

Циклогенез – норвезький тип

- Структура хмар на супутникових знімках
- Метеорологічні фізичні основи
- Ключові параметри
- Типовий зовнішній вигляд у вертикальних поперечних перерізах атмосфери
- Синоптичні ситуації та явища

Структура хмар на супутникових знімках

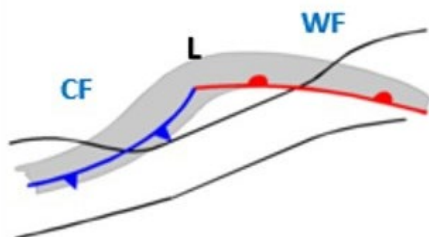
Теорія полярного фронту визначає 5 стадій розвитку процесу циклогенезу:

- Початкова стадія (Initial stage)
- Стадія хвилі або хвильова стадія (Wave stage)
- Стадія інтенсифікації (Intensification stage)
- Стадія зрілості (Mature stage)
- Стадія розсіювання (Dissipation stage)

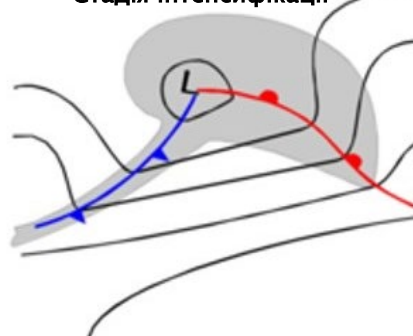
Однак у цьому посібнику схеми та випадки, що представляють синоптичні процеси, починатимуться зі стадії хвилі, де хмарні системи вже розвинені. Адже на початковій стадії повітряні маси дуже часто все ще не містять ніякої хмарності.

Wave stage

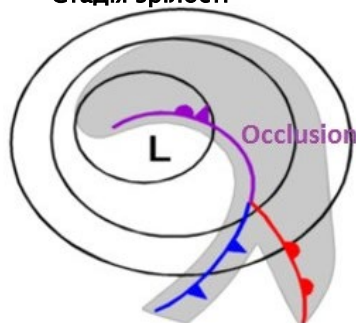
Стадія хвилі

**Intensification stage**

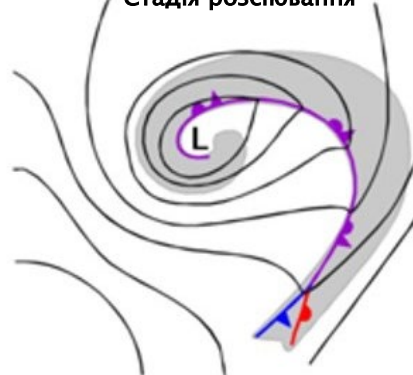
Стадія інтенсифікації

**Mature stage**

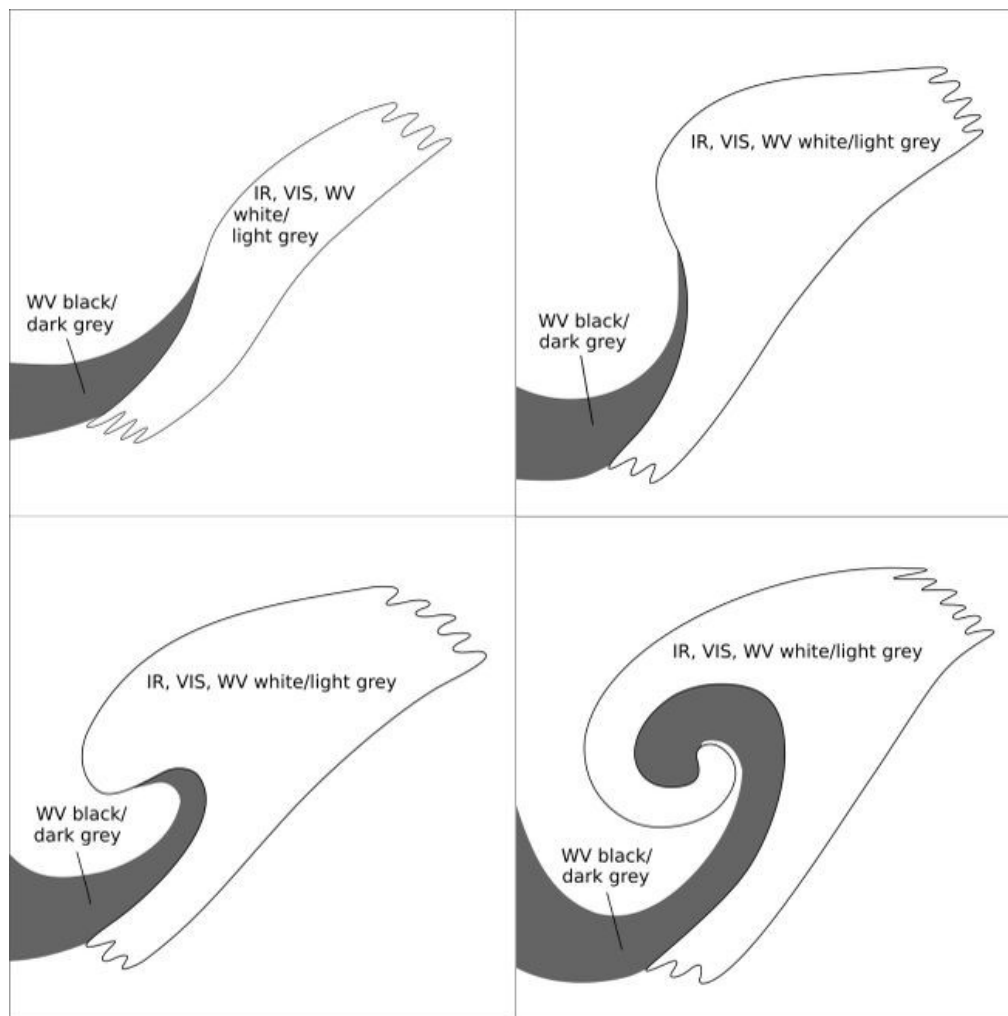
Стадія зрілості

**Dissipation stage**

Стадія розсіювання

**Зовнішній вигляд на знімках базових супутникових каналів**

- **Хмарні конфігурації:**
- «Стадія хвилі» характеризується опуклістю форми хмарності в тилу смуги хмар холодного фронту та попереду смуги хмар теплого фронту, де зустрічаються два фронти. На стадії інтенсифікації ця опуклість стає все більш виразною. Процес оклюзії призводить до розвитку спіральної хмарної смуги, яка закручується все більше і більше від стадії зрілості до стадії розсіювання.
- **Структури та паттерни:**
- Конфігурація хмар складається з масивних хмар із градаціями кольорів від світло-сірого до білого у всіх трьох основних каналах.
- На WV-зображеннях можна побачити темну або чорну смугу в тилу холодного фронту, яка тягнеться від північно-західного до південного/південно-західного краю хвильового виступу та, після подальшого розвитку – до оклюзії. Це дуже сухе повітря у верхніх шарах тропосфери.



Кольори хмарності на зображеннях основних каналів (IR, VIS, WV)

White – білий

Black – чорний

Light grey – світло сірий

Dark grey – темно сірий

Зовнішній вигляд на зображеннях базових RGB-продуктів:

RGB, який найкраще показує процес циклогенезу – це Airmass RGB

- Головною особливістю є темно-коричнева смуга, яка представляє холодне і дуже сухе, переважно стратосферне повітря північного походження, що опускається на південь і південний схід і остаточно втягується в процес циклогенезу.
- Під час хвильової стадії вищезгадана темно-коричнева смуга відмічається вздовж краю холодного фронту. У зрілій стадії, стаючи ширшою, темно-коричнева смуга поширюється в центр зростаючої спіралі оклюзії.
- Структури хмарної системи виглядають так само, як і в основних IR-каналах.
- Ділянки, що оточують хмарні конфігурації, відображаються синіми кольорами, що символізує холодне повітря.

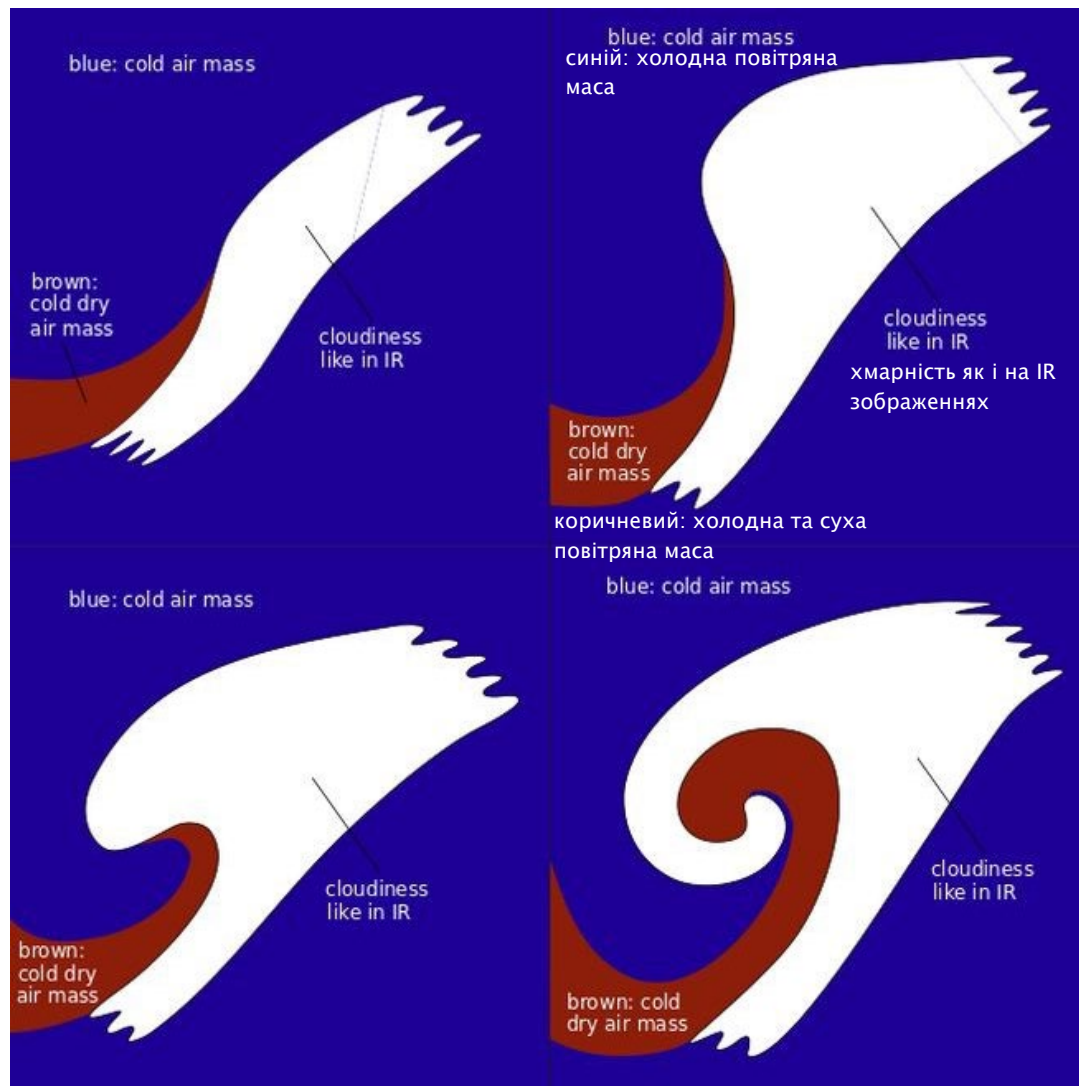
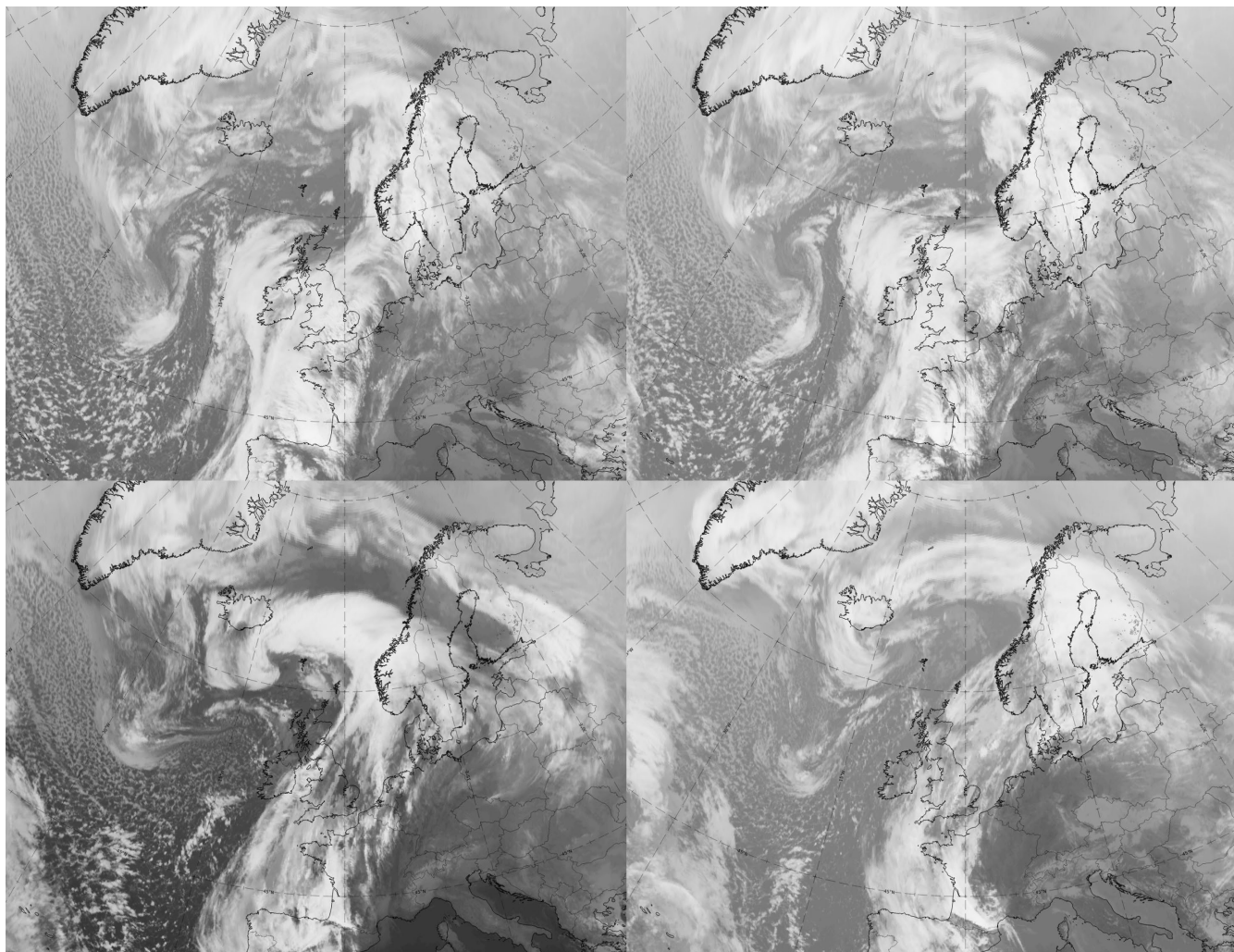


Схема для Airmass RGB

Цей випадок 20–21 лютого 2021 року демонструє вторинний циклогенез, який розвивається на холодному фронті над Атлантикою на захід від Ірландії та Британських островів і рухається на північ над Шотландією в Норвезьке море. На початку послідовності спостерігається подвійна структура двох фронтів, які зливаються між стадією хвилі та інтенсифікації.



