



# Вспышки сильных конвективных штормов в июне – июле 2024 г. на ЕТР: спутниковый и радиолокационный мониторинг

А.А. Алексеева (1), В.М. Бухаров (1), Н.С. Миронова (2), Г.А. Федоров (2).

*(1) ФГБУ «Гидрометцентр России», (2) ФГБУ «НИЦ «Планета»*



# Введение

## Краткое описание проблемы:

Результатом глобального потепления в летний период года для ЕТР являются все чаще наблюдаемые волны сильной жары, сменяющиеся ураганами и штормами. Климат ЕТР меняется и становится похожим на тропический, все чаще наблюдаются ливни, отличающиеся большой интенсивностью и нередко приводящие к подтоплениям, сопровождающиеся сильными шквалами и градом. Часто при развитии таких процессов возникновение опасных конвективных явлений сопровождается значительным ущербом, гибнут люди.

Прогноз опасных конвективных явлений в летний период года в настоящее время не всегда точен, особенно касательно точного времени и места их возникновения, а также интенсивности явлений. Поэтому роль спутникового и радиолокационного мониторинга трудно переоценить, результаты мониторинга могут представить синоптику дополнительные возможности анализа условий возникновения конвективных опасных явлений (ОЯ).

## Актуальность:

Спутниковый мониторинг позволяет диагностировать конвективные ОЯ для территорий, не охваченных метеорологической сетью. Радиолокационный мониторинг обладает такой же особенностью, но ограничивается плотностью покрытия радиолокационной сети. В России хорошо обеспечена данными ДМРЛ-С только ЕТР. Совместное использование результатов спутникового и радиолокационного мониторинга позволяет получить для прогнозирования и формирования штормпредупреждений важную дополнительную информацию о возникновении конвективных ОЯ. Поэтому актуальность представленных исследований и полученных результатов не вызывает сомнений. Они направлены на сокращение ущерба от возникновения ОЯ, спасение жизни людей в результате повышения точности прогнозирования и заблаговременного предупреждения с целью принятия превентивных мер защиты.

## Краткое описание используемых методов мониторинга:

**Спутниковый мониторинг:** На основе спутниковых данных КА серий Арктика-М (частота съемки 15 минут) и Электро-Л (частота съемки 15 и 30 минут) реализован автоматизированный мониторинг погоды, который позволяет наблюдать мощные конвективные шторма в реальном времени.

В разработанных алгоритмах спутникового диагноза информация с КА комплексируется с сопряженными по пространственному и временному разрешению данными прогностической модели. Карты спутникового диагноза позволяют оценить развитие синоптической ситуации в реальном времени и представляют информацию о вероятности гроз, града в облаках, интенсивности осадков, максимальной скорости ветра при порывах у Земли и ряде других параметров.

