

Возможности диагноза мощных конвективных штормов над Европейской территорией СНГ по данным спутников MSG

Спрыгин А.А.

ФГБУ "Центральная аэрологическая обсерватория"

Введение

Конвективный шторм – общий термин для комплекса конвективных процессов и явлений, приводящих к формированию кучево-дождевого облака либо единого комплекса облаков, включающий также сопутствующие явления погоды: осадки (дождь или град, наводнения), ветер (порывистый ветер, шквалы, фронт порывистости, торнадо) и электрические явления (молниевые разряды, т.е. явления, сопутствующие грозе).

Мощный конвективный шторм (severe convective storm) – шторм, который достиг определенного критерия мощности (силы), проявляющейся в генерации опасных явлений с определенными параметрами. Эти параметры относительно, они устанавливаются для определенных географических областей.

Существуют различные типы конвективных штормов (КШ). Ниже приведена классификация, предложенная М. Setvak [5]:

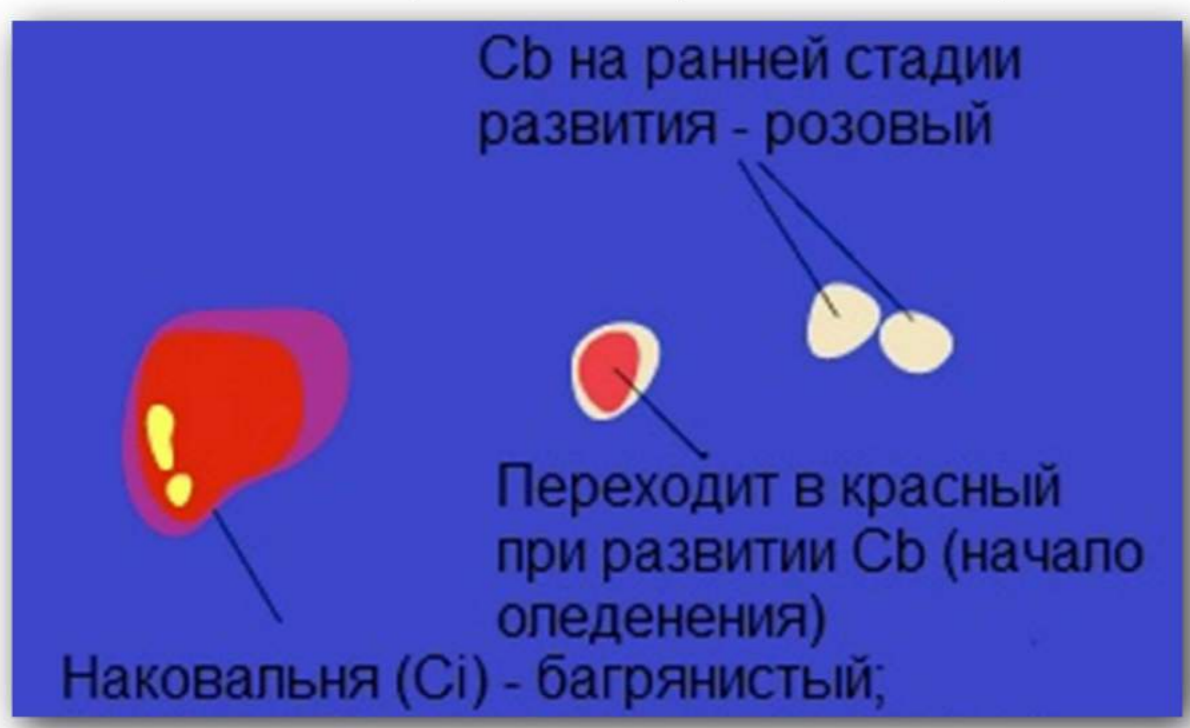


Средства и методы диагноза

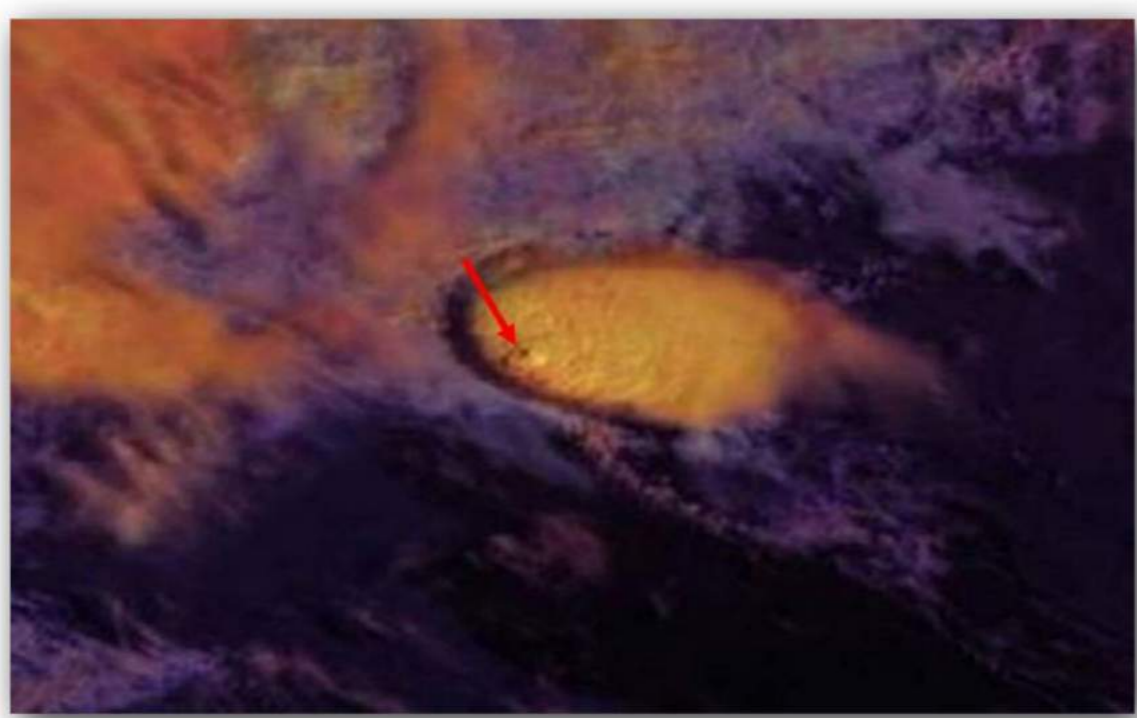
На основе геостационарных данных MSG SEVIRI (Meteosat-8,9,10), возможно создание специальных RGB-композиций для диагноза конвекции.

RGB-композиционные изображения позволяют оценить стадию развития и потенциальную мощность конвективного шторма, а также и локализацию зон активной конвекции, с которыми связаны опасные конвективные явления.

