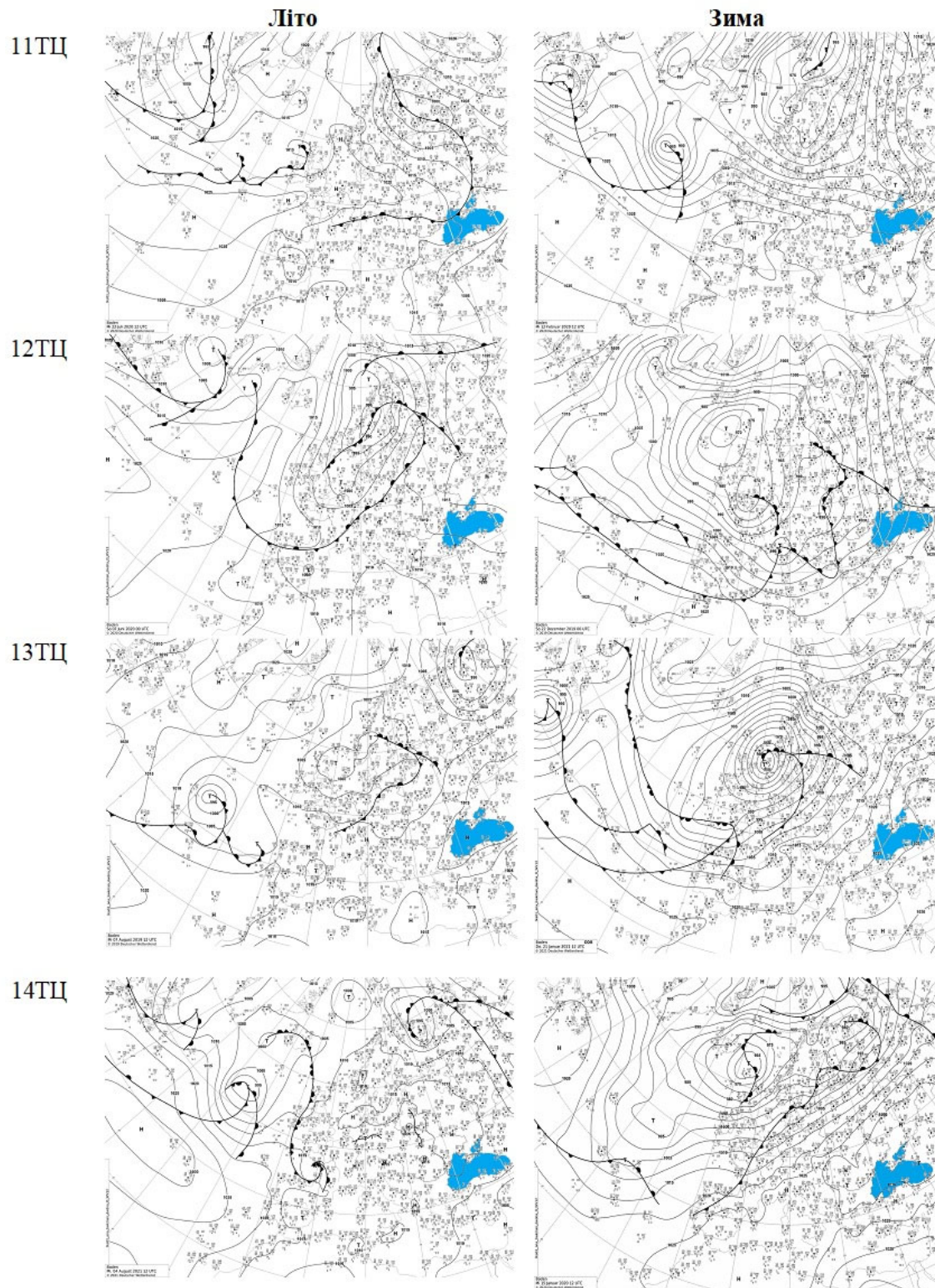


Рис. 2 – Продовження  
Fig. 2 – Continued



### 3.2 Повторюваність типів циркуляції

Огляд синоптичних процесів при визначених типах циркуляції показав, що, загалом, вони охоплюють всю різноманітність атмосферних процесів, які протікають над Східною Європою та Україною, зокрема. Як вже вказано вище, для території України є доцільним об'єднання типів «Низький циклон» та «Термічний циклон», тому в подальшому аналізі повторюваності типів циркуляції обидва типи будуть розглянуті як один тип 5ТЦ під назвою «Низький циклон».

