

Івус Г.П., к.геогр.н., **Хоменко Г.В.**, к.геогр.н.
Одеський державний екологічний університет
Зубкович С.О., ст.викл.
Харківський гідрометеорологічний технікум

ВИКОРИСТАННЯ ФРОНТАЛЬНОГО ПАРАМЕТРА ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ЗОН НЕБЕЗПЕЧНОГО ВІТРУ

Зроблено сумісний аналіз полів фронтального параметра і небезпечною приземного вітру ($\geq 10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). Визначено, що між вказаними полями існує кількісний зв'язок, який дозволяє вважати фронтальний параметр одним із предикторів при прогнозі сильного вітру і шквалів.

Ключові слова: фронтальний параметр, бароклініст, небезпечний вітер.

Вступ. Характерною рисою приземного вітру є його значна просторова та часова мінливість, тому що і напрямок, і швидкість вітру великою мірою визначається особливостями місцевих умов. Це стосується перш за все порівняно невеликих ($< 10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) швидкостей вітру. Але, коли при певних синоптичних ситуаціях складаються умови для посилення вітру (до $10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більше), то значні швидкості вітру, навіть штормові, можуть спостерігатися над великими територіями. Вивчення таких ситуацій має велике практичне значення, оскільки вітри швидкістю $> 12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ є небезпечними для авіації, судноплавства, будівництва та інших галузей економіки.

Мета і задачі дослідження. Метою даної роботи є кількісна оцінка атмосферних процесів, що відбувалися в період 14-18 грудня 2009 р., впродовж якого над східними та південно-східними районами України сформувалися поля вітру швидкістю $12 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ і більше, а подекуди – штормові зони.

Відповідно до мети дослідження в роботі виконані такі етапи:

- зроблено якісний аналіз синоптичних процесів у вказаний період;
- розраховані поля фронтального параметра та відносного вихору для кількісного аналізу синоптичних процесів та атмосферних фронтів;
- зроблена оцінка можливості використання фронтального параметра для визначення зон небезпечною вітру.

Матеріали і методика дослідження. Для синоптичного аналізу атмосферних процесів використані приземні карти та карти баричної топографії за 00 год 14-18 грудня 2009 р.

Розрахунки фронтального параметра виконані за результатами об'єктивного аналізу полів геопотенціалу, температури та вологості у вузлах географічної сітки точок з кроком $2,5^\circ$ по широті і довготі за 00 год 14, 15, 16, 17 та 18 грудня. Область розрахунку: $10\text{-}50^\circ$ сх.д. та $30\text{-}65^\circ$ півн.ш.

Фронтальний параметр ψ , який є характеристикою барокліності нижньої половини тропосфери і являє собою горизонтальний градієнт модуля градієнта еквівалентної товщини шару ZTE між ізобаричними поверхнями 850-500 гПа, розраховувався за формулою:

$$\psi = \nabla |\nabla ZTE| \cdot \vec{n}, \quad (1)$$

де $\vec{n} = -\frac{\nabla ZTE}{|\nabla ZTE|}$ - одиничний вектор, спрямований в область мінімальних значень

температури і вологості;

$\nabla = \vec{i} \frac{\partial}{\partial x} + \vec{j} \frac{\partial}{\partial y}$ - двовимірний векторний диференціальний оператор;

$$ZTE = - \sum \frac{P_u}{P_l} \frac{R}{g} \bar{T}_e \cdot \ln \left(\frac{P_u}{P_l} \right). \quad (2)$$

В (2) Р- тиск, \bar{T}_e - функція від еквівалентної температури

$$T_e = - \frac{[(T_e)_u - (T_e)_l]}{\ln \frac{(T_e)_u}{(T_e)_l}}. \quad (3)$$

В формулах (2), (3) індекси u та e означають верхню та нижню ізобаричні поверхні, які обмежують шар атмосфери (в нашому випадку ізобаричні поверхні 500 і 850 гПа).

