

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

для лабораторних робіт з дисципліни
«Спеціалізовані прогнози погоди» на тему:
«Прогноз ожеледі»

ОДЕСА – 2018

Методичні вказівки для лабораторних робіт з дисципліни «Спеціалізовані прогнози погоди» на тему: «Прогноз ожеледі» для магістрів 1 року навчання, спеціальність «Науки про Землю», спеціалізація «Метеорологія, кліматологія» / Укладачі: к. геогр.н., проф. Івус Г.П., ст.викл. Гурська Л.М.; укр., 29 стор.

ПЕРЕДМОВА

Дисципліна «Спеціалізовані прогнози погоди» належить до професійно-орієнтованих і є обов'язковою з підготовки магістра зі спеціальністю 103 «Науки про Землю» за освітньо-професійною програмою «Метеорологія» та «Кліматологія».

Мета дисципліни: в результаті вивчення дисципліни у магістрів формуються знання та практичні навички для роботи у наукових та виробничих підрозділах з виявлення впливу метеорологічних умов на діяльність різних галузей економіки та методичних основ метеорологічного забезпечення народного господарства.

Дані методичні вказівки спрямовані на організацію лабораторних робіт під час вивчення теми: «Прогноз ожеледі», яка є складовою частиною змістовного практичного модуля.

Методичні вказівки містять дві лабораторні роботи, які становлять один модуль з практичної частини дисципліни. Оцінювання завдання проводиться за кредитно-модульною системою відповідно до робочої програми.

При вивченні теми студент повинен:

Знати:

- особливості просторо-часового розподілу ожеледі в Україні;
- синоптичні та метеорологічні умови, що сприяють формуванню ожеледних явищ;
- оцінювати вплив ожеледних явищ на різні галузі господарства.

Вміти:

- прогнозувати імовірність виникнення ожеледі та її інтенсивність.

Перелік літератури

1. Воробьев В.И. Синоптическая метеорология. - Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 616 с.
2. Івус Г.П. Спеціалізовані прогнози погоди. – Одеса, «Екологія», 2007. – 322 с.
3. Настанова по службі прогнозів та попереджень про небезпечні та стихійні явища погоди. - Київ, Держ. ком. України з гідрометеорології, 2004. - 31 с.

ПРОГНОЗ ОЖЕЛЕДІ

ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Аварії, що відбуваються на сучасних лініях зв'язку та електропередач через ожеледно-паморозеві явища, завдають колосального збитку народному господарству країни. Тому вкрай необхідні правильна оцінка очікуваних ожеледних навантажень і своєчасний якісний прогноз цього небезпечного явища погоди. Ожеледно-паморозеві відкладення впливають на продуктивність сільського господарства. Під їх вагою ламаються гілки, а іноді і стовбури дерев, а отже, знижується врожайність фруктових садів, виноградників. При відкладенні ожеледі потерпає відгінно-пасовищне тваринництво (особливо в гірських районах), тому що трава, вкрита кіркою льоду, стає недоступною для тварин, а це спричиняє виснаження, а іноді і загибель худоби.

В залежності від структури відкладеного атмосферного льоду розрізняють п'ять видів обледеніння: ожеледь, зернисту і кристалічну паморозь, почергове їх відкладення (суміш) і замерзлі відкладення мокрого снігу. Відкладення ожеледі на різних предметах утворюються при осіданні та замерзанні переохолоджених крапель води (тобто при наявності туману, мряки, дощу, коли температура повітря нижче нуля градусів), замерзанні мокрого снігу, що осідає, сублімації водяної пари.

В результаті першого процесу виникає ожеледь або зерниста паморозь (більш щільний снігоподібний і крихкий осад). При сублімації водяної пари і замерзанні дуже дрібних крапель формується кристалічна паморозь, що являє собою білий осад ажурної кристалічної будови. Ожеледь є найщільнішим видом відкладення атмосферного льоду ($0,6...0,9 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$), а його маса на 1 м погонної довжини ожеледного станка коливається від декількох грамів до 400...500 г. Найменша щільність у кристалічній паморозі – $0,01...0,08 \text{ г}\cdot\text{см}^{-3}$.

На дорогах лід може утворюватись при морозі після відлиги або випадіння дощу на холодну поверхню. Це явище дещо відрізняється від обледеніння предметів, які знаходяться над землею. Його звичайно називають ожеледицею.

Стихійні (особливо небезпечні) гідрометеорологічні явища – сильна ожеледь (діаметр відкладень на проводах стандартного ожеледного станка 20 мм і більше) та складні відкладення (суміш) при діаметрі 35 мм і більше.

На основі тривалих спостережень визначено ряд кліматичних характеристик просторового і часового розподілу ожеледно-паморозевих явищ – їх повторюваності, тривалості та інтенсивності (розмірів відкладень на проводах), - а також виявлені метеорологічні і синоптичні умови, за яких вони виникають.

Особливості просторово-часового розподілу ожеледно-паморозевих явищ

Повторюваність ожеледі звичайно характеризується середнім числом днів (і випадків) по місяцях і за рік. Розподіл ожеледно-паморозевих явищ по території залежить від широти місця, характеру атмосферних процесів, форми (типу) рельєфу, експозиції схилів і висоти станції над рівнем моря.

Число днів з ожеледдю у більшості районів Східної Європи коливається від 1...3 до 12 днів на рік. На підвищених місцях (райони Донецького кряжу, Середньо-Руської височини та Українських Карпат) спостерігається збільшення її повторюваності до 40...50 днів на рік. З підняттям у гори збільшується повторюваність та інтенсивність ожеледно-паморозевих явищ. Це відбувається по-різному в залежності від орієнтації схилів по відношенню до вітрів, що несуть вологу, але до певної висоти.

Бувають зими, коли у зв'язку з особливостями розвитку атмосферних процесів повторюваність ожеледі може помітно відрізнитися від середніх величин. Аналіз метеорологічних і синоптичних матеріалів показав, що в Україні зими з великою повторюваністю паморозі в той же час виявляються малоожеледними. Вони є, як правило, аномально холодними і над Східною Європою переважають процеси антициклогенезу при меридіональній і східній формах циркуляції по Г.Я. Вангейгейму. В малопаморозеві зими (більшою мірою теплі) ожеледь утворюється частіше. Вони характеризуються розвитком інтенсивної циклонічної діяльності над Атлантикою і Середземним морем (при цьому повторюваність меридіональної форми циркуляції різко зменшується і переважають зональна або східна форма циркуляції).

Тривалість періоду, на протязі якого може спостерігатися ожеледь, зменшується з півночі на південь Східної Європи. На Крайній Півночі перші його відкладення відмічаються у вересні, останні – у травні і навіть червні. На півдні ожеледь спостерігається звичайно з середини листопада до половини березня. Найчастіше утворення ожеледі відбувається у грудні та січні, коли відмічається і найбільша кількість його значних відкладень (діаметром більше 10 мм).

Добовий хід імовірності ожеледі також становить певний практичний інтерес. На Україні найчастіше утворюється ожеледь в період між 6...9 год (паморозь – 3...6), а найменше число випадків – вдень (від 12 до 15 год).

В розподілі ожеледно-паморозевих явищ по території спостерігається велика нерівномірність, внаслідок чого на всіх картах виділяється значне число різноманітних осередків (або «плям») підвищеної і зниженої їх повторюваності. Чим більше розчленована місцевість, тим більша різноманітність у формах рельєфу і мікрорельєфу, а, отже, тим більше буде виявлятися на картах повторюваності і розмірів відкладень осередків (або

плям), які відображують нерівномірний розподіл їх досліджуваною територією.

При вивченні тривалості ожеледі розрізняють тривалість процесу наростання відкладення ожеледі і загальну тривалість його знаходження на дротах з початку появи до повного зникнення. Тривалість наростання ожеледі визначається збереженням умов, необхідних для їх виникнення, - наявністю рідких крапель води при від'ємній температурі повітря. Із зникненням одного з цих параметрів припиняється відкладення ожеледі.

