

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

для лабораторної роботи з дисципліни

«Короткострокові прогнози погоди» на тему:

«Прогноз шквалів»

ОДЕСА – 2011

Методичні вказівки для лабораторної роботи з дисципліни «Короткострокові прогнози погоди» на тему: «Прогноз шквалів» для студентів 4 курсу, спеціальність «Метеорологія», спеціалізація «Метеорологічні прогнози» / Укладачі: к. геогр.н., проф. Івус Г.П., ас. Гурська Л.М.; укр., 29 стор.

## **ПЕРЕДМОВА**

Дисципліна «Короткострокові прогнози погоди» належить до циклу професійно-орієнтованих дисциплін підготовки студентів з напрямку «Гідрометеорологія» за спеціальністю 7.04010501 – «Метеорологія».

Мета дисципліни - підготовка фахівців, які володіють глибокими теоретичними знаннями та практичними навиками, що необхідні для якісного проведення метеорологічного обслуговування народного господарства.

Завданням дисципліни є вивчення питань впливу метеорологічних умов на діяльність різних галузей сучасної економіки, знайомство з теоретичними та методичними основами метеорологічного забезпечення народного господарства.

Дані методичні вказівки спрямовані на організацію лабораторних робіт під час вивчення теми: «Прогноз конвективної хмарності, явищ погоди, що пов'язані з нею». Оцінювання завдання проводиться за кредитно-модульною системою відповідно до робочої програми.

При вивченні теми студент повинен:

Знати: характеристики шквалів, фізичні процеси, які призводять до нестійкості атмосфери та виникнення конвективних явищ, принципи побудови аерологічної діаграми.

Вміти: оцінити синоптичну ситуацію та термодинамічні умови щодо сприятливості розвитку шквалів і дати їх прогноз.

#### Перелік літератури

1. Базлова Т.А., Бочарников Н.В., Брылев Г.Б. и др. Метеорологические автоматизированные радиолокационные сети. – СПб.: Гидрометеиздат, 2002. – 332 с.
2. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
3. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди. – Одеса, «Екологія», 2007. – 322 с.
4. Клімат України / За ред. В.М. Ліпінського. К.: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
5. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди. - Київ, Державний комітет України з гідрометеорології, 2004. - 31 с.
6. Переходцева Э.В., Золин Л.В. Гидродинамико-статистический прогноз и экспертная система прогноза смерчей на европейской территории России // Тр. ГМЦ РФ. – 2008. – Вып. 342. – С. 45 – 54.
7. Практикум з синоптичної метеорології / під ред. Івус Г.П., Іванової С.М. – Одеса, ТЕС, 2004. – 419 с.

#### **ПРОГНОЗ ШКВАЛІВ**

## ЗАГАЛЬНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ ШКВАЛІВ

Шквал – це різке короткочасне (від декількох хвилин до години) посилення вітру, яке супроводжується зміною його напрямку. Близько половини усіх шквалів мають тривалість не більше 0,1 год, у 4% випадків – понад 0,5 год.

Шквал являє собою вихор з горизонтальною віссю обертання, швидкість вітру при якому нерідко досягає 18...25 м·с<sup>-1</sup>, а іноді й більше, перевищує швидкість градієнтного вітру, в окремих випадках досягає руйнівної сили. Відповідно до швидкості вітру шквали поділяють на: слабкі — швидкість вітру до 14 м·с<sup>-1</sup>, помірні — від 15 до 24 м·с<sup>-1</sup> та сильні  $\geq 25$  м·с<sup>-1</sup>.

Шквал, як і інші небезпечні конвективні явища, пов'язаний із зонами активної конвекції, утворюється внаслідок складної взаємодії атмосферних процесів макро-, мезо- та мікромасштабів. До макропроцесів відносяться характерні синоптичні ситуації, що сприяють утворенню шквалу: до мезопроцесів — конкретні ділянки атмосферних фронтів, лінії нестійкості, мезомасштабні конвективні комплекси; до мікропроцесів — параметри окремих частин конвективних хмар, фазовий стан хмарних часток тощо. Виникнення шквалів спостерігається в тих районах, де атмосфера біля земної поверхні стратифікована нестійко, відмічається конвергенція повітряних потоків і вологість повітря досить значна.

Як правило, шквали мають локальний характер, це окреме явище, рідко вони можуть супроводжувати один одного у певному районі. Шквали відносяться до стихійних гідрометеорологічних явищ погоди. Особливо небезпечні неупереджені шквали тому, що вони можуть спричинити великі руйнування та завдати значної шкоди господарському комплексу.

Розподіл шквалів по території України. Внаслідок локальності шквалу окремими метеорологічними станціями він фіксується досить рідко, тому чітких закономірностей у його просторовому розподілі не виявлено. Зона шквалу зазвичай займає незначну площу і найчастіше (близько 70%) відмічається одним пунктом, лише в 1% шквал фіксується 5-ма та більше пунктами.

Шквали спостерігаються на всій території України. Враховуючи локальність явища, дані про шквали доцільно розглядати осередненими для певних територій, зокрема — для адміністративних областей. Як свідчать осереднені таким чином дані, у просторовому розподілі шквалів відмічається значна нерівномірність. Навіть у поблизу розташованих областях кількість шквалів може істотно відрізнятись (Одеська і Миколаївська, Чернігівська і Сумська області). Це стосується як усіх шквалів, так і сильних зокрема.

Найбільш шквалонебезпечним є південь, зокрема Одеська область (понад 6 шквалів у середньому за рік). Дещо менше їх (4 - 6) спостерігається у Херсонській області та Криму, від 2 до 4 — на крайньому заході (Львівська та Волинська області), у деяких центральних і північних областях (Кіровоградська, Черкаська, Житомирська, Київська і Чернігівська) та на сході (Донецька, Харківська), у решті областей — менше двох. Інколи шквали виникають одночасно у декількох областях, досягаючи категорії сильних.

