

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

А.А. Алексеева¹, В.М. Бухаров¹, Н.С. Миронова², Г.А. Федоров²

1- ФГБУ «Гидрометцентр России»;

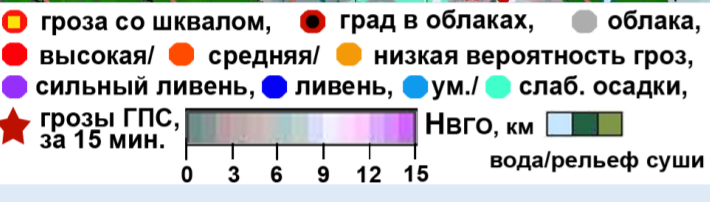
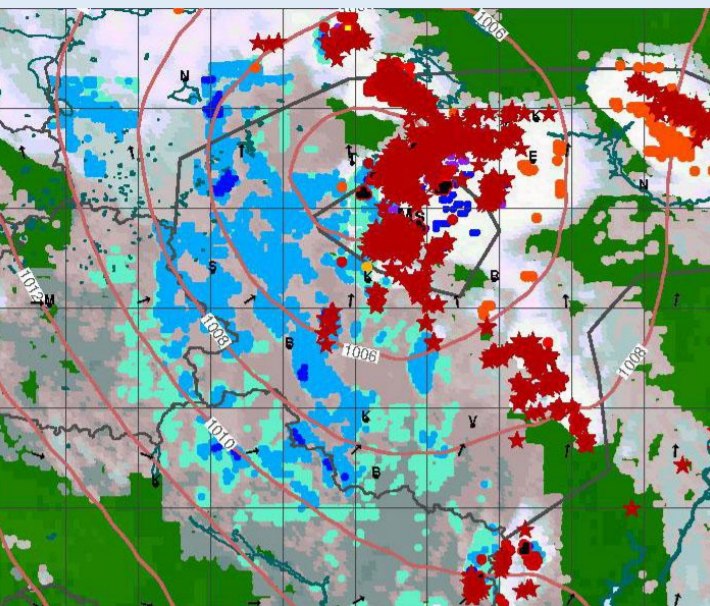
2 – ФГБУ «НИЦ Планета»

Москва 2021

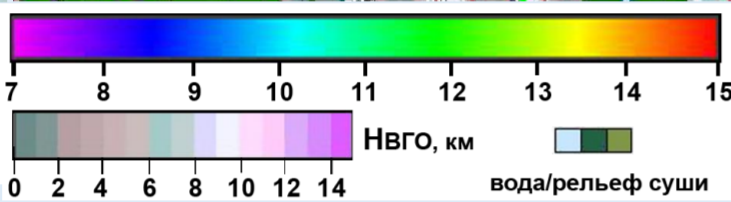
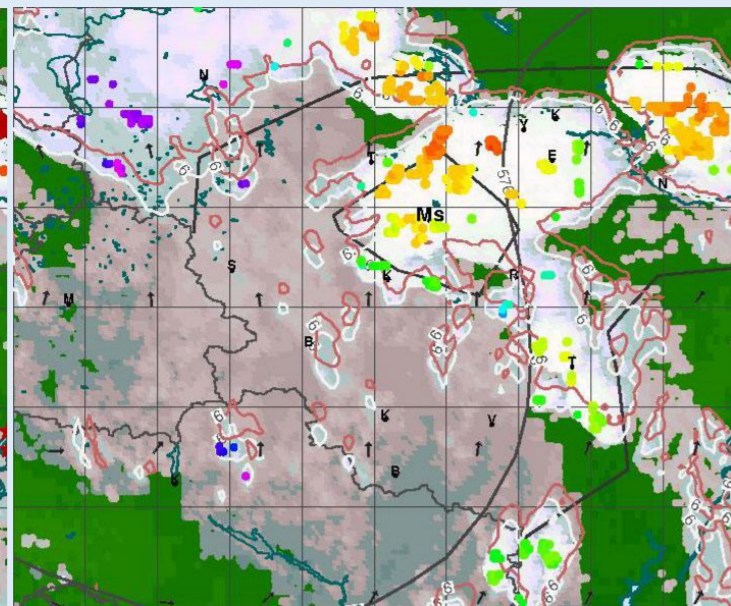
Конвективный шторм 28.06.2021г.

