

Оклюдія: Тип Холодної Конвеєрної Стрічки/Течії

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

Хмарна смуга оклюдії, описана в даному розділі, розвивається в області хвилі. Однак ця хмарна смуга оклюдії чітко демонструє різні хмарні шари, на відміну від оклюдії типу Теплої конвеєрної течії. У розвиненій стадії, супутникове зображення показує дві смуги хмар синоптичного масштабу:

- багат шарова фронтальна хмарна смуга, пов'язана з холодним фронтом
- хмарна спіраль, яка, здається, проникає з-під вищої хмарної смуги, пов'язаної з холодним фронтом
- обидві хмарні смуги роз'єднаними

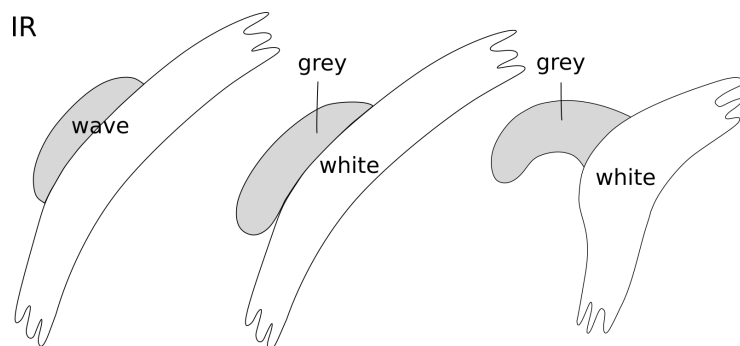


Схема утворення Оклюдії по типу Холодної конвеєрної течії.

Зовнішній вигляд в основних каналах

- На зображенні VIS так звана хмарна спіраль має біле забарвлення, що вказує на багат шарову хмарність із високим альбедо.
- На IR-зображенні відтінки хмарної смуги типу Холодної конвеєрної стрічки мають більш насичений сірий колір, але з деякими білуватими осередками. Можна підсумувати такі моменти:
 - На межі між смугою хмар холодного і теплого фронту (орієнтованої з південного заходу на північний схід) і хмарами, пов'язаними з типом Холодної конвеєрної течії, можна спостерігати чіткий градієнт від білого до темно-сірого.
 - На пізніших стадіях розвитку також можуть утворюватися високі хмари, що призводить до появи оклюзії, подібної до типу Теплої конвеєрної стрічки.
- На зображенні WV дві хмарні смуги з різними типами хмар видно з ще більшим контрастом. Чорна смуга, що характеризує сухе повітря на циклонічній стороні осі струменя, тягнеться паралельно вищій смузі хмар і відразу перетинає хмарність Холодної конвеєрної течії на межі. Цей ефект неможливо виявити у випадку оклюзії типу Теплої конвеєрної течії. Найсухіше повітря, представлене найтемнішими значеннями пікселів (відповідно кольори виглядають насичено темно-сіримі). Цей факт можна спостерігати в обох типах оклюзії. На пізніших стадіях розвитку, високі, а отже, яскраві значення пікселів можна спостерігати в межах усієї спіралі хмари.

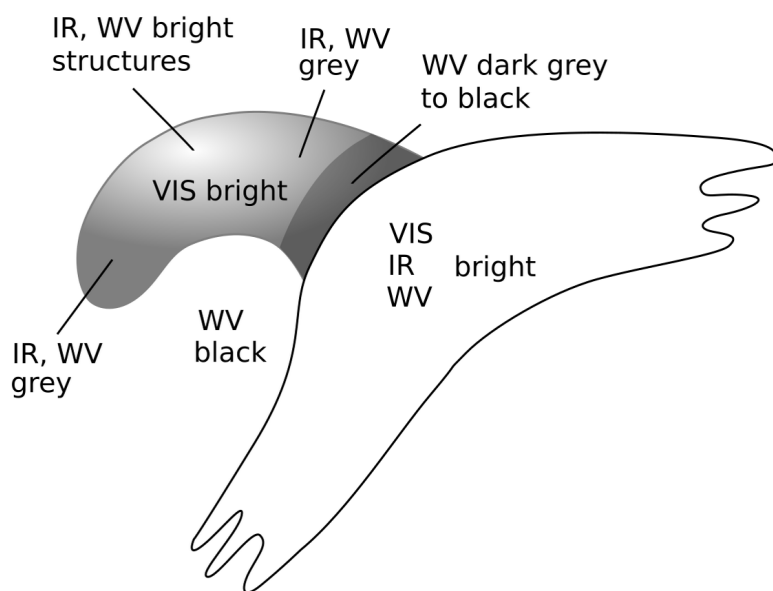


Схема зовнішнього вигляду Оклюзії по типу Холодної конвеєрної течії на зображеннях IR, WV, VIS.

Зовнішній вигляд у базових RGB:

Airmass RGB

Спіраль хмари оклюзії даного типу і пов'язані з нею смуги хмар холодного та теплового фронтів утворюють синоптичну масштабну фронтальну систему.

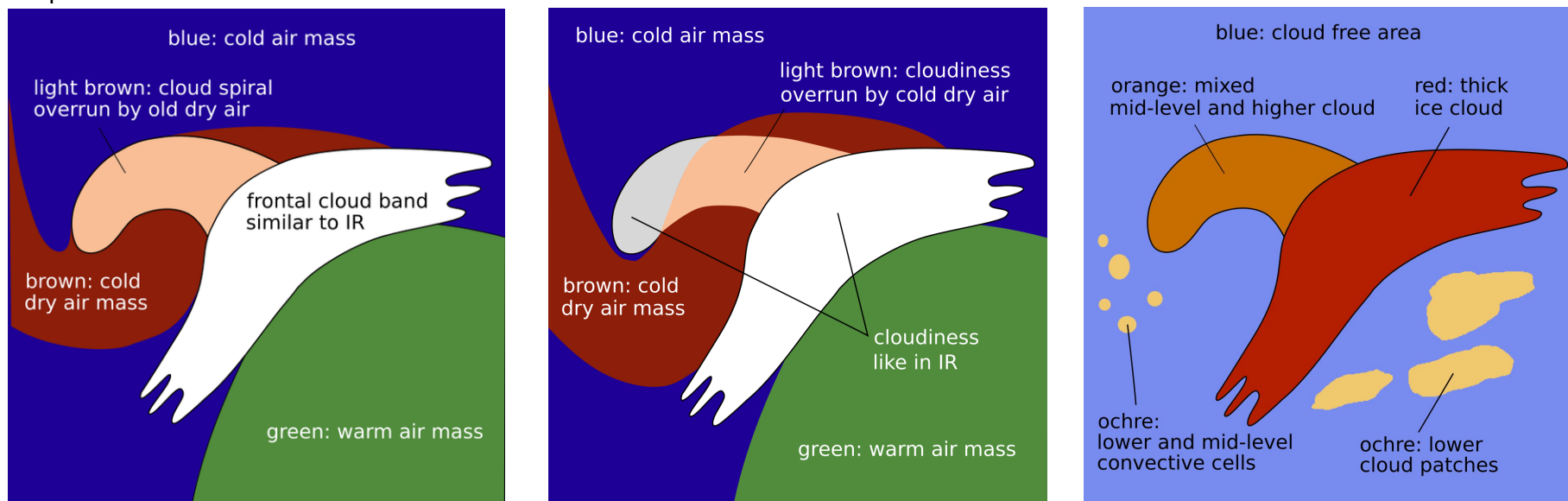
Airmass RGB відображає теплі та холодні повітряні маси перед фронтальною системою синім і зеленим кольорами – залежно від географічної широти. Желті кольори частіше зустрічаються в південних регіонах. У фронтальній хмарній системі відзначаються переважно коричневі кольори, що представляють суху повітряну масу, що опускається. Однак іноді колір тут блакитний, що свідчить про наявність холодного повітря.

Вигляд хмарної спіралі оклюзії типу Холодної конвеєрної стрічки на Airmass RGB зображеннях є дуже схожим, як і на IR-зображеннях.