Сезонний та добовий хід. Повторюваність шквалу має чітко виражений річний хід. Над сушею шквали спостерігаються з квітня по серпень у південних районах, але іноді вони відмічаються у березні та вересні. Над теплими морями шквали спостерігаються і взимку, вони розвиваються у нестійко стратифікованих холодних повітряних масах, а також при проходженні холодних фронтів.

Сильні шквали у західних і східних областях майже однаково часто спостерігаються у липні і червні, у північному регіоні максимум припадає на червень, а в південних і центральних – на липень.

Шквал найчастіше виникає у другій половині дня (о 15 – 18 год), коли конвективна хмарність досягає найбільшого розвитку і термодинамічна енергія нестійкості максимальна. Майже з однаковою повторюваністю шквал спостерігається о 12 – 15 та 18 – 21 год, коли конвекція також досить інтенсивна. Подібна закономірність у добовому ході спостерігається у більшості регіонів. Дещо відрізняється східний регіон, де повторюваність шквалів підвищена у період 12 – 15 год. Нічні шквали тут не зафіксовані. Для південних областей характерна підвищена частота шквалу о 0 – 6 год.

## МЕТЕОРОЛОГІЧНІ ТА СИНОПТИЧНІ УМОВИ ВИНИКНЕННЯ ШКВАЛІВ

Виникнення шквалів пов'язано з купчасто-дощовими хмарами (Cb). У передній частині Cb спостерігаються сильні висхідні рухи повітря, а у тилівій - сильні низхідні рухи. Останні обумовлені охолодженням повітря, опадами, особливо при випадінні граду.

У зоні протилежних рухів повітря створюється "шкваловий коловорот (комір)" – вихор з горизонтальною віссю. Цей вихор з'являється звичайно поперед Cb, за 1...2 км до суцільної завіси дощу, на висоті 500...600 м або нижче. У результаті при проходженні Cb виникає шквал.

Шквал зазвичай фіксується одночасно з різними явищами конвективного походження. Під час шквалу найчастіше спостерігається зливовий дощ з грозою, причому це найхарактерніше для сильних шквалів, коли досить часто ці явища поєднуються з градом, а слабкі шквали характеризуються підвищеною повторюваністю зливових дощів.

У теплий період року під час шквалу спостерігається різка зміна метеорологічних величин у приземному шарі атмосфери.

Тиск повітря під час слабких та помірних шквалів аналогічний і найчастіше має значення, які є характерними для теплого періоду взагалі. Під час сильних шквалів тиск повітря менший, ніж під час слабких та помірних. Перед шквалом майже завжди тиск різко падає, при появі шквалу - різко зростає. Зростання тиску за фронтом у районі виникнення шквалів складає 3...5 гПа за 3 год. Після закінчення шквалу та припинення зливи тиск падає знову приблизно на протязі години ("грозовий ніс").

Шквал виникає у досить широкому діапазоні температури повітря. Максимальна температура теплого повітря перед фронтом звичайно досягає позначки 30 °С, часто підвищується до 35...38 °С. При шквалі температура повітря різко знижується, а після його припинення може зростати, але залишається більш низькою, ніж температура повітря до шквалу. Контрасти температури на холодному фронті у випадках коли формується шквал над сушею, часто дорівнюють 8...10 °С та більше.

Діапазон повторюваності температури ґрунту ще ширший, максимум припадає на 25 – 30 °С, у східних і південних областях температура інколи досягала майже 60 °С.

Виникнення шквалу тісно (78%) пов'язане з атмосферними фронтами, а в решті випадків - з внутрішньомасовими процесами. Здебільшого це малорухомі квазімеридіонально орієнтовані фронти, розташовані в улоговинах, які поступово переміщуються із заходу на схід. На них зазвичай утворюються хвилі, що у свою чергу сприяє розвитку конвекції і, як наслідок, виникненню шквалу. 10...15% шквалів зафіксовано на вторинних фронтах і в депресіях, що заповнюються, 3...5% випадків – у термічно однорідній повітряній масі.

Найбільш небезпечні фронтальні шквали виникають частіше за все у смузі найбільш розвиненої конвективної нестійкості в теплому секторі циклону попереду холодного фронту. Передній край цієї смуги шириною 50...100 км має назву лінії нестійкості.

Внутрішньомасові шквали пов'язані з хмарами Сб, які виникають при суто термічній конвекції або при термодинамічній конвекції у холодній нестійкій повітряній масі в тилу циклону. Шквал переміщується разом з купчасто-дощовою хмарию, тому у межах певної смуги, за останнім, формується так званий "слід" шквалу.

В Україні шквали найчастіше (40%) виникають у баричних улоговинах, які в основному спрямовані з півночі, північного заходу чи північного сходу. Значна їх повторюваність також у розмитих баричних полях. У зонах високого тиску (антициклон, гребінь) неодмінною умовою виникнення шквалу є наявність атмосферного фронту. Щодо висотного баричного поля, то найбільшу повторюваність має також улоговина.

Синоптичні умови, що сприяють розвитку шквалів

1. Вершини хвильових збурень на фронтах і зони холодних фронтів, що переміщуються зі швидкістю 30...40 км·год<sup>-1</sup> та більше.

2. Стаціонарні та малорухомі холодні фронти із хвильовими збуреннями.

3. Фронти оклюзії при їх переміщенні зі швидкістю 20..30 км·год<sup>-1</sup>.

4. Малоградієнтні області низького або високого тиску.

5. Области невеликих баричних улоговин та теплі сектори циклонів.

6. Південні, південно-західні та західні периферії розлогих, малорухомих антициклонів при значній нестійкості теплої повітряної маси та денних температурах, які досягають 28...30 °С, при точці роси 10...15 °С та масовій частці водяної пари  $\geq 10\%$ .

Синоптичні умови, що не сприяють розвитку шквалів

1. Области антициклонів та баричних гребенів.

2. Теплі сектори циклонів з прямолінійними або антициклонально вигнутими ізобарами.

