

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

**“Аналіз мезомасштабних хмарних систем
в синоптичних утвореннях”**

до самостійної роботи студентів
з дисципліни **“Супутникова метеорологія”**
для студентів V курсу метеорологічного факультету
та VI курсу заочного факультету
Спеціальність - метеорологія

ПЕРЕДМОВА

Методичні вказівки призначені для студентів денної та заочної форм навчання ОДЕКУ за спеціальністю – метеорологія. Вони присвячені питанням про мезомасштабну структуру хмарності, яка пов'язана з процесами більшого, синоптичного масштабу. Використання відомостей про грядову, осередкову та інші види мезомасштабної хмарності дозволяє провести повний комплексний діагноз синоптичної ситуації з сумісним використанням знімків хмарності та карт погоди. З мезомасштабними утвореннями, як правило, пов'язані найбільш небезпечні явища погоди – зливи, грози, шквали тощо, але за даними наземних спостережень їх своєчасне виявлення викликає певні труднощі. Тому правильне використання супутникової інформації про хмарні системи значно покращує якість короткострокових прогнозів погоди.

У якості вихідних даних в методичних вказівках запропоновано фотомонтаж знімків хмарності (виробництво Великої Британії), зроблених в інфрачервоному діапазоні, в комплекті з приземною картою погоди, отримані з мережі Internet; цей вид інформації дуже використовувався в прогностичних підрозділах України.

Метою даних методичних вказівок є навчити майбутнього спеціаліста-метеоролога використовувати знімки хмарності МСЗ для аналізу і прогнозу погодних умов, пов'язаних з процесами мезомасштабу (лінії шквалів, мезовихори, грядова конвекція тощо).

Загальні відомості

До мезомасштабних відносять атмосферні процеси, які за своєю просторово-часовою структурою є проміжними між великомасштабними і мікромасштабними процесами.

Хмарні системи мезомасштабу мають велику інформативність. Окрім безпосередніх даних про тип хмарності і її кількість, вони несуть інформацію про розподіл повітряних течій і стратифікацію атмосфери, тому правильна інтерпретація зображень цих хмарних систем значно доповнює традиційний синоптичний огляд і дозволяє передбачити ряд небезпечних явищ погоди, пов'язаними з мезомасштабними процесами.

В мезомасштабному спектрі виділяють такі масштаби, об'єкти яких мають свою хмарність:

- мезо- α (просторовий масштаб складає 200-2000 км), сюди відносять атмосферні фронти, тропічні циклони, мезомасштабні конвективні комплекси, лінії шквалів, мезовихори;
- мезо- β (20-200 км): скупчення хмар, орографічна хмарність;
- мезо- γ (2-20 км): окремі купчасті і купчасто-дощові хмари.

Виходячи з генезису мезомасштабних явищ, їх підрозділяють на дві основні групи:

- системи, що виникають під дією термічної і механічної неоднорідності підстильної поверхні (хмарність бризових циркуляцій, гірсько-долинних вітрів, гірських хвиль тощо);
- системи, що виникають в вільній атмосфері внаслідок втрати стійкості течій великого масштабу (хмарність систем глибокої та мілкої конвекції, гравітаційних хвиль).

На знімках МСЗ розрізняють три види хмарних систем мезомасштабу: осередки, смуги (гряди), вихри (хмарні спіралі) (рис. 2).