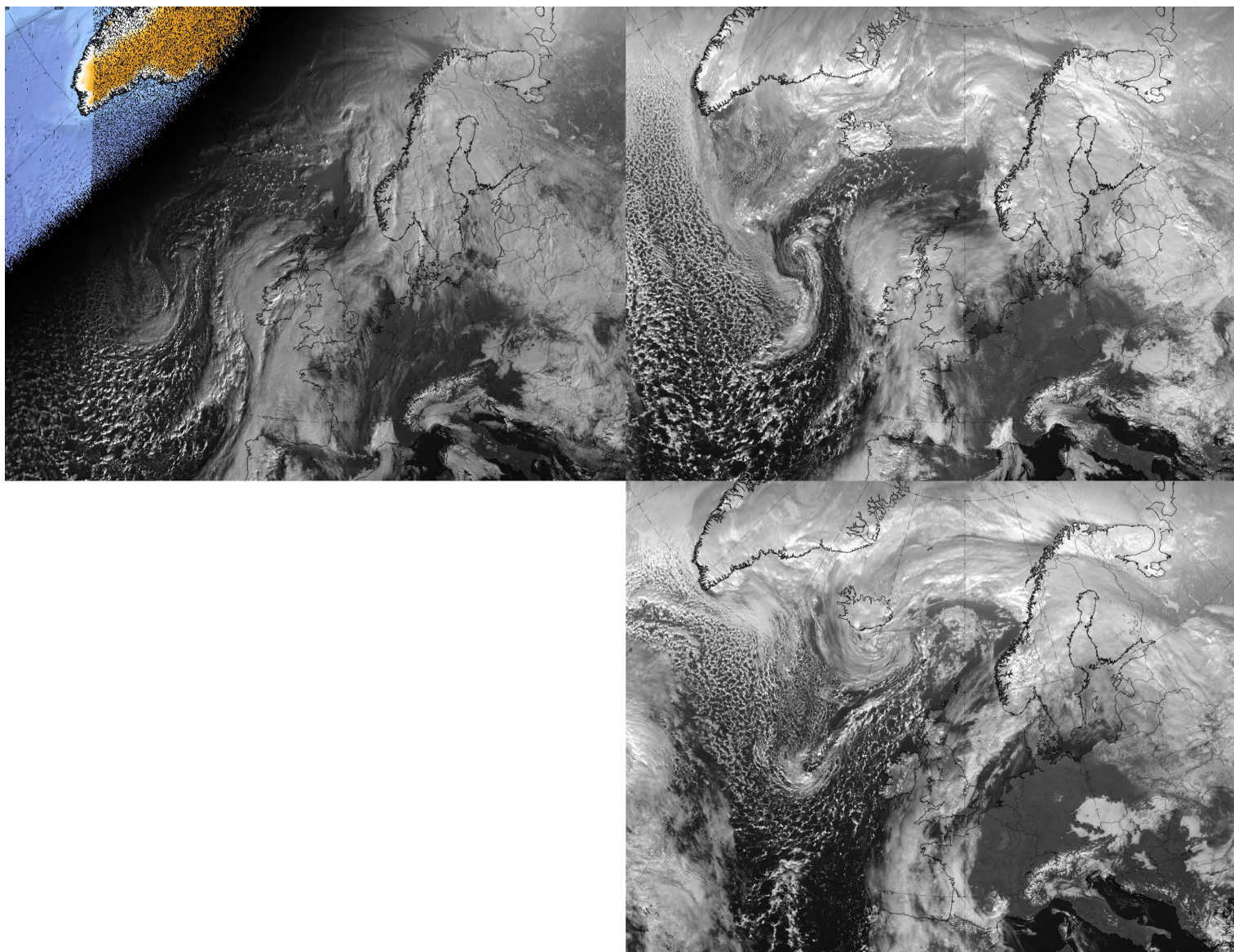
20–21 лютого 2021, IR. зображення.

Верхнє ліве зобр. – 09 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;

Верхнє праве зобр. – 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;

Нижнє ліве зобр. – 00 UTC 21 лютого 2021 р., зріла стадія;

Нижнє праве зобр. – 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

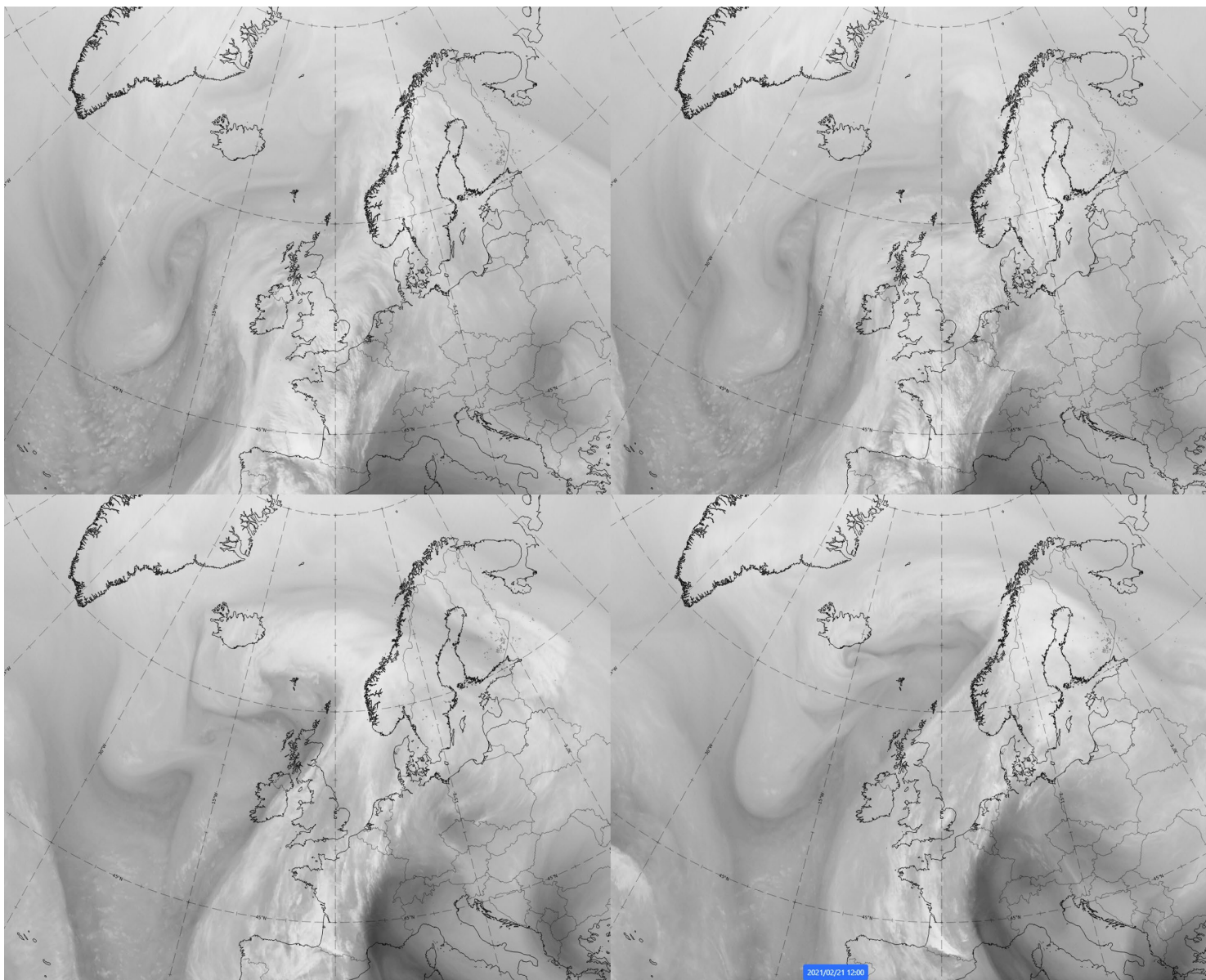


20-21 лютого 2021, HRV зображення.

Верхнє ліве зображення - 9 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;

Верхнє праве зображення - 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;

Нижнє зображення - 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія розсіювання.



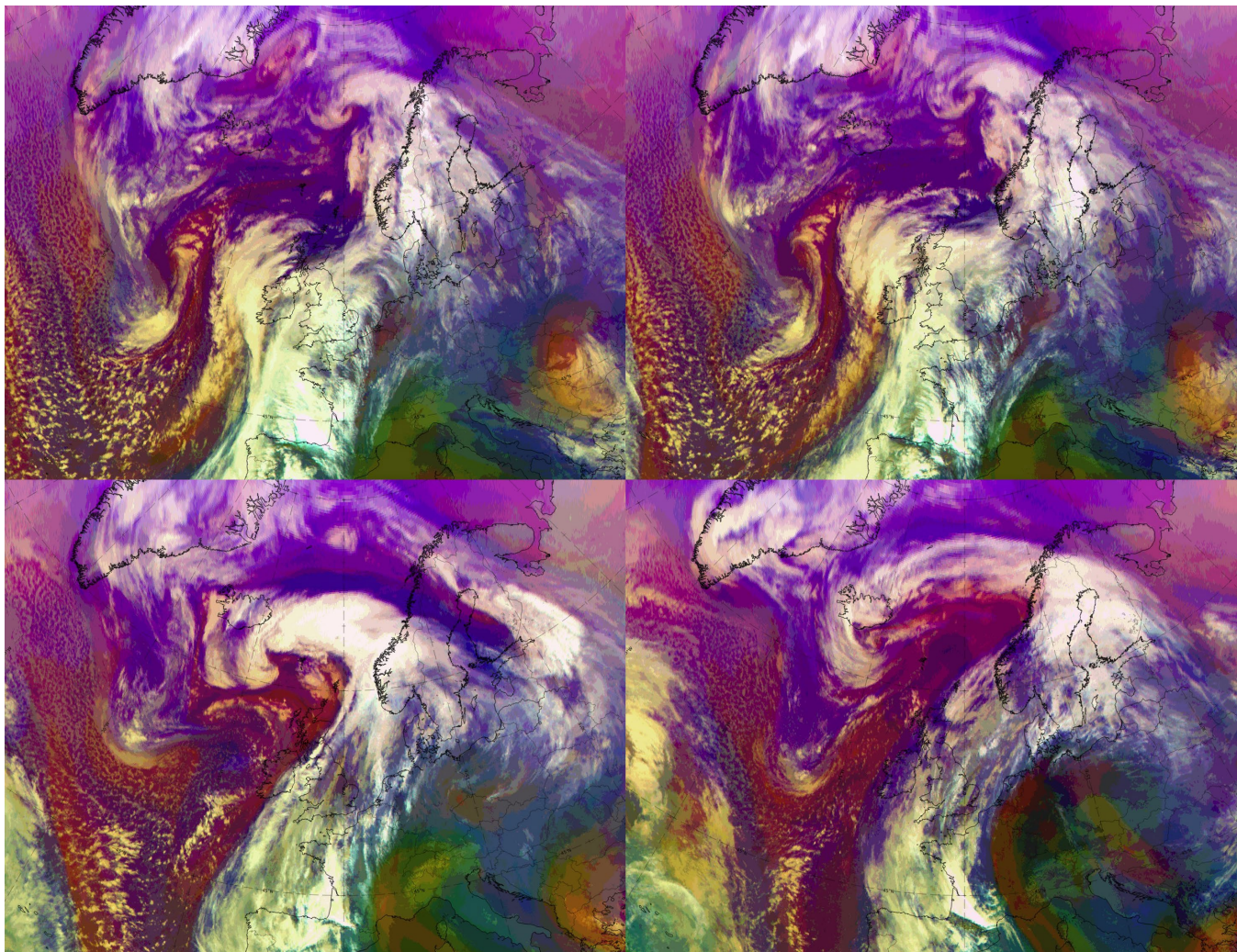
20–21 лютого 2021, WV зображення.

Верхнє ліве зображення – 9 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;

Верхнє праве зображення – 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;

Нижнє ліве зображення – 00 UTC 21 лютого 2021 р., зріла стадія;

Нижнє праве зображення – 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія розсіювання.



20–21 лютого 2021 року, зображення Airmass RGB. Верхнє лівє зображення – 9 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі; Верхнє правє зображення – 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації; Нижнє лівє зображення – 00 UTC 21 лютого 2021 р., зріла стадія; Нижнє правє зображення – 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

IR – стадії хвилі та інтенсифікації яскраво показують випуклість хмарності, що представляє холодні вершини хмар. На хвильовій стадії дві фронтальні системи тільки зливаються; на стадії інтенсифікації випуклість хмарності стає ширшою та більш яскраво вираженою. Зріла стадія показує дуже яскраву хмарну спіраль; ця спіраль стає більшою на стадії розсіювання, але менш яскравою, і хмарність виглядає частково розірваною. Внутрішня частина хмарної спіралі, що поблизу Ісландії, відділяється від східної частини.

HRV – як стадія хвилі, так і стадія інтенсифікації показують дуже яскраві значення, які разом із IR-зображенням вказують на масивний хмарний шар. Етап розсіювання дуже добре показує розщеплення величезної хмарної спіралі у її внутрішній частині.

WV – найважливішою особливістю зображень WV є темна смуга на задньому краю холодного фронту та всередині хмарної спіралі; це сухе повітря, що опускається.

Airmass RGB – найважливіші характеристики, що вказують на сухе, можливо, стратосферне повітря, представлені у вигляді темно-коричневих смуг і ділянок.

Метеорологічні фізичні основи

Теорія полярного фронту циклогенезу — норвезька модель — стала важливим проривом у метеорології. З метеорологічної/фізичної точки зору необхідно враховувати та об'єднувати кілька процесів, що відбуваються в атмосферних шарах на різних висотах.

1. Теорія полярного фронту: процеси в нижніх шарах атмосфери.

Холодні і теплі повітряні маси рухаються одна проти одної, так що основними метеорологічними явищами є температурні коливання та підвищення приземного тиску. Невелике збурення повітряного потоку може ініціювати процес циклогенезу, який починається з розвитку улоговини в нижніх шарах тропосфери. Отже, холодне повітря починає рухатися проти годинникової стрілки навколо циклонічної улоговини, штовхаючи тепле повітря, яке рухається проти годинникової стрілки проти холодного повітря. Холодне повітря проходить під теплим повітрям і таким чином піднімає його. Це призводить до розвитку погодних фронтів, які є бароклінічними межами. Вертикальні рухи вгору на цих кордонах відповідають за розвиток хмар, які утворюють смуги хмар «холодного фронту» і «теплого фронту». Область між холодним та теплим фронтами називається «теплим сектором», оскільки там знаходиться найтепліше повітря. У той же час навколо улоговини розвивається хмарність. Ця стадія розвитку називається «стадією хвилі».

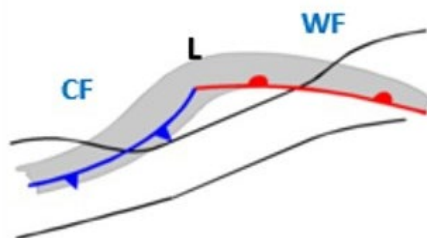
Теорія полярного фронту також стверджує, що холодний фронт рухається швидше, ніж теплий фронт, поступово звужуючи теплий сектор, тоді як хмарність навколо улоговини стає масивнішою та густішою. Це «стадія інтенсифікації».

Пізніше підняте тепле повітря, а також пов'язана з ним хмарна смуга, починають рухатися навколо улоговини, утворюючи спіраль хмари. Це призводить до «зрілої стадії» з оклюзійним фронтом і супутньою смугою оклюзії. Центр приземної улоговини, що поглиблюється під час цього процесу, залишається на холодній стороні системи.

Подальший розвиток призводить до «стадії розсіювання» з хмарною смугою оклюзії, яка може обертатися кілька разів навколо улоговини. Або з конфігурацією коми, яка може бути відсічена в центрі улоговини, чи з областями розсіювання хмарності, переважно в південній частині спіралі оклюзії.