Над Східною Європою тривалість наростання ожеледі на дротах звичайно (у 60% випадків) менше 6 год, але в окремих випадках вона може досягати 24 год і більше. На території України найчастіше наростання ожеледі та паморозі триває 1...12 год (близько 90% випадків). Загальна тривалість збереження ожеледі та паморозі на дротах і предметах мінлива. У південній половині середня тривалість збереження ожеледі на дротах коливається від 0,6 до 1,6 доби і лише в окремих районах різко пересіченої місцевості вона може збільшуватися до двох і більше діб. У зв'язку з нестійким характером погоди на території України в холодний сезон, ожеледь і паморозь утримуються на предметах не більше 18 год (до 80 випадків). Проте у ряді районів їх відкладення можуть зберігатися протягом багатьох діб підряд (до 12...15 діб - Донецьк, Волноваха, Ай-Петрі та ін.). В Україні найбільша тривалість періоду утворення ожеледі за холодний сезон досягала 197 днів, а паморозі - 120 днів.

Тривалість періоду можливого утворення ожеледі перш за все залежить від загального розподілу температури повітря над даною територією і визначається настанням стійкого періоду від'ємних температур. Виявилося, що середні дати виникнення ожеледі і паморозі майже співпадають з датами переходу середньодобової температури повітря через 0 °С, а найбільш ранні і найпізніші дати їх утворення добре узгоджуються з середніми датами переходу середньодобової температури повітря через +5 °С. Ці дати є в кліматичних довідниках і по них (непрямим чином) можна судити про можливість періоду утворення ожеледі. Найтриваліші випадки збереження ожеледно-паморозевих явищ спостерігалися, як правило, на підвищених місцях та їх навітряних схилах.

Величина відкладень ожеледі і паморозі визначається комплексом причин: виглядом та інтенсивністю опадів (або розміром переохолоджених крапель та їх кількістю), швидкістю вітру, кутом між напрямом потоку і площиною предмета, а також тривалістю процесу наростання. При зростанні швидкості від 2 до 12 м·с⁻¹ одночасно відбувається збільшення діаметра відкладення атмосферного льоду, при швидкості більше 12 м·с⁻¹ інтенсивність наростання зменшується (при таких швидкостях вітру краплі переохолодженого дощу не встигають замерзнути на дротах і зносяться потоком повітря).

Спостереження спеціальних ожеледних станцій показали, що із збільшенням висоти підвішування дротів з 2 до 12 м розмір відкладень ожеледі збільшується в 2...3 рази (це відбувається внаслідок збільшення густини туману і зростання швидкості вітру з висотою). При зростанні висоти розташування дроту від 2 до 25 мм маса (вага) відкладення льоду може збільшитися в 4...5 разів у порівнянні з його масою на висоті двох метрів. Над Східною Європою в більшості випадків (60...70%) величина ожеледних відкладень не перевищує 10...15 мм. Ожеледь розміром більше 20 мм відмічається у рівнинній місцевості порівняно рідко. Інтенсивніші її відкладення спостерігаються на відкритих підвищених місцях.

Тривалість та інтенсивність ожеледно-паморозевих явищ в більшій мірі залежить від орографічних особливостей місцевості. Найбільш тривалі та інтенсивні ожеледні утворення спостерігалися на добре зволжених ділянках гір. У горах розміри відкладень атмосферного льоду можуть іноді перевищувати 100...150 мм, а їх маса (вага) - декілька кілограм на 1 м погонної довжини дроту. У таких випадках створюються величезні навантаження на дроти ліній зв'язку і електропередач, інші споруди, а руйнування, заподіяні ожеледдю, носять катастрофічний характер.

Із збільшенням тривалості наростання ожеледі і паморозі діаметр їх відкладення зростає. Так, при тривалості наростання від 1 до 12 год діаметр ожеледі в 80% випадків не перевищував 10 мм, а при розмірах її відкладення в 25...50 мм – тривалість була не менше доби.

Детальне вивчення особливостей рельєфу місцевості в районі розташування метеостанцій дозволило виявити на території України і Молдови сім різновидів або типів рельєфу, що істотно розрізняються за інтенсивністю утворення ожеледі. При виділенні рельєфів враховувалися: відносна висота станцій, ступінь їх захищеності по відношенню до переважаючих при ожеледі вітрів (потік, що несе ожеледь), а також крутизна і експозиція схилу, на якому знаходиться дана метеостанція. Залежно від його особливостей, вплив рельєфу на процес відкладення атмосферного льоду виявляється в неоднаковій мірі. Тому навіть на близько розташованих ділянках, відмінних за характером мезорельєфу, спостерігаються ожеледно-паморозеві відкладення різної повторюваності, тривалості та інтенсивності. Так, вододільні плато і височини, їх навітряні схили (VI і VII типи рельєфу) характеризуються середнім числом днів (випадків) з ожеледдю в 8...9 разів (а паморозь - в 4...6 разів) більшим, ніж місця, добре захищені височинами (I тип рельєфу) і приблизно в 2...3 рази більшим, ніж відкриті рівнинні місця (III тип рельєфу).

Залежно від умов рельєфу розподіл розмірів відкладень ожеледі істотно коливається. При переході від I до VII типу рельєфу повторюваність їх розмірів менше 10 мм зменшується на 15...20%, а імовірність утворення ожеледі більше 10 мм зростає в 3...4 рази. На вододільних плато, височинах та їх навітряних схилах (VI...VII типи рельєфу) відкладення

ожеледі і паморозі більш інтенсивні - там їх максимальні розміри в 3...5 разів перевищують максимальні розміри на рівнинах і в улоговинних місцях.

Особливості рельєфу також позначаються на середніх датах і тривалості періоду, протягом якого можливе утворення ожеледі. Так, відкриті підвищені місця і навітряні їх схили характеризуються найбільш ранніми датами виникнення ожеледі і паморозі на початку холодного періоду і найпізнішими - в кінці його. Тому тут загальна тривалість періоду можливого утворення ожеледі в порівнянні з долинами виявляється найбільшою. Встановлено, що захищені від ожеледного потоку долини річок майже удвічі, а підвітряні схили височин на 20% знижують масу відкладень льоду в порівнянні з рівниною.

Порівняння карт повторюваності і максимальних розмірів ожеледно-паморозевих відкладень показує, що області значних їх розмірів в той же час є районами найбільшої частоти повторюваності обледеніння. Вони знаходяться, як правило, на відкритих для доступу ожеледного потоку підвищених місцях і їх навітряних схилах, що достатньо перевищують рівень прилеглих долин (VI...VII типи рельєфу).

Особливості рельєфу місцевості, вносячи істотну відмінність в розподіл комплексу метеорологічних величин, що сприяють утворенню ожеледі (режиму вітру, температури повітря, опадів, туманів і низької хмарності), обумовлюють нерівномірне відкладення атмосферного льоду по території. На опуклих формах рельєфу (височини, верхні частини схилів, вододільні плато) комплекс метеорологічних величин сприяє дієвому та інтенсивному процесу утворення ожеледі.

Оскільки при обмерзанні дротів руйнівна дія ожеледі визначається не лише величиною відкладення льоду і тривалістю його перебування на предметах, але і швидкістю вітру, що спостерігається при цьому, то найчастіше пошкодження повітряних ліній зв'язку і електропередач відбувається саме в таких умовах рельєфу.

Істотна відмінність у частоті і розмірах ожеледно-паморозевих відкладень, виявлена для типів рельєфу, показує, що при проектуванні споруд, а також при прогнозуванні можливості утворення ожеледі повинні враховуватися умови рельєфу місцевості.

Лісистість місцевості також робить помітний вплив на розподіл ожеледно-паморозевих відкладень. Зменшення швидкості вітру над лісовими масивами призводить до послаблення інтенсивності процесу утворення ожеледі. Тому число днів з ожеледдю в районах з малою лісистістю (менше 25%) виявляється у декілька разів більшим, ніж в сильно лісистих місцях. При зменшенні лісистості в 1,5...2 рази на території України середнє річне число днів з ожеледдю і памороззю збільшується на 2...4 дні, а максимальні розміри зростають на 5...10 мм. В лісистих районах у зв'язку з ослабленням вітру та інтенсивності турбулентного обміну

величина відкладення ожеледі і суміші на дротах менше, ніж в слабо заліснених місцях. В результаті аналізу спостережень, проведених в районах рідкісних насаджень уздовж залізниць, встановлено, що на дротах ліній зв'язку, захищених лісовою смугою шириною в 5 і висотою 8...10 м, розмір і маса відкладення ожеледі зменшується в середньому на 20...25%.

Метеорологічні та синоптичні умови утворення ожеледі і паморозі

Прогноз ожеледно-паморозевих явищ перш за все базується на чіткому уявленні про особливості метеорологічних і синоптичних умов їх виникнення.