Спутниковый диагноз

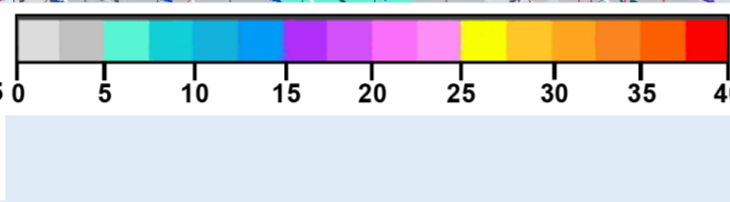
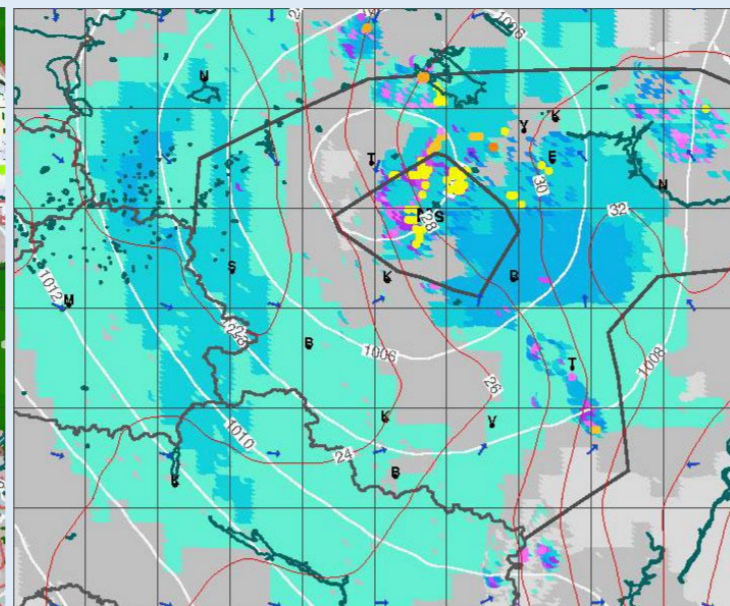
Карта метеорологических явлений



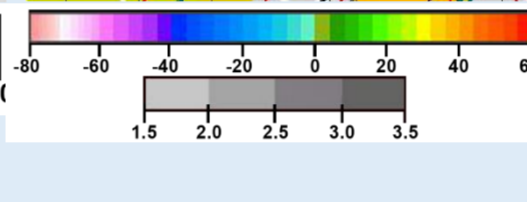
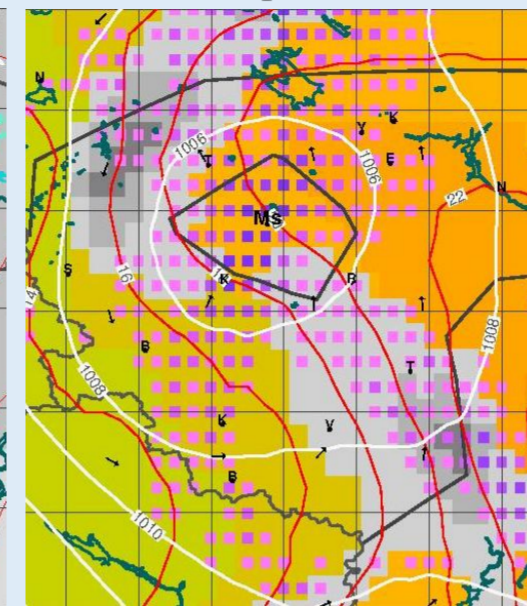
Карта высоты верхней границы Сb облачности



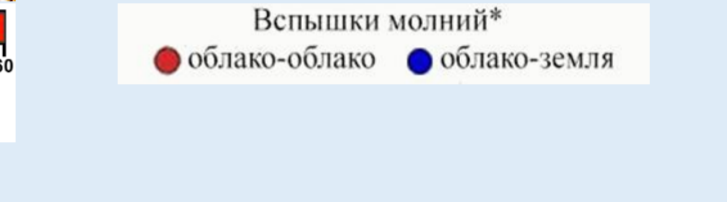
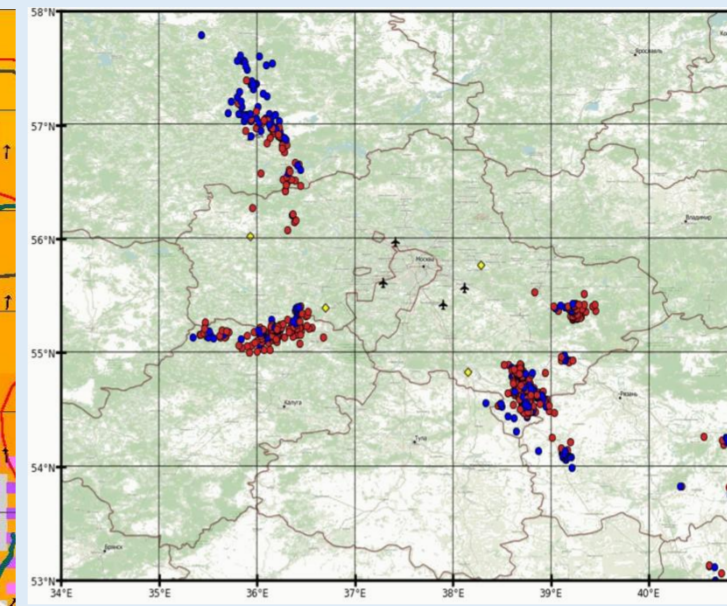
Карта максимальной скорости ветра при порывах у земли



