

# **Спутниковый и радиолокационный мониторинг конвективных штормов с опасными явлениями погоды в летний период над Европейской территорией России**

*А.А. Алексеева<sup>1</sup>, В.М. Бухаров<sup>1</sup>, Н.С. Миронова<sup>2</sup>, Г.А. Федоров<sup>2</sup>*

*1- ФГБУ «Гидрометцентр России»;*

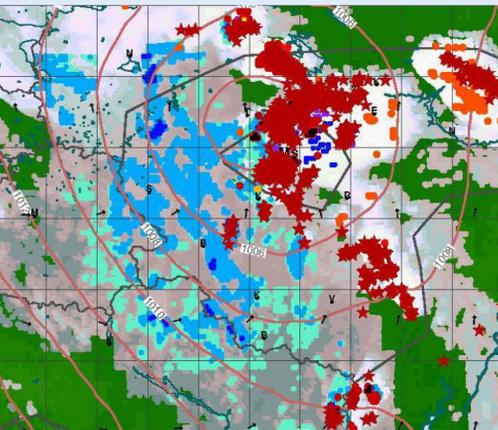
*2 – ФГБУ «НИЦ Планета»*

*Москва 2021*

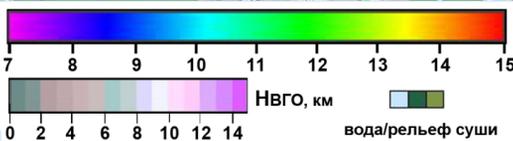
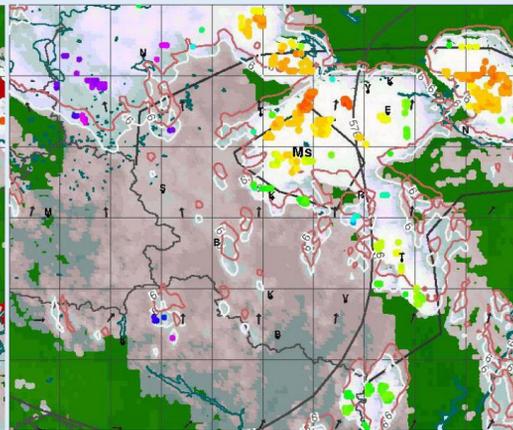
# Конвективный шторм 28.06.2021г.

## Спутниковый диагноз

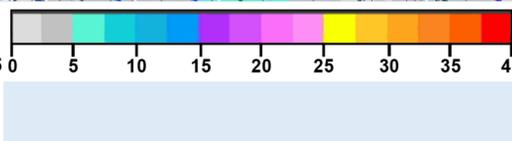
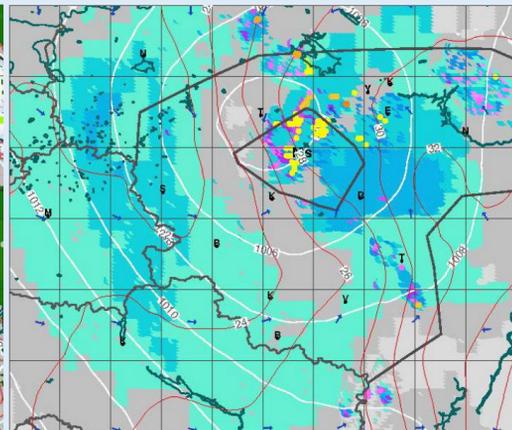
Карта метеорологических явлений



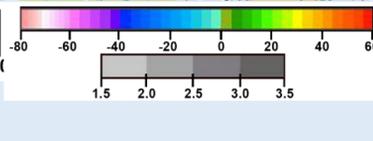
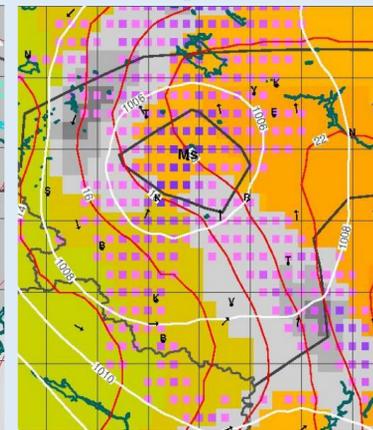
Карта высоты верхней границы Сb облачности