Метеорологічні умови, при яких відбувається виникнення ожеледі, різноманітні і багато в чому залежать від широти місця, фізико-географічних умов району і особливостей синоптичних процесів. Найчастіше відкладення ожеледі відбувається при мряці або її поєднанні з туманом (50% випадків), дещо рідше - при дощі з туманом, а також при переохолодженню (крижаному) дощі (у цих випадках ожеледь досягає значних розмірів). Найчастіше відкладення ожеледі спостерігається при температурі повітря біля землі від 0 до -6 °С і від 2 до -10 °С на рівні поверхні 850 гПа. Нижче -19 °С температура повітря при ожеледі не опускалася.

Переважає більшість випадків утворення ожеледі супроводжується інверсійним розподілом температури в граничному шарі тропосфери. Імовірність її відкладень також залежить від рівня кристалізації, який приблизно співпадає з положенням ізотерми -10 °С. Найбільш сприятливі умови створюються при її розташуванні на рівні 2...3 км.

Напрямок і швидкість вітру при виникненні ожеледі впливають на інтенсивність і ефективність його відкладень, тому прогнозу цих величин слід надавати більше уваги. Над Україною близько 70% випадків ожеледі спостерігається при східних і південно-східних вітрах. Утворення ожеледі звичайно відбувається при швидкості вітру від 2 до 8 м·с⁻¹ (70...80% випадків), при штилях і сильному (більше 12...15 м·с⁻¹) вітру вона спостерігається рідко. Максимальна швидкість вітру при ожеледі на відкритих підвищених місцях може перевищувати 20...25 м·с⁻¹. Як правило, відкладення ожеледі відбувається при високій відносній вологості (близько 70% всіх випадків припадає на відносну вологість в межах 94...100%). Сумарний дефіцит точки роси в шарі земля - 850 гПа становить 0...4 °С, а середня масова частка водяної пари в затримуючому шарі - 2,9...4,0 %.

Для найбільш ефективного використання результатів дослідження утворення ожеледі як в цілях прогнозу, так і для успішного гідрометеорологічного забезпечення господарства країни необхідно мати повне уявлення про те, наскільки відрізняються метеорологічні умови при

виникненні небезпечного явища від звичного кліматичного режиму і як впливають на них особливості рельєфу місцевості. Наявність відносно низьких температур повітря, великої повторюваності туманів, мрячних опадів і підвищених швидкостей вітру сприяє збільшенню числа днів (числа випадків) з ожеледдю і памороззю, а також розмірів їх відкладень на підвищених відкритих місцях.

Залежно від *синоптичних умов* виникнення розрізняють фронтальні і внутрішньомасові ожеледі.

Фронтальна ожеледь звичайно утворюється в холодному повітрі перед фронтами за типом теплих. Найбільш значною вона буває перед теплими фронтами, що характеризуються великими контрастами температури не тільки в нижній тропосфері, але і біля поверхні землі, а також добре виявленими в полі хмарності і опадів. Фронтальна поверхня визначається в цих випадках досить чіткою інверсією, причому температура на верхній її межі найчастіше буває вищою за нуль, що допускає існування крапель більшого розміру. Тому опади перед таким фронтом в клині холодного повітря з від'ємними температурами спостерігаються у вигляді дощу або крижаного дощу. Ширина смуги (уздовж фронту), де утворюється ожеледь, становить близько 100...150 км. Теплі fronti, що обумовлюють ожеледі, майже завжди виразно виражені в нижньому двох-трьох кілометровому шарі, хмарність в їх зоні звичайно багат шарова з вертикальною потужністю від 500 до 3000 м. Такі фронтальні розділи частіше пов'язані з виходом на південь Східної Європи циклонів. На холодних фронтах ожеледь, як правило, утворюється при виникненні хвильових збурень, причому переважно в передній частині хвилі. Невеликі відкладення ожеледі виникають перед розмитими фронтами, коли продуктами конденсації є тумани, шарувата хмарність, мрячні або дуже слабкі дощі. Температура на верхній межі інверсії при таких фронтах, переважно буває нижчою за нуль, тому утворюється слабка ожеледь і лише в окремих випадках, коли fronti стають малорухомими, може спостерігатися помірна ожеледь. На Україні особливо небезпечні відкладення всіх видів атмосферного льоду найчастіше відбуваються в зоні теплих фронтів (близько 40...45% випадків), що переміщуються із заходу на південний захід.

Сильна паморозь частіше виникає на західній периферії стаціонарних антициклонів, а мокрий сніг і суміш - при проходженні фронтів оклюзії із заходу (60% випадків).

Внутрішньомасова ожеледь найчастіше утворюється в потоці теплого повітря над холодною підстильною поверхнею. Це відбувається у двох характерних випадках: у західному потоці повітря морського походження, яке надходить на Східну Європу по південній периферії циклонів, що проходять по півночі; у південному потоці теплого повітря, яке розповсюджується по західній периферії сибірського антициклону. В

результаті охолодження повітря в ньому виникають туман, шарувата хмарність, мряка. На верхній межі інверсій, які в цих випадках також можуть спостерігатися, звичайно переважає температура нижча за нуль. Відкладення ожеледі при західних потоках, як правило, невеликі, а при південних потоках вони можуть бути помірними і значними. Внутрішньомасові ожеледі виникають також і внаслідок радіаційного охолодження, але вони носять одиничний характер, розміри їх відкладень незначні.

Синоптичні процеси, які спричиняють утворення ожеледі на території України, можна розділити на 4 основні групи, які включають 14 типів.

До першої групи процесів увійшли випадки, коли переміщення основних циклонів спочатку відбувається по північних морях Європи на схід (1-й тип), а потім вони можуть більш-менш різко змінювати напрямок свого руху на південно-східний або південний (2-й тип, так звані пірнаючі циклони). Надійною ознакою переміщення північних циклонів на південний схід є наявність висотного гребеня, що посилюється, над Норвезьким морем і Скандинавією.

Друга група процесів об'єднує випадки виникнення ожеледі при переміщенні циклонів по середніх широтах Європи. Вона розбита на 3 типи:

1-й тип - циклони з району Англії спочатку зміщуються на схід на Балтійське море, а потім повертають на північний схід;

2-й тип - циклони, що розвиваються в районі Англії, переміщуються із заходу на схід уздовж помірних широт на центральну і східну Європу;

3-й тип - характеризується порівняно швидким переміщенням циклонів на південний схід, через Прибалтику на Україну. Необхідною умовою для цього є наявність малорухомого високого і теплого антициклону над південними і центральними районами Західної Європи і його гребеня над Північним морем.

У третій групі процесів утворення ожеледі пов'язане з рухом південних циклонів. Тут виявлено 6 типів:

1-й тип - циклони виникають над Середземним морем або Балканами і потім переміщуються на схід, на Чорне море, де поволі заповнюються;

2-й тип - циклони з Середземного моря проходять через Балкани і Чорне море на Україну, а далі зміщуються до північного сходу - на Поволжя;

3-й тип - циклони зароджуються над Середземним морем, а потім через Балкани підіймаються на північ - північний схід, переміщуючись своєю центральною частиною через район середньої течії Дніпра;

4-й тип - циклони із заходу Середземного моря рухаються до північного сходу і проходять при цьому своєю центральною частиною (перевалюючи через Карпати) по західних районах України на Прибалтику;

5-й тип - циклони переміщуються з Угорської низовини на Україну і далі до сходу - північного сходу;

6-й тип - циклони переміщуються на Україну з районів Кавказу або сходу Чорного моря.

Четверту групу складають ожеледі, утворення яких пов'язане або з адвекцією теплого повітря по західній периферії обширного стаціонарного антициклону (1-й тип), або з антициклогенезом і подальшим розповсюдженням на Україну холодного повітря та антициклону з північно-східних чи північно-західних районів Східної Європи (2-й тип). До 3-го типу цієї групи віднесені випадки утворення невеликих внутрішньомасових ожеледей в центральних частинах малорухомих антициклонів і їх гребенів. До окремого підтипу виділені випадки відкладення ожеледі в зоні малорухомих фронтальних розділів, розташованих в баричних сідловинах над Україною.

Найбільшу повторюваність мають процеси 1...5-го типів третьої групи, що характеризуються виходом південних циклонів, а найбільшу тривалість - процеси 1-го типу четвертої групи, при яких ожеледь виникає внаслідок адвекції тепла по західній периферії антициклону. Вказані процеси зумовлюють, як правило, значні відкладення ожеледі, охоплюючи більшу частину півдня України. Вони часто супроводжуються сильним вітром і спричиняють пошкодження ліній зв'язку і електропередач.