В композиции Convective Storm RGB используется следующая комбинация разности каналов: WV6.2-WV7.3 (red), NIR3.9-IR10.8 (green), NIR1.6-VIS0.6 (blue). Холодные вершины хорошо развитых Cb с мелкими ледяными частицами отображаются желтым цветом, вершины с крупными частицами – красным цветом:



Еще одна полезная комбинация получается путем наложения изображения канала высокого разрешения HRV и Convective Storm RGB. Желтые пиксели на изображении мощного шторма идентифицируют значительную положительную разность яркостных температур каналов NIR3.9-IR10.8 (BTD) из-за высокого отражения небольших частиц льда, что указывает на возможность сильных восходящих потоков:



Существуют определенные сигнатуры мощных штормов (определяемые как по одноканальным спутниковым изображениям, так и с помощью RGB-композиций):

Overshooting top (OT)- куполообразный выступ над наковальней

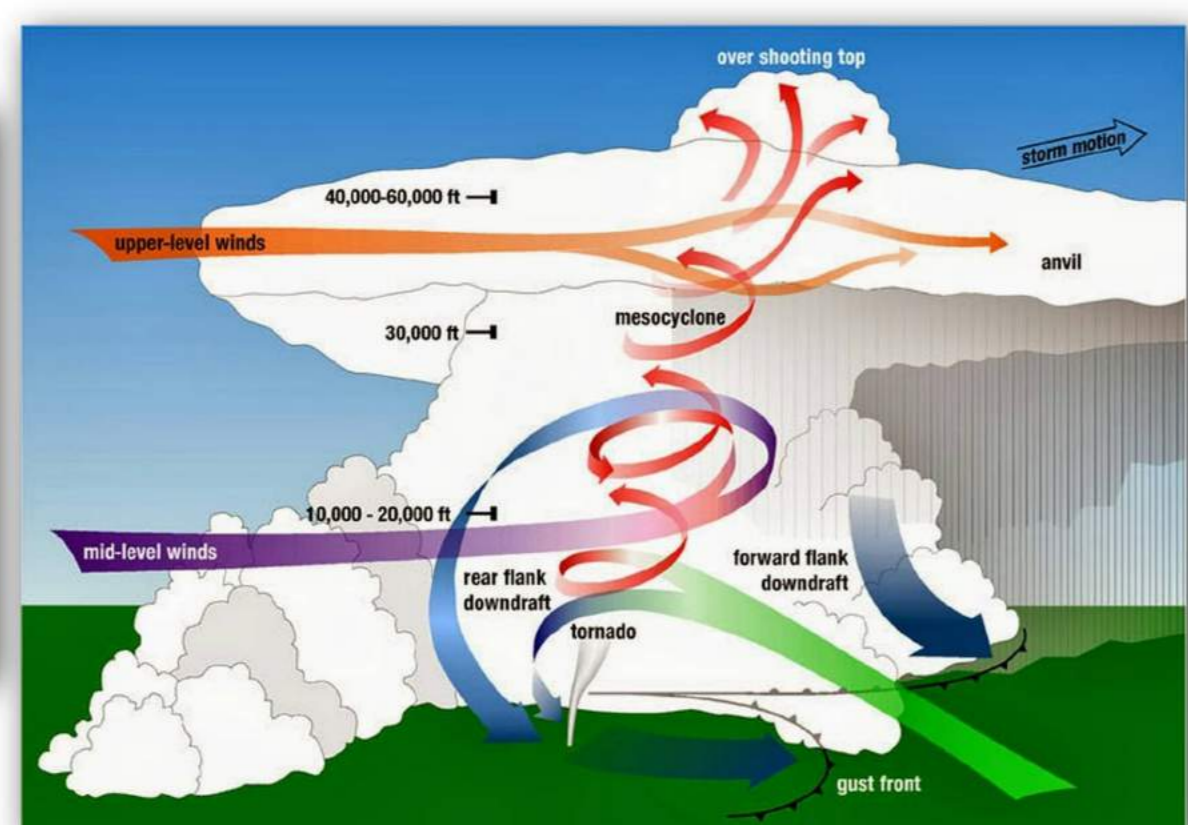
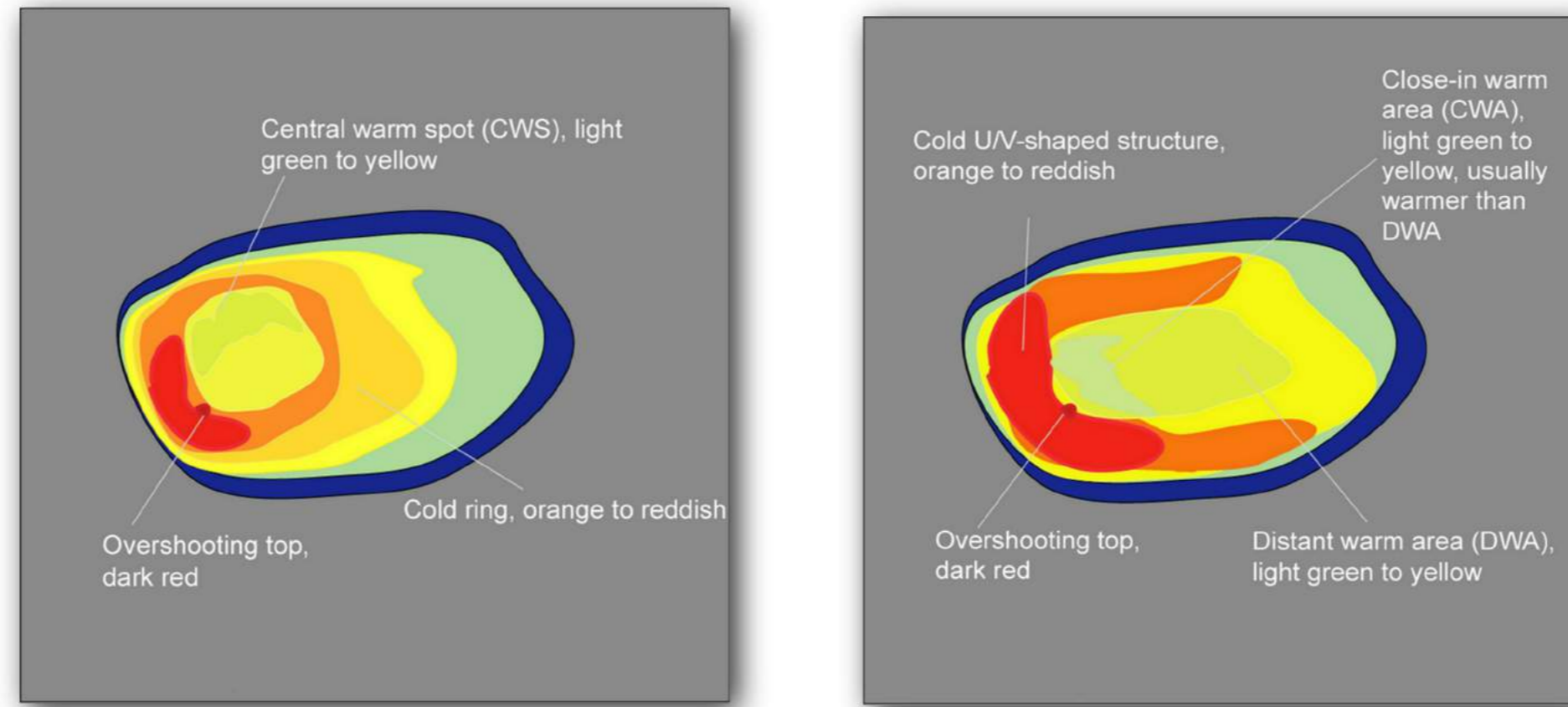


