

Циклон Шапіро–Кейзера

Зміст

- 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

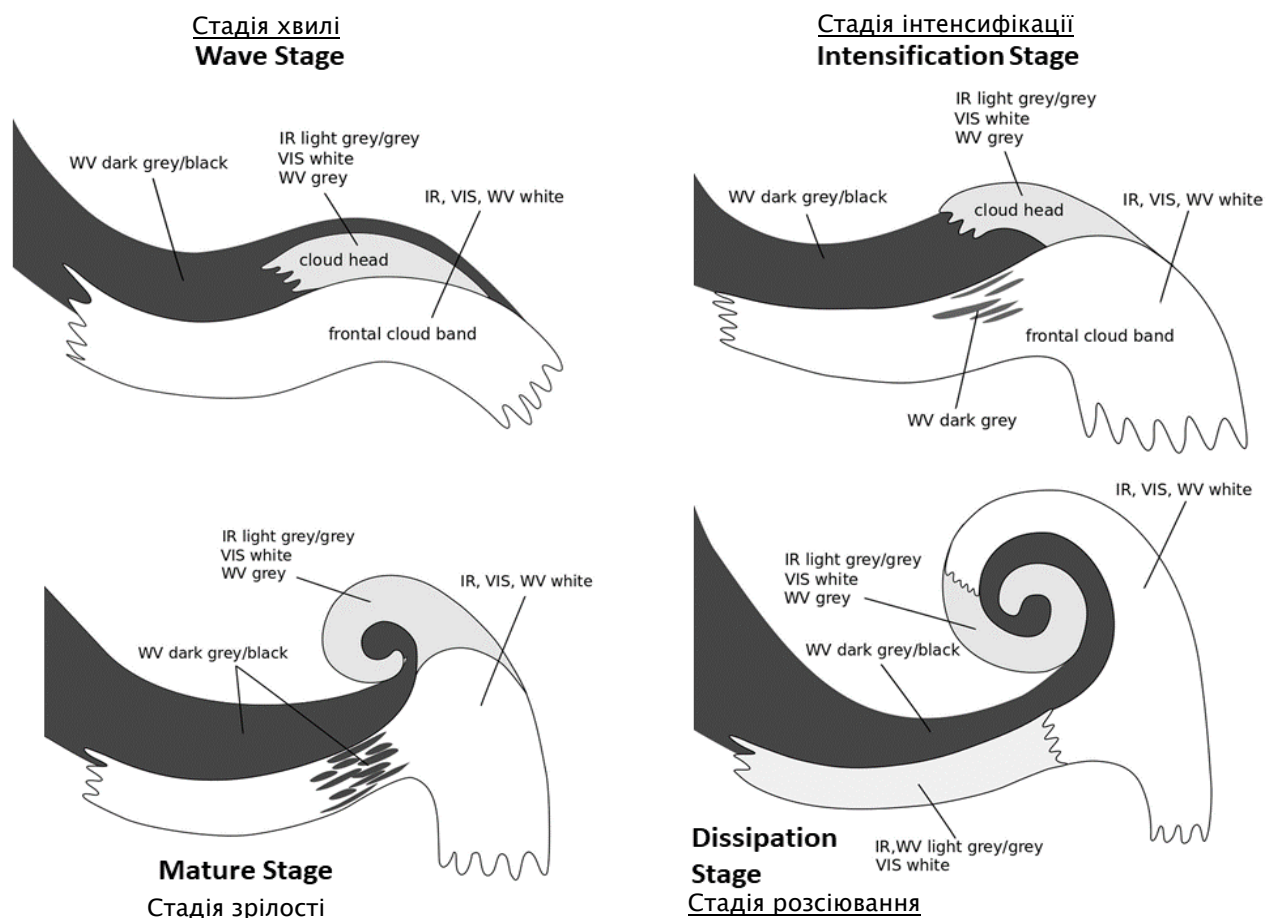
Циклони Шапіро–Кейзера найчастіше спостерігаються над океанами. Життєвий цикл циклону Шапіро–Кейзера суттєво відрізняється від циклону норвезького типу. Ця різниця менш очевидна, дивлячись на супутникові знімки, але вона стає більш очевидною при перегляді параметрів чисельних моделей, які відображають поточні фізичні процеси. Ці відмінності найбільш виражені під час етапів інтенсифікації та зрілості

Циклони Шапіро–Кейзера часто демонструють швидкий розвиток і сильне поглиблення приземних улоговин, з цієї причини вони часто відповідають критерію швидкого циклогенезу. Коли поглиблення приземної улоговини протягом 24 годин перевищує заданий поріг, вони класифікуються як швидкий циклогенез. Цей поріг залежить від географічного положення системи.

Щоб описати життєвий цикл циклону Шапіро–Кейзера, ми використовуємо ті ж чотири еволюційні етапи, що й для циклону норвезького типу:

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

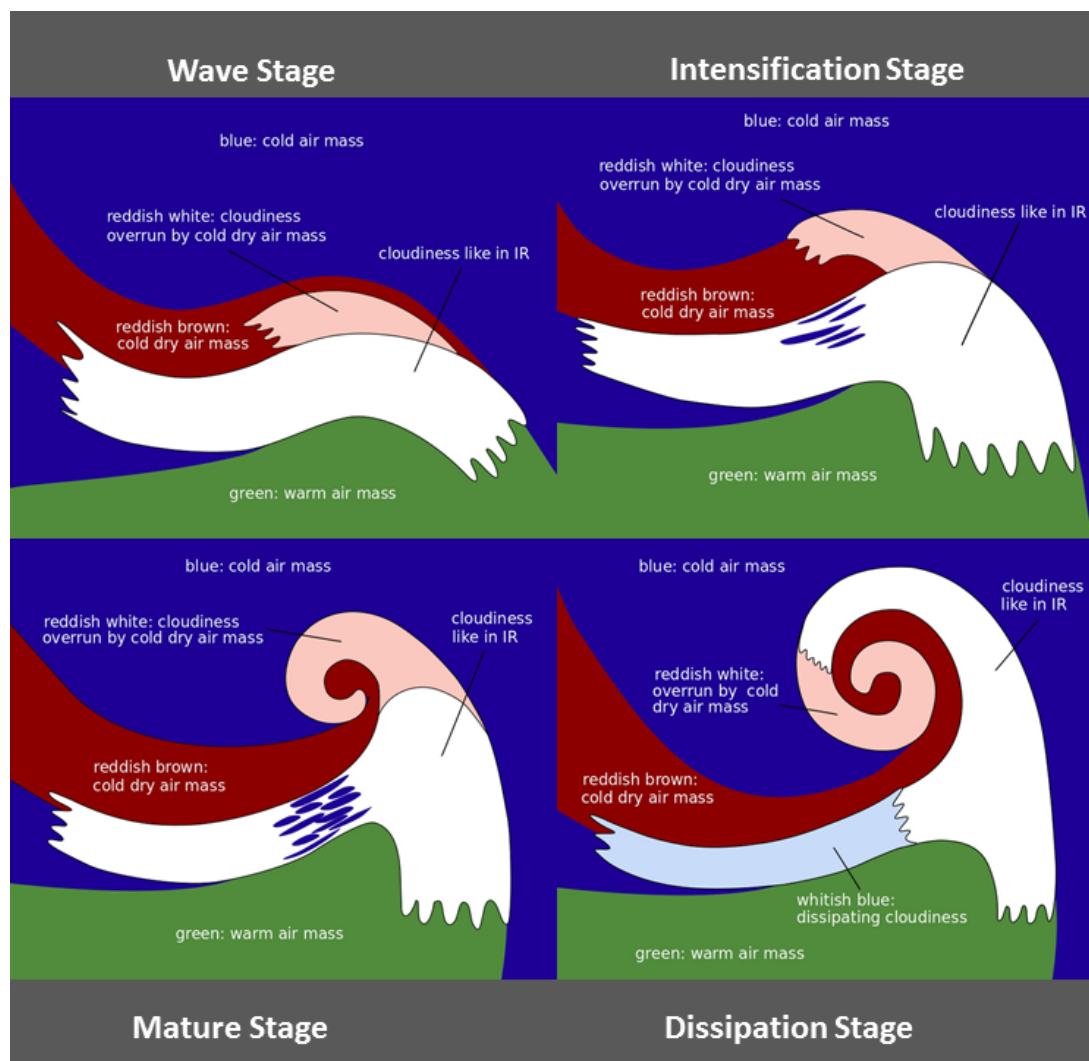
Однак у цьому посібнику відправною точкою є супутникові зображення, і оскільки повітряні маси на початковій стадії циклогенезу часто є вільними від хмар або супроводжується довільно розташованими хмарами без будь-якої типової структури, – то схеми та випадки, що представляють процес циклогенезу, починатимуться в даному посібнику з хвильової стадії, де хмарні системи вже демонструють більш організовану структуру та можуть бути належним чином ідентифіковані на супутникових зображеннях.



Схеми етапів розвитку циклону Шапіро–Кейзера, як зображено в каналах SEVIRI IR 10,8 мкм, WV 6,2 мкм і HR-VIS.

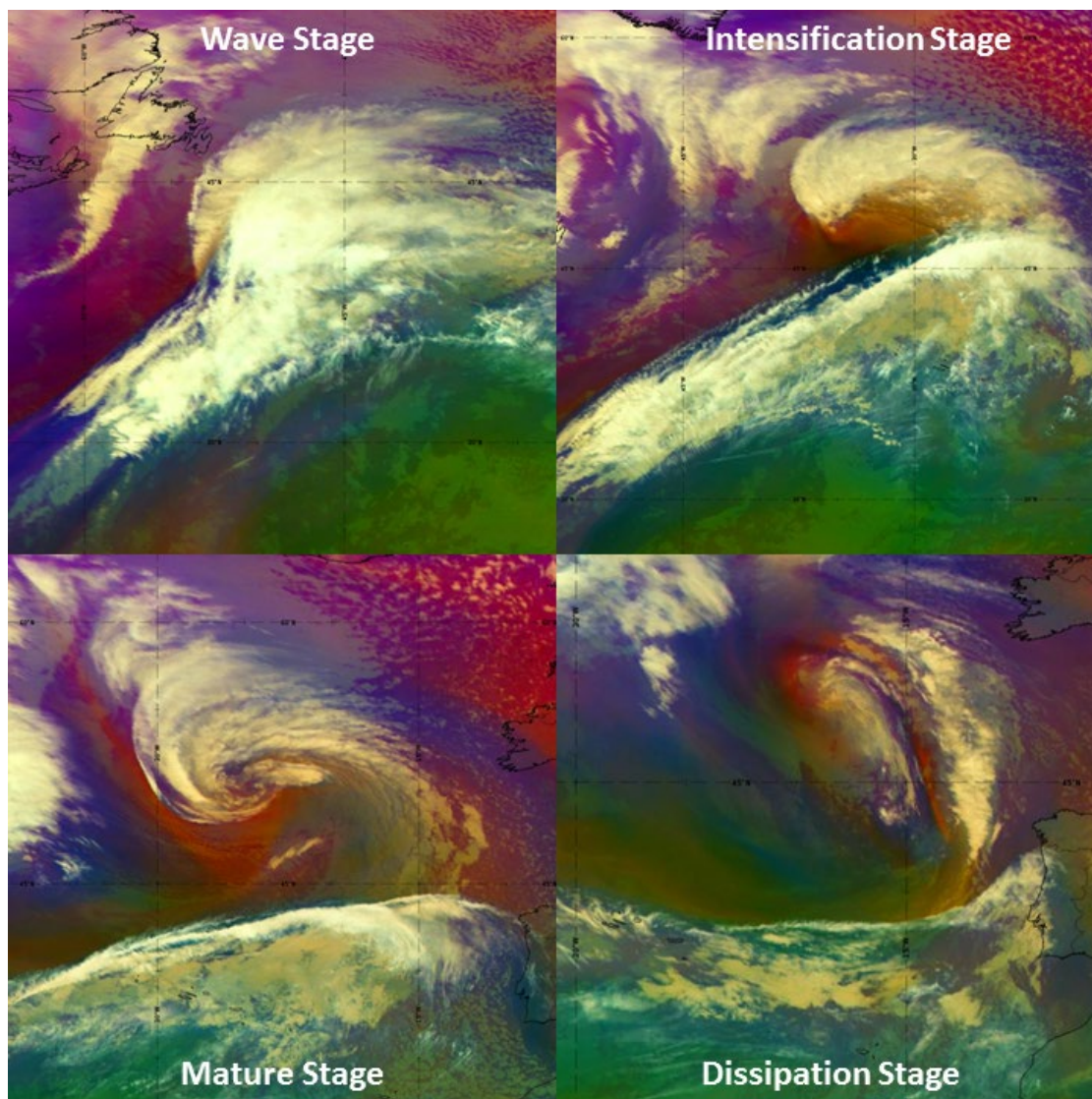
Зовнішній вигляд на зображеннях Airmass RGB:

- Композитним зображенням, яке найкраще представляє процес циклогенезу Шапіро–Кейзера, є Airmass RGB.
- Червонувато–коричневі кольори відмічаються в холодному повітрі за холодним фронтом. Вони являють собою сухі повітряні маси, що опускаються. Вони часто розташовані поряд із струминним потоком.
- фронтальні смуги хмар зображені білим кольором, якщо їх не перебиває суха інтрузія. У цьому випадку вони мають червонувато–білий колір.
- Холодні повітряні маси зазвичай представлені синіми тонами, тоді як тепліші, тропічні повітряні маси зображені зеленим.