Карта T850 и ее контраста,

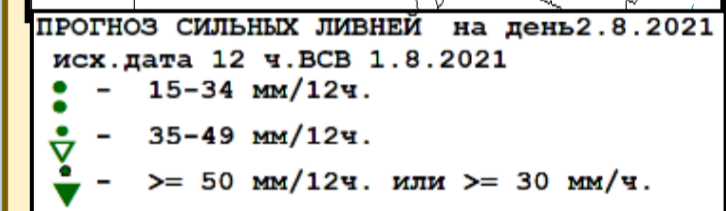
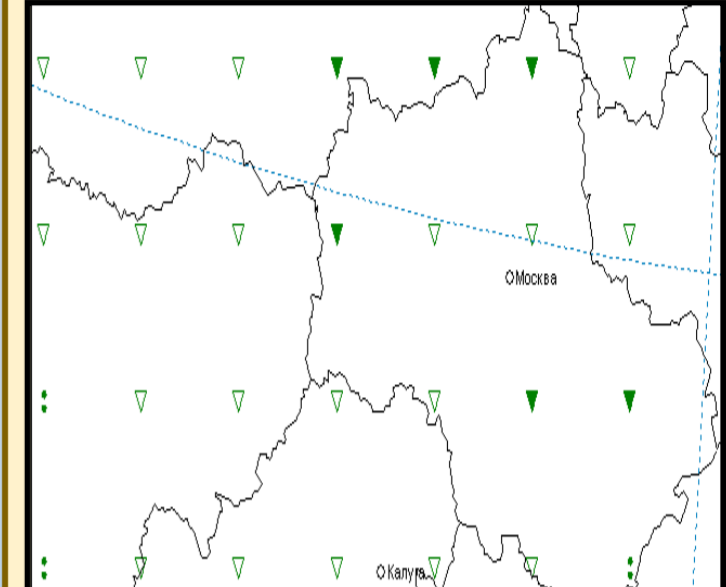


ГПС за 8.00-8.15 ВСВ 28 июня 2021г.

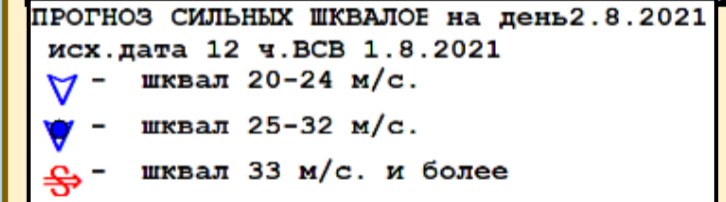
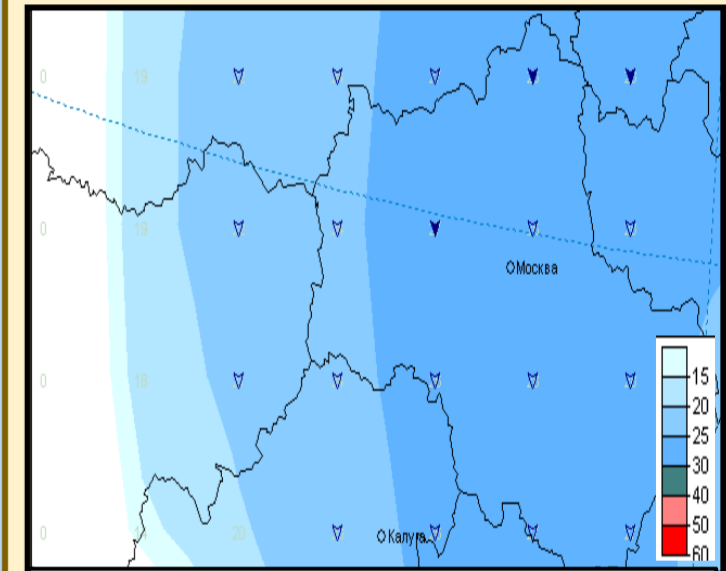