Wave stage

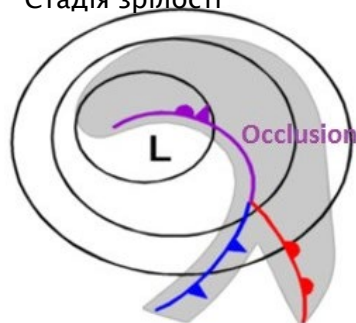
Стадія хвилі

**Intensification stage**

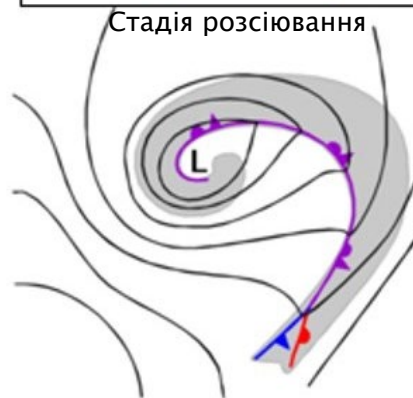
Стадія інтенсифікації

**Mature stage**

Стадія зрілості

**Dissipation stage**

Стадія розсіювання



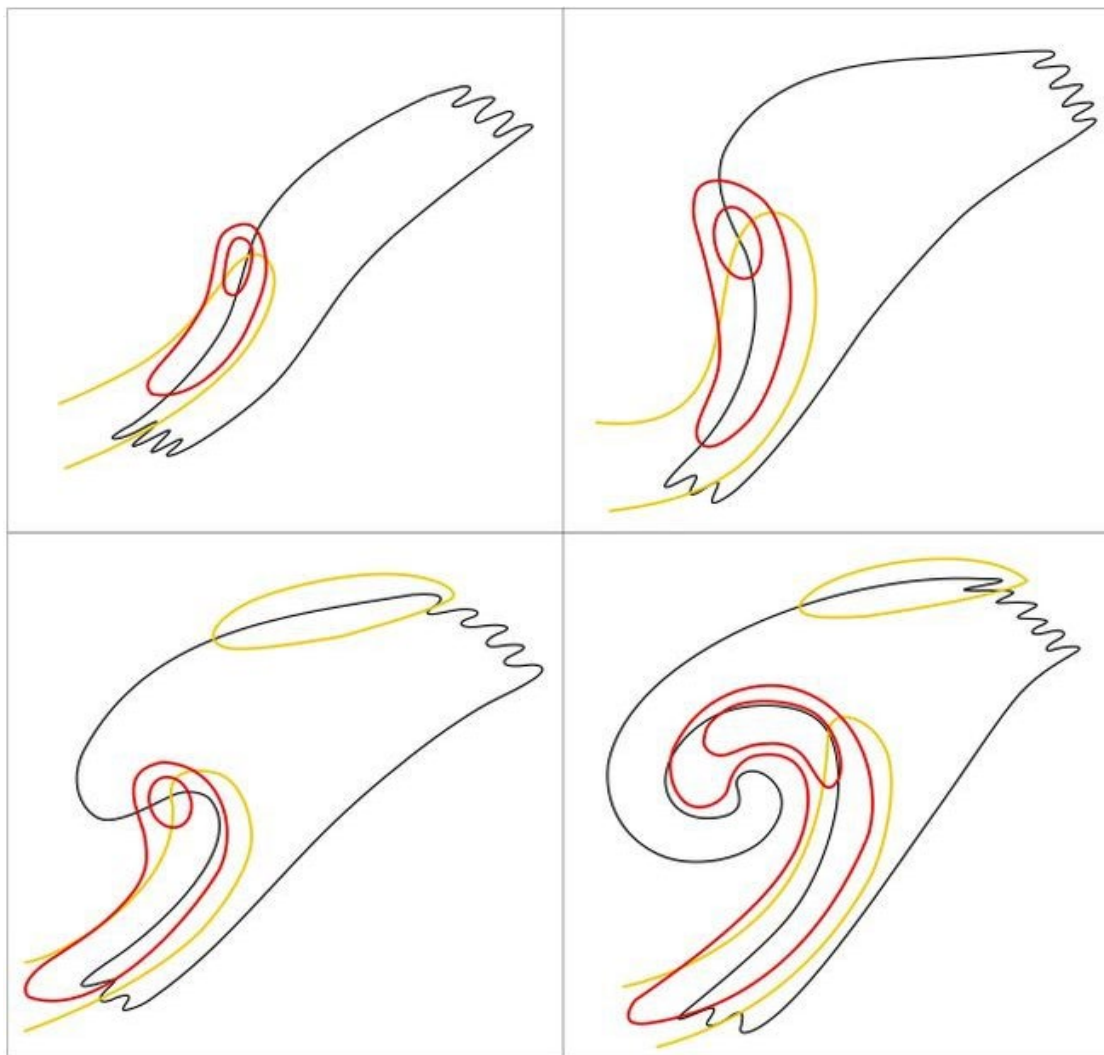
Чотири етапи класичної теорії полярного фронту, від «стадії хвилі» до «стадії розсіювання».

2. Струмені та струминні смуги: процеси у верхніх шарах атмосфери.

Перший опис циклогенезу на основі теорії полярного фронту розпочався зі спостережень у нижніх шарах атмосфери, але, з часом стали доступними вимірювання з вищих атмосферних шарів, і можна було додавати нові аспекти спостережень. Перші такі спостереження показали високу швидкість вітру поблизу тропопаузи позаду та понад фронтом.

Ці спостереження відстежували, звичайно, струменевий потік у верхніх шарах. **Струминні течії** — це області у верхній тропосфері з дуже високою швидкістю вітру; максимальна швидкість знаходиться в центрі, тоді як швидкість вітру зменшується в усіх трьох напрямках до краю струминного потоку. Вони можуть простягатися на тисячі кілометрів по горизонталі, але лише на кілька кілометрів по вертикалі.

Струминні течії (або потоки) розвиваються на межах між різними повітряними масами та викликаються градієнтною силою, яка намагається врівноважити різницю температури та тиску між різними ділянками атмосфери. Через відхилення силою Коріоліса, а також через орографічні перешкоди, такі як високі гірські ланцюги, струминні течії починають звиватися і розпадаються на **струминні смуги**, що супроводжують фронтальні системи на верхніх атмосферних рівнях. Отже, це також є важливим явищем циклогенезу.

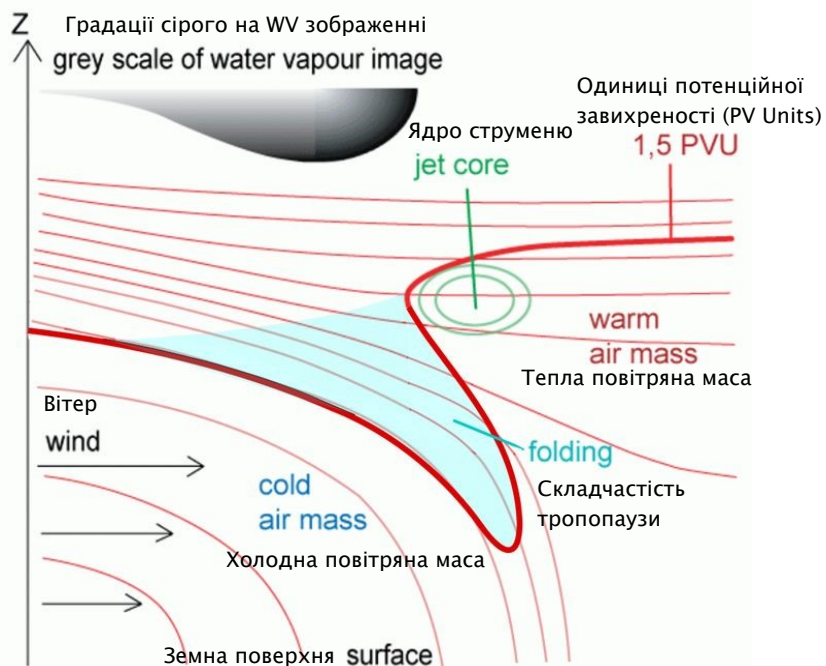


Вісь струменя, яка математично описується лінією нульової зсувної завихреності на верхніх рівнях, простягається вздовж тилової сторони хмарної смуги холодного фронту, приблизно до південного та південно-західного краю хмарності на стадіях хвилі та інтенсифікації. Такі поля вітру через властивий їм зсув і кривизну супроводжуються циклонічним завихренням і адвекцією циклонічного завихрення (cyclonic vorticity advection – CVA). Максимум такої адвекції можна відстежувати в центрі хмарної спіралі на стадіях зрілості та розсіювання.

3. Складчастість тропопаузи, динамічна тропопауза та потенційна завихреність (Potential Vorticity – PV)

На початку історії розвитку теорії циклогенезу було виявлено, що низька висота тропопаузи має місце при утворенні холодних фронтів та циклогенезу, тоді як висока тропопауза відмічається вздовж теплового фронту та всередині теплового сектора.

Це називається складчастістю тропопаузи та має прямий зв'язок із струминними смугами та їх вертикальною циркуляцією. Наслідком складчастості тропопаузи є просування стратосферного повітря вниз у тропосферу. Параметром, який дуже добре описує особливості стратосферних і тропосферних повітряних мас – є потенційна завихреність (Potential Vorticity – PV).



Ключові параметри

Чотири стадії розвитку циклогенезу в Теорії Полярного Фронту:

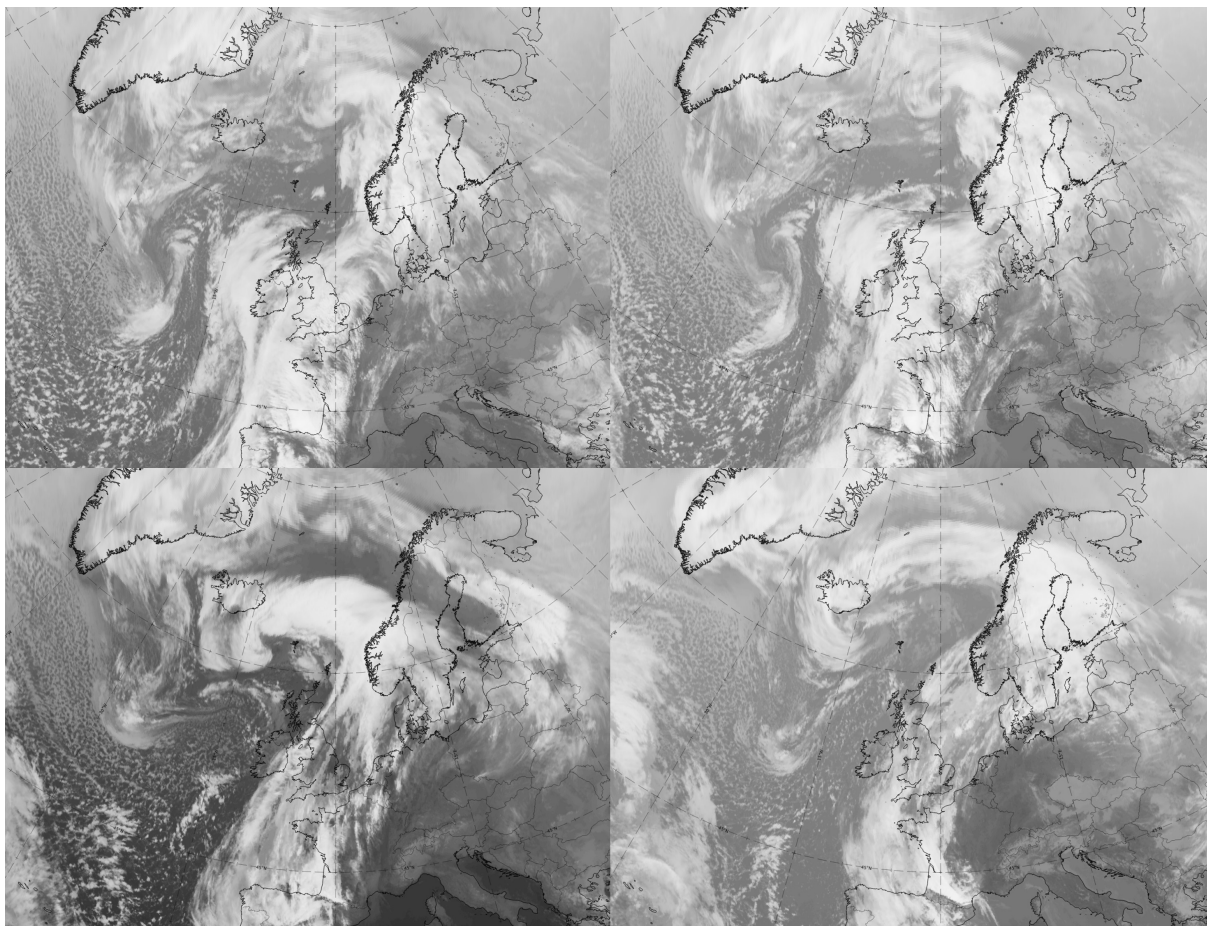
- Хвильова стадія (Wave stage)
- Стадія інтенсифікації (Intensification stage)
- Зріла стадія (Mature stage)
- Стадія розсіювання або дисипації (Dissipation stage)

Ключовими параметрами процесу циклогенезу, згідно з теорією полярного фронту, є:

- Геопотенційна висота в нижніх і верхніх рівнях атмосфери.
- Термічні параметри (температура та температурна адвекція при 850 гПа або 700 гПа, еквівалентна товщина від 1000 до 500 гПа та термічний фронтальний параметр).
- Параметри верхніх рівнів (швидкість вітру, адвекція циклонічної завихреності та потенційна завихреність).

Тут показано та обговорено основні характеристики та зміни ключових параметрів протягом чотирьох стадій розвитку циклогенезу.

Для прикладу приведено випадок з 20 по 21 лютого 2021 року. Він демонструє, на першому етапі розвитку, особливість, яка не спостерігається в кожному випадку і, отже, не є типовою особливістю циклогенезу – злиття двох фронтальних систем. Одна система — це широка хмарна смуга, що тягнеться від Іспанії через Британські острови до Північного моря, а інша система — трохи далі на захід над Атлантикою. Хвиля розвивається в західній системі, і її хмарна конфігурація повністю розвинена о 09:09 UTC 20 лютого 2021 року, коли процес змішування між двома фронтальними системами майже завершено.



20–21 лютого 2021, IR-зображення.
 Верхнє ліве зображення – 09 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;
 Верхнє праве зображення – 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;
 Нижнє ліве зображення – 00 UTC 21 лютого 2021 р., зріла стадія;
 Нижнє праве зображення – 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