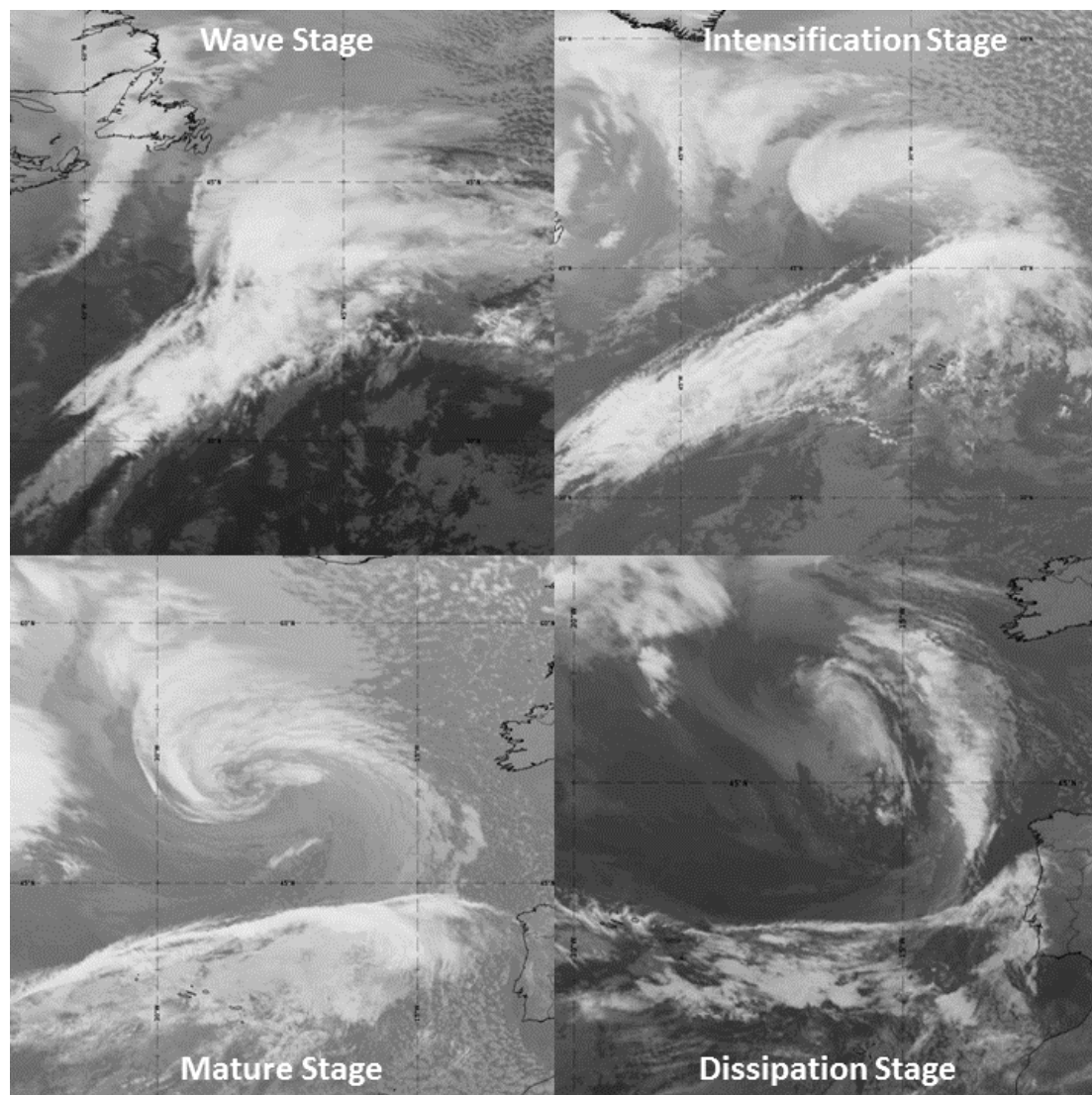
Схеми етапів розвитку циклону Шапіро–Кейзера на зображеннях Airmass RGB.

У період з 2 по 4 березня 2022 року над Атлантичним океаном утворився циклон Шапіро-Кейзера.



2-4 березня 2022 р., зображення Airmass RGB.

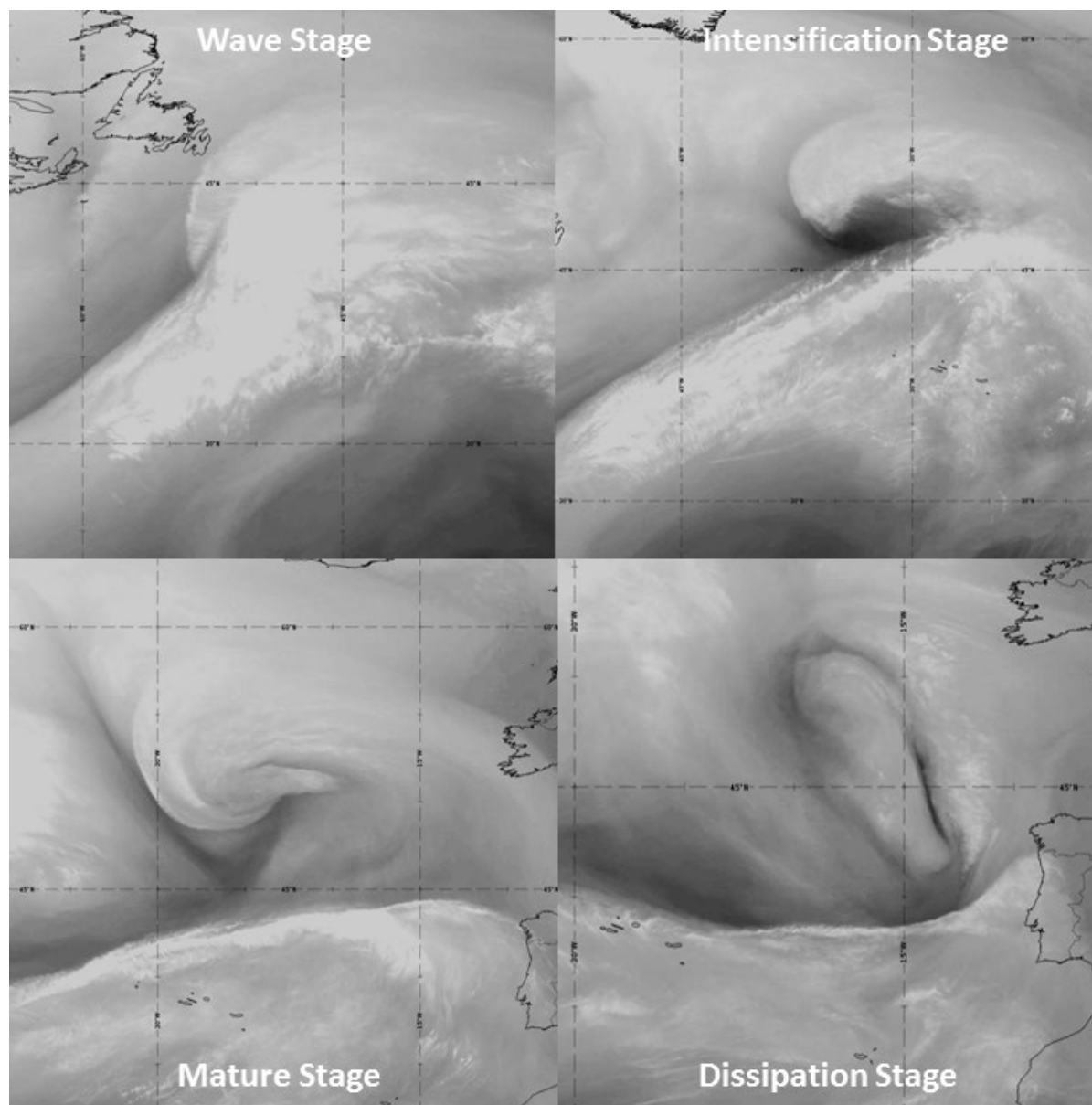
Стадія хвилі – 2 березня 2022 р. о 21:00 UTC; стадія інтенсифікації – 3 березня 2022 р. о 18:00 UTC;
зріла стадія – 4 березня 2022 р. о 09:00 UTC; стадія розсіювання – 4 березня 2022 р. о 21:00 UTC.



2-4 березня 2022 р., зображення IR 10,8 мкм.

Стадія хвилі – 2 березня 2022 р. о 21:00 UTC; стадія інтенсифікації – 3 березня 2022 р. о 18:00 UTC;
зріла стадія – 4 березня 2022 р. о 09:00 UTC; стадія розсіювання – 4 березня 2022 р. о 21:00 UTC.

IR-смуга 10,8 мкм показує розвиток хмарної смуги, схожої на оклюзію (фактично теплий фронт) навколо теплового ядра системи Шапіро-Кейзера. Хмарні волокна можна побачити на задній стороні холодного фронту, що вказує на положення струменя.



2-4 березня 2022 р., зображення WV 6,2 мкм.

Стадія хвилі – 2 березня 2022 р. о 21:00 UTC; стадія інтенсифікації – 3 березня 2022 р. о 18:00 UTC;
зріла стадія – 4 березня 2022 р. о 09:00 UTC; стадія розсіювання – 4 березня 2022 р. о 21:00 UTC.

Зображення WV 6,2 мкм показують сухі повітряні маси, що опускаються (темні області) за холодним фронтом і обертаються навколо теплового ядра системи Шапіро-Кейзера. Під час стадії інтенсифікації, сухе вторгнення є найсильнішим у вільному від хмар проміжку між холодним фронтом і основною масою хмарності.

Метеорологічні фізичні основи

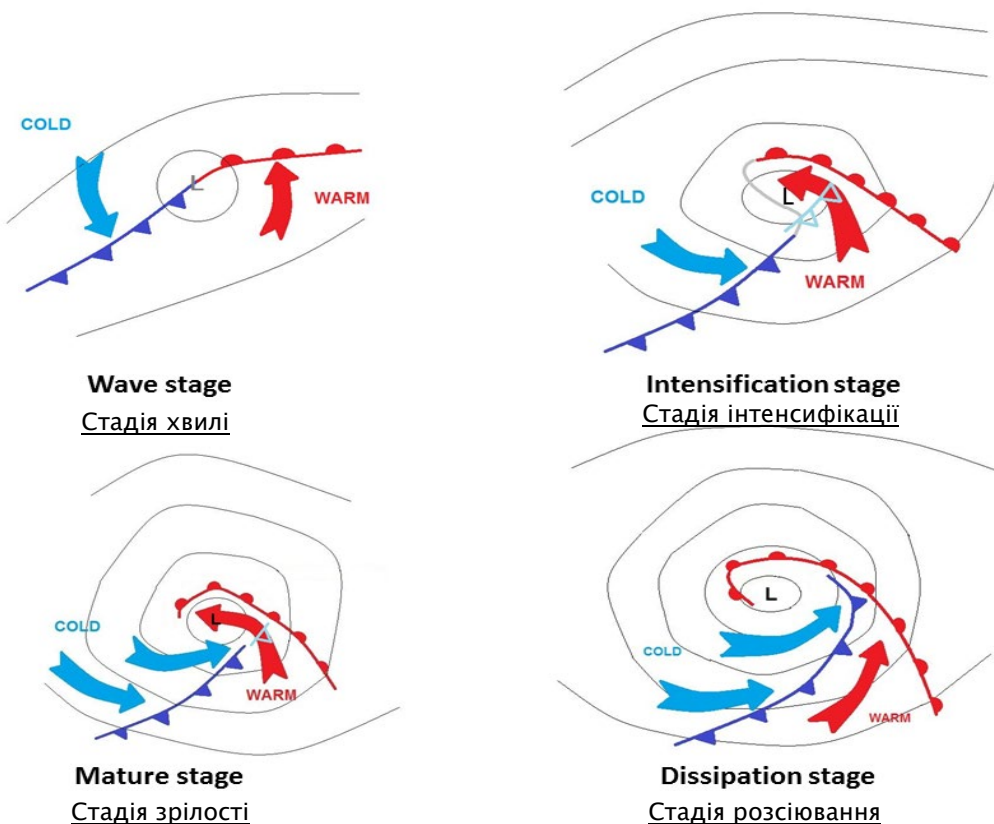
На відміну від типу норвезького циклону, де зображення холодного та теплого фронтів можна звести до двовимірного ескізу, для повного розуміння фізичних процесів, пов'язаних із циклонами Шапіро–Кейзера, потрібна тривимірна перспектива. Зокрема, важливо розрізняти висотні та приземні фронти. Під час еволюції циклонів Шапіро–Кейзера, висотні холодні фронти чітко відокремлюються від своїх приземних аналогів. Це є важливою складовою розвитку та еволюції циклону Шапіро–Кейзера.

Детальний фронтальний аналіз моделі циклону Шапіро–Кейзера

У норвезькій моделі циклону, яка є описом рухомих повітряних мас, холодний фронт наздоганяє теплий фронт під час еволюційного процесу. Тепле повітря обертається навколо холодного ядра системи, одночасно піднімаючись.

Циклони Шапіро–Кейзера, навпаки, мають тепле ядро, і процес наздоганяння не відбувається, принаймні до фази розсіювання. Отже, оклюзії не відіграють великої ролі в еволюційному процесі – для опису цього типу циклону достатньо холодних і теплих фронтів.