Синоптичні процеси при утворенні ожеледі в окремих фізико-географічних регіонах мають яскраво виражений локальний характер. Якщо в центрі і на півночі Східної Європи відкладення ожеледі пов'язані, в основному, з улоговинами циклонів, що рухаються із заходу по північних морях і середніх широтах Європи, то на півдні (Україна, Кавказ) найсильніші ожеледі спостерігаються при переміщенні південних циклонів із Середземного і Чорного морів.

Таким чином, при кожному типі синоптичних процесів прогноз ожеледі, в кінцевому рахунку, зводиться до прогнозу поєднання двох необхідних і достатніх для його виникнення величин – від'ємної температури повітря і виду опадів. Необхідно також враховувати інтенсивність адвекції тепла, розподіл температури повітря в залежності від висоти і особливостей рельєфу місцевості.

Методи прогнозу ожеледі

В теперішній час в оперативній роботі гідрометеорологічних служб використовується декілька методів прогнозу ожеледі. Найбільше поширення отримали методи, розроблені М.М. Волевахою (для України), Р.А. Ягудіним (для Західного Сибіру) та декілька інших методик.

Для прогнозу внутрішньомасової ожеледі за методом М.М. Волевахи, який характеризується певною простотою, слід знайти на синоптичних

картах всі зони, де є сприятливі умови для її утворення: низькі (нижче 300 м) шаруваті хмари, що дають опади (у вигляді мряки і слабкого дощу), невеликі від'ємні температури повітря біля поверхні землі, а також зони теплих фронтів, які поділяють повітряні маси з від'ємною і додатною температурою.

Далі слід дати прогноз переміщення зони або ділянки фронту з ожеледдю і у разі імовірності виникнення цього явища в пункті прогнозу, побудувати зворотну траєкторію переміщення повітряної маси проти напрямку потоку на заданий проміжок часу. Пункт розрахунку ожеледі в такому випадку є кінцевою точкою, а знайдена за допомогою методу побудови траєкторії точка буде початковою. Прогноз для пункту (або ряду пунктів) уточнюють на основі кореляційного зв'язку між $(H_{1000}^{850})_{np}$ та імовірністю утворення ожеледі за рис. 1.

Розрахунок ожеледі здійснюють у такій послідовності:

$$(H_{1000}^{850})_{np} = (H_{1000}^{850})_{\phi} + (\Delta H_{1000}^{850})_a + (\Delta H_{1000}^{850})_{mp}, \quad (1)$$

де $(H_{1000}^{850})_{\phi}, (\Delta H_{1000}^{850})_a, (\Delta H_{1000}^{850})_{mp}$ - фактичні значення, адвективні і трансформаційні зміни H_{1000}^{850} , відповідно.

Перший доданок $(H_{1000}^{850})_{\phi}$ рівняння (1) розраховують у пункті прогнозу, який є кінцевою точкою переміщення повітряної маси, як висоту перевищення поверхні 850 гПа над поверхнею 1000 гПа за формулою:

$$(H_{1000}^{850}) = H_{850} - H_{1000}, \quad (2)$$

де $H_{1000} = 0,8(P_0 - 1000)$.

Другий доданок $(H_{1000}^{850})_a$, адвективна складова рівняння (1), обчислюється за формулою (3), як різниця висоти перевищення поверхні 850 гПа над поверхнею 1000 гПа в початковій та кінцевій точці траєкторії:

$$(H_{1000}^{850})_a = (H_{1000}^{850})_n - (H_{1000}^{850})_k. \quad (3)$$

Третій доданок, трансформаційні зміни $(\Delta H_{1000}^{850})_{mp}$, залежать від адвективних змін температури повітря:

$$(\Delta H_{1000}^{850})_{mp} = 0,47 \Delta T_{mp}, \quad (4)$$

де $\Delta T_{mp} = (\Delta T_{850} + \Delta T_{земля})/2$. Значення ΔT_{850} та $\Delta T_{земля}$ знаходять як різницю температур у початковій та кінцевій точках на поверхні 850 гПа та біля поверхні землі відповідно.

Імовірність відкладення ожеледі визначають за допомогою графіка (рис. 1), додатково враховуючи такі умови: при значенні H_{1000}^{850} , що дорівнює 130...132 гп. дам, ожеледь слід чекати, якщо на рівні 850 гПа прогностична температура буде ≥ 1 °C при від'ємній температурі біля поверхні землі; якщо $H_{1000}^{850} < 128$ гп. дам, то при проходженні фронту сильна ожеледь (діаметром більше 20 мм) не спостерігається.

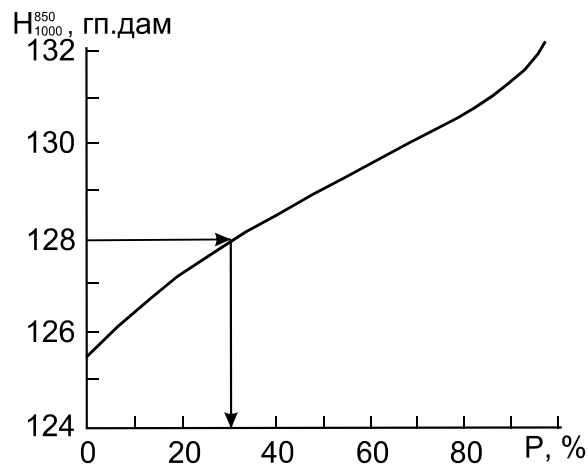


Рис. 1. Графік для прогнозу імовірності утворення ожеледі

Прогноз паморозі зводиться до прогнозу туману і серпанку при від'ємних температурах повітря біля поверхні землі.

Прогноз фронтальної ожеледі за значеннями температури повітря біля земної поверхні (T_0) і на рівні 850 гПа (T_{850}), можна дати за прогностичним графіком (рис. 2).



Рис. 2. Залежність формування фронтальної ожеледі від значень T_0 і T_{850}

Демаркаційна лінія на графіку обмежує зону можливого формування фронтальної ожеледі з хорошою забезпеченістю (97%).

Значення температури повітря біля земної поверхні і на рівні 850 гПа прогножуються звичайними методами.

Ще один імовірнісний метод прогнозу ожеледі пов'язує можливість її утворення з температурою повітря і дефіцитом точки роси біля землі; криві лінії на рис. 3 поділяють всю площину на зони з різною імовірністю виникнення ожеледі.

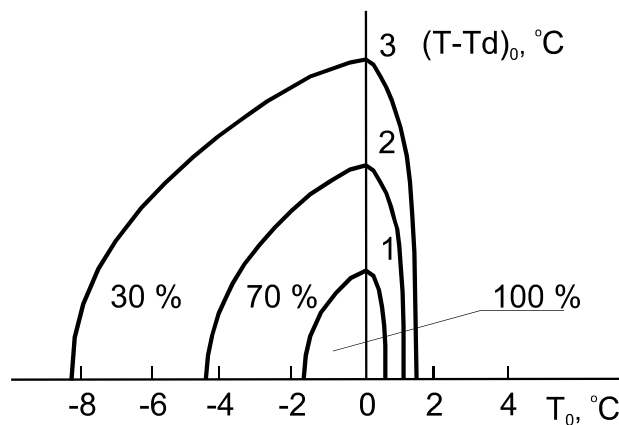


Рис. 3. Графік для визначення імовірності виникнення ожеледі

В основі методу прогнозу ожеледі Р.А. Ягудіна покладена залежність утворення ожеледі від температури повітря біля поверхні землі і на рівні АТ-850 гПа, а також висоти ізотерми -10°C , тобто від рівня природної кристалізації.

Прогноз ожеледі повинен ґрунтуватися на аналізі, а потім на прогнозі факторів, які призводять до утворення ожеледі, в кожному конкретному випадку і районі. Пропонується така схема прогнозу:

1. За картою АТ-700 гПа за вихідний строк визначається траєкторія повітряних частинок на момент, коли очікується проходження зони теплового фронту (оклюзії, хвильових збурень);

2. У початковій точці траєкторії, перенесеній на АТ-850 гПа, знімається температура T_{850} , а на аерологічній діаграмі знаходиться висота ізотерми -10°C .

3. За допомогою розрахункових методів визначається температура T_z біля поверхні землі в пункті на період прогнозу.

4. За вихідними значеннями T_{850} і T_z за допомогою прогностичного графіка (рис. 4а) встановлюється можливість утворення ожеледі. В прогнозі ожеледь вказується у тому випадку, якщо точка з вихідними координатами T_{850} і T_z попадає в зону «ожеледь».