Відносний вихор у геострофічному наближенні розраховано за даними об'єктивного аналізу

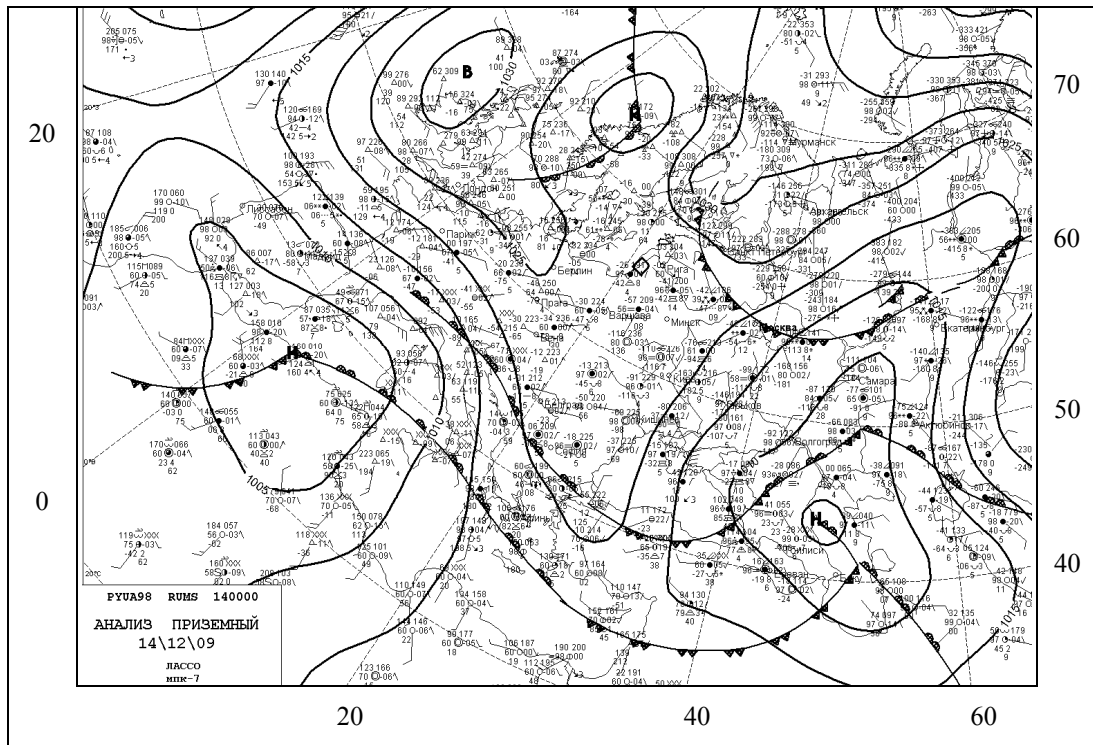
$$\Omega_q = \frac{g}{l} \nabla^2 H,$$

де g – прискорення сили тяжіння, l - параметр Коріоліса, H – висота ізобаричної поверхні 500 гПа;