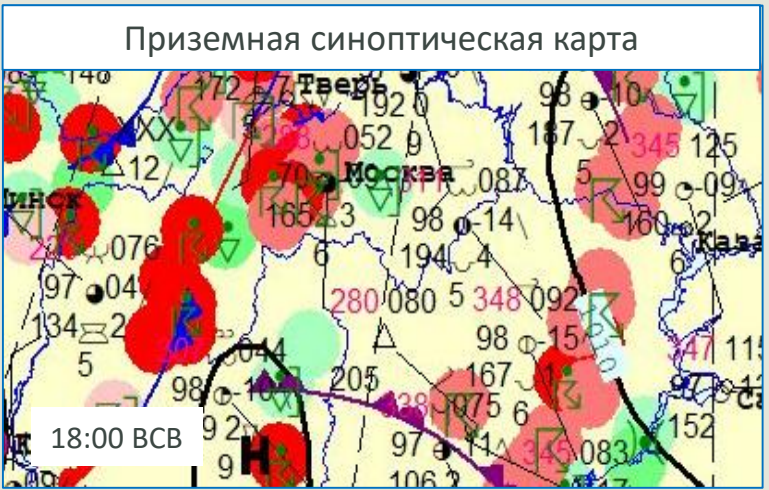
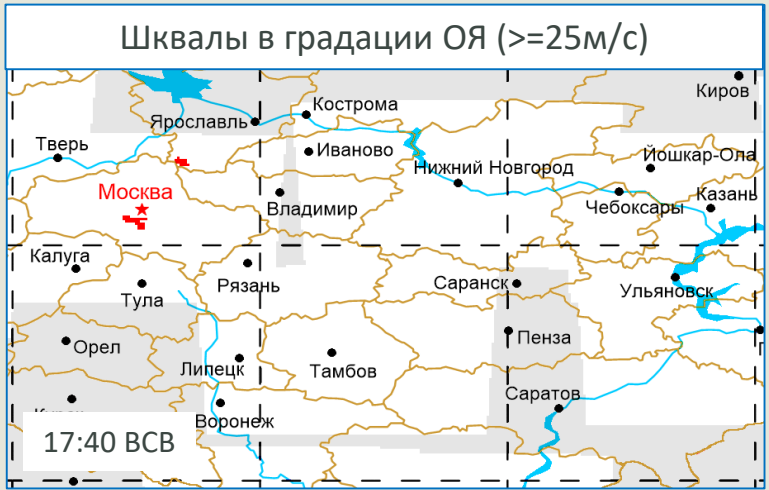
**Радиолокационный мониторинг:** Радиолокационный мониторинг осуществляется в рамках экспериментальной технологии диагностики параметров конвекции, конвективных явлений (ливней, шквалов, града), их интенсивности, включая градацию ОЯ, на основе данных сети ДМРЛ-С с привлечением результатов численного моделирования с пространственным разрешением, сопряженным с радиолокационными данными (0.05x0.05 град.), и временным разрешением 10 мин.

В основе авторские алгоритмы, отличные от алгоритмов, реализованных при оперативной работе отдельных локаторов. Диагностируются максимальные скорости конвективных движений; интенсивность ливневых осадков и их ежечасное и полусуточное количество; возможность выпадения града на поверхность Земли и его размер; шквалы в градациях скорости ветра 15-19; 20-24 и  $\geq 25$  м/с; шквалы градации ОЯ; скорость порывов ветра при шквале и ряд других параметров конвективных процессов. Результаты численного моделирования используются для уточнения интенсивности шквалов и скорости порывов ветра, а также отделения случаев выпадения града от случаев выпадения снежной или ледяной крупы и определения размера града, выпадающего на поверхность земли.

Более подробно с реализованными алгоритмами спутникового и радиолокационного мониторинга можно ознакомиться в литературе, приведенной ниже, и в других работах авторов доклада.

**Рассмотрим примеры двух наиболее активных конвективных штормов, наблюдавшихся 20 июня и 5 июля 2024 г. на ЕТР.**

# 5 июля 2024 г. радиолокационный мониторинг



5 июля, после недельной аномальной жары, в центральном районе ЕТР отмечился интенсивный ураган «Орхан». По ЕТР с запада на восток перемещался холодный атмосферный фронт, в прогнозе ожидалось ливни  $\geq 30$  мм/ч, град, шквал скоростью 22-27 м/с.

Сначала непогода охватила северо-западный регион Московской области, однако пострадали и другие районы, включая Москву. В некоторых районах видимость из-за дождя была почти нулевой. В Москве пострадали при падении деревьев двое человек. Была повреждена московская железнодорожная станция «Электрозаводская», жертвами стихии стали сотни пассажиров московского аэропорта Шереметьево, работу которого парализовала непогода. В Волоколамском районе наблюдали сформировавшийся смерч, который не причинил значительных разрушений. Сильные грозы, дождь и усиление ветра отмечались почти во всех районах Москвы.

Приведены: приземная синоптическая карта, а также карты радиолокационного мониторинга, близкие по времени к возникновению фактических явлений.





5 июля 2024 г.

