МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни „Мезометеорологія та наукастинг”

ТЕХНОЛОГІЯ НАУКАСТИНГУ

Одеса-2012

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни „Мезометеорологія та наукастинг”

ТЕХНОЛОГІЯ НАУКАСТИНГУ

для студентів V курсу
Напрям підготовки – гідрометеорологія
Спеціальність – метеорологія (8.070601)

Затверджено
методичною комісією ГМІ
протокол №___ від _____

Одеса-2012

Методичні вказівки до практичних робіт з дисципліни “Мезометеорологія та наукастинг” за темою „Технологія наукастингу” для студентів V курсу денної форми навчання за спеціальністю “Метеорологія”, рівень підготовки - магістр / укладач Семенова І.Г. – Одеса: ОДЕКУ, 2012. - 40 с., укр.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни „Мезометеорологія та наукастинг”

ТЕХНОЛОГІЯ НАУКАСТИНГУ

Укладач: Семенова Інна Георгіївна, к. геогр. н., доцент

Електронна версія © Семенова І.Г. Технологія наукастингу

Підписано до друку_____ Формат 60х84/16 Папір офсетний
Умовн.друк.арк. _____ Тираж __ прим. Зам. № _____

Надруковано з готових оригінал-макетів

Одеський державний екологічний університет
65016, Одеса, вул. Львівська, 15

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ
Одеський державний екологічний університет

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних робіт з дисципліни „Мезометеорологія та наукастинг”

ТЕХНОЛОГІЯ НАУКАСТИНГУ

для студентів V курсу
Напрям підготовки – гідрометеорологія
Спеціальність – метеорологія (8.070601)

Затверджено
на засіданні методичної комісії ГМІ
протокол №___ від _____
Голова методкомісії
_____М.П. Єхніч

Узгоджено
Декан магістерської та аспірантської підготовки
_____Г.О.Боровська

Затверджено
на засіданні кафедри теоретичної метеорології та мет прогнозів
протокол №___ від _____
Зав. кафедрою
_____Г.П. Івус

Одеса-2012

ЗМІСТ

Стор.

Вступ 4
1 Поняття та методи наукастингу 5
1.1 Основні визначення 5
1.2 Системи моніторингу та попереджень 6
1.3 Приклади систем попередження 8
1.4 Системи наукастингу 10
2 Продукти для наукастингу 15
2.1 Cloud Products – Продукти по хмарності 16
2.2 Precipitation and Convection Products – Продукти по опадах та конвекції 20
2.3 Clear Air Products Physical Retrieval – продукти, отримані при ясному небі з фізичним відновленням 24
2.4 Conceptual Model and Winds Products – Концептуальні моделі та продукти по вітру 26
3 Європейський експеримент прогнозу штормів ESTOFEX 31
4 Порядок проведення практичних занять 35
4.1 Ознайомлення з продуктами наукастингу NWC SAF 35
4.2 Робота з продуктами наукастингу NWC SAF 36
4.3 Робота з прогностичними продуктами ESTOFEX та базою ESWD 38
Список літератури 39

ВСТУП

Дисципліна "Мезометеорологія та наукастинг" є складовою частиною державного стандарту освіти на рівні магістра з напряму підготовки "Гідрометеорологія" за спеціальністю 8.070601 - “Метеорологія”. Дисципліна належить до професійно-орієнтованих та входить до вибіркової частини ОПП магістра.

Дисципліна "Мезометеорологія та наукастинг" базується на знаннях студентів, одержаних при вивченні дисциплін: "Синоптична метеорологія", "Супутникова метеорологія", "Фізика атмосфери", "Аерокосмічні методи дослідження атмосфери”.

Практичні заняття на тему „Технологія наукастингу” ґрунтуються на кількісних методиках оцінки стану атмосфери з використанням систем моніторингу та прогнозування метеорологічних явищ з високою роздільною здатністю на дуже короткі строки (до двох годин). Виконання практичних завдань передбачає використання Інтернет-мережі з метою ознайомлення та отримання прогностичних продуктів, розроблених спеціально для забезпечення цілей наукастингу, для розв’язання задач діагнозу та прогнозу атмосферних процесів мезомасштабу, що обумовлюють складні погодні умови, зокрема конвективних процесів.

Мета практичних занять - ознайомитися з існуючими продуктами наукастингу, провести відбір необхідних даних (продуктів наукастингу, чисельного моделювання, поточних наземних, супутникових, радіолокаційних спостережень тощо) для прогнозу погоди на найближчу годину дати описання метеорологічних умов та скласти прогноз погоди по обраному пункту.

За результатами виконання практичних занять студенти повинні:

- **знати** теоретичні основи технології наукастингу, основні види продуктів наукастингу та принципи побудови надкороткострокових прогнозів погоди;

- **вміти** орієнтуватися в вихідній інформації для наукастингу та обирати необхідні дані для поточної погодної ситуації.

Практичні заняття виконуються згідно з робочим навчальним планом аудиторних практичних занять.

1 ПОНЯТТЯ ТА МЕТОДИ НАУКАСТИНГУ

1.1 Основні визначення

На сьогодні в багатьох країнах світу особливого значення набуває розвиток систем прогнозування погоди на близькі строки у зв'язку із зростанням попиту на такого роду прогностичну продукцію.

Прогнозування із завчасністю до 12 годин називається *надкороткостроковим*.

Прогнозування із завчасністю від 0 до 2 годин називається *«наукастинг»* або *поточне прогнозування (прогноз поточної погоди)*.

Термін «наукастинг» був введений Браунінгом К.А. в 1982 р., та мав на увазі детальний опис поточної погоди та прогноз на строк до 2 годин екстраполяційними методами. Слово «nowcasting» походить від англійського «forecasting» (прогноз), в якому префікс fore, що позначає деякий час в майбутньому, замінюється на префікс now, що позначає найближче майбутнє.

Об'єктом поточного прогнозування є локальна погода, тобто спостережувана в якомусь конкретному місці (аеропорт, район міста, ділянка автодороги тощо). Технологія наукастингу вперше була розроблена для обслуговування аеронавтики. Наразі наукастинг також застосовується для обслуговування морських та озерних рекреаційних зон, спортивних змагань, зон пожеж та повеней, забруднених районів, промислових територій видобутку нафти, будівництва, зон військових дій тощо.

Локальна погода формується під впливом мезомасштабных процесів або мезомасштабных особливостей об'єктів синоптичного масштабу. В реальних умовах період використання екстраполяційних процедур може збільшуватися або скорочуватися в залежності від характерного життєвого циклу та еволюції прогнозованої системи погоди, тому в деяких випадках в понятті „наукастинг" передбачають прогнозування на строк до 3 або навіть 6 годин.

В залежності від прогнозованого явища наукастинг покриває просторові масштаби від мікро-α (сотні метрів до 2 км) до мезо-α (200-2000 км). Часовий масштаб коливається від декількох хвилин до 12 год та більше.

Наукастинг базується на даних спостережень, тому ця технологія добре розвинута в країнах з забезпеченою мережею радарних спостережень. Країни, що розвиваються, будують систему наукастингу перш за все на даних супутникового аналізу та чисельних моделей прогнозу погоди.

Технологія наукастингу може бути застосована для прогнозування багатьох явищ:

- конвективні шторми та явища, що їх супроводжують;

- мезомасштабні особливості, що пов'язані з позатропичними та тропічними штормами;
- тумани та низька хмарність;
- локальне посилення опадів;
- піщані та пилові бурі;
- погода зимового сезону (ожеледь, намерзання, близарди, лавини);
- зони пожеж та забруднені області.

Наукастинг є потужним інструментом для вирішення наступних задач:

– зниження фатальних ризиків та пошкоджень внаслідок погодних умов;

– зниження пошкоджень майна у приватному, суспільному та індустріальному секторах;

– підвищення ефективності промисловості, транспортних перевезень і сільського господарства.

1.2 Системи моніторингу та попереджень

Основні вимоги до спостережень для наукастинга – це частий моніторинг положення, інтенсивності, переміщення та еволюції об'єкта спостереження (явища).

При цьому важливими елементами погоди є:

а) хмарність та опади,

б) приземні зміни тиску, температури, вітру, вологості, поточна погода та сума опадів (або сніговий покрив);

в) тривимірне поле вітру;

г тривимірне поле вологості;

д) тривимірне поле температури.

Метеорологічні супутникові спостереження є найбільш зручними для якісного моніторингу виникнення та розвитку опадів, що генеруються системами різних просторово-часових масштабів. Для наукастингу оптимальними є частота знімків інтервалом 1 хвилина, але вони представляються не всіма геостаціонарними супутниками.

Прогнози наукастингу ґрунтуються на 4-х компонентах:

1) дані спостережень та системи моніторингу;
2) чисельний прогноз погоди;
3) концептуальні моделі;
4) ситуативне сприйняття.

При визначенні ефективності систем спостережень пред'являються певні вимоги до *даних спостережень* у поверхні Землі та на висотах. Вони включають достатню доступність даних по температурі, вітру, тиску, так як

висока просторова та часова роздільна здатність цих даних покращує діагноз та прогноз погоди.

Мережа спостережень повинна забезпечувати необхідні параметри спостережень для кожного явища в реальному часі та ближньому реальному часі. Якість та покриття вихідних даних повинно забезпечуватися тривалими спостереженнями в оперативному режимі.

Основними джерелами надходження вихідних даних є: наземні спостережні станції, зондування атмосфери, метеорологічні радари та метеорологічні супутники як основа моніторингу погодних умов з особливо несприятливою дією, таких як тропічні циклони, сильні зливи, грози, торнадо.

Для підтримки розвитку досліджень про небезпечні явища дані повинні архівуватися в оперативному режимі для наступного вивчення. Також отримані дані спостережень звичайно вводяться в *чисельні моделі прогнозу* погоди, які обчислюються крупними метеорологічними центрами та розповсюджуються по каналах зв'язку, наприклад, через Інтернет.

Концептуальні моделі можуть будуватися на об'єднанні даних спостережень і рекомендацій чисельних моделей для побудови рішення про поточні та наступні погодні умови. Наприклад, ідентифікація умов, сприятливих для небезпечного накопичення льоду на поверхні через замерзання дощу потребує даних спостережень, чисельних моделей і правильної інтерпретації концептуальної моделі. Так, звичайно, метеоролог помітить, якщо температура в сильному дощу буде опускатися нижче прогнозованої в попередній строк температури замерзання, тобто умови будуть ставати більш сприятливими для небезпечного накопичення льоду на поверхнях.

Ситуативне сприйняття є тією суб'єктивною ланкою, яка об'єднує різноманітні дані спостережень, чисельних моделей та концептуальних моделей, якими оперує метеоролог, та дозволяє йому пристосувати отриманні знання в реальному масштабі часу. Метеоролог повинен бути навчений швидко та критично оцінити ситуацію, що базувалась на певній моделі, але змінилася в часі за даними нових спостережень, та сформулювати іншу модель, що дасть змогу завчасно виправити та передати прогноз або застереження.

Системи попередження. Ефективні попередження є головною частиною системи раннього попередження. Вони повинні базуватися на аналізі даних спостережень і чисельному моделюванні з використанням наукової методології. Міжнародні стандарти якості даних і продуктів попередження повинні бути по можливості адаптовані. Продукти чисельного моделювання і технології наукастингу повинні ставати більш доступними для систем

прогнозування та попередження. Технічна можливість в передбаченні та попередженні також будується на підготовці персоналу і наукових дослідженнях завдяки співробітництву і різноманітним програмам ВМО.

Ефективність роботи будь-якої системи раннього попередження невід'ємно пов'язана з можливостями розповсюдження інформації. *Засоби комунікації і розповсюдження* інформації повинні покривати значну частину населення. Вони можуть здійснюватися в різних форматах (текст, графіка, аудіо) та в широкій медіа-мережі (радіо, телебачення, Інтернет, мобільні телефони, сирени, візуальні сигнали і навіть бігуча строчка в суспільних місцях). Попередження повинні передаватися одночасно з максимально можливою завчасністю по більшості каналів. Ключовою задачею системи наукастингу є швидке пристосування до комунікаційних технологій, що змінюються, адже люди чекають надходження попереджень про небезпечні явища на різноманітні нові технічні платформи (смартфони, планшети та ін.), а також в соціальні Інтернет-мережі.

Засоби попередження повинні бути добре відомі всім споживачам та містити різного роду канали, що пересікаються, що зменшує ризик неприйняття попереджень різними користувачами.

Для того, щоб системи раннього сповіщення зменшували ризик природних катастроф, суспільство повинно бути підготовленим для дій, які слід зробити у відповідь на попередження, що надійшло. Підготовленість суспільства для реагування на попередження збільшується шляхом загальної освіти. Людей треба знайомити з можливою небезпекою та ризиками, каналами розповсюдження попереджень та необхідною реакцією, яку треба проявити для скорочення збитків. Важливим механізмом впливу на людей є виступи та інтерв'ю авторитетних представників метеослужб. На випадок стихійних явищ повинен бути розроблений план реагування населення. Для випробовування системи попередження та механізму реагування суспільства повинні проводитися регулярні випробування та тренування.