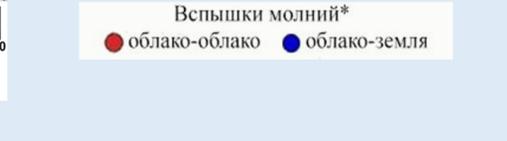
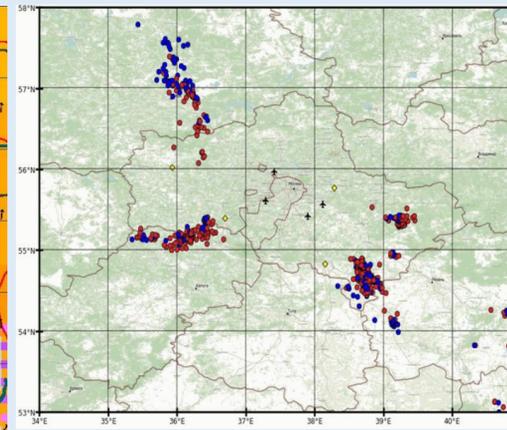
Карта максимальной скорости ветра при порывах у земли



Карта T850 и ее контраста,

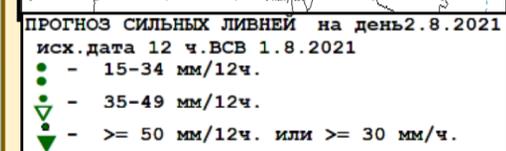
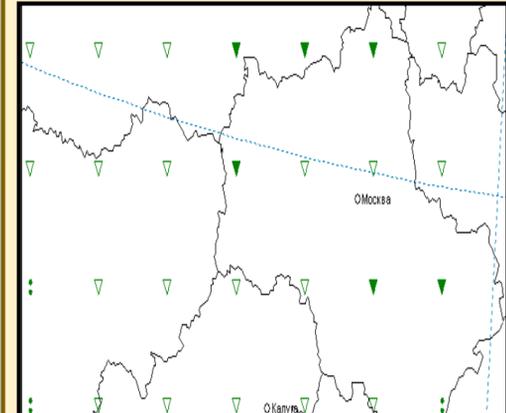


ГПС за 8.00-8.15 ВСВ 28 июня 2021г.

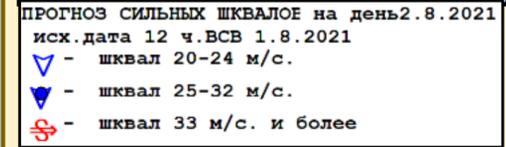
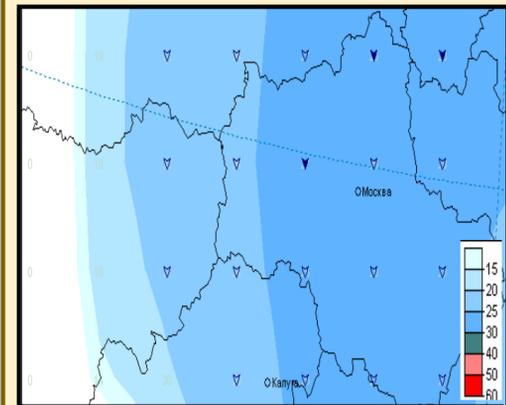


## Прогноз

Автоматизированный прогноз сильных ливней



Автоматизированный прогноз шквалов

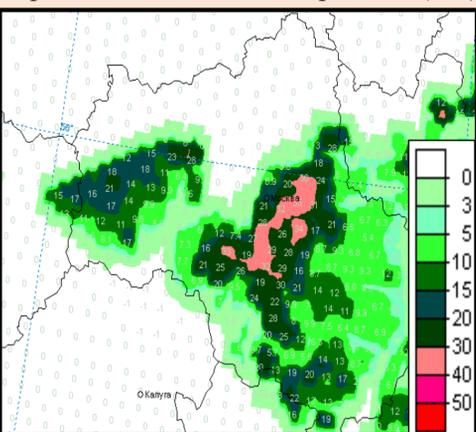


на дневной период 28 июня 2021г. с заблаговременностью 18 ч от срока прогноза 00 ВСВ.