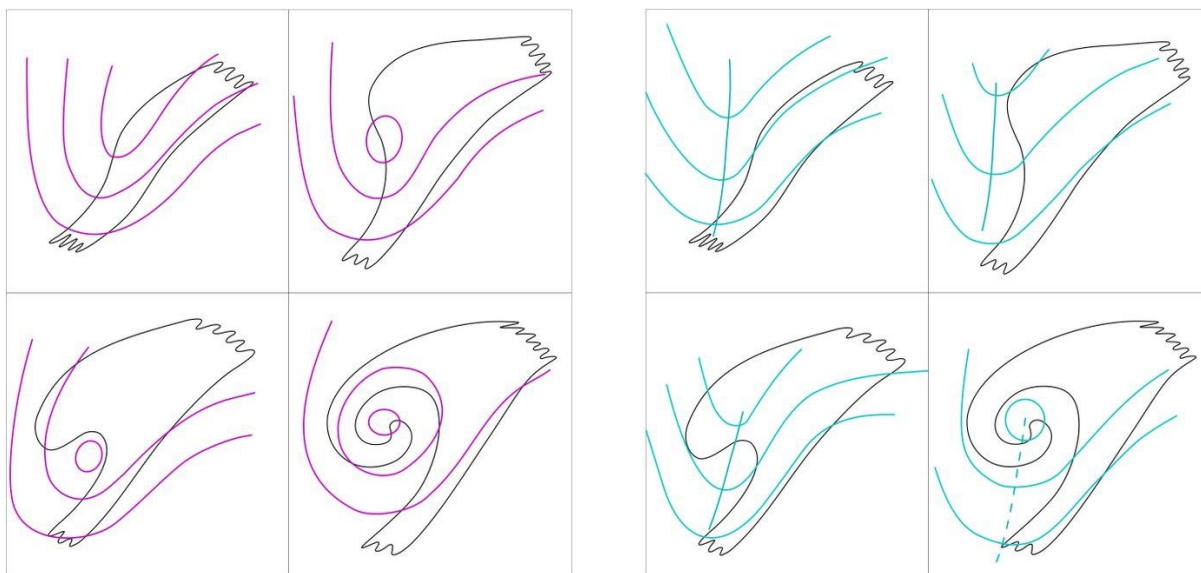
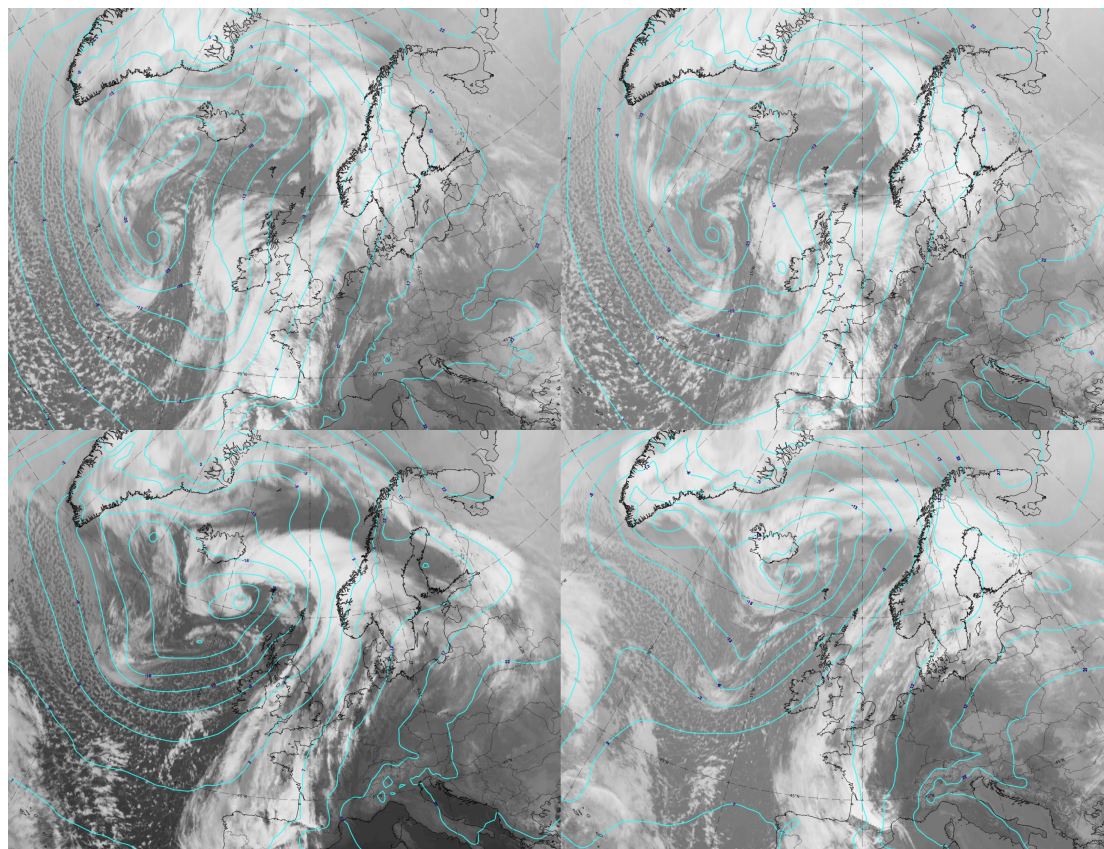
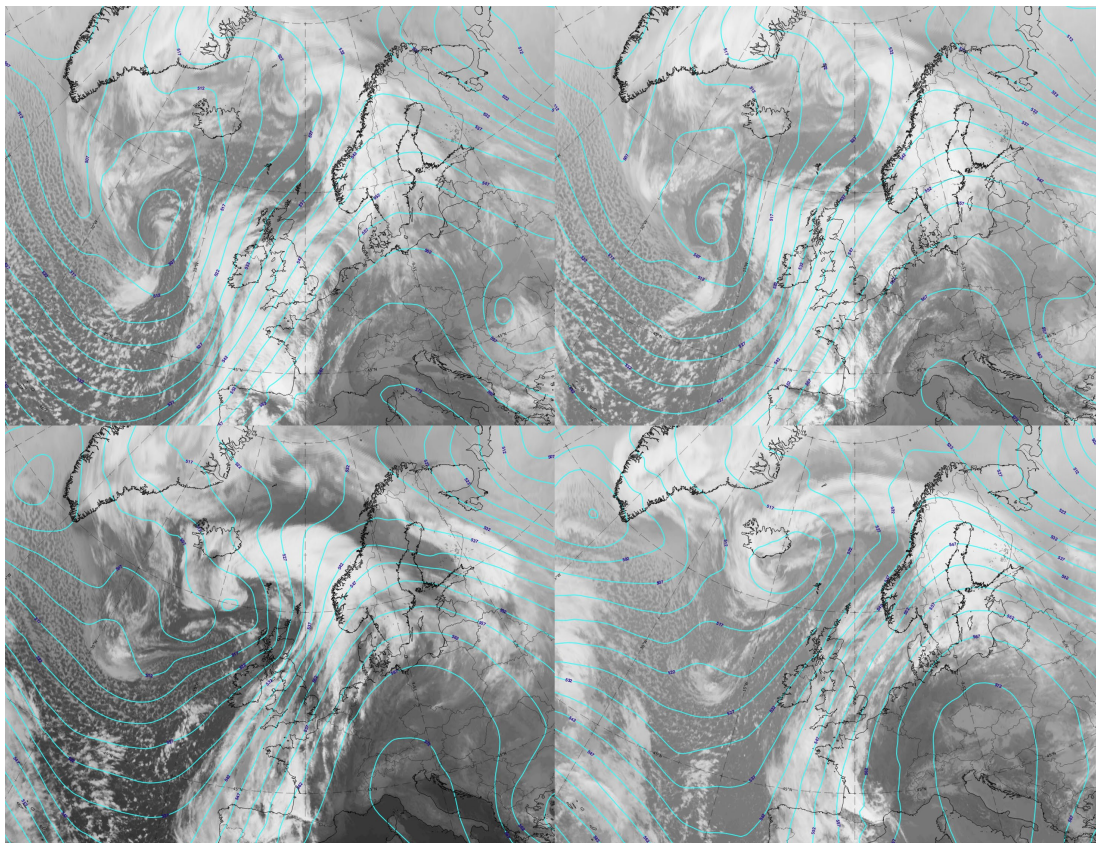


Схема геопотенційної висоти при 1000 гПа (рожеві лінії) і 500 гПа (блакитні лінії).



20–21 лютого 2021 р. ІР зображення;
геопотенційна висота при 1000 гПа (блакитні лінії).
 Верхнє лїве зобр.– 09 UTC 20 лютого 2021 р. стадїя хвилї;
 верхнє правє зобр. – 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадїя інтенсїфікації;
 нижнє лїве зобр.– 00 UTC 21 лютого 2021 р., стадїя зрїлостї;
 нижнє правє зобр.– 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадїя розсїюваннє.

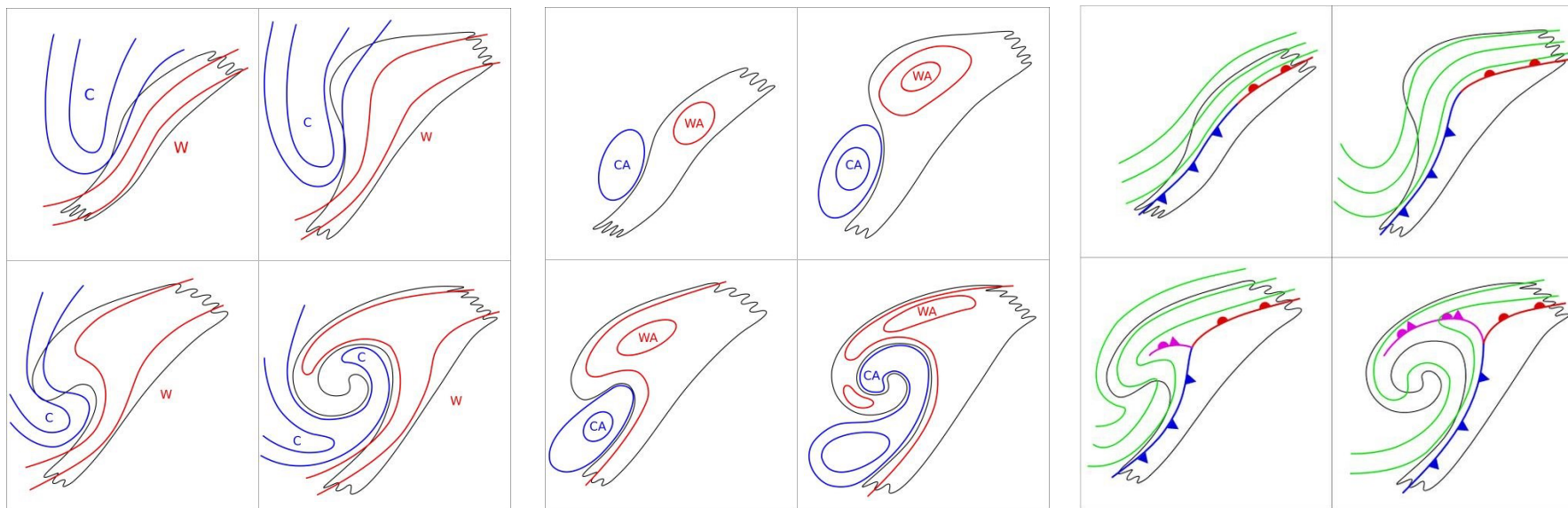


Легенда: 20–21 лютого 2021 р. IR зображення;
геопотенціальна висота при 500 гПа (блакитні лінії).
 Верхнє лівє зобр.– 09 UTC 20 лютого 2021 року,
 стадія хвилі;
 верхнє правє зобр.– 12 UTC 20 лютого 2021 року,
 стадія інтенсифікації;
 нижнє лівє зобр.– 00 UTC 21 лютого 2021 р., зріла
 стадія;
 нижнє правє зобр.– 12 UTC 21 лютого 2021 року,
 стадія розсіювання.

Термічні параметри

- Температура при 850 гПа або 700 гПа
- Температурна адвекція при 850 або 700 гПа
- Товщина від 1000 до 500 гПа і Параметр Термічного Фронту (Thermal Front Parameter–TFP)

Параметр Термічного Фронту визначається як максимум зміни градієнта температури або градієнта товщини. Він розташований на теплій стороні зони градієнтів високої температури/товщини.



C – Cold air – холодне повітря; W – warm air – тепле повітря; CA – cold advection – холодна адвекція WA – warm advection – тепла адвекція.

Схеми термічних параметрів

Зображення зліва – температура при 850 гПа;

зобр. в центрі – адвекція температури при 850 гПа;

зобр. справа – товщина від 500 до 1000 гПа (зелені лінії).

Нижче для прикладу приведено випадок за 20–21 лютого, 2021 р., зображення IR – температура при 850 гПа.

Верхнє ліве зобр.– 9 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;

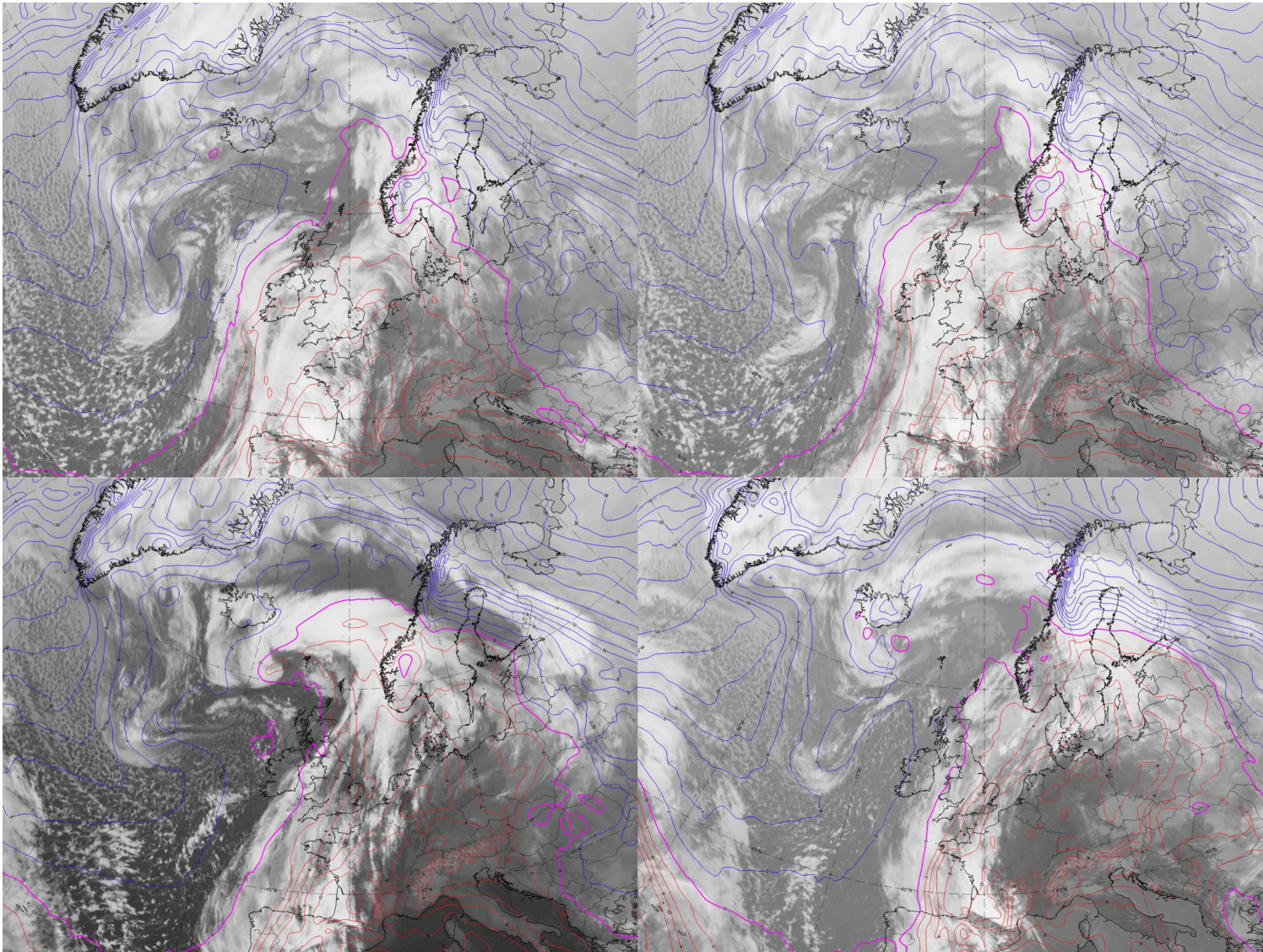
верхнє праве зобр.– 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;

нижнє ліве зобр.– 00 UTC 21 лютого 2021 р., стадія зрілості;

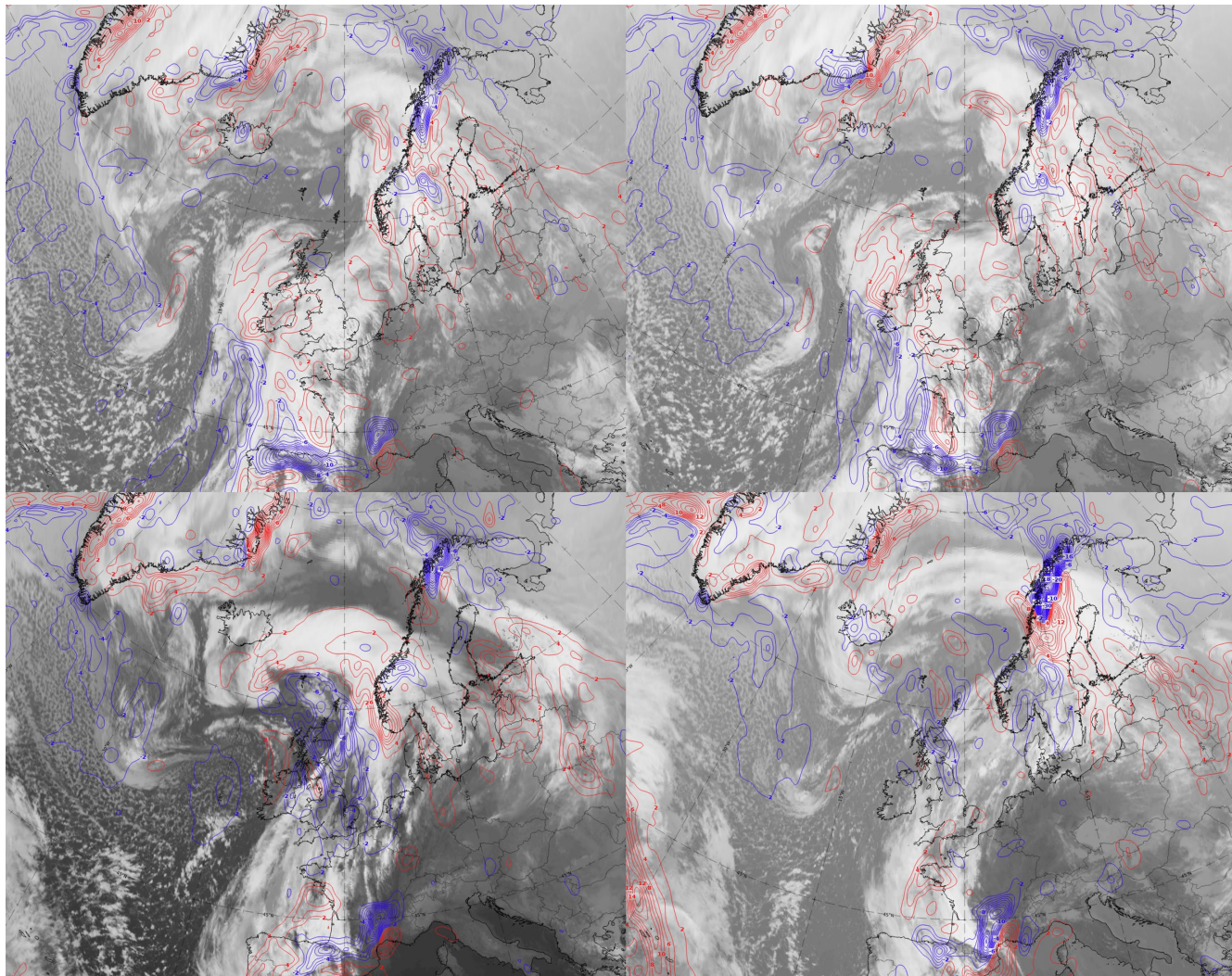
нижнє праве зобр.– 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

Основними характеристиками температурних полів 850 гПа в цьому демонстраційному випадку є:

- Чіткий поділ між теплим повітрям у фронтальних смугах хмар (червоний і пурпуровий кольори) і холодним повітрям (блакитний колір), а також фронтальна зона з високими градієнтами.
- Зростаюча опуклість теплового повітря, що супроводжує всі стадії – від стадії хвилі до стадії зрілості.
- Чіткість хмарних структур втрачається на стадії розсіювання.