1.3 Приклади систем попередження

Система попередження Гонконгу.

Гонконг – це метрополіс, в якому мешкають 7 млн. жителів. В місці знаходження метрополісу спостерігаються часті випадки тропічних циклонів та тропічних злив. Циклони супроводжуються сильними поривчастими вітрами, що досягають ураганної сили, та стрімкими зливами, що призводять до затоплення міста. В середньому, в Гонконгу спостерігається 6 тропічних циклонів на рік. Звичайно в день реєструється не більше 100 мм опадів, що

пов'язані з тропічним циклоном або мусоном, але нерідко виникають ситуації, що призводять до повеней.

В Гонконгу функціонує сигнальна система попередження про тропічні циклони, яка оповіщає населення про силу вітру, пов'язану з ураганом. Система містить 5 рівнів по зростанню сили вітру. Сигнал № 1 застосовується, коли тропічний циклон знаходиться на відстані ≤ 800 км від Гонконгу та може вплинути на територію в подальшому. Сигнали № 3 та № 8 попереджують населення про сильні пориви або штормовий вітер на території. Сигнал № 9 говорить про посилення штормового вітру, а сигнал № 10 попереджає про посилення ураганного вітру. Коли застосовується сигнал № 8, Гонконгська обсерваторія рекомендує людям залишатися вдома або повертатися додому. Вся активність в місті замирає, школи, державні установи, банки, магазини зачиняються, більшість транспортних сервісів припиняє роботу. Сигнал № 8 є потенційно небезпечним для утворення хаосу серед мільйонів людей, які прагнуть дістатися домівки. Тому для запобігання такої ситуації випускається спеціальний сигнальний код, який попереджує за 2 години про можливість випуску сигналу № 8. Коли посилається сигнал № 9, зупиняються поїзди. При сигналі № 10 активність в метрополісі припиняється та проводяться роботи по підготовці до урагану.

Європейська багатоцільова метеорологічна програма інформованості (The European Multi-Purpose Meteorologica Awareness (EMMA) Programme)

Більшість Європейських країн малі по площі порівняно з метеорологічними явищами синоптичного масштабу. Багато важливих та небезпечних явищ погоди, таких як сильні шторми, сильні зливи, нагінні хвилі, сильні холоді, можуть впливати на великі географічні області, які охоплюють декілька країн одночасно; при цьому ці події можуть відбуватися протягом дуже короткого проміжку часу. Багато Європейських країн також об'єднані чисельними морями з спільними береговими лініями – Балтійське море, Північне море і Середземне море. Тобто, завжди існувала необхідність в ефективному обміні попередженнями між країнами, яка наразі перетворилася у Європейську багатоцільову метеорологічну програму інформованості (EMMA).

Програма EMMA базується на концепції метеорологічної інформованості, яка повинна перш за все відтворюватися у графічній інформаційній системі, що є доступною для широкого загалу та поставлятиме інформацію про очікувані небезпечні метеорологічні явища та ризики в наступні 24 години. Система має намір доповнити існуючі національні попереджувальні системи та представляє ефективний метод обміну

метеорологічною інформацією про небезпечні погодні умови між європейськими прогнозистам.
Загальна система повинна мати наступні характеристики:
1) закодована у розфарбуванні регіонів інформація має відношення до рівня метеорологічної інформованості про екстремальні погодні явища, що покриваються системою;
2) центр зони екстремальних погодних явищ повинен перетинати Європу та відображатися однорідним набором піктограм, кількість яких може бути збільшена за необхідності деякими локальними явищами;
3) інтерактивний доступ до додаткових рівнів інформації, як наприклад, рівні ризиків або додаткова інформація про те чи інше явище;
4) гнучкі процедури оновлення, спроектовані під індивідуальну роботу національних гідрометеорологічних систем, географічні регіони та часові пояси;
5) доступність текстової інформації на різних мовах як мінімум для вищого рівні доступу;
6) робота системи з використанням Інтернет-технологій.

Наразі робота системи EMMA реалізована у веб-сайті "Meteoalarm" (http://www.meteoalarm.eu), який дозволяє включення всіх внутрішніх зв'язків та доступних технологій для гнучкого доступу користувачів (рис. 1.1). Проект дозволяє отримати різноманітний доступ до інформації – від збільшення карти Європи до національної деталізації попереджень, а для багатьох країн також доступ до текстової інформації на англійському та однієї з національних мов. Гіперпосилання дозволяють отримати пояснення піктограм, другорядної інформації, термінів, а також зв'язатися з іншими подібними сайтами.

1.4 Системи наукастингу

Системи наукастингу розробляються крупними національними гідрометеорологічними центрами завдяки розвитку новітніх технологій, базовими з яких є радарні та супутникові спостереження. Екстраполяція штормових осередків і зон глибокої конвекції на радарних та супутникових зображеннях є досить старою технологією, яка була розвинута у прогнозистів починаючи з моменту доступу до даних дистанційного зондування. За останні десятиліття розвиток цієї технології набув цифрового напрямку, що виявилося у можливості поєднати ці дані з даними наземних спостережень, як, наприклад, дані датчику дощу, або з даними чисельних прогнозів погоди. Радарні дані забезпечують практично безперервну інформацію про розмір, форму, інтенсивність, швидкість і напрям руху індивідуальних штормів.

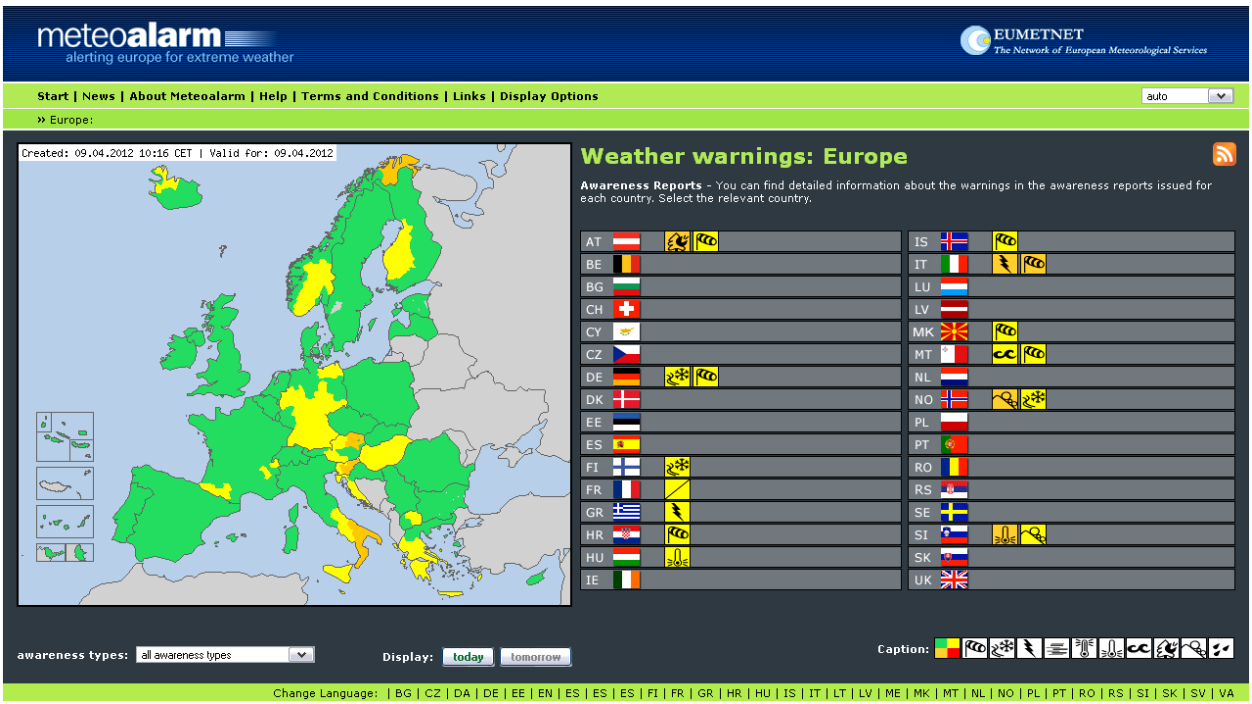


Рис. 1.1 – Сторінка веб-сайту “Meteoalarm”

Може бути оцінена інтенсивність та рух окремої штормової зони або групи штормів. Здатність прогнозувати кількість опадів або вірогідність небезпечних погодних явищ, таких як кількість ударів блискавки або шквалів в конкретному місці та в конкретний час, є зокрема, корисним для розвитку ранніх попереджень для мезомасштабних систем. Не дивлячись на повноцінність цієї технології, наукастинг є все ще областю науки, яка активно розвивається.

Пекінський та NCAR Auto-Nowcaster

Пекінський Auto-Nowcaster (авто-наукастер (АНК)) - це автоматична система наукастингу гроз з завчасністю 0-1 година, що впроваджена Пекінським Метеорологічним Бюро для обслуговування Пекінських Олімпійських ігор в 2008 р. Ця система була розвинута на базі аналогічної технології Національного центру атмосферних досліджень США (NCAR), а саме NCAR Auto-Nowcaster . Пекінський АНК обробляє різноманітні ряди даних, у тому числі радарні та супутникові спостереження, наземні станційні дані, радіозонди та вихідні дані чисельних моделей. Всі ці дані обробляються та комбінуються за допомогою логічного алгоритму наукастингу конвекційних процесів. Пекінський АНК має деякі особливості, наприклад нові алгоритми кількісного діагнозу та прогнозу опадів, використання

нерегулярного полігону для алгоритму відстеження поодиноких конвективних осередків, оптимізація алгоритму прогнозу, що базується на кліматології, концептуальних моделях та експериментальних прогнозах.

Пекінський АНК виконував 30-ти та 60-ти хвилинні передбачення радарної відбиваності та кількості опадів з перекриттям кожні шість хвилин. Система показала вміння передбачати початок конвективних штормів, їх зростання та дисипацію. Введення інформації про лінії конвергенції, що проводилися вручну, забезпечило передбачення їх майбутньої позиції шляхом екстраполяції. Також була випробовувана 4-х мірна Система асиміляції даних з Варіаційного радара NCAR, яка асимілює дані по вітру з високим дозволом (1-3 км) та швидким оновленням (12 хв), базуючись на радарній радіальній швидкості, відбиваності та високочастотних даних наземних спостережень.

Niwot

Niwot – це система наукастингу, яка була розвинута NCAR для виконання прогнозів конвективних опадів на строк 1-6 годин. Прогноз базується на злитті та змішування прогнозів опадів, складених шляхом екстраполяції луни радарів та чисельного прогнозу опадів. Система асимілює дані висотних спостережень, профілі вітру, наземні GPS-дані про вміст водяної пари та мезомасштабні приземні дані. При здійсненні змішування даних первинним припущенням є те, що положення зон опадів найкраще передбачаються екстраполяцією луни радарів, а чисельні моделі забезпечують прогноз розповсюдження та зміни зон опадів. Якщо на час прогнозування в радарних спостереження присутня луна інтенсивністю більше ніж 35 дБ, прогноз будується на екстраполяції радіолуни, і екстрапольована область може бути зменшена або збільшена відповідно до чисельного прогнозу зон опадів.

Якщо на момент прогнозування немає області з радіолуною понад 35 дБ, але чисельний прогноз передбачає початок конвекції, вихідні модельні дані використовується повністю як прогноз опадів. Крім того, Niwot дозволяє ручну модифікацію автоматизованого змішування прогнозів. Прогнозист може обрати будь-яку локацію і модифікувати за бажанням прогноз.

Продукція Niwot включає прогнозовану щогодинну радарну відбиваність на строк 1-6 годин з горизонтальним розділенням 1 км. Щогодини є доступними прогнози, які отримані шляхом екстраполяції луни радара, модельні дані опадів, що перетворені у радарну відбиваність, змішані прогнози та модифіковані вручну змішані прогнози.

Прогностична інформація систем наукастингу стає доступною для користувачів завядки Інтернет-технологіям та спрямована на створення

заходів для запобігання та зменшення ризиків та втрат, що можуть бути викликані складними погодними умовами.

Розглянемо приклад роботи наукастинг-сервісу при обслуговуванні світової виставки World EXPO 2010 в Шанхаї (Китай). Під час проведення виставки в Шанхаї часто спостерігалися опади та грози, а також більш складні погодні умови – зливи, град, шквали та тропічний циклон. На рис. 1.2 представлені приклади прогностичної продукції від World EXPO Наукастинг Сервису.