Аналіз річної повторюваності типів циркуляції показав, що найбільш повторюваними (12-13 %) є типи 7ТЦ (східна адвекція) та 14ТЦ (антициклонічна західна адвекція) (рис. 3, а). Досить часто (10-11 %) зустрічаються синоптичні ситуації з типом 3ТЦ (західна адвекція) та 11ТЦ (північно-західна адвекція). Повторюваність адвективних процесів південної групи (12ТЦ, 13ТЦ) становить 8-9 %. Відносно низьку повторюваність мають процеси антициклогенезу (1ТЦ, 2ТЦ) та циклогенезу (4ТЦ, 5ТЦ) над Україною, при цьому низький (термічний) антициклон зустрічається всього у 0,2 % всіх випадків, що вказує на можливість поєднання цього типу з типом циркуляції 1ТЦ.

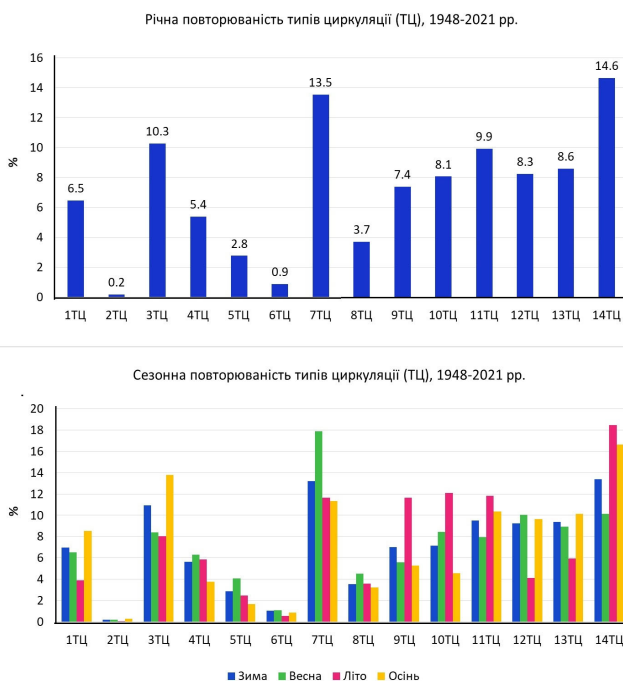


Рис. 3. Повторюваність типів циркуляції за період 1948-2021 рр.: а) річна та б) сезонна

Fig. 3. Frequency of circulation types for the period 1948-2021: a) annual and b) seasonal

Повторюваність 1 % мають також улоговини (тип 6ТЦ), але, з огляду на важливість цих

баричних структур, з якими пов'язані атмосферні фронти, цей тип доречно розглядати окремо, не поєднуючи з іншими типами циклонічної групи. Досить рідкісними (близько 4 %), через механізм їх утворення, є процеси, пов'язані з відсіканням циклону на верхніх рівнях (тип 8ТЦ), але складні погодні умови, які можуть відповідати цій синоптичній ситуації [19] і той факт, що Східна Європа є одним з районів північної півкулі з найбільшою повторюваністю цих об'єктів [20, 21], дозволить розглядати цей тип циркуляції окремо.

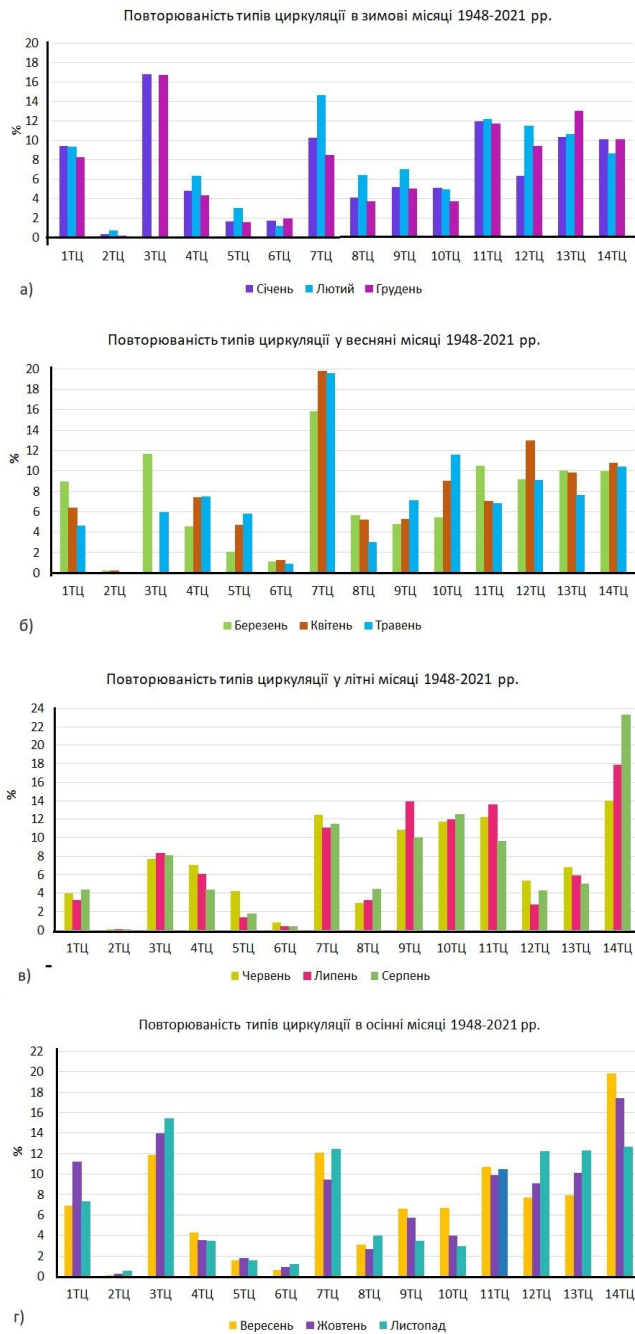
В сезонному розподілі загалом, лідирують ті самі типи циркуляції, що й в річному. Але в різних сезонах відмічається відносно збільшення повторюваності інших типів (рис. 3, б). Так, східна адвекція (7ТЦ) переважає навесні, західна адвекція (3ТЦ) – взимку, а антициклонічна західна адвекція (14ТЦ) - влітку та восени. Другими за повторюваністю влітку йдуть процеси північної групи та східна адвекція (7ТЦ). Восени, другим за повторюваністю є тип 3ТЦ, що вкупі з типом 14ТЦ відповідає процесам найбільшого розвитку і розповсюдження на схід азорського антициклону в цей сезон [22]. Влітку сумарний відсоток повторюваності процесів північної групи (9, 10, 11ТЦ) становить понад третину усіх процесів (36 %). Процеси південної групи в усі сезони року, крім літа, мають повторюваність 8-11 %. Максимум повторюваності антициклонів припадає на зиму та осінь (близько 8 %), а циклонів – на весну та літо (близько 6 %). Далі розглянемо, як розподіляється повторюваність типів циркуляції по місяцях року (рис. 4).