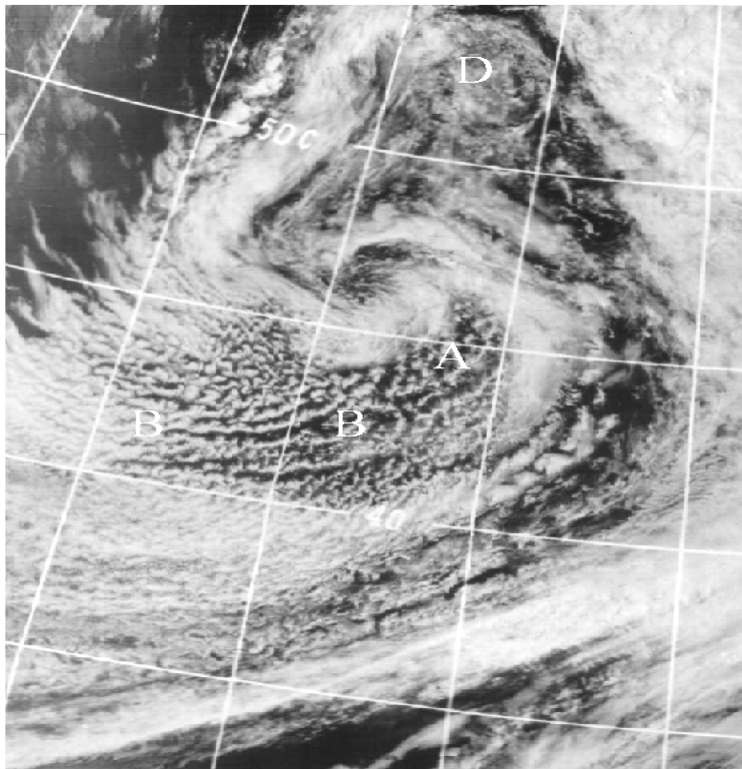


Рис. 1 – Мезомасштабні системи хмарності в тилівій частині циклону над океаном

Хмарні утворення, які мають осередкову структуру (рис. 1, А), можуть бути двох типів. Закриті осередки – це конвективні системи з висхідними рухами в центрі; відкриті осередки – це конвективні системи з низхідними рухами в центрі і висхідними по бокам. Осередкова конвекція звичайно спостерігається над водною поверхнею і займає велику площу. Форма і тип осередків залежить від термодинамічних умов їх формування. Горизонтальні розміри закритих та відкритих осередків приблизно однакові, діаметр становить від 20 до 60 км. Діаметр конвективних осередків відноситься до їх вертикальної потужності як 30:1.

Вид осередків залежить від процесів охолодження або нагрівання повітряної маси в граничному шарі атмосфери. Так, відкриті хмарні осередки є ознакою холодної повітряної маси, яка прогривається. Закриті хмарні осередки свідчать про теплу повітряну масу, яка охолоджується. Закриті осередки спостерігаються переважно в хмарах шарувато-купчастих форм (Sc). Конвективні осередки відкритого типу характерні для хмар купчастих форм (Cb, Cu).

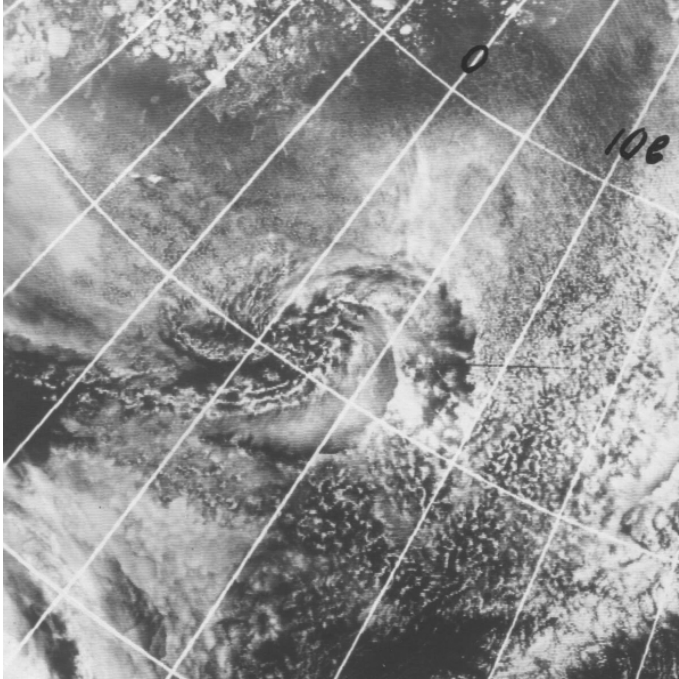


Рис. 2 – Мезовихрь в полі купчастих хмар.