Щоб описати життєвий цикл циклону Шапіро–Кейзера, ми використовуємо ті ж чотири еволюційні стадії, що й для норвезького циклону: **стадія хвилі, стадія інтенсифікації, зріла стадія, стадія розсіювання (дисипації).**

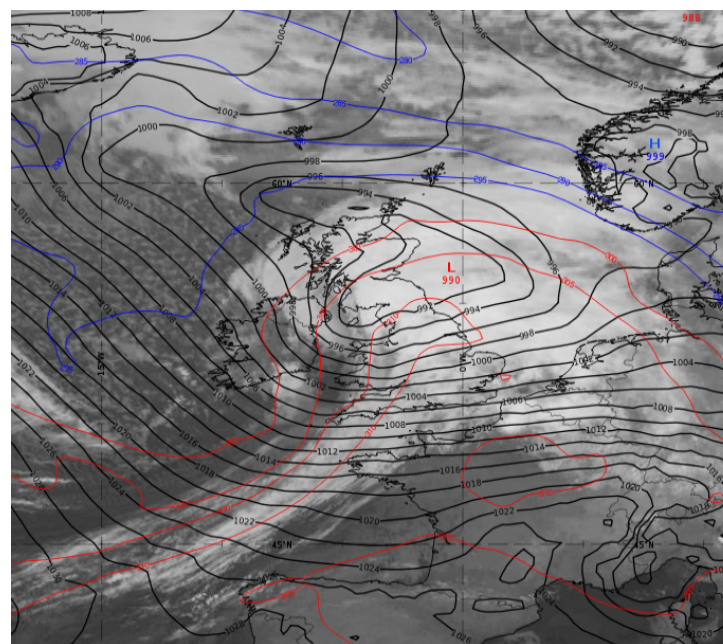
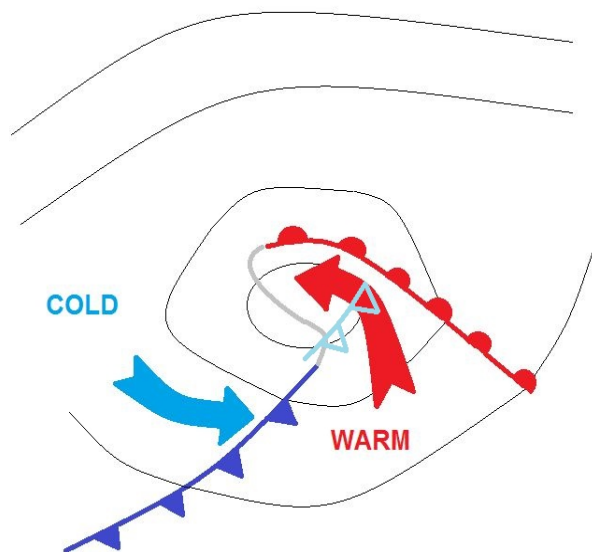


Чотири етапи в еволюції циклону Шапіро–Кейзера, від стадії хвилі до стадії розсіювання.

Стадія інтенсифікації

На стадії інтенсифікації починають проявлятися основні відмінності між норвезькою моделлю циклону та моделлю Шапіро–Кейзера. Тоді як для норвезького циклону теплий сектор починає звужуватися, залишаючи центр циклону в холодному повітрі, ми бачимо, що центр циклону Шапіро–Кейзера вторгається теплим повітрям на нижчих рівнях, з розривом (фронтальним розломом), що відкривається між холодом і теплим фронтом. Теплий фронт починає обертатися навколо мінімуму тиску, відмежовуючи тепле ядро від навколишніх холодних повітряних мас. Насправді холодний і теплий фронт все ще з'єднує неактивна межа повітряних мас, яка зазвичай не наноситься на синоптичні карти. Ця межа повітряних мас часто демонструє слабший температурний градієнт, ніж холодний фронт (див. сіру лінію на малюнку 2 нижче).

Оскільки виступ теплого повітря в основному відбувається в атмосфері від низьких до середніх рівнів, верхня частина холодного фронту над виступом залишається недоторканою та зберігається як висотний холодний фронт (див. світло-блакитний холодний фронт на схемі нижче).



Зліва: схема холодного та теплового приземного фронту під час фази інтенсифікації. Сіра лінія показує холодний фронтальний злам.

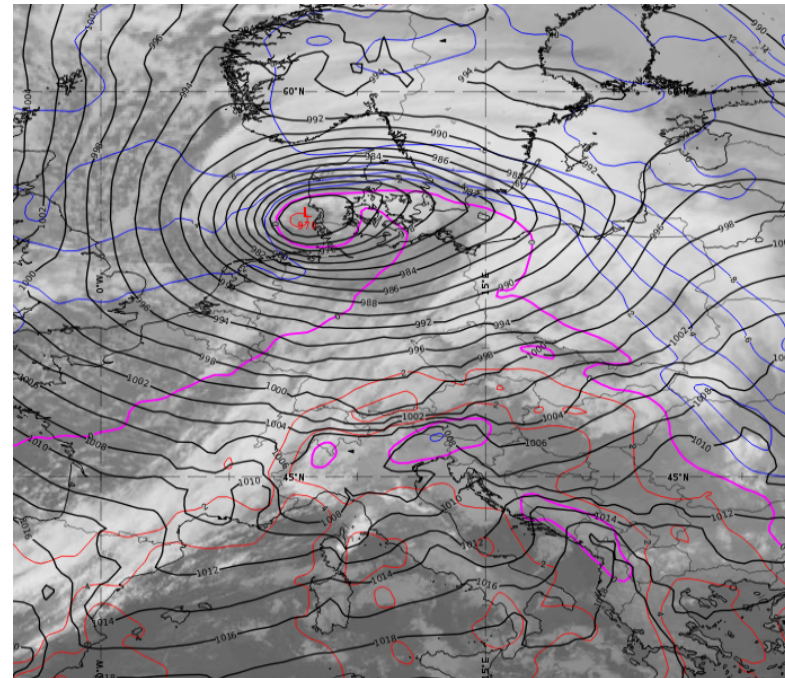
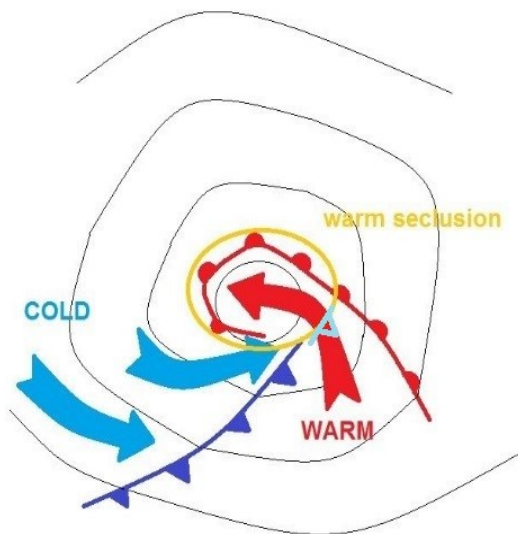
Справа: R-зображення 10,8 мкм від 30 листопада 2021 року о 21:00 UTC. Середній приземний тиск (чорні лінії) і ThetaE при 700 гПа (сині та червоні ізолінії).

Стадія зрілості

Під час стадії зрілості, тепле ядро циклону Шапіро–Кейзера відокремлюється від теплого сектора холодними повітряними масами, що просуваються з тилу холодного фронту (див. схеми нижче). Теплий фронт навколо теплового ядра посилюється, а холодний фронтальний злам стає вужчим.

Виступ холодного повітря (сині стрілки на схемі нижче) починається на вищих рівнях і викликається струменевою смугою. Суха інтрузія поступово впливає на нижчі рівні атмосфери і, отже, сприяє просуванню холодного фронту в напрямку теплового фронту. Надходження більш теплих повітряних мас з теплового сектора в ядро системи поступово припиняється.

Теплий і холодний фронт утворюють прямий кут, так звану Т-подібну структуру, характерну для циклонів Шапіро–Кейзера. Оклюзії на цій стадії циклогенезу немає.



Зліва: положення холодного і теплового фронтів на стадії зрілості. Червоними та синіми стрілками позначено наступ повітряних мас.

Справа: IR-зображення 10,8 мкм від 1 грудня 2021 року о 15:00 UTC. Середній приземний тиск (чорні лінії) і температура при 850 гПа (сині та пурпурові ізолінії).

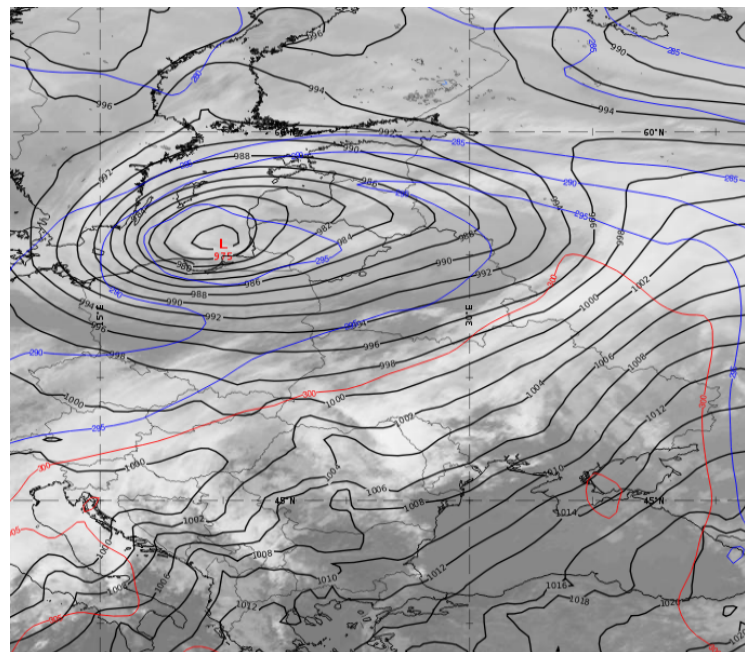
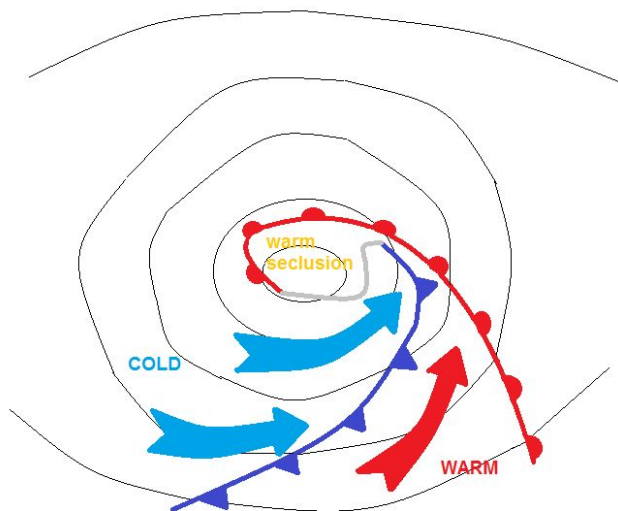
Стадія розсіювання (дисипації)

Фаза розсіювання циклону Шапіро–Кейзера характеризується:

- Збільшенням поверхневого тиску в ядрі системи;
- Відокремленням теплим ядром;
- Холодний фронт приєднується до теплого фронту;
- Послаблення теплого фронту навколо теплового ядра.

Під час стадії розсіювання холодне повітря, що виступає з-за холодного фронту, обертається навколо теплового ядра циклону Шапіро–Кейзера. Тепле ядро циклону розташоване в полярній повітряній масі, і температурний градієнт до цієї навколишньої холоднішої повітряної маси зменшується.

Старіючі циклони Шапіро–Кейзера слідує за фізичними процесами, типовими для норвезьких циклонів, такими як злиття теплого та холодного фронтів з утворенням оклюзії. Це випадок, коли холодне повітря з-за холодного фронту обертається навколо теплового ядра. Згодом холодний фронт з'єднується з теплим фронтом і утворює оклюзію.



Зліва: схема холодного та теплого приземного фронту під час фази розсіювання. Червоними та синіми стрілками позначено наступ повітряних мас.

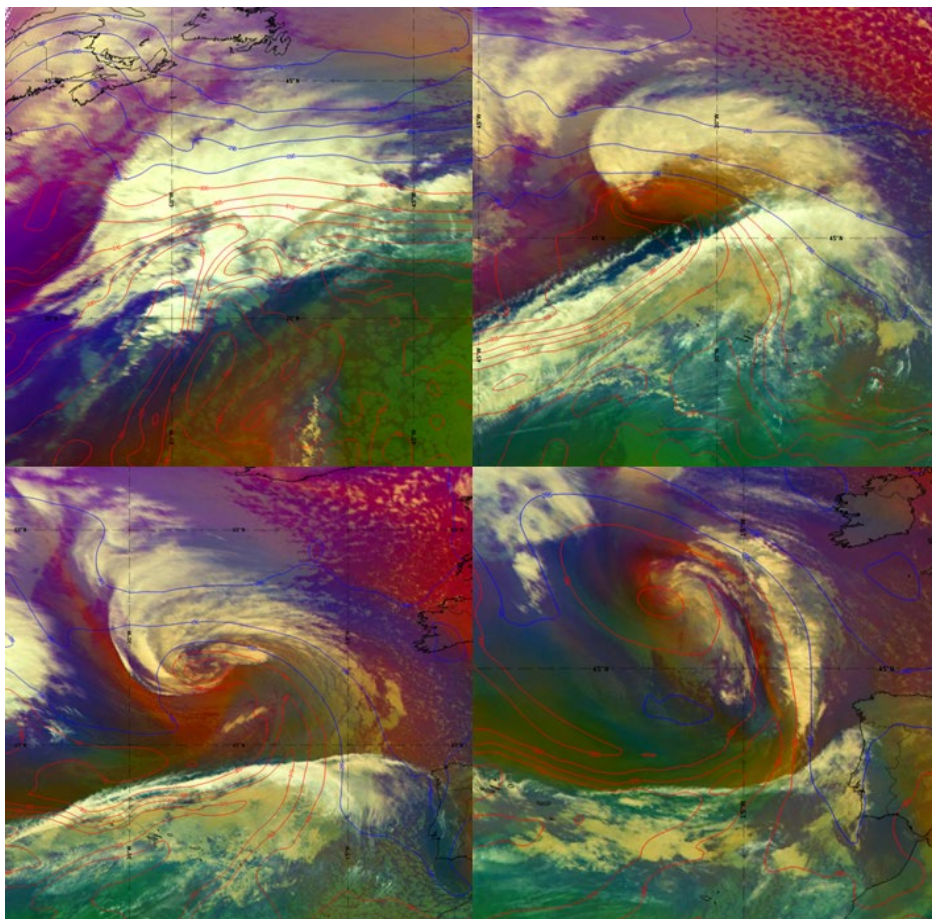
Справа: IR-зображення 10,8 мкм від 2 грудня 2021 року о 12:00 UTC. Середній приземний тиск (чорні лінії) і ThetaE при 700 гПа (сині та червоні ізолінії).