Прогноз

Автоматизированный прогноз сильных ливней



Автоматизированный прогноз шквалов

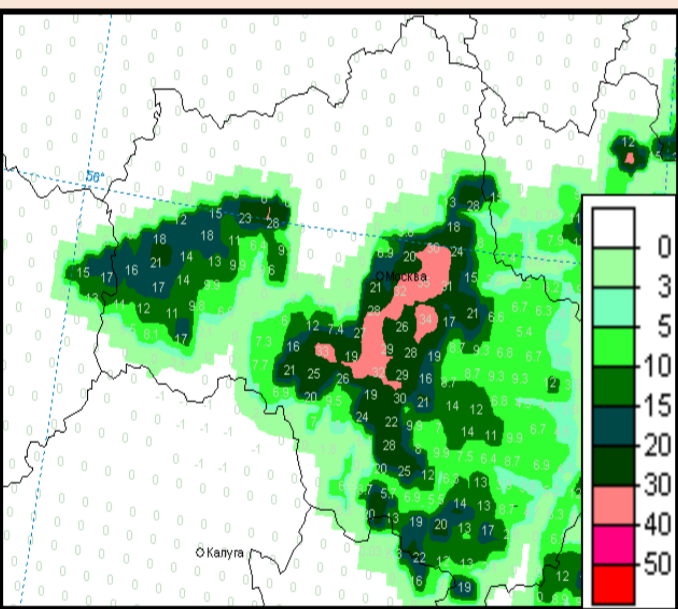


на дневной период 28 июня 2021г. с заблаговременностью 18 ч от срока прогноза 00 ВСВ.

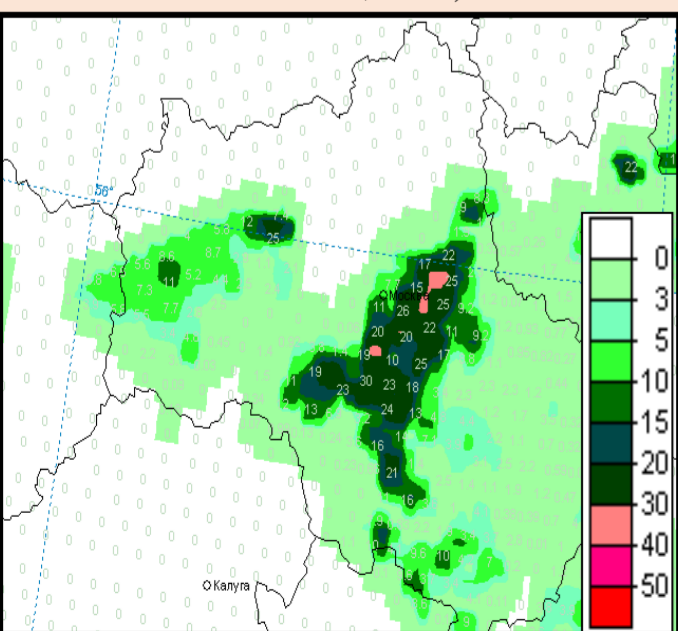
В центральных областях ЕТР прогнозировались сильные ливни от 15 до 35 мм/12ч и от 35 до 50 мм/12ч, в Московской и Тверской областях особенно сильные ливни >= 50 мм/12ч). Прогнозировалась большая зона шквалов скоростью 20-24 и >=25 м/с.

Радиолокационный диагноз

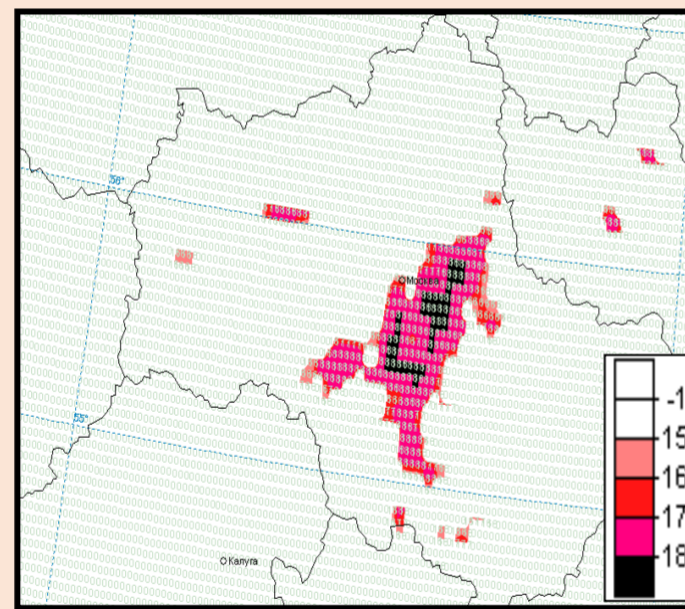
Карта конвективных скоростей (м/с)



