

Вспышка конвективных опасных явлений погоды в Сибири в мае 2020 г.: анализ и моделирование

Шихов А.Н. (1), Чернокульский А.В. (2), Антохина О.Ю. (3), Гочаков А.В. (4), Блинов Д.В. (5), Колкер А.Б. (6), Газимов Т.Ф. (7), Ярынич Ю.И. (8), Тарабукина Л.Д. (9), Ажигов И.О. (1)

(1) Пермский государственный национально-исследовательский университет, Пермь, Россия

(2) Институт физики атмосферы имени А. М. Обухова РАН, Москва, Россия

(3) Институт оптики атмосферы им. В.Е. Зуева СО РАН, Томск, Россия

(4) Сибирский центр ФГБУ "НИЦ "Планета", Новосибирск, Россия

(5) Гидрометеорологический научно-исследовательский центр Российской Федерации, Москва, Россия

(6) Новосибирский государственный университет, Новосибирск, Россия

(7) Национальный исследовательский Томский государственный университет, Новосибирск, Россия

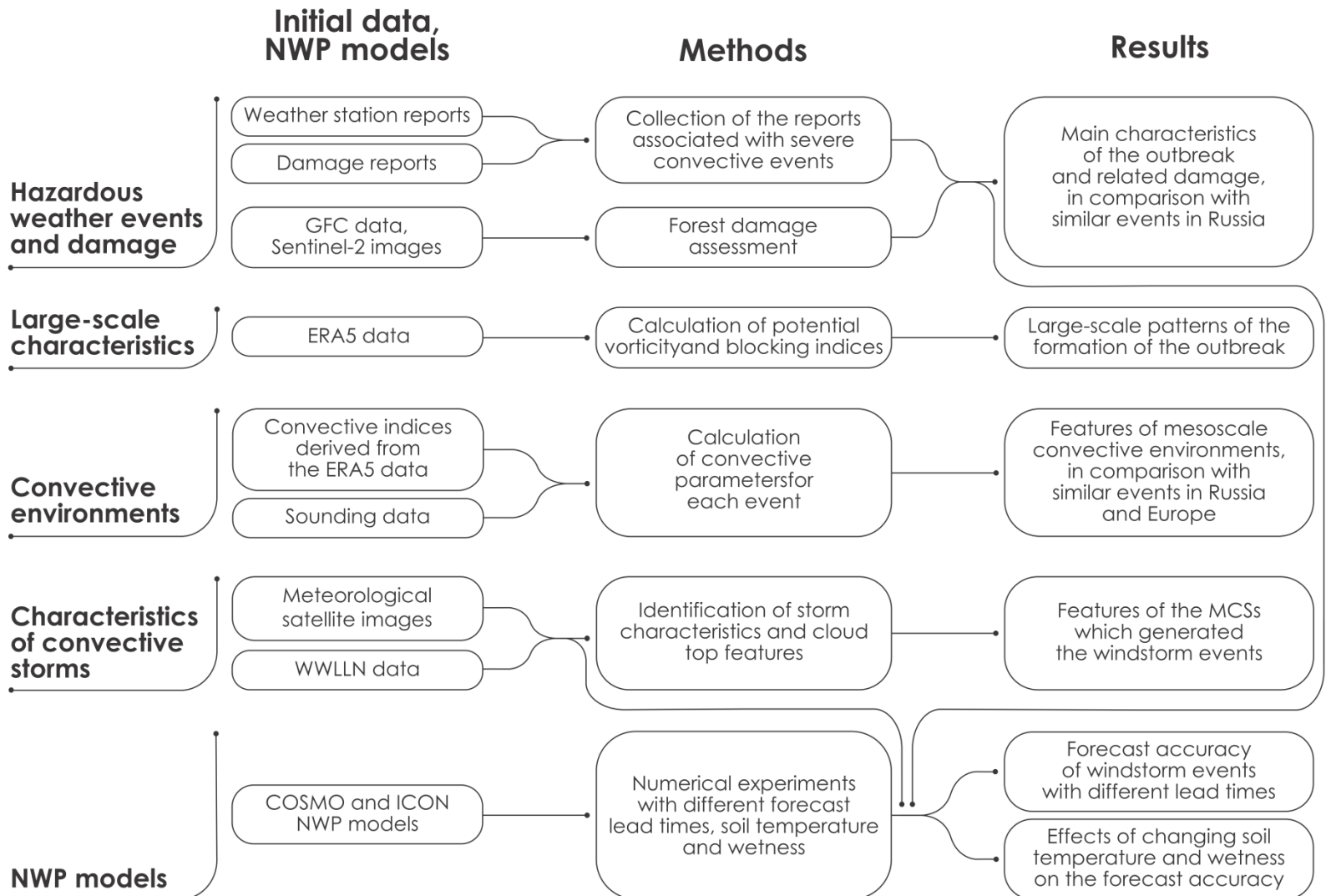
(8) МГУ имени М.В. Ломоносова, Географический факультет, Москва, Россия

(9) Институт космофизических исследований и аэронауки им. Ю.Г. Шафера СО РАН, Якутск, Россия

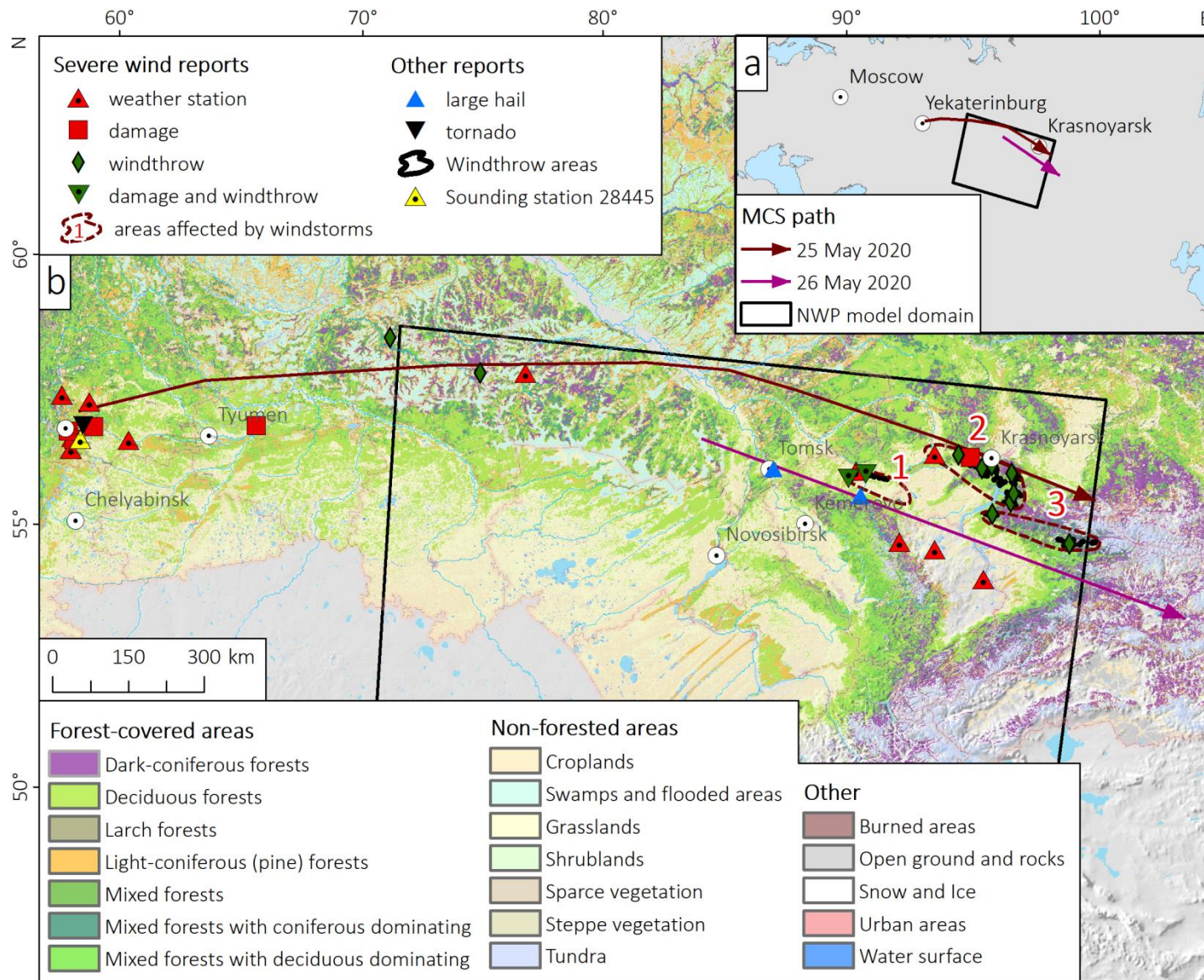
Актуальность и цель исследования

- Сибирский регион остается относительно малоизученным в части конвективных явления экстремальной интенсивности и условий их возникновения
- **25-26 мая 2020 г.** наблюдалась вспышка опасных явлений (главным образом шквалов) уникальная по условиям возникновения (одни из самых высоких значений конвективных параметров в истории наблюдений в России), по площади охвата (длина трека свыше 2000 км, от Свердловской области до Красноярского края), и по ущербу (6 человек погибли).
- **Цель исследования** – комплексный анализ условий возникновения и оценка прогнозов с разной заблаговременностью для случая разрушительных шквалов 25-26 мая 2020 г.