схема: <http://convectivestorm.blogspot.com>

Формирование устойчивых выступов связано по-видимому с мощными восходящими потоками в штормах, иногда - с наличием мезоциклона в суперячейковых штормах. Имеется корреляция наблюдаемых OT с опасными конвективными явлениями

Другими сигнатурами мощных штормов являются определенные неоднородности распределения температуры верхней границы (по ИК изображениям), такие как: холодные кольцевые структуры (Cold ring), U/V-образные области холода (Cold-U/V), центральная теплая область (CWS), ближняя теплая (CWA) и удаленная теплая (DWA) области:

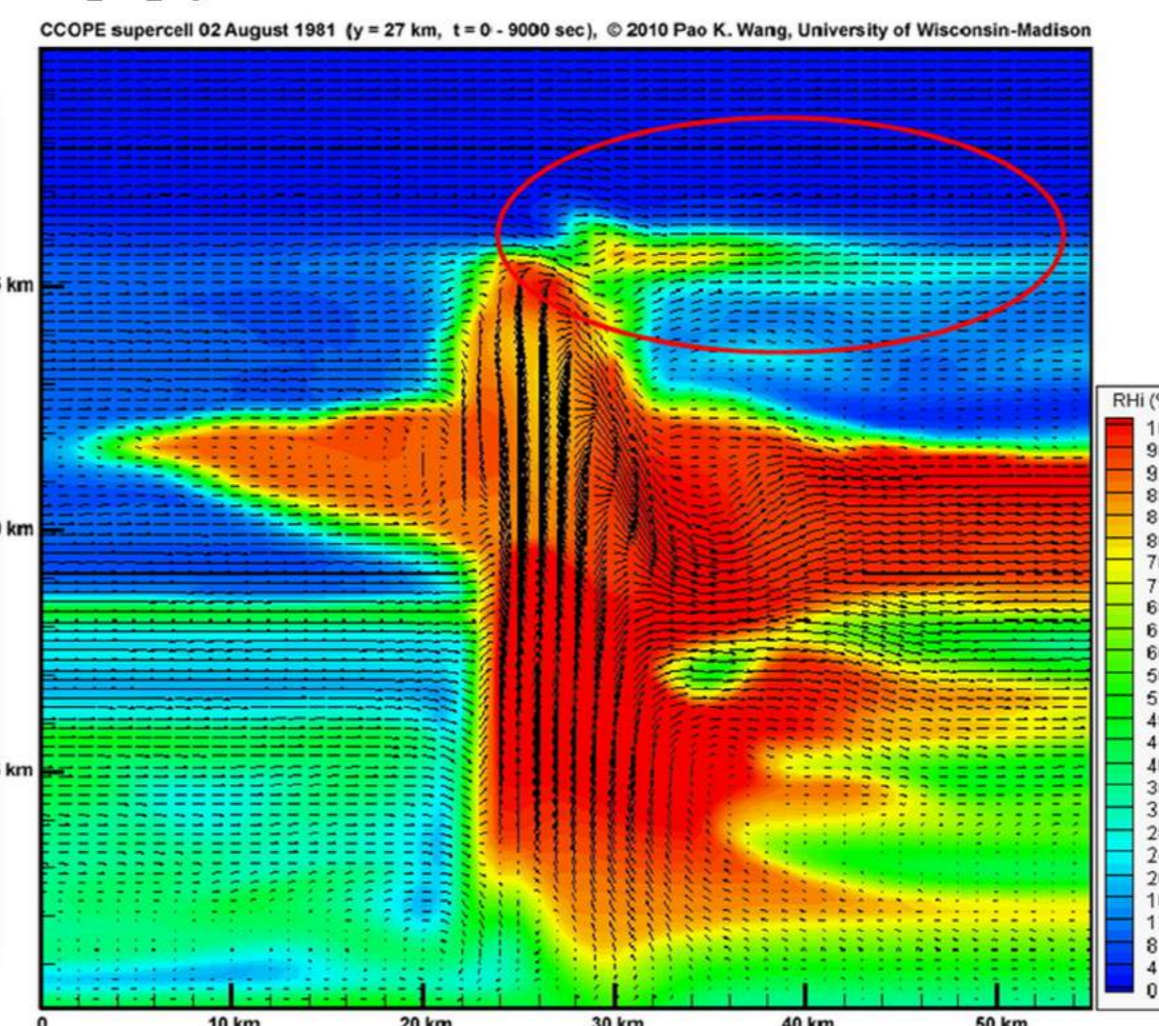
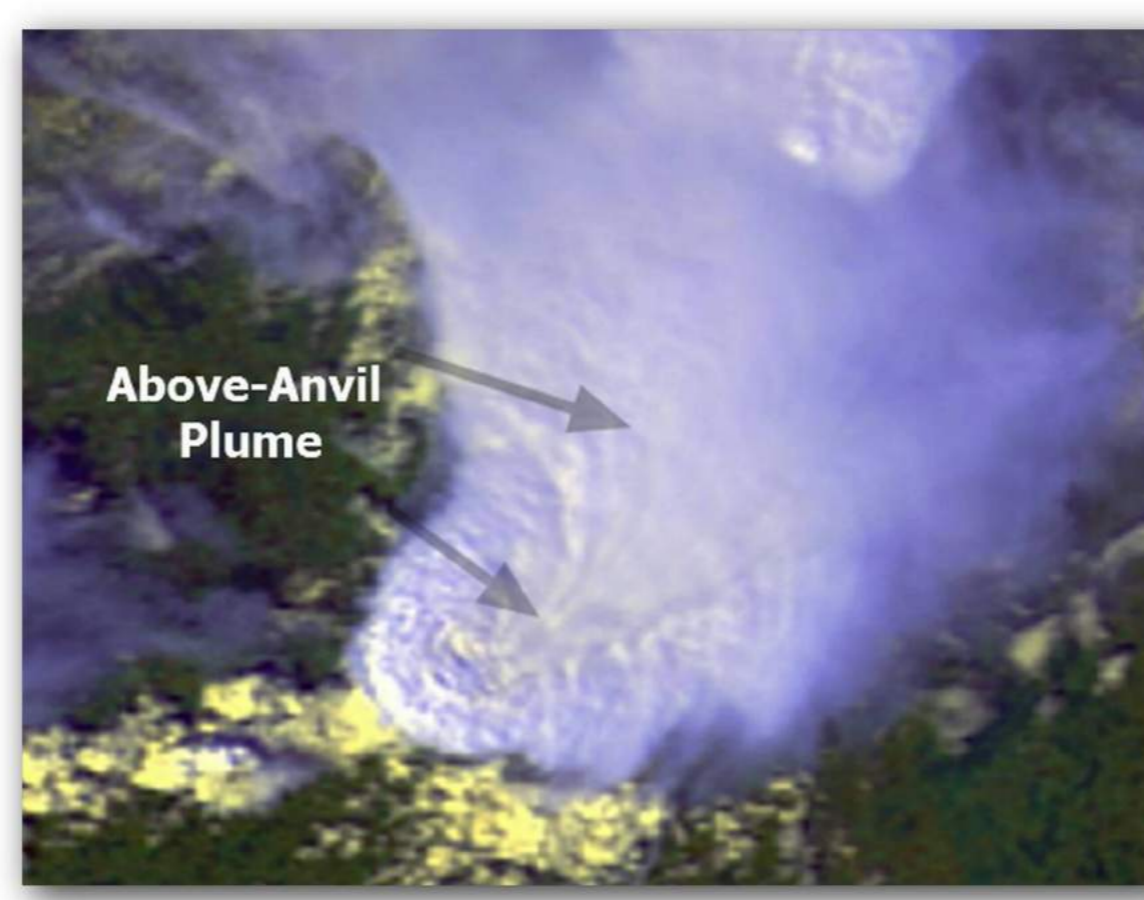