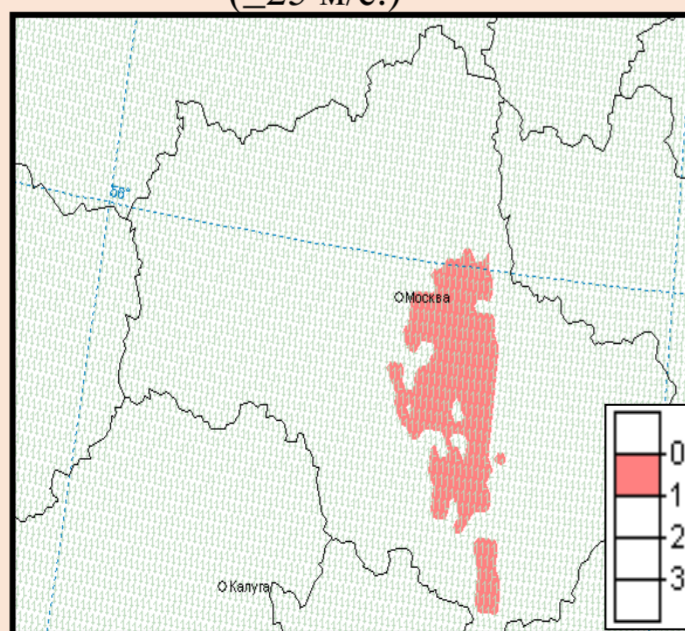
Карта интенсивности ливневых осадков (мм/ч)



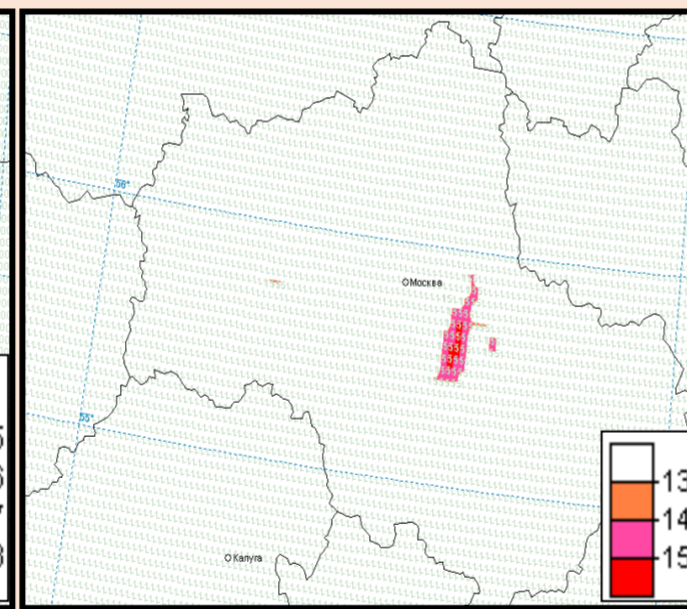
Карта шквалов в трех градациях интенсивности



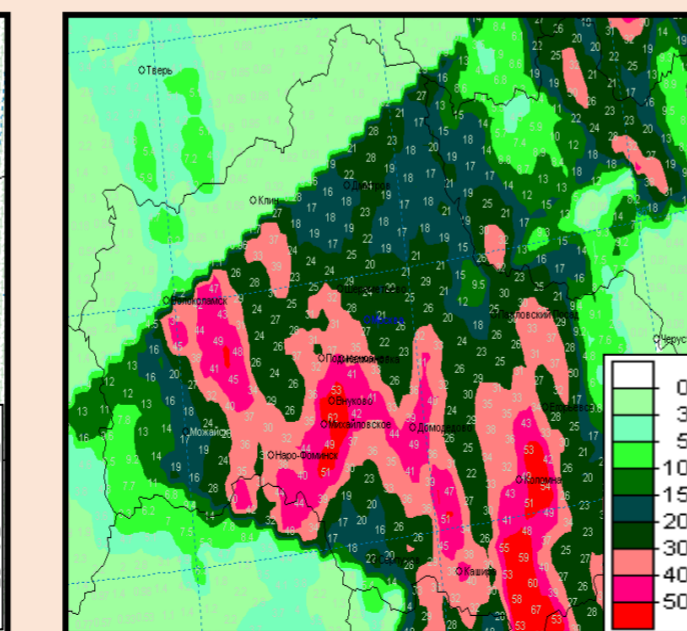
Карта шквалов в градации ОЯ (>=25 м/с.)