Передбачувана інтенсивність ожеледі оцінюється за графіком (рис. 4б). При цьому використовується прогностична температура T_3 біля поверхні землі і висота ізотерми $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ (H_{-10}). На графіку виділено три зони: помірна, слабка ожеледь, без ожеледі.

Якщо по одному із графіків прогнозується ожеледь, а по іншому – її відсутність, то в прогнозі вказується можливість виникнення слабкої ожеледі.

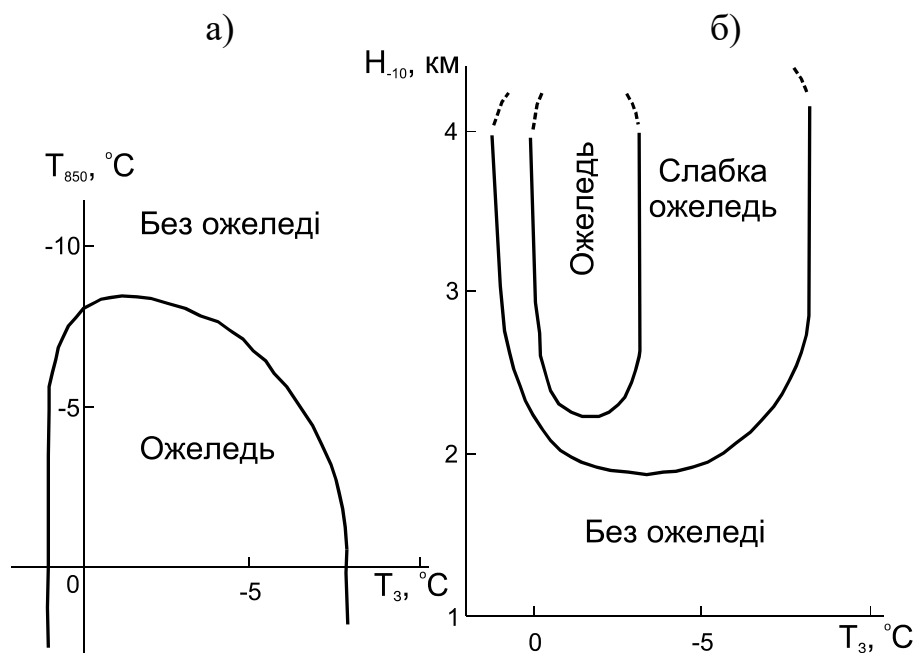


Рис. 4. Графіки для прогнозу ожеледі

Запитання для самоперевірки студентів

1. Назвіть види обледеніння в залежності від структури відкладеного атмосферного льоду.
2. При випадінні яких опадів найчастіше спостерігається відкладення ожеледі?
3. В якому діапазоні температур біля поверхні землі найчастіше спостерігається утворення ожеледі?
4. При яких типах атмосферних процесів спостерігаються найбільш тривалі та інтенсивні ожеледні явища в Україні?
5. Як рельєф місцевості впливає на відкладення ожеледі?
6. Ожеледь якої інтенсивності буде вважатися стихійним гідрометеорологічним явищем?
7. Назвіть синоптичні та метеорологічні умови утворення паморозі.

8. Для яких типів атмосферних фронтів характерні ожеледні явища?
9. Назвіть типові синоптичні процеси, які сприяють утворенню внутрішньомасової ожеледі.
10. Які методи прогнозу ожеледі розроблені для території України?

Практичне завдання

Розрахувати імовірність утворення ожеледі за методом М.М. Волевахи та скласти штормове попередження для заданого пункту по одному із запропонованих варіантів за вказівкою викладача

Варіант 1.

Прогноз ожеледі по м. Одеса, Миколаїв, Херсон, Запоріжжя на 18 березня 2018 року.

Варіант 2.

Прогноз ожеледі по м. Одеса, Дніпро, Харків, Запоріжжя на 20 березня 2018 року.

Варіант 3.

Прогноз ожеледі по м. Львів, Тернопіль, Рівне, Київ на 21 січня 2013 року.

Вихідні матеріали

Додаток, що містить приземні карти погоди, карти баричної топографії АТ-850, карти штормових сповіщень.

Порядок виконання завдання:

1. Оцінити синоптичні процеси та сформулювати попередній висновок про імовірність утворення ожеледних явищ.
2. Побудувати зворотну траєкторію переміщення повітряної маси на рівні землі та відповідній висоті геопотенціальної поверхні АТ-850 гПа для одного із заданих пунктів на проміжок часу 24 години за допомогою моделі HYSPLIT для визначення початкової точки переносу повітряної маси та адвективних значень температури повітря і геопотенціальної висоти. Як приклад наведена траєкторія переміщення (рис. 5).

Побудову траєкторії слід виконувати у наступній послідовності:

- *переходимо по посиланню:* https://ready.arl.noaa.gov/HYSPLIT_traj.php
- *обираємо архів траєкторій:* Compute archive trajectories
- *всі параметри залишаємо за замовчуванням, натискаємо кнопку:* next
- *задаємо пункт розрахунку за одним із запропонованих варіантів, натискаємо кнопку:* next
- *в архівному файлі обираємо необхідний часовий інтервал, натискаємо кнопку:* next
- *вказуємо розрахункові параметри:*

- а) Trajectory direction: зворотній напрямок траєкторії Backward
 - б) Start time (UTC): дату і час МСЧ
 - в) Total run time (hours): часовий інтервал траєкторії 24 години
 - г) Level 1, 2 height: рівні висоти побудови траєкторії 0 та 1500 м.
 - д) Plot meteorological field along trajectory?: змінити на yes для виводу значення параметрів на діаграму
 - е) Dump meteorological data along trajectory: обираємо AIR_TEMP
- *натискаємо кнопку: Request trajectory (only press once!)*
3. В початковій точці переносу повітряної маси розраховуємо $(H_{1000}^{850})_n$, адвективні значення температури повітря знімаємо на відповідній карті або ж скористаємось значенням AIR_TEMP (в Кельвінах).

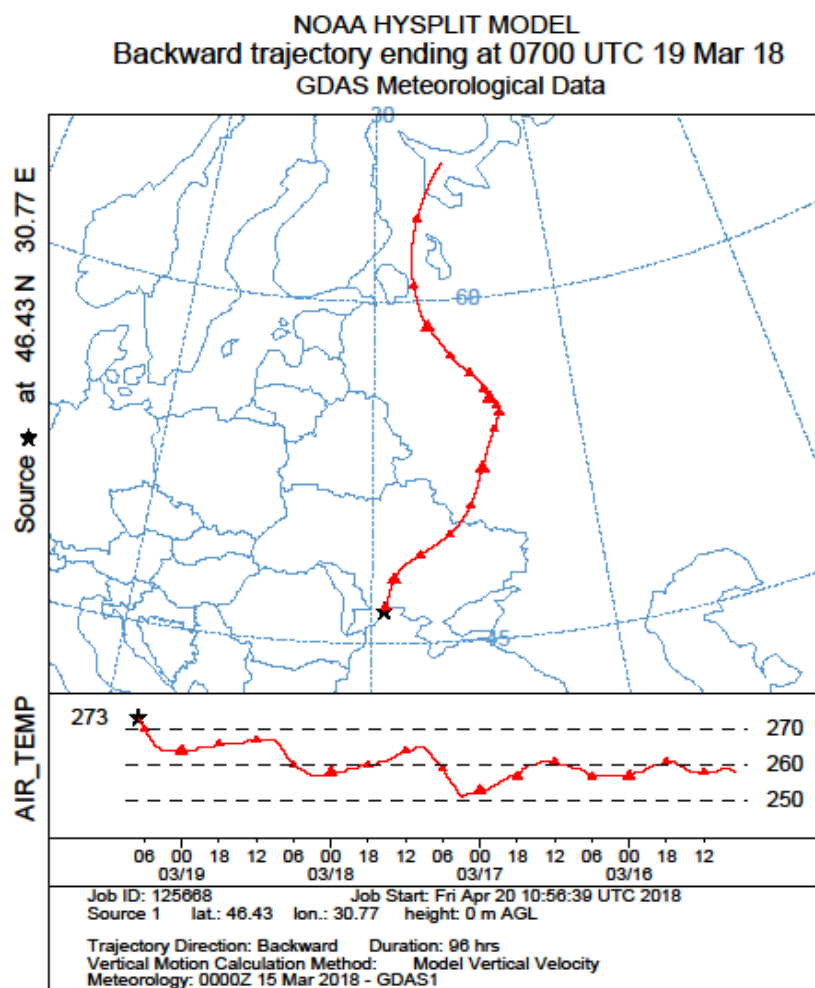


Рис. 5. Траєкторія переміщення повітряної маси та адвекція температури повітря на 07 МСЧ 19.03.2018 р.