3. Передня та ліва за напрямком руху частини циклонів.

4. Теплі фронти.

5. Периферійні частини будь-яких фронтів.

6. Малорухомі холодні фронти, швидкість переміщення яких не перевищує 10...15 км·год<sup>-1</sup>.

## ВИКОРИСТАННЯ СУПУТНИКОВОЇ ТА РАДІОЛОКАЦІЙНОЇ ІНФОРМАЦІЇ ДЛЯ ПРОГНОЗУ ШКВАЛІВ

Інформація з метеорологічних штучних супутників Землі може бути використана для прогнозу шквалів з упередженістю до 36 годин. Аналіз знімків супутників за денний або вечірній час попередньої доби дозволяє вирішити питання: чи відмічалися у попередню добу на синоптичному об'єкті (наприклад, на фронті) конвективні хмари, які наближаються до пункту (району) прогнозу. Якщо на знімках ШСЗ були відмічені потужні конвективні хмари у хмарних спіралях, вихорах або смугах, то можна припустити, що ці хмари будуть зберігатися або розвиватися на фронті і у поточну добу, та з ними будуть пов'язані грози, зливи, град та шквали. Якщо на знімках за попередню добу на синоптичному об'єкті, що наближається до пункту (району) прогнозу, не було конвективних явищ, то це означає, що відсутні термодинамічні умови, які сприяють їх розвитку.

Лінії шквалів (або лінії нестійкості) відносяться до хмарних об'єктів мезомасштабу лінійного типу (масштаб мезо- $\alpha$ ) і являють собою зону скупчення купчасто-дощових та потужних купчастих хмар. Горизонтальна протяжність ліній шквалів може досягати тисячі кілометрів, а ширина в середньому складає 50 - 100 км.

На супутникових знімках лінії шквалів мають вигляд скупчень крупних конвективних елементів, що розміщуються вздовж однієї лінії паралельно хмарній смузі холодного фронту. Відстань між лінією шквалів та хмарністю холодного фронту в середньому складає 200 - 300 км і зберігається майже постійною протягом всього періоду існування лінії шквалів, тобто швидкості переміщення цих хмарних систем співпадають. Хмарність ліній шквалів є неоднорідною за своєю структурою і складається з лінійних фрагментів або скупчень купчасто-дошових хмар довжиною до 100 км і шириною близько 30 км. Період життя лінії шквалів складає звичайно більше доби, але окремі її елементи існують близько 5 - 6 годин.

Фізичний механізм утворення ліній шквалів тісно пов'язаний з виникненням вторинних мезомасштабних циркуляцій в зоні атмосферних фронтів завдяки реалізації певних видів гідродинамічної нестійкості, таких як бароклинна нестійкість і конвективна нестійкість. Утворення лінії шквалів відбувається при високому рівні вологовмісту атмосфери та значних температурних контрастах в передній частині фронтальної зони. В приземному шарі атмосфери спостерігається мезомасштабна зона конвергенції потоків. Сприятливі умови призводять до формування характерної системи глибокої конвекції з висхідним рухом повітря, де утворюється конвективна хмарність, та інтенсивним низхідним рухом, що утворює характерну зону прояснення між лінією шквалів та хмарністю холодного фронту. Життєвий цикл лінії шквалів залежить від періоду зберігання сприятливих умов надходження теплого та вологого повітря в її передню частину, тобто від термодинамічного стану повітря, в напрямку якого вона переміщується. Якщо лінія шквалів рухається в бік більш сухого повітря, можна прогнозувати її швидке руйнування. Але в цілому, лінія шквалів, що переміщується з фронтальною системою циклону, може відновлюватися при зміні термодинамічного фону на сприятливий для глибокої конвекції над іншим районом.

Оскільки лінії шквалів є продуктом глибокої конвекції, на супутникових знімках активні хмарні системи виглядають яскраво білими на ТВ (видимий діапазон), ІЧ (інфрачервоний діапазон) та ВП (діапазон випромінювання водяної пари) знімках. Але при меншій активності лінія шквалів виглядає білою лише на ТВ-знімку, сірий тон має на ІЧ-знімку та майже не розпізнається на ВП-знімку. Іноді хмарність лінії шквалів може знаходитися навіть в темній (сухій) зоні на ВП-знімку. Тобто, порівняльний аналіз вигляду хмарної системи лінії шквалів на знімках, зроблений в різних ділянках спектру, допомагає визначити активність лінії шквалів та інтенсивність конвективних процесів в ній. Ознакою зародження лінії шквалів в помірних широтах за даними супутникових знімків є поява вузького та довгого ланцюжка конвективних хмар, який



відокремлений від системи холодного фронту безхмарною зоною шириною близько 100 км.

Радіолокаційна інформація дозволяє виявити зони потужної конвективної хмарності на відстані до 300 км від пункту, де встановлено метеорологічний радіолокатор (МРЛ). Проте за результатами численних досліджень радіус дії МРЛ-2 і МРЛ-5 при вірогідності виявлення таких метеоб'єктів як Сб з грозою, градом та шквалом не менше 95% знаходиться в діапазоні 150 – 200 км.

Спостереження за послідовні строки дають можливість виявити Сб і пов'язані з ними небезпечні явища погоди, у тому числі і шквали. Встановити напрямок і швидкість переміщення Сб та їх еволюцію, визначити для кожного явища геометричні розміри, інтенсивність, тенденції розвитку. Періодичність оновлення інформації МРЛ у радіусі огляду змінюється в широких межах, але для переважної більшості споживачів вона становить від 3 до 15 хв. Таким чином можна уточнити складений раніше прогноз конвективних явищ на найближчі 3 год, а іноді на більший термін. Однак радіолокаційних характеристик та критеріїв, що надійно відрізняють шквалові конвективні хмари від нешквалових, поки що немає.