Рисунки: <http://www.eumetrain.org/satmanu/CMs/Cb/print.htm>

Некоторые параметры данных структур [6]:

- Разница температур между холодным кольцом и CWS: от 3-5 до 10–15 K (по изображениям со спутников MSG);
- Размер CWS: как правило, порядка нескольких пикселей MSG SEVIRI;
- Продолжительность «жизни» выбранной структуры CWS: от одного до нескольких 15-минутных последовательных изображений MSG

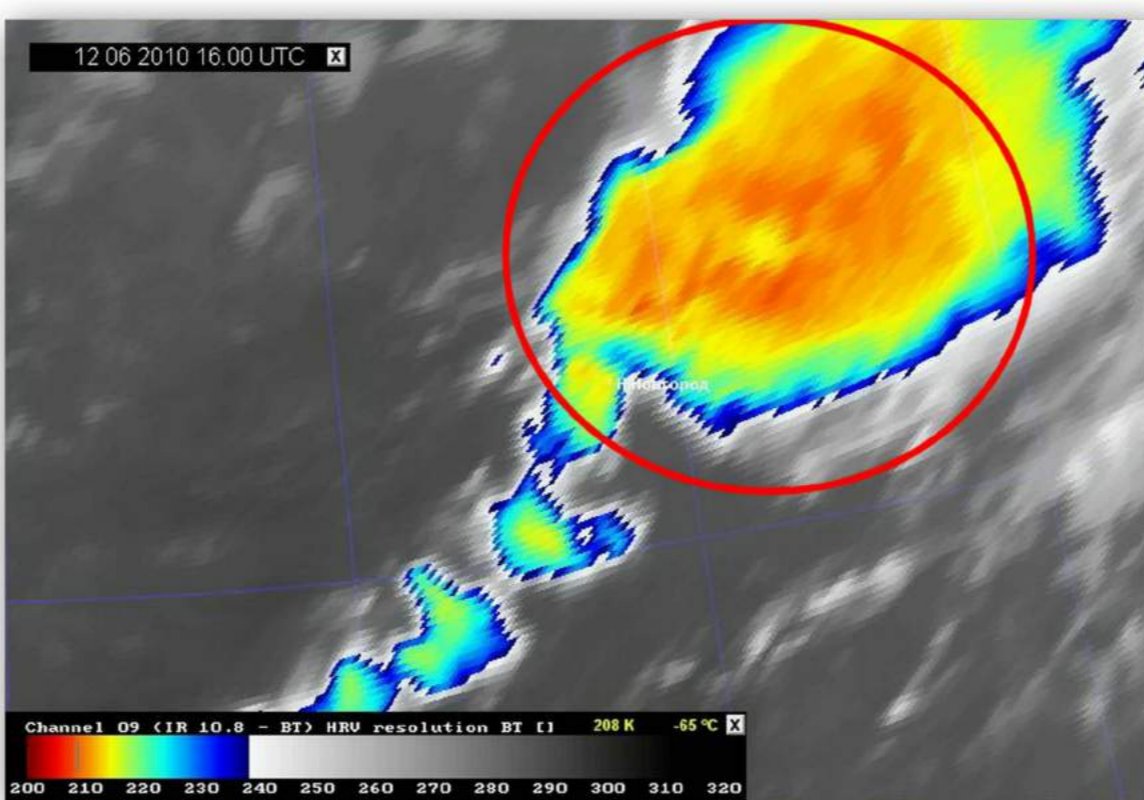
Причины образования данных структур до конца не выяснены. Предположительно, они связаны с экранированием холодных вершин штормов "выбросами" относительно теплых облачных частиц (Above-Anvil Plumes, см. фото [3] внизу слева) мощными восходящими потоками над центральными частями наковален штормов, что подтверждается некоторыми данными моделирования (рис. внизу справа [3])



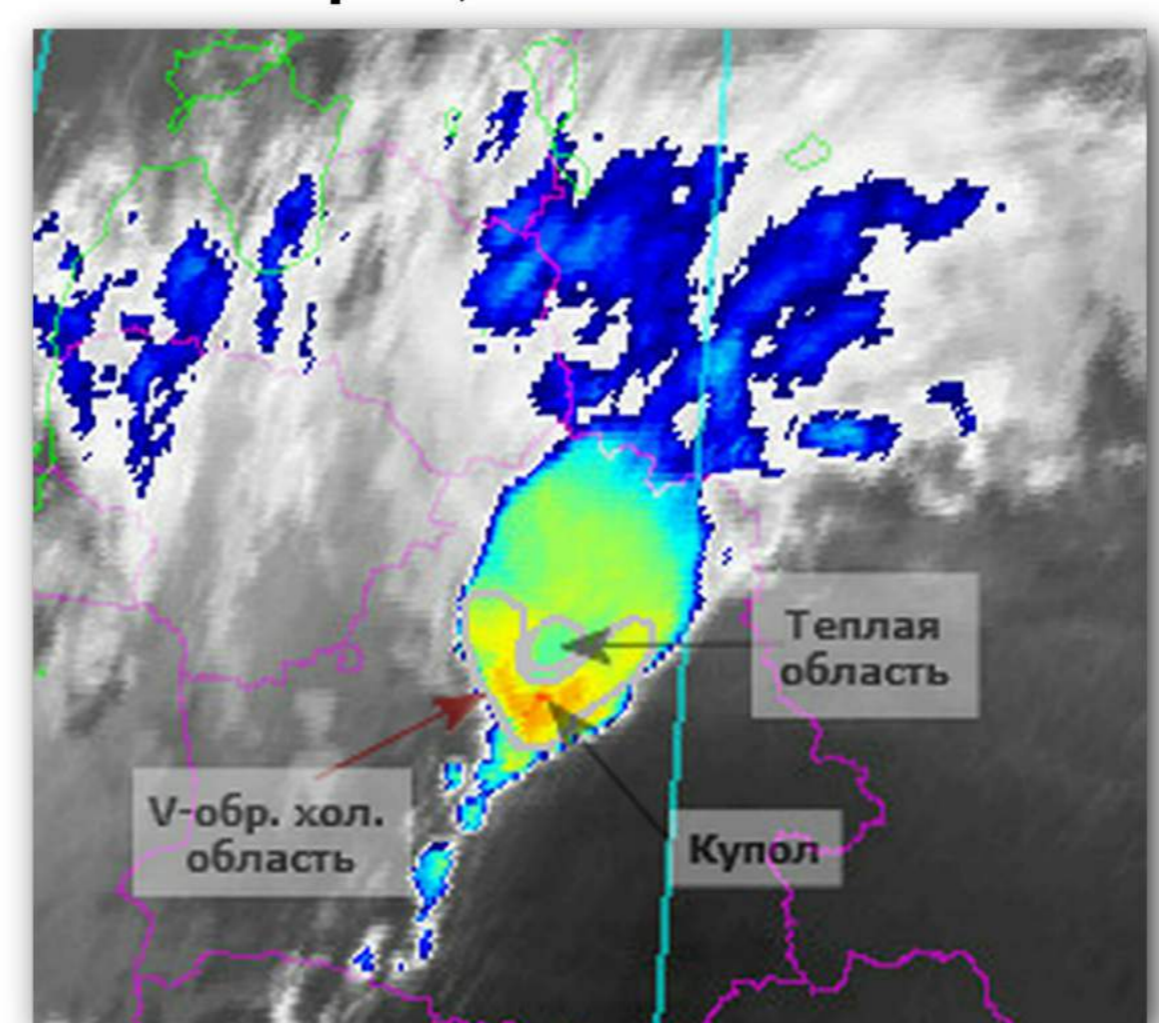
Примеры идентификации структур мощных конвективных штормов на ЕТ СНГ