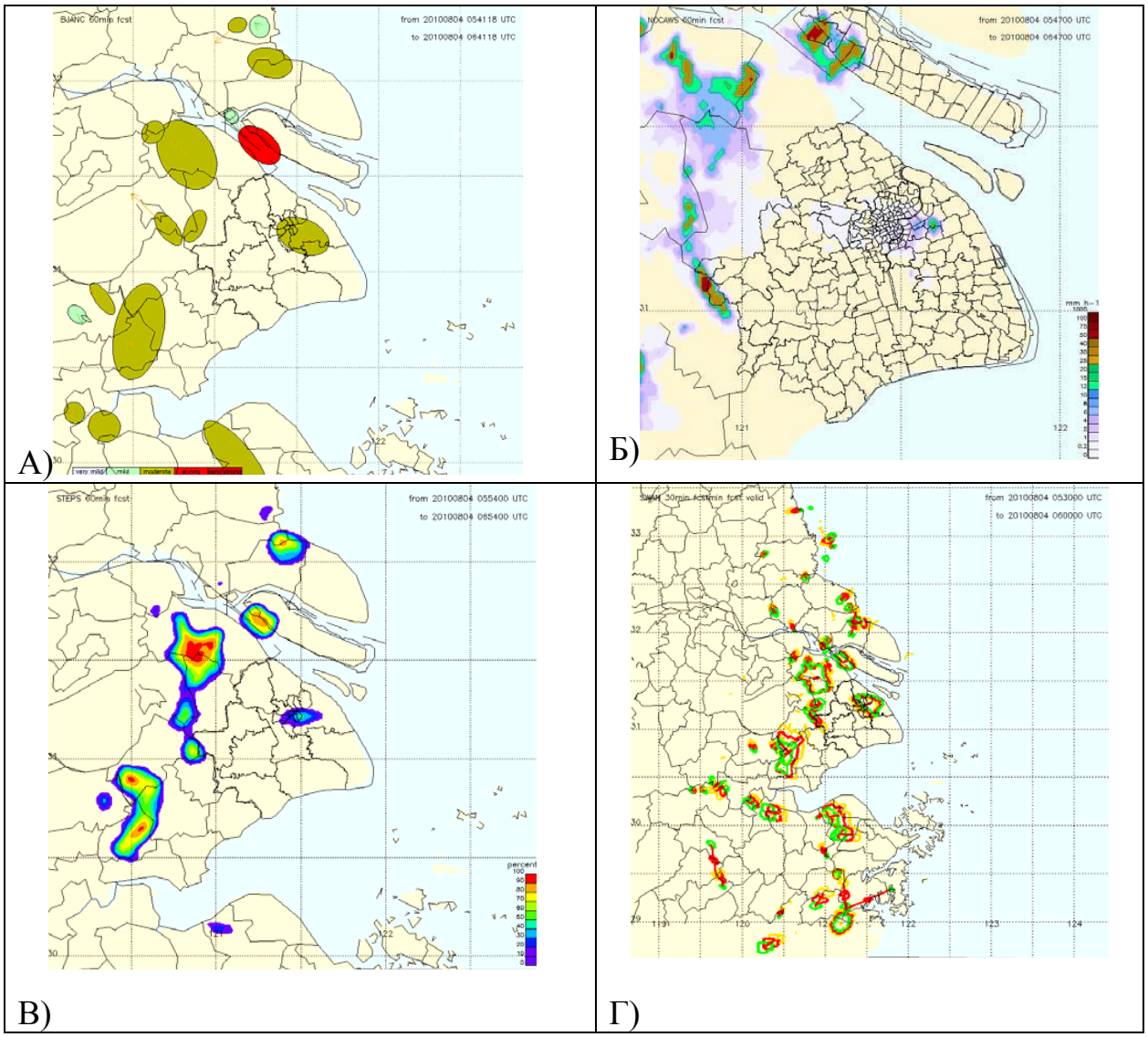


Рис. 1.2 – Приклади продукції WENS: а) прогноз конвективних штормів на строк 0-60 хвилин; б) прогноз граду на строк 0-60 хв; в) часовий прогноз злив інтенсивністю понад 10 мм; г) прогноз траєкторій штормових зон на строк 30 хвилин.

Наукастинг найбільш складних погодних умов був потрібний для забезпечення планування та координації дій ЕКСПО, аби гарантувати гладкий процес проведення виставок в павільйонах та безпеку людей на період несприятливої погоди. Постачальником метеорологічних послуг було Шанхайське Метеорологічне Бюро (SMB) Китайської Метеорологічної Адміністрації (CMA) . В разі очікування грози або інших несприятливих погодних умов, передбачених на строк 0-12 год, прогнози випускалися у 6-ти годинні інтервали для сайту ЕКСПО та через спеціальну систему раннього попередження - Dissemination Platform of the Shanghai Multi-Hazards Early Warning System (M-HEWS).

World EXPO Наукастинг Сервис (WENS) здійснювався безпосередньо CMA та за участю інтернаціональних груп при активній підтримці ВМО. Користувачами продукції WENS були: прогнозисти-метеорологи; організатори та учасники ЕКСПО 2010; урядові відомства та особливо служби надзвичайного реагування; спеціалізовані користувачі, особливо в секторі перевезень та енергетики; відвідувачі ЕКСПО 2010.

Типова продукція наукастингу від WENS включала: 1) чисельну оцінку опадів за останні 0-1 годину; 2) чисельний прогноз опадів на 0-6 годин (з інтервалом 10-15 хвилин); 3) радарну відбиваність на строк 0-6 годин (з інтервалом 1 година); 4) прогноз блискавок; 5) прогноз шквалу; 6) прогноз граду.

2 ПРОДУКТИ ДЛЯ НАУКАСТИНГУ

В даному розділі розглянуті продукти супутникового аналізу та чисельних моделей прогнозу метеорологічних величин, що надаються сервісом NWC SAF. Даний сервіс був заснований за рішенням 29 Наради EUMETSAT в грудні 1996 р. для впровадження Супутникових прикладних засобів (Satellite Application Facility, SAF) на підтримку наукастингу та надкороткострокового прогнозування (НКП). Проект почав діяти з лютого 1997 р. з розробки програмного забезпечення, яке б використовувало дані супутників MSG (SEVIRI) та NOAA (EPS AVHRR).

Загальне завдання NWC SAF (Nowcasting SAF) полягає у наданні оперативних послуг для гарантування оптимального використання метеорологічних супутникових даних в наукастингу та НКП зацікавленими користувачами. За для цього NWC SAF є головним відповідальним в EUMETSAT за розвиток та розповсюдження такої інформації для підтримки користувачів.

Nowcasting SAF належить до мережі SAF, яка є частиною EUMETSAT Ground Segment. Під керівництвом Іспанського Метеорологічного Агентства (AEMet) NWC SAF розвиває Проектна команда, що включає Météo-France, Шведський та Австрійський Метеорологічні інститути. Продукція NWC SAF представлена на сайті проекту - http://www.nwcsaf.org/HD/MainNS.jsp (приклад головної сторінки сайту на рис. 2.1).

Продукти NWC SAF представлені в двох розділах, що базуються на даних європейських супутників MSG (геостаціонарні) та PPS (полярно-орбітальні).

Для супутника MSG інформація представлена по чотирьох групах:

1) Cloud Products – Продукти по хмарності;
2) Precipitation & Convection Products – продукти по опадах та конвекції;
3) Clear Air Products Physical Retrieval – продукти, отримані при ясному небі з фізичним відновленням;
4) Conceptual Model and Winds Products – продукти концептуальних моделей та вітру.

Кожна з 4 груп має по три види інформації.

Для супутника PPS представлені всього 4 типи відповідно до чотирьох вищезазначених груп: 1) Cloud Mask – Маска хмарності; 2) Cloud Type – Тип хмарності; 3) Cloud Top Temperature and Height – Температура и висота верхньої границі хмарності; 4) Precipitating Clouds – хмарність, що дає опади.

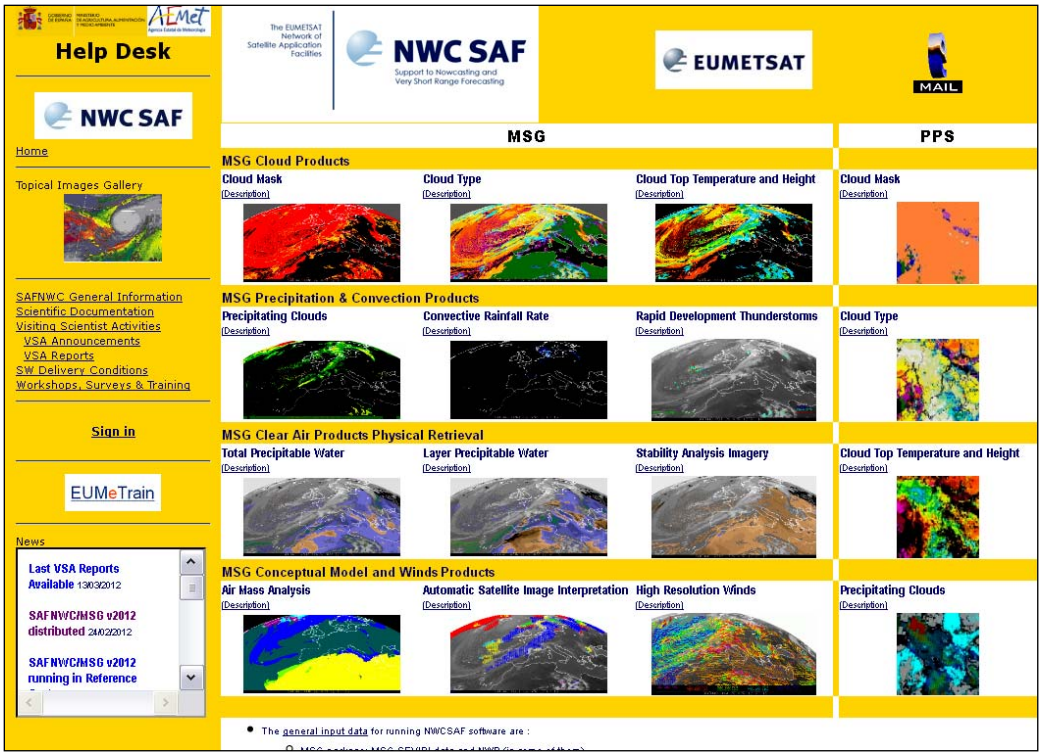


Рис. 2.1 – Приклад головної сторінки сайту NWC SAF

Всі види інформації в інтерактивному режимі доступні користувачу в трьох типах зображення:

- оригінальний розмір (зображення великого масштабу), по строках від 00 до 21 год СГЧ через кожні 3 години та за останній строк;
- половинний розмір (зображення меншого масштабу), по строках від 00 до 21 год СГЧ через кожні 3 години та за останній строк;
- анімація зображення за останні три години (через кожні 15 хвилин) з можливістю збільшення /зменшення зображення та прокруткою з різною швидкістю.

Розглянемо перелічені групи інформації більш детально.

2.1 Cloud Products – Продукти по хмарності

Продукт Cloud Mask – Маска хмарності

Продукт Маска хмарності є доповненням даних радіозондування над континентами та океанами, що дозволяє ідентифікувати безхмарні області, де можуть бути обчислені інші види інформації (загальний або пошаровий вміст водяної пари, температура поверхні суші або океану, зображення снігового/льодового покриття). Також ідентифікуються області, вкриті

хмарністю, де можливо отримання таких видів інформації, як тип хмарності та температура / висота верхньої границі хмарності. Крім того, ідентифікуються за присутністю зони хмар пилу та вулканічного попелу.

Програмне забезпечення цього продукту розроблено таким чином, щоб дозволити повну просторову роздільну здатність будь-якої прямокутної площадки, обраної користувачем в межах повного диску знімку MSG. Крім того, продукт представлений не тільки як зображення, але й цифровому форматі. В першу чергу, кількісна маска хмарності (разом з якісним ідентифікатором), може використовуватися як вхідна інформація для моделей мезомасштабного аналізу, об'єктивних схем наукастингу, або для розробки інших продуктів SAF NWC.

Приклад зображення Маска хмарності наведений на рис. 2.2. Продукт має шість категорій, що кодуються в 3-х бітах (кольорова шкала):

0 – необроблений простір, що не містить даних або зіпсовані дані;

1 - вільний від хмарності простір (Cloud free), не вкрита снігом/ льодом поверхня, але може бути заповнення тонкими пиловими / вулканічними хмарами;

2 - частково заповнений хмарністю простір (Cloud contaminated) або напівпрозора хмарність, може також включати пилові хмари або вулканічні плями попелу;

3 - заповнений повністю непрозорою хмарністю простір (Cloud filled), може також включати щільні пилові хмари або вулканічні плями попелу;

4 - заповнений снігом/ льодом простір (Snow/Ice contaminated);

5 - невизначений простір (Undefined), що пройшов обробку, але не був класифікований через деякі відомі проблеми.