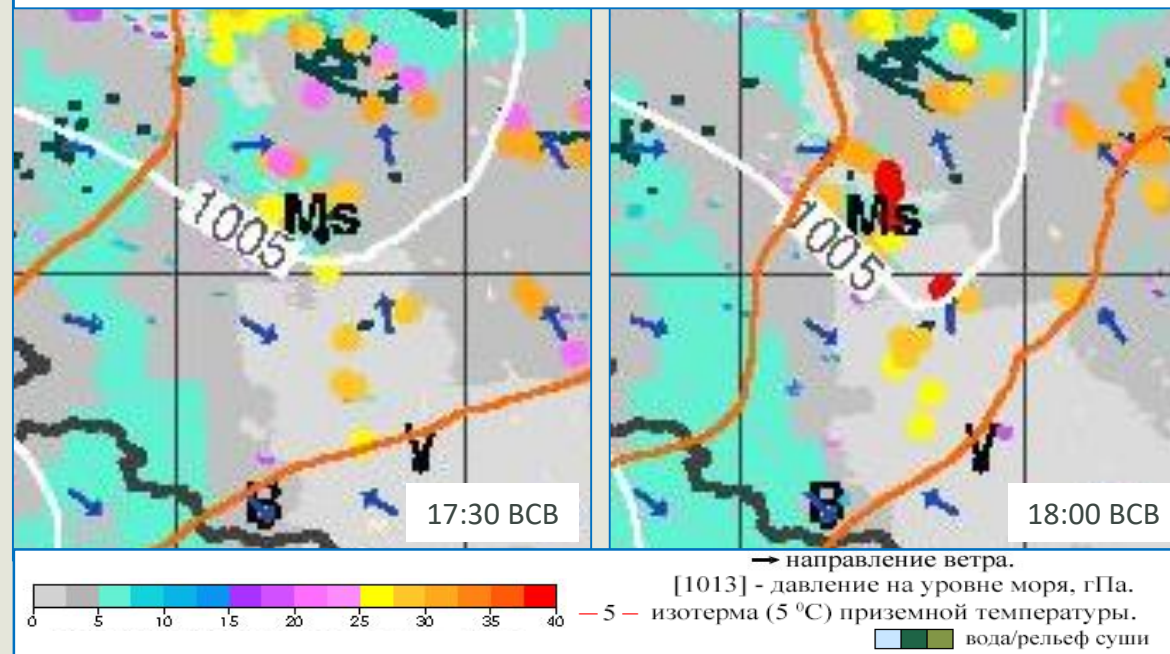
# СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ

Локальные усиления скорости ветра у земли наблюдаются и по спутниковым данным, сиреневые и розовые оттенки на карте - усиление до 20-25 м/с, желтые и оранжевые - до 30 м/с и более.

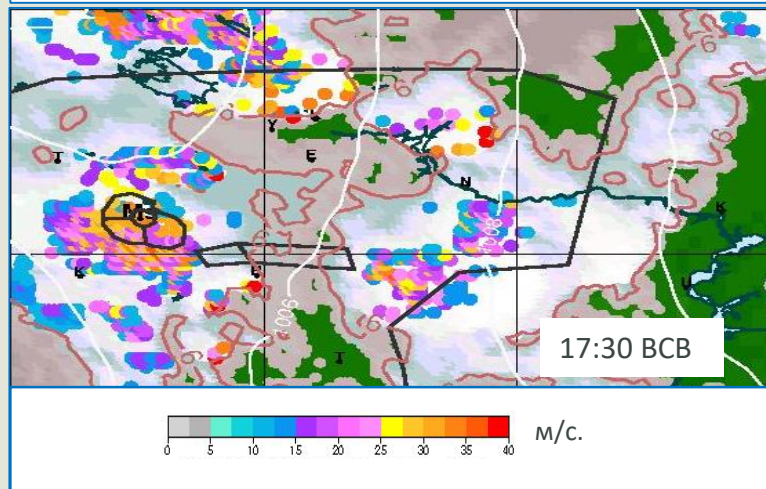
Диагностированные: максимальная конвективная скорость выше 30 м/с, высота ВГО Сб облаков 14-15 км, градиенты температуры на поверхности 850 гПа более 3,5°C/100км. Усилению ветра способствовали контраст температуры на уровне 850 гПа и близкорасположенная зона струйного течения.

На представленных картах отчетливо видно, что активизация конвективных процессов вызвана фронтальным разделом. Представлены карты спутникового диагноза за сроки, близкие к возникновению фактических явлений.