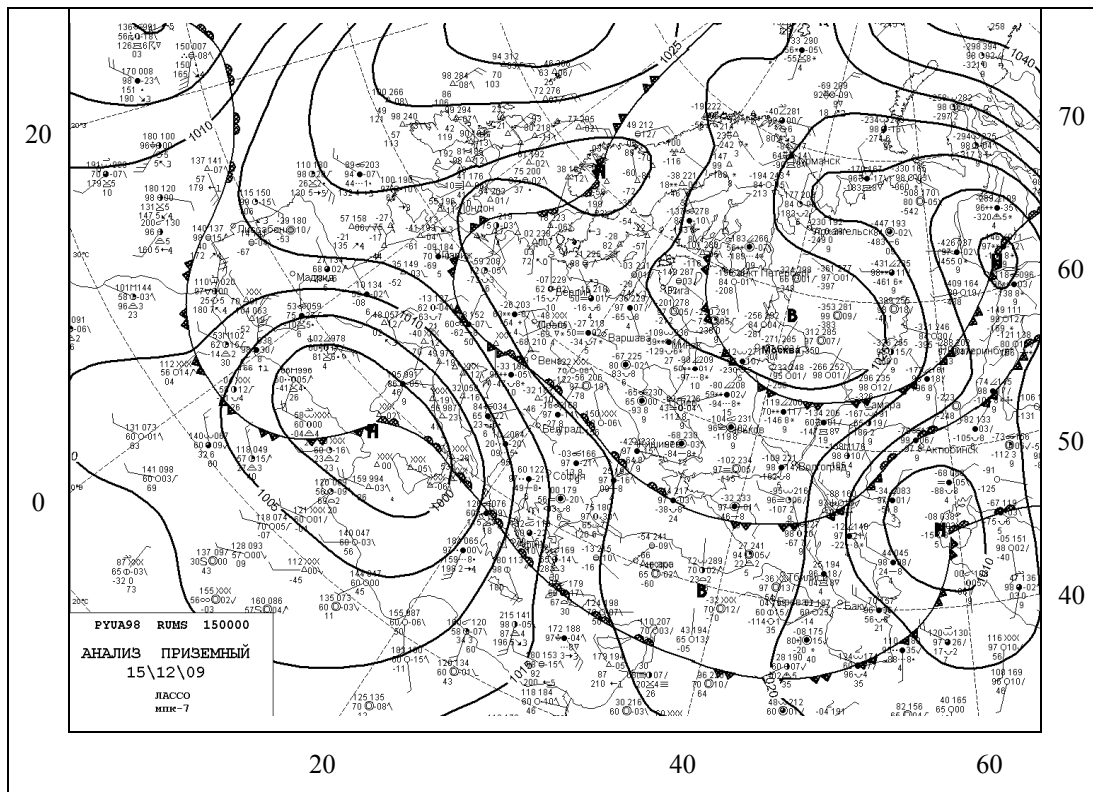
$$\nabla^2 = \frac{\partial^2}{\partial x^2} + \frac{\partial^2}{\partial y^2} - \text{двовимірний оператор Лапласа.}$$

Аналіз полів вітру зроблено за даними карт небезпечних явищ погоди та штормових оповіщень спільно з полями фронтального параметра та відносного вихору.