Взимку (рис. 4, а) спостерігається домінування західної адвекції (3ТЦ) в січні та грудні (близько 16 %), та східної адвекції (7ТЦ) у лютому (близько 14 %). В грудні близько 13 % становлять процеси південно-західної адвекції (13ТЦ). Високу одноманітну повторюваність (11 %) в усі зимові місяці має північно-західна адвекція (11ТЦ). Повторюваність 8-10 % мають процеси південної групи і антициклони.

Навесні (рис. 4, б) східна адвекція (7ТЦ) найчастіше спостерігається в квітні і травні (близько 20 %). Поряд з тим типом, що привалює, в березні порівняно високу повторюваність (11-13 %) має західна адвекція (3ТЦ), в квітні – південна адвекція (12ТЦ), а в травні – північно-східна адвекція (10ТЦ). Майже однакову повторюваність в усі весняні місяці мають типи 14ТЦ та 13ТЦ (8-10 %).

Влітку (рис. 4, в) в усі місяці превалюють

процеси антициклонічної західної адвекції (14ТЦ) з максимумом повторюваності у серпні (23 %). В межах 10-12 % в усі місяці літа коливається повторюваність процесів східної, північно-східної та північно-західної адвекції (7ТЦ, 10ТЦ та 11ТЦ відповідно). В липні, другими за повторюваністю (14 %) після типу 14ТЦ йдуть процеси північної адвекції (9ТЦ) та північно-західної адвекції (11ТЦ). Низьку повторюваність мають процеси південної групи та відсіченого циклогенезу.



**Рис. 4** - Повторюваність типів циркуляції по місяцям періоду 1948-2021 рр.: а) взимку; б) весною; в) влітку; г) восени

**Fig. 4** - Frequency of circulation types by months for the period 1948-2021 in: a) winter; b) spring; c) summer; d) autumn

Восени (рис. 4, г), як і влітку, домінуючими є процеси антициклонічної західної адвекції (14ТЦ) з максимумом повторюваності близько 20 % у вересні. На другому місці за повторюваністю у вересні та жовтні йде західна адвекція (3ТЦ), і в листопаді вона стає превалюючим типом (16 %). У вересні та листопаді досить високу повторюваність (12 %) мають процеси східної адвекції (7ТЦ), а в листопаді такої ж повторюваності набувають процеси південної групи (12 та 13ТЦ), що пов'язано з активізацією південних циклонів. Процеси північної групи, навпаки, мають невелику повторюваність.