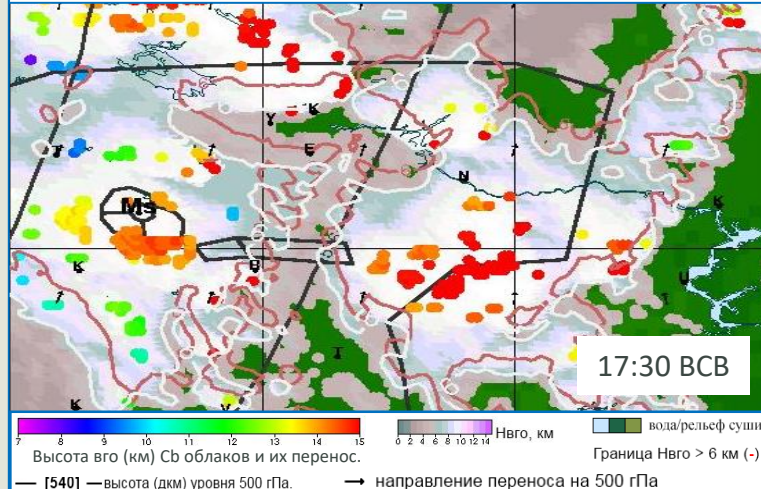
### Максимальная скорость ветра при порывах у земли (м/с)



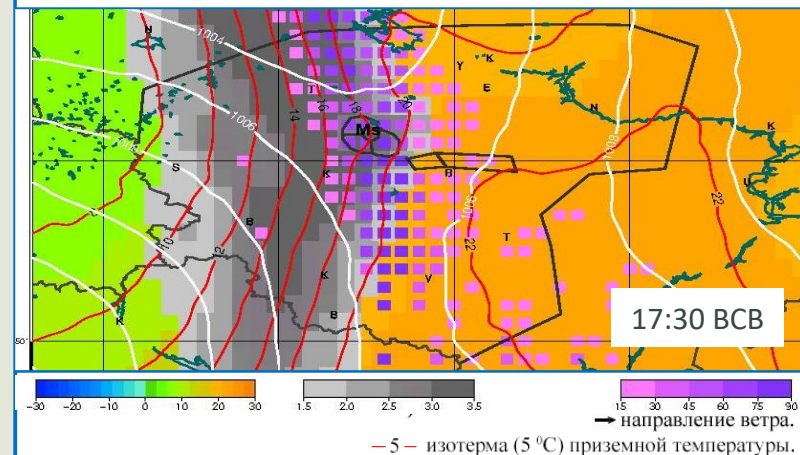
### Максимальная конвективная скорость, м/с