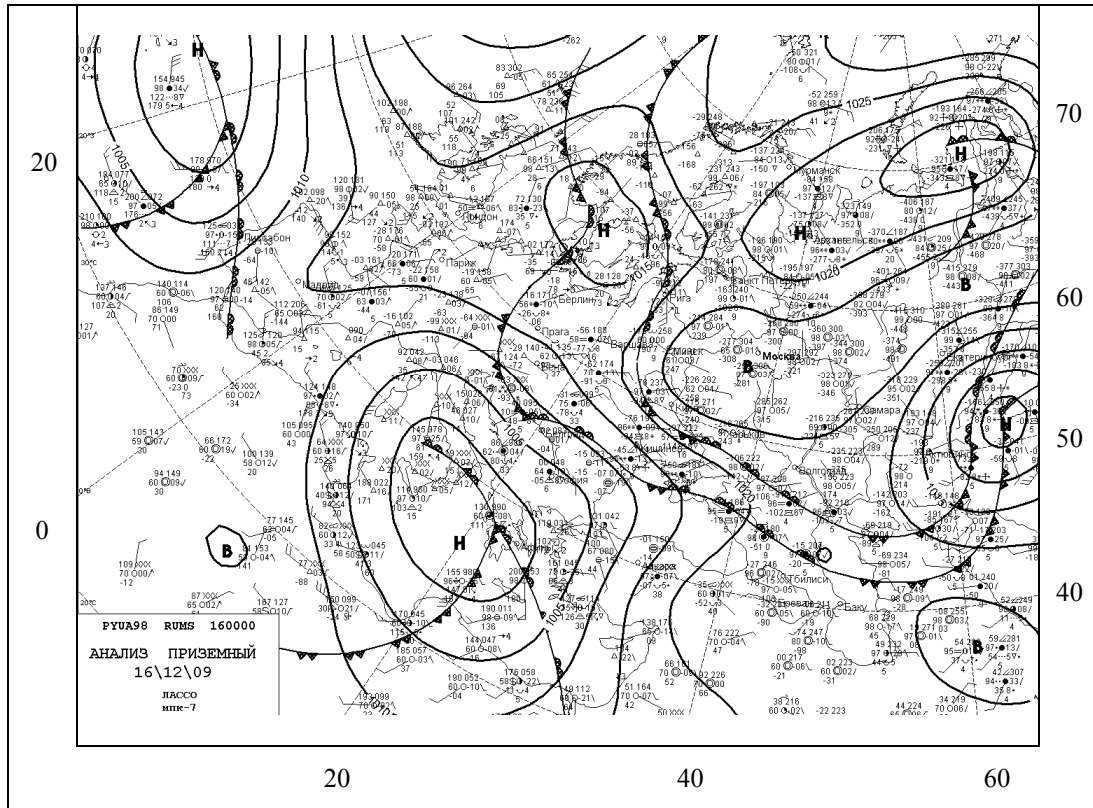
Результати досліджень та їх аналіз. Атмосферні процеси, які розглядаються в даній роботі, характеризувалися переважанням меридіональної циркуляції в середній та верхній тропосфері, що сприяло активізації процесів циклогенезу над Середземноморським басейном. Так, 14.12.09 р. над західною частиною Середземного моря сформувався циклон, який в першу половину періоду зміщувався у східному напрямку і 16 грудня його центральна частина знаходилася над Іонічним морем (рис.1а,б,в). Впродовж наступної доби циклон рухався в північно-східному напрямку і 17 грудня він визначав погодні умови над Чорноморським басейном (рис.1г). Як видно із рисунків, просуванню циклону на північ і схід перешкождала смуга підвищеного тиску над центральними і східними районами європейської Росії. Тому 18 грудня, центральна частина циклону була розташована над Балканським півостровом і погодні умови над східною Україною зумовлювалися зоною підвищених градієнтів тиску, де проходили гілки арктичного фронту.



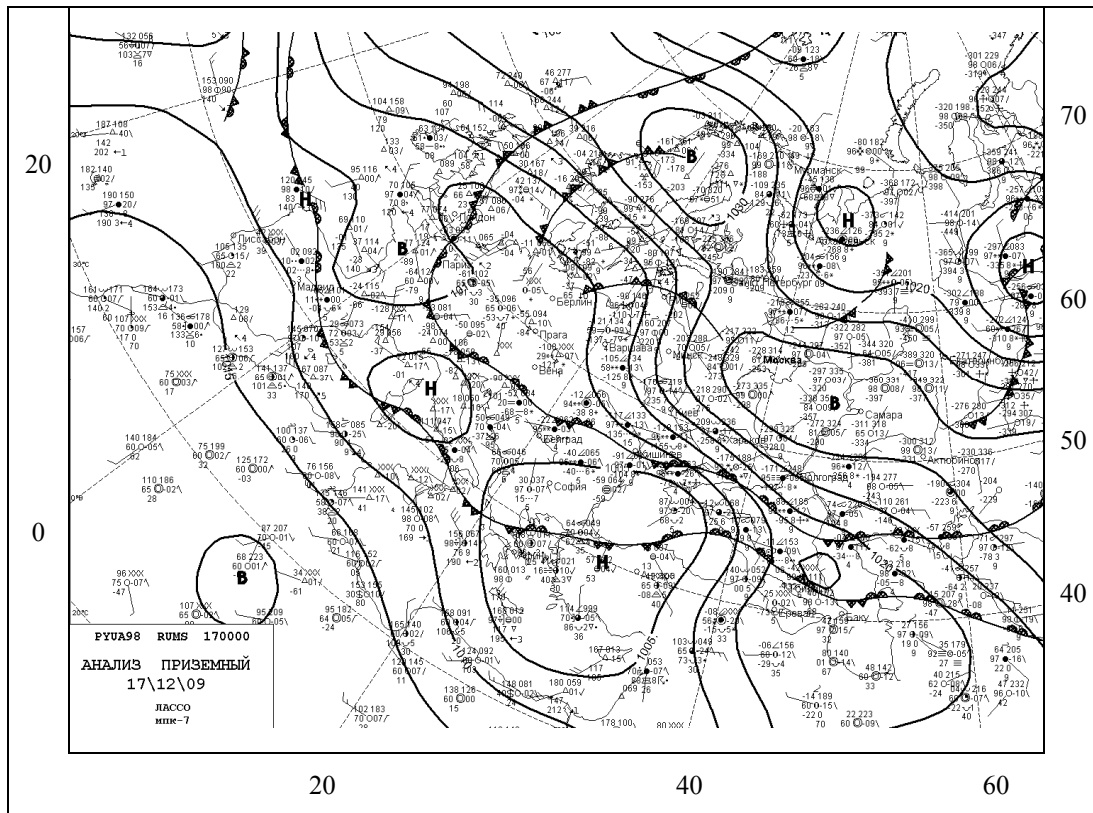
а)