Грядова структура хмарності формується з купчасто-подібної хмарності, як правило, в холодних повітряних масах (рис. 1, В-В). Найбільш часто гряди спостерігаються в тилівій частині циклону і в перехідній зоні між циклоном і антициклоном. Гряди хмарності утворюються під впливом зсуву вітру в шарі хмарності. Посилення швидкості вітру і виникнення вертикального зсуву перерозподіляють поля осередків і призводять до утворення гряд. При грядовій структурі хмарності, на відміну від осередкової, швидкості вітру у поверхні землі досягають 10-12 м/с над сушею і 20-25 м/с над океаном. Звичайно швидкість вітру зростає від поверхні землі до верхньої границі конвективного шару, а потім зменшується, тобто профіль вітру має струмінеподібний вигляд. Відстань між двома сусідніми грядами знаходиться в межах від 5 до 25 км.

Розташування гряд хмарності може бути використано для визначення напрямку вітру. Якщо напрямок вітру з висотою змінюється мало, то при $\gamma \rightarrow \gamma_a$ гряди мають тенденцію орієнтуватись вздовж повітряного потоку. Якщо напрямок вітру суттєво змінюється з висотою, що свідчить про наявність інтенсивної адвекції (холоду), то гряди хмар орієнтуються за напрямком зсуву вітру в

конвективному шарі, тобто їх напрямок збігається з напрямком термічного вітру в шарі конвекції.

Таблиця 1. Відхилення вектору вітру від напрямку хмар в нижній тропосфері

$\Delta\varphi$	Рівень, гПа				НГХ
	Земля	850	700	500	
	-1,7	-1,6	-6,0	-1,9	-1,9

В табл. 1 наведено статистичні відомості про орієнтацію гряд хмарності відносно повітряного потоку, при цьому $\Delta\varphi$ - різниця між напрямком вітру і хмарними грядами в градусах ($\Delta\varphi < 0$ при відхиленні вектора вліво від напрямку гряди хмарності). Визначити напрямок вітру в районах з регулярними осередками вважається неможливим.

Оцінку швидкості вітру можна провести дуже приблизно з використанням статистичних даних, наведених в табл. 2.

Імовірність опадів із закритих осередків складає 16%, причому в більшості випадків вони незначні. Імовірність опадів із відкритих осередків складає 23%, причому вони випадають у тому разі, якщо діаметр хмарного осередку перевищує 30 км, і носять зливовий характер.

Таблиця 2. – Дані про швидкість вітру V (м/с) в нижній тропосфері (σ - середнє квадратичне відхилення)

Тип хмарної системи	Параметр	Рівень, гПа			
		Земля	850	700	500
Відкриті осередки	V	11,4	12,5	15,0	22,3
	σ	5,2	5,2	7,0	13,5
Закриті осередки	V	8,9	10,6	10,1	13,2
	σ	3,7	4,8	4,4	7,2
Гряди (над сушею)	V	6,8	10,7	12,8	20,2
	σ	3,8	5,4	7,5	13,1

Мезомасштабні форми хмарності можуть нести деяку інформацію про наявність зон значних опадів. В табл. 3 наведені показники повторюваності опадів різної інтенсивності з хмарних систем різних типів.

З даних табл. 3 видно, що практично з усіх хмарних систем мезомасштабу випадають опади, причому з чітко оформлених систем випадають опади меншою інтенсивності, але з більшою вірогідністю, тоді як неупорядковані хмарні системи дають більш локальні опади значної інтенсивності.

Таблиця 3. – Повторюваність випадків (%) опадів з хмарних систем над Східною Європою [4]

Вид хмарних систем	Кількість опадів за 12 г		Без опадів
	до 10 мм	понад 10 мм	
Вихори	80	18	2
Смуги	92	8	-
Нерегулярні хмарні системи	46	27	27
Ізольовані купчасто-дібні хмари	25	33	42

Практична частина

При виконанні завдання студент повинен виконати такі види роботи.