Описанные выше сигнатуры мощных конвективных штормов (с сопутствующими опасными явлениями) неоднократно фиксируются по данным спутников MSG и над исследуемой территорией. Ниже приводятся примеры идентификации с указанием места, даты, типа идентифицируемых структур и типа RGB-композиции, которая использовалась для идентификации:

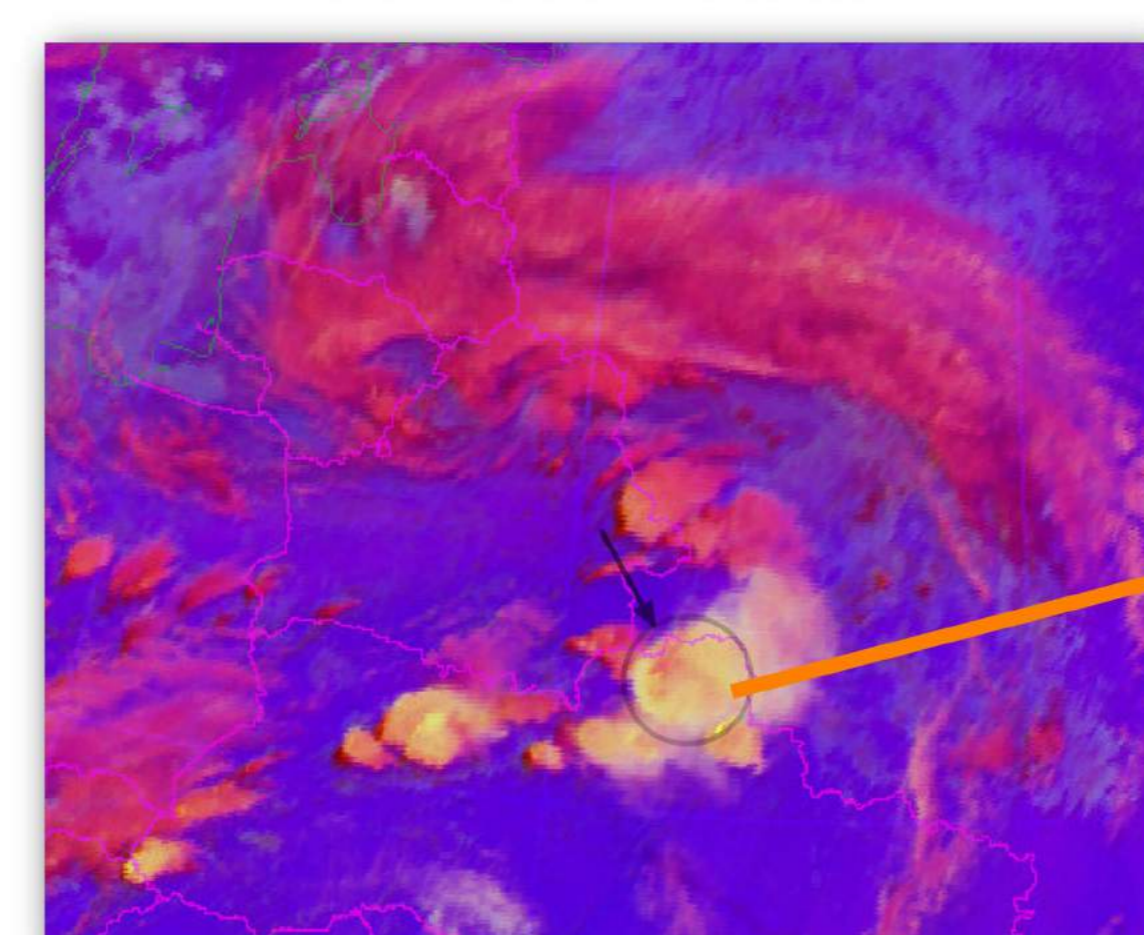
12.06.2010, РФ, Нижегородская обл., Cold-ring сигнатура доминирующего шторма, RGB IR 10.8 BT