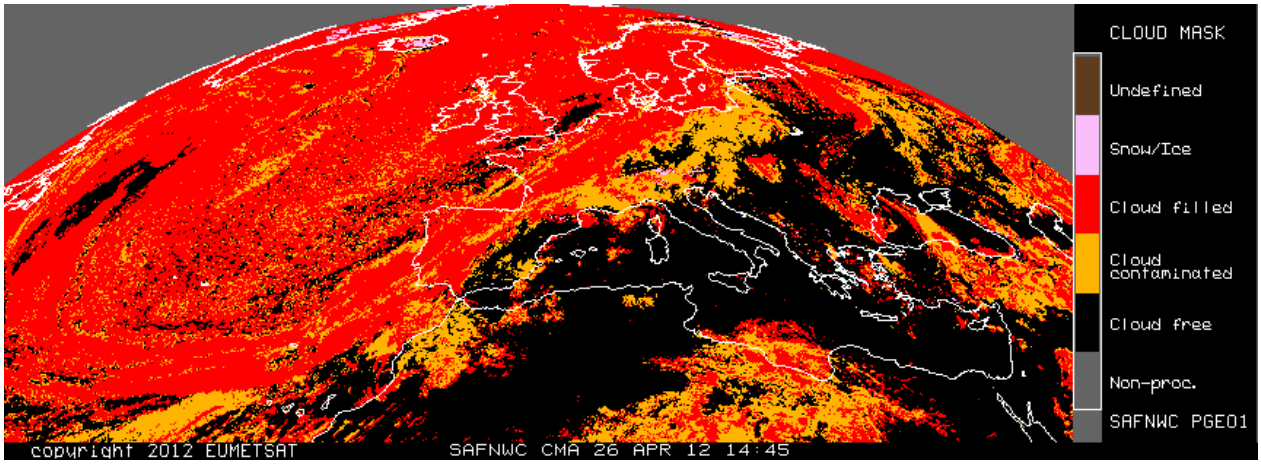


Рис. 2.2 – Приклад продукту Cloud Mask

Продукт Cloud type – Тип хмарності

Продукт *Тип хмарності* розроблений для деталізованого об'єктивного аналізу хмарності. Може бути використаний як вхідна інформація для об'єктивного мезомасштабного аналізу, в тому числі й для наукастингу, як проміжний вхідний продукт для інших видів продукції, або як кінцеве зображення на екрані прогнозиста. Продукт Тип хмарності є базовим для вироблення продукту Температура/Висота хмарності, а також для ідентифікації хмарності, що дає опади. Цей продукт також є необхідним для обчислення радіаційних потоків тепла над сушею або морем.

Продукт *Тип хмарності* містить інформацію про основні класи хмарності для кожного піксела, що ідентифікований як хмарність: розірвана хмарність; напівпрозора хмарність; висока, середня та низька хмарність (включаючи туман). Як й в попередньому випадку, даний продукт може бути отриманий користувачем для будь-якої прямокутної площадки в межах повного диску знімку MSG.

Основний продукт на виході містить наступні 21 категорію, кодовану в 5 бітах.

0 – необроблений простір, що не містить даних або зіпсовані дані;
1 – вільна від хмарності поверхня суші, що не вкрита снігом / льодом; відсутні щільні пилові/вулканічні хмари;
2 – вільна від хмарності поверхня моря, що не вкрита снігом / льодом; відсутні щільні пилові/вулканічні хмари;
3 – суша, вкрита снігом;
4 – море, вкрите снігом / льодом;
5 – дуже низька та купчасто-подібна хмарність;
6 – дуже низька та шарувато-подібна хмарність;
7 – низька та купчасто-подібна хмарність;
8 – низька та шарувато-подібна хмарність;
9 – середня та купчасто-подібна хмарність;
10 – середня та шарувато-подібна хмарність;
11– висока та купчасто-подібна хмарність, що не просвічує;
12 – висока та шарувато-подібна хмарність, що не просвічує;
13 – дуже висока та купчасто-подібна хмарність, що не просвічує;
14 – дуже висока та шарувато-подібна хмарність, що не просвічує;
15 – високі напівпрозорі потужні хмари;
16 – високі напівпрозорі, переважно потужні хмари;
17 – високі напівпрозорі потужні хмари;
18 – високі напівпрозорі хмари, розташовані над низькою або середньою хмарністю;

19 – дрібні хмари (водяні хмари розміром менше піксела);
20 – невизначена хмарність (що не визначена за Маскою хмарності).

В поточній версії даного продукту розділення між купчасто-подібними та шарувато-подібними хмарами не виконується - низька, середня або висока хмарність може бути класифікована як шарувато-подібна, використовується спеціальний біт, який вказує, чи була спроба розділити шарувато-подібні та купчасто-подібні хмари, та приводиться до нуля.

На рис. 2.3 наведений приклад зображення продукту *Тип хмарності*.

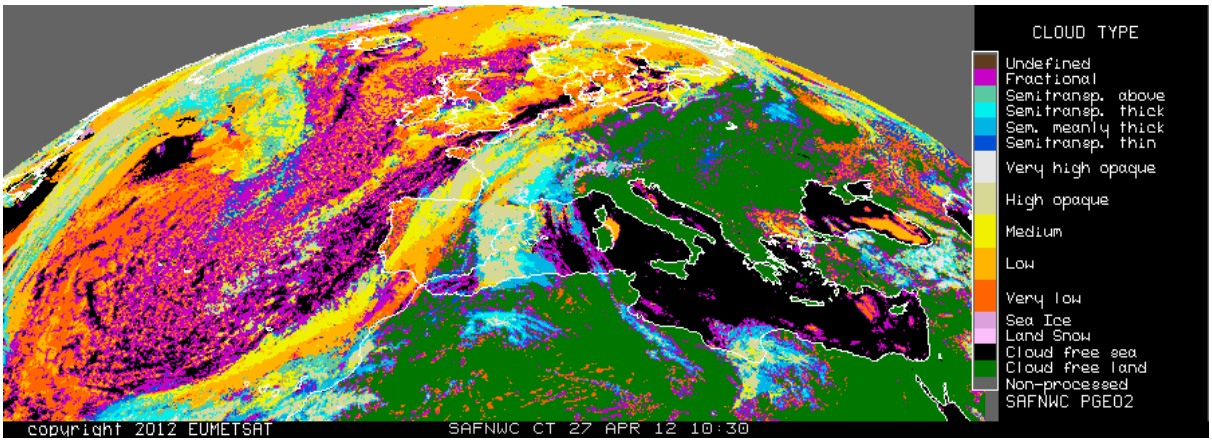


Рис. 2.3 – Приклад продукту Cloud type

Продукт Cloud Top Temperature and Height – Температура та висота верхньої межі хмарності

Даний продукт розроблений для підтримки методів наукастингу, так як може використовуватися для раннього попередження про розвиток гроз. Також продукт може бути використаний як вхідна інформація для мезомасштабних моделей, а інформація про висоту верхньої межі хмарності може бути застосована в авіаційних прогнозах. Продукт містить інформацію про температуру та верхню межу хмарності (ВМХ) в кожному пікселі, який ідентифікований як хмарність на супутниковому знімку. Для легкої візуалізації продукту використовується кольорова палетка, яка ілюструє тиск ВМХ (у гПа), висоту ВМХ (у метрах), температуру ВМХ (у К). Приклади трьох типів даного продукту представлені на рис. 2.4.

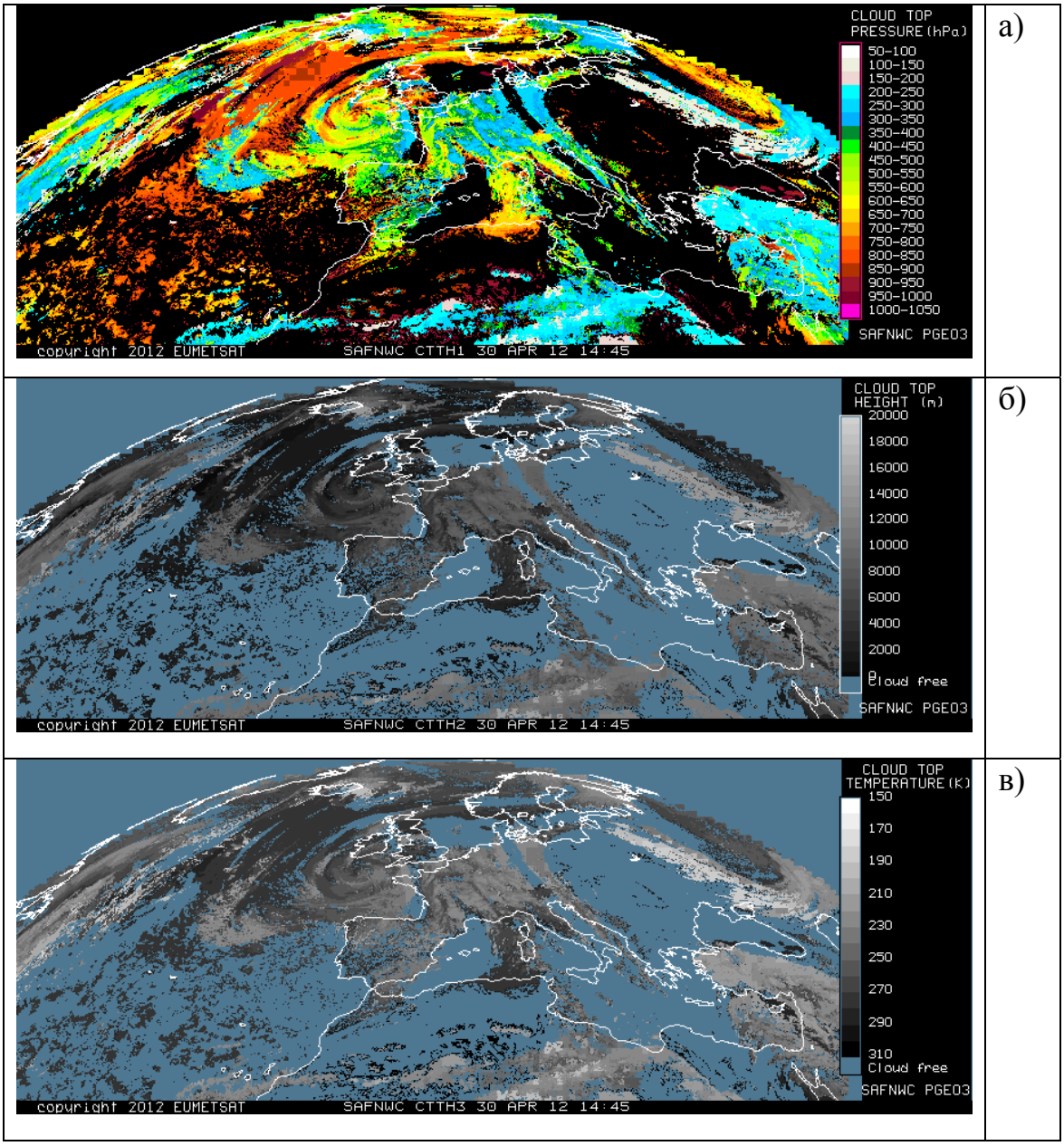


Рис. 2.4 – Приклад продукту Cloud Top Temperature and Height: а) тиск на ВМХ; б) висота ВМХ; в) температура ВМХ

2.2 Precipitation and Convection Products – Продукти по опадах та конвекції

Продукт Precipitating Clouds – Хмари, що дають опади

Продукт Precipitating Clouds розроблений для підтримки детального аналізу опадів в цілях наукастингу. Основна мета продукту - це виділення

хмар, що дають опади, та таких, що не дають, але не самій кількості опадів. Окрема увага приділяється також виділенню зон невеликих фронтальних опадів. Продукт визначається вірогідністю можливості опадів без інформації про тип опадів. Вірогідність дається в процентах в інтервалах 10% та визначається кольоровою шкалою (рис. 2.5).

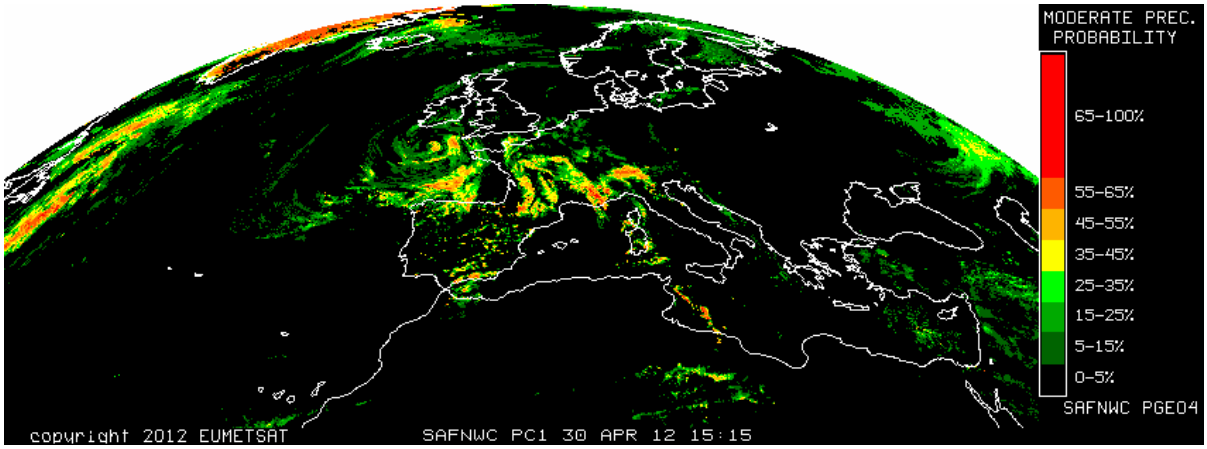


Рис. 2.5 - Приклад продукту Precipitating Clouds

Продукт Convective Rainfall Rate – Інтенсивність конвективних опадів

Основна мета даного продукту – оцінка інтенсивності опадів, що пов'язані з конвективними хмарами. Цей продукт є додатковою інформацією в моніторингу конвекції та опадів для прогнозистів до таких продуктів, як *Precipitating Clouds* та *Cloud type.*

Алгоритм розрахунку даного продукту передбачає, що хмари, які мають велику вертикальну протяжність, вірогідніше будуть давати опадів. З іншого боку, для визначення високих конвективних хмар з великою кількістю опадів може бути використана різниця температур яскравості супутникових інфрачервоних знімків та знімків водяної пари. Отримана інтенсивність опадів виражається в мм / год і перетворена в одинадцять класів інтенсивності від < 1 до > 50 мм/год, що виражаються в кольоровій шкалі (рис. 2.6 а).