Dust RGB

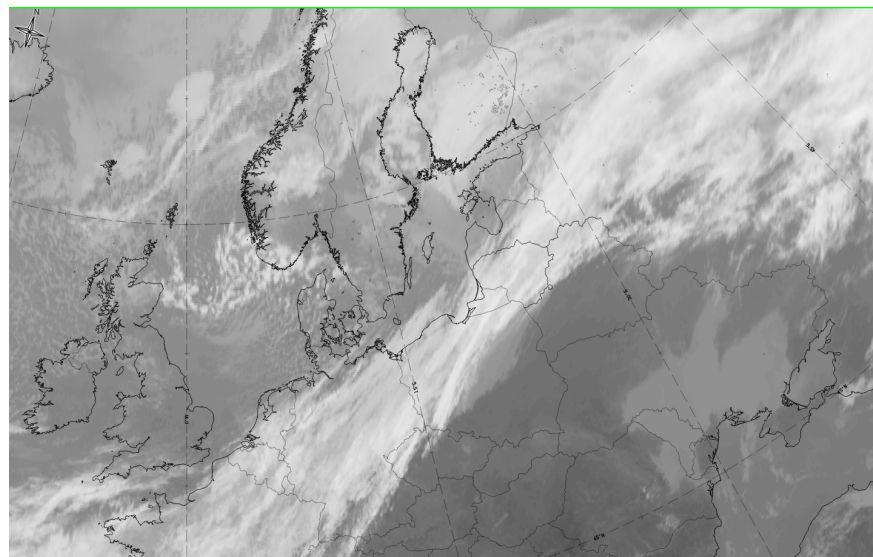
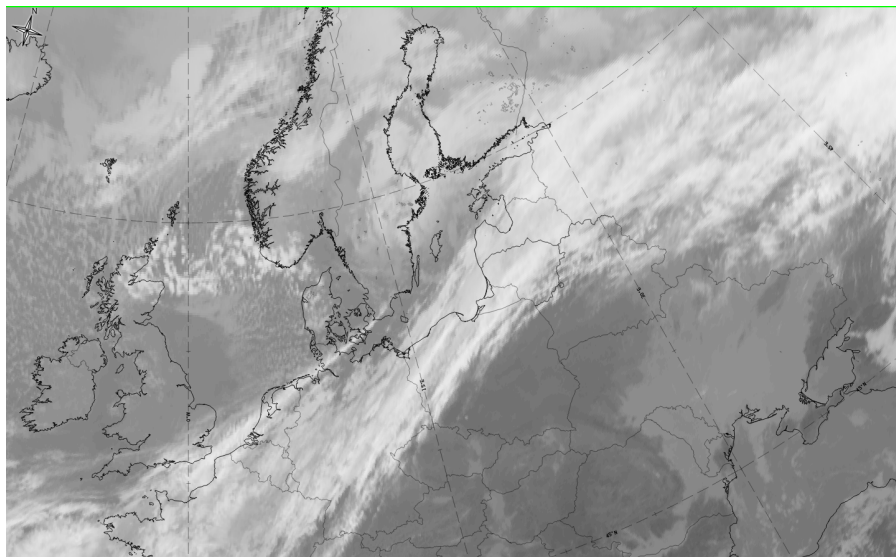
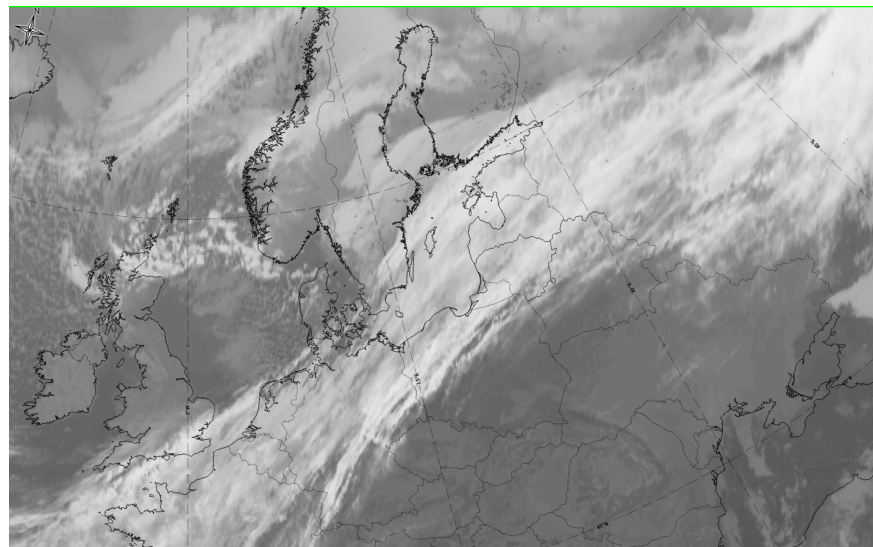
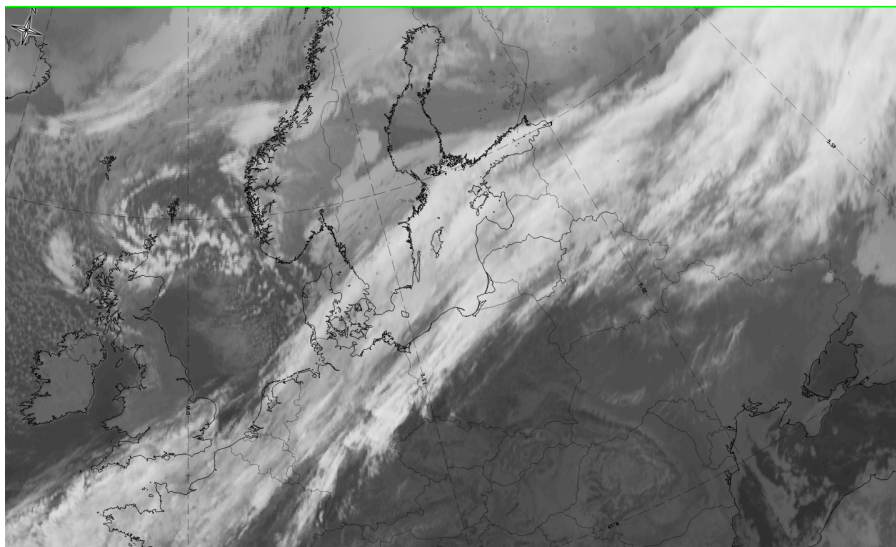
На зображеннях Dust RGB, ділянки перед фронтальною хмарною смугою мають переважно синє забарвлення, що представляє вільну від хмар область. У фронтальній смугою хмар і спіраллю хмари оклюзії також відзначаються області з синім або рожево-блакитним забарвленням, що свідчить про відсутність хмарності. Однак, як правило, також можна побачити кольори від жовтуватого до охристого, що представляють низьку хмарність (хмарність холодної повітряної маси та хмари Stratus).

На зображеннях Dust RGB, спіраль оклюзії Холодної конвеєрної течії показує суміш жовтуватих і червоно-коричневих ділянок; ці кольори менш інтенсивні, ніж кольори в смузі хмар холодного і теплового фронту, що вказує на нижчу висоту вершин хмарності в спіралі оклюзії.



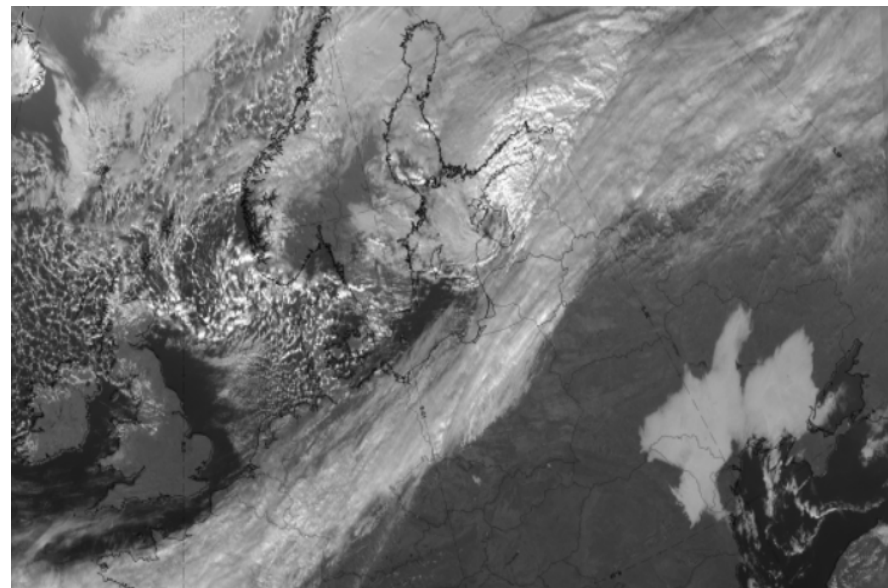
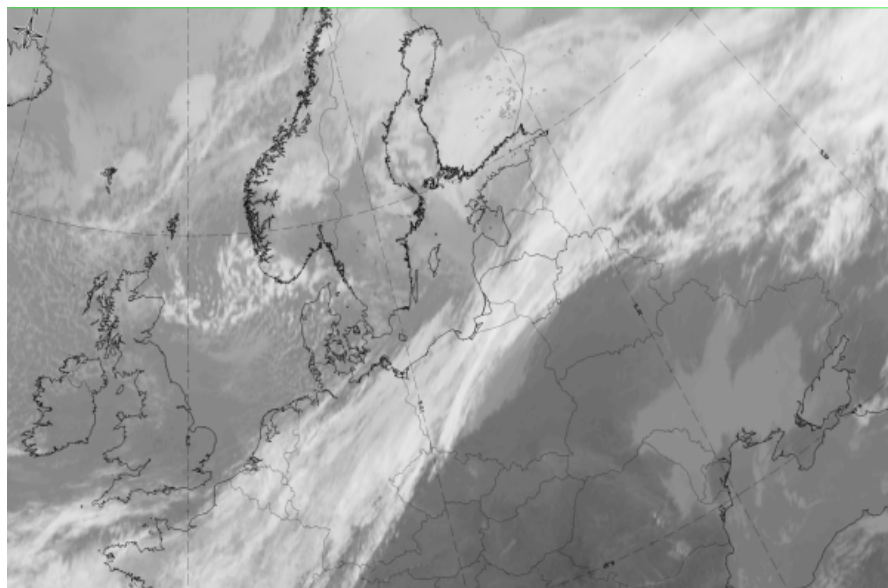
Схеми для основних RGB: Airmass RGB з повністю сухим (зліва), частково сухим повітрям (посередині), Dust RGB (справа)

Випадок за 27 жовтня 2019 року показує розвиток хвилі в хмарній системі холодного та теплого фронтів, що перетворилась на спіраль по типу Холодної конвеєрної течії (простягається від Південної Швеції на схід до Фінляндії та Росії). IR-зображення чітко показує нижчі вершини хмар даної спіралі (з більш насиченим сірим забарвленням) порівняно з вищими вершинами хмарності холодного та теплого фронтів (мають білувате забарвлення).

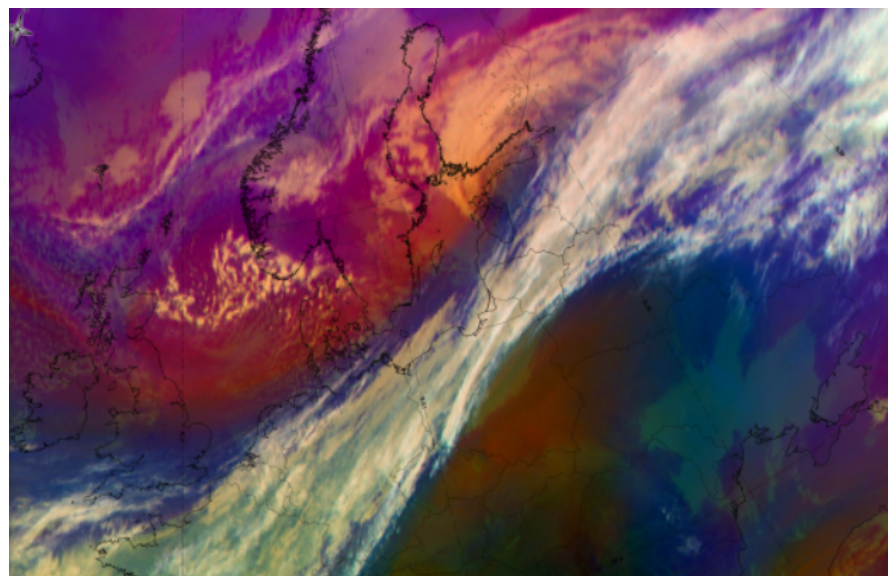
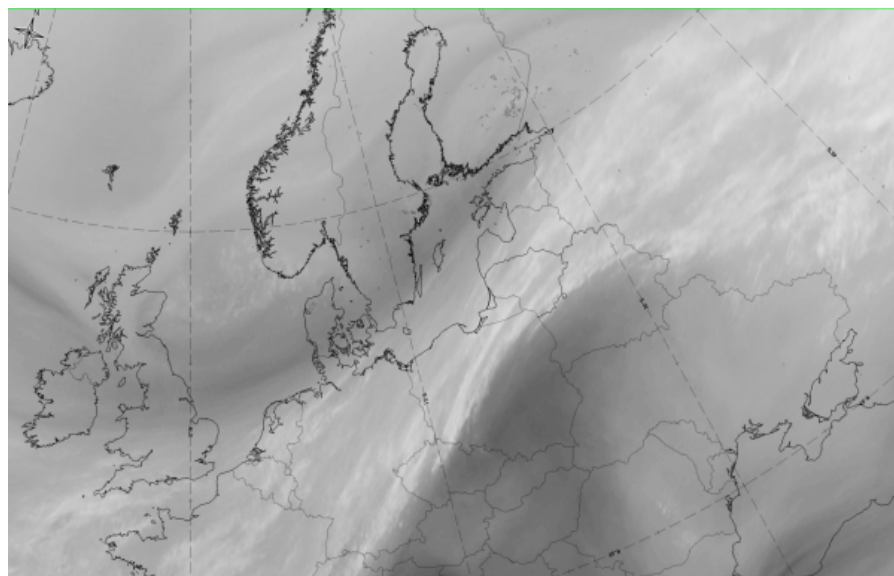


27 жовтня 2019; IR-зображення. Верхнє ліве – 03 UTC; верхнє праве – 06 UTC; нижнє ліве – 09 UTC; нижнє праве – 12 UTC.