б)



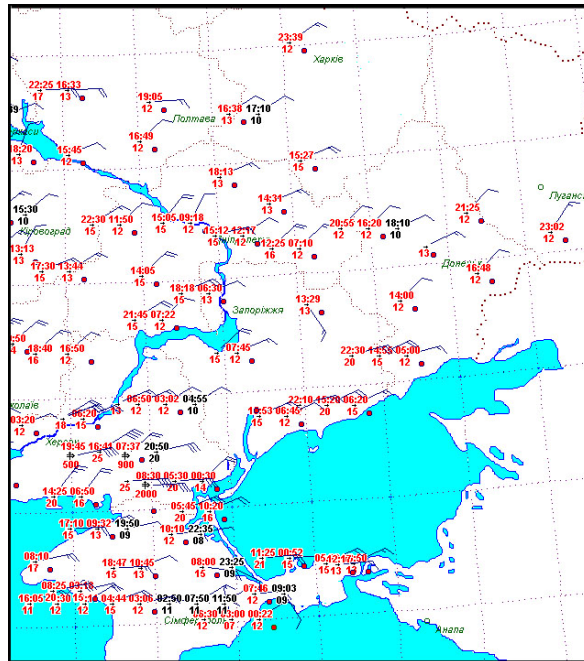
В)



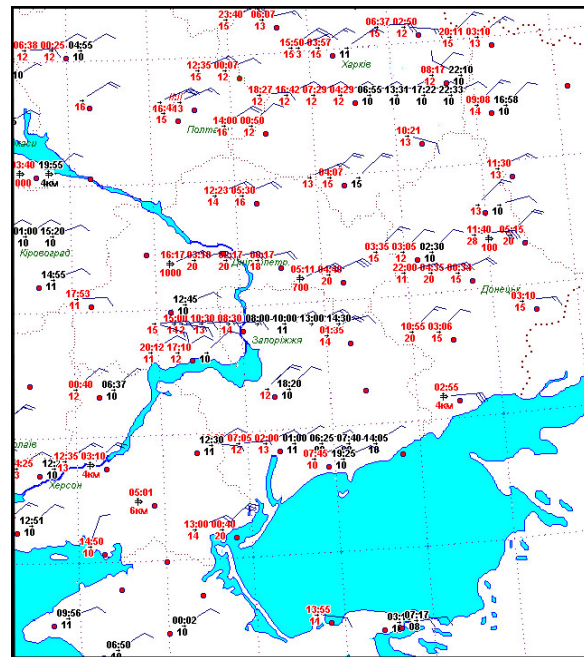
Г)

Рис. 1 – Приземний аналіз за 14, 15, 16, 17 грудня 2009 р. (а, б, в, г – відповідно).