## МЕТОДИ ПРОГНОЗУ ШКВАЛІВ

В оперативній практиці найбільше застосування знайшли методи прогнозу шквалів, розроблені Г.Д. Решетовим та Б.Є. Песковим і О.І. Снітковським. Ці методи мають високу справджуваність, яка наближається до 90%, однак, успішність прогнозу значною мірою залежить від правильної оцінки синоптичного положення.

Прогноз складається у два етапи. На першому етапі виконується сумісний аналіз карт погоди та супутникових знімків, і за цими матеріалами складається прогноз очікуваного синоптичного положення. Якщо комплексний синоптичний аналіз вказує на умови, сприятливі для розвитку шквалів, то переходять до другого етапу прогнозу – розрахунку термодинамічних параметрів.

Решетовим Г.Д. розглянуто 280 шквалів (обрано 85 предикторів).

Найбільш показовими параметрами атмосфери при розвитку шквалів є:

1. Швидкість вітру на рівні 700 гПа -  $V_{700}$  (або середня швидкість в шарі 850...500 гПа -  $\bar{V}_{850}^{500}$ ), причому  $\bar{V}_{850}^{500} \geq 16 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ . При  $\bar{V}_{850}^{500} \geq 25 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$  імовірність шквалів 100%. Якщо  $\bar{V}_{850}^{500} \leq 12 \text{ м} \cdot \text{с}^{-1}$ , шквал відсутній.

2. Вологість: при дефіцитах  $(T-Td)_{500} \sim 6...13 \text{ }^\circ\text{C}$  та  $(T-Td)_{850} \sim 4...8 \text{ }^\circ\text{C}$  імовірність шквалу є великою.

При більших дефіцитах (за рахунок випаровування та ефекту залучення) кількість шквалів зменшується. При менших дефіцитах, що

супроводжуються збільшенням кількості хмарності і зменшенням денного прогріву, кількість шквалів теж зменшується.

3. В зоні фронту горизонтальний градієнт температури повітря  $T_v \geq 7,5 \text{ }^\circ\text{C}/750 \text{ км}$ . При  $T_v \geq 12 \text{ }^\circ\text{C}/750 \text{ км}$  імовірність шквалу 100%.

4. В полі барометричних тенденцій: перепади тенденцій більше  $5 \text{ гПа}/3 \text{ год}$  на відстані  $500 \text{ км}$  від зони фронту. Якщо вночі в осередку падіння тиску  $\left(\frac{\partial P}{\partial t}\right)_\Pi > 4 \text{ гПа}/3 \text{ год}$  або вдень в осередку росту тиску

$\left(\frac{\partial P}{\partial t}\right)_P > 4 \text{ гПа}/3 \text{ год}$ , тоді ймовірність шквалу є великою.

З використанням найбільш інформативних предикторів в різних методиках отримані графіки для прогнозу шквалів.

**Прогноз шквалів за методом Г.Д. Решетова.** Прогноз шквалу за цим методом на короткий відрізок часу (9...12 год) більш виправданий. Але цей спосіб також може бути застосований для орієнтовного прогнозу, що має упередженість до 24...36 год.

#### Порядок складення прогнозу шквалу

1. За нічними та ранковими картами дається оцінка синоптичного положення, яке потім порівнюється з умовами, що сприяють або не сприяють розвитку шквалу.

2. За прогностичною кривою стратифікації розраховуються параметри:  $\Delta T$ ,  $\Delta T_z^{500}$ ,  $\sum_{850}^{500} \Delta T'$ ,  $\bar{V}$ .

Графік, представлений на рис. 1, враховує ступінь нестійкості атмосфери в шарі  $850...500 \text{ гПа}$ . Тут по осі ординат представлений параметр  $\Delta T_z^{500}$  - різниця між максимальною температурою біля поверхні землі перед шквалом та температурою повітря на рівні  $500 \text{ гПа}$  за цей самий строк; по осі абсцис відкладені значення  $\Delta T = T_{z \text{ max}} - T_{z \text{ м}}$ ,  $^\circ\text{C}$  - різниця між максимальною температурою повітря біля поверхні землі перед шквалом ( $T_{z \text{ max}}$ ) та температурою низхідної течії холодного повітря ( $T_{z \text{ м}}$ ), яке витікає з-під Сб і дає явище шквалу. Ця температура дорівнює нульовій температурі змоченого термометра  $T_{z \text{ м}}$  на висоті  $600...700 \text{ гПа}$ , яка приведена до тиску біля поверхні землі.

На аерологічній діаграмі  $T_{z \text{ м}}$  встановлюють таким чином:

1) знаходимо точки перехрестя нульової ізотерми з кривою вологості (точка А) та кривою стратифікації (точка В) (рис. 2);

2) на нульовій ізотермі знаходимо точку С, що ділить відрізок АВ на дві рівні частини. Приблизно у цій точці температура змоченого термометра буде дорівнювати  $0 \text{ }^\circ\text{C}$ . З точки С вздовж вологої адиабати

переміщуємося до приземної ізобари ( $p = p_0$ ), де відраховуємо значення  $T_{зм}$ ;

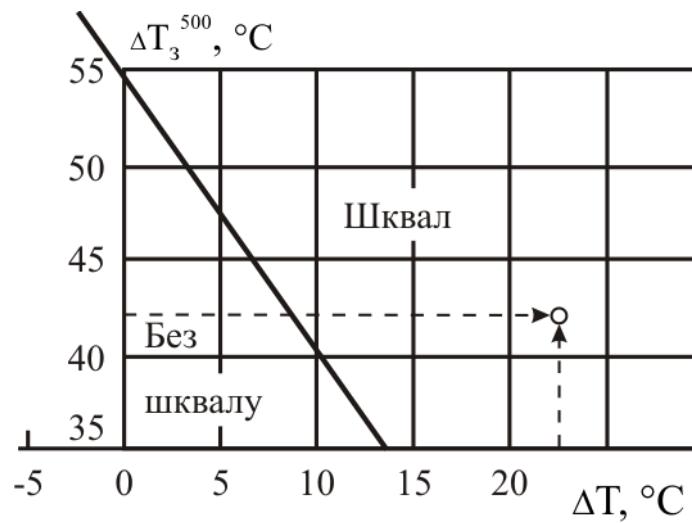


Рис. 1 – Графік для прогнозу шквалів за значеннями параметрів  $\Delta T_{земля}^{500}$  та  $\Delta T$ .