20–21 лютого, 2021 р., зображення IR, температура при 850 гПа.



20–21 лютого 2021 р., зображення IR – температурна адвекція при 850 гПа.

Верхнє ліве зобр.– 9 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;

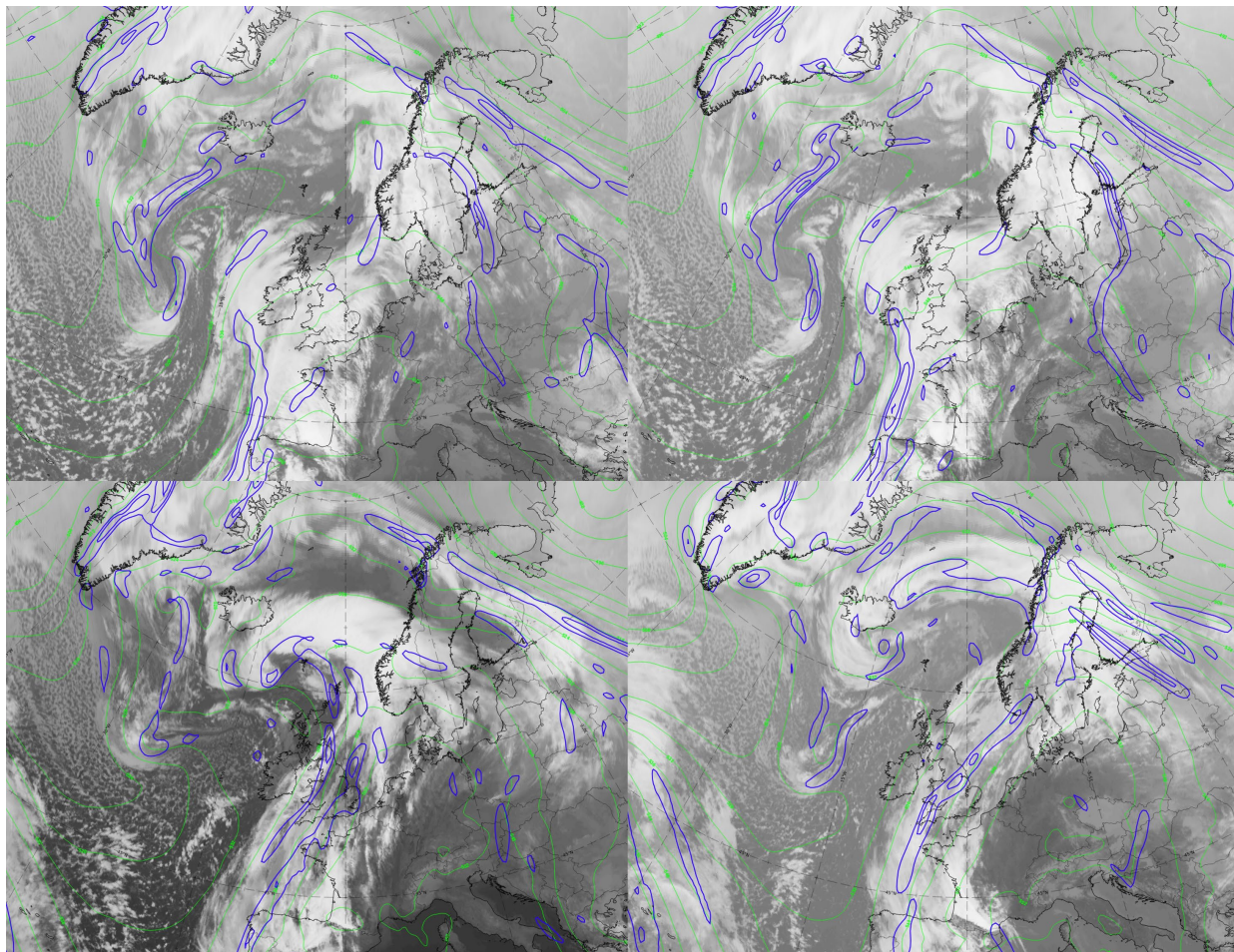
Верхнє праве зобр.– 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;

Нижнє ліве зобр.– 00 UTC 21 лютого 2021 р., стадія зрілості;

Нижнє праве зобр.– 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

Основними характеристиками параметра температурної адвекції в цьому демонстраційному випадку є:

- Зростаюча опуклість теплої адвекції, що супроводжує спіраль оклюзії, яку можна побачити в цьому випадку від стадії хвилі до стадії зрілості.
- Максимум холодної адвекції в центрі хмарної спіралі.
- На стадії розсіювання, максимумами температурної адвекції стають слабшими та менш виразними.



20–21 лютого 2021 р., зображення IR; товщина 500–1000 гПа (зелені лінії); Параметр Термічного Фронту (сині лінії).

Верхнє ліве зобр.– 9 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;

Верхнє праве зобр.– 12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;

Нижнє ліве зобр.– 00 UTC 21 лютого 2021 р., стадія зрілості;

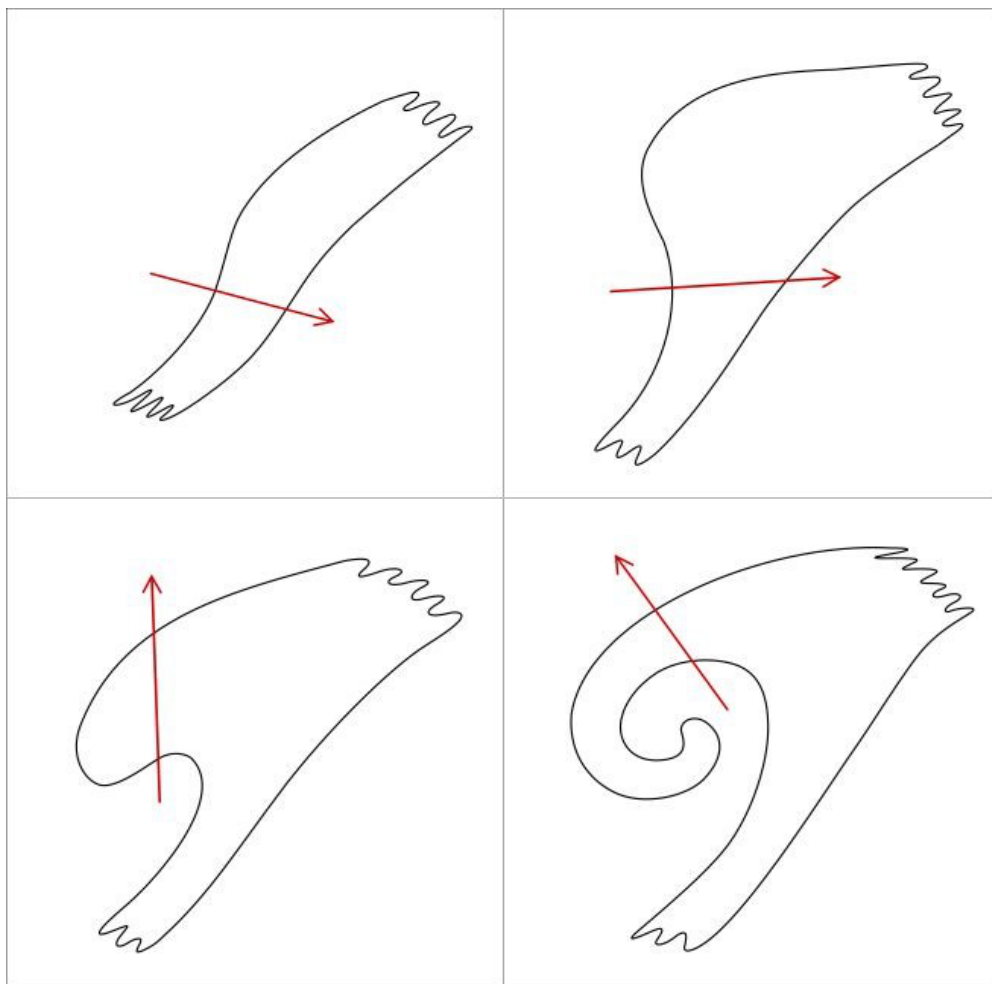
Нижнє праве зобр.–12 UTC 21 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

Основними характеристиками параметрів товщини та Параметра Термічного Фронту (TFP) у цьому демонстраційному випадку є:

- Зростання опуклості товщини в ділянці спіралі оклюзії від стадії хвилі до стадії зрілості. Це відповідає температурі 850 гПа.
- Формування чіткого фронтального паттерну холодного фронту, теплового фронту та оклюзійного фронту.

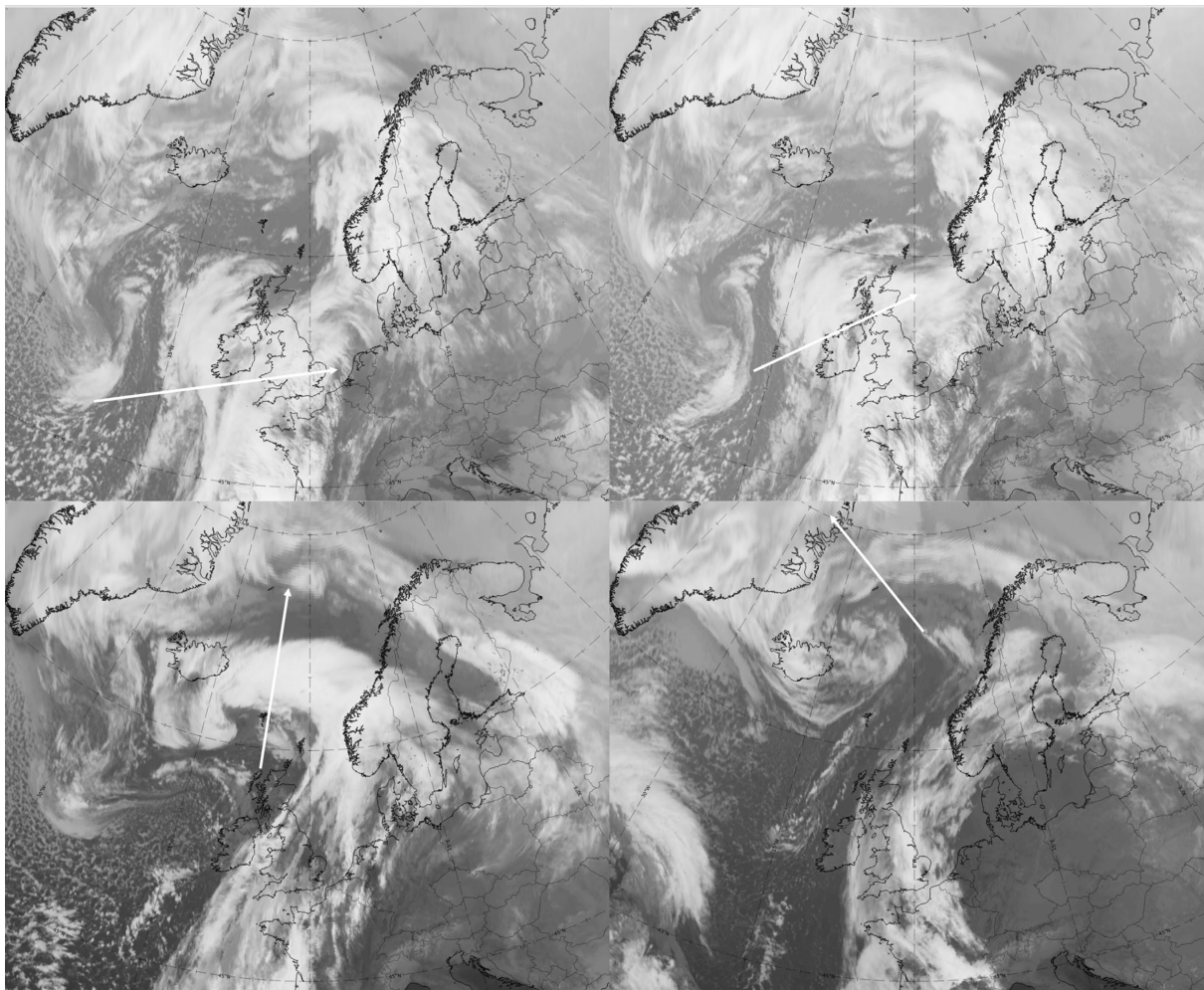
Типовий зовнішній вигляд у вертикальних поперечних перерізах атмосфери

Вертикальні поперечні перерізи дають дуже цікаве уявлення про процеси в усій тропосфері. Для дослідження циклогенезу їх найбільш зручно розташувати поперек смуг хмар і орієнтувати в напрямку руху хмарних систем. Наведена нижче схема показує загальний зв'язок між хмарними смугами та лінією вертикального поперечного перерізу на чотирьох стадіях розвитку циклогенезу типу полярного фронту.



Схеми конфігурацій хмар і типові розташування лінії вертикального перерізу.

Щоб продемонструвати схематично «ідеальний» вертикальний переріз, використовується той самий випадок, що й у попередніх розділах, з 20 по 22 лютого 2021 року. Однак, щоб найкраще проілюструвати стадію розсіювання, для представлення цього вибрано пізніший час.



20–22 лютого 2021, IR зображення, біла стрілка вказує на вертикальний поперечний переріз атмосфери.