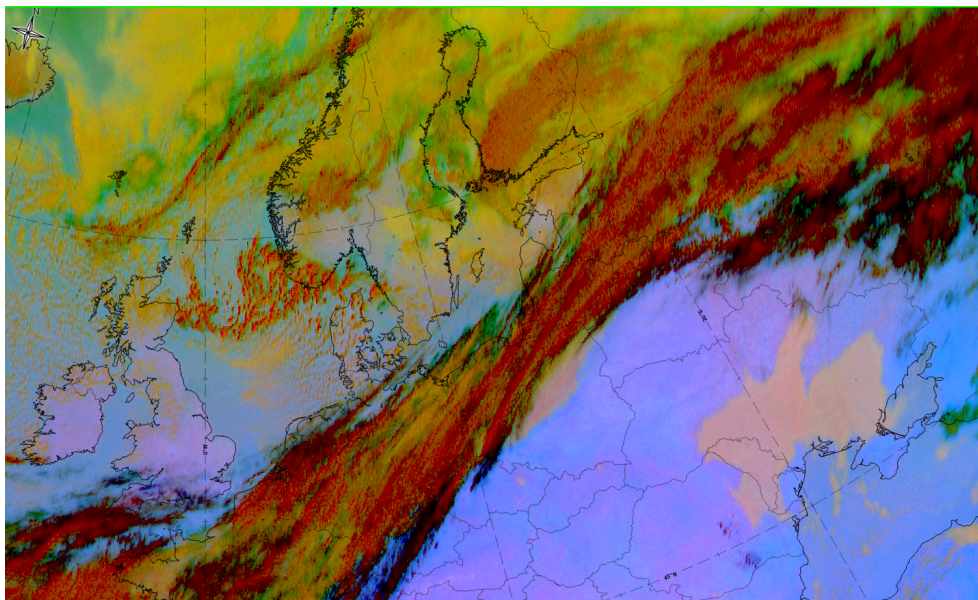
Повністю розвинена стадія оклюзії типу Холодної конвеєрної течії, представлена тут у всіх основних каналах, а також базових RGB за 27 жовтня 2019 року, 12 UTC.



27 жовтня 2019, 12 UTC: зображення IR (зліва) + HRV (справа).



27 жовтня 2019, 12 UTC: зображення WV (зліва) + Airmass RGB (справа).



27 жовтня 2019, 12 UTC: зображення Dust RGB.

IR – спіраль оклюзії має насиченіше сіре забарвлення, ніж хмарна смуга холодного та теплого фронтів (вона має більш біле забарвлення).

HRV – переважаючі сірі кольори хмарності, проте яскравий білий колір присутній всередині спіралі, де сонячне освітлення краще.

WV – чітка диференціація сірих відтінків між смугою холодного та теплого фронтів і оклюзійною спіраллю типу Холодної конвеєрної течії

Airmass RGB – темно-коричнева смуга з північного сходу та вздовж заднього краю смуги холодного та теплого фронтів – представляє дуже сухе повітря, яке опускається.

Dust RGB – охристі кольори присутні в спіралі оклюзії та все більше темно-червоних кольорів відмічається далі на захід і південний захід від хмарної спіралі.

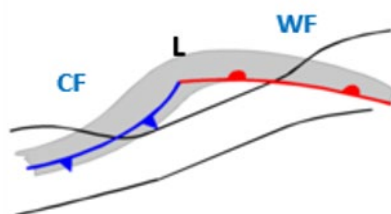
Метеорологічні фізичні основи

Класична норвезька модель

Класичний розвиток оклюзії (тип Теплої конвеєрної течії) описаний у добре відомій теорії полярного фронту за Бержероном (як розвиток від хвилі до стадії оклюзії).

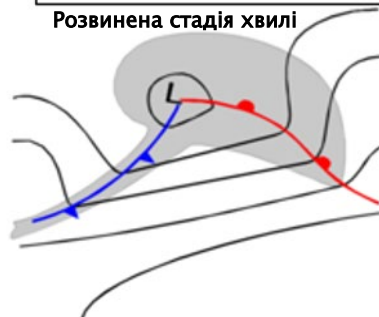
Wave stage

Стадія хвилі



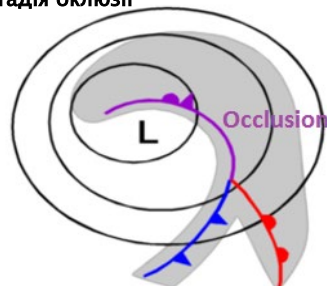
Developed wave stage

Розвинена стадія хвилі



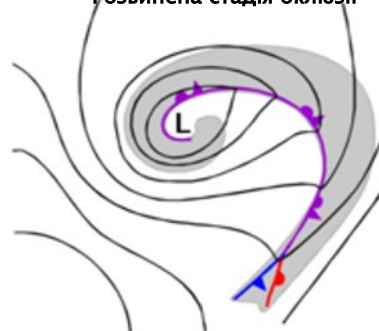
Occlusion stage

Стадія оклюзії



Developed occlusion stage

Розвинена стадія оклюзії



Відхилення між конфігураціями хмар на супутникових зображеннях і класичною норвезькою моделлю

Існують спіралі оклюзії, які повністю суперечать класичній хвильовій стадії (показаній вище). Тому такі спіралі оклюзії можна набагато краще пояснити за допомогою моделі конвеєрної течії, а оскільки холодна конвеєрна течія проявляється у формі хмарної спіралі – то в даному посібнику вона називається оклюзією по типу холодної конвеєрної течії.

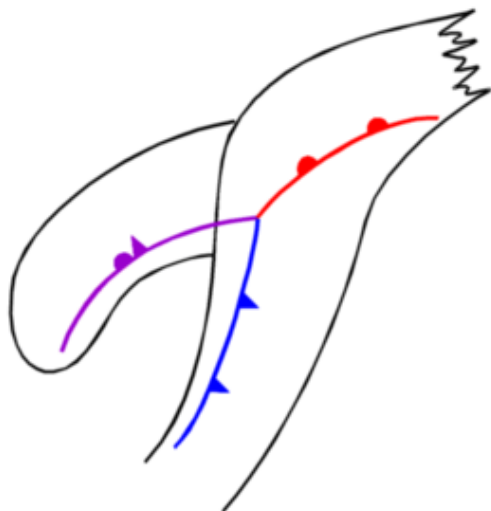


Схема оклюзії по типу холодної конвеєрної течії (Cold Conveyor Occlusion)

Модель конвеєрної стрічки/течії (Conveyor Belt model)

Холодна конвеєрна течія (можна ще вживати термін "Холодний конвеєрний потік") – The Cold Conveyor Belt

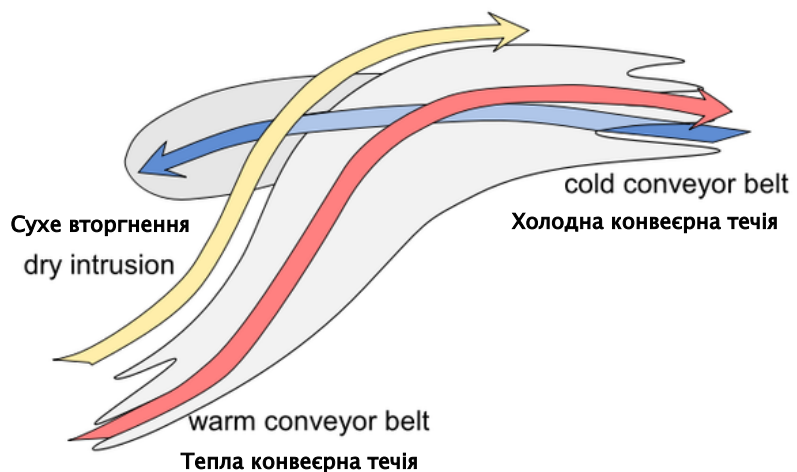
- Нижні рівні тропосфери характеризуються висхідним Холодним конвеєрним потоком, транспортує вологу та прохолодне повітря («холодніше» порівняно з Теплим конвеєрним потоком). Коли Холодний конвеєрний потік починає підніматися від нижчих шарів, здебільшого зі сходу на захід – то він знаходиться нижче Теплого конвеєрного потоку, поки не виходить із західної сторони та не утворює нижню хмарну спіраль оклюзії Холодного конвеєрного потоку.

Тепла конвеєрна течія (потік) – The Warm Conveyor Belt

- Середній і верхній рівні тропосфери характеризуються вологим і теплим повітрям у Теплій конвеєрній течії переважно на антициклонічній стороні струменя.
- Теплий конвеєр є паралельним хмарній смузі холодного фронту, а потім повертається антициклонічно паралельно хмарній смузі теплового фронту (це відмінність від типу оклюзії Теплої конвеєрної течії).

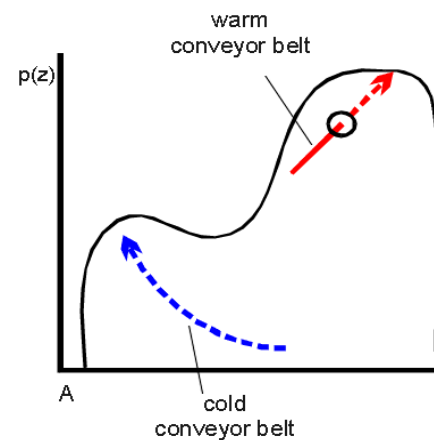
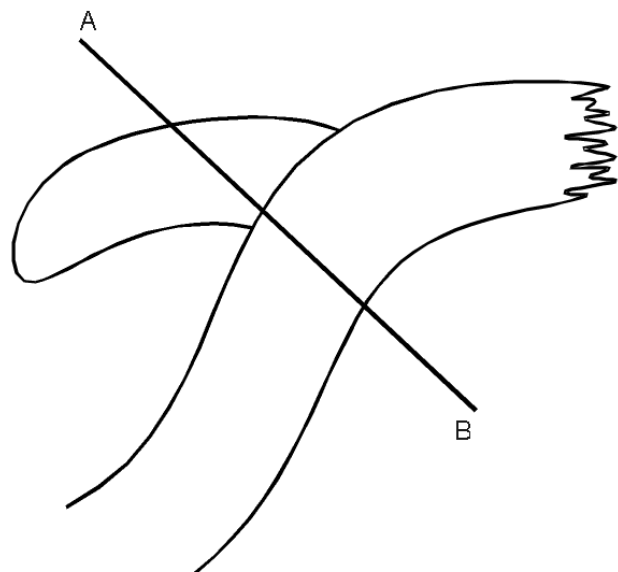
Сухе вторгнення – The Dry Intrusion

- Відносний потік сухого вторгнення перетинає спіраль хмари оклюзії, утворену Холодною конвеєрною течією на циклонічній стороні струменя на високих рівнях атмосфери. Ця ситуація обмежує розвиток там високої хмарності та призводить до типового вигляду на супутниковому зображенні.