### Высота ВГО, км

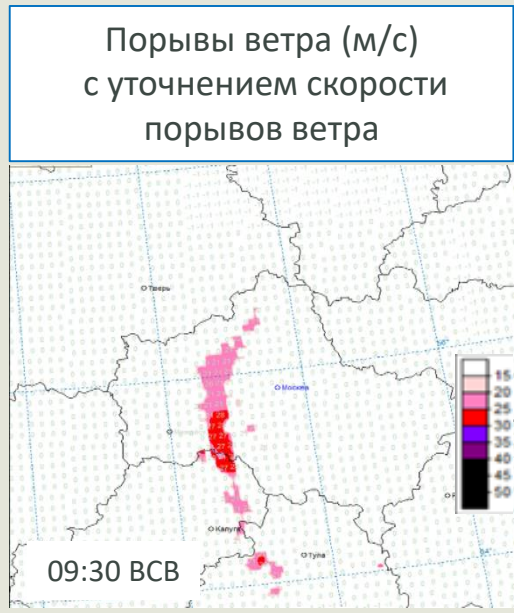


### Температура воздуха на поверхности 850 гПа и её градиенты





# 20 июня 2024 г.: радиолокационный мониторинг

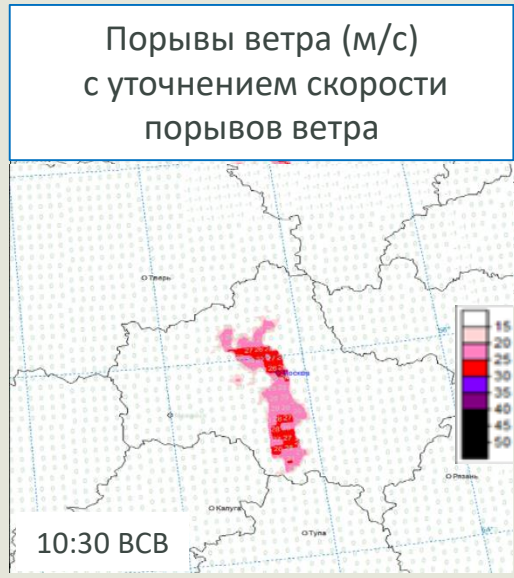


20 июня 2024 г. погоду в центре ЕТР определял ураган «Эдгар». При прохождении чрезвычайно активного атмосферного фронта с волнами прогнозировались сильные ливни до 34-36 мм, грозы, град размером 1-4 мм и шквалы с порывами 17-22 м/с, на юге, юго-востоке и востоке ожидалось возникновение смерчей.

По факту масштабы стихии превзошли ожидания. С полудня наблюдался мощный грозовой фронт с ливнем, градом и шквалом. Было замечено возникновение смерчей. Порывы ветра, зафиксированные метеостанциями, 15-17 м/с, местами по ущербу достигали 25 м/с и более. Шкваловые порывы ветра нанесли значительные повреждения инфраструктуре города, были повалены десятки деревьев. В результате разгула стихии погибли 2 человека, 18 человек получили ранения.

По данным очевидцев были замечены смерчи в районах Лобни, Наро-Фоминска и Истры.

На данном слайде представлена информация, полученная на основе радиолокационных данных о развитии процессов в рамках экспериментальной технологии. Зафиксированы скорости порывов ветра выше 20 м/с, а местами больше 25 м/с, полусуточные осадки выше 20 мм, с значительной зоной в градации 30-40 мм и вкраплением зон более 40 мм, конвективные скорости при прохождении данных процессов достигали местами 25 м/с и более.