#### 4 ОБГОВОРЕННЯ

Експериментальний розрахунок типів циркуляції за модифікованим методом Дженкінсона-Коллінсона показав, що в усі дні процеси були класифіковані, тобто віднесені до одного з 15 типів циркуляції, які були запропоновані в даному методі при його розробці для території Іспанії (а саме, півночі Каталонії). Аналіз повторюваності типів циркуляції визначив, що деякі типи мають дуже низьку повторюваність, тому для подальшого пристосування цієї класифікації для типізації регіональних синоптичних процесів України, необхідно визначити доцільність обліку таких типів. Найбільш низьку повторюваність має тип 2ТЦ (Термічний антициклон). В дослідженні для території Іспанії цей тип був уведений для врахування зимових процесів локалізації холодної повітряної маси в передгір'ях Піренеїв та утворення в них низьких термічних антициклонів. Як доводить отримана в нашому дослідженні низька повторюваність типу 2ТЦ, заповнені холодом в приземних шарах повітря антициклони досить нечасто зберігають свою термічну однорідність протягом тривалих періодів часу, щоб бути зафіксованими як окремий тип в умовах території України, яка звичайно знаходиться під впливом інтенсивної адвекції різних напрямків в холодний період року. В теплий період можливо утворення місцевих низьких антициклонів в нічні години при радіаційному вихолоджуванні підстильної поверхні і прилеглого шару повітря, але, як правило, вдень такі антициклони руйнуються, залишаючи поле підвищеного тиску [22]. Тобто, використані в роботі дані реаналізу за 12:00 UTC не дають змоги отримати інформацію про такі випадки. Загалом, даний тип 2ТЦ може бути об'єднаний з основним типом 1ТЦ (антициклон),

адже антициклони є низькими холодними утвореннями не тільки термічного походження, але й на перших стадіях розвитку фронтального антициклону. Тому об'єднання двох типів в деякій мірі, дає змогу врахувати еволюцію антициклону, яка відбуватиметься безпосередньо над територією України.

Низьку повторюваність має також тип 6ТЦ (улоговина), і, в загальному випадку, для спрощення аналізу синоптичних процесів, його можна поєднати з типом 5ТЦ (низький циклон), від якого улоговину відрізняє тільки відсутність замкненого центру біля поверхні землі. До того ж, типізація не визначає глибину улоговин, яка відіграє суттєву роль в інтенсивності конвергенції потоків та активності атмосферного фронту, пов'язаного з улоговиною. Але, для дослідження саме улоговин і, можливо, подальшої їх типізації, наприклад, за характером географічної орієнтації і розповсюдження в межах України, цей тип доречно виділяти окремо. Слід зауважити, що повторюваність типу 6ТЦ залежить від сезону року, і взимку повторюваність становить близько 2 % (див. рис. 4, а), а це є третина від повторюваності циклонів (тип 4ТЦ) в цей сезон. Тобто, в групі, пов'язаній з циклогенезом, улоговини відіграють значну роль і можуть розглядатися окремо, принаймні, в холодний період року.

Отримані в даному дослідженні результати стосовно повторюваності основних типів циркуляції в Східній та Центральній Європі, в цілому, збігаються з тими, що показані в роботах із застосуванням інших класифікацій. Так, в роботі [23] розглянуто повторюваність типів циркуляції з використанням об'єктивної класифікації Хесса-Брезовського (каталог GWL) для території Європи. Аналіз типів циркуляції за каталогом показав, що превалює тип 1 (Західні вітри, що дмуть в антициклонічному полі), високу повторюваність також має тип 4 (Поле підвищеного тиску по всій Центральній Європі), а циклонічне поле (тип 5) зустрічається доволі нечасто в усі сезони року. Крім того, як показано в дослідженні [24], взимку в останні декілька десятиліть (1981–2010 рр.) спостерігалася тенденція до збільшення повторюваності типів циркуляції із західними вітрами, переважно за рахунок зменшення східних вітрів, що сприяло підвищенню температури вглибині континенту. В той же час, навесні та влітку збільшувалася частота антициклонічних ситуацій над континентом, за яких спостерігається адвекція теплих повітряних мас в Центральну Європу.

На відміну від класифікації Хесса-Брезовського, типи циркуляції в модифікованій класифікації Дженкінсона-Коллісона не мають жорсткої прив'язки до території дослідження, що дозволяє описувати синоптичні ситуації в будь-якому регіоні. Завдяки цьому, об'єктивна класифікація Дженкінсона-Коллісона, переважно в оригінальному вигляді, тобто з використанням лише приземного поля тиску, широко застосовується для оцінки впливу синоптичних процесів на формування погодних умов в конкретному регіоні. Так, в роботі [25] ця класифікація дозволила визначити основні синоптичні процеси спекотного літа 2022 р. в Західній Європі, які призвели до виникнення екстремально високих температур повітря, та оцінити майбутні перспективи появи цих процесів на основі даних кліматичного моделювання. Дослідження Donat та ін. [26] для Центральної Європи показали, за яких типів циркуляції там найчастіше спостерігаються інтенсивні шторми взимку, і в яких ситуаціях швидкість вітру в цих штормах найвища. Модифікації цієї класифікації з успіхом використовуються при аналізі синоптичних процесів, за яких розвиваються такі небезпечні гідрометеорологічні явища як повені та посухи [27, 28].