Верхнє ліве зобр.– 9 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;

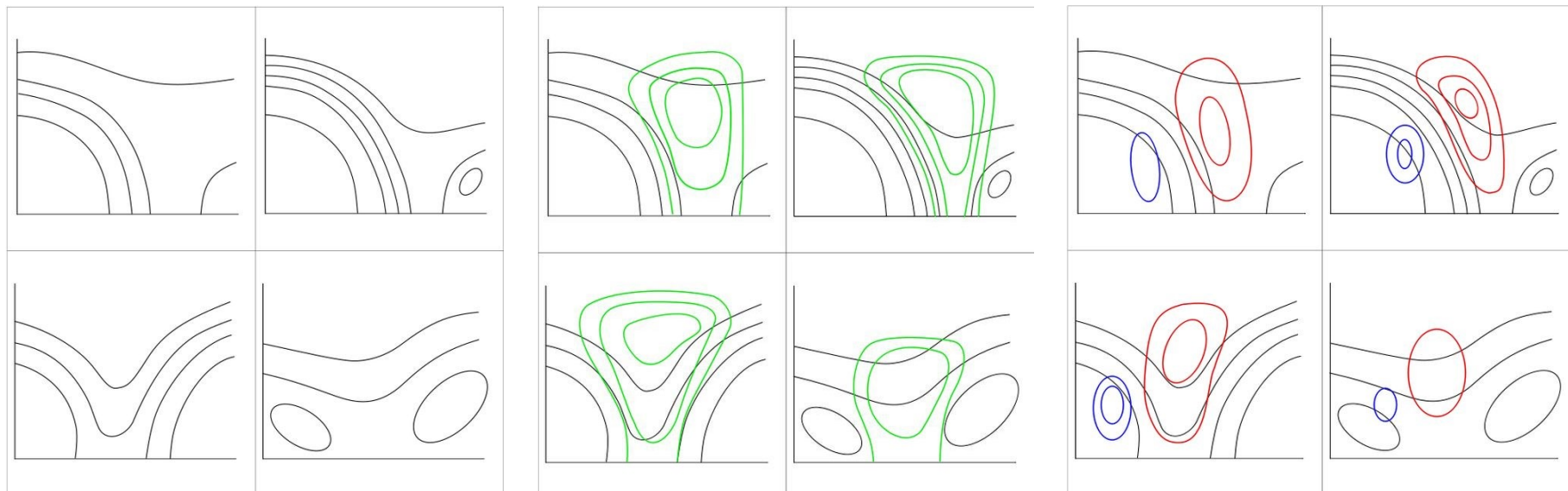
Верхнє праве зобр.– 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;

Нижнє ліве зобр.– 00 UTC 21 лютого 2021 р., стадія зрілості;

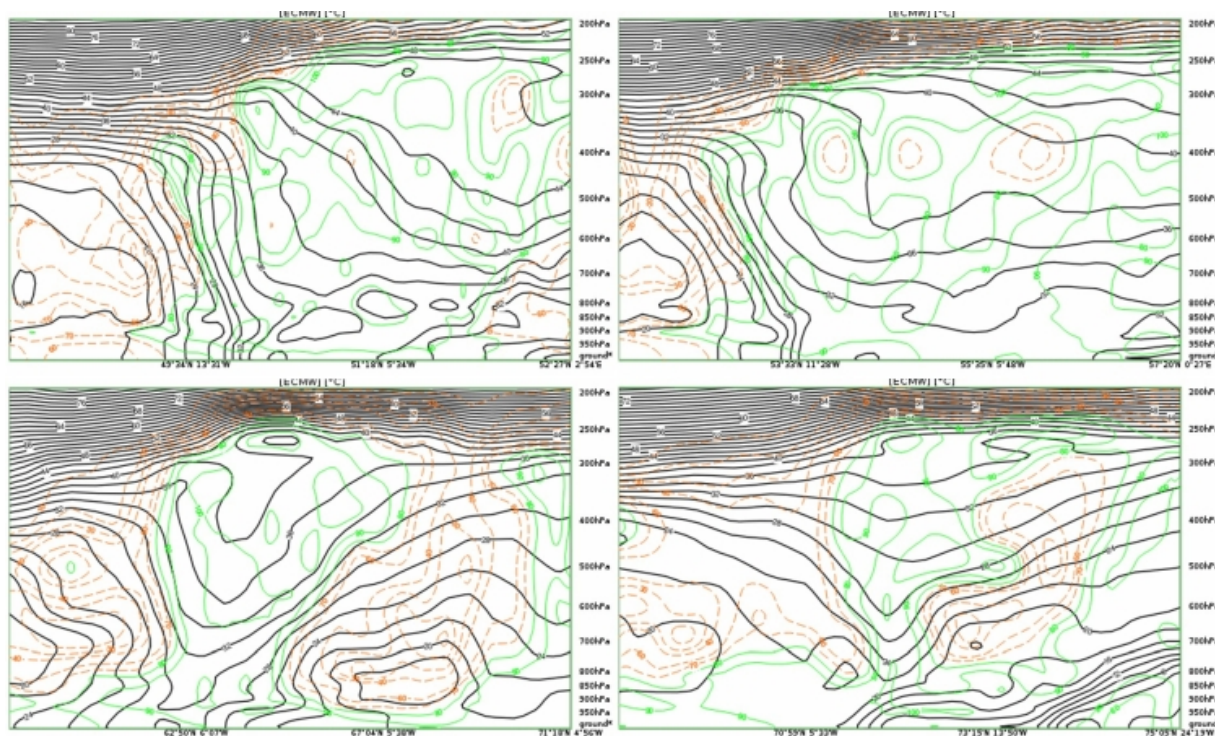
Нижнє праве зобр.– 00 UTC 22 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

Ідеальні конфігурації ключових параметрів у вертикальних перерізах

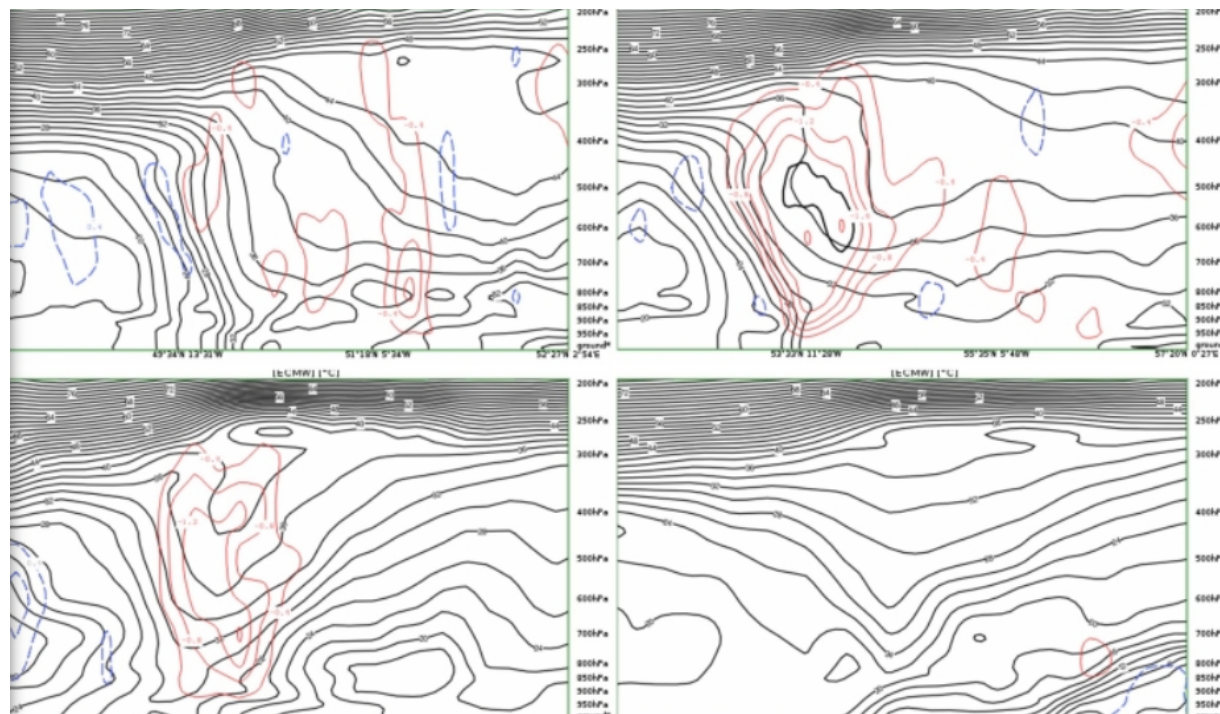
- **Еквівалентна потенційна температура, ThetaE: (вологі) ізентропи**
 - На хвильовій стадії вертикальний переріз демонструє типовий вигляд холодного фронту: ділянка з ущільненням ізентроп, з нестабільним холодним повітрям під фронтальною поверхнею.
 - На стадії інтенсифікації основні структури дуже схожі, але градієнт зростає.
 - Межі між двома повітряними масами спереду та ззаду смуги оклюзії можна розпізнати за фронтальними градієнтами.
- **Відносна вологість**
 - На всіх чотирьох стадіях розвитку, високі значення відносної вологості свідчать про щільну хмарність. На стадії хвилі та стадії інтенсифікації зона високої вологості вигинається назад на фронтальних поверхнях. У більшості випадків холодний фронт верхнього рівня також супроводжується високими значеннями відносної вологості.
- **Вертикальний рух (Омега)**
 - Хмарні смуги та спіралі супроводжуються сильним висхідним рухом. Особливо це стосується стадій зі спіралями оклюзії. На стадії розсіювання спочатку все ще існує сильний висхідний рух, але він стає все слабшим і слабшим до кінця цієї стадії.



Схеми параметрів ThetaE, відносної вологості та Омеги для чотирьох стадій розвитку.
Вологі ізентропи (чорні лінії); відносна вологість (зелені лінії); Омега (червоні та сині лінії).



20–22 лютого 2021, вертикальні розрізи, IR зображення; Ізентропи – чорні лінії, відносна вологість – зелені лінії;
 Верхнє ліве зобр.– 9 UTC 20 лютого 2021 р., стадія хвилі;
 Верхнє праве зобр.– 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;
 Нижнє ліве зобр. – 00 UTC 21 лютого 2021 р., стадія зрілості;
 Нижнє праве зобр. – 00 UTC 22 лютого 2021 року, стадія розсіювання.



20–22 лютого 2021, вертикальні розрізи, IR зображення;
висхідний рух (червоні лінії), низхідний рух (сині лінії).
 Верхнє ліве зобр.– 9 UTC 20 лютого 2021 р., стадія хвилі;
 Верхнє праве зобр.– 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;
 Нижнє ліве зобр. – 00 UTC 21 лютого 2021 р., стадія зрілості;
 Нижнє праве зобр. – 00 UTC 22 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

Типовими ознаками еквівалентної потенційної температури, відносної вологості, вертикального руху та їх змін, що спостерігаються у даному прикладі є:

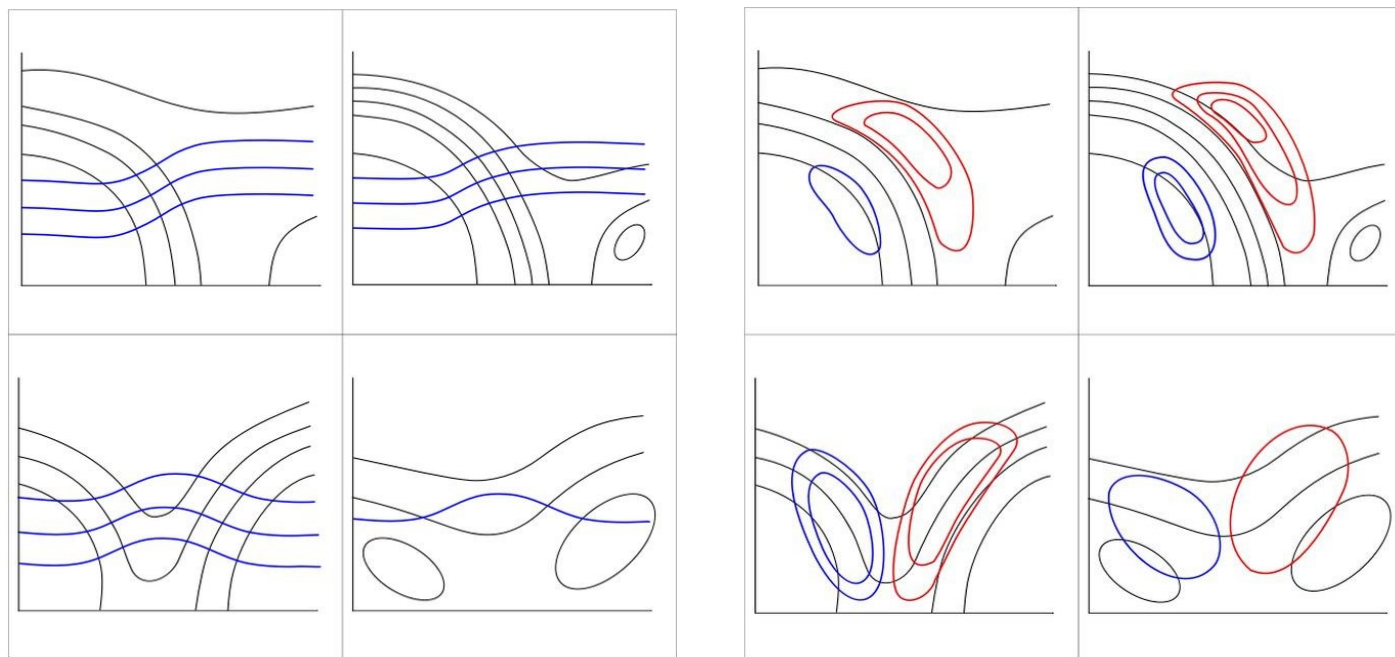
- Стадії хвилі та інтенсифікації показують типову низхідну зону високих градієнтів в ізентропах; досить широка фронтальна зона на стадії хвилі, що стає вузкою з різкішим градієнтом на стадії інтенсифікації.
- Висхідний рух сильно посилюється від стадії хвилі до стадії інтенсифікації.
- рріла стадія з добре розвиненою смугою оклюзії демонструє чітку ізентропічну улоговину, яка вказує на підняте тепле повітря, ця ізентропічна улоговина стає набагато меншою і вузкою на стадії розсіювання.
- Те саме стосується висхідного руху, який є дуже сильним на стадії зрілості та дуже слабким на стадії розсіювання.
- У той час як відносна вологість є високою в хмарних смугах протягом усіх етапів. Сухе повітря, типове для холодної області в тилу фронту, представлене низькими значеннями відносної вологості.

Температура

- Найбільш впізнаваною особливістю ізотерм є чітке підвищення фронтальної поверхні, типове для холодного фронту, як на стадії хвилі, так і на стадії інтенсифікації.

Температурна адвекція

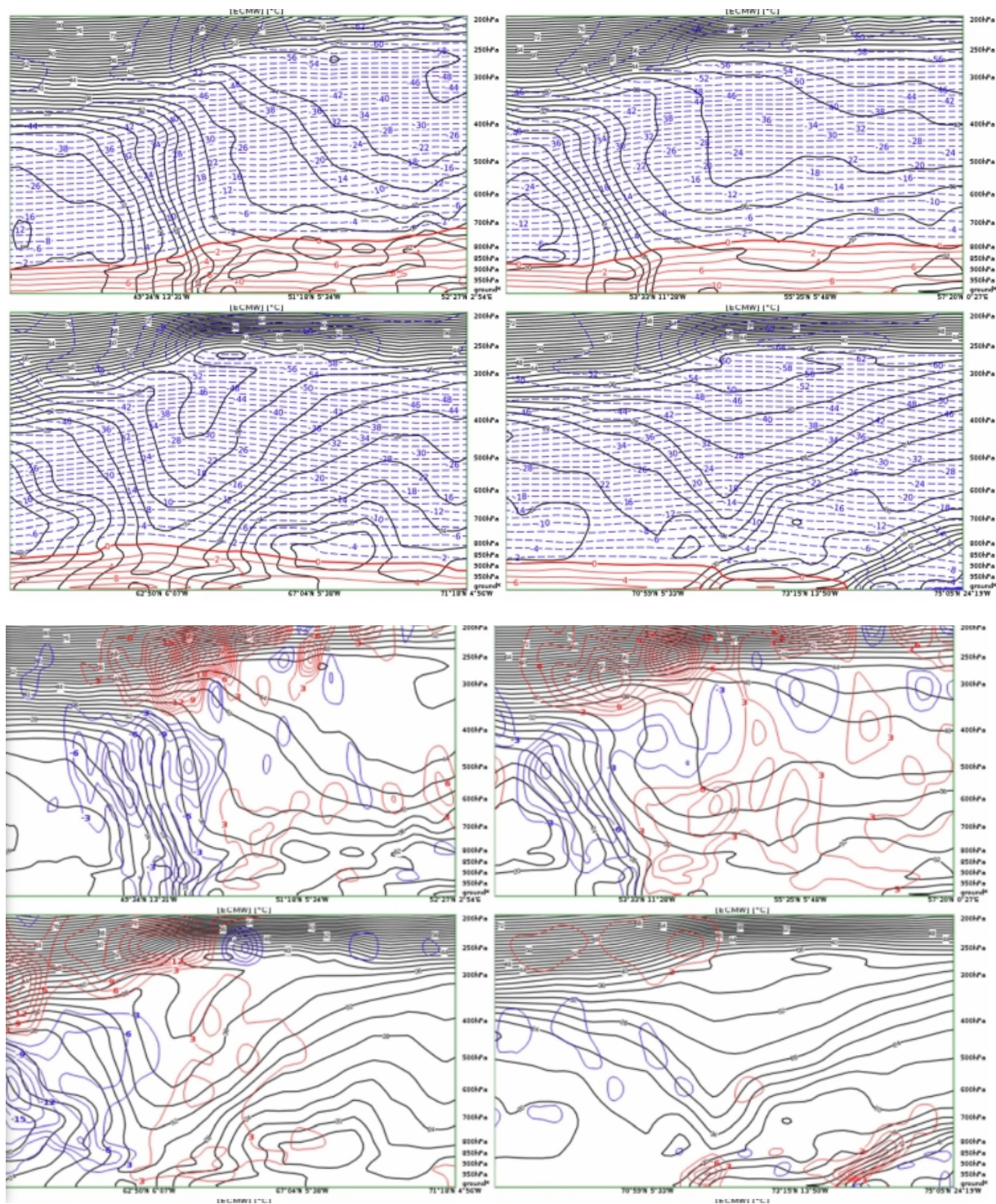
- На стадії хвилі та стадії інтенсифікації розподіл температурної адвекції – типовий для холодних фронтів: тепла адвекція в повітрі, що піднімається над фронтальною поверхнею, і холодна адвекція в повітрі, що опускається під фронтальною поверхнею.