1. Інтерпретація зображень хмарності синоптичного масштабу.
2. Інтерпретація мезомасштабних хмарних систем та їх зв'язок з хмарністю синоптичних вихорів.
3. Аналіз структури метеорологічних полів за даними визначених мезомасштабних хмарних систем:
 - визначити тип хмарних осередків та характер повітряної маси;
 - відновити поле повітряних течій в нижній тропосфері по розподілу осередкових та грядових структур хмарності (побудувати схему повітряних течій);
 - оцінити швидкість вітру над різними районами з мезомасштабною хмарністю;
 - вказати зони, в яких імовірні опади в мезомасштабних хмарних системах;
 - порівняти виконаний аналіз з приземною картою погоди.

Вихідні матеріали. Запропонований викладачем комплект знімків хмарності в інфрачервоному діапазоні та відповідна приземна карта погоди.

Звітні матеріали. Огляд хмарних систем синоптичного та мезо-масштабу, побудована карта-схема повітряних течій з вказанням штормових зон та зон значних опадів, пов'язаних з мезомасштабними хмарними системами.

Список літератури

1. Герман М.А. Космические методы исследования в метеорологии. - Л.: Гидрометеоздат, 1985.- 352 с.
2. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. Сборник лекций. / Под ред. Н.Ф. Вельтищева. - Женева, Швейцария, ВМО, 1988, 701 с.
3. Синоптический анализ снимков облачного покрова, полученных с ИСЗ. / Под ред. Поповой Т.П. - Л.: Гидрометеоздат, 1976.

ДОДАТОК

Огляд систем хмарності в Атлантико-Європейському секторі за 08.11.2000 р.

Наведемо зразок огляду за даними знімку хмарності за 08.11.2000 р. (12 СГЧ), представленому на рис. 2 Додатку.

Зроблена на знімку географічна прив'язка окреслює Атлантико-Європейський сектор. Проведемо аналіз синоптичної ситуації з використанням даних про макроструктуру зображення. Над Атлантичним океаном спостерігаються дві хмарні системи приблизно однакового розміру, але різні за структурою. Північна система має вигляд “шапки” майже однорідного світлого тону з елементами куполоподібної текстури, що вказує на наявність купчасто-дощових хмар в масиві шарувато-дощової хмарності. Відсутність спиралевидної структури та горизонтальний розмір хмарного масиву (близько 700 км в діаметрі) можуть вказувати на хвилювання на холодному фронті.

Південна система має виражену вихрову структуру з чіткими смугами. При цьому в східній половині вихору смуги мають світло-сірий тон і волокнисту або матову текстуру, що свідчить про переважання шаруватоподібної хмарності. В західній половині хмарність більш яскрава, з елементами зернистої та куполоподібної текстури. Особливо це помітно на північному краї спіралі, де хмарність сформована у вигляді масиву купчасто-дощової хмарності. Даний хмарний масив відповідає оклюдованій фронтальній системі.

Як бачимо, в обох вихрових системах відсутні відокремлені мезомасштабні структури, що свідчить про відсутність інтенсивних процесів адвекції.

Основна хмарна система на знімку знаходиться над Європою і має вигляд трьох смуг фронтальної хмарності, що збігаються до однієї зони над Північним морем. Виходячи з вигляду цієї системи, можна визначити, що вона відповідає глибокому, поширеному циклону, що вже оклюдувався та пройшов процес регенерації. Хмарність основного холодного фронту має безперервну структуру тільки близько точки оклюзії над Україною. Основна частина хмарності має вигляд окремих масивів смугоподібної структури, відокремлених один від одного малоохмарними зонами. Якщо прослідити просторовий напрям цієї смуги, бачимо, що довжина фронтальної хмарності досягає майже півтори тисячі кілометрів, а холодне повітря досягнуло північних районів Африканського континенту.

В межах цього циклону добре розрізняються декілька типів хмарності мезомасштабу. В тилівій частині розташовані принаймні два масиви хмарності, які можна ідентифікувати як хмарність вторинних фронтів. Перша система розташована безпосередньо за холодним фронтом над районами Польщі та Німеччини. Має вигляд однорідного скупчення купчастої та купчасто-дощової хмарності на фоні малоохмарного навколишнього середовища; про тип хмарності свідчить куполоподібна текстура і яскраво-білий тон зображення. Хмарний масив

має близько 600 км у довжину та 200-300 км завширшки, його форма повторює вигін основного фронту.