## 5 ВИСНОВКИ

Класифікація синоптичних процесів залишається одним із основних методів синоптичного аналізу, оскільки різні типи регіональної циркуляції атмосфери характеризуються своїм набором синоптичних об'єктів, що визначають умови погоди виділеного регіону. Розвиток об'єктивних класифікацій набув нового значення в умовах новітніх комп'ютерних технологій і збільшення обчислювальних можливостей, а також через доступність якісних сіткових тривимірних полів метеорологічних величин, що надаються провідними світовими центрами даних. Створення нових алгоритмів для визначення типів циркуляції атмосфери, в які залучені як приземні, так й висотні дані про стан атмосферних потоків, повинно поліпшити якість самих класифікацій через врахування тривимірної структури синоптичних об'єктів, для подальшого вивчення просторово-часової мінливості регіональних синоптичних процесів та їх застосування в цілях прогнозу погоди різної завчасності.

В даному дослідженні для класифікації



синоптичних процесів на території України запропонований модифікований метод Дженкінсона-Коллінсона, який ґрунтується на використанні сіткових даних поля тиску біля поверхні землі та на ізобаричній поверхні 500 гПа. Первинний аналіз отриманих результатів щоденного класифікування регіональних циркуляційних процесів за 74-річний період дозволив оновити інформацію про найбільш повторювані та рідкісні синоптичні процеси в регіоні в різні сезони року.

Подальша робота з адаптації, удосконалення та створення каталогу щоденних типів циркуляції на основі модифікованої класифікації Дженкінсона-Коллінсона для території України сприятиме розв'язанню низки питань стосовно впливу синоптичної ситуації на формування несприятливих погодних умов та небезпечних явищ погоди.

## ПОДЯКА

Це дослідження виконано за підтримки проекту «Розробка методології комплексного моніторингу та прогнозування посух та пожежонебезпечних умов погоди в Україні» (UCRAN20044), що фінансується Національною дослідницькою радою Іспанії (CSIC).

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

- Cahynová M., Huth R. Atmospheric circulation influence on climatic trends in Europe: an analysis of circulation type classifications from the COST733 catalogue. *Int. J. Climatol.* 2016. 36. Pp. 2743-2760. <https://doi.org/10.1002/joc.4003>.
- Ibeuchi C. Patterns of atmospheric circulation in Western Europe linked to heavy rainfall in Germany: preliminary analysis into the 2021 heavy rainfall episode. *Theor. Appl. Climatol.* 2022. 148. Pp. 269-283. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-03945-5>
- The influence of weather regimes on European renewable energy production and demand / Van der Wiel K., Bloomfield H. C., Lee R. W., Stoop L. P., Blackport R., Screen J. A., Selten F. M. *Environ. Res. Lett.* 2019. 14 094010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab38d3>
- Hess P., Brezowsky H. Katalog der großwetterlagen Europas (catalog of the European large scale weather types). Technical report, Ber. Dt. Wetterd. in der US-Zone 33. Bad Kissingen, Germany, 1952. 39 p.
- Karossy C. P'eczely's classification of macrosynoptic types and the catalogue of weather situations (1951-1992). *Light Trapping of Insects Influenced by Abiotic Factors. Part I* / Edited by Nowinsky L. Savaria University Press, Szombathely, Hungary, 1994. Pp.117-130.
- Tveito O. E., Huth R. Circulation-type classifications in Europe: results of the COST 733 Action. *Int. J. Climatol.* 2016. 36. Pp. 2671-2672. <https://doi.org/10.1002/joc.4768>
- Trends in frequency and persistence of atmospheric circulation types over Europe derived from a multitude of classifications / Kučerová M., Beck C., Philipp A., Huth R. *Int. J. Climatol.* 2017. 37. Pp. 2502-2521. <https://doi.org/10.1002/joc.4861>
- Development and comparison of circulation type classifications using the COST 733 dataset and software / Philipp A., Beck C., Huth R., Jacobeit J. *Int. J. Climatol.* 2016. 36. Pp. 2673-2691. <https://doi.org/10.1002/joc.3920>
- Jenkinson A. F., Collison F. P. An initial climatology of gales over the North Sea. *Synoptic climatology branch memorandum*. Vol. 62. Meteorological Office, London, UK, 1977. 18 p.
- Jones P. D., Hulme M., Briffa K. R. A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme. *Int. J. Climatol.* 1993. 13. Pp. 655-663. <https://doi.org/10.1002/joc.3370130606>
- Vicente-Serrano S. M., López-Moreno J. I. The influence of atmospheric circulation at different spatial scales on winter drought variability through a semi-arid climatic gradient in Northeast Spain. *Int. J. Climatol.* 2006. 26. Pp. 1427-1453. <https://doi.org/10.1002/joc.1387>
- Determination of the Jenkinson and Collison's weather types for the western Mediterranean basin over the 1948-2009 period. Temporal analysis / Grimalt M., Tomàs M., Alomar G., Martin-Vide J., Moreno-García M. C. *Atmosfera.* 2012. 26(1). Pp. 75-94. [https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(13\)71063-4](https://doi.org/10.1016/S0187-6236(13)71063-4)
- Spellman G. An assessment of the Jenkinson and Collison synoptic classification to a continental mid-latitude location. *Theor. Appl. Climatol.* 2017. 128. Pp. 731-744. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1711-8>
- Martin-Vide J. Limitations of an objective weather-typing system for the Iberian Peninsula. *Weather.* 2001. 56(7). Pp. 248-250. <https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.2001.tb06585.x>
- James P. An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. *Theor. Appl. Climatol.* 2007. 88. Pp. 17-42. <https://doi.org/10.1007/s00704-006-0239-3>
- Daily atmospheric circulation patterns for Catalonia (northeast Iberian Peninsula) using a modified version of Jenkinson and Collison method / Miró J. R., Pepin N., Peña J. C., Martin-Vide J. *Atmosph. Res.* 2020. 231. 104674. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104674>.
- The NCEP/NCAR Reanalysis Project at the NOAA Physical Sciences Laboratory. URL: <https://psl.noaa.gov/data/reanalysis/reanalysis.shtml> (дата звернення 17.08.2023 p.)
- Martin-Vide J. M., Valentí J. V. Mapas del tiempo: fundamentos, interpretación e imágenes de satélite. Oikos-Tau, 1991. 16 p. URL: <https://campus.usal.es/~geografia/PDFsgeografiayensenanzasmedias/DOSIER-Taller2.pdf> (дата звернення 05.10.2023 p.)
- Identification and Climatology of Cut-off Lows near the Tropopause / Nieto R., Sprenger M., Wernli H., Trigo R. M., Gimeno L. *Annals of the New York Academy of Sciences.* 2008. 1146. Pp. 256-290. <https://doi.org/10.1196/annals.1446.016>
- Climatological Features of Cutoff Low Systems in the Northern Hemisphere / Nieto R., Gimeno L., de la Torre L., Ribera P., Gallego D., García-Herrera R., García J. A., Nuñez M., Redaño A., Lorente J. *J. Climate.* 2005. 18(16). Pp. 3085-3103. <https://doi.org/10.1175/JCLI3386.1>
- Awan N. K., Formayer H. Cutoff low systems and their relevance to large-scale extreme precipitation in the European Alps. *Theor Appl Climatol.* 2017. 129. Pp. 149-158. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1767-0>
- Семенова І. Г., Нажмудінова О. М. Регіональна синоптика: підручник. Одеський державний