Ключові параметри

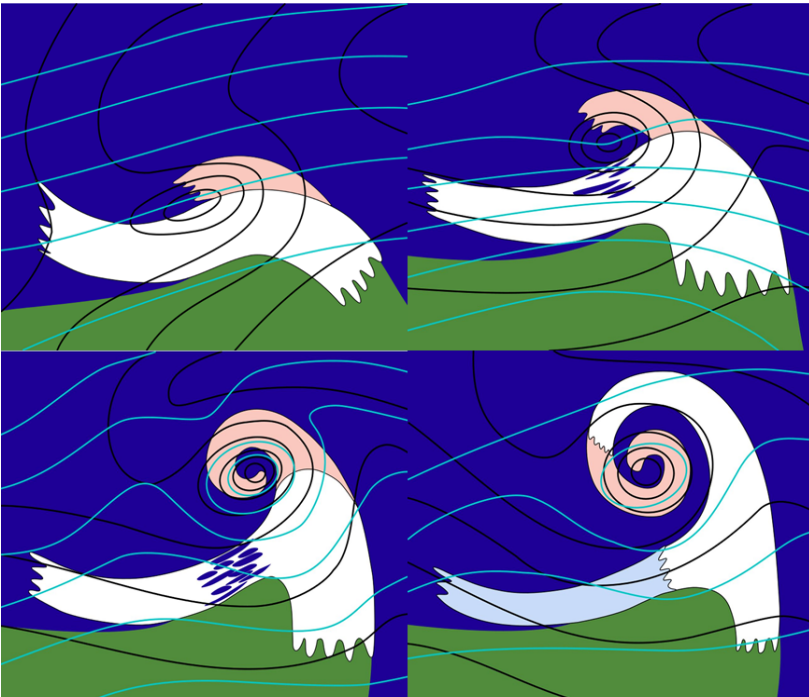
Вибрані тут ключові параметри відображаються на рівнях тиску. Важливі ключові параметри в основному такі ж, як і для норвезького типу циклону, тому ми зосередимося на тих ключових параметрах, які відповідають іншій поведінці в типі циклону Шапіро–Кейзера. Ці параметри:

- геопотенційна висота при 500 гПа і середній тиск на рівні моря
- еквівалентна потенційна температура при 850 гПа
- температурна адвекція 850 гПа
- вологість на різних рівнях
- положення струменя та струменевої смуги при 300 гПа

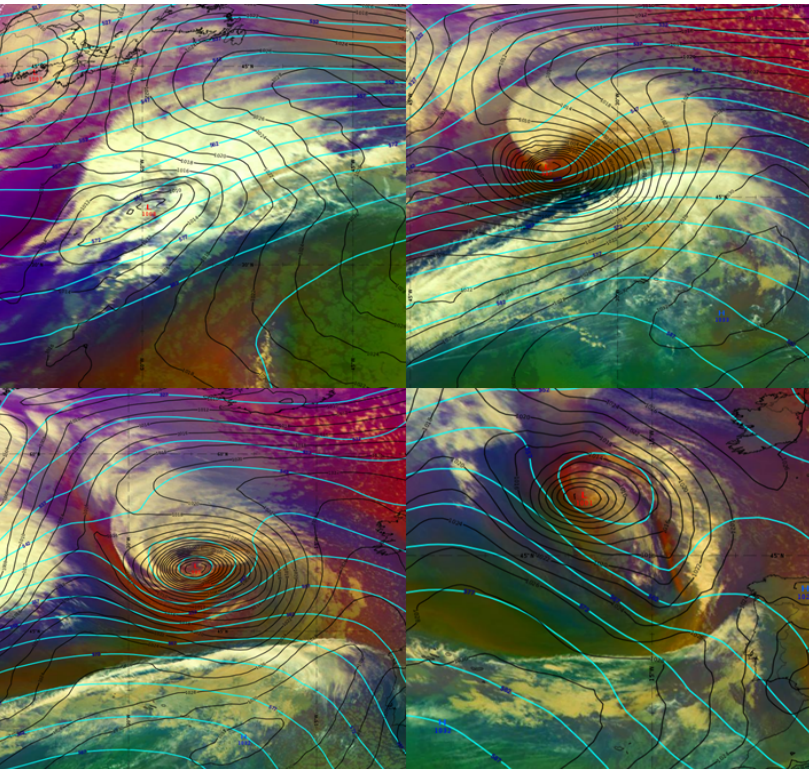
Випадок, що стався з 2 по 4 березня 2022 року, вибрано тут, щоб проілюструвати розвиток циклону Шапіро–Кейзера. Він демонструє типову поведінку вибраних ключових параметрів і відображає ідеалізовану взаємодію чисельних параметрів із конфігурацією хмарності циклону Шапіро–Кейзера.



2–4 березня 2022 р., зображення Airmass RGB.
 Верх. ліве зобр.– 09:00 UTC 2 березня 2022 р., стадія хвилі; верх. праве зобр. – 18:00 UTC 3 березня 2022 року, стадія інтенсифікації;
 ниж. ліве зобр. 09:00 UTC 4 березня 2022 р., зріла стадія; нижне праве зобр.– 4 березня 2022 р., 21:00 UTC, стадія розсіювання

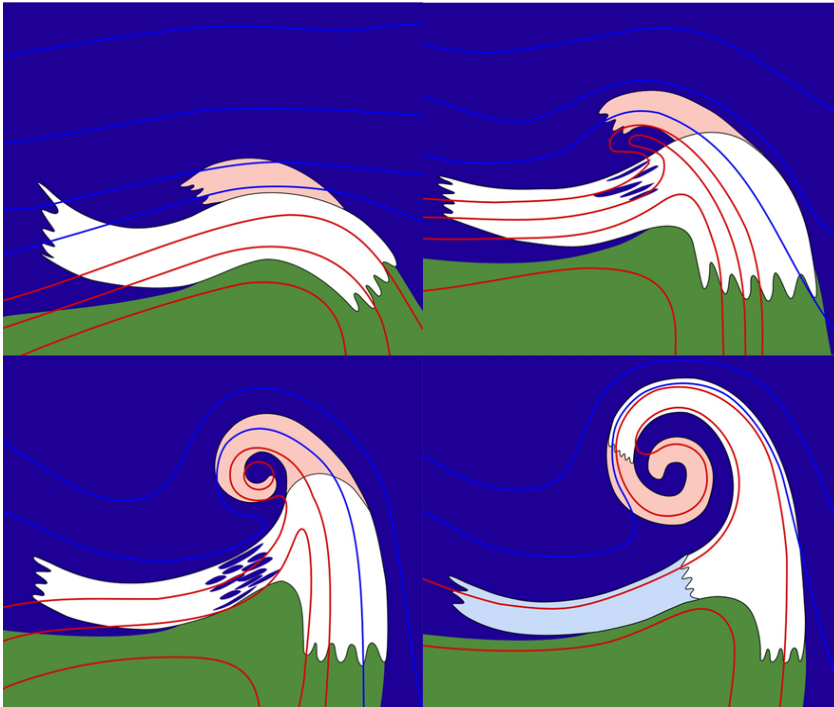
Геопотенційна висота

Схеми геопотенціальної висоти при 1000 гПа (чорні лінії) і 500 гПа (блакитні лінії), накладені на Airmass RGB.

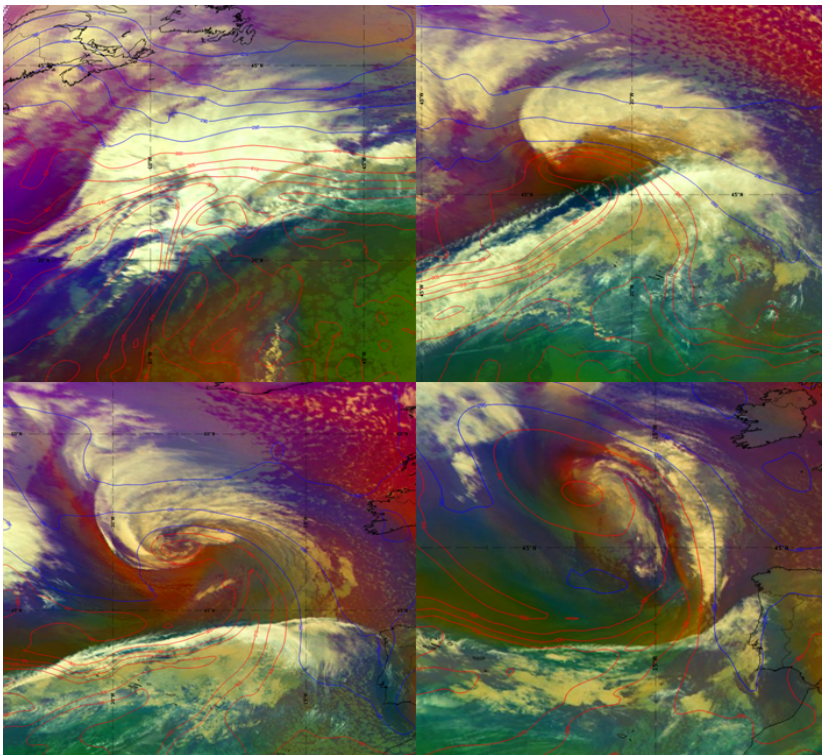


2–4 березня 2022 р., Airmass RGB, середній тиск на рівні моря (чорні лінії) і геопотенційна висота при 500 гПа (блакитні лінії).
 Верх. ліве зобр.– 09:00 UTC 2 березня 2022 р., етап хвилі;
 Верх. праве зобр.– 18:00 UTC 3 березня 2022 року, етап інтенсифікації;
 Нижнє ліве зобр.– 09:00 UTC 4 березня 2022 р., зріла стадія;
 Нижнє праве зобр.– 4 березня 2022 р., 21:00 UTC, стадія розсіювання.

Еквівалентна потенційна температура

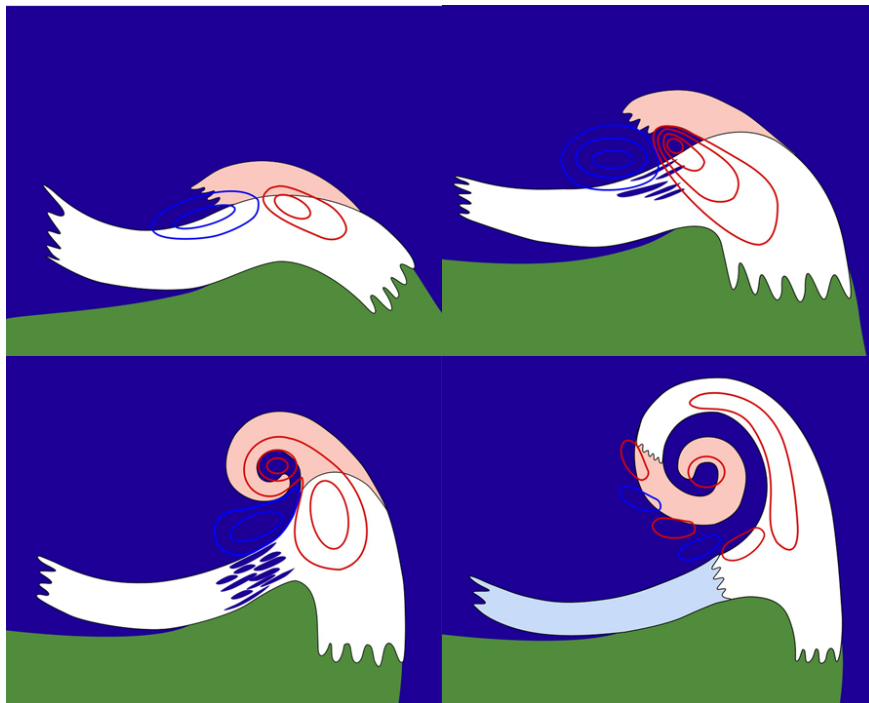


Схеми еквівалентної потенційної температури при 850 гПа (червоні і сині лінії), накладені на Airmass RGB.

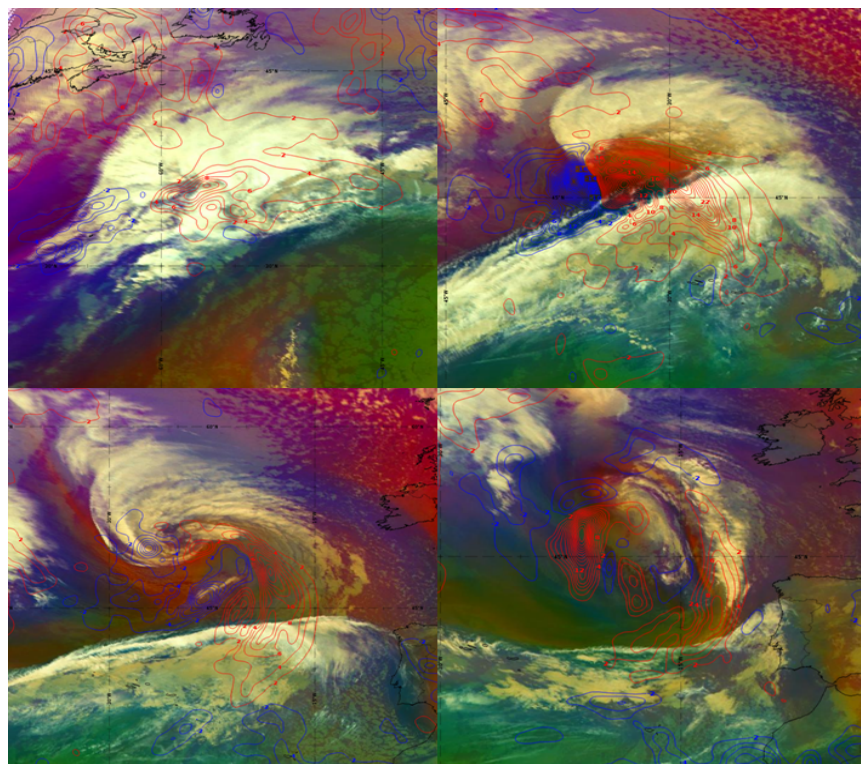


2–4 березня 2022 р., Airmass RGB, еквівалентна потенційна температура 850 гПа (червоні і сині лінії).
 Верх. ліве зобр.– 09:00 UTC 2 березня 2022 р., етап хвилі;
 Верх. праве зобр.– 18:00 UTC 3 березня 2022 року, етап інтенсифікації;
 Нижнє ліве зобр.– 09:00 UTC 4 березня 2022 р., зріла стадія;
 Нижнє праве зобр.– 4 березня 2022 р., 21:00 UTC, стадія розсіювання.