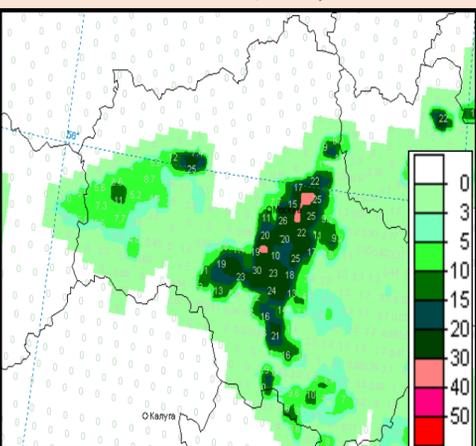
В центральных областях ЕТР прогнозировались сильные ливни от 15 до 35 мм/12ч и от 35 до 50 мм/12ч, в Московской и Тверской областях особенно сильные ливни  $\geq 50$  мм/12ч). Прогнозировалась большая зона шквалов скоростью 20-24 и  $\geq 25$  м/с.

## Радиолокационный диагноз

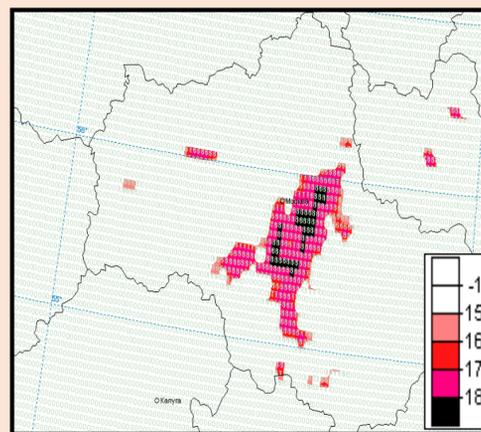
Карта конвективных скоростей (м/с)



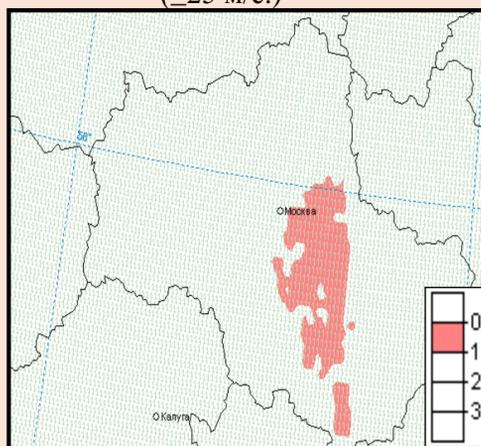
Карта интенсивности ливневых осадков (мм/ч)



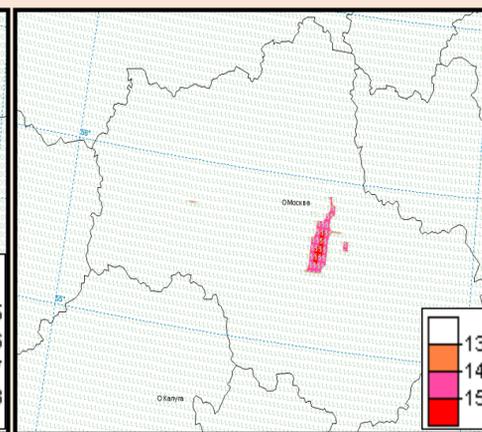
Карта шквалов в трех градациях интенсивности