- екологічний університет. Одеса: TEC, 2019. 212 с.
23. Khokhlov V., Umanska O. European Atmospheric Circulation Classifications. *J. Geography, Environment and Earth Science International*. 2018. 6(3). Pp. 1–8. <https://doi.org/10.9734/JGEEI/2018/41860>
  24. Hoy A., Sepp M., Matschullat J. Atmospheric circulation variability in Europe and northern Asia (1901 to 2010). *Theor. Appl. Climatol.* 2013. 113. Pp. 105–126. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0770-3>
  25. Herrera-Lormendez P., Douville H., Matschullat J. European summer synoptic circulations and their observed 2022 and projected influence on hot extremes and dry spells. *Geoph. Res. Lett.* 2023. 50. e2023GL104580. <https://doi.org/10.1029/2023GL104580>
  26. Examination of wind storms over Central Europe with respect to circulation weather types and NAO phases / Donat M. G., Leckebusch G. C., Pinto J. G., Ulbrich U. *Int. J. Climatol.* 2010. 30. Pp. 1289-1300. <https://doi.org/10.1002/joc.1982>
  27. Atmospheric circulation as a factor contributing to increasing drought severity in central Europe / Lhotka O., Trnka M., Kyselý J., Markonis Y., Balek J., Možný M. *J. Geoph. Res.: Atmospheres*. 2020. 125. e2019JD032269. <https://doi.org/10.1029/2019JD032269>
  28. Gilabert J., Llasat M. C. Circulation weather types associated with extreme flood events in Northwestern Mediterranean. *Int. J. Climatol.* 2018. 38. Pp. 1864-1876. <https://doi.org/10.1002/joc.5301>
- ## REFERENCES
1. Cahynová, M. & Huth, R. (2016). Atmospheric circulation influence on climatic trends in Europe: an analysis of circulation type classifications from the COST733 catalogue. *Int. J. Climatol.*, 36, pp. 2743-2760. <https://doi.org/10.1002/joc.4003>.
  2. Ibebuchi, C. (2022). Patterns of atmospheric circulation in Western Europe linked to heavy rainfall in Germany: preliminary analysis into the 2021 heavy rainfall episode. *Theor. Appl. Climatol.*, 148, pp. 269–283. <https://doi.org/10.1007/s00704-022-03945-5>.
  3. Van der Wiel, K., Bloomfield, H.C., Lee, R.W., Stoop, L. P., Blackport, R., Screen, J.A. & Selten, F.M. (2019). The influence of weather regimes on European renewable energy production and demand. *Environ. Res. Lett.*, 14 094010. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab38d3>
  4. Hess, P. & Brezowsky, H. (1952). *Katalog der großwetterlagen europas (catalog of the european large scale weather types)*. Technical report, Ber. Dt. Wetterd. in der US-Zone 33, Bad Kissingen, Germany.
  5. Karossy, C. (1994). P'eczely's classification of macrosynoptic types and the catalogue of weather situations (1951–1992). In: Nowinsky, L. (Ed.), *Light Trapping of Insects Influenced by Abiotic Factors*, Part I. Savaria University Press, Szombathely, Hungary, pp.117–130.
  6. Tveito, O.E. & Huth, R. (2016). Circulation-type classifications in Europe: results of the COST 733 Action. *Int. J. Climatol.*, 36, pp. 2671-2672. <https://doi.org/10.1002/joc.4768>
  7. Kučerová, M., Beck, C., Philipp, A. & Huth, R. (2017). Trends in frequency and persistence of atmospheric circulation types over Europe derived from a multitude of classifications. *Int. J. Climatol.*, 37. pp. 2502-2521. <https://doi.org/10.1002/joc.4861>
  8. Philipp, A., Beck, C., Huth, R. & Jacobeit, J. (2016). Development and comparison of circulation type classifications using the COST 733 dataset and software. *Int. J. Climatol.*, 36, pp. 2673-2691. <https://doi.org/10.1002/joc.3920>
  9. Jenkinson, A.F. & Collison, B.P. (1977). An initial climatology of gales over the North Sea. In: *Synoptic Climatology Branch Memorandum*. Vol. 62. Meteorological Office, London, UK.
  10. Jones, P.D., Hulme, M. & Briffa, K.R. (1993). A comparison of Lamb circulation types with an objective classification scheme. *Int. J. Climatol.*, 13, pp. 655-663. <https://doi.org/10.1002/joc.3370130606>
  11. Vicente-Serrano, S.M. & López-Moreno, J.I. (2006). The influence of atmospheric circulation at different spatial scales on winter drought variability through a semi-arid climatic gradient in Northeast Spain. *Int. J. Climatol.*, 26, pp. 1427-1453. <https://doi.org/10.1002/joc.1387>
  12. Grimalt, M., Tomás, M., Alomar, G., Martin-Vide, J., Moreno-García, M.C. (2012). Determination of the Jenkinson and Collison's weather types for the western Mediterranean basin over the 1948-2009 period. Temporal analysis. *Atmosfera*, 26(1). pp. 75-94. [https://doi.org/10.1016/S0187-6236\(13\)71063-4](https://doi.org/10.1016/S0187-6236(13)71063-4)
  13. Spellman, G. (2017). An assessment of the Jenkinson and Collison synoptic classification to a continental mid-latitude location. *Theor. Appl. Climatol.*, 128, pp. 731–744. <https://doi.org/10.1007/s00704-015-1711-8>
  14. Martin-Vide, J. (2001). Limitations of an objective weather-typing system for the Iberian Peninsula. *Weather*, 56(7), pp. 248-250. <https://doi.org/10.1002/j.1477-8696.2001.tb06585.x>
  15. James, P. (2007). An objective classification method for Hess and Brezowsky Grosswetterlagen over Europe. *Theor. Appl. Climatol.*, 88, pp. 17–42. <https://doi.org/10.1007/s00704-006-0239-3>
  16. Miró, J.R., Pepin, N., Peña, J.C. & Martin-Vide, J. (2020). Daily atmospheric circulation patterns for Catalonia (northeast Iberian Peninsula) using a modified version of Jenkinson and Collison method. *Atmosph. Res.*, 231, 104674. <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2019.104674>.
  17. *The NCEP/NCAR Reanalysis Project at the NOAA Physical Sciences Laboratory*. URL: <https://psl.noaa.gov/data/reanalysis/reanalysis.shtml> (Accessed: 17.08.2023)
  18. Martin-Vide, J.M. & Valentí, J.V. (1991). *Mapas del tiempo: fundamentos, interpretación e imágenes de satélite*. Oikos-Tau. URL: <https://campus.usal.es/~geografia/PDFsgeografiayensenanzasmedias/DOSIER-Taller2.pdf> (Accessed: 05.10.2023).
  19. Nieto, R., Sprenger, M., Wernli, H., Trigo, R.M. & Gimeno, L. (2008). Identification and Climatology of Cutoff Lows near the Tropopause. *Annals of the New York Academy of Sciences*, 1146, pp. 256-290. <https://doi.org/10.1196/annals.1446.016>
  20. Nieto, R., Gimeno, L., de la Torre, L., Ribera, P., Gallego, D., García-Herrera, R., García, J. A., Nuñez, M., Redaño, A., & Lorente, J. (2005). Climatological Features of Cutoff Low Systems in the Northern Hemisphere. *J. Climate*, 18(16), pp. 3085-3103. <https://doi.org/10.1175/JCLI3386.1>
  21. Awan, N.K. & Formayer, H. (2017). Cutoff low systems and their relevance to large-scale extreme precipitation in the European Alps. *Theor. Appl. Climatol.*, 129, pp. 149–158. <https://doi.org/10.1007/s00704-016-1767-0>
  22. Semenova, I.G. & Nazhmudinova, O.M. (2019). *Rehionalna synoptyka [Regional synoptic processes]*. Odesa State Environmental University. Odesa: TES.
  23. Khokhlov, V. & Umanska, O. (2018). European Atmospheric Circulation Classifications. *J. Geogr., Environ. Earth Sci. Int.*, 6(3), pp. 1–8.