Інтенсивність опадів, розрахована за останню годину, використовується для розрахунку сумарних опадів за годину. Ця величина виражається в мм та виражається в той же кольоровій палітрі, що й класифікована інтенсивність опадів (рис. 2.6 б).

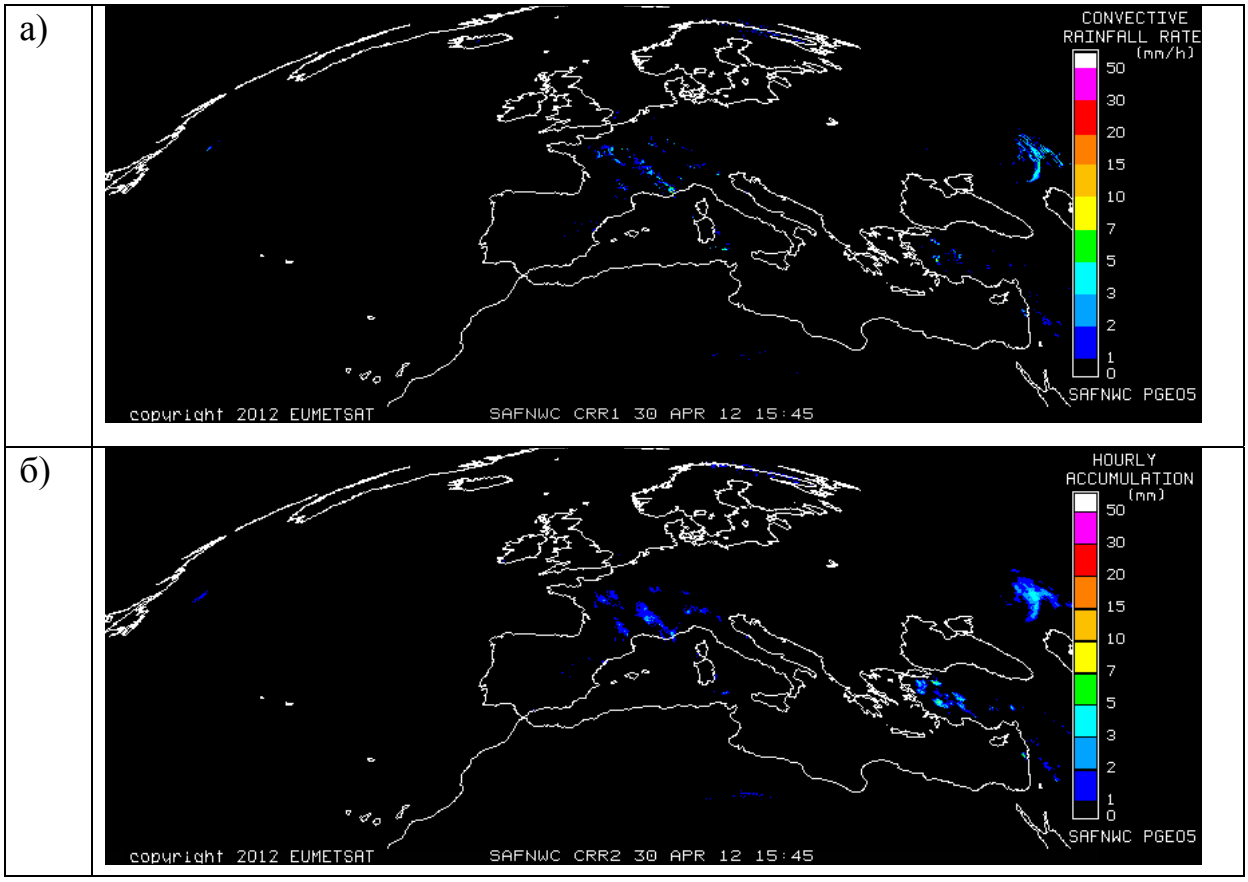


Рис. 2.6 – Приклад продукту *Convective Rainfall Rate:* а) інтенсивність конвективних опадів (мм/год); б) сумарні опади за годину (мм)

Продукт Rapid Development Thunderstorm – Швидкий розвиток гроз

Продукт *Швидкий розвиток гроз* запропонований Meteo-France в рамках програми EUMETSAT SAF для використання в наукастингу. Використовуються переважно дані геостаціонарних супутників, що забезпечує інформацію про конвективні системи хмарності від масштабу мезо-α (від 200 до 2000 км) до значно менших масштабів (розміром декілька пікселів).

Продукт використовується у двох основних цілях:

- ідентифікація, моніторинг та відстеження траєкторій інтенсивних конвективних хмарних систем;
- виявлення конвективних осередків, що швидко розвиваються.

Об’єктно-орієнтований підхід, що лежить в основні продукту *Швидкий розвиток гроз*, дозволяє додавати до супутникового зображення параметри, що дають просторову оцінку параметрів конвекції: вектори руху, ступень

вихолодження та розширення, висоту верхньої межі хмарності та ін., та їх часовий хід. Ця інформація є додатковою підтримкою наземних та радарних спостережень, а також продуктів чисельного прогнозу. Даний продукт створений для прогнозистів, але може бути використаний також в дослідницьких цілях.

В розробці Meteo-France візуалізація продукту *Швидкий розвиток гроз* здійснюється шляхом комбінації даного продукту та супутникового інфрачервоного зображення трьома кроками.

1) Перший крок - Локалізація, накладення графічних зображень продукту на супутниковий знімок. До графічних характеристик відносяться:

– кольоровий контур, який визначає края хмарної системи. Колір цього контуру відповідає стадії життєвого циклу системи:

Жовтий колір => початкова стадія, мінімальна температура > -25°C
Червоний колір => стадія зростання, мінімальна температура > -40°C
Аніліновий колір => зріла стадія, мінімальна температура <= -40° C
Помаранчевий колір => роздрібнені осередки (залишки конвективних систем)

– лінія (блакитний колір) показує траєкторію системи (всі попередні положення центру тяжіння системи на минулих зображеннях);

– стрілка (аніліновий колір)) показує очікуваний рух центру тяжіння системи протягом наступної години.

2) Другий крок – характеристики, які дозволяють звертатися до числових значень деяких параметрів продукту Швидкого розвитку гроз. Ці значення показуються у вікні, що відкривається шляхом переміщення миші над контуром відповідної хмарної системи.

3) Третій крок – історичний, дозволяє візуалізувати часовий хід минулої еволюції деяких характеристик, наприклад, кількості реєстрованих блискавок в конвективній системі, мінімальна температура в осередках тощо.

На сайті SAF NWC на даний час представлена можливість використовувати лише перший крок візуалізації продукту *Швидкого розвитку гроз.* На рис. 2.7 представлений приклад даного продукту.

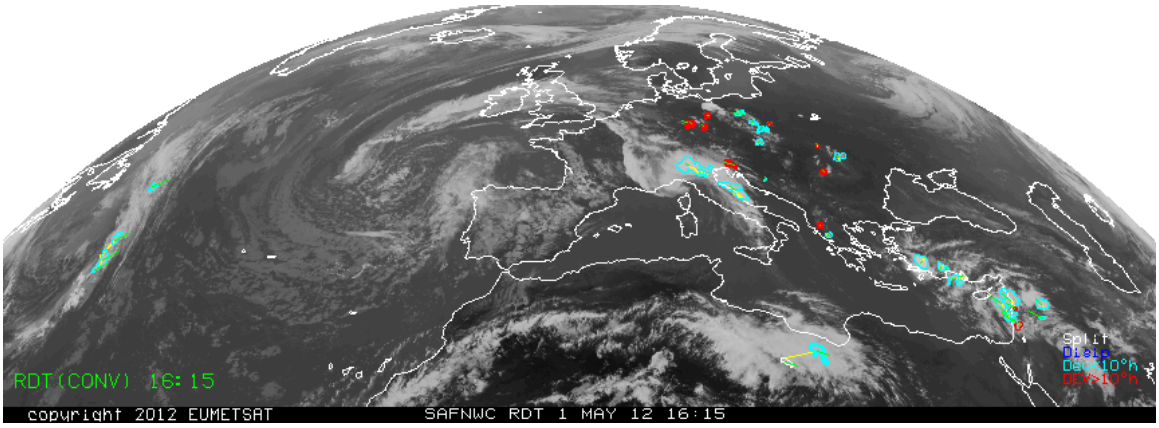


Рис. 2.7 – Приклад продукту *Rapid Development Thunderstorm*

2.3 Clear Air Products Physical Retrieval – продукти, отримані при ясному небі з фізичним відновленням

Ця група продуктів містить три базових види інформації, які отримують на ділянках супутникового зображення, де відсутня хмарність, що було ідентифіковано за допомогою продукту *Cloud Mask*. Всі продукти цієї групи отримають за допомогою відновлених профілів температури та вологи в атмосфері для кожного вільного від хмарності пікселя зображення. Головне призначення продуктів *Clear Air Products Physical Retrieval* – надати прогнозисту інформацію про вміст водяної пари в вертикальному стовпі одиничного перетину в декількох шарах тропосфери та інформацію про деякі індекси стійкості.

В групі представлені такі види продуктів:

- Загальний вміст осадженої води в стовпі атмосфери (Total Precipitable Water): шар від поверхні Землі до верхньої межі атмосфери;
- Вміст осадженої води в граничному шарі: шар від поверхні Землі до рівня 850 гПа;
- Вміст осадженої води в середній тропосфері: шар 850-500 гПа;
- Вміст осадженої води в верхніх шарах: шар від рівня 500 гПа до верхньої межі атмосфери;
- Індекс підйому - Lifted Index (LI);
- Індекс Шоуолтера - Showalter Index (SHW);
- К-індекс - K-Index (KI).

Одиниці виміру інформації:

- для полів осадженої води - кг·м$^{-2}$ (що еквівалентно значенню в мм);

- для полів індексів стійкості – Кельвіни (що в даному випадку еквівалентно ºС, так як завжди розраховуються різниці температур між рівнями).

Візуалізація продуктів здійснюється за допомогою кольорових палеток, деякі приклади наведені на рис. 2.8.