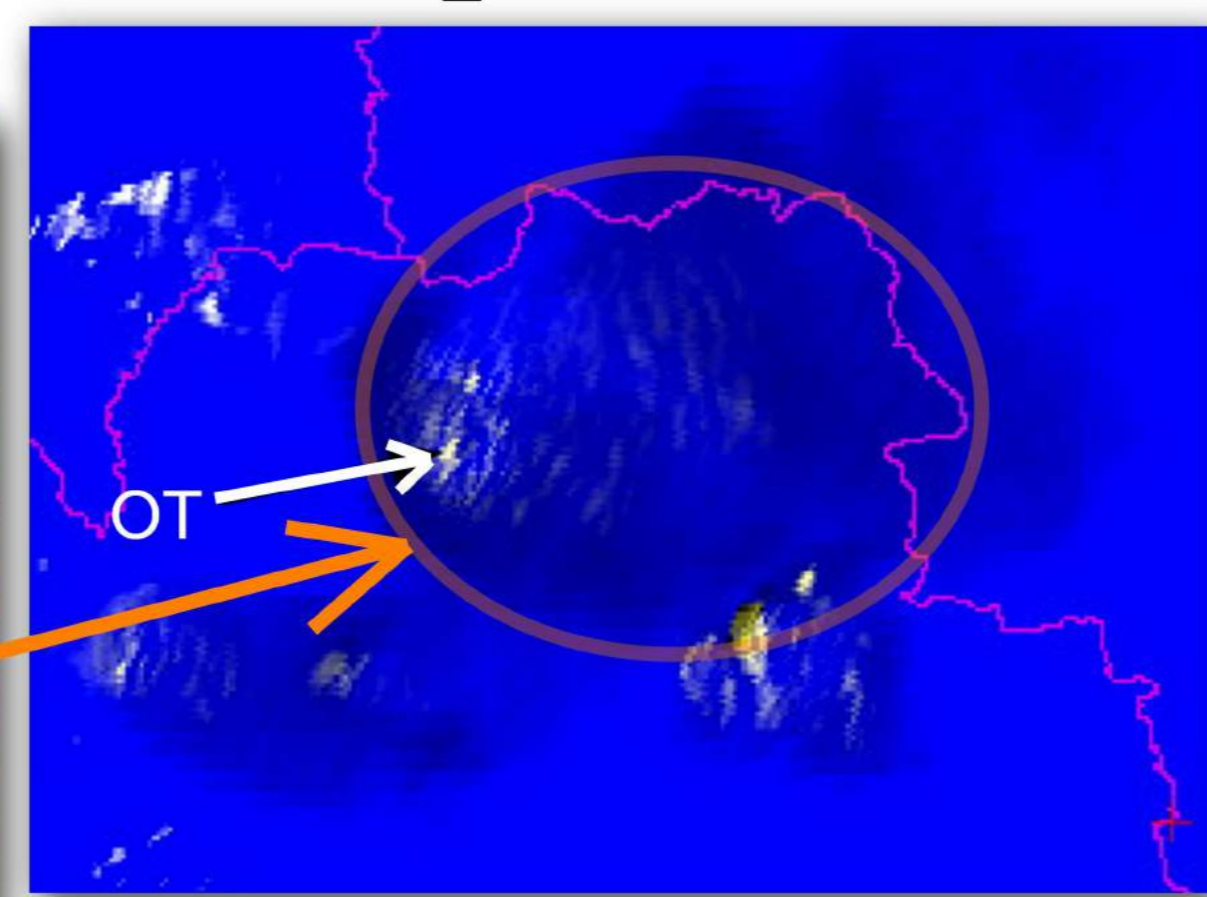
13.07.2016, Республика Беларусь, Cold-V и CWS сигнатура мощного шторма, RGB IR 10.8 BT



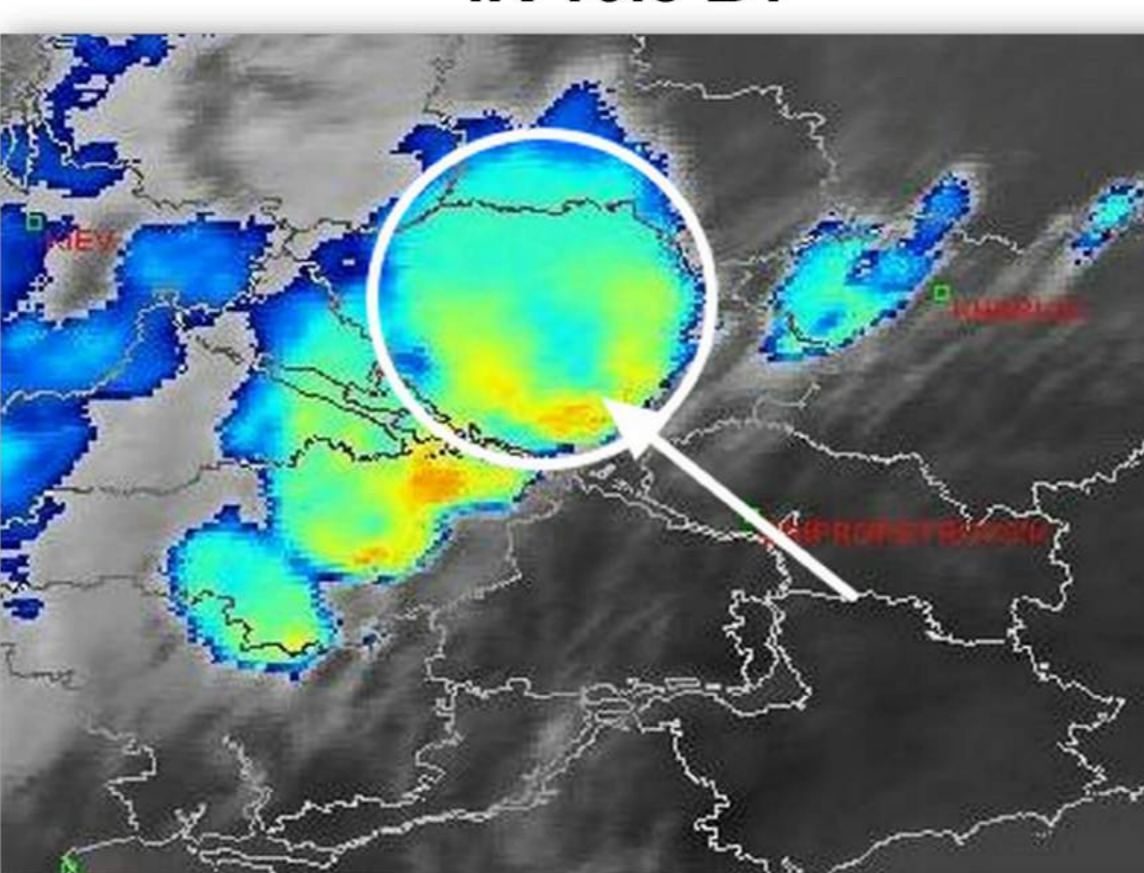
07.06.2009, граница Украины, Беларуси, линия неустойчивости с развитием мощных штормов, RGB Convective Storm