Таким чином, посилення швидкості вітру в східних та південно-східних районах України відбувалося за рахунок зближення південного циклону з гребенем антициклону і, як наслідок, зближення систем арктичного та полярного фронтів. В період 15-18 грудня вказані райони знаходились під впливом висотної фронтальної зони, яка найбільшій інтенсивності (до $20^{\circ}\text{C}/1000\text{ км}$) досягала саме 16-17 грудня, коли над більшою частиною східної України переважали вітри швидкістю від 12 до $16\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$, а на узбережжі Азовського моря та в Криму швидкість вітру в окремих пунктах досягала $20\text{--}25\text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ (рис. 2 а, б).



а)



б)

Рис. 2 – Карты штормових повідомлень про вітер: а) за 16.12.09 р.; б) за 17.12.09 р.

В останні роки в аналізі атмосферних процесів широко використовується така кількісна характеристика барокліності, як фронтальний параметр ψ . Так, в багатьох наукових дослідженнях [1-4] показано, що застосування цієї характеристики є досить ефективним при визначенні фронтальних розділів та пов'язаних з ними зон опадів: отримано кількісний зв'язок параметра ψ з інтенсивністю опадів. В Російському ГМЦ в рамках технології ГС „Метео” цей параметр використовується для оперативного прогнозу шквалів [1]. В роботі [5] викладені результати чисельних експериментів з прогнозування зон шквалів для території Західної Європи та європейської частини Росії з використанням різних предикторів і, зокрема, параметра ψ .

В даній роботі зроблена спроба знайти кількісний зв'язок полів небезпечного приземного вітру і параметра ψ для території України. Значимо, що поряд з параметром ψ в наукових дослідженнях [1,2] використовується ще й параметр F , який є сумою:

$$F = \psi + P, \quad (4)$$

де P – характеризує в основному циклонічність поля тиску в нижній тропосфері. Тобто параметр F враховує і барокліність нижньої половини тропосфери, і циклонічність поля тиску. Але алгоритм розрахунку параметра P досить складний і тому, в даній роботі, характер баричного поля визначався за допомогою геострофічного відносного вихору, значення якого розраховані за даними об'єктивного аналізу полів геопотенціалу ізобаричної поверхні 850 гПа за відповідні дні і строки.

В якості прикладу на рис.3 представлені поля фронтального параметра ψ і вихору швидкості Ω_g за 16 і 17 грудня, коли атмосферні процеси були найбільш активними. Як видно із рис. 3 б, г, східна частина України знаходиться в перехідній зоні між областями з додатними величинами Ω_g і від'ємними, тобто над територією, що досліджується, значення Ω_g коливаються коло нуля. Слід відзначити, що такі значення Ω_g зберігалися практично протягом всього розглянутого періоду. Це дає можливість стверджувати, що в даній синоптичній ситуації внесок циклонічності поля тиску незначний і формування полів небезпечного вітру зумовлене в основному барокліним фактором.

Отже, розглянемо спочатку поля фронтального параметра і приземного тиску. Аналіз цих полів показав, що на початку періоду (14.12.09) велика зона додатних значень ψ знаходилась поза межами території України. Вона відповідала системі полярного і арктичного фронтів, які проходили над північною частиною Середземноморського басейну та над півостровом Малої Азії.

Протягом доби фронтальна система пересувалася в північно-східному напрямку і 15 грудня тепла ділянка арктичного фронту знаходилася вже над північним узбережжям Чорного моря (рис. 1 б). Цій ділянці фронту відповідає досить вузька зона додатних значень ψ (від 5 до 15 од; за одиницю береться значення $\psi = 10^{-10} \text{ м}^{-1}$). З 15 на 16 грудня відбулося зближення арктичного і полярного фронтів завдяки виходу південного циклону на східну частину Середземного моря і розповсюдженню відроду сибірського антициклону на райони європейської Росії. Як видно із рис. 1в, 3а, зона додатних значень ψ змістилася на територію України разом з системою фронтів. Ця зона охопила область від 32 до 40 сх.д. і від 43 до 46° півн.ш. Саме в цій зоні спостерігались вітри швидкістю більше $12 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$. Найбільш сильні вітри (до $20\text{-}25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$) відмічались поблизу 46° півн.ш., де фронтальний параметр досягав 20 од. (рис. 2а, 3а).