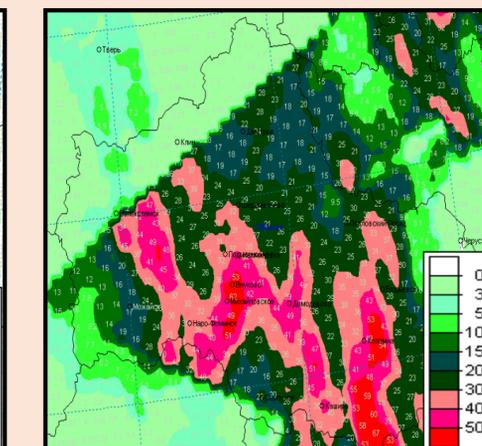
Карта шквалов в градации ОЯ ( $\geq 25$  м/с.)



Карта града



Карта количества осадков (мм/12ч)



28 июня Центральный федеральный округ пересекал холодный атмосферный фронт молодого активного циклона. Прошли дожди с грозами, местами сильные, выпало 17-48 мм осадков за 12 ч. Очень сильный дождь отмечался днем в Московской области, зафиксировано до 68 мм осадков за 12 ч, в Москве на метеостанции МГУ до 61 мм/12 ч. **На Москву вылилось до 80% среднemesячного количества осадков.** Ветер усиливался до 13-20 м/с, в аэропорту Шереметьево до 26 м/с.

В столичном регионе оказались затопленными дороги, станции метро, частично разрушены здания, упал на дорогу башенный кран. Пользователи социальных сетей окрестили погодное явление «**суперливнем**».

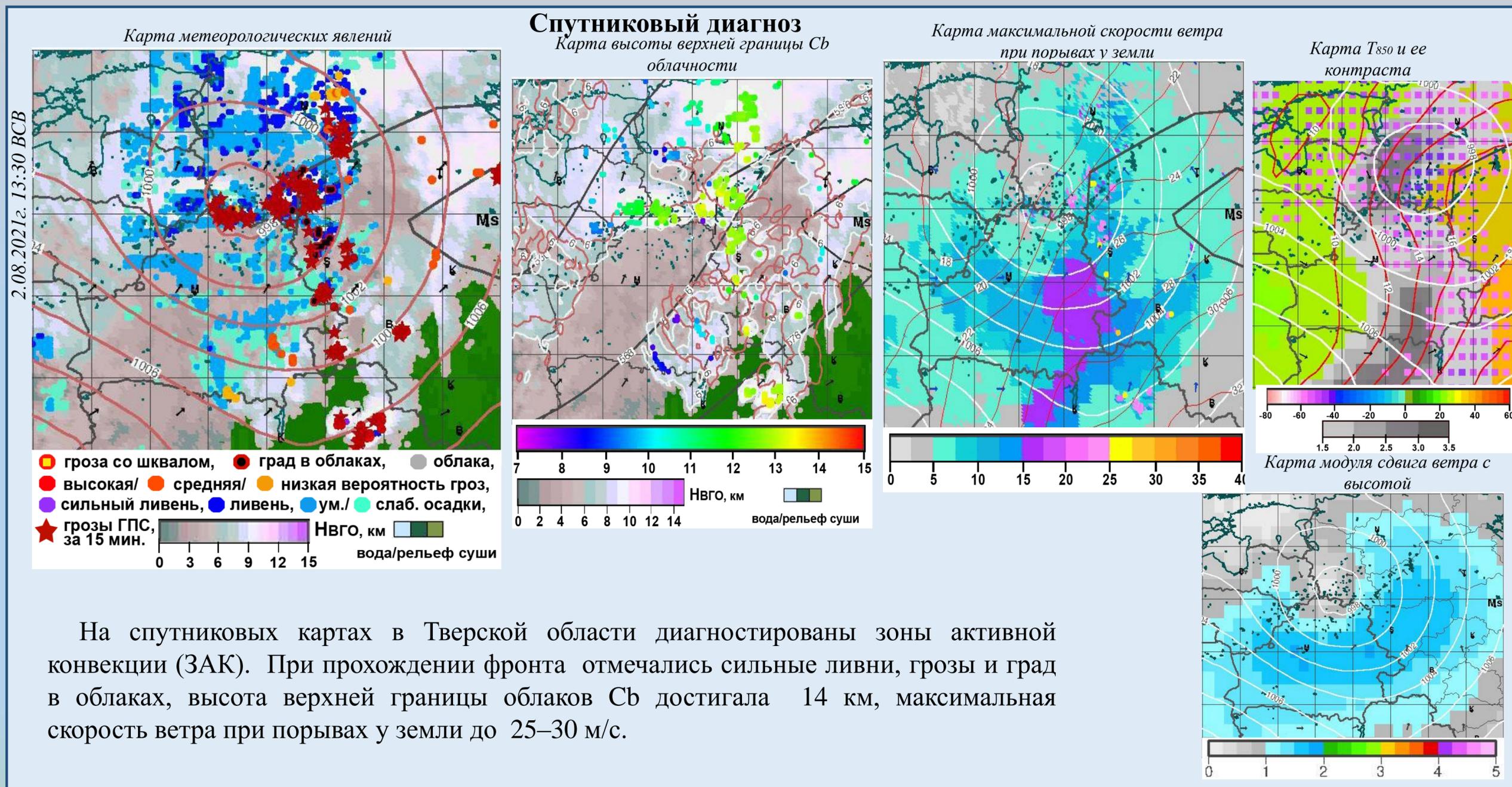
По спутниковым картам диагностировались облака с градом, высокая вероятность гроз и максимальная скорость ветра при порывах у земли от 20 до 30 м/с.