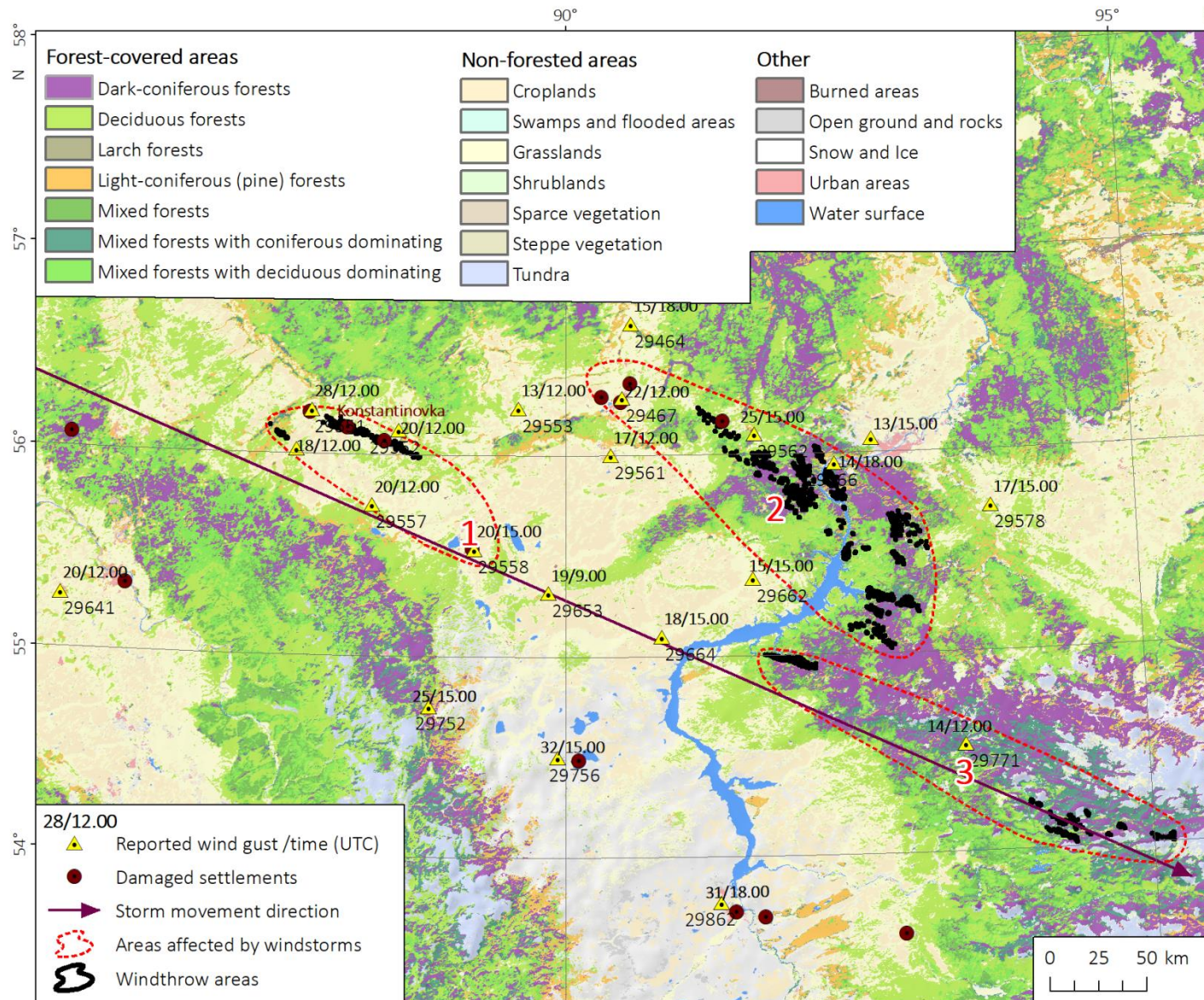
Исходные данные и методика



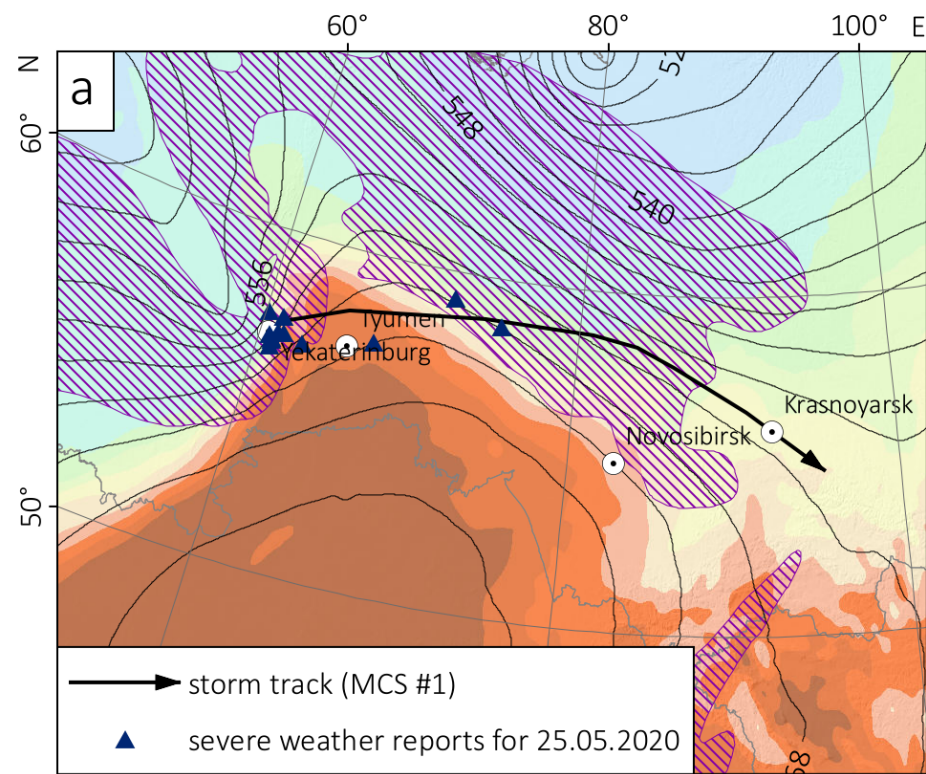
Общая характеристика треков МКС



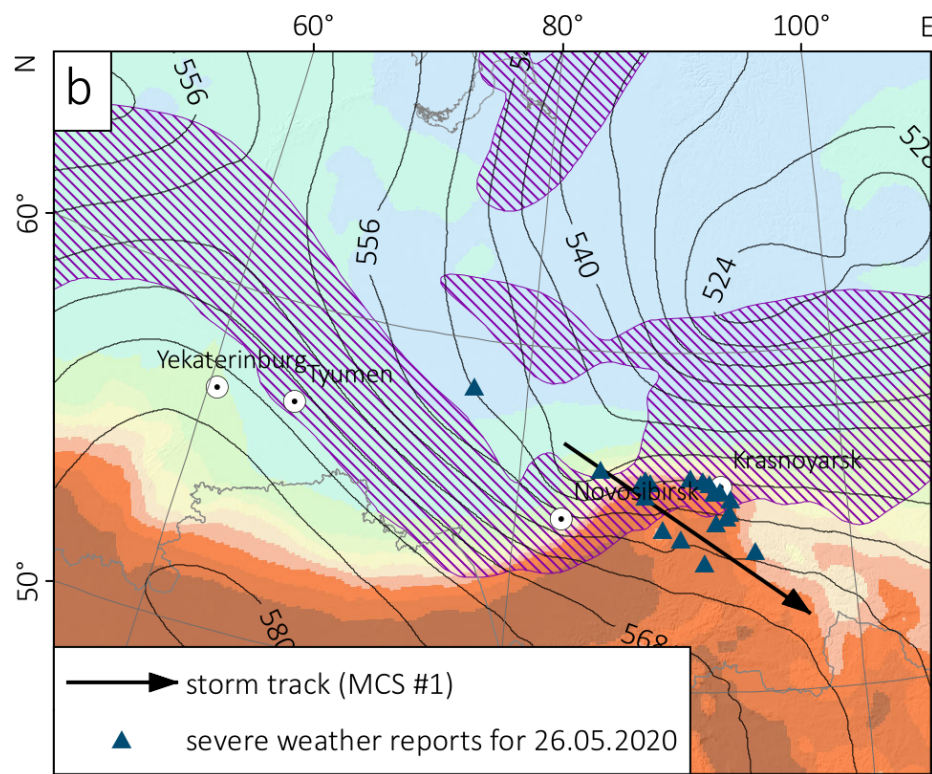
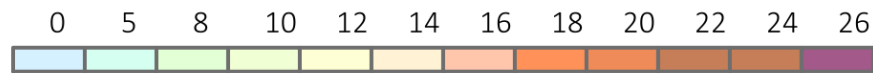
Ветровалы и иные последствия прохождения МКС №2 (26.05.2020)