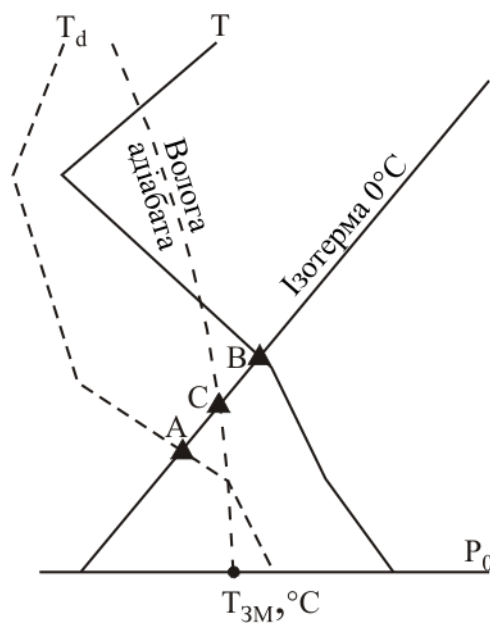


Рис. 2 - Встановлення нульової температури змоченого термометра  $T_{зм}$ , що приведена вологодіабатично до тиску біля поверхні землі:

- 1 - крива стратифікації температури; 2 - крива точки роси;
- 3 - допоміжна крива.

Прийнято вважати, що швидкість вітру при шквалах залежить від двох компонентів. Перший компонент - швидкість низхідного потоку холодного повітря у шкваловій хмарі, він враховується через величину  $T_{зм}$ . Другий компонент - перенос великих швидкостей (великої кількості руху) з верхніх рівнів до поверхні землі низхідним потоком холодного повітря. Графік на рис. 3 враховує швидкість низхідного потоку повітря в шкваловій хмарі  $\bar{u}$ , де  $\bar{u} = \frac{u_3 + u_{850} + u_{700} + u_{500}}{4}$ .

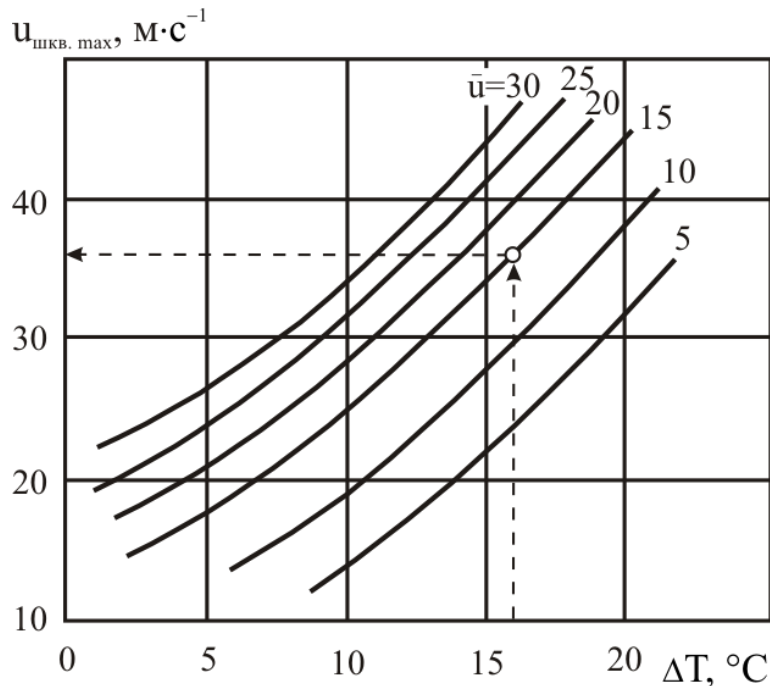


Рис. 3 – Графік для розрахунку максимальної швидкості вітру при шквалі.

Графік, що представлений на рис. 4, враховує перенос кількості руху з верхніх рівнів донизу. По осях відкладені:

$$\bar{V} = \frac{V_{земля} + V_{850} + V_{700} + V_{500}}{4} - \text{середня швидкість вітру у нижньому}$$

п'ятикілометровому шарі, де  $V_{500}$ ,  $V_{700}$ ,  $V_{850}$ ,  $V_{земля}$  – швидкість вітру на рівнях 500, 700, 850 гПа та біля поверхні землі;

$\sum_{850}^{500} \Delta T'$  - сума відхилень кривої стану від кривої стратифікації на рівнях

850, 700, 600 та 500 гПа;  $\Delta T_3^{500}$  - різниця між максимальною температурою біля поверхні землі перед шквалом та температурою повітря на рівні 500 гПа за цей самий строк.