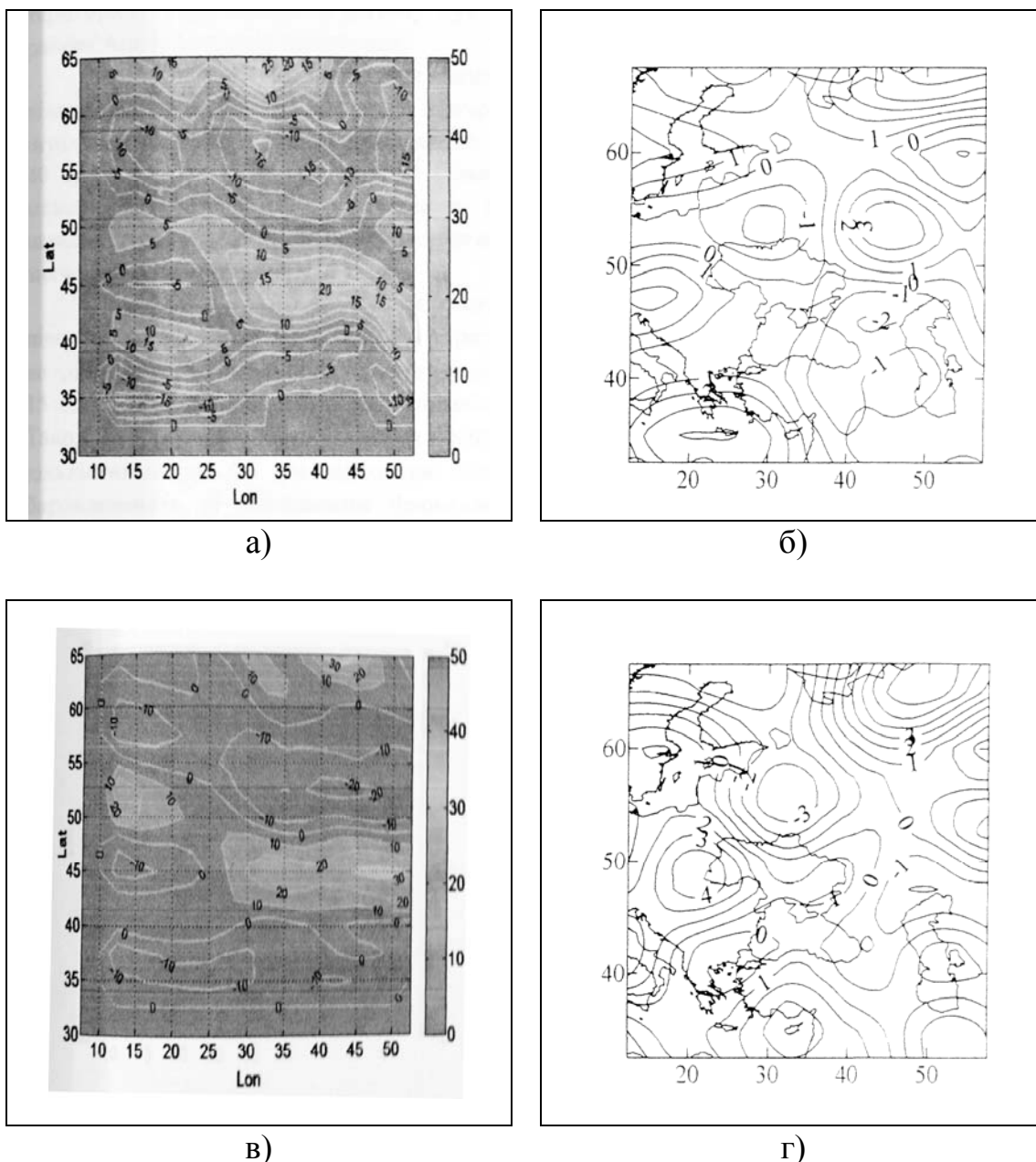


Рис. 3 – Поля фронтального параметра Ψ (10^{-10} м^{-1}) та відносного вихору Ω_p (10^{-5} с^{-1}) відповідно: а, б – за 16.12.09 р.; в, г – за 17.12.09 р.