Вертикальне відношення обох типів конвеєрних течій одна до одної.

Домінуючими потоками в цій ділянці є Холодна конвеєрна течія і Тепла конвеєрна течія.



Нижня хмарна спіраль розвивається у висхідній Холодній конвеєрній течії, тоді як хмарна смуга теплового фронту та холодного фронту визначається Теплою конвеєрною течією.

Ключові параметри

- **Абсолютний рельєф при 500 і 1000 гПа:**

Абсолютний рельєф при 1000 гПа характеризується низьким полем висоти в центрі спіралі хмари. При 500 гПа на пізнішому етапі розвитку утворюється висотна улоговина. Це головна відмінність від типу оклюзії Теплої конвеєрної течії, де замкнута циклонічна циркуляція вже існує на ранніх стадіях. Тому згодом Холодний тип конвеєрної течії часто змінюється на Теплий тип конвеєрної течії.

- **Еквівалентна товщина:**

Визначною особливістю є гребінь еквівалентної товщини, який є наслідком піднятого теплого повітря. У разі добре розвинених улоговин, можна спостерігати навіть спіральну структуру гребеня. Але є також ситуації, які відрізняються від чіткої структури гребеня. Добре розвинені форми оклюзій теплового фронту та оклюзій холодного фронту можуть призвести до більш вираженого градієнта товщини в області оклюзії. Це набагато краще видно у вертикальному перерізі.

- **Тепловий параметр фронту:**

Параметр теплового фронту здебільшого можна знайти поблизу тилової частини спіралі хмари. Але саме існування параметра фронту залежить від наявності вираженого градієнта температури.

- **Температурна адвекція:**

Вся хмарність оклюзії знаходиться під впливом теплої адвекції. Максимум теплої адвекції можна знайти в центрі спіралі хмари, переважно поблизу точки оклюзії. Нульова лінія температурної адвекції слідує за заднім краєм спіралі хмари оклюзії.

- **Нульова лінія зсувної завихреності при 300 гПа**

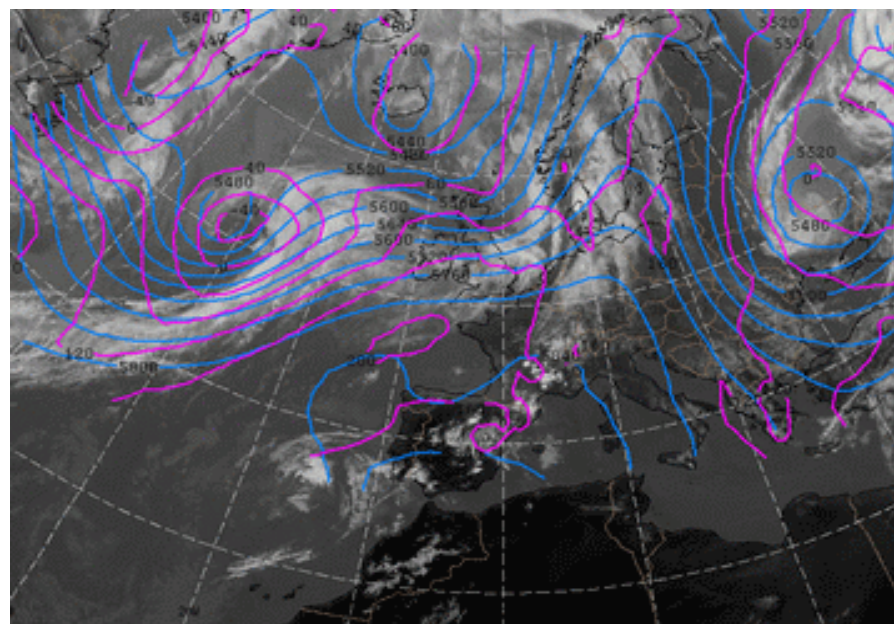
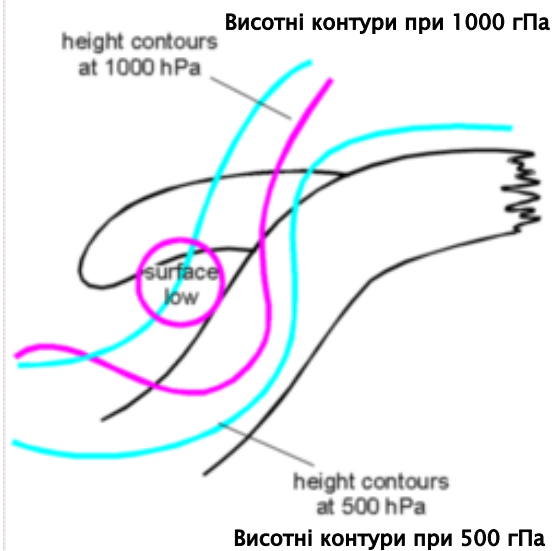
Нульова лінія зсувної завихреності, яка також вказує на вісь струменя, перетинає спіраль хмари в точці оклюзії.

- **Ізотахи при 300 гПа:**

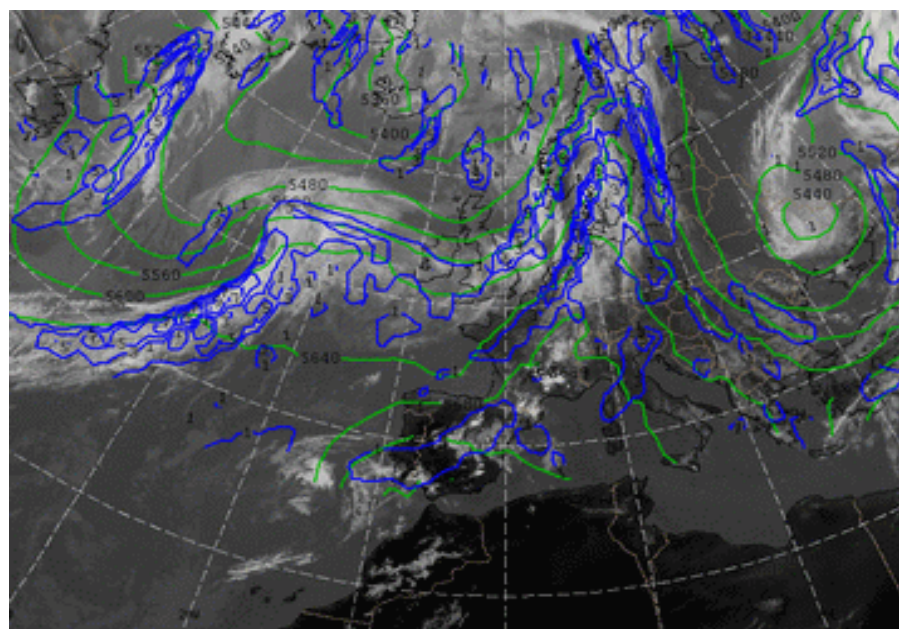
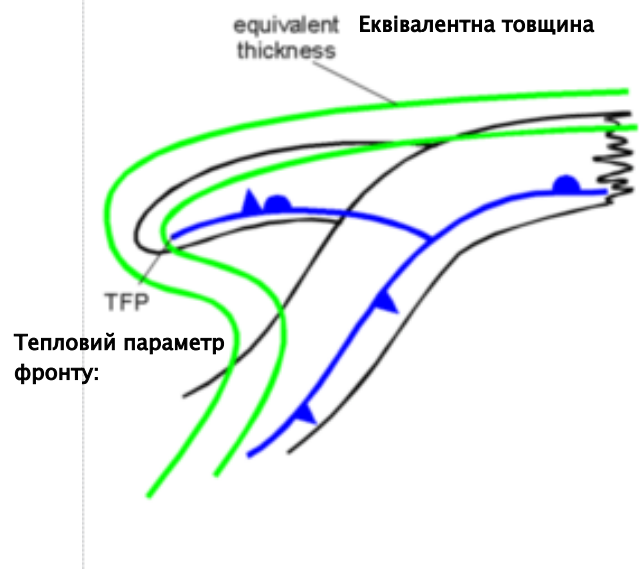
Вісь струменя перетинає фронтальну смугу хмари в області точки оклюзії, як описано вище. Якщо існує добре розвинена смуга струменя – то на супутниковому зображенні можна спостерігати структуровані (у формі осередків) холодні вершини хмар.

- **Адвекція завихреності при 500 гПа та 300 гПа:**

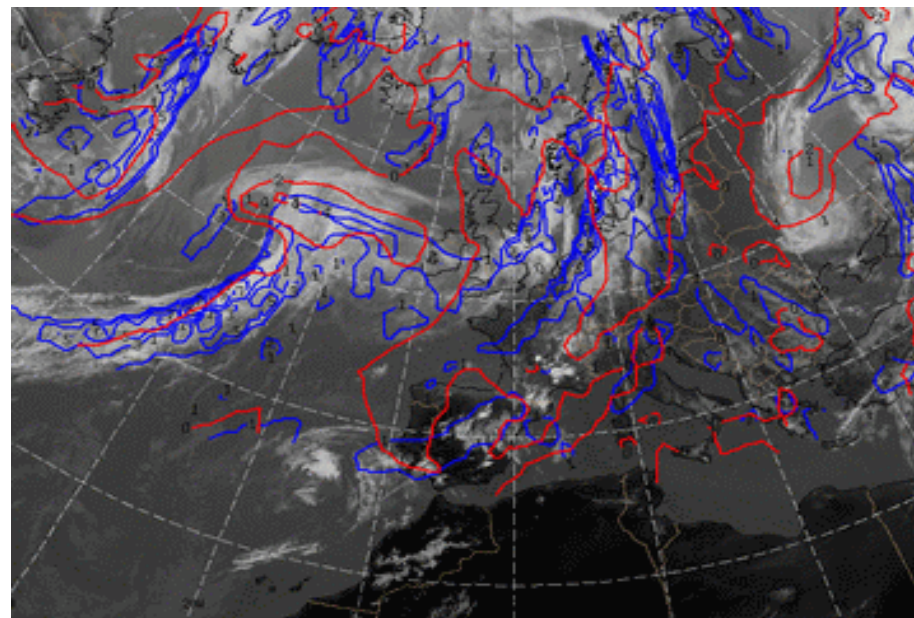
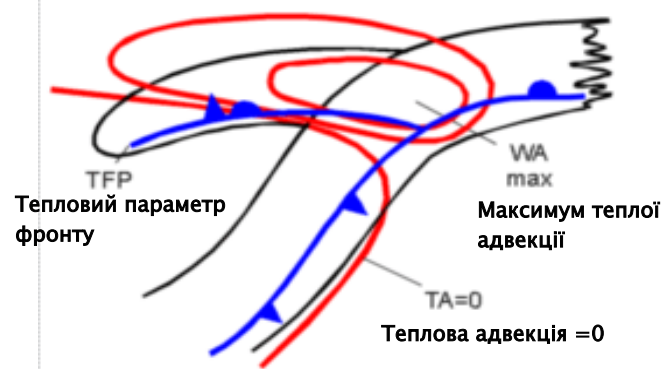
Максимум адвекції завихреності дуже часто розташований у лівій області виходу смуги струменя.