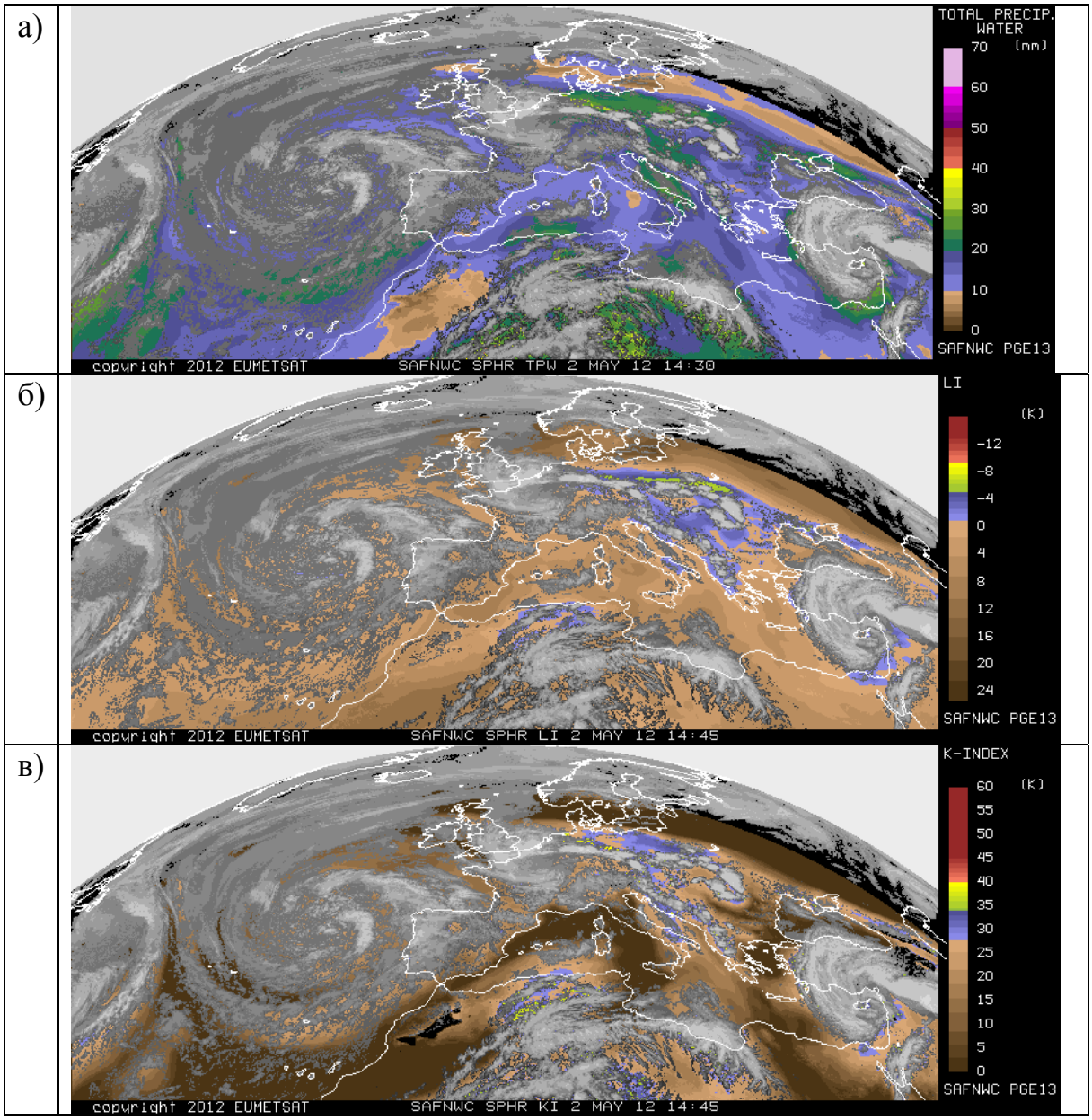


Рис. 2.8 – Приклади продуктів *Clear Air Products Physical Retrieval*: а) загальний вміст осадженої води (TPW); б) індекс підйому (LI); в) К-індекс

2.4 Conceptual Model and Winds Products – Концептуальні моделі та продукти по вітру

Дана група має три види продукції, які стосуються синоптичного аналізу та короткострокового прогнозу погоди.

Продукт Air Mass Analysis – Аналіз повітряних мас

Даний продукт створений для цілей наукастингу та містить декілька під-продуктів, що описують характеристики повітряних мас.

- Класифікація повітряних мас як функція температури та стійкості (отриманих з даних супутникових вимірювань) та загальної кількості осадженої води (отриманих з чисельних прогнозів погоди).
- Об'єктивне визначення ліній гребенів в полях еквівалентно-потенціальної температури (показують тепле та вологе повітря, в районі якого вельми можливе виникнення локальної інтенсивної конвекції). Цей параметр базується на даних чисельних прогнозів на рівні 850 гПа.
- Об'єктивне виділення регіонів з високими градієнтами еквівалентно-потенціальної температури (охоплює передфронтальні райони, де висока ймовірність початку конвекції). Базується на даних чисельних прогнозів та інформації *Маска хмарності*.
- Об'єктивне виділення чорних смуг на супутникових знімках водяної пари (модель ініціації конвекції за рахунок опускання сухого повітря в верхній тропосфері).

Повітряні маси класифікуються по 9 або 17 категоріям в різних версіях продукту та кодуються за наступною схемою, яка в графічному вигляді представлена кольоровою палеткою (рис. 2.9 а):

Код	Класифікація повітряної маси
0	Некласифіковане
1	Арктична, континентальна, стійка
3	Арктична, морська, стійка
4	Полярна, континентальна, стійка
6	Полярна, морська, стійка
7	Тропічна, континентальна, стійка
9	Тропічна, морська, стійка
10	Екваторіальна, континентальна, стійка
12	Екваторіальна, морська, стійка

13 Арктична, континентальна, нестійка
15 Арктична, морська, нестійка
16 Полярна, континентальна, нестійка
18 Полярна, морська, нестійка
19 Тропічна, континентальна, нестійка
21 Тропічна, морська, нестійка
22 Екваторіальна, континентальна, нестійка
24 Екваторіальна, морська, нестійка

Відсутні коди зарезервовані для різних типів повітряних мас для подальшого використання.

Продукт Automatic Satellite Image Interpretation – Автоматична інтерпретація супутникового знімку

Мета даного продукту – автоматизувати процес розпізнання супутникового знімку з використанням термінології концептуальних моделей. Ці моделі є синтезом фізичних процесів та типових деталей, що виділяються на супутникових знімках, як і в інших синоптичних матеріалах, наприклад параметрах чисельних моделей. Концептуальні моделі можуть бути використані для глибокого синоптичного аналізу та раннього виявлення метеорологічного процесу, а також для визначення фази розвитку процесу, що вже відбувається.

Розпізнавання та візуалізація синоптичних процесів здійснюється двома шляхами:

- **ASII** (Automatic Satellite Image Interpretation) – автоматична інтерпретація тільки супутникових даних від MSG SEVIRI;
- **ASII NWP**: автоматична інтерпретація супутникових даних від MSG SEVIRI з підтримкою типових параметрів вихідними даними чисельної моделі (NWP) (використовується модель ECMWF).

Приклад продукту (ASII NWP) наведений на рис. 2.10. Для читання позначок на знімку використовується ключ легенди, в якому різним кольорам відповідають розпізнані автоматично процеси синоптичного та мезомасштабу (рис. 2.11).

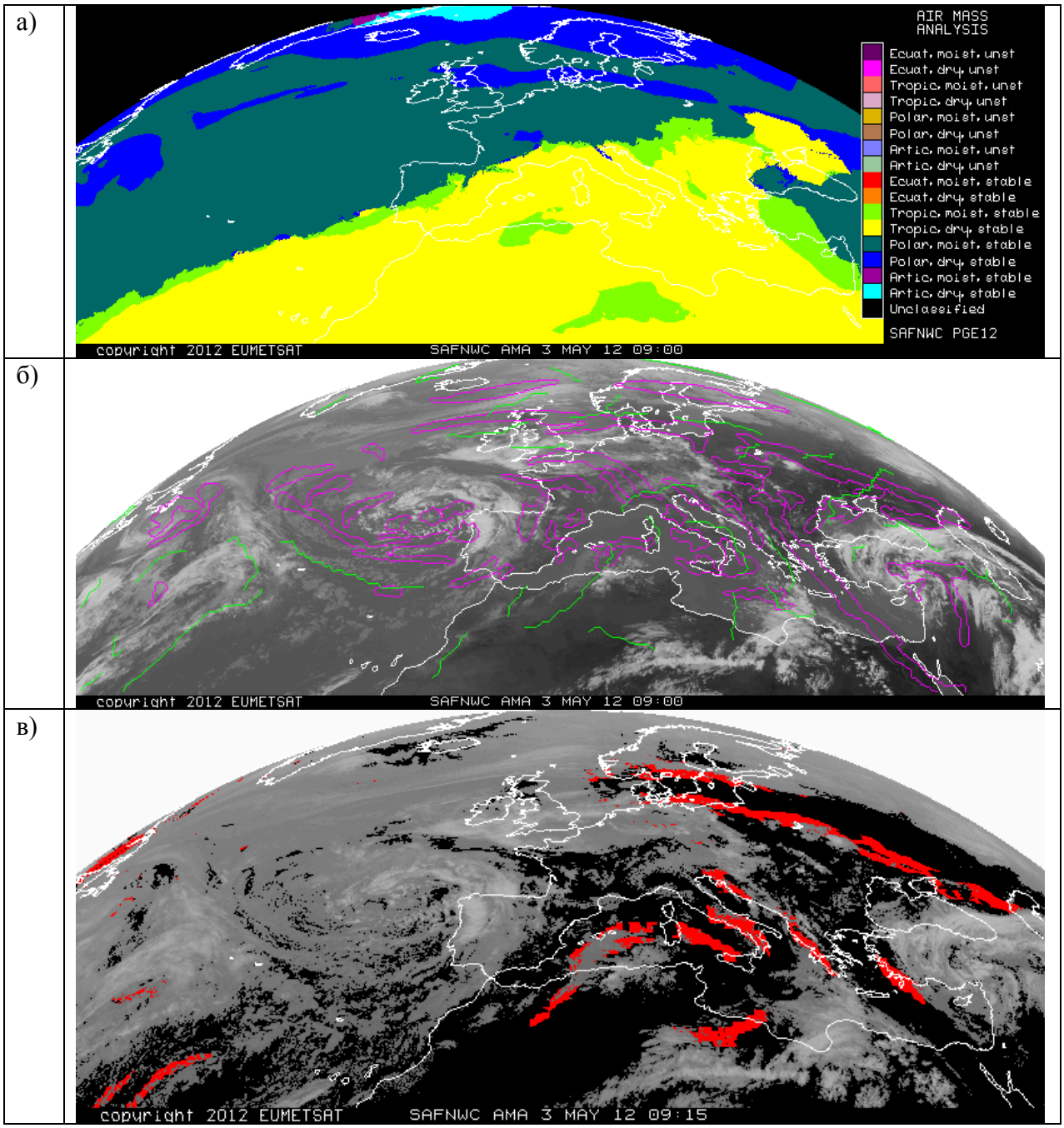


Рис. 2.9 – Приклад продуктів *Air Mass Analysis*: а) розподіл повітряних мас; б) лінії гребенів (зелений) та чорні ВП смуги (фіолетовий); в) передфронтальні градієнті зони

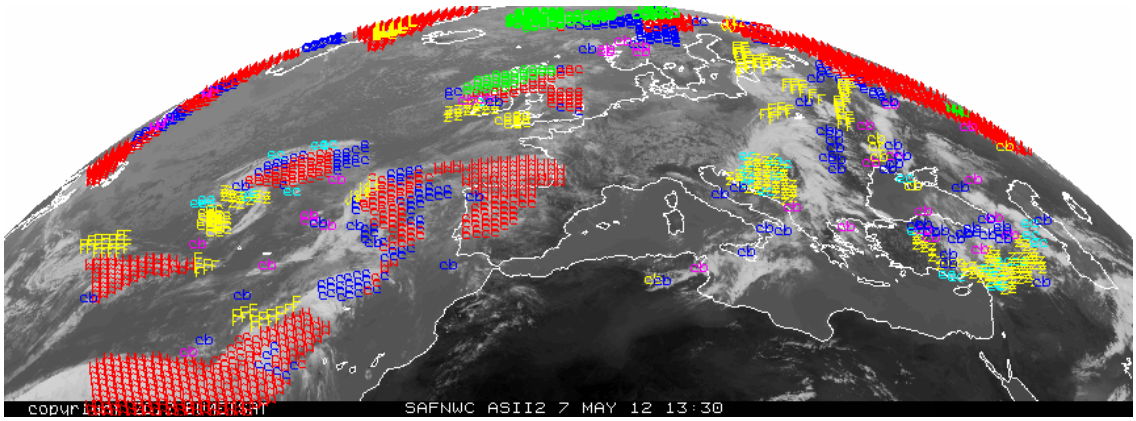


Рис. 2.10 – Приклад продукту *Automatic Satellite Image Interpretation*

Symbol:	Color:	Conceptual Model:	**Концептуальні моделі**
SAT+NWP:			
w	red	warm front	Теплий фронт
c	blue	cold front	Холодний фронт
c	red	cold front in warm air advection	Холодний фронт в адвекції тепла
~	magenta	frontal wave	Фронтальна хвиля
~	red	developing frontal wave	Фронтальна хвиля, що розвивається
~	green	upper wave	Верхня хвиля
o	green	occlusion	Оклюзія
DI	cyan	dry intrusion	Сухе вторгнення
ec	cyan	enhanced cumulus	Зростаючі Cb
cb	blue	cumulonimbus (decaying stage)	Cb (стадія розпаду)
cb	yellow	cumulonimbus (mature stage)	Cb (стадія зрілості)
cb	magenta	cumulonimbus (developing stage)	Cb (стадія розвитку)
m	yellow	meso scale convective system	Мезомасштабна конвективна система
•	yellow	embedded convective cell	„Вкладені” конвективні осередки
f	yellow	jet cloud fibre	Волокна струминної течії
z	yellow	cold air cloudiness	Хмарність холодного повітря
co	yellow	comma cloud	Хмарність у вигляді „коми”
L	yellow	lee cloud	Підвітряні хвилі
ji	yellow	front intensification in left exit region of a jet streak	Інтенсифікація фронту зліва від струминної течії
ul	yellow	upper level low	Улоговина верхніх рівнів

Рис. 2.11 - Ключ легенди концептуальних моделей до продукту *Automatic Satellite Image Interpretation*

Продукт High Resolution Winds – Вітри високої роздільної здатності

Даний продукт спрямований на забезпечення детального комплекту атмосферних векторів вітру з використанням семи супутникових каналів MSG/SEVIRI: HRVIS, VIS06, VIS08, IR108, IR120, WV062 і WV073. Хмарність виділяється на всіх каналах за допомогою продукту *Clear air*.