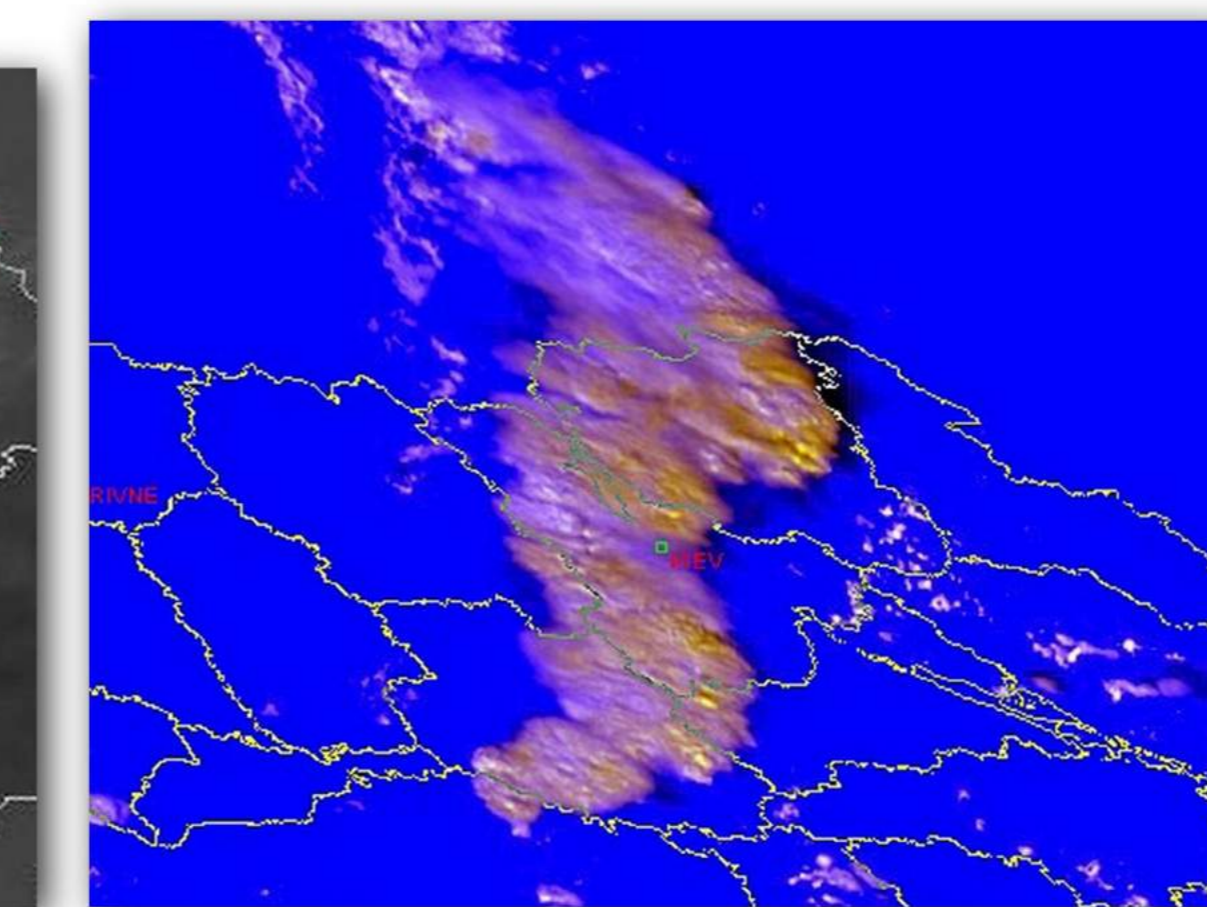
07.06.2009, доминирующий шторм с выраженным куполом (OT), RGB HRV severe storms



14.06.2012, Украина, Cold-U сигнатура мощного шторма, RGB IR 10.8 BT

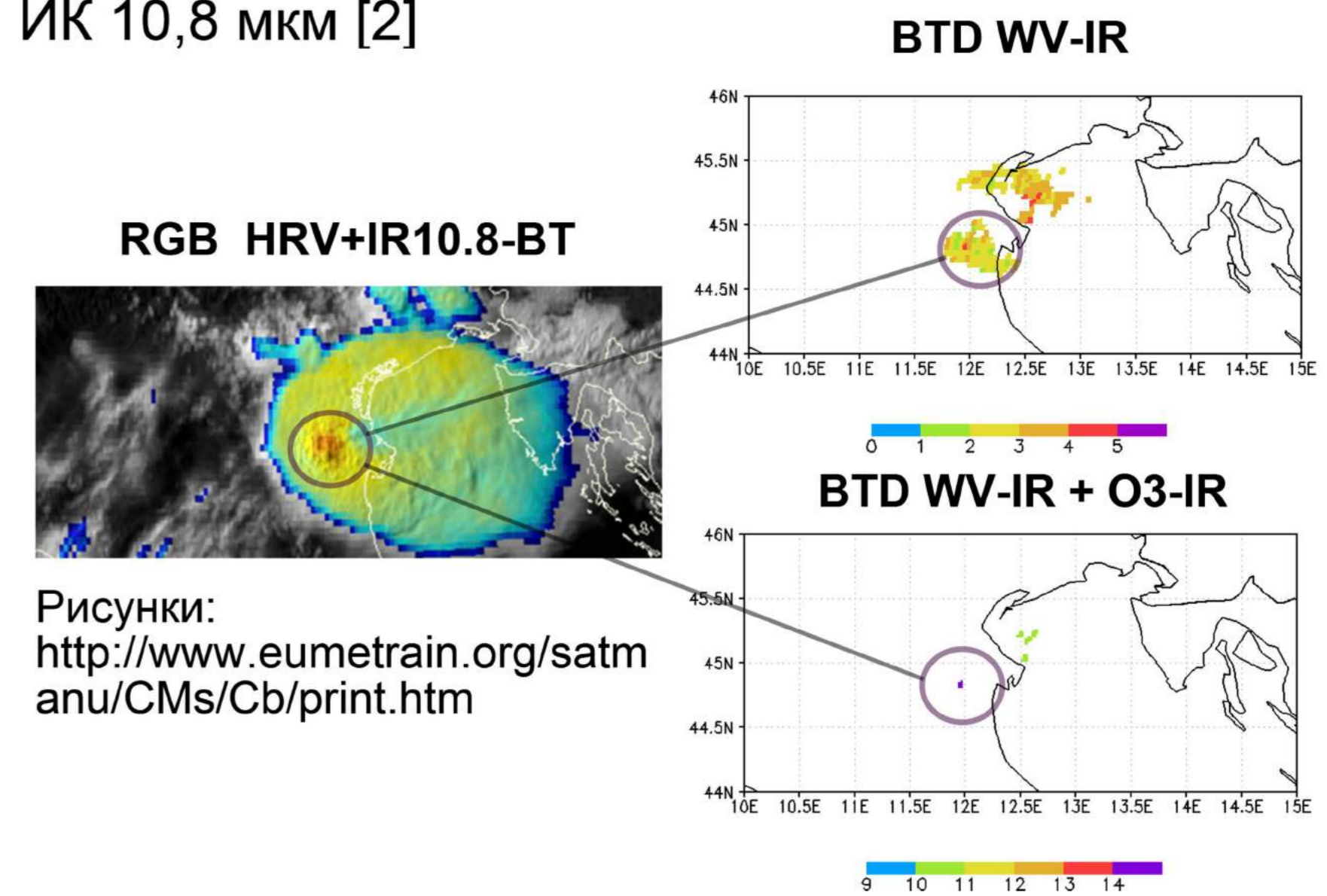


25.05.2011, Украина, линия неустойчивости с развитием мощных штормов, RGB Convective Storm + HRV



Методы объективной идентификации

Разрабатываются алгоритмы объективной идентификации некоторых структур мощных штормов. Так, K. Bedka разработал метод [1] обнаружения куполообразных выступов (OT) основанный на разности яркостных температур (BTD) между каналами 6,2 мкм и 10,8 мкм (WV-IR). BTD более 0 K связаны с конвективными облаками с высоким вертикальным развитием. Положительные BTD появляются, когда мощные конвективные облака проникают через тропопазу, увеличивая влажность в нижней стратосфере. Для уменьшения случаев ложной идентификации используется сочетание с разностью озонового канала (9,7 мкм) и канала ИК 10,8 мкм [2]