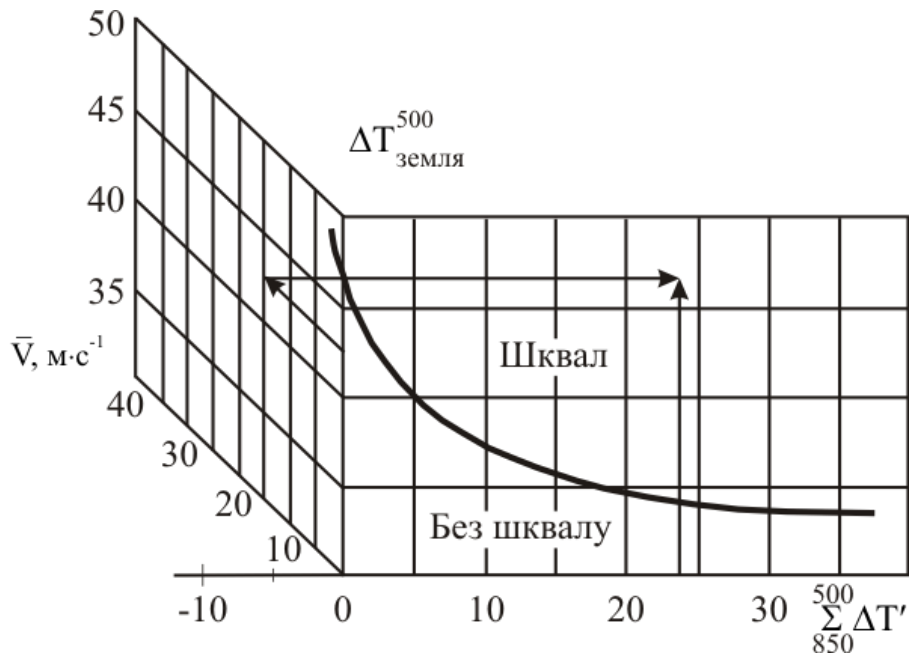


Рис. 4 – Графік для прогнозу шквалу за значеннями параметрів

$$\sum_{850}^{500} \Delta T', \Delta T_{земля}^{500}, \bar{V}.$$

Шквал вказується в прогнозі у випадку, якщо і синоптична ситуація, і сполучення термодинамічних параметрів свідчать про сприятливі умови для його розвитку.

#### Прогноз шквалів за методом Б.Є. Пєскова і О.І. Снітковського.

Метод Б.Є. Пєскова і О.І. Снітковського базується на залежності між максимальною швидкістю вітру при шквалах, потужністю  $S_b$ , сумою швидкостей вітру у шарі земля - 500 гПа.

#### Порядок складення прогнозу шквалу

Якщо очікується проходження фронтальних розділів (холодних фронтів, фронтів оклюзії, фронтів з хвилями, ліній нестійкості), будується прогностична крива стратифікації. При цьому повинні виконуватися наступні умови:

1) фронти повинні знаходитись на відстані 150 км від пункту прогнозу.

2)  $\frac{\partial T}{\partial n} \geq 7 \text{ } ^\circ\text{C}/750 \text{ км.}$

Граденти температури вимірюються за даними максимальних температур минулого дня (відкладається 500 км у бік холодного та 250 км у бік теплого повітря).

Якщо вказані вище умови виконуються, за прогностичними кривими стратифікації будується модель конвекції, по якій встановлюються запаси

енергії нестійкості і зволоження у шарі 700...500 гПа та зіставляються з їх критичною величиною;

$$3) \sum_{700}^{500} (T' - T) \geq 3 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$4) \sum_{700}^{500} (T - T_d) \leq 25 \text{ } ^\circ\text{C}.$$

Якщо виконуються умови 3 та 4, розраховується потужність хмари ( $\Delta H$ , гПа) як різниця тиску на рівнях конденсації і конвекції та сума швидкостей вітру  $\sum_{земля}^{500} V$  (складаються швидкості вітру біля поверхні землі і на рівнях 850, 700 та 500 гПа). Швидкість вітру знімається у початкових точках траєкторії.

За потужністю хмари ( $\Delta H$ , гПа) та сумою швидкостей  $\sum_{земля}^{500} V$  за графіком (рис. 5) визначається можливість розвитку шквалу. Якщо очікується розвиток шквалу, по графіку (рис. 6) за допомогою величини  $\sum_{земля}^{500} V$  встановлюємо максимальну швидкість вітру при шквалі.

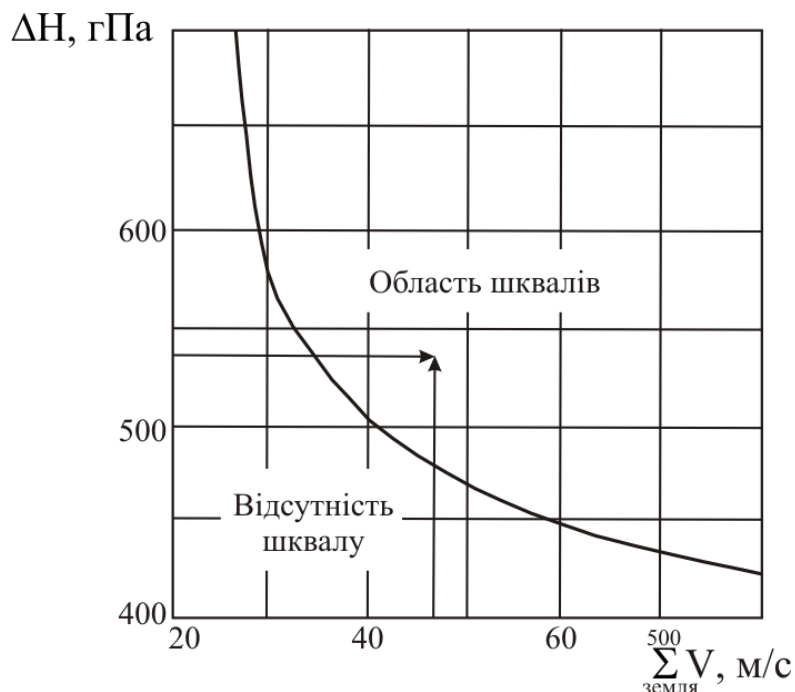


Рис. 5 - Зв'язок між потужністю хмари та сумою швидкостей вітру у шарі земля - 500 гПа.