- <https://doi.org/10.9734/JGEESI/2018/41860>
24. Hoy, A., Sepp, M., & Matschullat, J. (2013). Atmospheric circulation variability in Europe and northern Asia (1901 to 2010). *Theor. Appl. Climatol.*, 113, pp. 105–126. <https://doi.org/10.1007/s00704-012-0770-3>
25. Herrera-Lormendez, P., Douville, H. & Matschullat, J. (2023). European summer synoptic circulations and their observed 2022 and projected influence on hot extremes and dry spells. *Geophys. Res. Lett.*, 50, e2023GL104580. <https://doi.org/10.1029/2023GL104580>
26. Donat, M.G., Leckebusch, G.C., Pinto, J.G. & Ulbrich, U. (2010). Examination of wind storms over Central Europe with respect to circulation weather types and NAO phases. *Int. J. Climatol.*, 30, pp. 1289-1300. <https://doi.org/10.1002/joc.1982>
27. Lhotka, O., Trnka, M., Kyselý, J., Markonis, Y., Balek, J. & Možný, M. (2020). Atmospheric circulation as a factor contributing to increasing drought severity in central Europe. *J. Geophys. Res.: Atmospheres*, 125, e2019JD032269. <https://doi.org/10.1029/2019JD032269>
28. Gilabert, J. & Llasat, M.C. (2018). Circulation weather types associated with extreme flood events in Northwestern Mediterranean. *Int. J. Climatol.*, 38, pp. 1864-1876. <https://doi.org/10.1002/joc.5301>