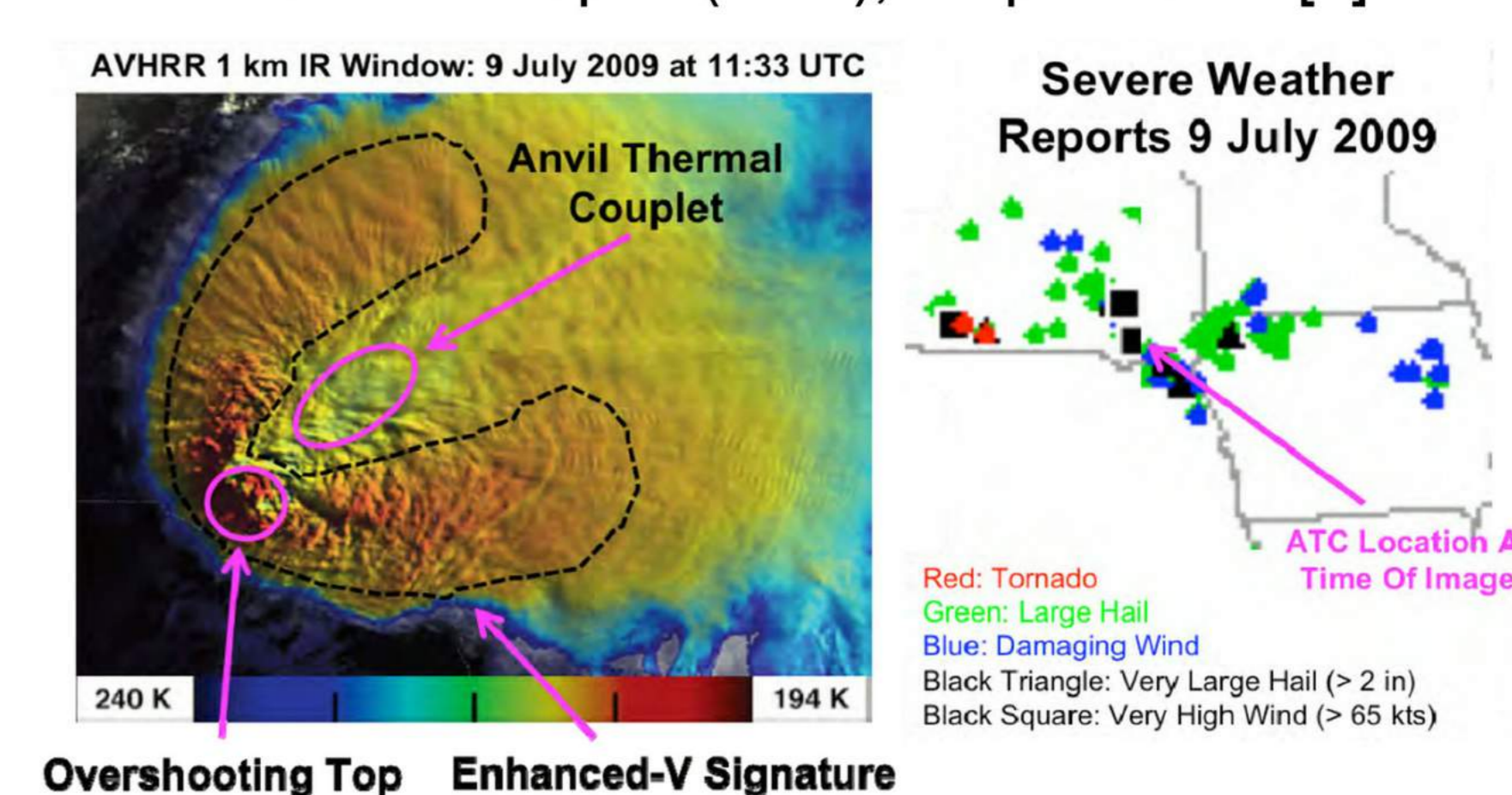


Рисунки: <http://www.eumetrain.org/satmanu/CMs/Cb/print.htm>

Согласно исследованиям [1,2] имеется существенная корреляция мощных конвективных штормов с OT с такими опасными явлениями, как: сильные осадки, разрушительные ветры, крупный град и торнадо:

Спутник MSG SEVIRI, Европа	Спутник GOES-12, США
Тип опасных явлений	Тип опасных явлений
Процент совпадений со случаями идентификации куполов	Процент совпадений со случаями идентификации куполов
Смерчи	Смерчи
56%	56%
Сильный ветер/шквал	Сильный ветер/шквал
59%	58%
Крупный град	Крупный град
61%	51%
Все типы одновременно	Все типы одновременно
49%	54%

Также, этим же автором был предложен и метод идентификации cold-U/V сигнатур [4], основанный на температурной разности двух, рядом расположенных областей: холодной, вблизи OT и более теплой (CWS). Метод получил название Anvil Thermal Couplet (ATC), см. рис. ниже [4]:



Согласно этому исследованию [4] 76% всех идентифицированных ATC cold-U/V сигнатур были связаны с опасными конвективными явлениями.

Выводы

1. Существуют значительные возможности использования специальных технологий отображения спутниковых данных для идентификации мощных конвективных процессов и явлений.
2. На Европейской территории СНГ для этого целесообразно использовать данные геостационарных спутников Meteosat-8,9,10 (MSG 1-3).
3. Важным является как тестирование уже разработанных алгоритмов идентификации, так и разработка новых (для исследуемой территории), в т.ч. с комбинацией их с алгоритмами обнаружения опасных явлений по данным других средств диагноза (радиолокационным, грозопеленгационным и др.)

Литература

1. Bedka, K. M., 2010: Overshooting cloud top detections using MSG SEVIRI Infrared brightness temperatures and their relationship to severe weather over Europe. Atmos. Res., doi:10.1016/j.atmosres.2010.10.001.
2. Mikuš, P., Strelec Mahović, N., 2012: Satellite-based overshooting top detection methods and the analysis of correlated weather conditions. Atmos. Res., 10.1016/j.atmosres.2012.09.001
3. Setvák, M., Lindsey, D.T., Rabin, R.M., Wang, P.K., Demeterová, A., 2008: Indication of water vapor transport into the lower stratosphere above midlatitude convective storms: Meteosat Second Generation satellite observations and radiative transfer model simulations. Atmos. Res., 89, 170-180.
4. http://www.goes-r.gov/products/ATBDs/option2/Aviation_OvershootingTop_v1_no_color.pdf
5. <http://www.rtc.mgm.gov.tr/FILES/KURS/334/DOCS/MartinSetvak1.pdf>
6. <http://www.rtc.mgm.gov.tr/FILES/KURS/334/DOCS/MartinSetvak2.pdf>