Схеми температури та температурної адвекції для чотирьох стадій розвитку циклогенезу.

Зліва – вологі ізентропи (чорні лінії), температура при 850 гПа (сині лінії);

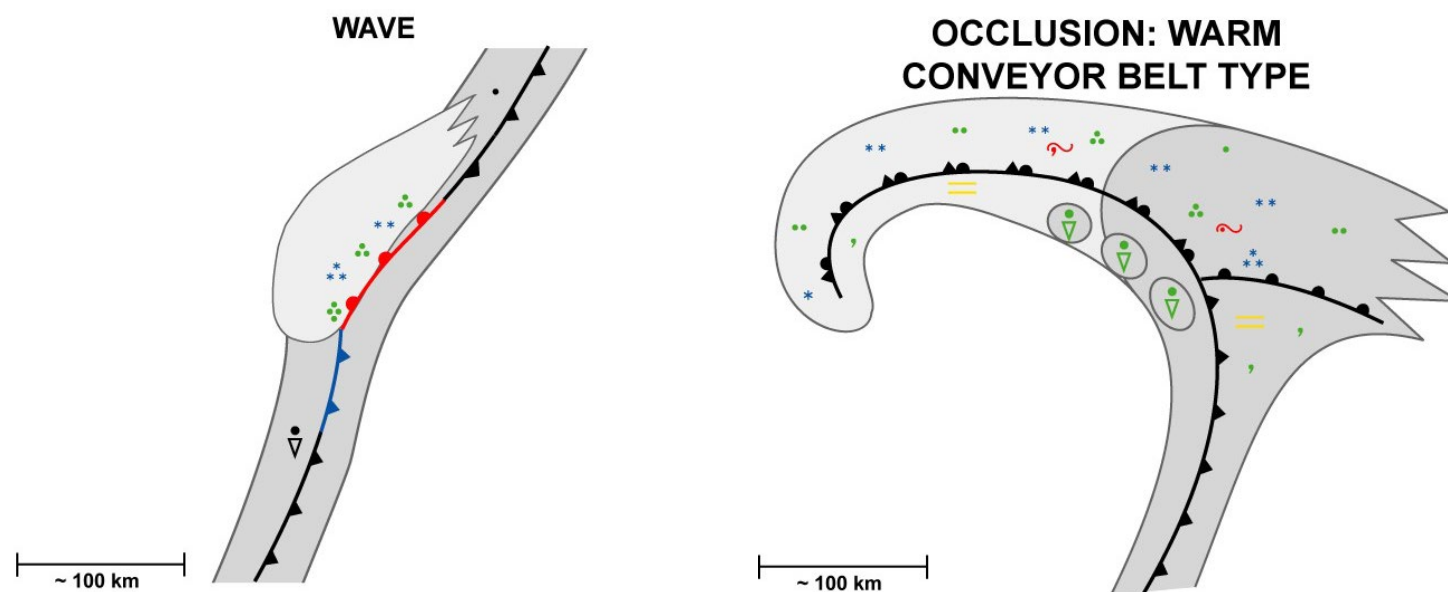
Справа: вологі ізентропи (чорні лінії), температурна адвекція при 850 гПа (тепла адвекція – червоний, холодна адвекція – синій колір).



20–22 лютого 202. Вертикальні перерізи, IR зображення; ізентропи – чорні лінії; температура при 850 гПа (сині лінії); температурна адвекція при 850 гПа (тепла адвекція червоний, холодна адвекція синій колір).

Верхнє ліве зображення – 9 UTC 20 лютого 2021 року, стадія хвилі;
 Верхнє праве зображення – 12 UTC 20 лютого 2021 року, стадія інтенсифікації;
 Нижнє ліве зображення – 00 UTC 21 лютого 2021 р., зріла стадія;
 Нижнє праве зображення – 00 UTC 22 лютого 2021 року, стадія розсіювання.

Синоптичні ситуації та явища

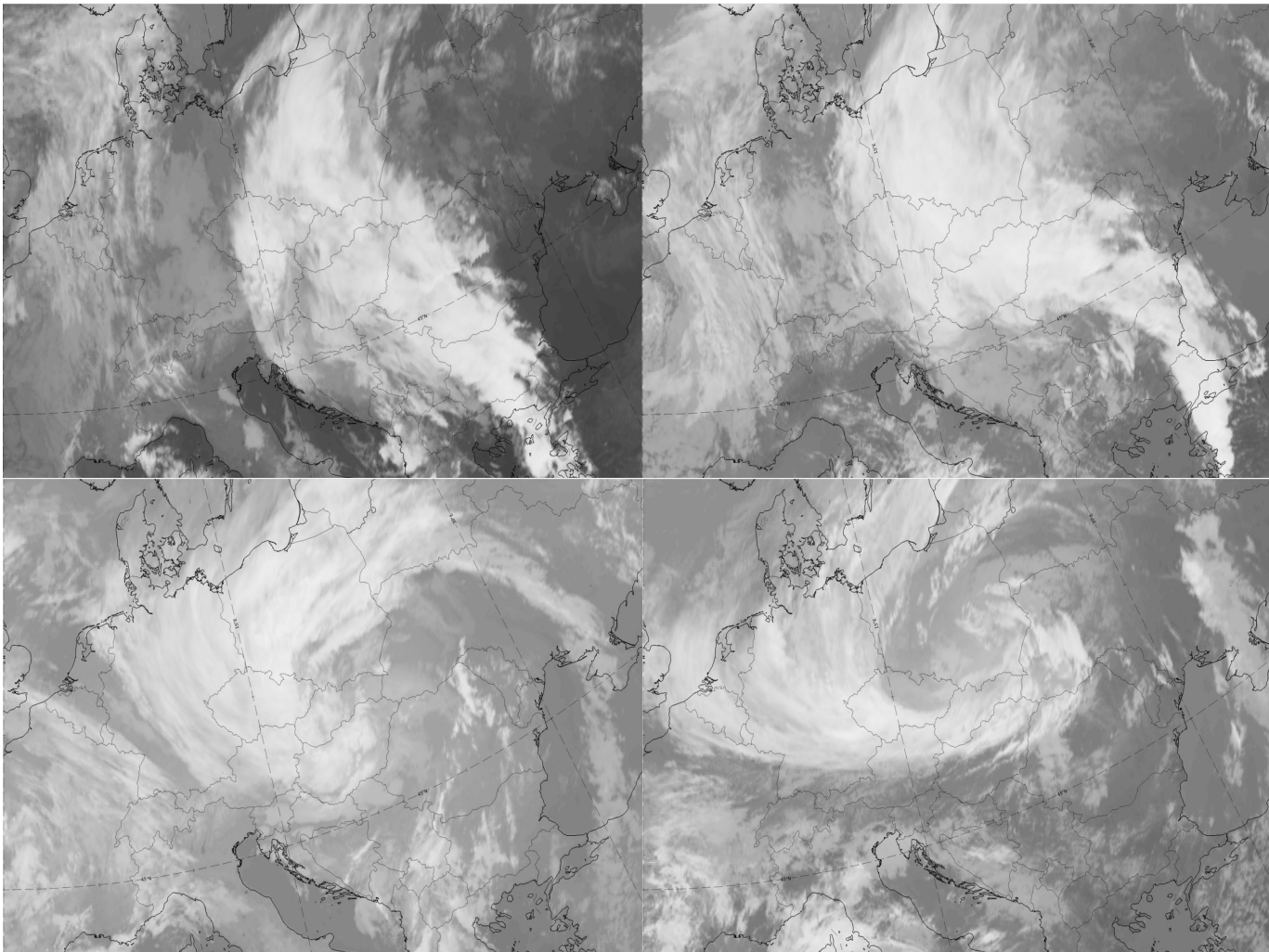


Синоптичні спостереження при: стадії хвилі циклогенезу (зліва); зрілій стадії циклогенезу (справа).

Проте можна зробити кілька тверджень про погодні явища та їх розвиток під час процесу циклогенезу:

- Весь процес циклогенезу та його конфігурації хмар є метеорологічно дуже активними, з інтенсивними опадами; в залежності від пори року спостерігається дощ або сніг.
- Зливові опади випадають переважно на ділянках холодного фронту і хвилі. Теплий фронт зазвичай супроводжується не зливовими опадами.
- Як правило, не зливовий дощ (або сніг) з'являється на ранніх стадіях циклогенезу, особливо на хвильовій стадії, тоді як зливові опади частіше з'являються на пізніх стадіях оклюзії, навколо точки оклюзії у внутрішній частині спіралі хмари.
- Інтенсивність дощу помітно зменшується від стадії зрілості до стадії розсіювання.

На наступній сторінці продемонстровано приклад випадку за 13–14 жовтня 2020 року.



13–14 жовтня 2020 р., IR зображення.

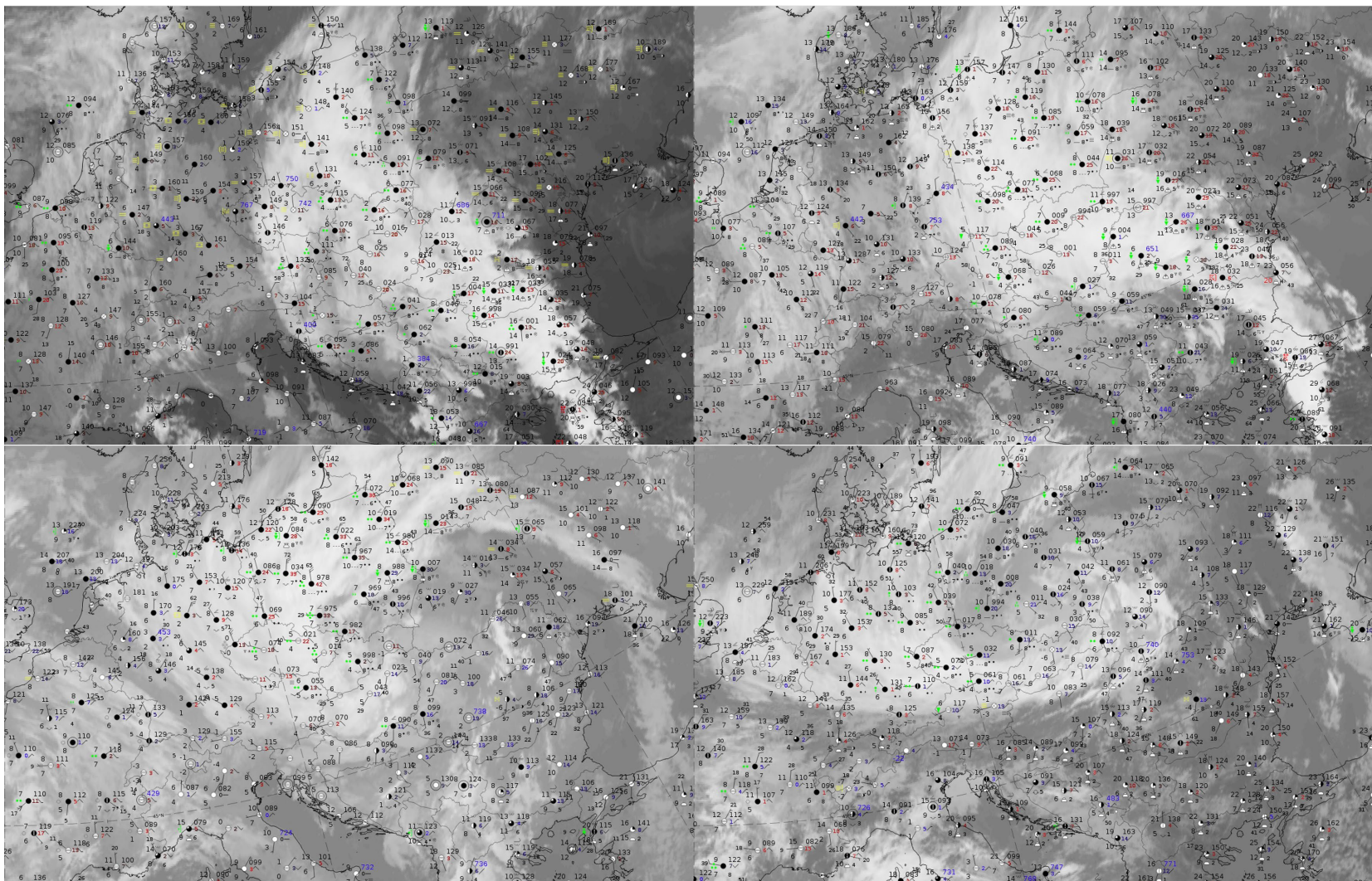
Верхнє ліве зображення – 06 UTC, 13 жовтня 2020 р., стадія хвилі;

Верхнє праве зображення – 12 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія інтенсифікації;

Нижнє ліве зображення – 00 UTC 14 жовтня 2020 р., зріла стадія;

Нижнє праве зображення – 12 UTC 14 жовтня 2020 р., стадія розсіювання.

Конфігурації хмарності на чотирьох стадіях циклогенезу дуже типові для циклогенезу типу полярного фронту. Вони демонструють виразну опуклість хмарності на стадії хвилі, яка посилюється до більш вираженої S-подібної форми на стадії інтенсифікації; яскраву оклюзійну хмарну спіраль на стадії зрілості та типове звуження оклюзійної хмарної спіралі на стадії розсіювання.



13-14 жовтня 2020, ; IR зображення + синоптичні спостереження.