Синоптическая ситуация 25.05.2020 (12.00 ВСВ) и 26.05.2020 (12.00 ВСВ)



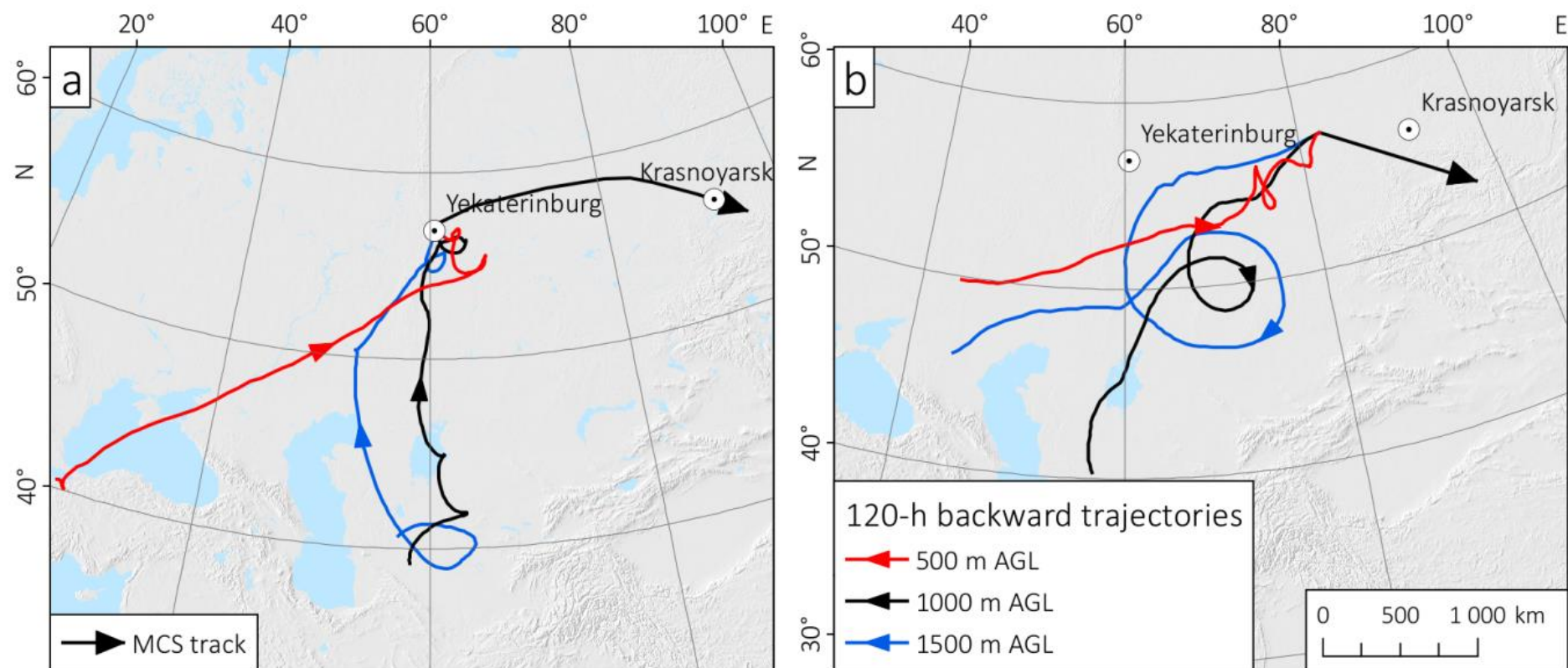
Temperature at 850 hPa, °C



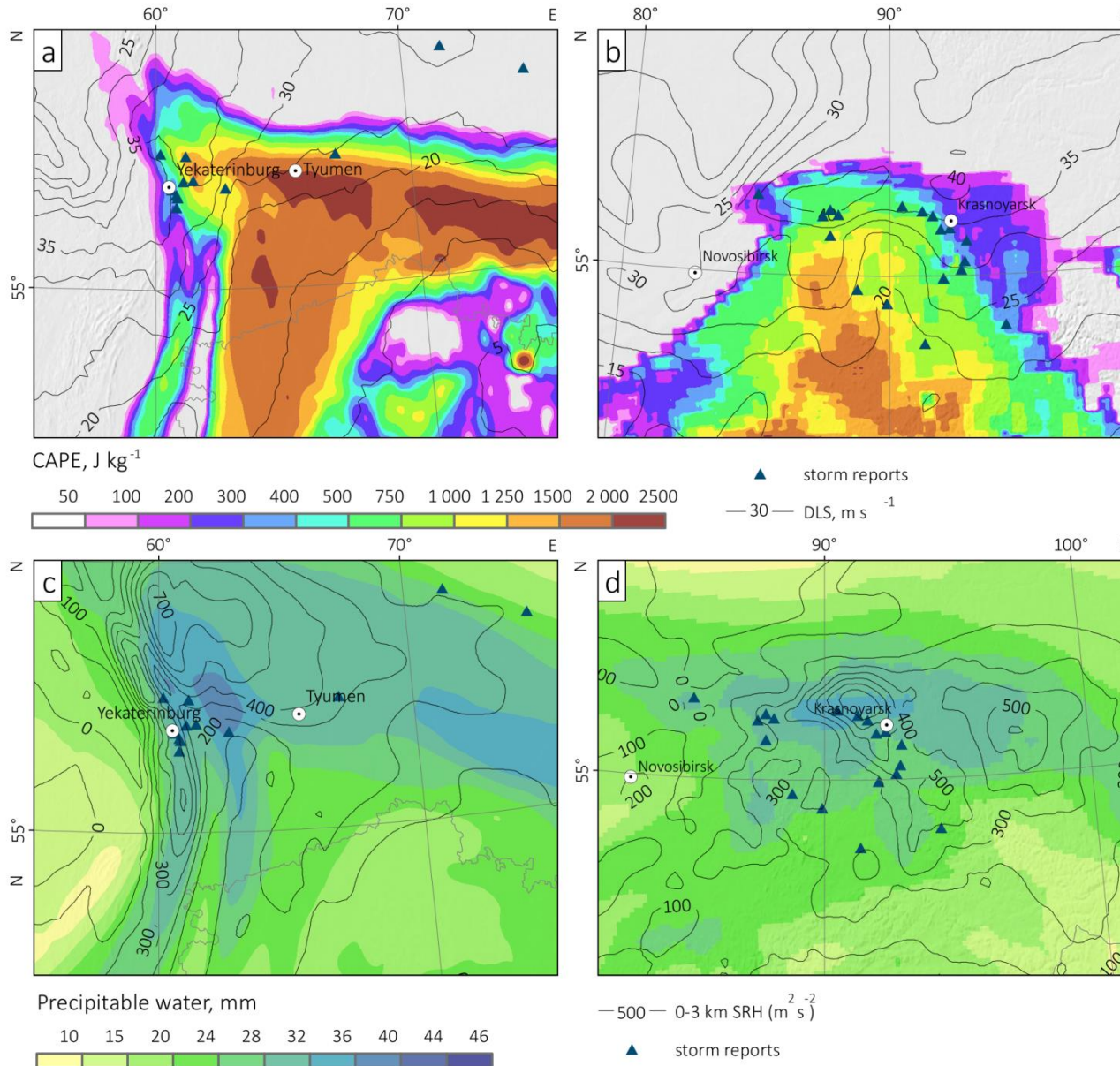
— 540 — 500 hPa geopotential height

 area with 300 hPa wind speed $>30 \text{ m s}^{-1}$

Обратные траектории (за предшествующие 72 ч) на основе модели HYSPLIT, рассчитанные по данным модели GFS (шаг сетки 0,5°) для событий 25.05.2020 (Екатеринбург) и 26.05.2020 (Константиновка, Кемеровская область)