Температурна адвекція



Схеми температурної адвекції при 850 гПа (червоний, позитивний і синій, негативний), накладені на Airmass RGB.



2-4 березня 2022 р., Airmass RGB, температурна адвекція 850 гПа (червоні і сині лінії).

Верх. ліве зобр.- 09:00 UTC 2 березня 2022 р., етап хвилі;

Верх. праве зобр.- 18:00 UTC 3 березня 2022 року, етап інтенсифікації;

Нижнє ліве зобр.- 09:00 UTC 4 березня 2022 р., зріла стадія;

Нижнє праве зобр.- 4 березня 2022 р., 21:00 UTC, стадія розсіювання.

Швидкість вітру та адвекція завихреності на рівні струминних течій

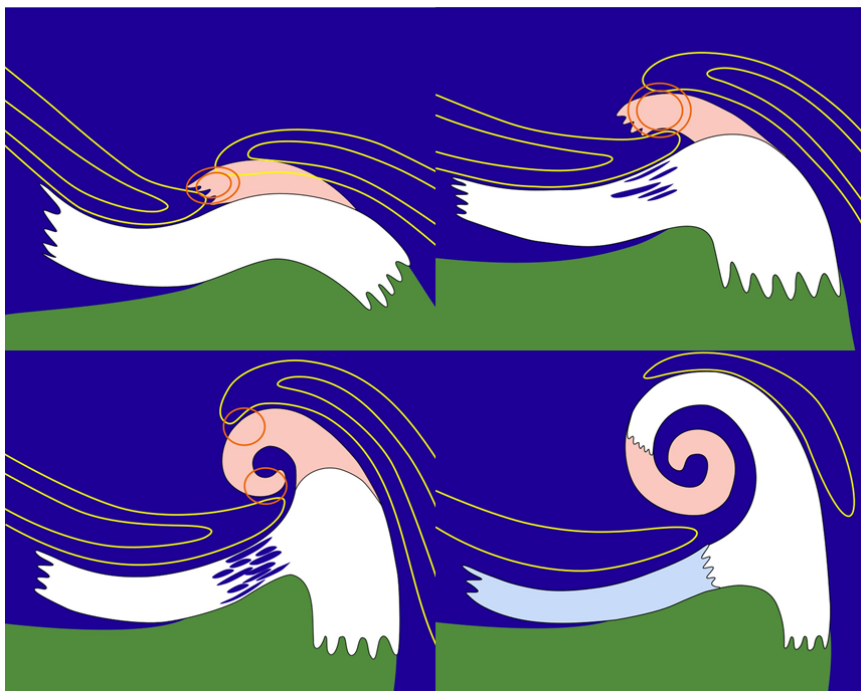
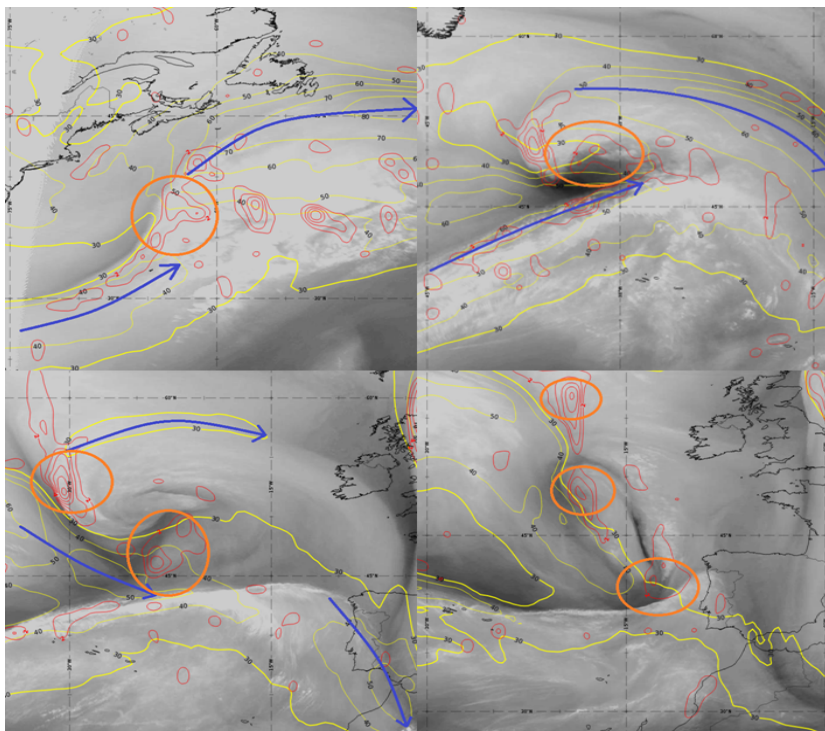


Схема струминної смуги при 300 гПа (жовті лінії), накладена на RGB Airmass. Области лівого виходу та правого входу позначені червоними колами.



2-4 березня 2022 р., зобр. WV 6,2 мкм, ізотакії (жовті лінії), максимуми адвекції завихреності при 300 гПа (червоні лінії) і вісь струменя (сині стрілки). Максимуми адвекції завихреності (CVA) у лівому виході або в правій вхідній області позначені помаранчевими колами.

Верх. ліве зобр.- 09:00 UTC 2 березня 2022 р., етап хвилі;
Верх. праве зобр.- 18:00 UTC 3 березня 2022 року, етап інтенсифікації;

Нижнє ліве зобр.- 09:00 UTC 4 березня 2022 р., зріла стадія;
Нижнє праве зобр.- 4 березня 2022 р., 21:00 UTC, стадія розсіювання.

Типовий зовнішній вигляд у вертикальних поперечних перерізах атмосфери

Починаючи з хвильової стадії, вертикальна структура циклонів Шапіро–Кейзера принципово відрізняється від норвезького типу циклонів. Це можна побачити у вертикальних поперечних розрізах через фронти циклону Шапіро–Кейзера з використанням даних чисельних моделей. Як і в попередніх розділах, ми зосереджуємося на фазах, на яких формується проникнення теплого повітря, тобто стадії інтенсифікації до останньої стадії життєвого циклу: стадії розсіювання.

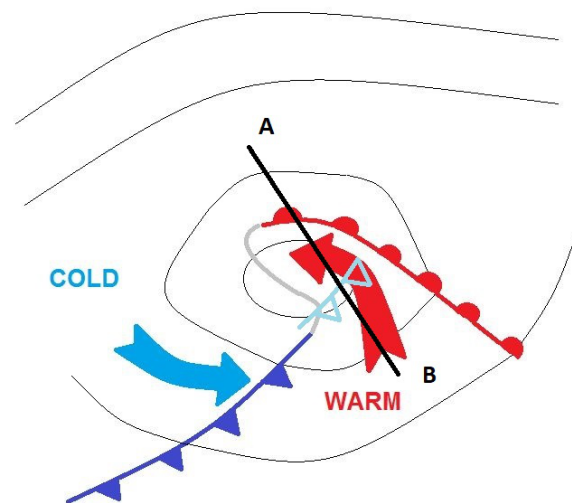
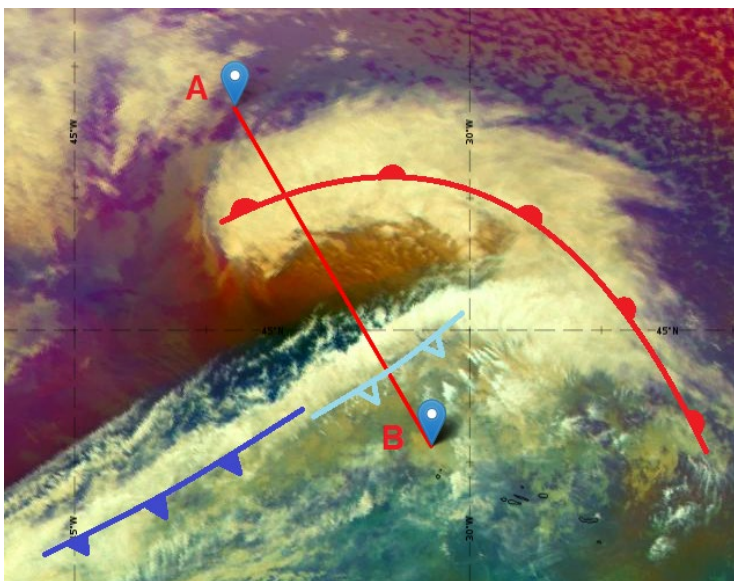
Параметри моделі, які найкраще характеризують еволюцію циклону Шапіро–Кейзера у вертикальних поперечних перерізах (VCS):

- температура
- адвекція температури
- вологість

Дослідження розвитку циклону Шапіро–Кейзера, яке використовується тут для демонстрації типових вертикальних поперечних перерізів (з використанням даних моделі ECMWF), датується 3 березня 2022 року о 15:00 UTC для стадії інтенсифікації, 4 березня 2022 року о 12:00 UTC для зрілої стадії та 4 березня 2022 р. о 21:00 UTC для етапу розсіювання.

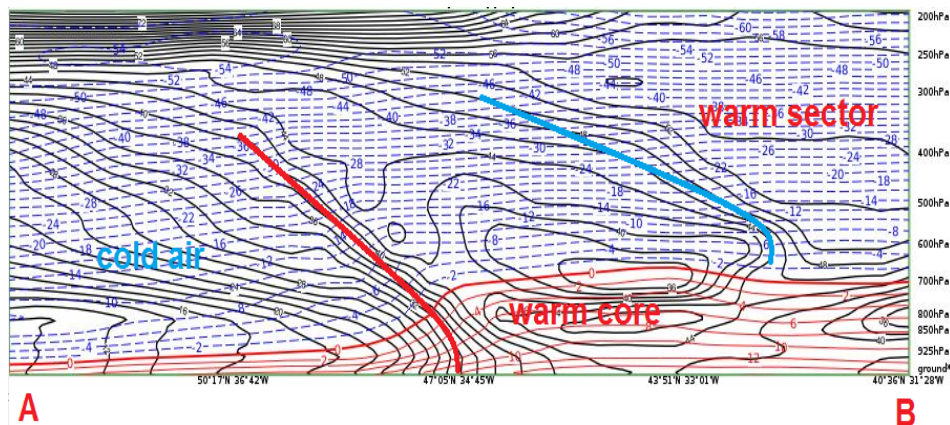
Стадія інтенсифікації

Під час стадії інтенсифікації тепле повітря з теплого сектора системи вторгається в приземну улоговину, розташовану від нижнього до середнього рівнів тропосфери. Виступаючі теплі повітряні маси відокремлюються від полярного повітря бароклінною зоною, яка поступово приймає характеристики теплового фронту. У той же час, висотний холодний фронт залишається вирівняним відносно холодного фронту нижнього рівня.

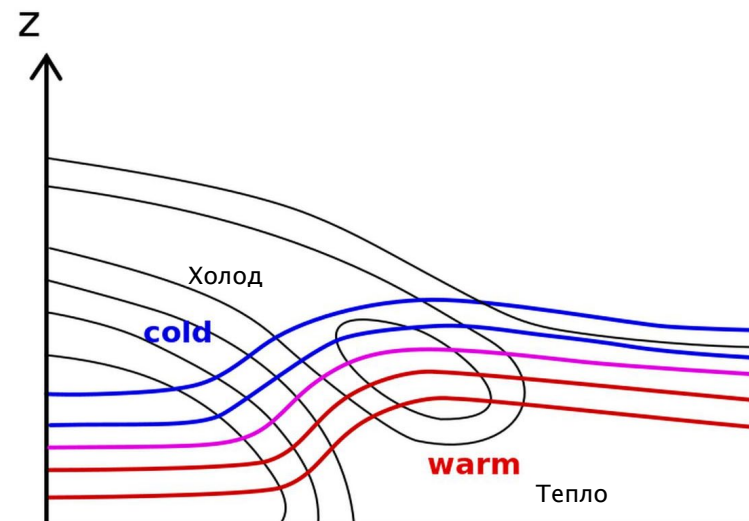


Ліворуч: Airmass RGB від 3 березня 2022 року о 15:00 UTC із фронтами та положенням вертикального перерізу.

Праворуч: Схематичне зображення стадії інтенсифікації циклону Шапіро–Кейзера з фронтами та положенням вертикального перерізу.