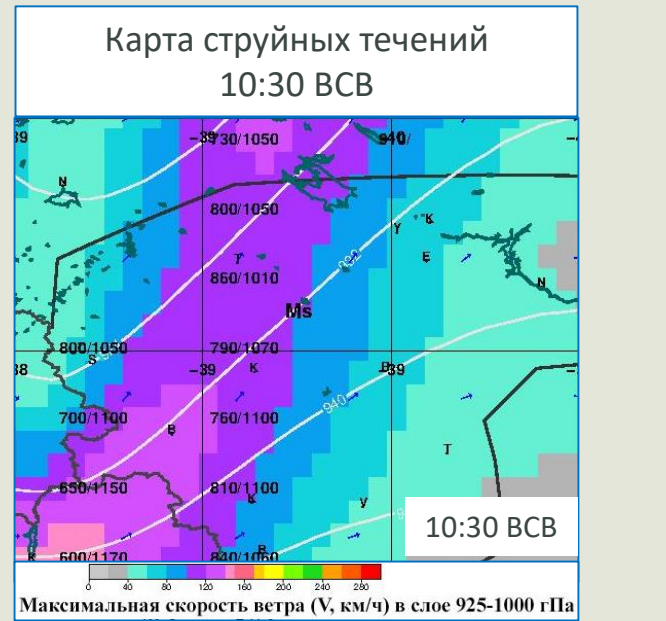
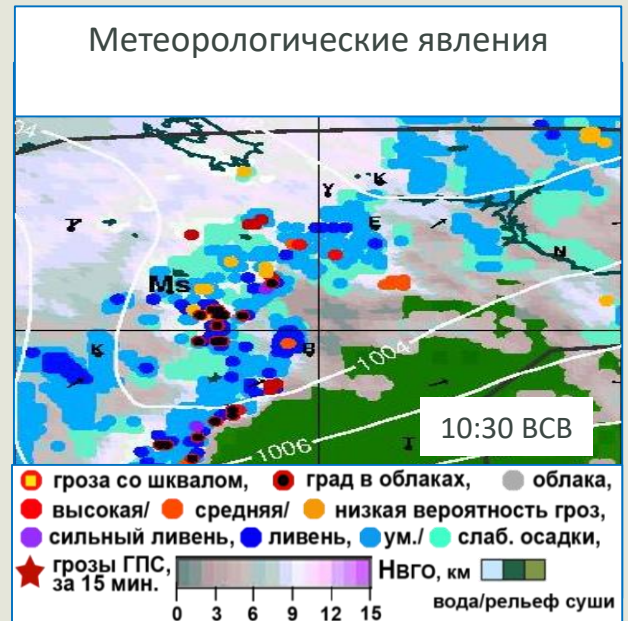
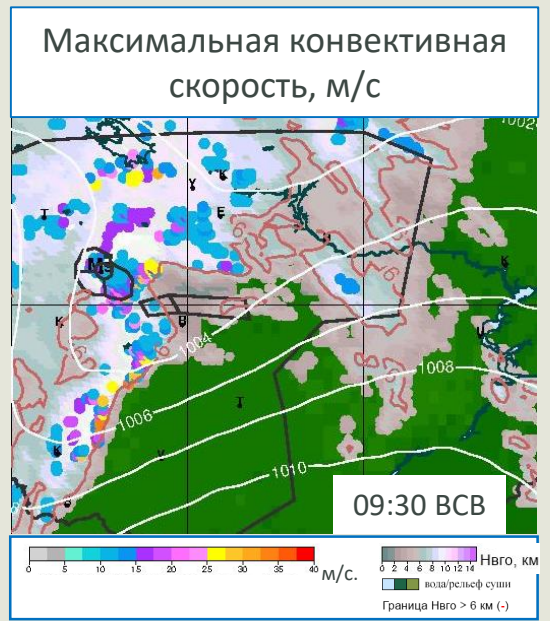
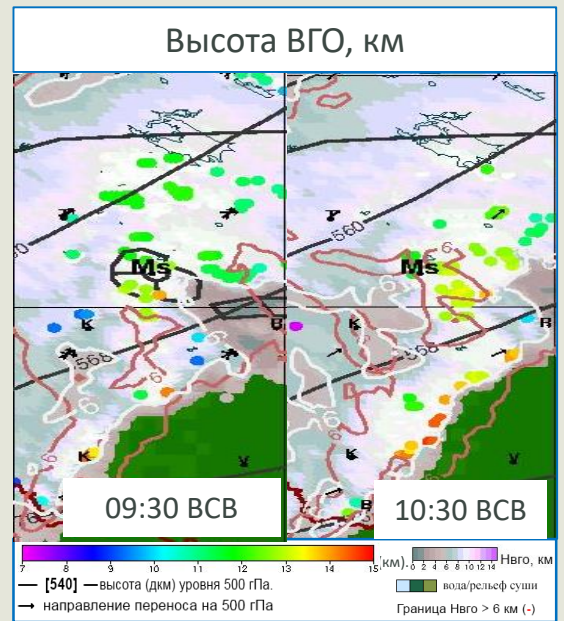
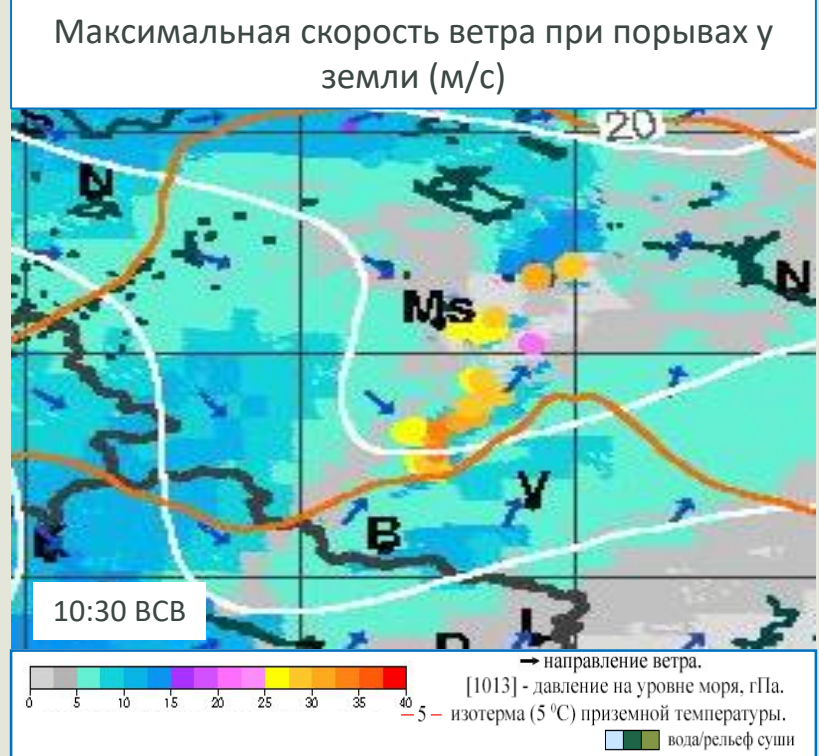