На основе данных сети ДМРЛ-С диагностировались сильные ливни, град (13- слабый; 14 – умеренный 15- сильный) и шквалы (16 - слабые; 17- умеренные и 18 – сильные).

Сравнение фрагментов карт представленного радиолокационного диагноза с данными таблиц ОЯ ДМРЛ-С Внуково показывает, что предлагаемым подходом чаще диагностировался шквал, а локатором град, с меньшей цифрой кода по опасности конвективного явления. Больше совпадение по шквалам наблюдалось для шквалов в градации сильных.

# Конвективный шторм 02.08.2021г.

2 августа в Тверской области отмечалось прохождение холодного фронта молодого циклона. Перед фронтом образовалась линия шквалов, в которой отмечалось усиление ветра до 18 – 24 м/с, однако, по характеру разрушений можно предположить, что скорости были намного выше. Местами количество выпавших осадков составило половину от месячной нормы.



На спутниковых картах в Тверской области диагностированы зоны активной конвекции (ЗАК). При прохождении фронта отмечались сильные ливни, грозы и град в облаках, высота верхней границы облаков Сb достигала 14 км, максимальная скорость ветра при порывах у земли до 25–30 м/с.

Усилению ветра способствовали: контраст температуры на уровне 850 гПа, наличие сдвига ветра с высотой (в слое 1000-925гПа порядка 2м/с на 100 м) и близкорасположенная зона струйного течения.

По данным радиолокаторов диагностировались ливневые осадки интенсивностью до 37 мм/ч, град диаметром  $\geq 2$  см, зоны со шквалами. Данные явления относятся к градации опасных явлений погоды.

**Прогноз**  
Автоматизированный прогноз сильных ливней

ПРОГНОЗ СИЛЬНЫХ ЛИВНЕЙ на день 2.8.2021  
исх. дата 12 ч. ВСВ 1.8.2021

- - 15-34 мм/12ч.
- - 35-49 мм/12ч.
- ▼ -  $\geq 50$  мм/12ч. или  $\geq 30$  мм/ч.