Аналогічна картина спостерігалась 17 грудня (рис. 2б, 3в), хоча швидкість вітру в Приазов'ї та Криму зменшилася, а смуга найбільш сильних вітрів ($15\text{-}20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) зсунулася на північ до 48° півн.ш.

Висновки. Таким чином, сумісний аналіз полів фронтального параметра і приземного вітру показав, що між параметром ψ і швидкістю приземного вітру існує зв'язок, який орієнтовно можна виразити кількісно.

В нашому випадку швидкості $15\text{-}20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ спостерігаються в зоні, де ψ коливається близько 20 од. Швидкостям вітру $10\text{-}15 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ відповідають додатні значення параметра (до 15 од.). Більш слабкі вітри спостерігаються на тих ділянках поля тиску, де фронтальні умови відсутні, тобто параметр ψ набуває від'ємних значень.

На закінчення значимо, що викладені результати отримані для зимового випадку, пов'язаного з виходом південного циклону і його блокуванням відрогом

сибірського антициклону, коли територія східної України знаходилася в перехідній зоні зі слабо вираженою циклонічністю. Тому, висновки з виконаного аналізу можна узагальнювати на схожі ситуації. Але основний висновок полягає в тому, що фронтальний параметр ψ можна використовувати як кількісну характеристику, в якості одного із предикторів при прогнозі сильного вітру і шквалів, що узгоджується з результатами роботи [5].

Список літератури

1. Акулиничева А.А., Беркович Л.В., Соломахов А.Ю., Шмелькин Ю.Л. и др. Геоинформационная система «Метео» и состояние её использования в метеослужбах России и стран ближнего зарубежья // Метеорология и гидрология. – 2001. - № 11. – С. 90-98.
2. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р., Калугина Г.Ю. Субъективный и объективный анализы атмосферных фронтов. II Объективное выделение зон фронтов // Метеорология и гидрология. – 1998. - № 8. – С. 5-15.
3. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н., Иванова А.Р. Объективный анализ атмосферных фронтов и оценка его эффективности // Метеорология и гидрология. – 2000. - № 7. – С. 5-16.
4. Шакина Н.П., Скриптунова Е.Н. Спектр повторяемости осадков на территории Европейской части бывшего СССР в зависимости от интенсивности фронтальных зон и конвективной неустойчивости сеточного масштаба // Метеорология и гидрология. – 2006. - № 4. – С. 5-18.
5. Юсупов Ю.И. К вопросу об оперативном прогнозе шквалов // Тр. ГМЦ РФ. – 2008.- вып. 342.- С. 55-78.

Использование фронтального параметра для определения зон опасного ветра.

Ивус Г.П., Хоменко Г.В., Зубкович С.А.

Выполнен совместный анализ полей фронтального параметра и опасного приземного ветра ($\geq 10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$). Определено, что между указанными полями существует количественная связь, которая позволяет рассматривать фронтальный параметр как один из предикторов при прогнозе сильного ветра и шквалов.

Ключевые слова: фронтальный параметр, бароклинность, опасный ветер.

Usage of the frontal parameter for determination of hazardous wind zones.

Ivus G.P., Homenko G.V., Zubcovich S.A.

Combined analysis of fields of the frontal parameter and hazardous surface wind ($\geq 10 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$) is executed. It is found that between these fields, there is quantitative relation, which makes it possible to consider the frontal parameter as one of predictors for forecast of high winds and squalls.

Keywords: frontal parameter baroclinicity, hazardous wind.