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% среднемесячного 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».

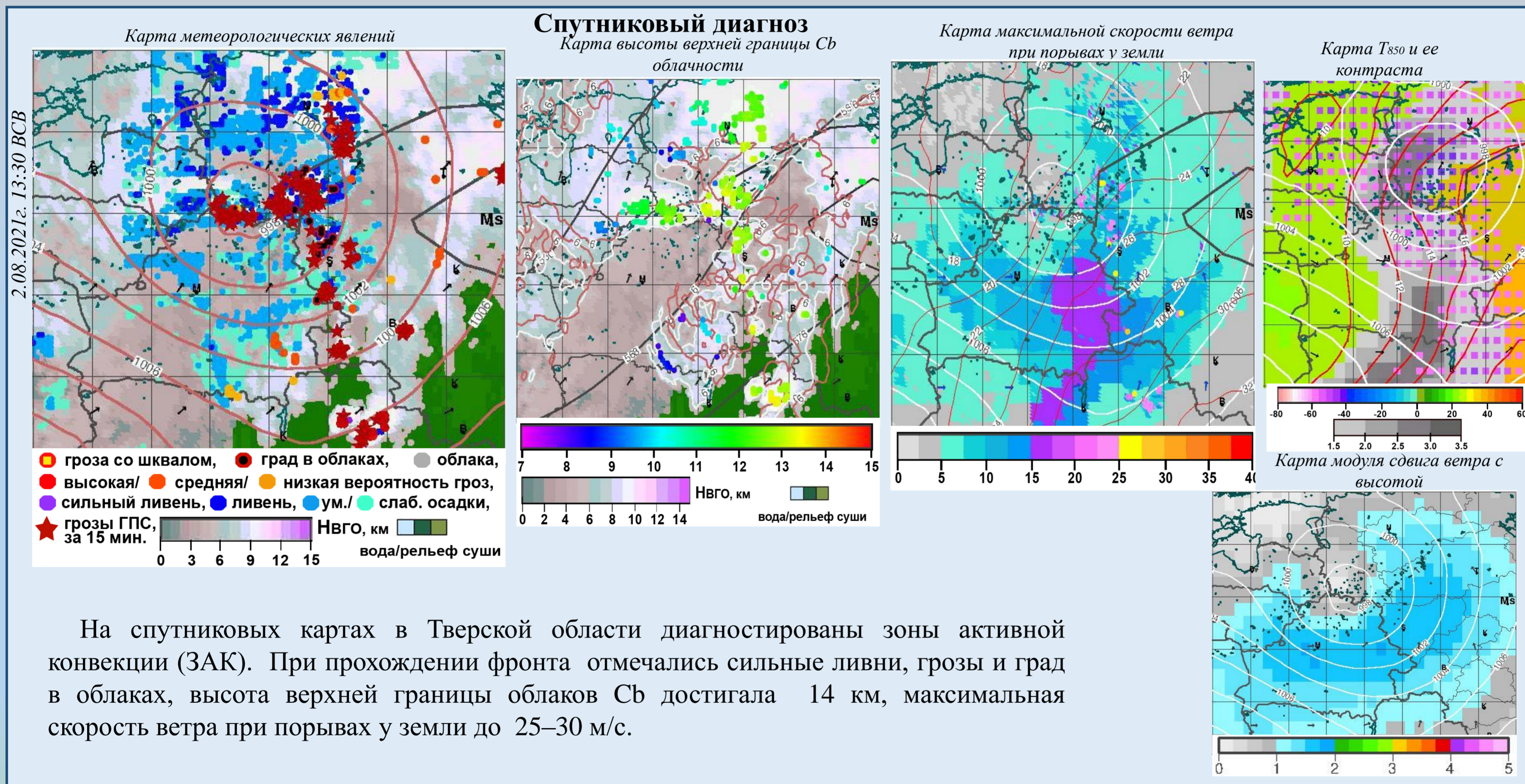
По спутниковым картам диагностировались облака с градом, высокая вероятность гроз и максимальная скорость ветра при порывах у земли от 20 до 30 м/с.