Автоматизированный прогноз сильных шквалов

ПРОГНОЗ СИЛЬНЫХ ШКВАЛОВ на день 2.8.2021  
исх. дата 12 ч. ВСВ 1.8.2021

- ▼ - шквал 20-24 м/с.
- ▼ - шквал 25-32 м/с.
- ⚡ - шквал 33 м/с. и более

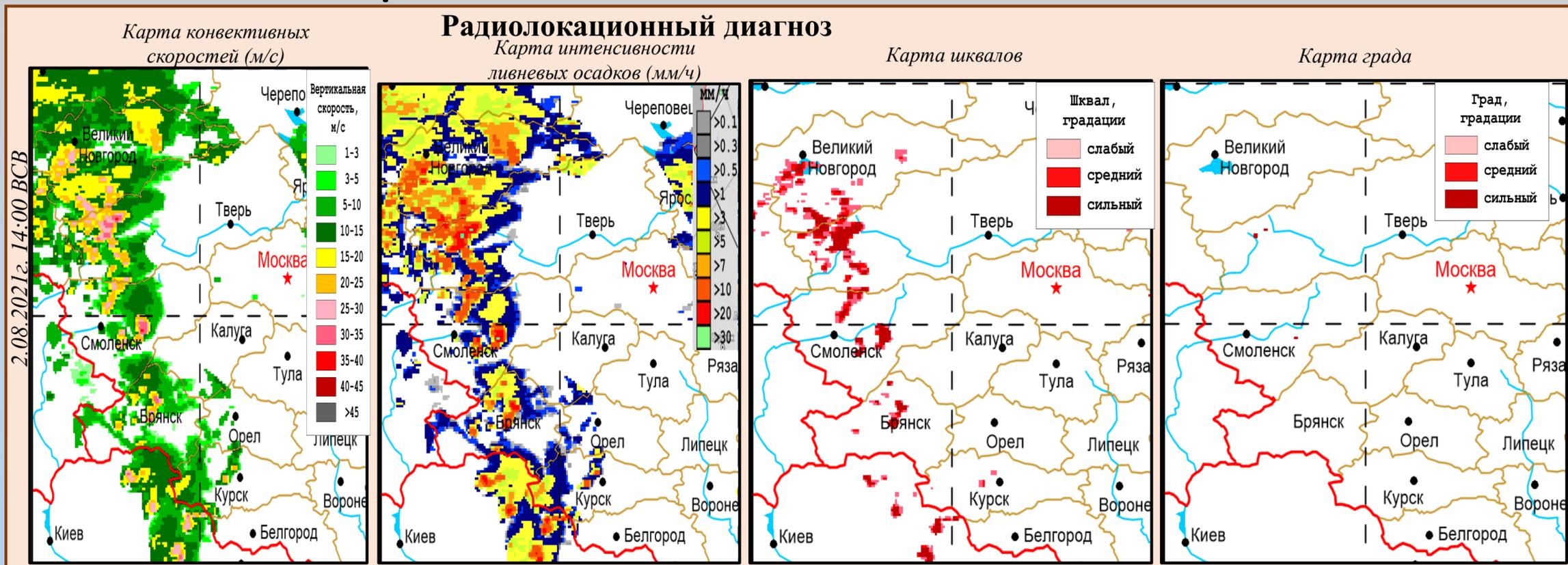
на дневной период 2 августа 2021г.  
с заблаговременностью 30 ч от срока прогноза 12 ВСВ 1.08.21.



# Конвективный шторм 02.08.2021г.

**Признаки** возникновения смерчей выявлены на картах радиолокационного диагноза параметров конвекции за 14.10, 14.30 и 15.00 UTC. Известно, что причины образования смерчей следует искать в факторах, определяющих вращение облачных масс. Эти факторы раскрываются с помощью уравнения тенденции вихря. Решающую роль в зарождении смерчей играет **взаимодействие факторов изменения ветра с высотой и горизонтальной неоднородности вертикальных скоростей воздуха.**

В пределах кучево-дождевого облака должен существовать такой слой воздуха, в котором отмечались бы достаточно большие величины градиентов вертикальных скоростей воздуха ( $|\text{grad } \omega| = W_m \text{ (м/с)}/103\text{м}$ , где  $W_m$  - максимальная конвективная скорость; 103 м – примерная полупротяженность облака), т.е. порядок их величин составляет  $10^{-2}\text{с}^{-1}$ .