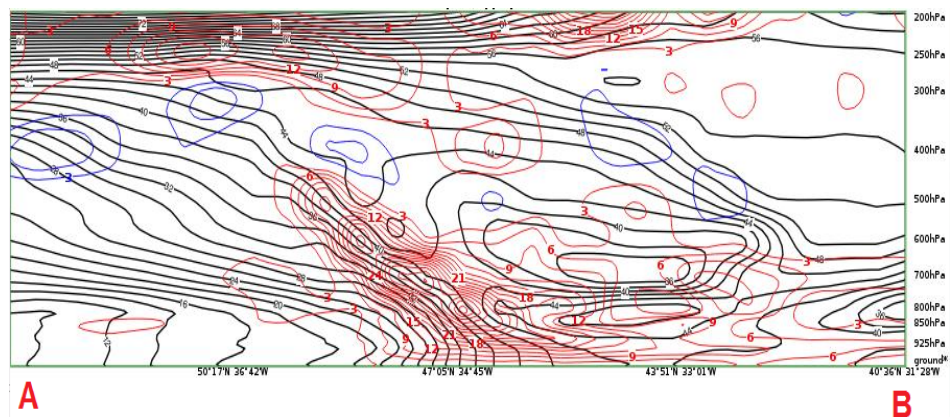


Cross-Section from map **Equivalent Potential Temperature and Temperature**



Зліва: вертикальний переріз, що показує еквівалентну потенційну температуру (чорні лінії) і температуру з даних моделі ECMWF (пунктирні червоні та сині лінії). Справа: схема вертикального перерізу атмосфери.

Вертикальний переріз атмосфери (скорочено – VCS) демонструє виражену адвекцію теплого повітря в межах теплового фронту та помірну адвекцію холодного повітря в межах висотного холодного фронту. Це підтверджує, що останній в основному характеризується вологістю, а не градієнтом температури.

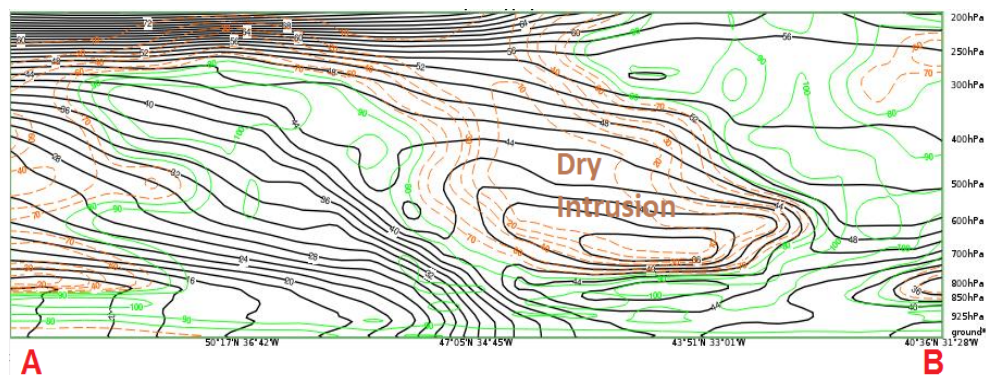


Cross-Section from map **Equivalent Potential Temperature and Temperature Advection**

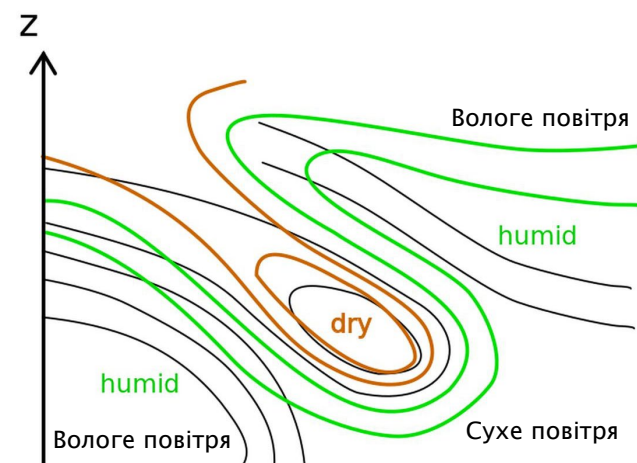


Зліва: вертикальний переріз, що показує еквівалентну потенційну температуру (чорні лінії) і температурну адвекцію (червоні та сині лінії) з даних моделі ECMWF. Справа: схема вертикального перетину.

Сухе вторгнення між теплим фронтом і холодним фронтом верхнього рівня чітко видно на вертикальному перерізі. На стадії інтенсифікації суха інтрузія впливає лише на середню та верхню тропосферу.



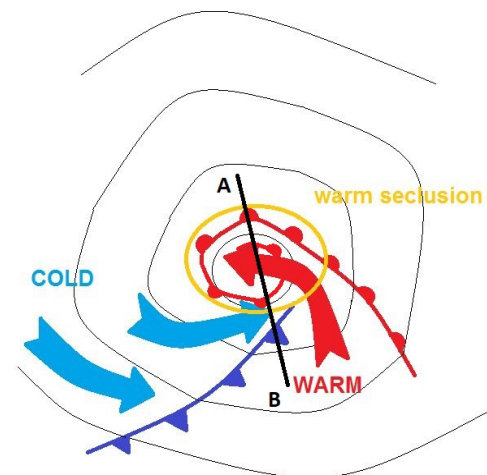
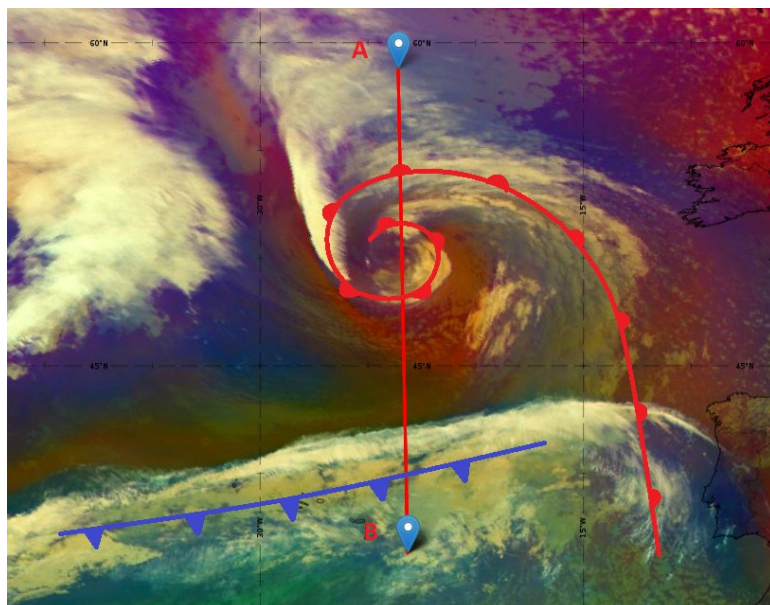
Cross-Section from map **Equivalent Potential Temperature and Relative Humidity**



Зліва: Вертикальний переріз, що показує еквівалентну потенційну температуру (чорні лінії) і відносну вологість (зелені та коричневі лінії) з даних моделі ECMWF. Праворуч: схема вертикального перетину.

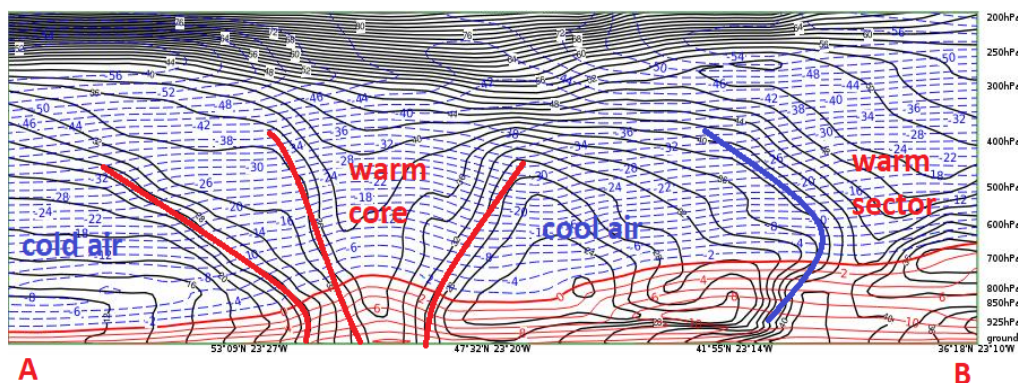
Стадія зрілості

Під час даної стадії тепле ядро системи циклону Шапіро-Кейзера відокремлюється від теплового сектора. Вертикальний переріз через тепле ядро та холодний фронт системи Шапіро-Кейзера показує складну схему послідовних фронтів залежно від того, наскільки далеко просунулося відокремлення теплового ядра.

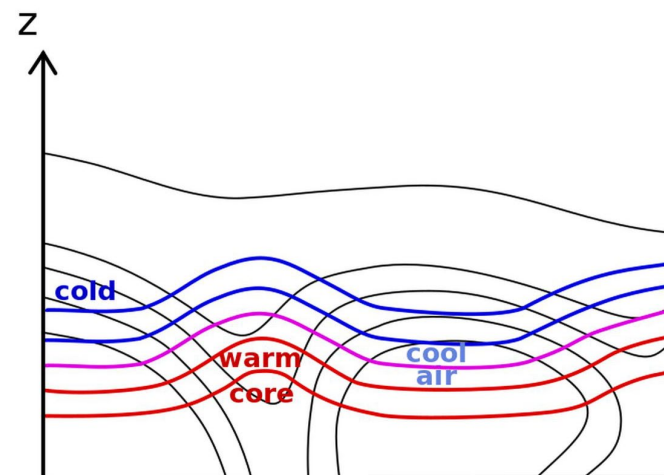


Ліворуч: Airmass RGB, 4 березня 2022 року о 12:00 UTC із фронтами та положенням вертикального перерізу. Справа: схема зрілої стадії циклону Шапіро-Кейзера з приземними фронтами та положенням вертикального поперечного перерізу.

Кількість теплих фронтів (червоні лінії на зобр. нижче), зображених на вертикальних перерізах, залежить від того, наскільки далеко просунулося відокремлення теплого повітря. Під час процесу ізоляції холодне повітря обертається навколо теплового ядра, яке дуже чітко видно на вертикальній температурній діаграмі. На цьому етапі висотний холодний фронт трансформувався в приземний фронт (сині лінії), який характеризується сильним градієнтом вологості, а не градієнтом температури.

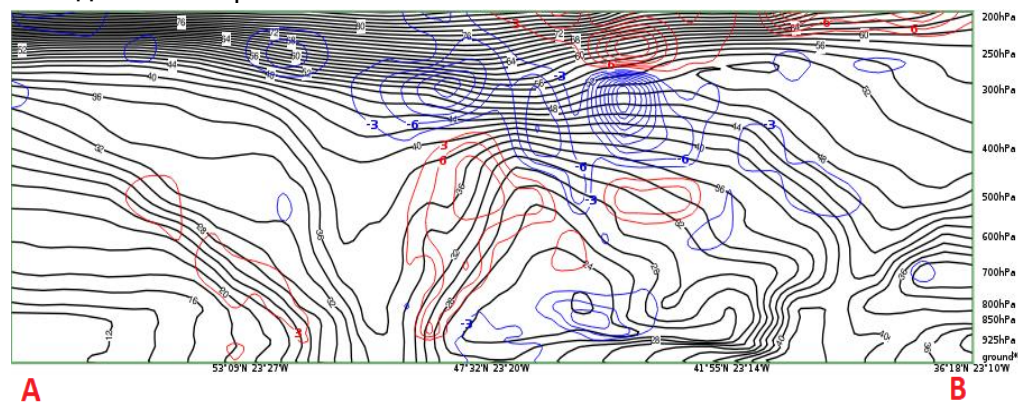


Cross-Section from map **Equivalent Potential Temperature and Temperature**

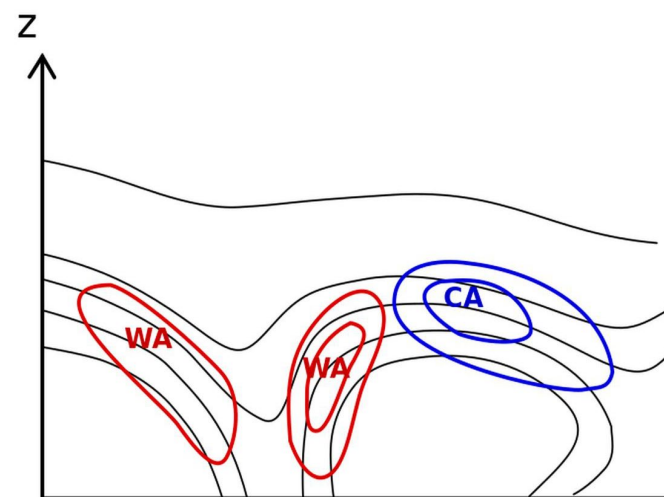


Ліворуч: вертикальний переріз, що показує еквівалентну потенційну температуру (чорні лінії) і температуру з даних моделі ECMWF (пунктирні червоні та сині лінії). Праворуч: схема вертикального перетину.

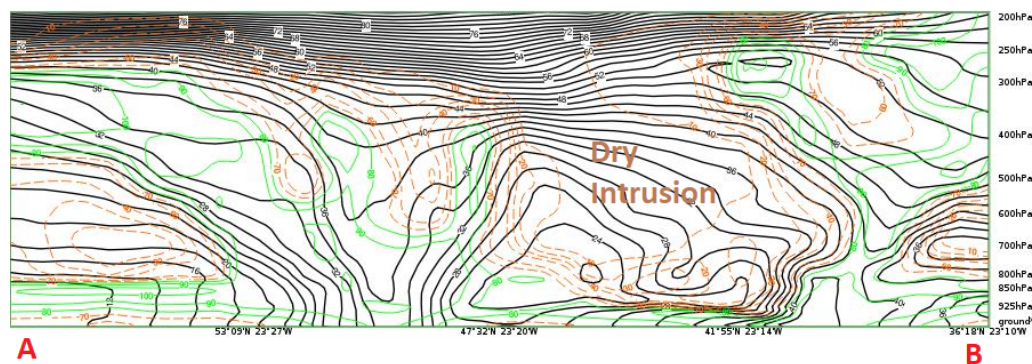
Теплі фронти, розташовані навколо теплового ядра, характеризуються адвекцією теплого повітря, а холодний фронт – адвекцією холодного повітря.