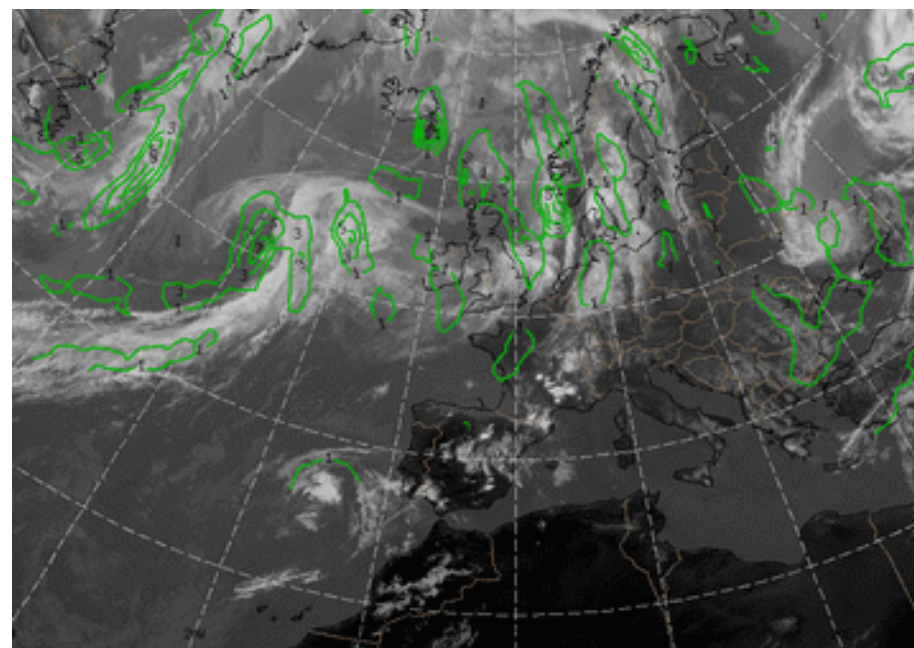
21 червня 2005/12.00 UTC – зображення Meteosat 8 IR 10.8;
рожеві лінії – контури висоти при 1000 гПа, блакитні лінії – контури висоти при 500 гПа.



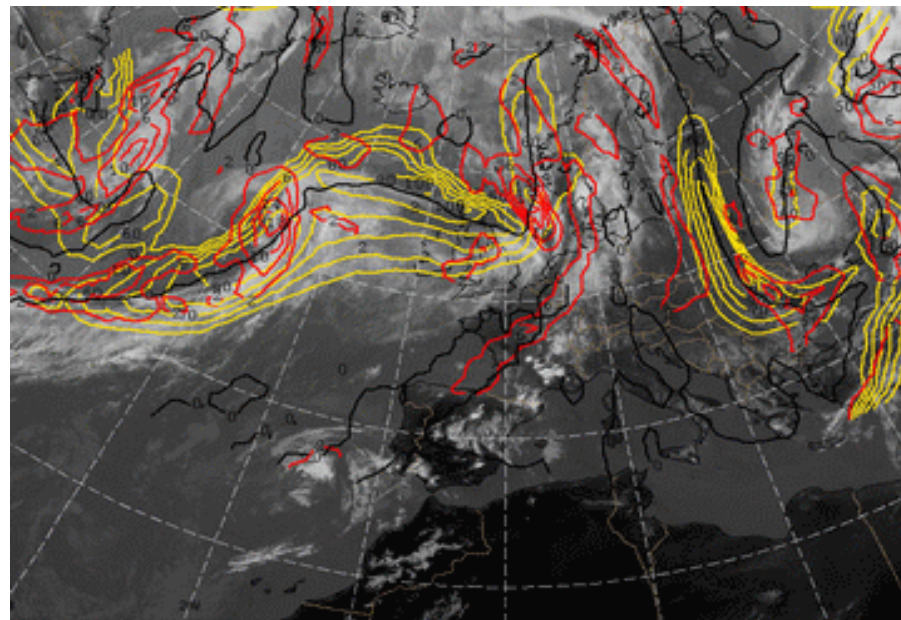
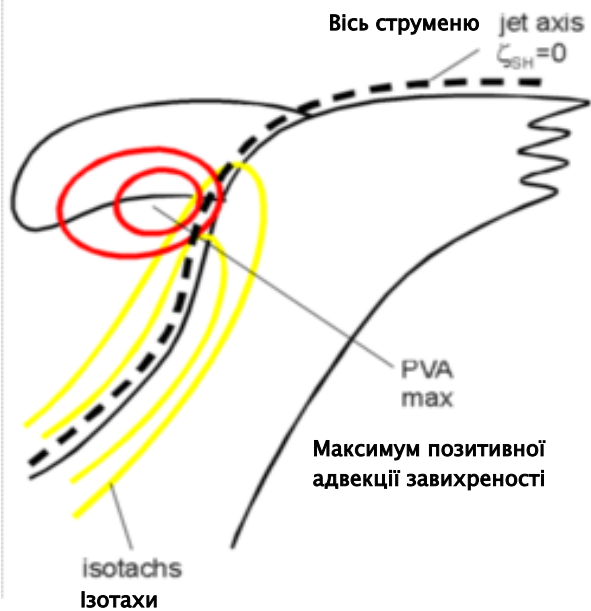
21 червня 2005/12.00 UTC – зображення Meteosat 8 IR 10.8;
сині лінії – тепловий параметр фронту при 500/850 гПа; зелені лінії – еквівалентна товщина при 500/1000 гПа.



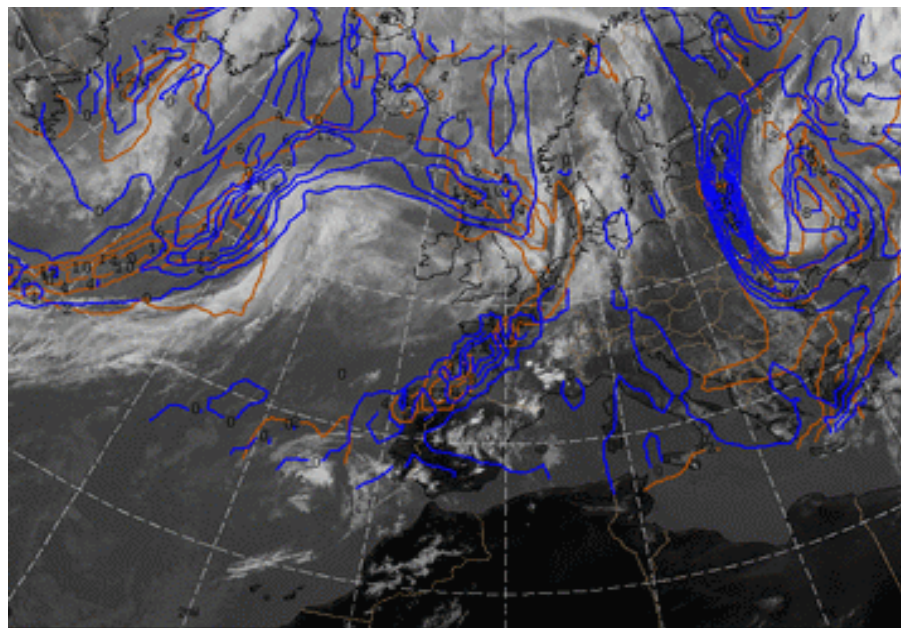
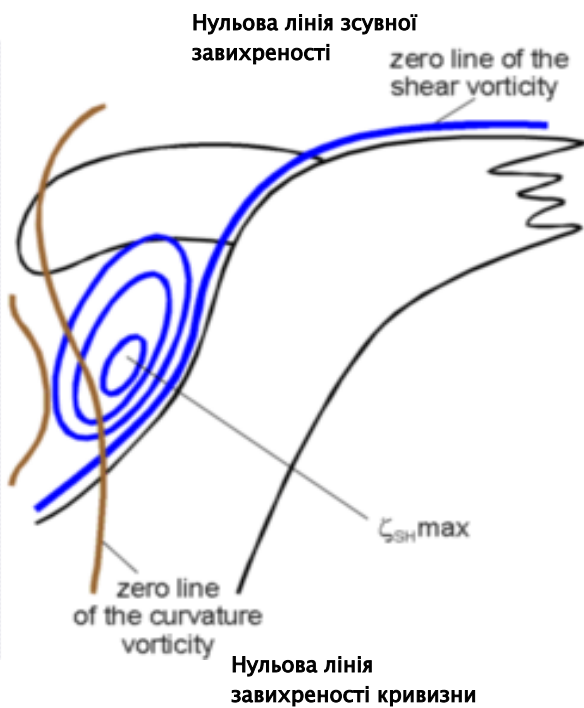
21 червня 2005/12.00 UTC – зображення Meteosat 8 IR 10.8; сині лінії – тепловий параметр фронту при 500/850 гПа, червоні лінії – тепла адвекція при 500/1000 гПа.



21 червня 2005/12.00 UTC – зображення Meteosat 8 IR 10.8; зелені лінії – позитивна адвекція завихреності (PVA) при 500 гПа.



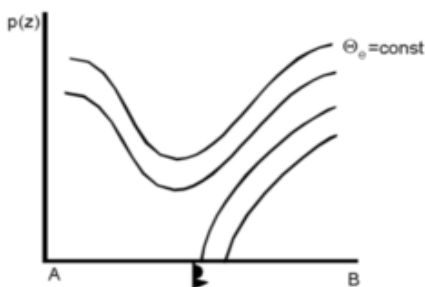
21 червня 2005/12.00 UTC – зображення Meteosat 8 IR 10.8; жовті лінії – ізотахи при 300 гПа, чорні лінії – нульова лінія зсувної завихреності при 300 гПа, червоні лінії – позитивна адвекція завихреності (PVA) при 300 гПа.