Звітні матеріали:

Розрахунок ожеледі та текст штормового попередження.

ДОДАТОК

Варіант 1

1. Аналіз приземний, аналіз АТ-850 за 17.03.2018 р. (рис. 6-7)
Карта штормових сповіщень за 18.03.2018 р. (рис. 8)

Варіант 2

2. Аналіз приземний, аналіз АТ-850 за 19.03.2018 р. (рис. 9-10)
Карта штормових сповіщень за 20.03.2018 р. (рис. 11)

Варіант 3

3. Аналіз приземний, аналіз АТ-850 за 20.01.2013 р. (рис. 12-13)
Карта штормових сповіщень за 21.01.2013 р. (рис.14)

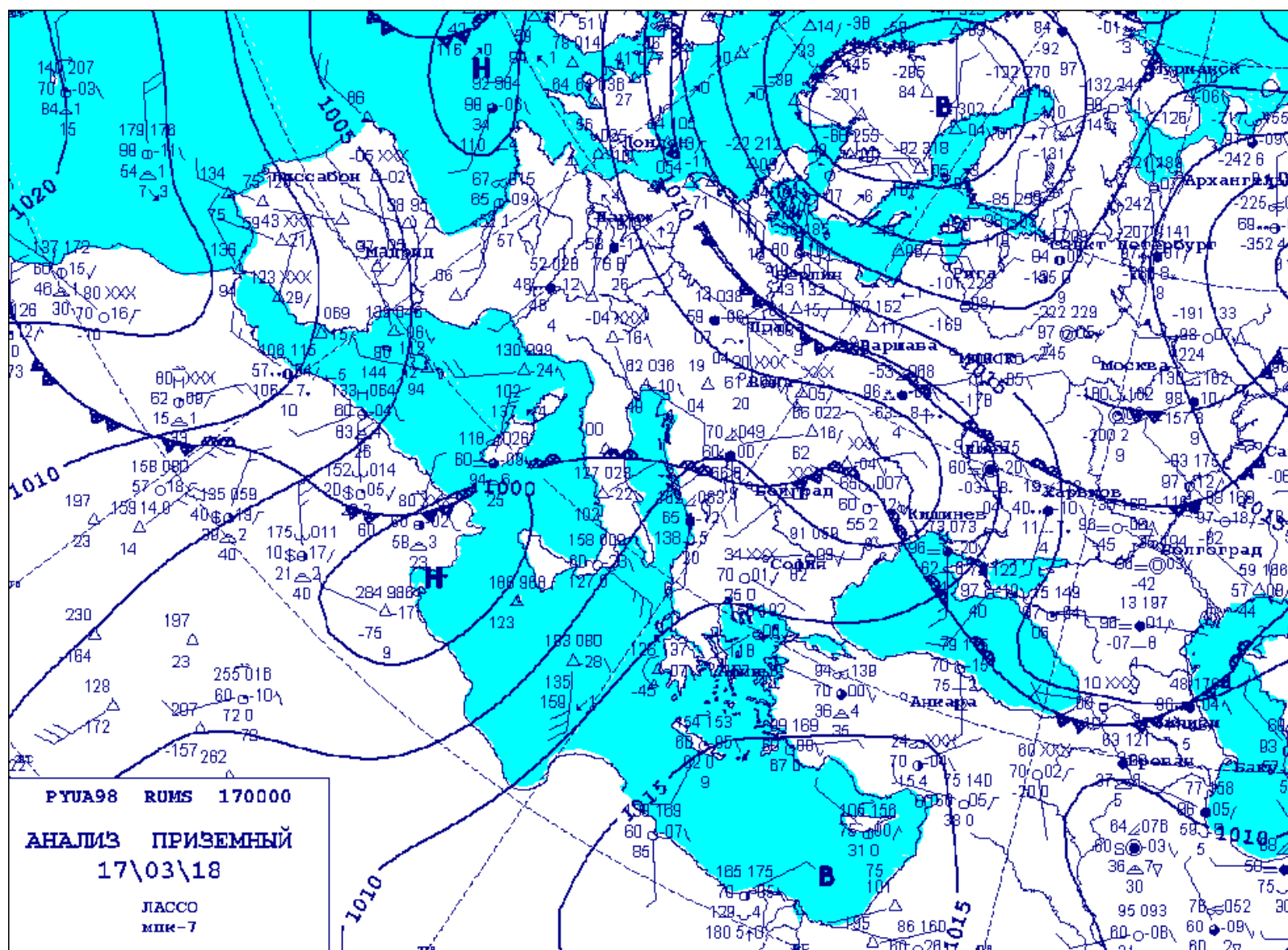


Рис. 6. Аналіз приземний за 17.03.2018 р., 00 МСЧ

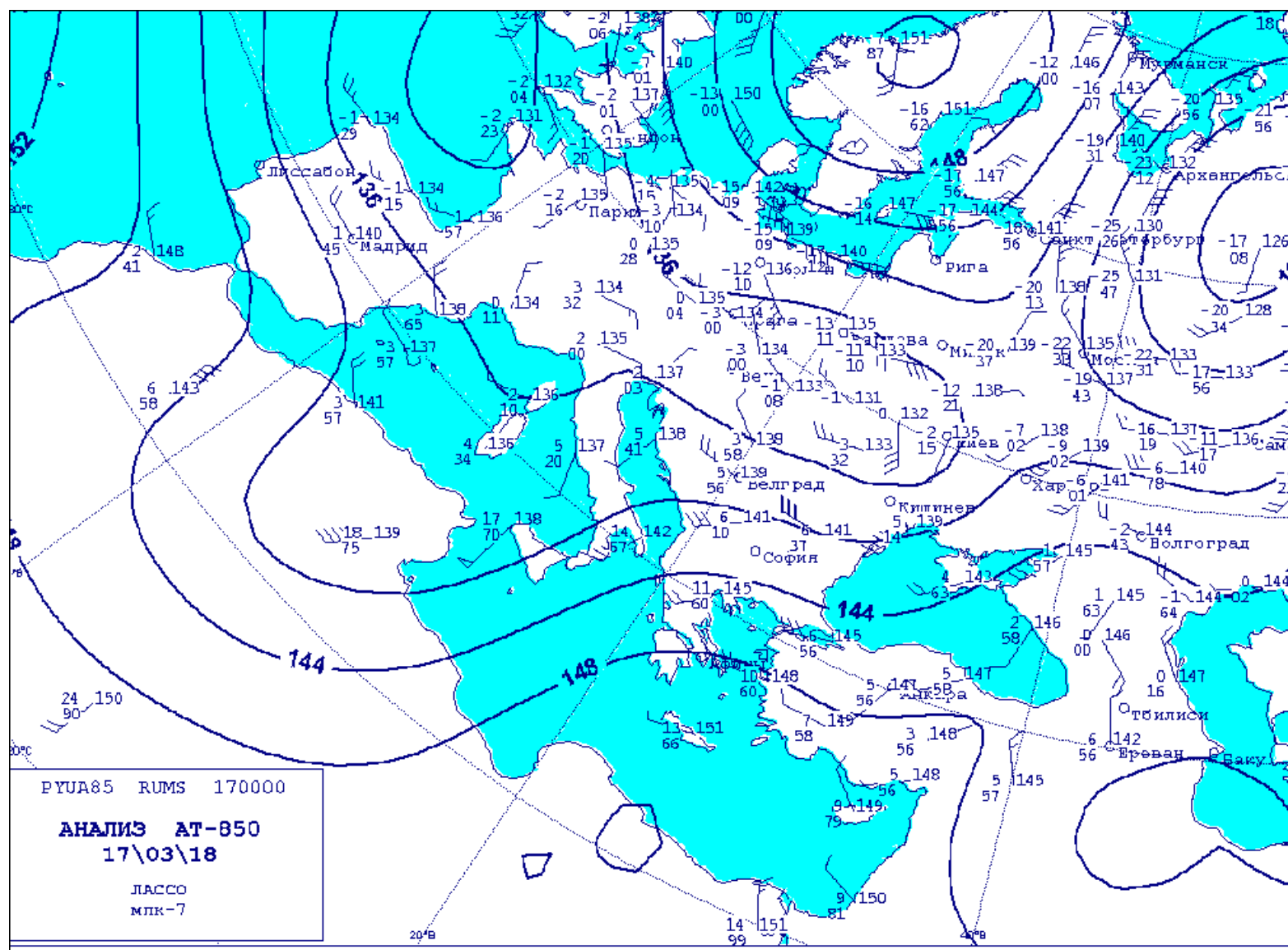


Рис. 7. Аналіз АТ-850 за 17.03.2018 р., 00 МСЧ



Рис. 8. Карта штормових сповіщень за 18.03.2018 р.