Вітри обчислюються для кожного сканування супутника, 24 години на добу. Продукт включає інформацію на ізобаричних рівнях та позначку перевірки якості, що сигналізує про деякі помилки в імовірнісних термінах. Цей продукт був розроблений AEMET (Іспанська Національна Служба Погоди) в структурі EUMETSAT SAF для підтримки наукастингу та надкорокострокового прогнозування.

Приклад продукту наведений на рис. 2.12. Різнокольорові вектори вітру відповідають різним шарам атмосфери від рівня 999 гПа до 100 гПа, вибір яких здійснюється користувачем.

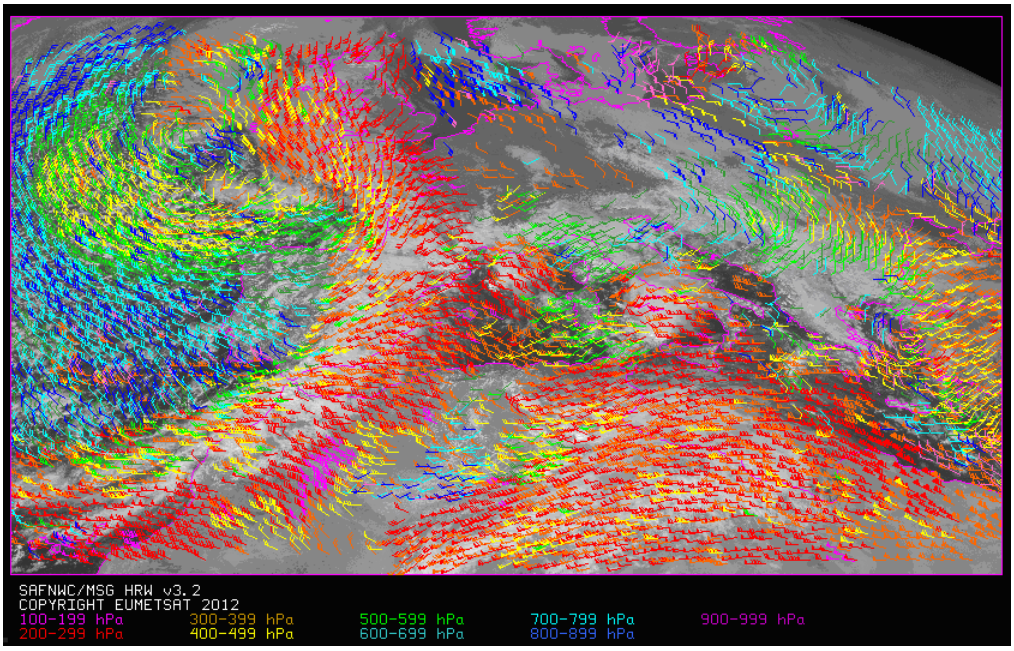


Рис. 2.12 – Приклад продукту *High Resolution Winds*

Продукт *High Resolution Winds* може бути корисний в межах строків, близьких до реального, в наступних застосуваннях:

- наукастинг: спостереження та попередження про небезпечні ситуації сильного вітру; моніторинг загального потоку з конвергенцією на нижніх рівнях (коли і де купчасті хмари починають розвиватися), з дивергенцією у верхній межі системи, що розвиваються; інші випадки циркуляції малого масштабу або локальні особливості вітру.
- асиміляція даних: в регіональних / мезомасштабних чисельних моделях або інших програмах для аналізу або прогнозу на короткі строки.

3 ЄВРОПЕЙСЬКИЙ ЕКСПЕРИМЕНТ ПРОГНОЗУ ШТОРМІВ ESTOFEX

Європейський експеримент по прогнозу штормів (The European Storm Forecast Experiment, http://www.estofex.org) - це ініціатива команди європейських метеорологів та студентів-метеорологів. ESTOFEX служить платформою для обміну знаннями про прогноз сильних конвективних штормів в Європі та в інших регіонах.

Цілі ESTOFEX :

- випуск щоденних прогнозів інтенсивної конвективної діяльності по Європі;
- підвищення рівня розуміння умов утворення сильних конвективних штормів в Європі;
- просування і демонстрація використання Європейської бази даних екстремальної погоди (European Severe Weather Database, ESWD) як основи для досліджень штормової погоди;
- верифікація прогнозів, заснована на даних ESWD і даних про блискавки.

Прогноз ESTOFEX виробляється за допомогою так званої «інгредієнтної» методології, яка передбачає об'єднання даних чисельних моделей та даних спостережень (наземних, зондування, супутників тощо) з врахуванням фізичних процесів утворення конвекції. Для того, щоб виник конвективний шторм і екстремальні явища погоди, мають взаємодіяти декілька фізичних механізмів. Низький рівень вологості і підвищені вертикальні градієнти призводять до прихованої нестійкості. Для реалізації нестійкості потрібен спусковий механізм, а саме інтенсивний підйом повітря (глибока конвекція). До цього можуть призводити різні механізми в різних масштабах, які також мають вплив на розмір штормових зон. На розвиток шторму істотно впливає його взаємодія з навколишнім потоком. Залежно від напрямку та величини вітрів на різних висотах конвективний шторм може перетвориться на один з декілька типів: мультиланковий кластер, лінію шквалу або суперланковий шторм. В прогнозуванні використовують декілька параметрів, які можуть передбачити тип очікуваного шторму. Для складання остаточного подання про фактори, що впливають на утворення штормів в конкретний день, визначається ймовірність екстремальної погоди, заснованої на фонових характеристиках, також очікуваного типу шторму і його зони розповсюдження, і вся картина перетворюється в рівні небезпеки.

ESTOFEX випускає штормові прогнози щодня, які представляють собою бюлетені, що містять карту з вказівками зон сильних конвективних штормів в Європі (рис. 3.1). Центр прогностичної зони відповідає рівню

небезпеки у вигляді граду, сильних поривів вітру (шквалів) і торнадо. Додатково виділені області, де очікуються грози (блискавки).

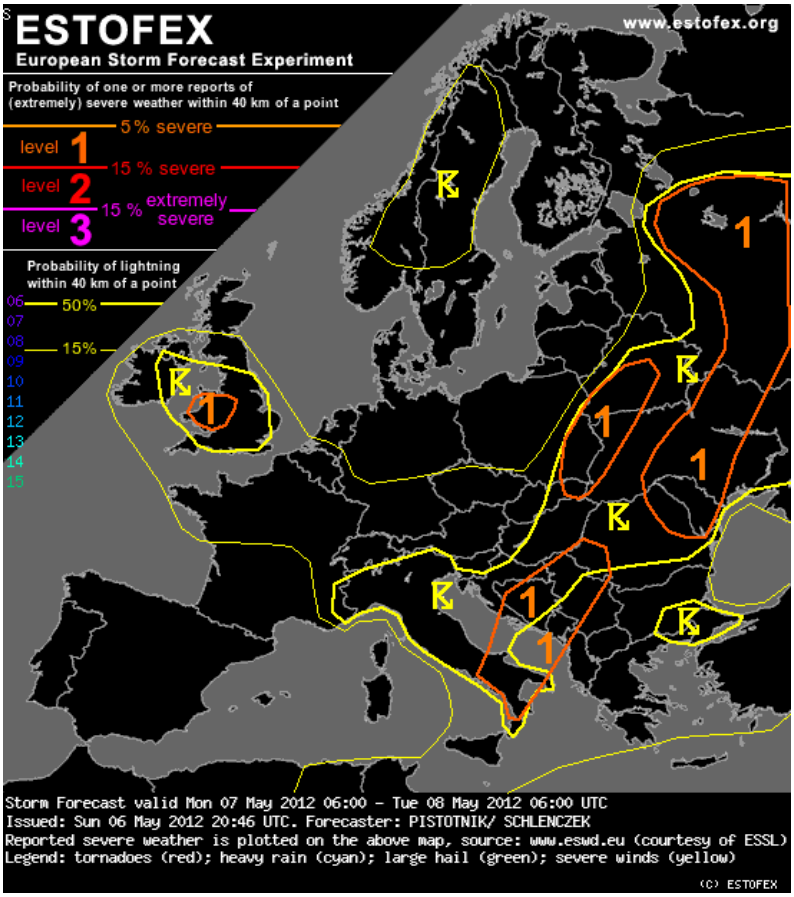


Рис. 3.1 - Прогноз конвективних явищ ESTOFEX з 06 СГЧ 07.05.2012 р. до 06 СГЧ 08.05.2012 р.

Щоб дати характеристику величини небезпеки граду, шквалів, торнадо, сильних опадів, ESTOFEX використовує рівні небезпеки. Вони ґрунтуються на оцінці вірогідності екстремальних погодних явищ, які можуть супроводжувати конвективний шторм.

Шторм вважається сильним або дуже сильним, коли його супроводжують одне або декілька явищ, які відповідають критеріям, зазначеним нижче.

<u>Сильні конвективні явища погоди :</u>

- град з діаметром як не менше 2,0 см;
- торнадо (смерчі);
- пориви вітру зі швидкістю не менше 25 м·с$^{-1}$ (92 км·год$^{-1}$ або близько 48,6 вузлів);

- екстремальна кількість опадів не менше 60 мм .

Екстремально сильні конвективні явища погоди:

- град з діаметром не менше 5,0 см;
- пориви вітру зі швидкістю не менше 33 м·с$^{-1}$ (близько 119 км·год$^{-1}$ або 65 вузлів);
- торнадо класу F2 або сильніше.

Рівні небезпеки виражаються як імовірність того, що екстремальна погода буде спостерігатися в радіусі 40 км від пункту розташування. Наприклад, ймовірність 10% у вашому пункті означає, що в одному з десяти випадків, коли таке передбачення складено, екстремальна погода спостерігалася б в безпосередній близькості від пункту. Для типової зони небезпеки, наприклад, розміром з північну половину Німеччини, це означає отримання 3-4 штормових оповіщень про екстремальну погоду з даної зони. Вірогідність отримується шляхом верифікації областей рівнів небезпеки за штормовим зведеннями погоди, введеним в Європейську базу даних екстремальної погоди (ESWD, http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi). Поки враховано лише регіони Європи з високою часткою штормових повідомлень. За даними ESWD отримана середня частота появи екстремальної погоди для кожного рівня небезпеки: вірогідність того, що передбачена екстремальна погода трапиться. Таким чином, на картах проводяться лінії з ймовірностями, які представляють межі зон з рівнями небезпеки.

Рівень 0

Цей рівень відповідає області, яка не підпадає під рівні 1, 2, або 3, тобто мається на увазі, що очікувана ймовірність екстремальних конвективних явищ є незначною. Існує всього 0-5% імовірності, що сильний конвективний шторм буде спостерігатися в межах 40-кілометрового радіусу від пункту розташування. Відповідно до ізоліній на карті, ймовірність близько 5% спостерігається тільки в безпосередній близькості від контуру рівня 1.

Рівень 1

Рівень небезпеки 1 відповідає ймовірності від 5 до 15% того, що сильний конвективний шторм буде спостерігатися в межах 40-кілометрового радіусу від пункту розташування. Це є найбільш загальним рівнем небезпеки і використовується, коли низька небезпека екстремальної погоди була ідентифікована.

Рівень 2

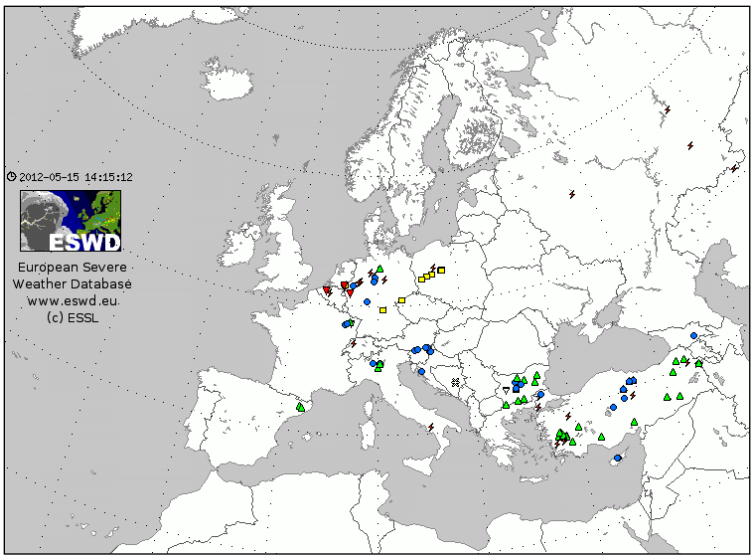
Рівень небезпеки 2 відповідає ймовірності, більшої, ніж 15%, що сильний конвективний шторм буде спостерігатися в межах 40-кілометрового радіусу пункту розташування. Це істотна загроза того, що може трапиться сильний шторм. Хоча екстремально сильні явища погоди не входять в цей рівень, однак їхня ймовірність підвищується на 3-5%.