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.

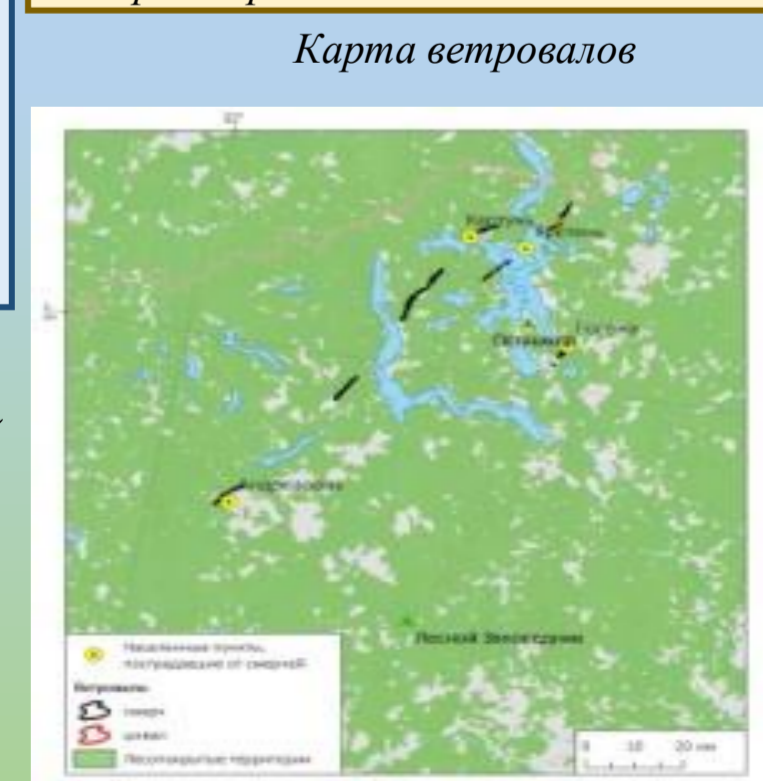
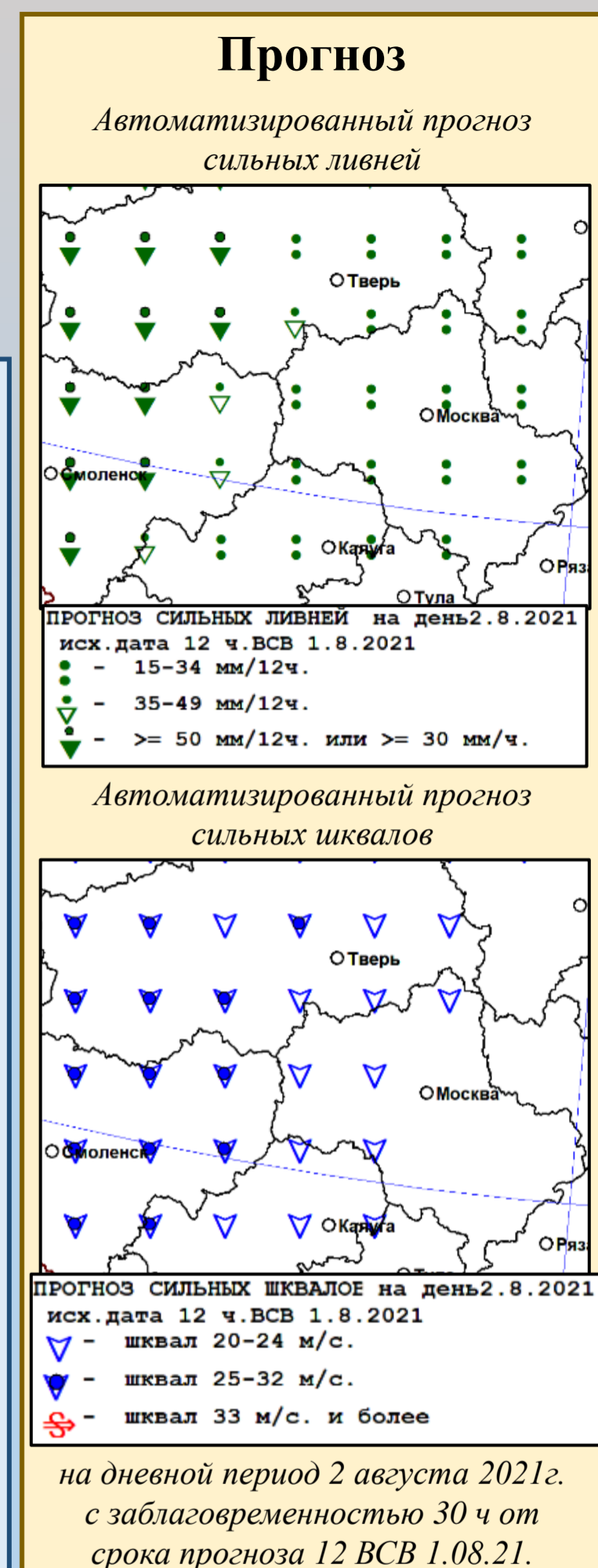
2 августа в Тверской области отмечалось прохождение холодного фронта молодого циклона. Перед фронтом образовалась линия шквалов, в которой отмечалось усиление ветра до 18 – 24 м/с, однако, по характеру разрушений можно предположить, что скорости были намного выше. Местами количество выпавших осадков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