## CLASSIFICATION OF SYNOPTIC PROCESSES IN THE TERRITORY OF UKRAINE USING A MODIFIED JENKINSON AND COLLISON METHOD

I. G. Semenova<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>*Odessa State Environmental University,  
15, Lvivska St., 65016 Odesa, Ukraine,*

<sup>2</sup>*Instituto Pirenaico de Ecología,  
Avda. Montañana, 1005, Zaragoza, Spain*

[in\\_home@ukr.net](mailto:in_home@ukr.net) <https://orcid.org/0000-0003-3383-4848>

During the year, the territory of Ukraine is under the influence of various synoptic processes, which have a certain evolution in the surface conditions of the region and sometimes lead to the formation of unfavorable and dangerous weather conditions. The classification of synoptic processes makes it possible to create a set of daily synoptic situations taking into account the characteristics of a certain region, both for their use in weather forecasting and for studying the dynamics of regional synoptic processes under climate change. In this study, the modified version of Jenkinson and Collison method is used to classify synoptic processes on the territory of Ukraine, which is based on pressure data at the sea surface level and the geopotential heights at the level 500 hPa. The analysis of the obtained set of daily types of atmospheric circulation for the period 1948-2021 and the composite pressure fields built for each circulation type showed that all synoptic situations are clearly defined according to the classification and have seasonal features of frequency. During the year, advective processes of the western circulation group prevail, eastern advection is also often observed, and this type of circulation dominates in the spring months. The processes of the southern group are most relevant on the cold period of the year. Anticyclones occur more often over the region in winter and autumn, and cyclones are observed in summer and spring. The inclusion of 500 hPa level data in the classification makes it possible to take into account the three-dimensional structure of synoptic objects and distinguish such types of circulation as low cyclones and cold anticyclones, as well as troughs and cut-off lows at heights. It was found that low (thermal) cyclones and anticyclones make up a small proportion of synoptic situations, so the feasibility of their further inclusion in the typification for the territory of Ukraine is being discussed. The processes associated with the cut-off lows at the upper levels turned out to be quite rare, but due to the possibility of the formation of dangerous weather conditions, this type of circulation is necessary in the classification of regional synoptic processes.

**Keywords:** circulation type, regional synoptic process, advection, synoptic object, synoptic classification

Подання до редакції : 09. 10. 2023

Надходження остаточної версії : 19. 12. 2023

Публікація статті : 21. 12. 2023