# 20 июня 2024 г.: СПУТНИКОВЫЙ МОНИТОРИНГ

На представленных фрагментах карт видно, что локальные усиления ветра у земли, связанные с кучево-дождевой облачностью, достигали 30 м/с и более, максимальные конвективные скорости составляют 25-30 м/с. Высота ВГО Св облаков превысила 13 км, на карте метеоявлений диагностированы сильные ливни, ливни, грозы, град в облаках. Усилению ветра способствовали контраст температуры на уровне 850 гПа и близкорасположенная зона струйного течения.

Для лучшего понимания синоптической ситуации и протекающих процессов представлены фрагменты карт температуры на поверхности 850 гПа и ее контрастов, которые достигают 3.5°C/100 км и более. Также представлена карта струйных течений.

Отчетливо видно, что активизация конвекции вызвана фронтальными процессами. Представлены карты спутникового диагноза за сроки, близкие к возникновению фактических явлений.



# Выводы

Результаты спутникового и радиолокационного мониторинга продемонстрированы для случаев конвективных штормов 20.06.2024 г. и 05.07. 2024 г. в московском регионе. Полученные результаты свидетельствуют о перспективности совместного диагноза конвективных явлений как для дальнейшего изучения процессов их возникновения, включая градацию опасных явлений, так и совершенствования их прогноза.

Особую роль представленные данные спутникового и радиолокационного мониторинга играют при формировании штормовых предупреждений, позволяют выпустить их с большей заблаговременностью и повышают точность, что позволяет принять превентивные меры защиты.

## Литература

*Алексеева А. А., Бухаров В.М., Лосев В.М.* Диагноз сильных шквалов на основе данных ДМРЛ-С и результатов численного моделирования // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2021. № 3 (381). С. 6–23.

*Алексеева А. А., Бухаров В.М., Лосев В.М.* Диагностика града на основе данных ДМРЛ-С и результатов численного моделирования // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2023. № 2 (388). С. 114–127.

*Алексеева А. А., Бухаров В.М.* Идентификация порывов ветра при шквале по данным сети ДМРЛ-С и численного моделирования // Гидрометеорологические исследования и прогнозы. 2024. № 2 (392). С. 25–50.

*Алексеева А.А., Бухаров М.В., Лосев В.М., Соловьев В.И.* Диагноз осадков и гроз по измерениям уходящего теплового излучения облачности с геостационарных спутников // Метеорология и гидрология. 2006. № 8. С. 33-42.

*Алексеева А. А., Песков Б. Е.* Оценка максимальной скорости конвективного потока, характеристик ливневых осадков и града по радиолокационной информации // Труды Гидрометцентра России. 2016. Вып. 360. С. 135–148.

*Бухаров М. В., Кухарский А. В., Мисник Л. А.* Автоматизированное рабочее место «Планета-метеообзор» для мониторинга опасных атмосферных явлений, связанных с конвективной облачностью // Метеорология и гидрология. 2008. № 2. С. 64–69.

*Бухаров М. В., Миронова Н. С., Сизенова Е. А.* Анализ статистики соответствия между результатами автоматизированного распознавания осадков и гроз по информации с геостационарных спутников и наземными данными об этих явлениях // Современные проблемы дистанционного зондирования земли из космоса. 2008. Вып. 5. Т. 1. С. 424–428.