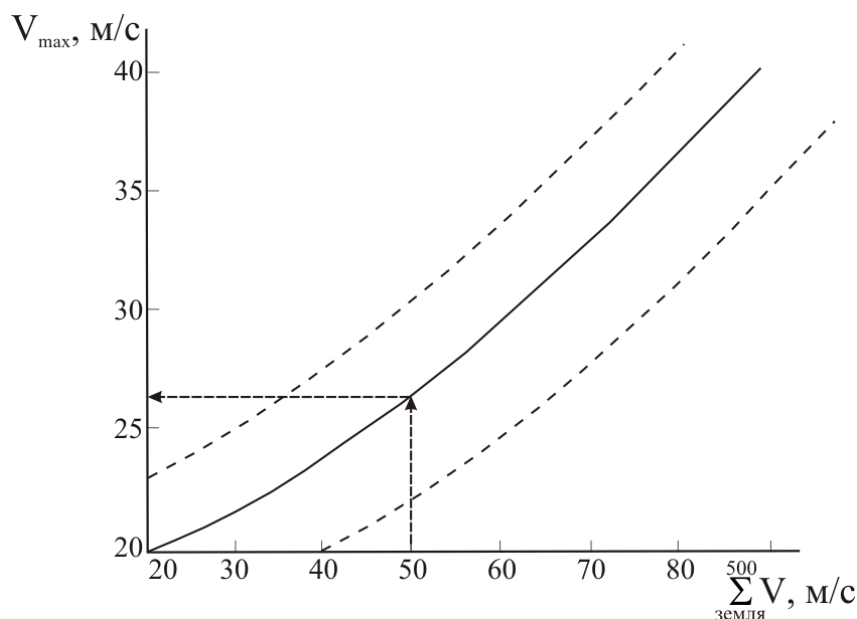


Рис. 6 - Зв'язок між максимальною швидкістю вітру при шквалі та сумою швидкостей вітру у шарі земля - 500 гПа.

**Об'єктивний метод прогнозу шквалу О.В. Переходцевої.** Цей фізико-статистичний метод розроблено із застосуванням алгоритмів багатомірного статистичного аналізу. Розглянемо випадки відсутності та наявності шквалів (середня швидкість вітру  $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  і більше) на Європейській території, які спостерігались при нестійкій стратифікації атмосфери, зливах і грозах. Із великої кількості (26) інформативних предикторів, які вміщують динамічні, термодинамічні і вологісні характеристики, відібрано шість предикторів, що досить повно відображають умови утворення шквалів:

- $V_{700}$  – швидкість вітру на ізобаричній поверхні 700 гПа,  $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ ;
- $H_0$  – висота нульової ізотерми над пунктом прогнозу, гПа;
- $(T' - T)_{500}$  – відхилення кривої стану від кривої стратифікації на рівні 500 гПа,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $\partial T / \partial n$  – горизонтальний контраст температури повітря біля поверхні Землі,  $^{\circ}\text{C}/500 \text{ км}$ ;
- $T_{\text{max}}$  – максимальна температура повітря біля поверхні Землі,  $^{\circ}\text{C}$ ;
- $T_{d \text{ max}}$  – максимальне значення точки роси біля поверхні Землі,  $^{\circ}\text{C}$ .

За умови  $(T' - T)_{500} > 0$  прогноз наявності (відсутності) шквалу ( $V \geq 20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ) здійснюється за допомогою дискримінантної функції

$$L = 0,44T_{\text{max}} + 0,21V_{700} + 0,18\frac{\partial T}{\partial n} + 0,05(T' - T)_{500} - 0,02H_0 - 0,14T_{d \text{ max}} + 3,9. \quad (1)$$

При  $L > 0$  прогнозується шквал, при  $L < 0$  – відсутність шквалу. Якщо  $(T' - T)_{500} < 0$ , то шквал не очікується, і функцію  $L$  розраховувати не потрібно.

### Порядок складення прогнозу шквалу

Предиктори для прогнозу шквалу обчислюються таким чином:

- значення  $T$  і  $T_d$  обчислюють на стандартних ізобаричних поверхнях у початкових точках траєкторій повітряних частинок, побудованих вручну на 12...15 год за ранковими (00 ВСЧ) даними приземних та аерологічних спостережень, або із результатів гідродинамічних прогнозів. За допомогою карти АТ-700 у початковій точці траєкторії повітряної частинки знаходять значення швидкості вітру  $V_{700}$ ;

- за одержаними даними  $T$  і  $T_d$  на стандартних ізобаричних поверхнях і прогностичними значеннями  $T_{max}$  і  $T_{d max}$  біля поверхні землі будується прогностична модель конвекції та розраховується величина  $(T' - T)_{500}$  і висота нульової ізотерми  $H_0$ ;

- за даними про температуру повітря біля поверхні землі навколо початкової точки траєкторії повітряної частинки визначають прогностичні значення  $\partial T / \partial n$  із завчасністю 12...15 год. За значення  $\partial T / \partial n$  береться абсолютне значення різниці температури повітря в діаметрально протилежних точках кола радіусом 250 км з центром у початковій точці траєкторії. На прикладі, наведеному на рис. 7, максимальний контраст температури дорівнює  $5^\circ\text{C}$ .

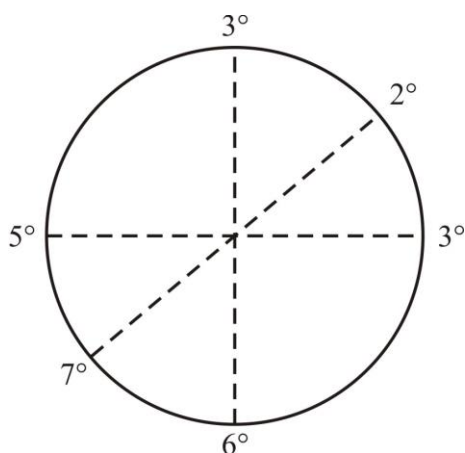


Рис. 7 – Приклад розрахунку горизонтального контрасту температури повітря біля поверхні землі.

Одержані значення предикторів записують у робочу таблицю 1 для зручності розрахунків і за формулою 1 обчислюють функцію  $L$ .

Таблиця 1 – Розрахунок параметрів для прогнозу шквалу

Дата	Пункт прогнозу	$0,44T_{max}$	$0,21 V_{700}$	$0,18 \partial T / \partial n$	$0,05(T' - T)_{500}$	$-0,02 H_0$	$-0,14 T_{d max}$	3,9	$L$



Складення прогнозу потребує мінімальних витрат часу, оскільки прогностична модель конвекції влітку будується кожен день.