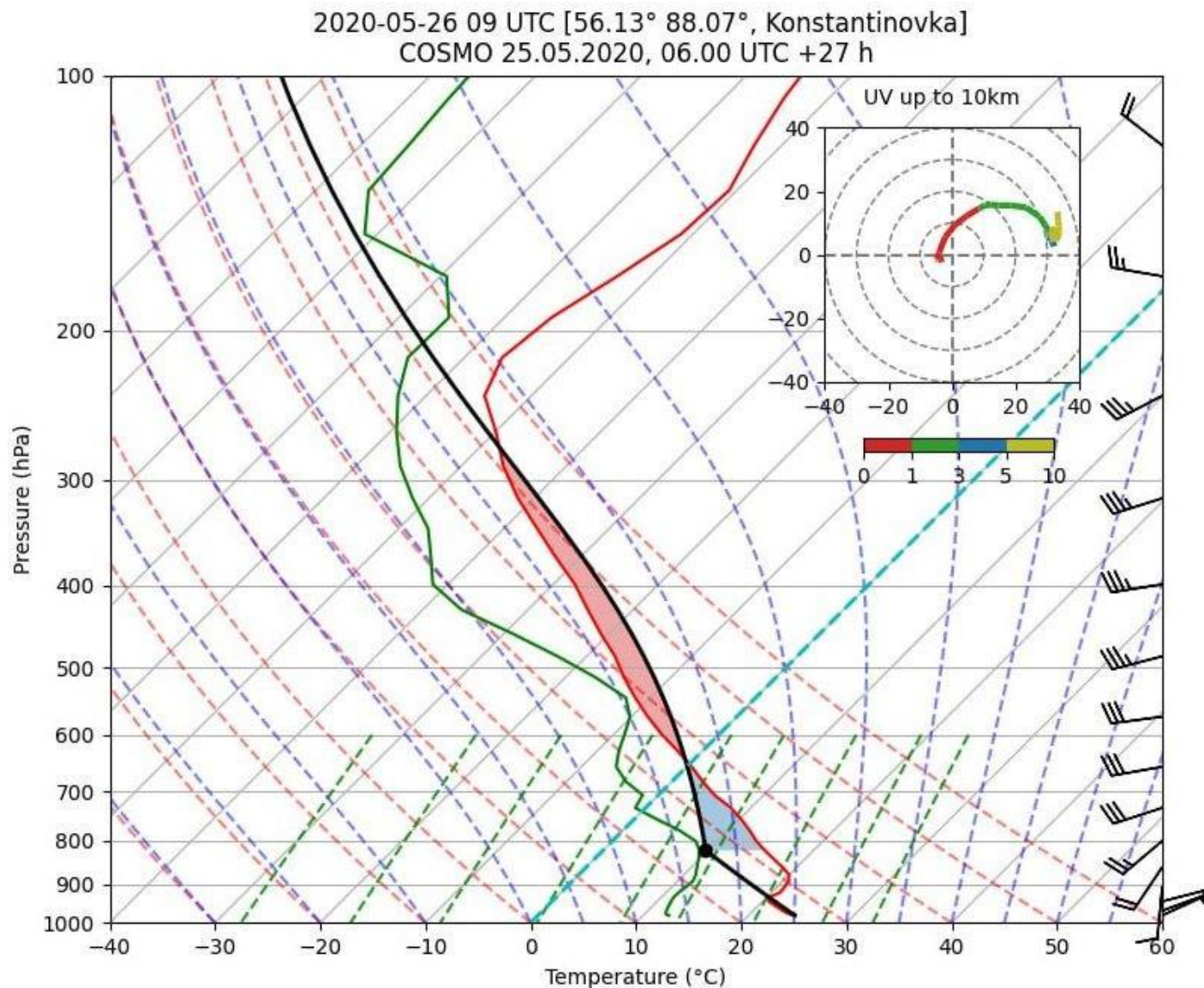


Значения конвективных параметров: 12.00 ВСВ 25 мая 2020 г. (а, в) и 12.00 ВСВ 26 мая 2020 г. (б, г) по данным ERA5



Переменные:
(а, б) CAPE (заливка) и
DLS (изолинии);
(с, д) влагосодержание
(заливка) и
относительная
завихренность в слое
0–3 км (изолинии).

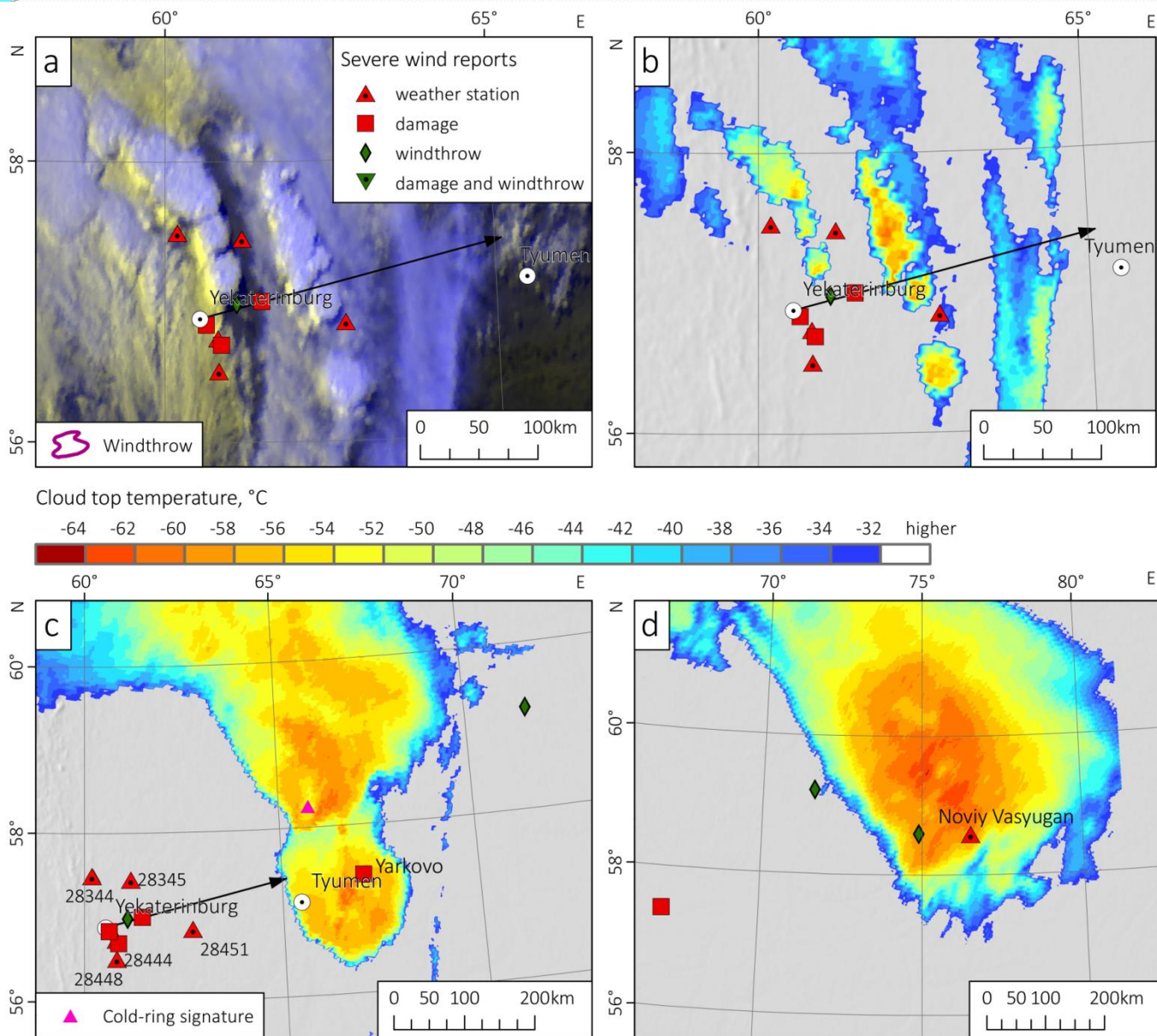
Профиль по модели COSMO (время старта модели 06.00 25 мая),
для с. Константиновка на 09.00 26 мая, за час до прохождения
разрушительного шквала (время по ВСВ).