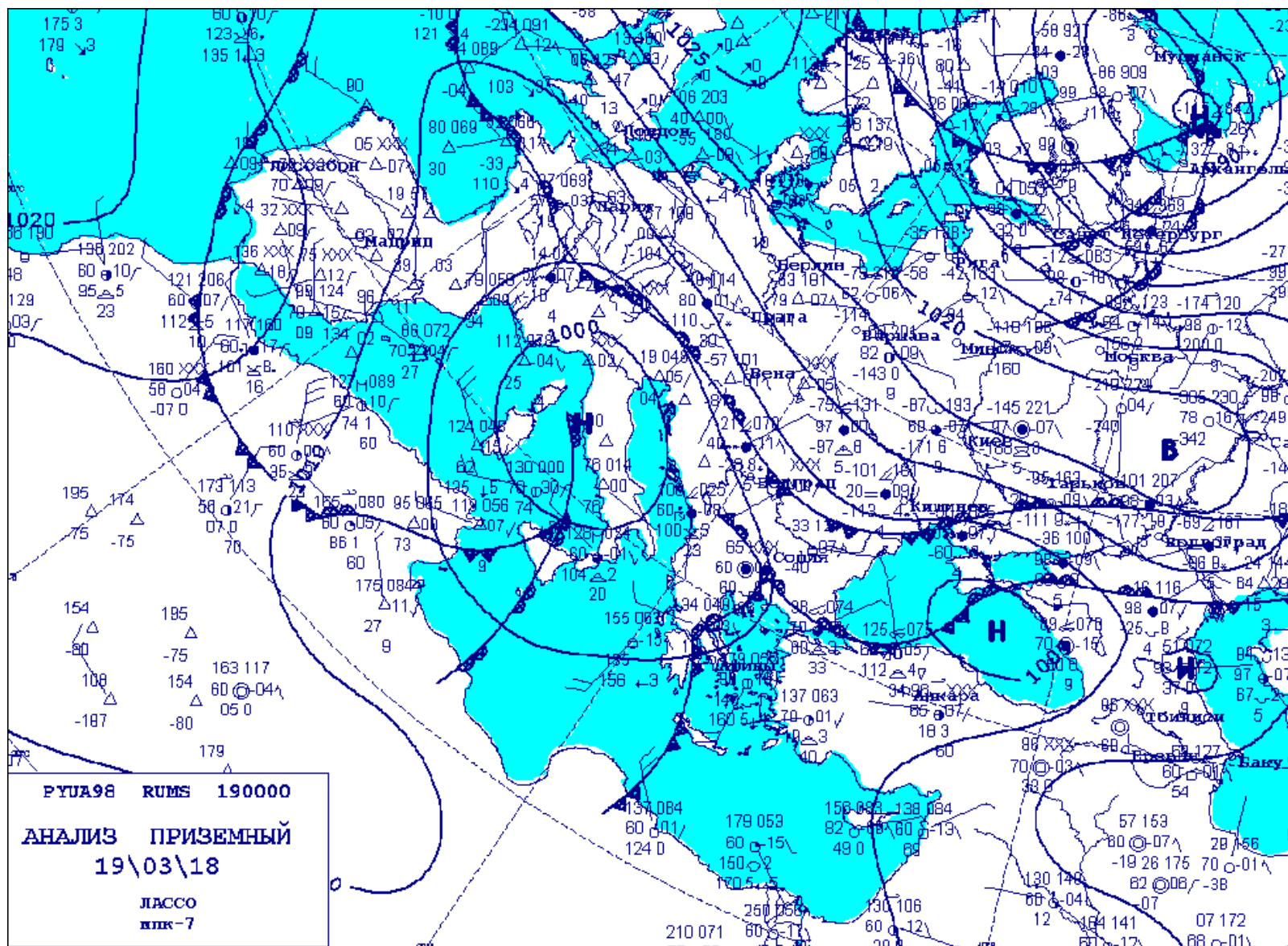


Рис. 9. Аналіз приземний за 19.03.2018 р., 00 МСЧ

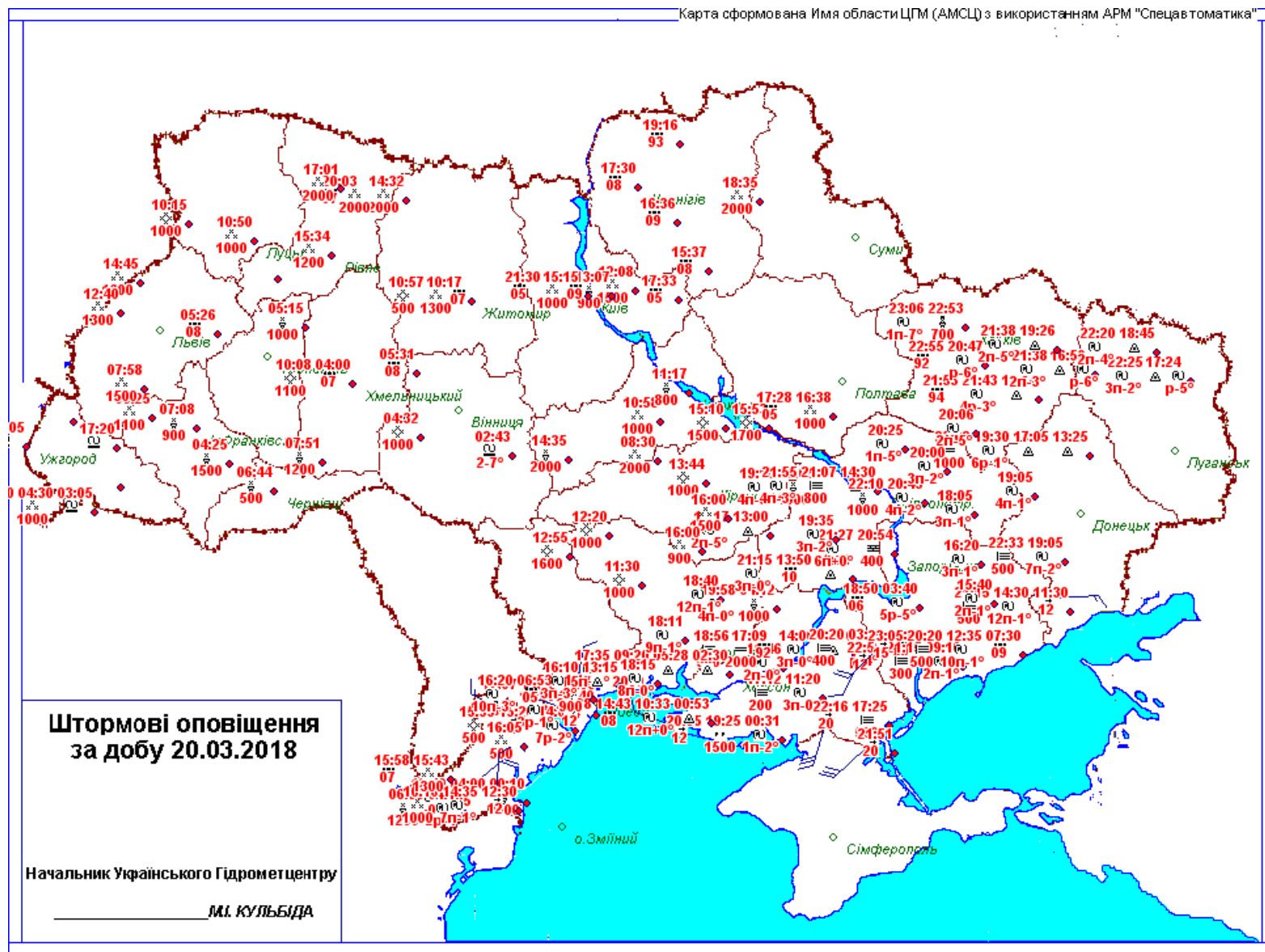


Рис. 11. Карта штормових сповіщень за 20.03.2018 р.