Рівень 3

Рівень небезпеки 3 повідомляється, коли є істотна загроза (ймовірність, більша, ніж 15%) екстремально сильних конвективних штормів, які можуть виникнути в межах 40-кілометрового радіусу пункту розташування. Цей рівень оголошується рідко і має на увазі, що очікується найбільш небезпечне явище погоди, наприклад, шквали, торнадо, крупний град.

Поза зон з певним рівнем небезпеки на картах проведені жовті лінії, які обмежують області, де передбачаються грози (блискавки). На карті двома лініями розділені області з дуже низькою (до 15%, тонка лінія) - середньою-високою (50%, жирна лінія) ймовірністю грози, яка виникає в межах 40 кілометрового радіусу розташування на карті.

Європейська база даних екстремальної погоди (ESWD), за даними якої проводиться верифікація прогнозів ESTOFEX, містить інформацію про район виникнення, інтенсивність, тривалість явища та його наслідки. Інформація представляється по певному району, який можна задати – Європа цілком, або окрема країна, у вигляді карти розповсюдження та таблиці з переліком вказаних характеристик, причому інтенсивність та небезпечність явищ вказана в кольоровій гамі (див. рис.).



Інформація вноситься до бази з різноманітних джерел, таких як свідоцтва очевидців, повідомлення місцевої і регіональної преси, Інтернет-джерела, дані метеорологічних спостережень. Вся інформація класифікується по мірі подтвержденности на декілька рівнів, завдяки чому можна обирати інформацію, що цікавить, з певним рівнем довіри до неї.

Виділяють 4 рівні контролю якості даних (QC).

- QC0: «тільки отримані» (нові повідомлення, в процесі контролю);
- QC0+: «правдоподібність перевірена»;
- QC1 : «повідомлення підтверджене достовірними джерелами»;
- QC2: «випадок повністю підтверджений».

Повідомлення QC1 і QC2 є повністю підтвердженими та можуть бути застосовані для кількісного аналізу, наприклад, в ESTOFEX.

4 ПОРЯДОК ПРОВЕДЕННЯ ПРАКТИЧНИХ ЗАНЯТЬ

4.1 Ознайомлення з продуктами наукастингу NWC SAF

Під час проведення практичного заняття по темі „Продукти для наукастингу” студенти повинні ознайомитися з графічним представленням основних видів інформаційних продуктів, що надається сервером NWC SAF.

На сайті NWC SAF (http://www.nwcsaf.org/HD/MainNS.jsp) послідовно проводиться огляд кожної з чотирьох груп продуктів:

– продукти по хмарності;
– продукти по опадах та конвекції;
– продукти, отримані при ясному небі з фізичним відновленням;
– продукти концептуальних моделей та вітру.

В процесі огляду студенти повинні письмово відповісти на питання.

1) Для чого використовується продукт *Маска хмарності*, яку інформацію він несе?

2) За яким принципом ведеться розпізнавання типів хмарності? Яка відповідність морфологічній класифікації?

3) В яких зонах супутникового зображення можуть бути отримані дані про температуру, тиск та висоту ВМХ? За допомогою якого продукту ці зони ідентифіковані?

4) Яку інформацію містить продукт *Хмарність, що дає опади*? Чи можна визначити кількість опадів за цими даними?

5) За яким принципом оцінюють кількість конвективних опадів? Які види супутникових зображень для цього використовують?

6) З яких елементів складається продукт *Швидкий розвиток гроз*? Які параметри конвекції застосовуються при його створенні?

7) Які види інформації входять до групи продуктів *Clear Air Products Physical Retrieval*? В яких зонах супутникового знімку ці продукти можуть бути отримані?

8) На які підгрупи розділяється продукт *Air Mass Analysis?* За яким принципом класифікуються повітряні маси? Які типи бароклинних зон виділяють в цьому продукті?

9) Які види інформації належать до продукту *Automatic Satellite Image Interpretation ?*

10) Для яких цілей може бути використаний продукт *High Resolution Winds*?

4.2 Робота з продуктами наукастингу NWC SAF

Після ознайомлення зі структурою сайту NWC SAF та його продуктами, студенти повинні виконати наступні завдання в оперативному режимі. Завдання виконуються письмово в робочих зошитах. Район діагнозу та прогнозу – територія Європи. В роботі використовувати фактичний строк та доступні прогностичні строки (на 3, 6, 9 та більше годин).

1) Визначити положення хмарних систем синоптичного масштабу (зони атмосферних фронтів, хмарні вихори циклонів). Оцінити ступінь розвитку баричних утворень та активність атмосферних фронтів на різних ділянках. Як будуть еволюціонувати зони хмарності в найближчі прогностичні строки?

2) Визначити типи хмарності, що складають хмарні вихори циклонів, хмарні смуги атмосферних фронтів.

3) Визначити положення та типи хмарних систем мезомасштабу (хмарні осередки, хмарні гряди та смуги, мезовихори, МКК, кластери тощо). Як будуть еволюціонувати зони хмарності в найближчі прогностичні строки?

4) Визначити типи хмарності, що складають хмарні системи мезомасштабу.

5) Визначити зони хмарності з найнижчою температурою ВМХ, висоту хмарності на фронтах та в циклонах. Як будуть змінюватися параметри ВМХ в найближчі прогностичні строки?

6) Визначити зони хмарності з найбільш високою вірогідністю випадіння опадів. Пояснити фізичну можливість утворення опадів в знайдених зонах.

7) Визначити райони з вірогідністю випадіння конвективних опадів. Вказати, в яких конвективних хмарних системах очікується випадіння опадів.

8) Визначити райони з ймовірним утворенням гроз та конвективних штормів. Оцінити характер їх еволюції в найближчі строки.

9) Визначити райони з найбільшим та найменшим загальним вмістом осадженої води в стовпі атмосфери. Оцінити, в яких районах найбільший вміст вологи спостерігається в нижніх, середніх та верхніх шарах тропосфери.

10) Визначити райони з найбільшою ймовірністю розвитку конвекції за допомогою індексів підйому (LI), Шоуолтера (SHW), К-індексу (KI). Прослідити, як з часом змінюється стратифікація атмосфери в різних районах, відстежити за прогностичними даними появу нових зон, сприятливих для виникнення конвекції.

Для оцінки ймовірності виникнення конвективних явищ використовуються наступні критерії вказаних індексів.

К-індекс: при KI < 20°C грози не прогнозуються; 20°C < KI < 25°C вказує на можливість виникнення окремих гроз; 25°C < KI < 30°C – грози місцями;

KI > 30°C вказує на можливість виникнення мезомасштабних конвективних комплексів і грозових осередків; KI > 40°C вказує на грози та зливи повсюдно з майже 100% ймовірністю, а також на можливість виникнення торнадо.

К-індекс є поганим індикатором сильних гроз при дуже сухому повітрі на рівні 700 гПа навіть при наявності конвективної нестійкості. Значення KI в цьому випадку будуть занижені. Також необхідно враховувати наявність дивергенції чи конвергенції потоків в нижній і верхній тропосфері. При наявності конвергенції в нижніх шарах ймовірність гроз підвищується, при дивергенції – знижується на 1-2 градації. Найбільш сприятливими умовами для розвитку гроз є наявність конвергенції потоків в нижньому шарі тропосфери (рівні 850, 700 гПа) та наявність дивергенції в верхній тропосфері (рівні 300, 200 гПа).

Індекс Шоуолтера: при SHW < 3 °C – вірогідні зливи; SHW < 0 °C – вірогідні грози; SHW < - 6 °C – вірогідні грози зі шквалами.

Індекс стійкості SHOW є нерепрезентативним, коли між рівнями 850 і 500 гПа розташована фронтальна поверхня або інверсія. Тобто метод підходить для прогнозу внутрішньомасової конвекції.

Індекс підйому: LI < -2 °C – вірогідні грози за наявності потенціальних умов (фронти, циклони, орографія); -5 °C < LI < -3 °C – вірогідні грози; LI < -5 °C – вірогідні сильні грози з високою ймовірністю.

11) Визначити географічний розподіл та типи повітряних мас. Вказати райони з перехідними зонами між повітряними масами, де відбувається загострення бароклинних зон. Простежити, як з часом відбувається пересування повітряних мас та бароклинних зон, визначити напрямок переміщення або райони стаціонування об’єктів.

12) Визначити ділянки теплих та холодних фронтів, фронтів оклюзії, фронтальних хвиль. Оцінити райони можливого циклогенезу, які містять фронтальні хвилі, зони сухих вторгнень, зони струминних течій тощо. Простежити, як з часом змінюється синоптична ситуація в цих районах.

13) Визначити зони з найбільшими вітрами в різних шарах атмосфери. Оцінити наявність дивергенції / конвергенції на різних рівнях в зонах циклогенезу та фронтогенезу.

14) Оцінити наявність дивергенції / конвергенції на різних рівнях у визначених штормових зонах (МКК, зростаючі Cb та ін.). Зіставити розподіл вітру на різних рівнях з зонами ймовірного розвитку гроз та потенційно небезпечних конвективних зонах (визначених за індексами конвекції в п. 10). Простежити еволюцію цих зон та дати імовірнісний прогноз утворення / посилення / дисипації конвективних систем на найближчі строки.

4.3 Робота з прогностичними продуктами ESTOFEX та базою ESWD

Робота з продуктами Європейського експерименту ESTOFEX передбачає ознайомлення студентів з поточною прогностичною інформацією на сайті http://www.estofex.org – з картою ймовірності конвективних явищ різних рівнів небезпеки та бюлетенем, що містить опис цієї карти та синоптичний огляд. Прогностична інформація порівнюється з штормовими повідомленнями з Європейської бази даних екстремальної погоди (ESWD) на сайті http://www.essl.org/cgi-bin/eswd/eswd.cgi .

Студенти повинні виконати наступні завдання та зробити відповідні записи в робочому зошиті.

1) За оперативною прогностичною картою ESTOFEX визначити зони з ймовірністю різних конвективних явищ, їх географічне розташування.

2) Ознайомитися з синоптичною ситуацією та визначити, з якими синоптичними процесами можуть бути пов'язані конвективні явища у конвективних зонах. Для синоптичного огляду можна використовувати дані оперативного сайту http://www2.wetter3.de/fax.html або інформацію АРМсин.

3) Ознайомитися з прогностичною продукцією сайту Convective Weather Maps (http://www.lightningwizard.com/maps/), які представляють собою прогностичні карти регіональних прогностичних моделей AEMET HiRLAM та NCEP GFS та їх похідних характеристик, пристосованих для прогнозування конвективних явищ погоди. Проводячи огляд всіх наявних матеріалів, знайти, які з них були основними для визначення відповідних рівнів небезпеки на карті ESTOFEX (наприклад, зони високих значень доступної конвективної потенційної енергії CAPE, високий рівень конвекції, зони вторгнення субстратосферного повітря (динамічна тропопауза), адвекція циклонічного вихору, адвекція тепла / холоду, сильний зсув вітру в шарі 0-6 км тощо).

4) Ознайомитись з оперативними штормовими повідомленнями та картою розповсюдженості штормових явищ за даними бази ESWD. Визначити, які конвективні явища погоди спостерігалися на поточний момент часу, в яких географічних районах були зосереджені зони штормової погоди. Визначити за штормовими повідомленнями найбільш інтенсивні та небезпечні явища. Порівняти зони розповсюдженості та інтенсивності конвективних явищ з прогнозом ESTOFEX та імовірнісними рівнями небезпеки. Зробити висновок про успішність даного прогнозу.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Guidelines on Early Warning Systems and Application of Nowcasting and Operation Warnings. [Електронний ресурс] / World Meteorological Organization, 2010. - Режим доступу http://www.wmo.int/pages/prog/amp/pwsp/publicationsguidelines_en.htm.

2. Мезометеорология и краткосрочное прогнозирование. Сборник лекций / Под ред. Н.Ф. Вельтищева. - Женева, Швейцария, ВМО, 701,1988. – 173 с.

3. Степаненко С.Н. Лекции по мезометеорологии. – Одесса: ОГЭКУ, «ТЭС», 2002. – 223 с

4. Практикум з синоптичної метеорології / Під ред. Г.П. Івус, С.М. Іванової. – Одеса: ТЭС, 2004. – 419 с.

5. Семенова І.Г. Супутникова метеорологія: Конспект лекцій. – Одеса: Екологія, 2008. – 74 с.

6. Семенова І.Г. Прогноз опадів та конвективних явищ. Методичні вказівки. – Одеса: ОДЕКУ, 2009. - 22 с.