Оцінка прогнозів наявності (відсутності) шквалу виконується таким чином.

1. Якщо за функцією 1 прогнозувався шквал швидкістю  $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  і більше та він спостерігався в радіусі 150 км від пункту прогнозу, то прогноз шквалу вважається таким, що справдився за фактом явища. У протилежному випадку прогноз шквалу вважається таким, що не справдився.

2. Якщо прогнозується відсутність шквалу швидкістю  $20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  і більше за значенням  $(T' - T)_{500} < 0$  або  $L < 0$ , то прогноз відсутності шквалу вважається таким, що справдився, у випадку, якщо на жодній станції в радіусі 150 км від пункту прогнозу шквал не спостерігався. Якщо шквал відмічався хоча б на одній із метеостанцій, розміщених на вказаній території, прогноз відсутності шквалу вважається таким, що не справдився. Граничне значення  $(T' - T)_{500} < 0$ , по якому прогнозується відсутність шквалу ( $V \geq 20 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ), може бути змінене, виходячи із оперативної практики в конкретному районі. Так, в Україні відсутність шквалу прогнозується при значеннях  $(T' - T)_{500} < 0,5$ .

Результати авторської перевірки методу на незалежних вибірках наявності (відсутності) шквалів, у тому числі і при грозах, дали такі результати: попередженість шквалів 90%; попередженість відсутності шквалів 86%; справджуваність прогнозу шквалу 75%; справджуваність прогнозу відсутності шквалу 95%; загальна справджуваність прогнозу 88%; оцінка прогнозів за критерієм надійності М.О. Багрова та успішності Пірсі-Обухова відповідно 0,73 і 0,75.

### **Запитання для самоперевірки студентів**

1. Дати визначення явища «шквал».
2. Як поділяють шквали за інтенсивністю?
3. Яка стратифікація атмосфери сприятлива для виникнення шквалу?
4. Дати характеристику комплексу метеорологічних умов при виникненні шквалів?
5. Які синоптичні умови є найсприятливішими для виникнення шквалів?
6. В чому полягає суть методики прогнозу шквалів Г.Д. Решетова?
7. Як розрахувати максимальну швидкість вітру за методом Б.Є. Пескова і О.І. Снітковського?
8. Які предиктори досить повно відображають умови утворення шквалів за методом прогнозу О.В. Переходцевої?

## Завдання 1

Скласти прогноз шквалу на 10 липня 2001 р. для м. Києва, м. Львова, м. Чернівці, м. Шепетівки за методами Г.Д. Решетова, Б.Є. Пескова і О.І. Снітковського.

### Вихідні матеріали

Кільцеві карти погоди і прогностичні значення  $p_0$ ,  $T$ ,  $T_d$  та  $V$  (табл. 2).

Таблиця 2 - Прогностичні значення  $p_0$ ,  $T$ ,  $T_d$ ,  $V$  за 12 ВСЧ 10.07.2001 р.

№ п/п	Пункти	$p_0$ , гПа	$T$ , °C	$T_d$ , °C	$V$ , м с <sup>-1</sup>
1	Київ	1013	27	21	8
		850	14	8	8
		700	2	-4	10
		500	-15	-19	10
2	Львів	1014	25	21	5
		850	8	7	7
		700	-1	-1	7
		500	-15	-17	7
3	Чернівці	1014	24	18	5
		850	11	8	10
		700	0	-2	7
		500	-14	-17	7
4	Шепетівка У районі м. Шепетівка 10 липня спостерігався смерч руйнівної сили	1000	29	19	10
		850	12	11	15
		700	2	-2	15
		500	-18	-22	20

### Звітні матеріали

1. Аналіз синоптичних умов виникнення шквалів.
2. Бланк аерологічної діаграми з побудованими кривими.
3. Текст прогнозу шквалу по пунктах (у робочому зошиті).

## Завдання 2

1. Розрахувати можливість розвитку шквалу за методом О.В. Переходцевої для пунктів Київ, Рівне, Біла Церква, Шепетівка, Житомир, де фактично спостерігалися шквали та сильний вітер (табл. 3).

Таблиця 3 - Штормові явища погоди за 03.06.2010 р.

№ п/п	Пункт	Явища	Строк спостереження
1	Рівне	пд-сх 21 м/с	11:26
2	Київ-Бориспіль	пд-сх 13 м/с	7:28
3	Біла Церква	шквал 9 м/с	7:20
4	Шепетівка	шквал 15 м/с	10:02
5	Житомир	шквал 18 м/с	8:47

### Вихідні матеріали

1. Синоптичні карти за 00 ВСЧ 03.06.2010 р. (рис. 8 - 11).
2. Початкові точки траєкторій для заданих пунктів наводяться в табл. 4.

Таблиця 4 – Початкові точки траєкторій для розрахунку шквалу за методом О.В. Переходцевої

№ п/п	Пункт	Земля	АТ-850	АТ-700	АТ-500
1	Рівне				
2	Київ-Бориспіль				
3	Біла Церква				
4	Шепетівка				
5	Житомир				

### Звітні матеріали

1. Аналіз синоптичних умов виникнення шквалів.
2. Бланк аерологічної діаграми з побудованою прогностичною моделлю конвекції.
3. Текст прогнозу шквалу по пункту (у робочому зошиті).
4. Заповнена табл. 1 з результатами розрахунків.

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
для лабораторної роботи з дисципліни  
**«Короткострокові прогнози погоди»**

Укладачі: к.геогр.н., проф. Івус Г.П.  
ас. Гурська Л.М.

Електронна версія © Гурська Л.М.

Підп. до друку \_\_\_\_\_ Формат \_\_\_\_\_ Папір офсетний

Умовн.друк.арк. \_\_\_\_\_ Тираж \_\_\_\_\_ Зам.№ \_\_\_\_\_

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет  
65016, Одеса, вул. Львівська, 15