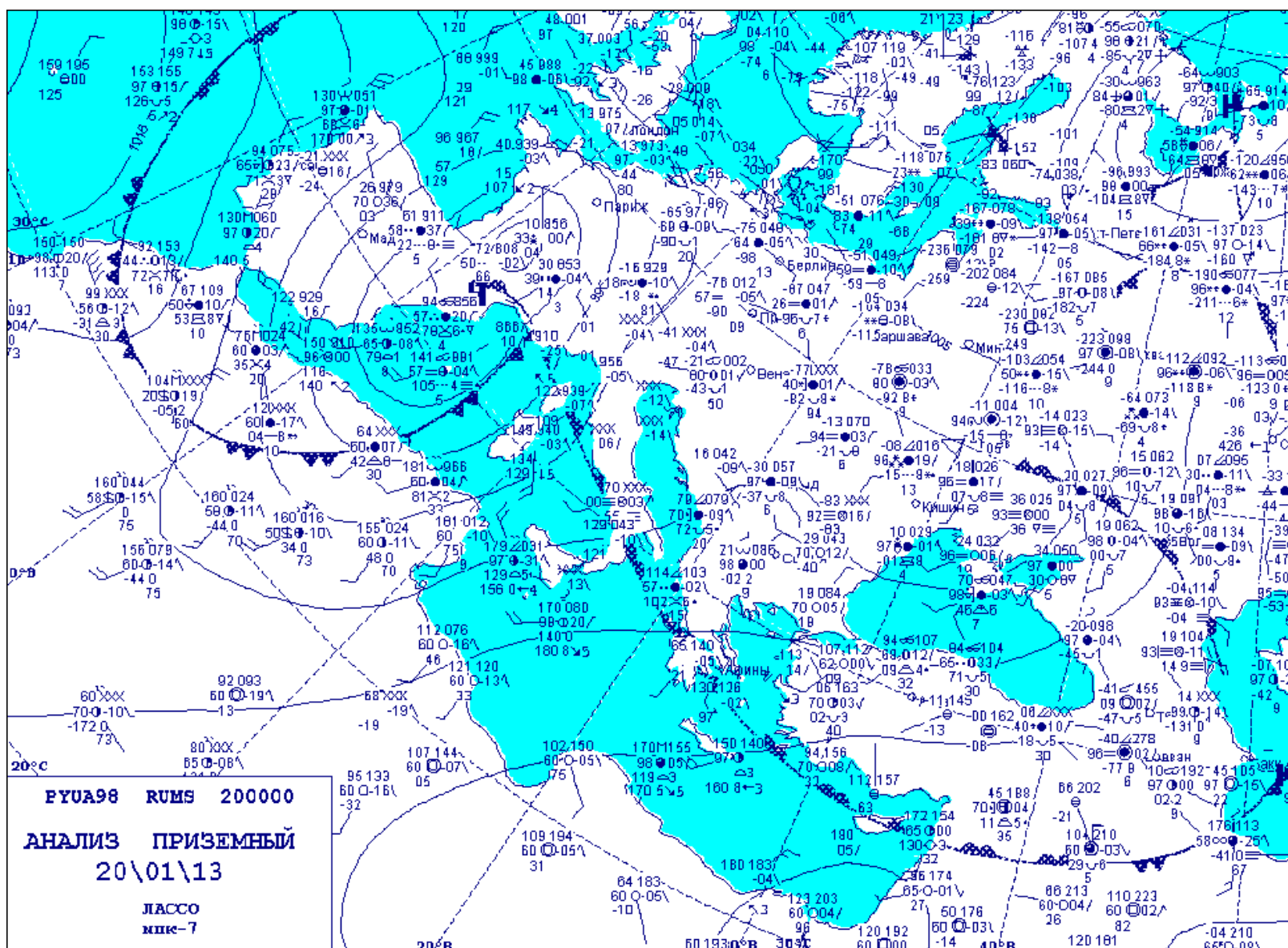


Рис. 12. Аналіз приземний за 20.01.2013 р., 00 МСЧ

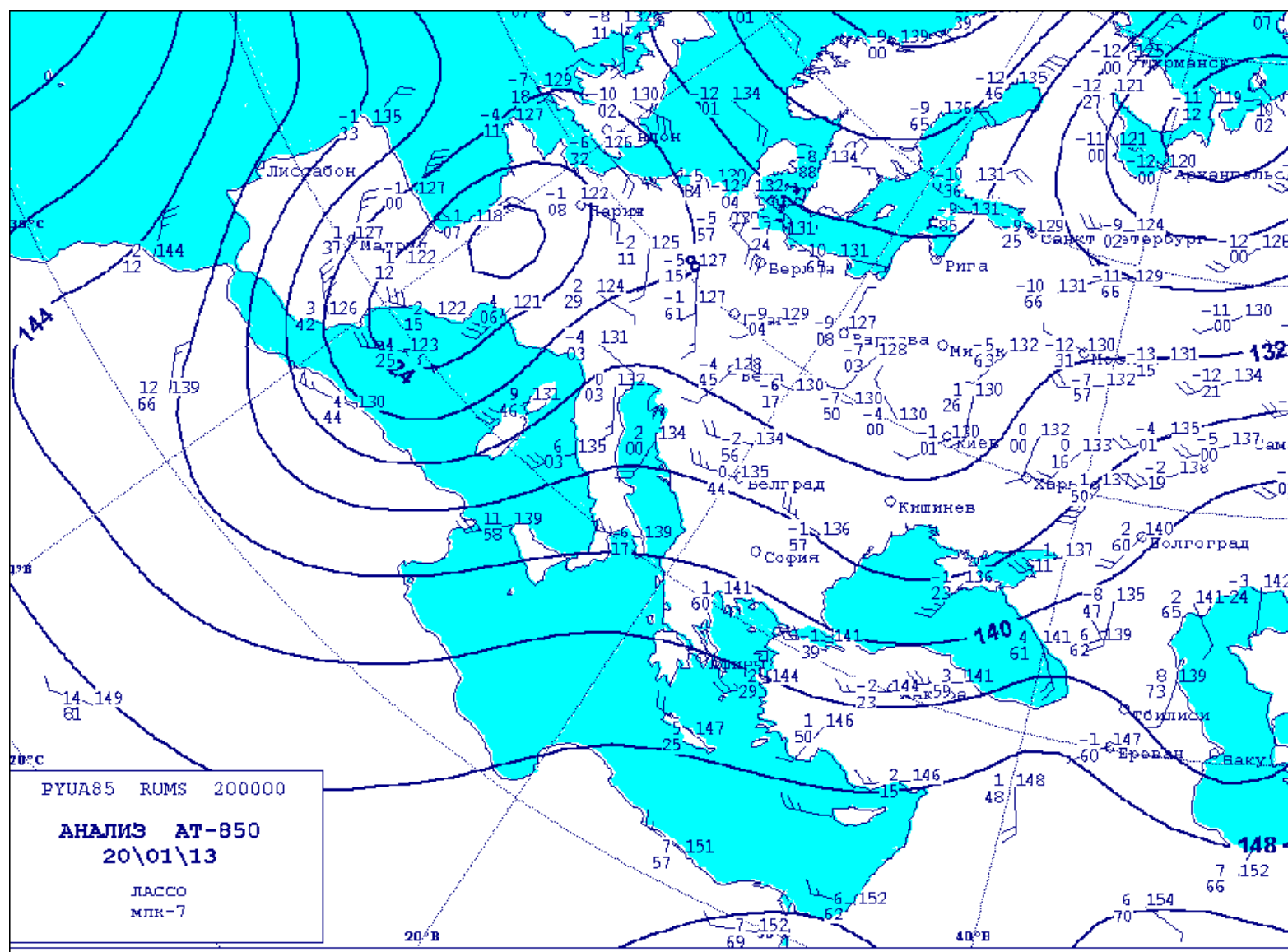


Рис. 13. Аналіз АТ-850 за 20.01.2013 р., 00 МСЧ

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
для лабораторних робіт з дисциплін
«Спеціалізовані прогнози погоди»

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

Електронна версія © Гурська Л.М.

Підп. до друку _____ Формат _____ Папір офсетний

Умовн.друк.арк. _____ Тираж _____ Зам.№ _____

Надруковано з готового оригінал-макета