Таковую же примерно величину во фронтальной зоне имеет вектор изменения ветра с высотой. В итоге изменение вихря во времени, связанное со слагаемым, равным произведению двух указанных факторов, имеет порядок  $10^{-4}\text{с}^{-2}$ . Следовательно, смерчопасное завихрение облака ( $\Omega=10^{-2}\dots 10^{-1}\text{с}^{-1}$ ) благодаря указанным факторам может образоваться за несколько минут. Слой, о котором говорилось выше, должен быть достаточно мощным (чаще 0.5-1.0 км). Необходимым условием достижения смерчем земной поверхности является достаточно низкое расположение указанного слоя – в пределах нижней трети тропосферы.

Согласно спутниковому диагнозу 2.08.2021г. в нижнем слое отмечается сдвиг ветра *порядка 2 м/с на 100 м*. Облака очень мощные по вертикальному развитию и имеют большую протяженность по горизонтали (наиболее благоприятны 200-400 км). Они развились при высокой влажности и неустойчивости стратификации в мощных слоях воздуха, простирающихся на всю тропосферу (высота верхней границы 14 км). Это способствовало развитию конвекции и сильных восходящих скоростей воздуха, а также их изменению по горизонтали, т.е. неоднородности распространения по территории. Слой с положительной энергией неустойчивости опустился на нижние уровни тропосферы (1-2 км от земли), а также в наличии в указанном слое устойчивый поток со сравнительно большими изменениями скорости ветра с высотой.

Расчеты вышеуказанных критериев смерчопасности на основе данных радиолокационного мониторинга показали, что в Тверской области:

**Срок 14.10 ВСВ** - в точке сетки с координатами  $56.75^\circ$  с.ш.,  $32.35^\circ$  в.д. значения максимальной конвективной скорости  $W_m=37.8$  м/с; радиолокационная отражаемость 58 dbz; слой с максимальной положительной энергией неустойчивости наблюдался на высоте 1 км, величина градиента вертикальной скорости составляла  $0.367$   $\text{с}^{-1}$ , максимальный горизонтальный градиент конвективной скорости –  $8.8$  м/с относительно ближайшего узла сетки  $0.05 \times 0.05^\circ$ .

**Срок 14.30 ВСВ** - в точке сетки с координатами  $56.85^\circ$  с.ш.,  $32.40^\circ$  в.д. значения максимальной конвективной скорости  $W_m=36.1$  м/с; радиолокационная отражаемость 57 dbz; слой с максимальной положительной энергией неустойчивости наблюдался на высоте 1 км; величина градиента вертикальной скорости составляла  $0.350$   $\text{с}^{-1}$ , максимальный горизонтальный градиент конвективной скорости –  $3.9$  м/с относительно ближайшего узла сетки  $0.05 \times 0.05^\circ$ .

**Срок 15.00 ВСВ** - в точке сетки с координатами  $55.90^\circ$  с.ш.,  $33.15^\circ$  в.д. значения максимальной конвективной скорости  $W_m=36.4$  м/с; радиолокационная отражаемость 55 dbz; слой с максимальной положительной энергией неустойчивости наблюдался на высоте 1 км; величина градиента вертикальной скорости составляла  $0.353$   $\text{с}^{-1}$ , максимальный горизонтальный градиент конвективной скорости –  $10.5$  м/с относительно ближайшего узла сетки  $0.05 \times 0.05^\circ$ .

Таким образом можно сделать вывод, что карты диагностируемых конвективных явлений по спутниковым и радиолокационным данным будут полезны для синоптиков, принимающих решение о подаче штормовых предупреждений, позволяя увеличить их заблаговременность и уточнить интенсивность явления. Выявленные критерии смерчопасности необходимо проверить на более представительной с точки зрения статистики выборке, хотя на указанные признаки было обращено внимание еще во второй половине прошлого века. Использование в комплексе карт спутникового и радиолокационного диагноза позволяет уменьшить ограничения измерений обоих видов дистанционного мониторинга атмосферы.

**Спасибо за внимание!**