Друга хмарна система спостерігається близько до центральної частини циклону, над районами Франції. Горизонтальні розміри цього масиву подібні до попереднього. Але в тилівій частині цього скупчення є зона низької хмарності, що видно по сірому тону зображення.

На периферії циклонічного вихору виділяються два осередки скупчення купчасто-дощових хмар, які також можна віднести до хмарності вторинних фронтів або ліній нестійкості, але не мезомасштабних конвективних комплексів, зважаючи на те, що їх довжина (приблизно 300-400 км) більше за поперечний розмір вдвічі. Відзнакою цих хмарних систем від попередніх є те, що вони спостерігаються в поле осередкової хмарності. Перша система розташована над Іспанією, має білий однорідний тон зображення і елементи волокнистої текстури, що говорить про наявність потужної шарувато-подібної хмарності з включенням купчастих хмар. Більша частина цього масиву включена до навколишньої хмарності, що має сірий тон та сформована у мезоструктуру у вигляді закритих осередків.

Інша хмарна система розташована на захід від о. Ірландія, має добре виражену зернисту текстуру з крупними яскравими елементами, що свідчить про те, що система складається переважно з купчасто-дощової хмарності. Найбільшу потужність хмари мають на півночі масиву. Навколо цієї хмарної системи також має місце осередкова хмарність невеликої потужності. При цьому на південь осередки відкриті, на північ вони переходять у поле закритих осередків. Над районами Норвезького моря закриті осередки набувають слабо вираженої структури у вигляді окремих смуг, але чітко виражені гряди не сформовані. Наявність такого хмарного масиву над водною поверхнею в тилівій частині циклону може бути ознакою зародження і майбутнього розвитку мезовихору з утворенням штормової зони.

Між двома циклонічними системами над Атлантичним океаном розташована зона прояснення, яка відповідає центральній частині антициклону. Однак, на його периферії добре помітні поля переважно відкритих осередків, по сірому тону яких можна говорити про їх незначну потужність. На південь вздовж Африканського узбережжя елементи хмарності збільшуються і переходять у закриті осередки.

Неупорядковані конвективні системи глибокої та мілкої конвекції спостерігаються над південними районами Європи і Середземним та Чорним морями. Найбільшу інтенсивність ці процеси набувають над Лігурійським морем, о. Корсікою та північчю Італії. В цих районах спостерігається впорядкованість хмарних елементів куполоподібної текстури до лінії, яка простягається з південного заходу на північний схід, при цьому елементи хмарності на північ збільшуються і мають ознаки скупчення купчасто-дощової хмарності з викидами перистої подібних хмар. Описана хмарність може належати до лінії нестійкості, що

сформувалась при первинному затоці холодної повітряної маси на теплу підстильну поверхню акваторії Середземного моря.

Таким чином, структурні особливості поля хмарності на розглянутому знімку дозволяють зробити такі висновки. Наявність полів осередкової хмарності над океанічною поверхнею свідчить про відносно невеликі швидкості вітру і стійку стратифікацію з великою вірогідністю інверсій в нижній тропосфері в цьому районі. Переважання відкритих осередків в області антициклону говорить про процес трансформації холодної повітряної маси над відносно теплою поверхнею води (в цю пору року), тобто антициклон утворився як заключний в холодному повітрі глибокого циклону. Активна трансформація холодної повітряної маси, яка також є нестійкою, відбувається на більшій частині Європи і Середземним морем, тобто, по району поширення конвективних явищ можна чітко визначити ступінь проникнення на південь холодних повітряних мас с системі центрального циклону. Утворення штормових зон із значним посиленням вітру та сильними або помірними опадами можна очікувати в зонах усіх вторинних фронтів.