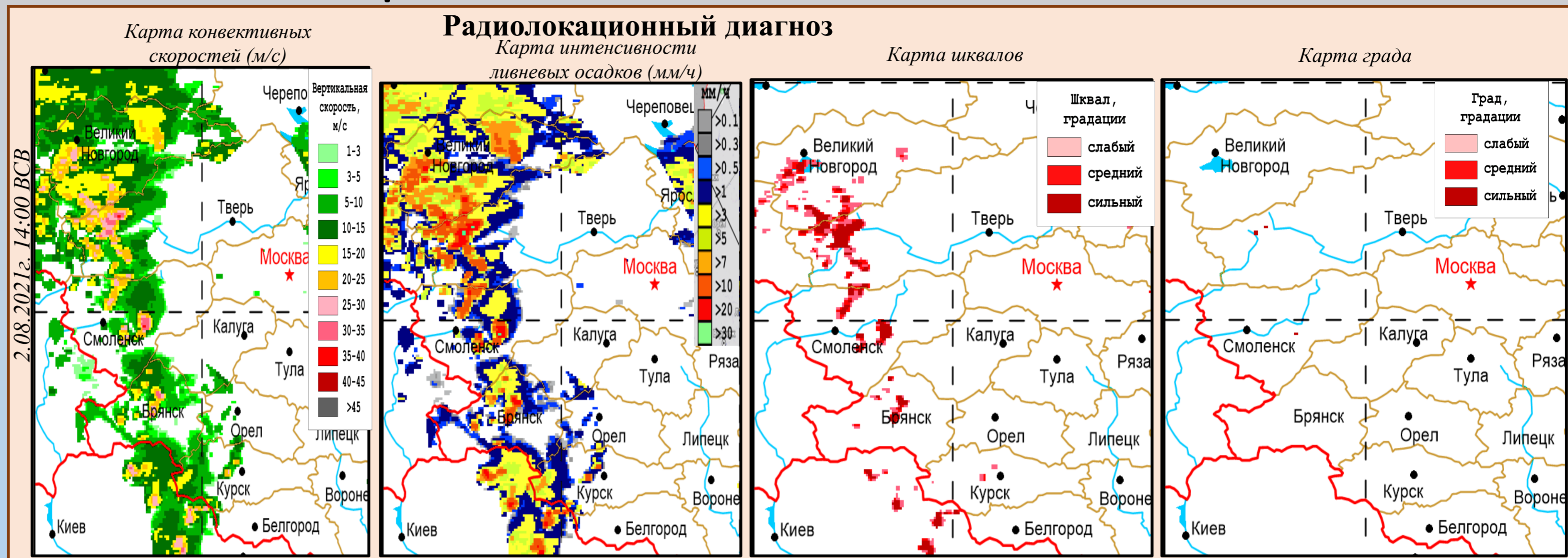
По данным радиолокаторов диагностировались ливневые осадки интенсивностью до 37 мм/ч, град диаметром ≥ 2 см, зоны со шквалами. Данные явления относятся к градации опасных явлений погоды.



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 ($|\text{grad } \omega| = W_m / 103m$, где W_m - максимальная конвективная скорость; 103 м - примерная полупротяженность облака), т.е. порядок их величин составляет 10^{-2}c^{-1} .



Такую 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}c^{-2} . Следовательно, смерчопасное завихрение облака ($\Omega = 10^{-2} \dots 10^{-1} \text{c}^{-1}$) 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° с.ш., 32.35° 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 0.367c^{-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° с.ш., 32.40° 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 0.350c^{-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° с.ш., 33.15° 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 0.353c^{-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!