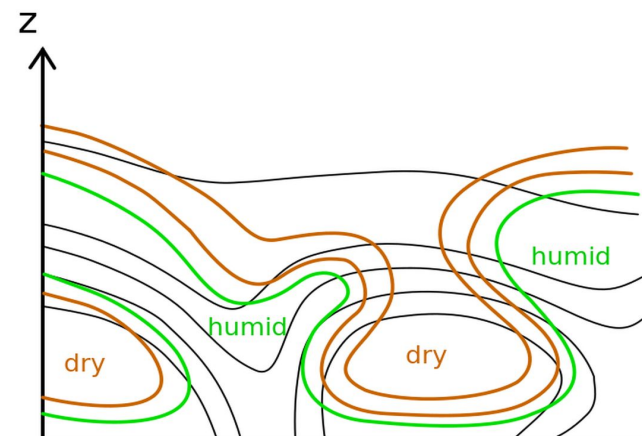
Cross-Section from map **Equivalent Potential Temperature and Temperature Advection**



Ліворуч: вертикальний переріз, що показує еквівалентну потенційну температуру (чорні лінії) і температурну адвекцію (червоні та сині лінії) з даних моделі ECMWF. Праворуч: схема вертикального перетину.



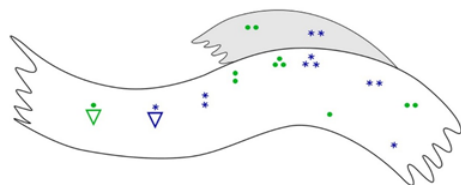
Cross-Section from map **Equivalent Potential Temperature** and **Relative Humidity**



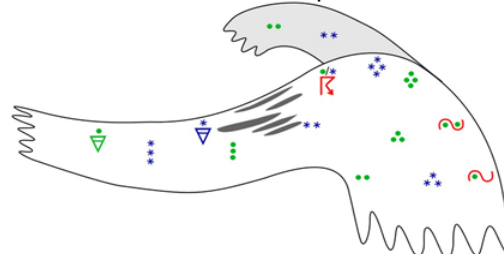
Зліва: вертикальний переріз, що показує еквівалентну потенційну температуру (чорні лінії) і відносну вологість (зелені та коричневі лінії) з даних моделі ECMWF. Праворуч: схематична схема вертикального поперечного перерізу.

Синоптичні процеси та явища

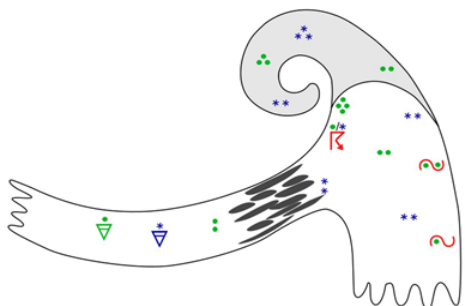
Wave stage
Стадія хвилі



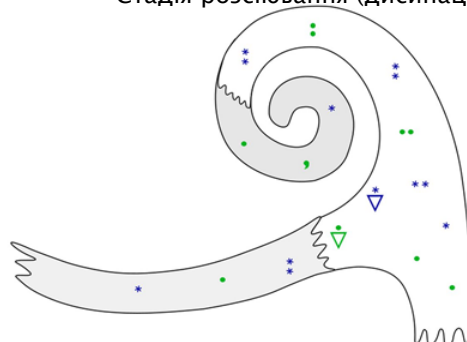
Intensification stage
Стадія інтенсифікації



Mature stage
Стадія зрілості



Dissipation stage
Стадія розсіювання (дисипації)



Погодні явища, що зазвичай спостерігаються протягом чотирьох етапів еволюції циклону Шапіро-Кейзера.

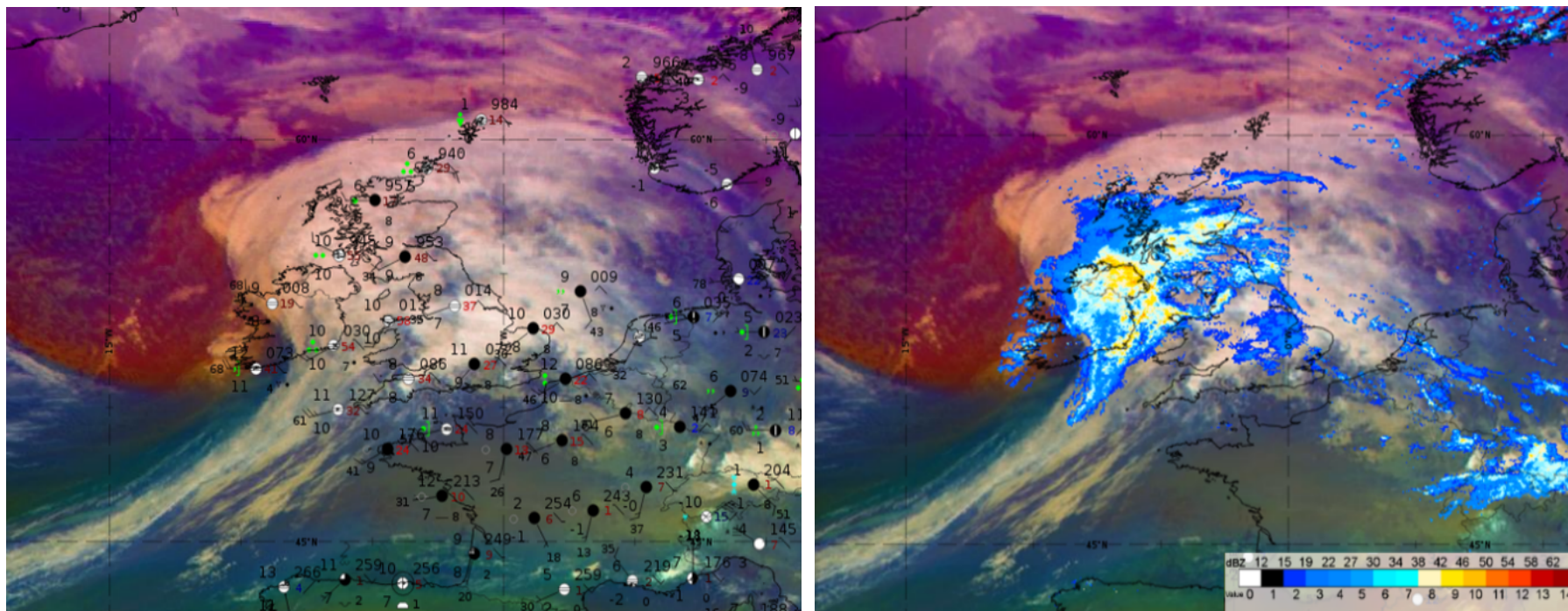
Таблиця нижче: опис деяких погодних явищ, які зазвичай беруть участь у формуванні циклону Шапіро–Кейзера.

Параметр	Опис
Опади	Найбільш інтенсивні опади відмічаються під час стадій інтенсифікації та зрілості. Найбільша кількість опадів випадає в районі висхідного теплої конвекції (наприклад, теплий фронт). На розвинутих стадіях і з розщепленням теплої конвекційної стрічки на дві гілки, більше опадів спостерігається всередині хмарної смуги, подібної до оклюзії.
Температура	Теплі повітряні маси виникають у теплому секторі та всередині ядра системи. Зниження температури відбувається після проходження холодного фронту.
Вітер (врах. пориви)	З'являються високі швидкості вітру, пов'язані з проходженням холодного фронту та поривчасті вітри за холодним фронтом. Найвища швидкість вітру спостерігається на південній частині хмарної смуги, подібної до оклюзії (наприклад, струминні смуги).
Інша відповідна інформація	Турбулентність може виникнути на рівні струменя поблизу тропопаузи. Взимку під теплим фронтом існує ризик виникнення крижаного дощу. Взимку також можуть виникати грози, що входять до складу системи холодного фронту.

Розвиток циклону Шапіро–Кейзера, який тривав з 30 листопада о 18:00 UTC до 02 грудня 2021 року о 00:00 UTC, використовується як приклад.

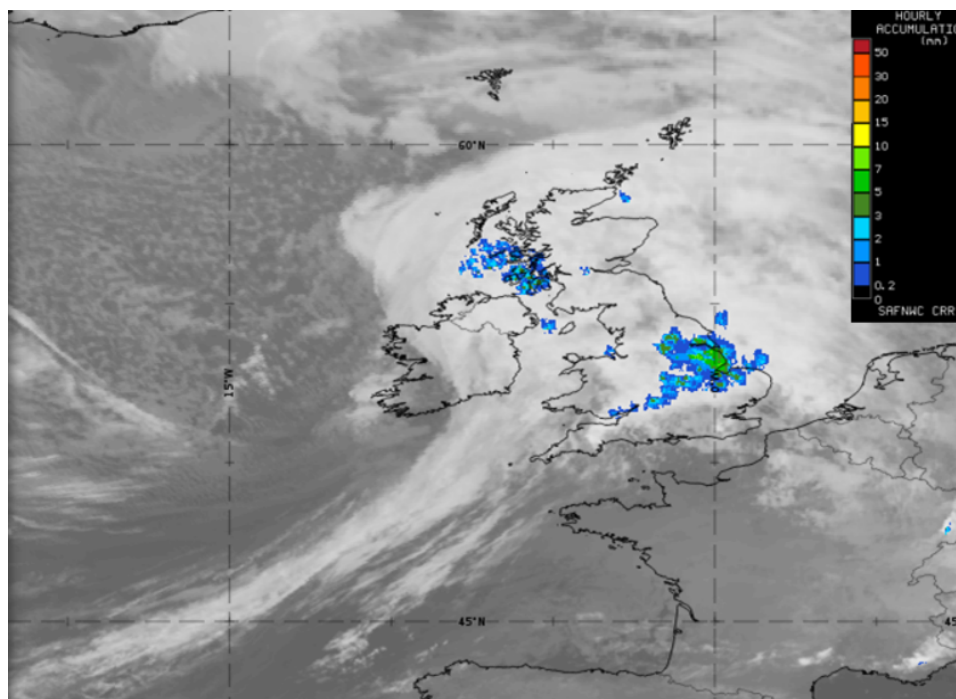
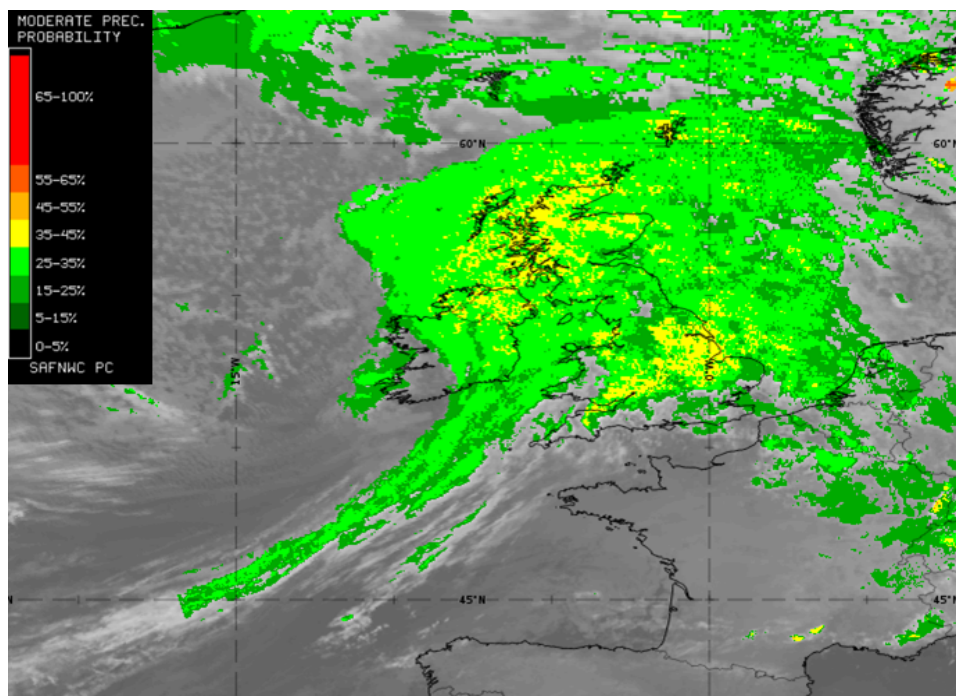
Стадія інтенсифікації (30 листопада 2021 о 18:00 UTC):

Найбільш інтенсивні опади випадають у західній частині теплої конвекції (Ірландія та Шотландія). Ця ділянка суміжна з областю правого входу струминної смуги.



Airmass RGB із даними Synop (зліва) і накладеними даними радіолокаційної відбивної здатності (справа).