Comes to you via Top Karten (<http://www.wetterzentrale.de/topkarten/>)
Source (TIFF-Files): <ftp://weather.noaa.gov>

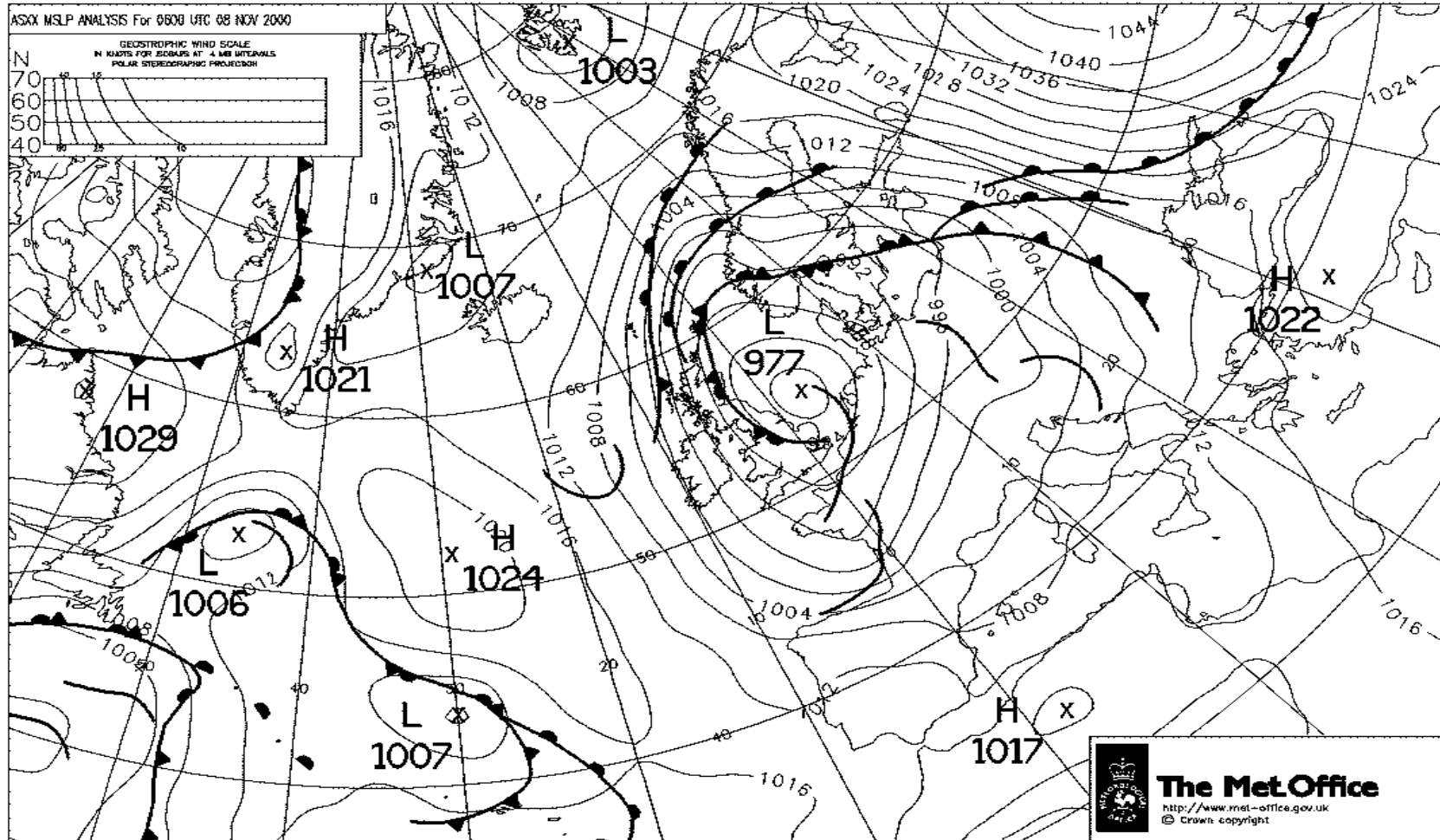


Рис. 1 – Приземна карта за 08.11.2000 р., 06 СГЧ.