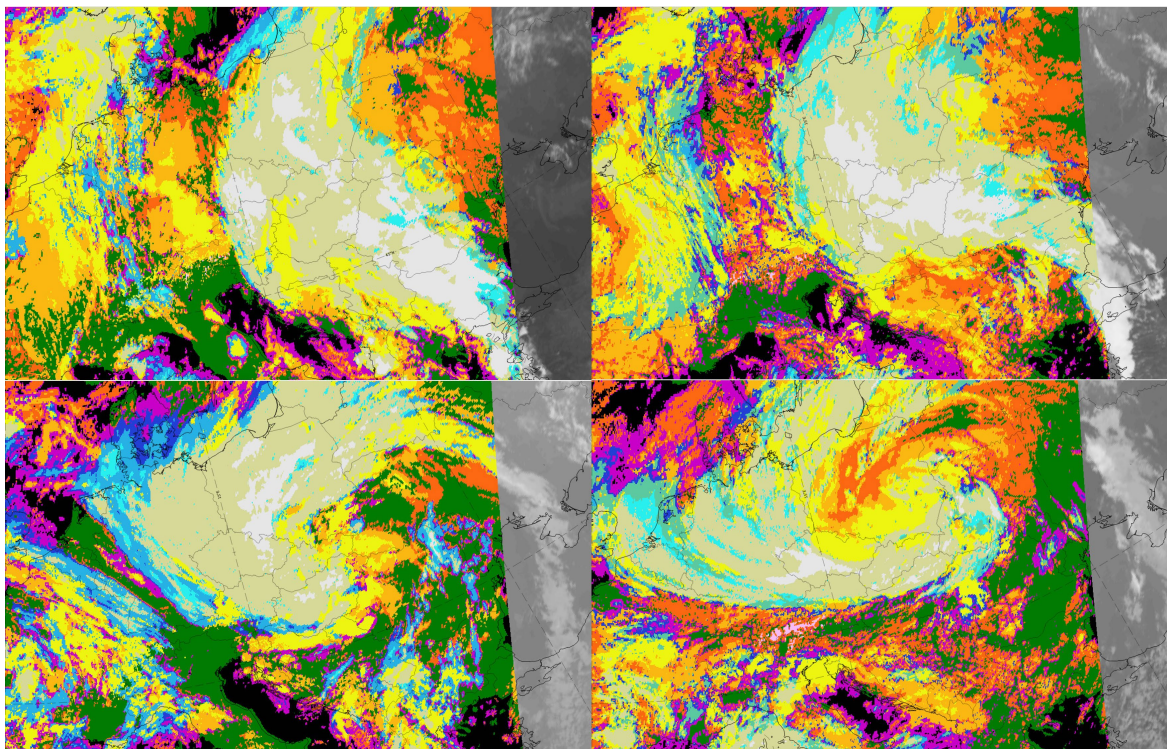
Верхнє ліве зображення – 06 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія хвилі;

Верхнє праве зображення – 12 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія інтенсифікації;

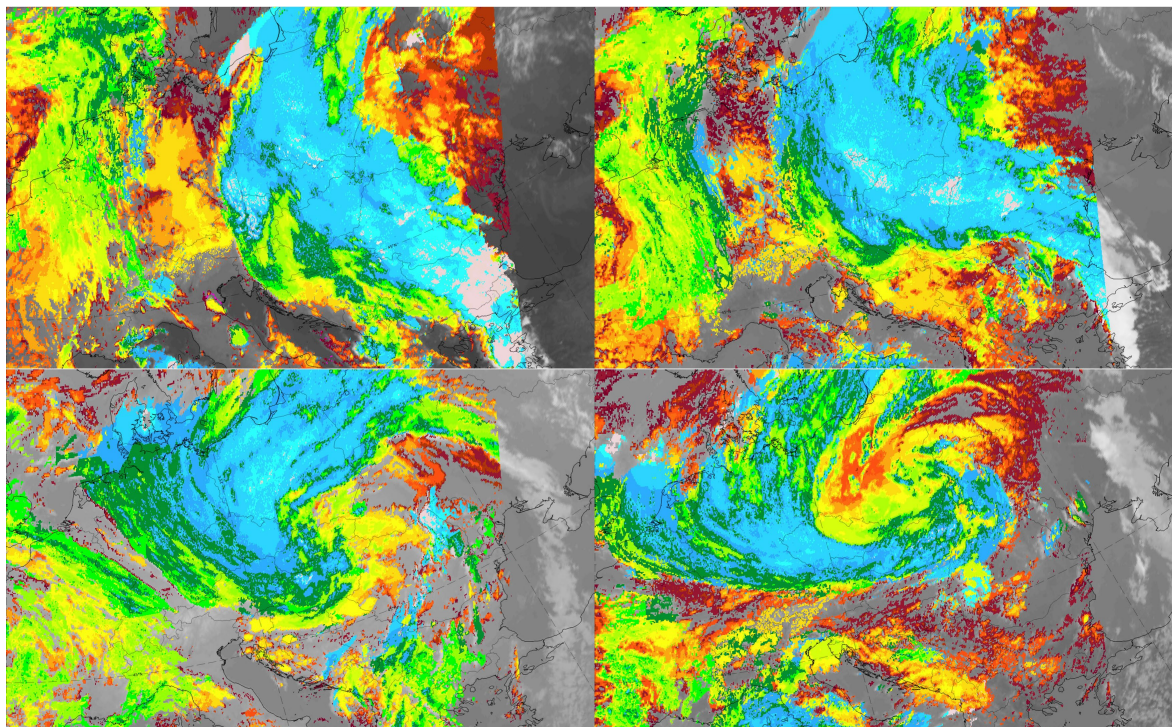
Нижнє ліве зображення – 00 UTC 14 жовтня 2020 р., зріла стадія;

Нижнє праве зображення – 12 UTC 14 жовтня 2020 р., етап розсіювання.

Усі чотири етапи супроводжуються сильними опадами, зокрема зливами. Зливи з'являються здебільшого в оклюзії на ранній стадії та у внутрішній частині спіралі хмари. Зріла стадія має найвищу інтенсивність дощу, тоді як зменшення інтенсивності чітко видно на стадії розсіювання.



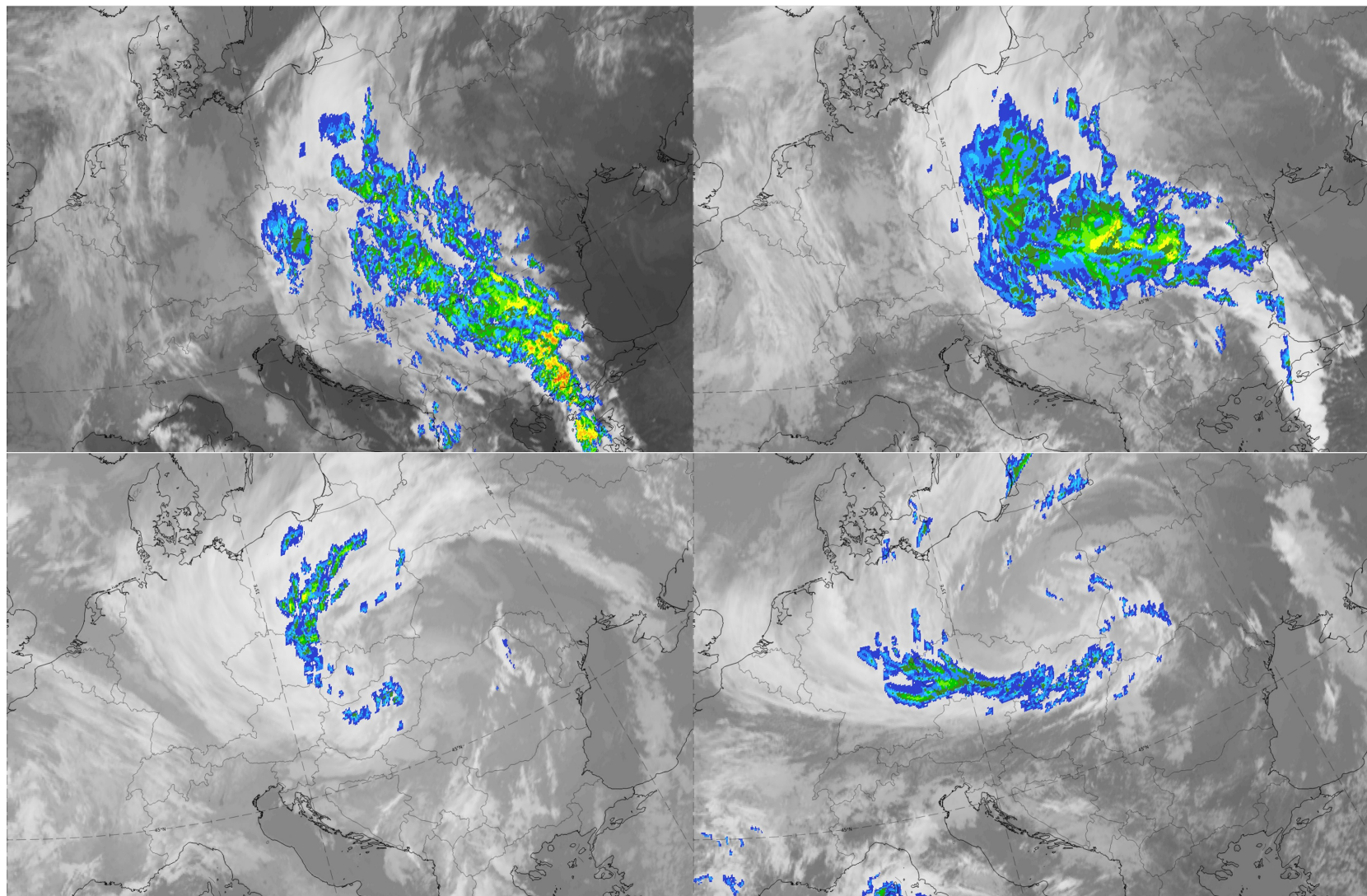
13–14 жовтня 2020, IR зображення; **Cloud Type від NWCSAF.**
 Верх. ліве зобр. – 06 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія хвилі;
 Верх. праве зобр. – 12 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія інтенсифікації;
 Ниж. ліве зобр. – 00 UTC 14 жовтня 2020 р., зріла стадія;
 Ниж. праве зобр. – 12 UTC 14 жовтня 2020 р., стадія розсіювання.



13–14 жовтня 2020, IR зображення; **Cloud Top Height від NWCSAF.**
 Верх. ліве зобр. – 06 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія хвилі;
 Верх. праве зобр. – 12 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія інтенсифікації;
 Ниж. ліве зобр. – 00 UTC 14 жовтня 2020 р., зріла стадія;
 Ниж. праве зобр. – 12 UTC 14 жовтня 2020 р., стадія розсіювання.

На всіх чотирьох стадіях циклогенезу, присутні високі та дуже високі непрозорі хмари. На стадії розсіювання з'являється більше ділянок з напівпрозорими масивними хмарами.

Вершини високих та дуже високих непрозорих хмар розташовані на висотах від 8000 до 10000 метрів. На «стадії інтенсифікації» є деякі невеликі ділянки з дуже високими хмарами, вершини яких досягають 12000 метрів.



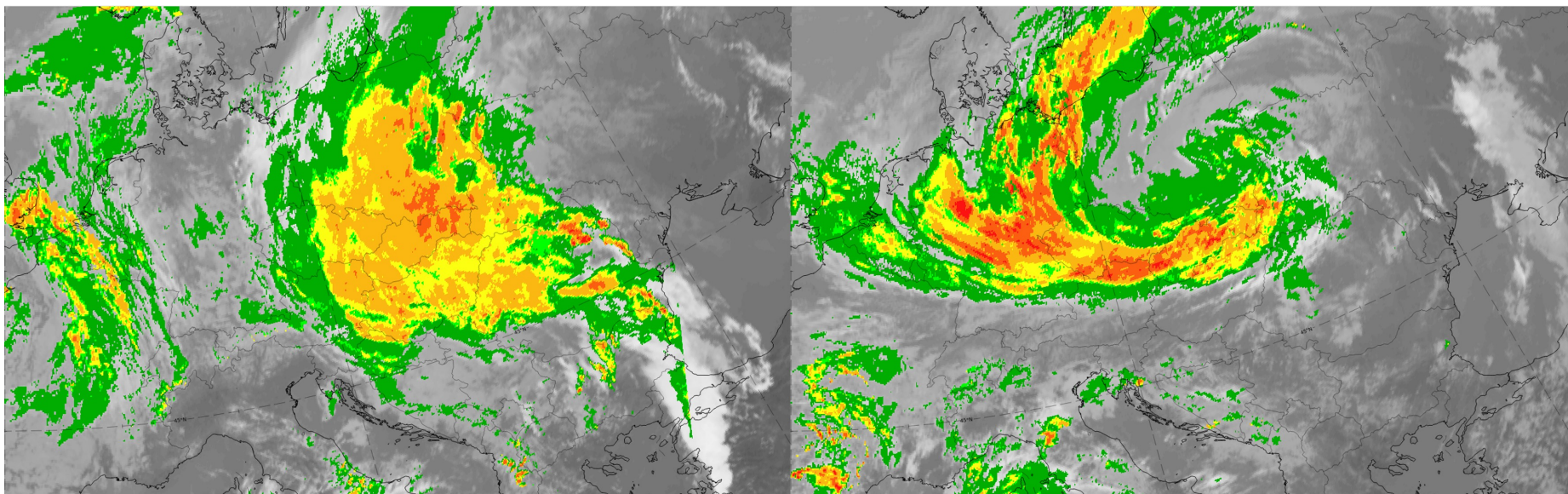
13–14 жовтня 2020, IR зображення; **Convective Rainfall Rate від NWCSAF.**

Верх. ліве зобр. – 06 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія хвилі;

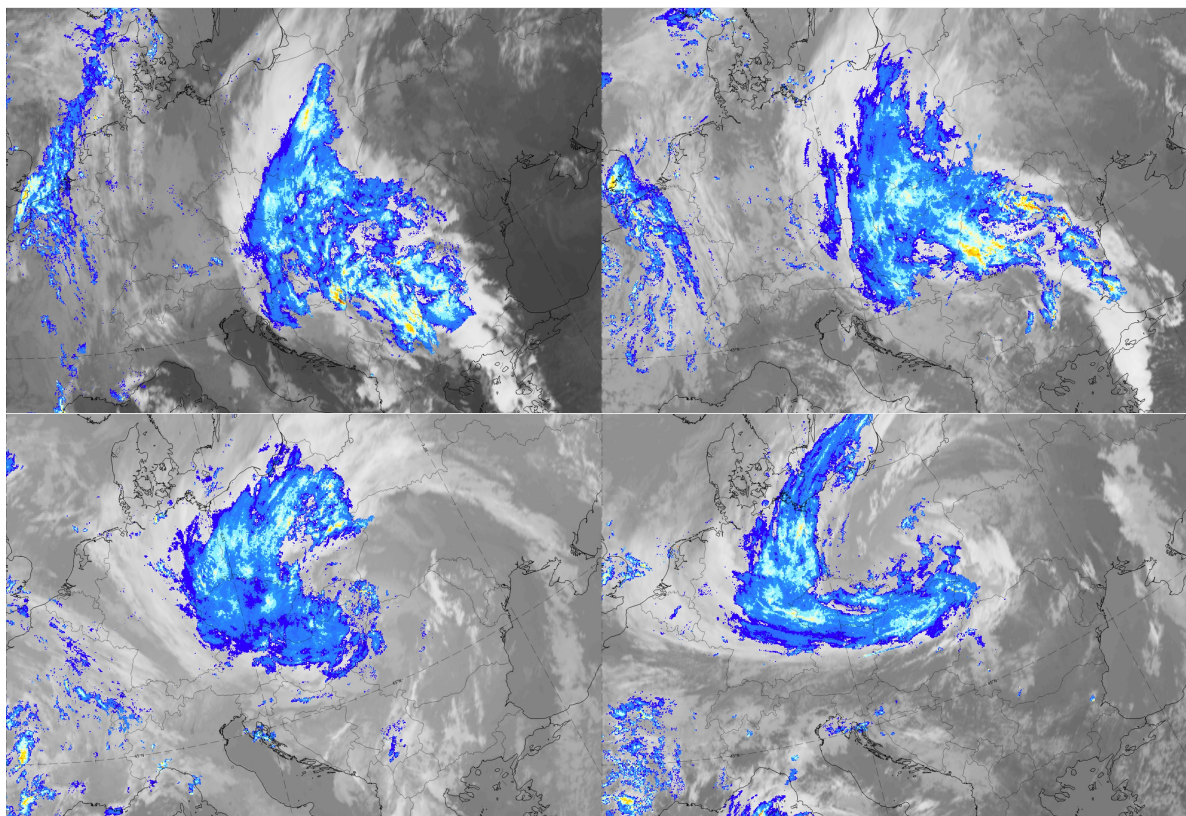
Верх. праве зобр. – 12 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія інтенсифікації;

Ниж. ліве зобр. – 00 UTC 14 жовтня 2020 р., зріла стадія;

Ниж. праве зобр. – 12 UTC 14 жовтня 2020 р., стадія розсіювання.



13–14 жовтня 2020 р., зображення R Precipitating Clouds from NWCSAF. Ліве зобр. – 12 по 13 жовтня 2020 р., стадія інтенсифікації; праве зобр. – 12 UTC 14 жовтня 2020 р., стадія розсіювання.



13–14 жовтня 2020 р., зображення IR + дані Opera Radar.
Верх. ліве зобр. – 06 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія хвилі;
Верх. праве зобр. – 12 UTC 13 жовтня 2020 р., стадія інтенсифікації; Ниж. ліве зобр. – 00 UTC 14 жовтня 2020 р., зріла стадія;
Ниж. праве зобр. – 12 UTC 14 жовтня 2020 р., стадія розсіювання.

Опади відображаються за такими трьома параметрами:

- Convective rainfall rate – Оцінка конвективних опадів від NWCSAF
- Precipitating clouds – Опадові хмари від NWCSAF
- Radar intensity from the Opera Radar System – Радарна інтенсивність від Opera Radar System.

Продукт "Опадові хмари від NWCSAF" найкраще відображає **незливові опади**, продукт "Оцінка конвективних опадів від NWCSAF" добре відслідковує саме **зливові опади**, тоді як Opera Radar System не відрізняє ці два типи опадів.

Найбільші площі опади охоплюють саме на стадіях хвилі та інтенсифікації. На цих стадіях конвективний дощ з'являється більше в області переходу між холодним фронтом і хвилею. На стадії з оклюзією, стадії зрілості та розсіювання, інтенсивність опадів зменшується в цілому, а конвективні опади концентруються у внутрішній частині спіралі оклюзії.