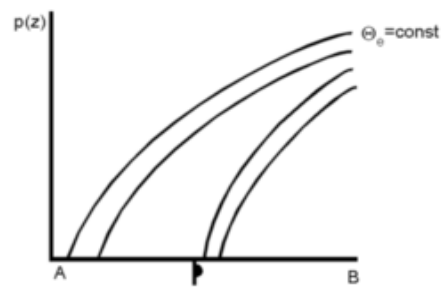
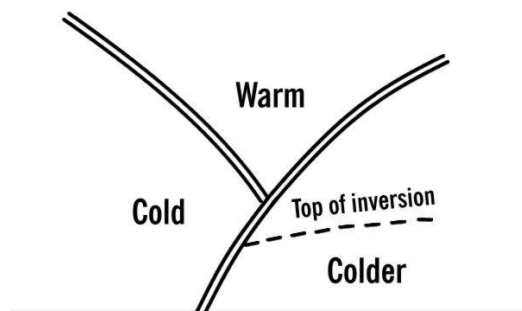
21 червня 2005/12.00 UTC – зображення Meteosat 8 IR 10.8; сині лінії – зсувна завихреність при 300 гПа, коричневі лінії – завихреність кривизни при 300 гПа.

Типовий зовнішній вигляд у вертикальних поперечних перерізах атмосфери

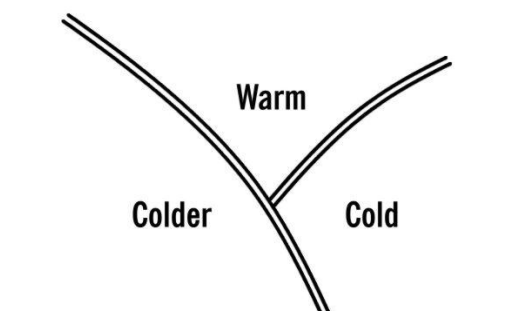
Жодної суттєвої різниці в конфігурації параметрів чисельних моделей у вертикальних поперечних перерізах між теплим і холодним типом конвеєрних течій не виявлено. Ізентропи еквівалентної потенційної температури зазвичай показують чітку структуру улоговини, яка вказує на те, що тепліше повітря було піднято і також зону скупчення ліній приземного фронту. У цьому випадку висотна улоговина нахилена вперед по висоті. Різницю між поперечним перерізом хмарної смуги оклюзії та хмарної смуги теплового фронту можна побачити в шарі над поверхнею теплового фронту: у випадку теплового фронту, конфігурації ізентропічної улоговини не існує.



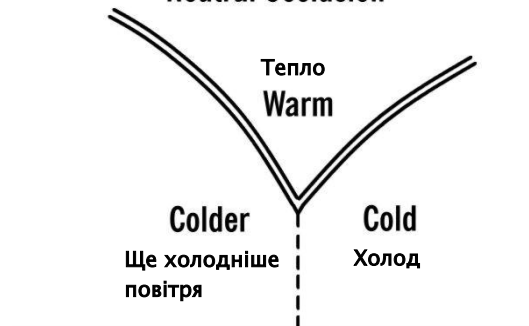
Тепла оклюзія
Warm Occlusion



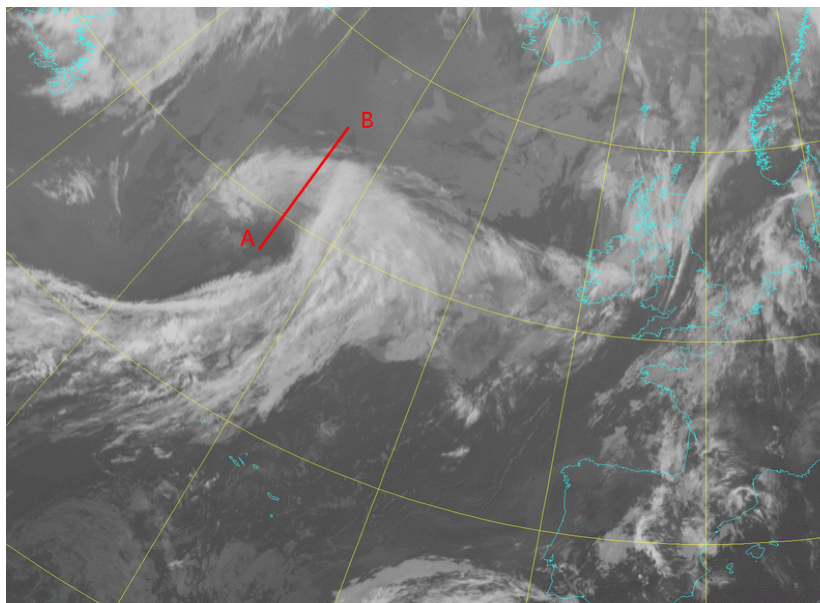
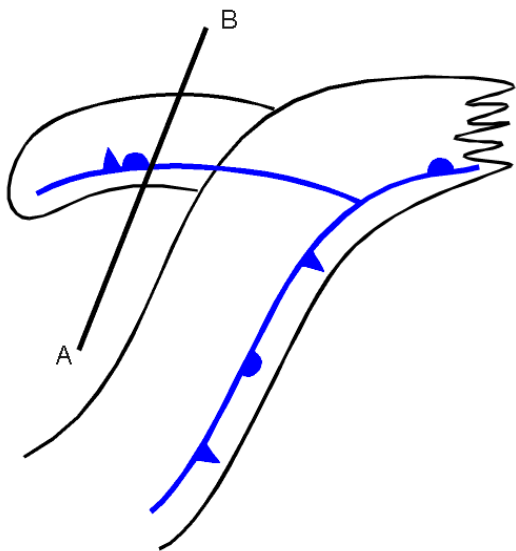
Холодна оклюзія
Cold Occlusion



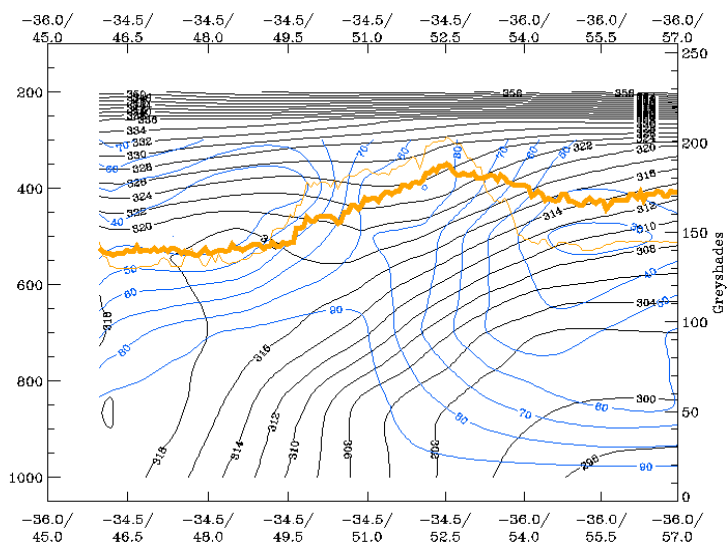
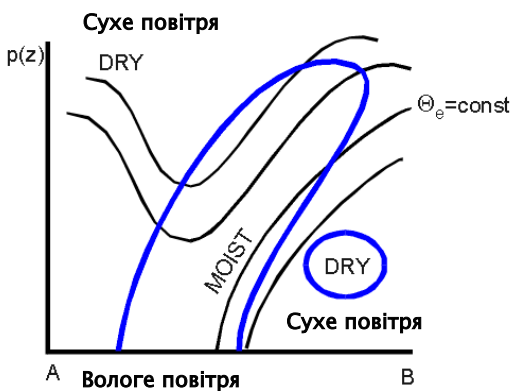
Нейтральна оклюзія
Neutral Occlusion



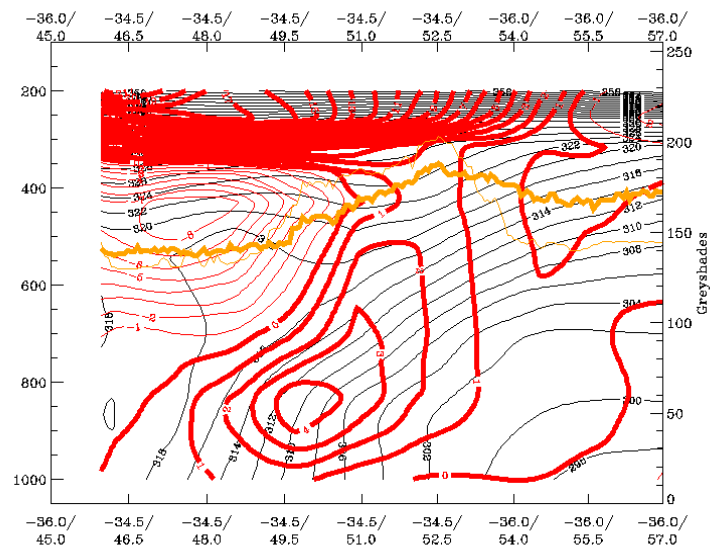
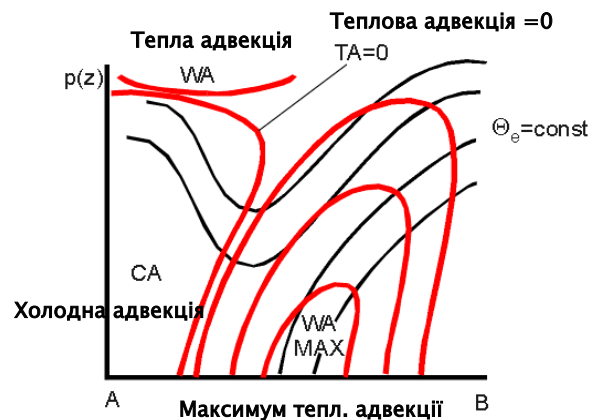
Оклюзію умовно поділяють на три підтипи: Тепла оклюзія, Холодна оклюзія та Нейтральна оклюзія.