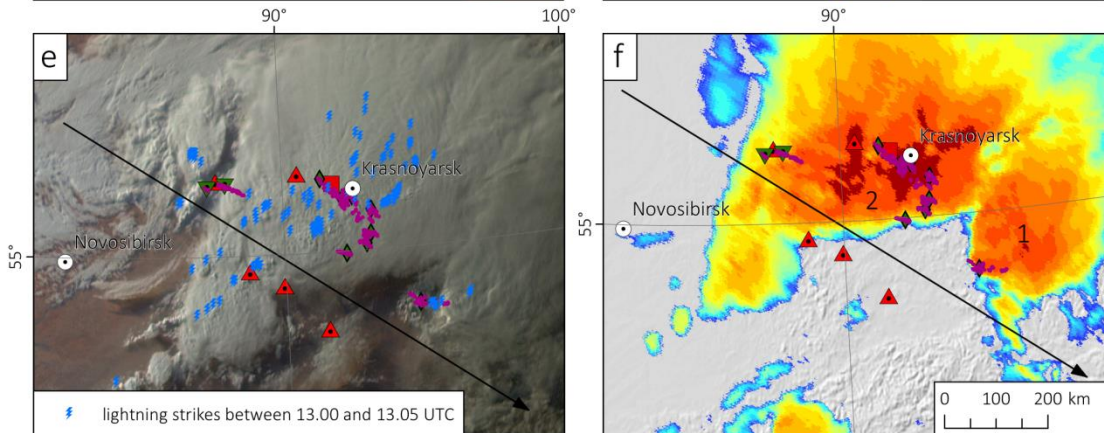
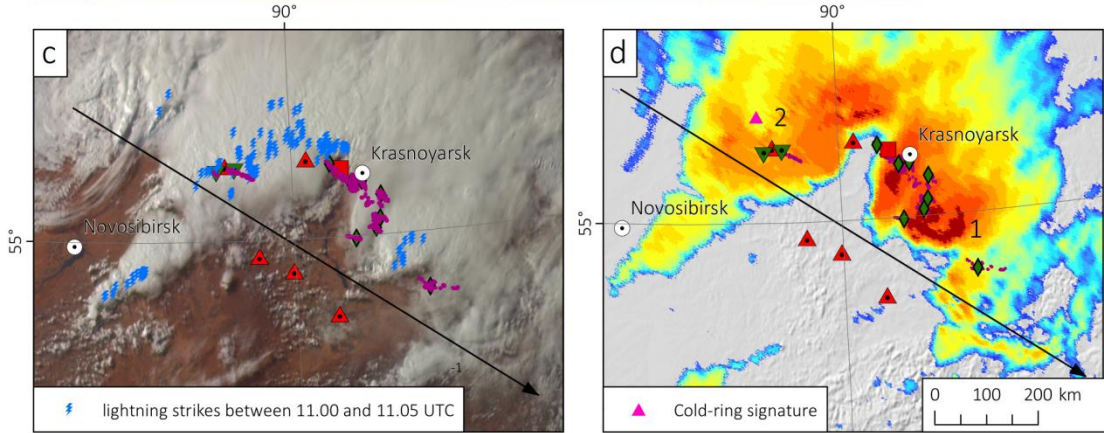
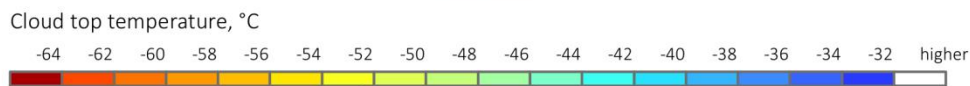
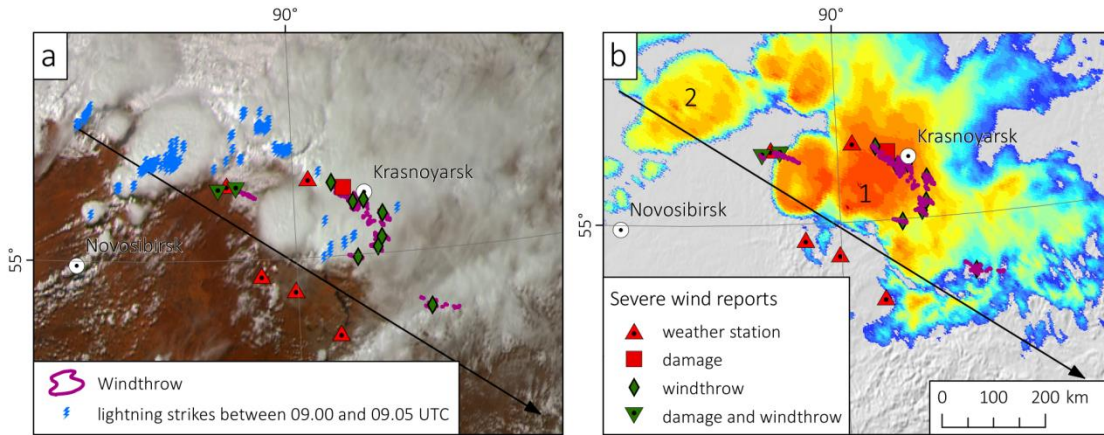
Сравнение события 26.05.2020 с другими случаями деречо в России

Характеристика события	27.06.2010	29.07.2010	15.05.2021	26.05.2020
Характеристики блокинга, на периферии которого возникла МКС				
Стадия развития	Разруше- ние	Трансфор- мация	Макс. развитие	Макс. развитие
Параметры блокинга (продолжительность, дней и интенсивность по (Lupo et al., 2019)	6 1.69	26 2.44	17.5 3.5	9.5 3.12
Периферия, на которой возникла МКС	C3	3	C3	C3
Конвективные параметры (максимум в радиусе 100 км от трека)				
ML CAPE и ML CIN (Дж кг ⁻¹)	888/-55	702/-155	1475/-87	871/-194
ML LCL (м) and PW (мм)	796/36.7	1446/41.5	1550/30.0	581/35.3
Сдвиг ветра (0-6 км, 0-3 км и 0-1 км), м с ⁻¹	26/22/15	26/24/15	27/23/11	41/39/24
SRH (0-1 км and 0-3 км, м ² с ⁻²)	70/157	79/199	86/238	497/880
ML WMAXSHEAR	876	809	1156	1278

Эволюция МКС №1 (25 мая 2020 г.) по данным Meteosat-8



a) RGB-
изображение
b) температура
ВГО в 11.30 ВСВ,
сразу после
образования МКС,
c) температура ВГО
в 16.30 ВСВ
d) то же в 21:00
ВСВ



МКС 26 мая 2020 г. по снимкам геостационарных метеорологических спутников

а, с, е - Электро-Л, RGB-изображение

б, д, ф - HIMAWARI-8, температура верхней границы облаков.

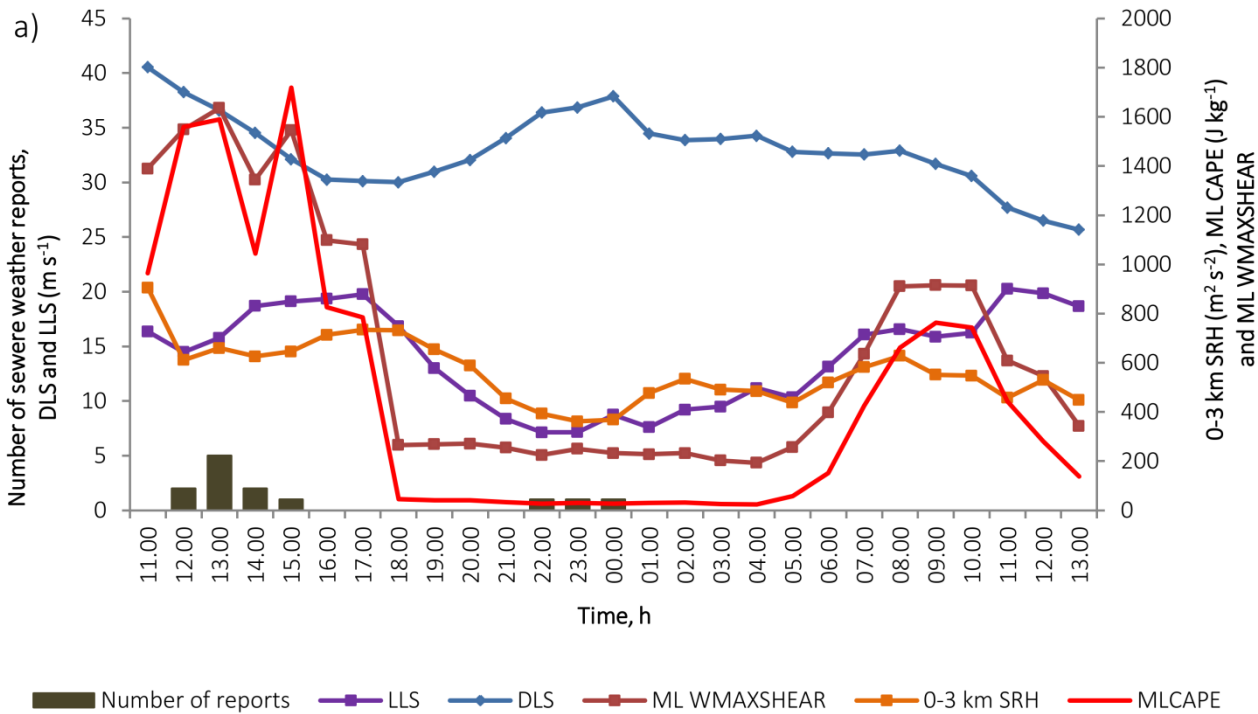
Изображения соответствуют:

(а, б) – 09.00 UTC;

(в, г) – 11.00 UTC;

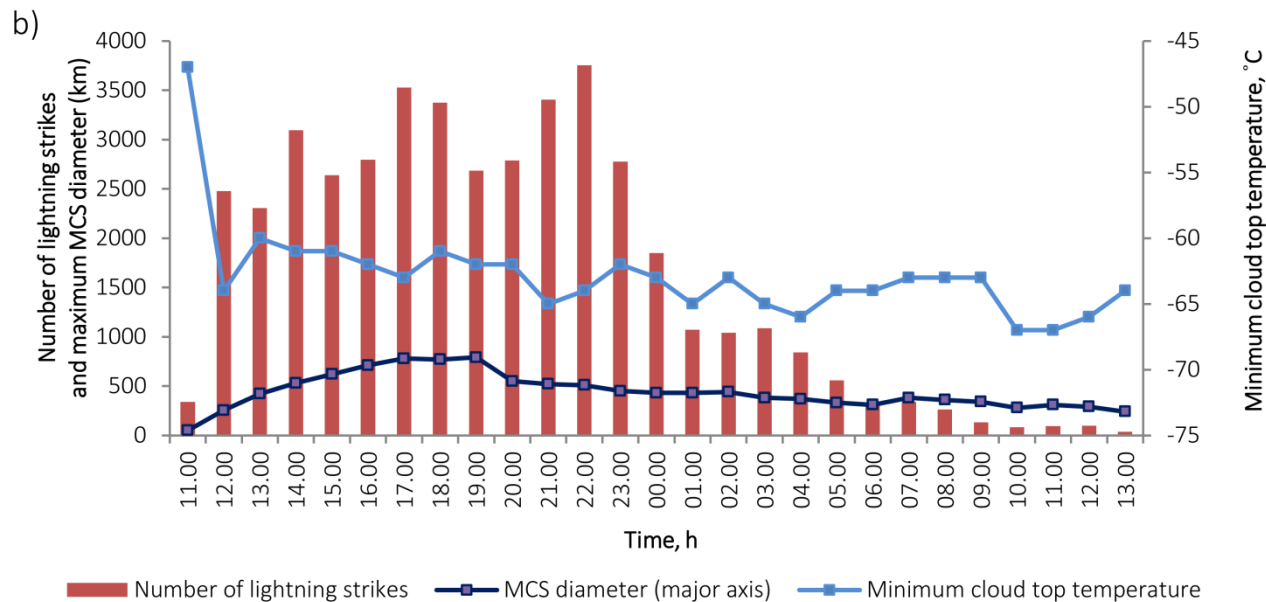
(д, е) – 13.00 UTC.

МКС №1 и МКС №2 показаны цифрами.

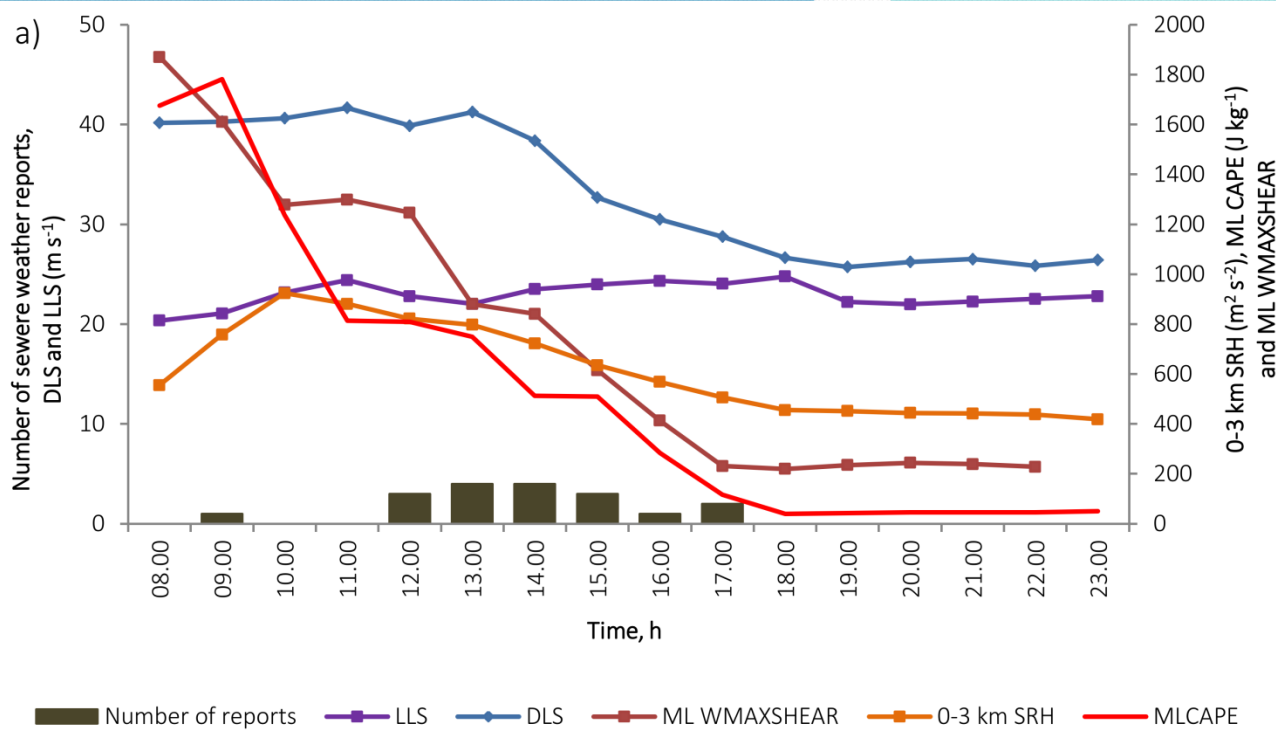


Характеристики МКС №1, рассчитанные вдоль трека:

(а) Число отчетов об ОЯ и максимальные значения конвективных параметров в радиусе 100 км на основе реанализа ERA5;



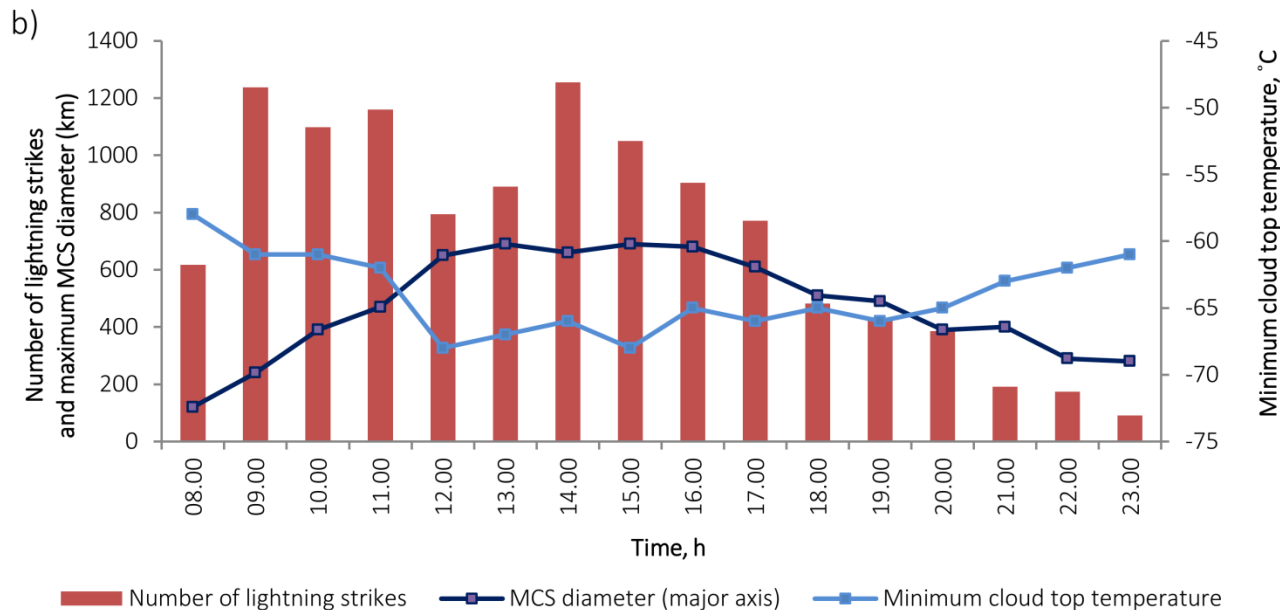
(b) Характеристики МКС по данным Meteosat (размеры и температура ВГО), а также количество молниевых разрядов по данным WWLLN.