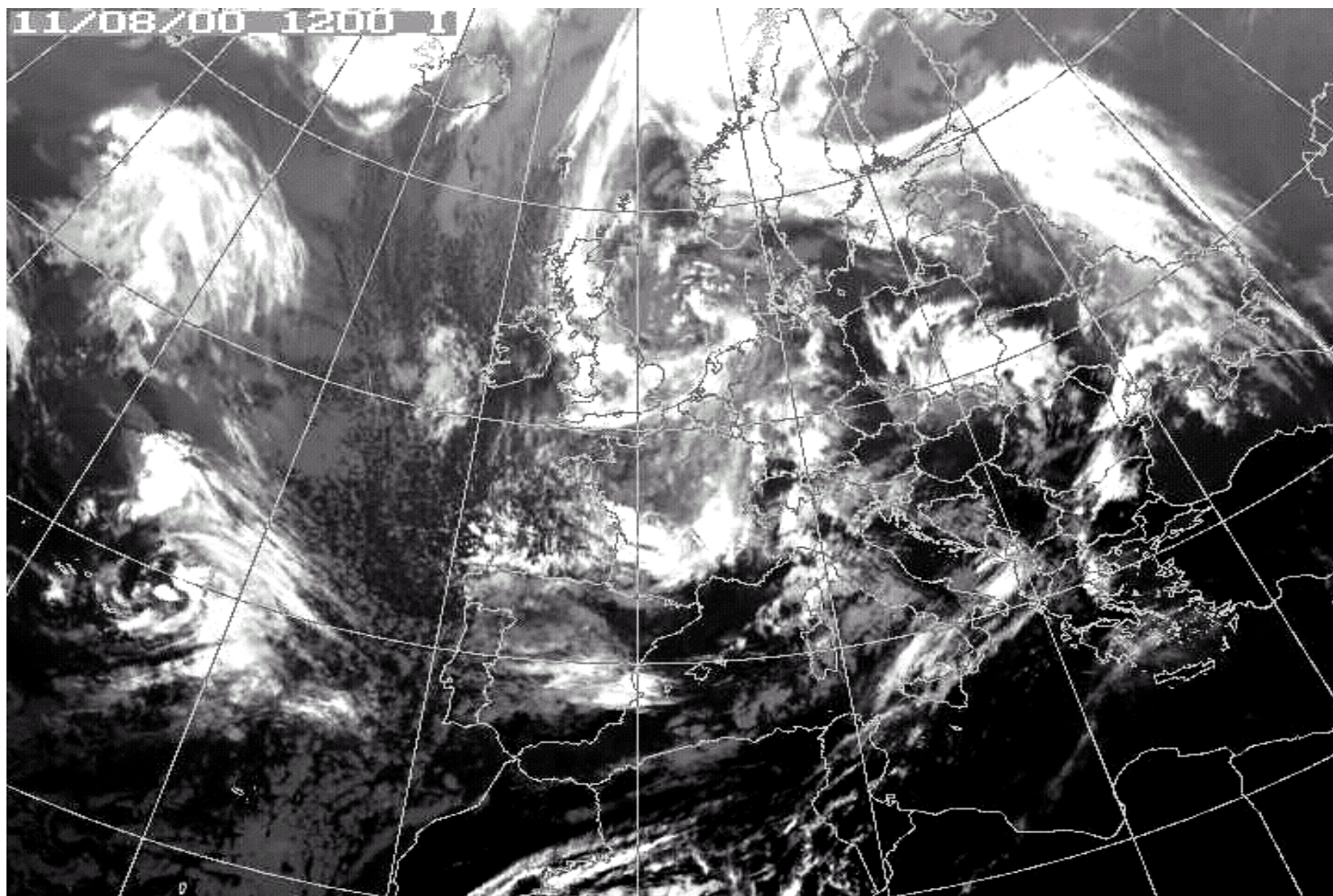


Рис. 2 – Знімок хмарності (ІЧ) за 08.11.2000 р., 12 СГЧ