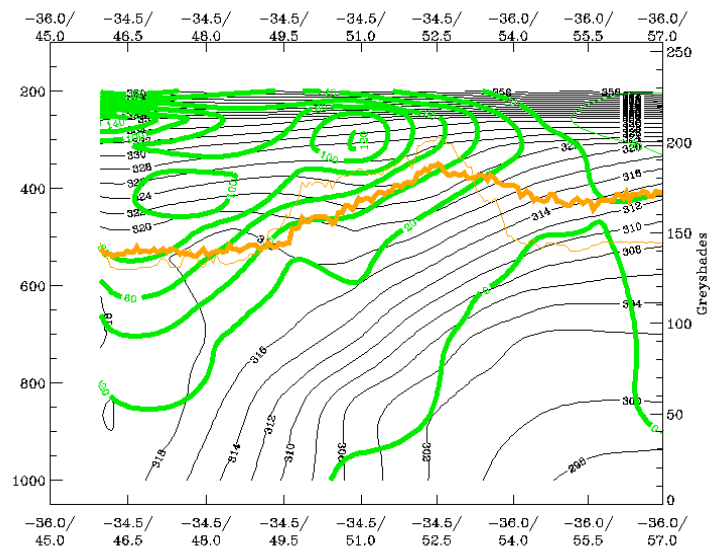
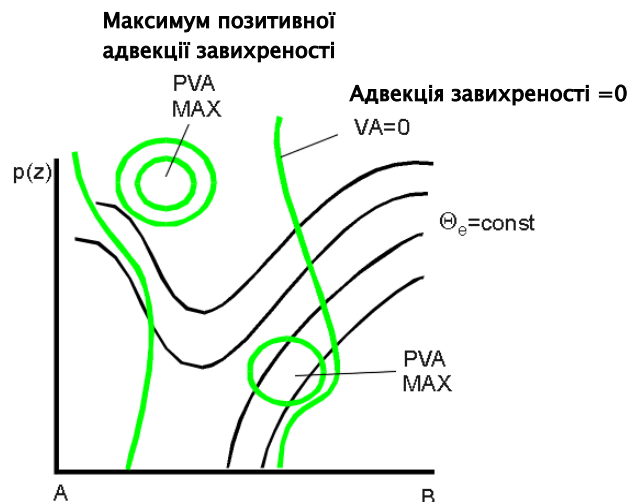
21 червня 2005/00.00 UTC – зображення Meteosat 8 IR 10.8; вказано положення вертикального перерізу.



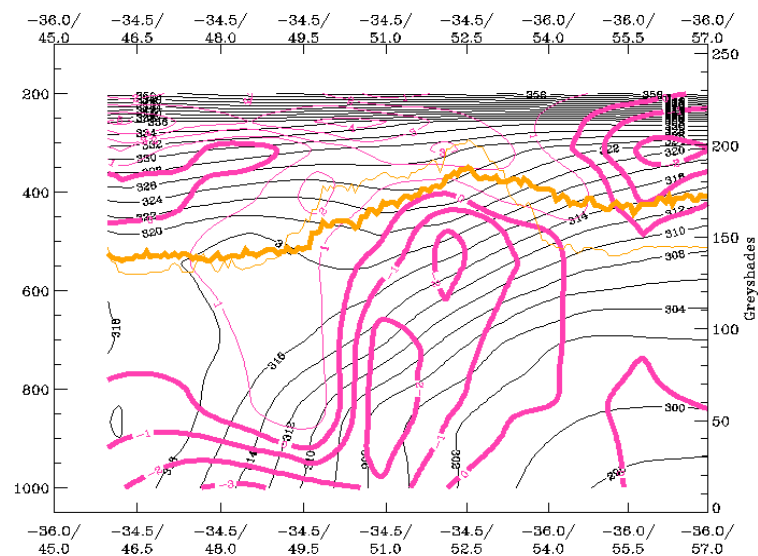
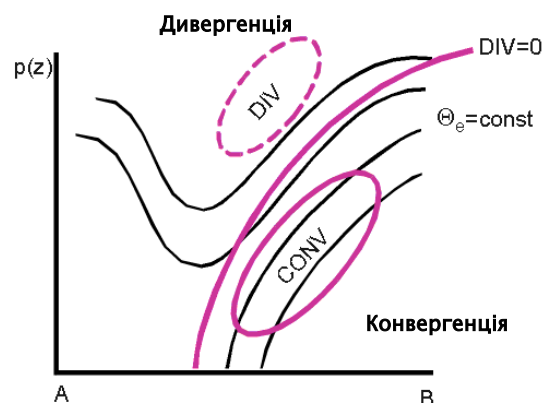
21 червня 2005/00.00 UTC – вертикальний переріз; чорні лінії – ізентропи (Θ_e); сині лінії – відносна вологість; помаранчева тонка лінія – значення пікселів IIR; помаранчева товста лінія – значення пікселів WV.



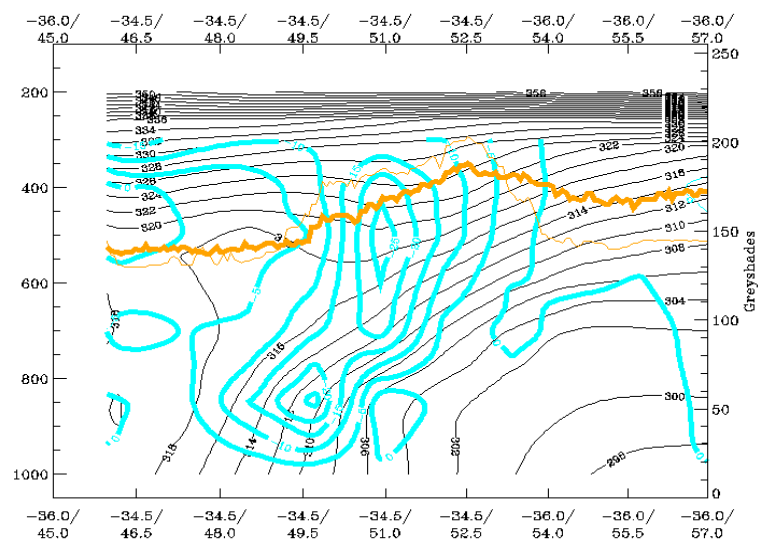
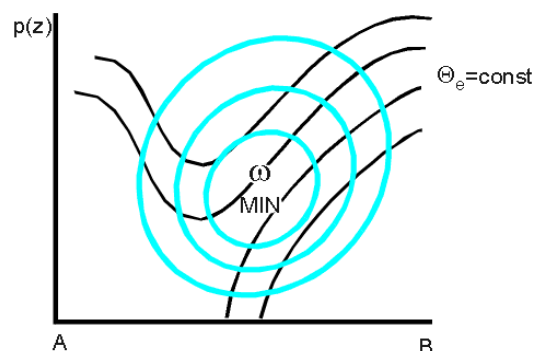
21 червня 2005/00.00 UTC – вертикальний переріз; чорні лінії – ізентропи (ThetaE), червоні товсті лінії – температурна тепла адвекція, червоні тонкі лінії – температурна холодна адвекція, оранжева тонка лінія – значення пікселів IR, помаранчева товста лінія – значення пікселів WV.



21 червня 2005/00.00 UTC – вертикальний переріз; чорні лінії – ізентропи (ThetaE), зелені товсті лінії – позитивна адвекція завихреності (PVA), зелені тонкі лінії – негативна адвекція завихреності (NVA), помаранчева тонка лінія – значення пікселів IR, помаранчева товста лінія – значення пікселів WV.



21 червня 2005/00.00 UTC – вертикальний переріз; чорні лінії – ізентропи (Θ_e), тонкі рожеві лінії – дивергенція, товсті рожеві лінії – конвергенція, тонка помаранчева лінія – значення пікселів R, товста помаранчева лінія – значення пікселів WV.



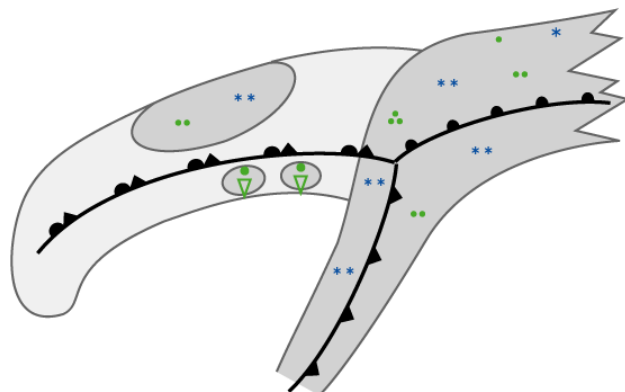
21 червня 2005/00.00 UTC – вертикальний переріз; чорні лінії – ізентропи (Θ_e), блакитні товсті лінії – вертикальний рух (ω) – рух вгору, блакитні тонкі лінії – вертикальний рух (ω) – рух вниз, помаранчева тонка лінія – значення IR пікселів, помаранчева товста лінія – значення пікселів WV.

Ізентропи демонструють зону скупчення, подібну до теплового фронту з нестабільною поведінкою в нижніх рівнях тропосфери та ізентропічною конфігурацією улоговини, яка нахилена вперед. Високі значення вологості можна знайти у передній частині улоговини, мінімуми вологості в межах зони скупчення теплового фронту приблизно при 500 гПа та в тилівій частині хмарності оклюзії приблизно при 300 гПа. Поле температурної адвекції показує сильну теплу адвекцію в передній частині оклюзії та сильну холодну адвекцію в тилівій частині оклюзії. Нульова лінія в нижніх і середніх рівнях тропосфери має нахил вперед, що призводить до розвитку потенційно нестабільної стратифікації тропосфери. Основною особливістю в області дивергенції є виражена зона конвергенції в нижніх шарах улоговини оклюзії, яка простягається вгору в теплому фронті – як зона скупчення. Над цією зоною можна виявити виражену дивергенцію. Поле омеги показує сильний висхідний рух у всій області оклюзії.