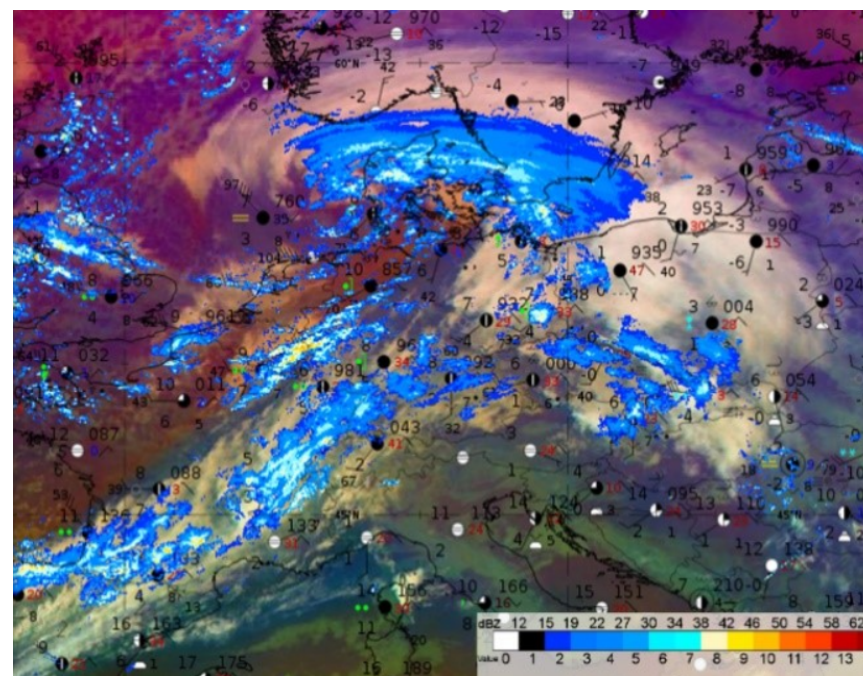
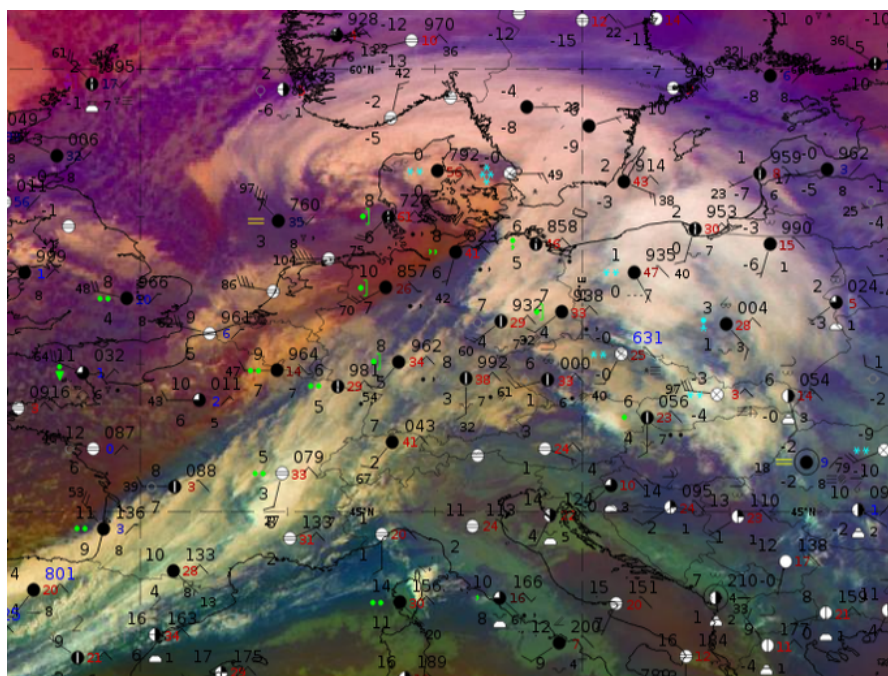
Супутникові продукти NWC SAF Precipitating Clouds (опадові хмари) і Convective Rainfall Rate (оцінка конвективних опадів) показують найвищу ймовірність дощу та найвищу погодинну кількість опадів у межах теплового фронту та теплового сектору.



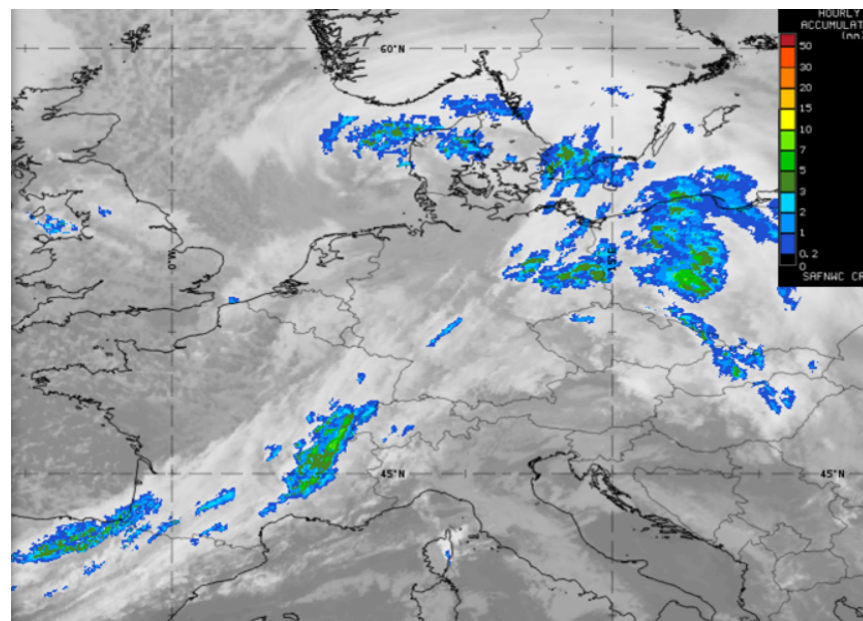
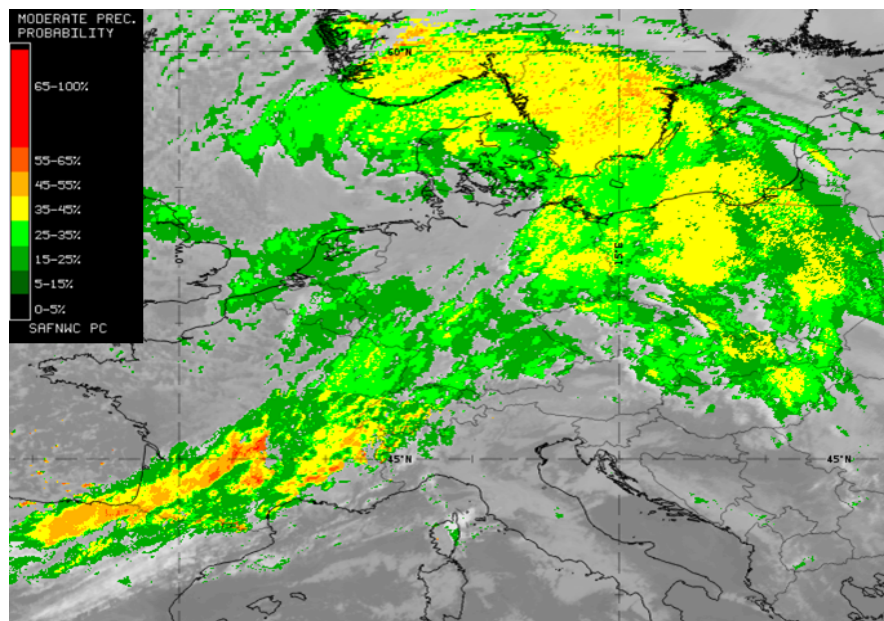
Продукти NWC SAF: зверху – Precipitating Clouds (опадові хмари) та знизу – Convective Rainfall Rate (оцінка конвективних опадів).

Стадія зрілості (1 грудня 2021 р. о 12:00 UTC)

Інтенсивні зливи частково відбуваються вздовж холодного фронту, де структура хмар є більш неоднорідною. Більш безперервний тип дощу в теплих передніх частинах фронтальної системи характеризує опади, які відбуваються під час зрілої стадії циклону Шапіро-Кейзера.



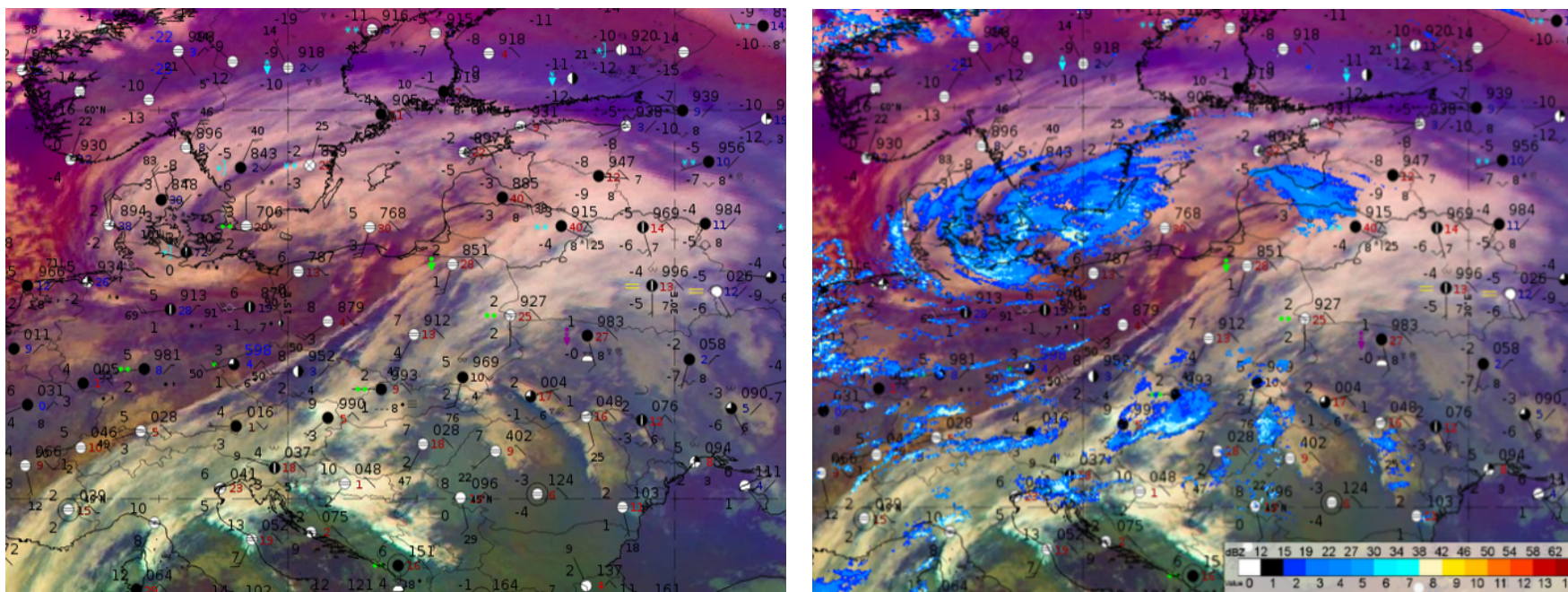
Airmass RGB із даними Супор (зліва) і накладеними даними про радіолокаційну відбивну здатність (справа).



Продукти NWC SAF: зліва Precipitating Clouds (опадіві хмари) та Convective Rainfall Rate (оцінка конвективних опадів).

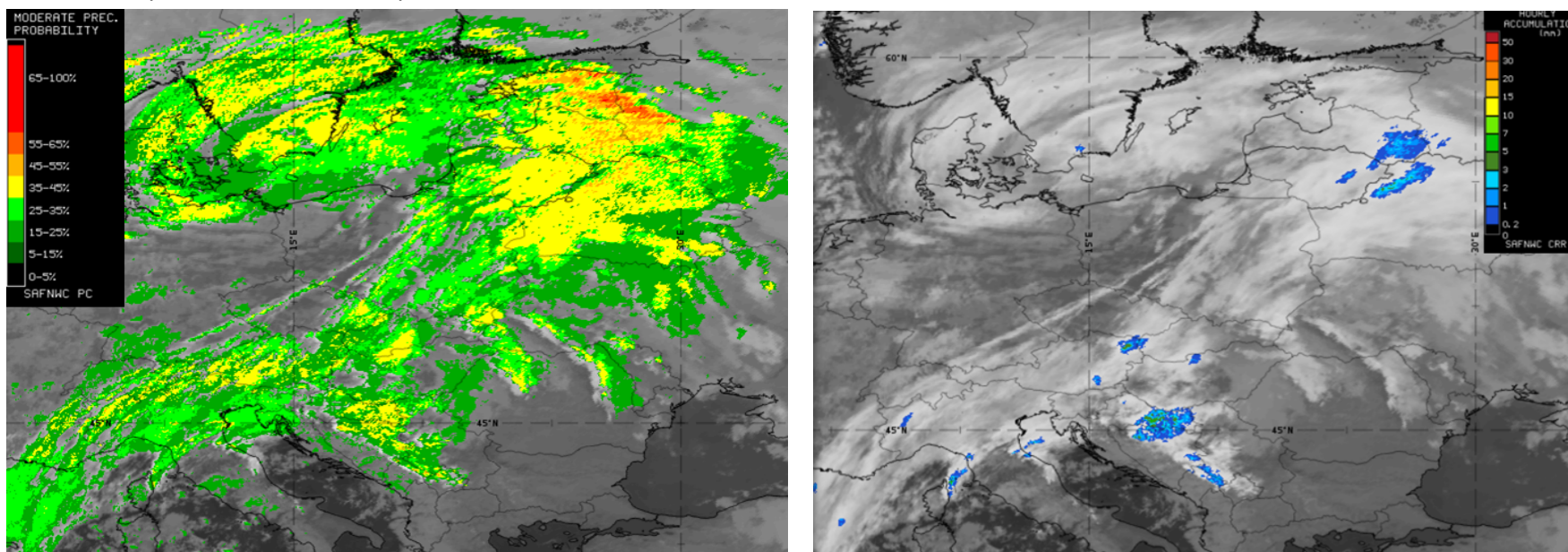
Стадія розсіювання (дисипації) – 2 грудня 2021 року, 00:00 UTC.

Наприкінці життєвого циклу циклонів більшість опадів випадає всередині ядра системи та теплому фронту. У холодній передній частині системи все ще можуть відмічатися зливи.



Airmass RGB із даними Synop (зліва) і накладеними даними про радіолокаційну відбивну здатність (справа).

У той час як продукт Precipitating Clouds показує вищу ймовірність опадів на теплому фронті, продукт Convective Rainfall Rate показує лише декілька осередків опадів (див. зображення нижче).



Продукти NWC SAF: зліва Precipitating Clouds (опадові хмари) та Convective Rainfall Rate (оцінка конвективних опадів).