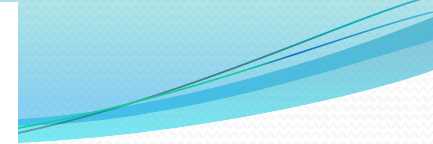
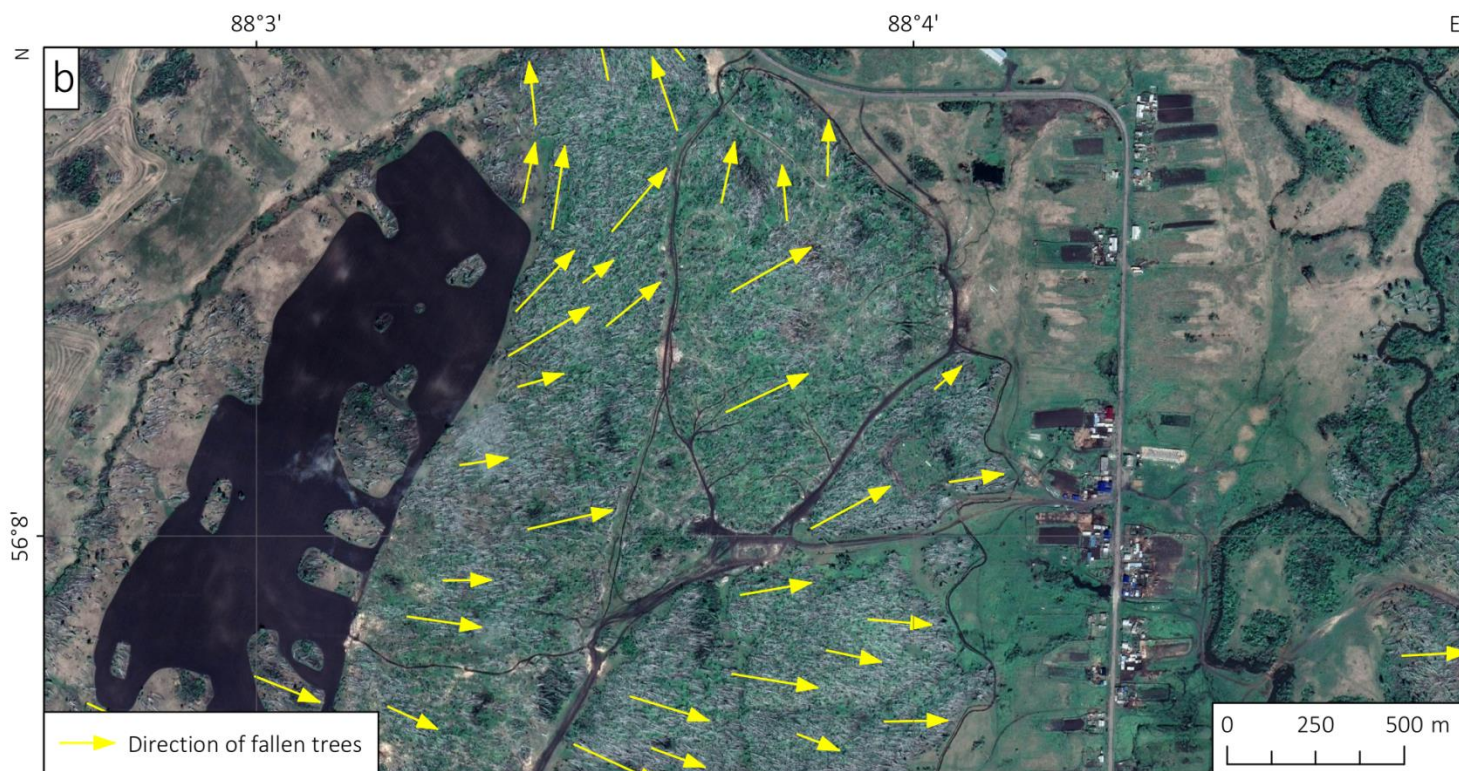
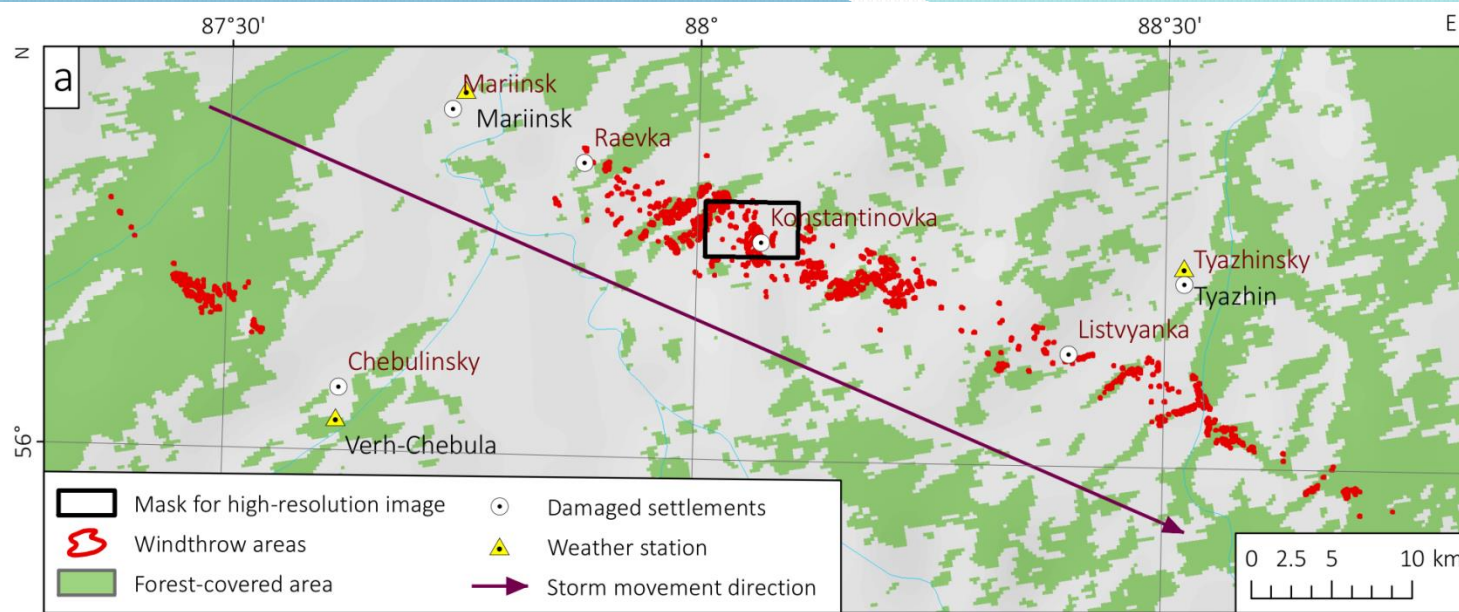


Характеристики МКС №2, рассчитанные вдоль трека:

(а) Число отчетов об ОЯ и максимальные значения конвективных параметров в радиусе 100 км от центра на основе реанализа ERA5;

(b) Характеристики МКС по данным Meteosat (размеры и температура ВГО), а также количество молниевых разрядов по данным WWLLN.