Синоптичні ситуації та явища

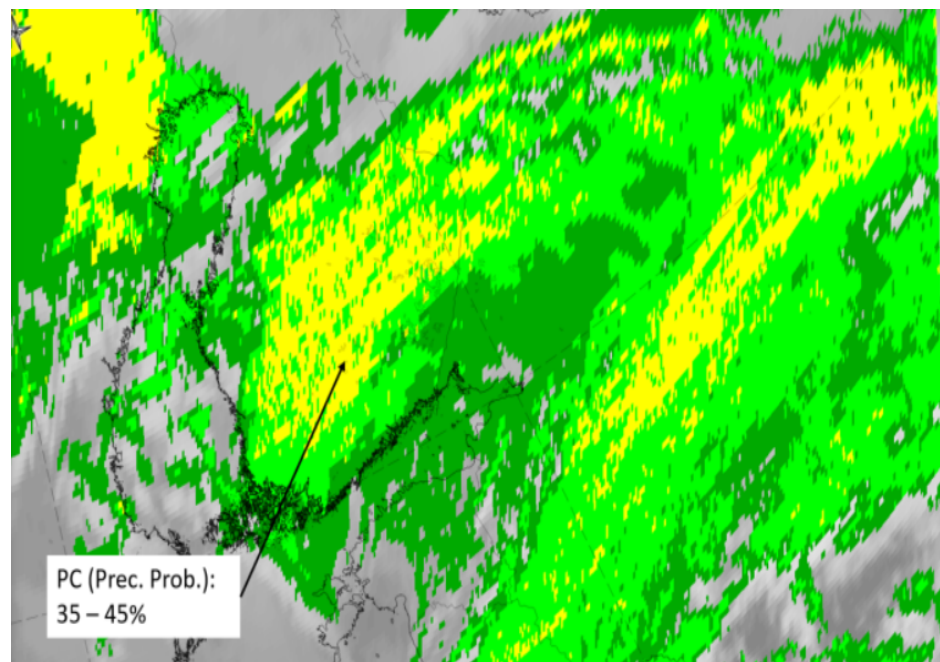
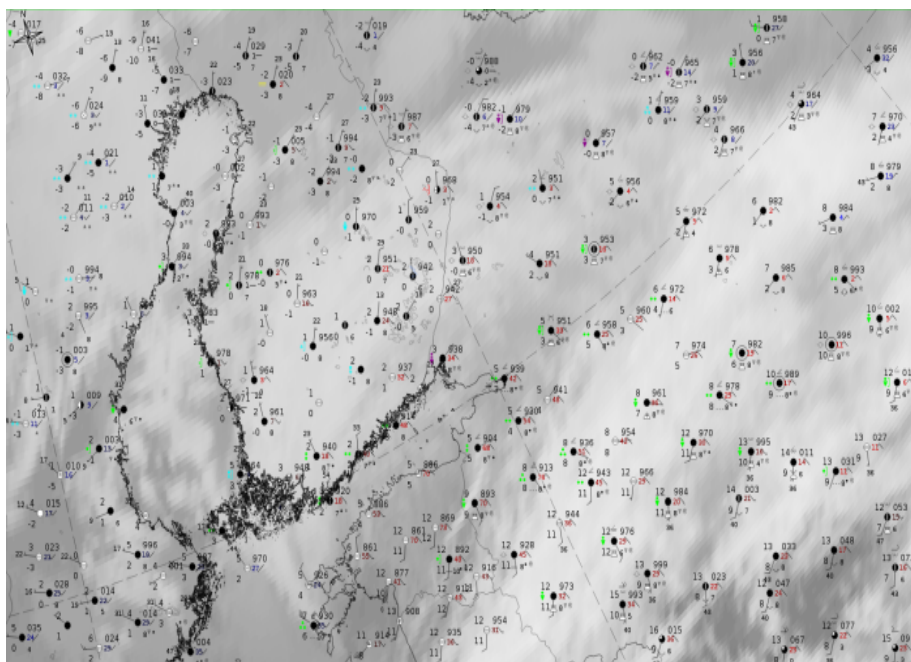
Параметр	Опис
Опади	<ul style="list-style-type: none"> • Інтенсивні опади в межах оклюзії і особливо перед точкою оклюзії. • Смуги дощу зазвичай орієнтовані паралельно до оклюдованого фронту (шириною 5–10 км).
Температура	<ul style="list-style-type: none"> • Підвищення температури, пов'язане з проходженням вторинної оклюзії.
Вітер (в тому числі пориви)	<ul style="list-style-type: none"> • Сильні вітри циркулюють навколо вторинного вихору; поворот вітру пов'язаний з проходженням вторинної оклюзії.
Інша відповідна інформація	<ul style="list-style-type: none"> • Тилова частина спіралі хмари (знаходиться близько до точки оклюзії), яка часто розташована ліворуч від області виходу струменя, є достатньо розвиненою для початку конвективних процесів, внаслідок потенційно нестабільної тропосфери.

OCCUSION: COLD CONVEYOR BELT TYPE



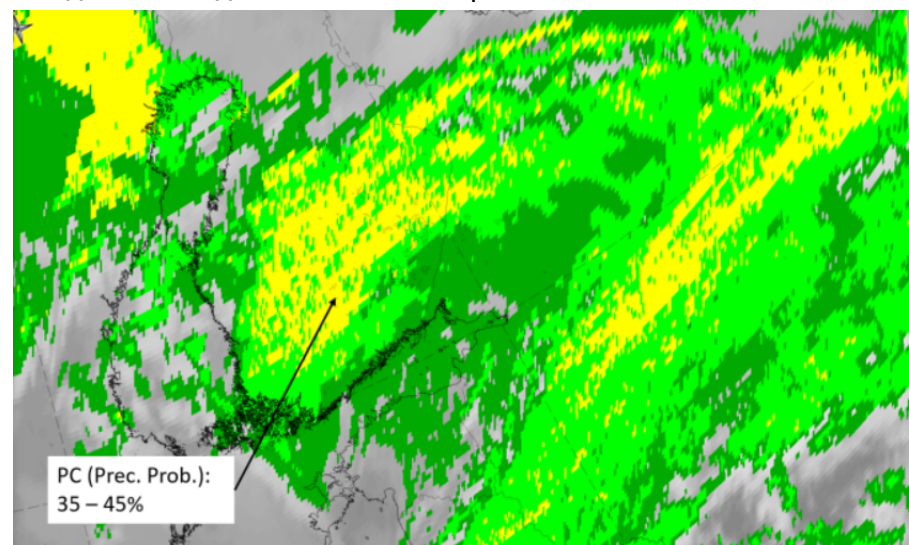
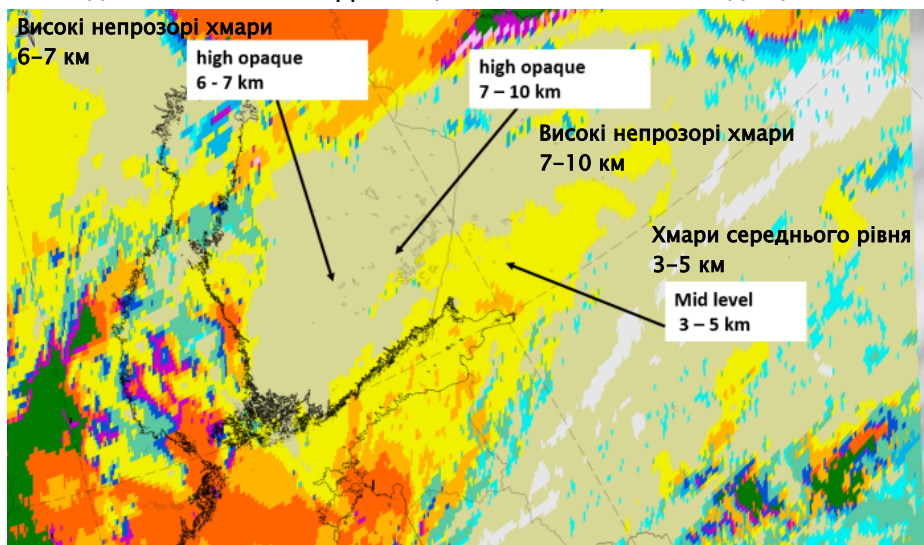
~ 100 km

Оклюдія: Тип Холодної Конвеєрної Стрічки/Течії

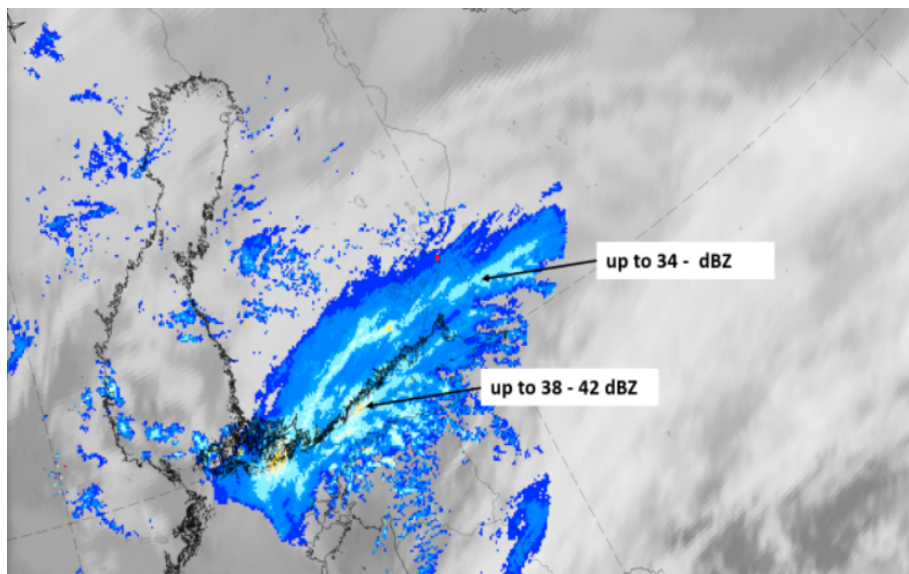
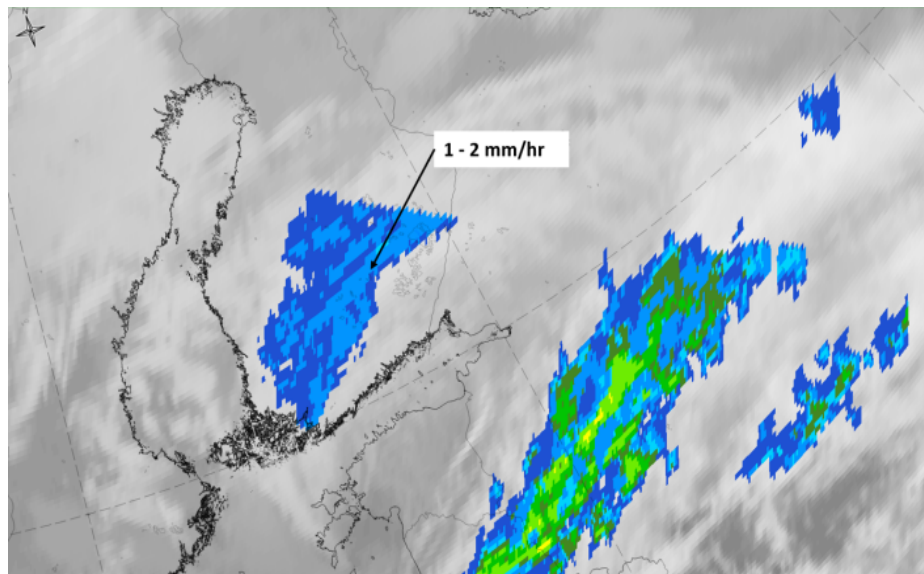


27 жовтня 2019 р., 12 UTC: IR + синоптичні вимірювання (зліва); продукт NWCSAF "Ймовірність помірного дощу" (справа).

В даному випадку, синоптичні вимірювання дуже добре відповідають схемі ідеальної ситуації. Багато станцій повідомляють про опади, але вища інтенсивність опадів спостерігається більше в ділянці холодного та теплового фронтів, ніж у спіралі оклюзії. Повідомлення про зливові опади та формування купчасто-дощових хмар пов'язані зі спіраллю холодної конвеєрної течії, яка є найближчою до межі холодного та теплового фронтів, а менш інтенсивний дощ пов'язаний із південно-західною частиною спіралі оклюзії.



27 жовтня 2019, 12 UTC, Cloud Type (продукт NWCSAF) – зліва, Cloud Top Height (продукт NWCSAF) – справа.



27 жовтня 2019, 12 UTC, Convective Rainfall Rate (продукт NWCSAF) – зліва, радіолокаційна інтенсивність від радіолокаційної системи Орега (справа).