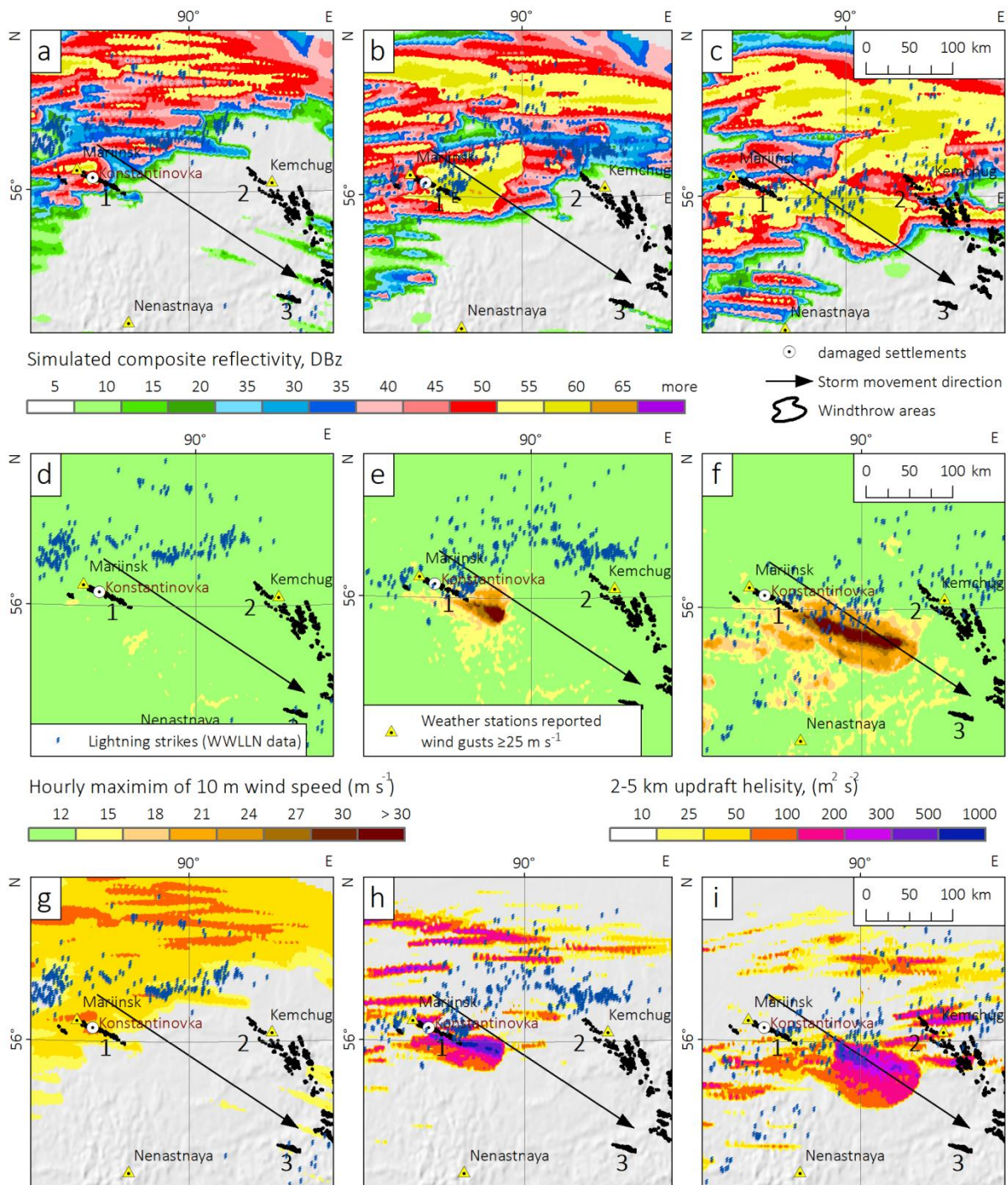




Ветровал,
вызванный
шквалом
26.05.2020
на севере
Кемеровской
области,
и снимок
высокого
разрешения
вблизи с.
Константи-новка
(Google Earth)

Прогноз шквала 26 мая с помощью моделей ЧПП COSMO и ICON с шагом сетки 2 км с разной заблаговременностью и численные эксперименты с температурой и влажностью почвы в моделях

Модель ЧПП	Оценка чувствительности к заблаговременности	Оценка чувствительности к влажности почвы	Оценка чувствительности к температуре почвы
COSMO	По 7 запусков с разной заблаговременностью (шаг по времени 6 ч). Старт моделей от 18:00 24 мая (заблаговременность 38 ч) до 06:00 26 мая (заблаговременность 2 ч).	Два запуска моделей с равномерным увеличением и уменьшением влажности почвы в 3 раза для уровня до 54 см (CM+, CM-)	Два эксперимента: с температурой почвы на 5°C ниже нормы, рассчитанной для 1979–2019 гг. (ST-) и без модели почвы и растительности (S_off).
ICON			Один запуск (ST-)



Прогноз по модели COSMO
 от 06.00 ВСВ 25.05.2020
 (заблаговременность 26 ч)

композитная отражаемость,
 порывы ветра и
 спиральность восходящего
 потока в слое 2-5 км (UH25)
 связанные с МКС № 2

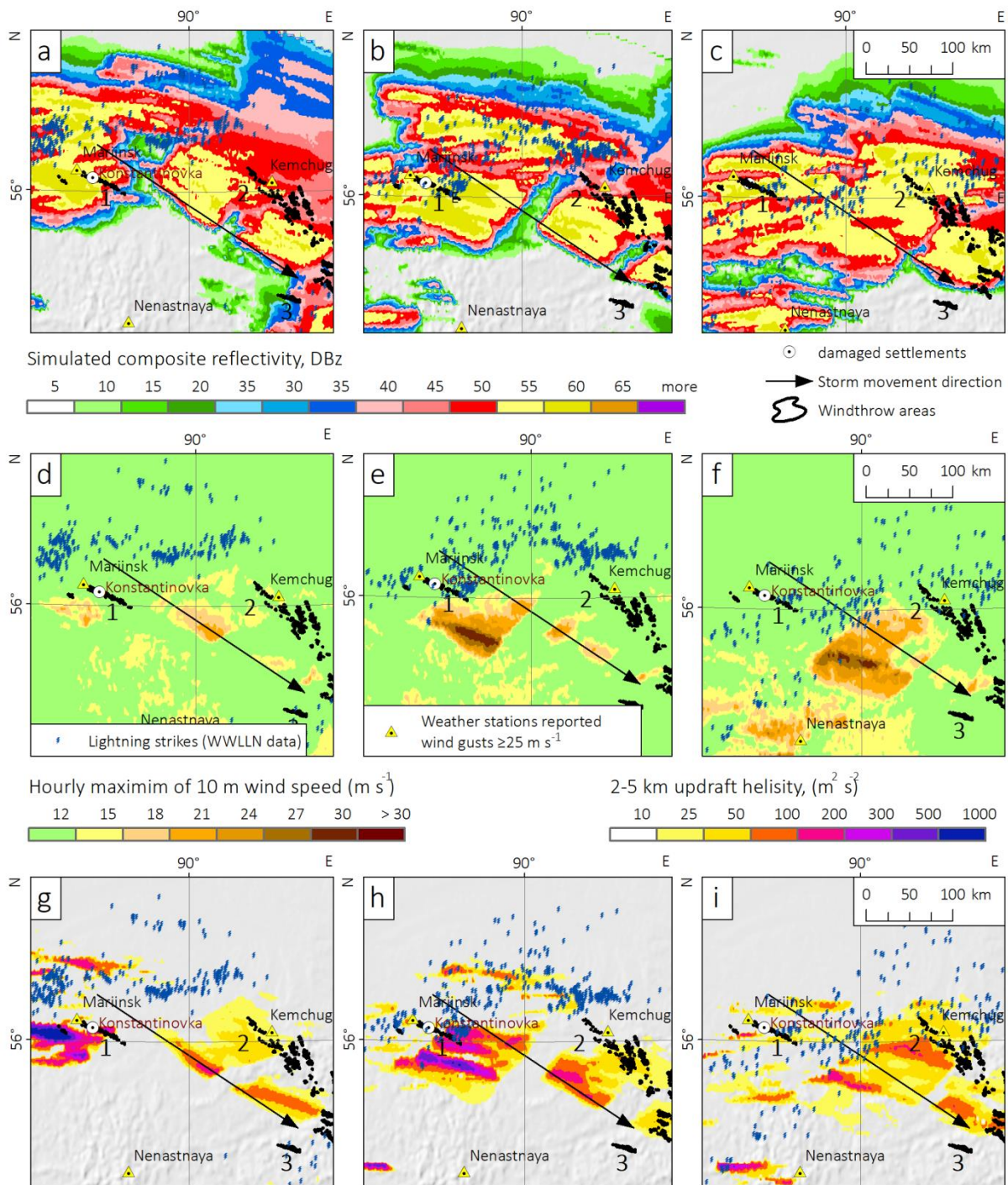
Время:

10.00 (столбец 1),

11.00 (столбец 2)

12.00 (столбец 3)

Цифрами показаны
 выделенные три случая
 шквалов. Данные WWLLN
 показаны в пределах ± 10
 минут относительно
 времени прогноза



Прогноз по модели ICON от
 18.00 ВСВ 25.05.2020
 (заблаговременность 14 ч)

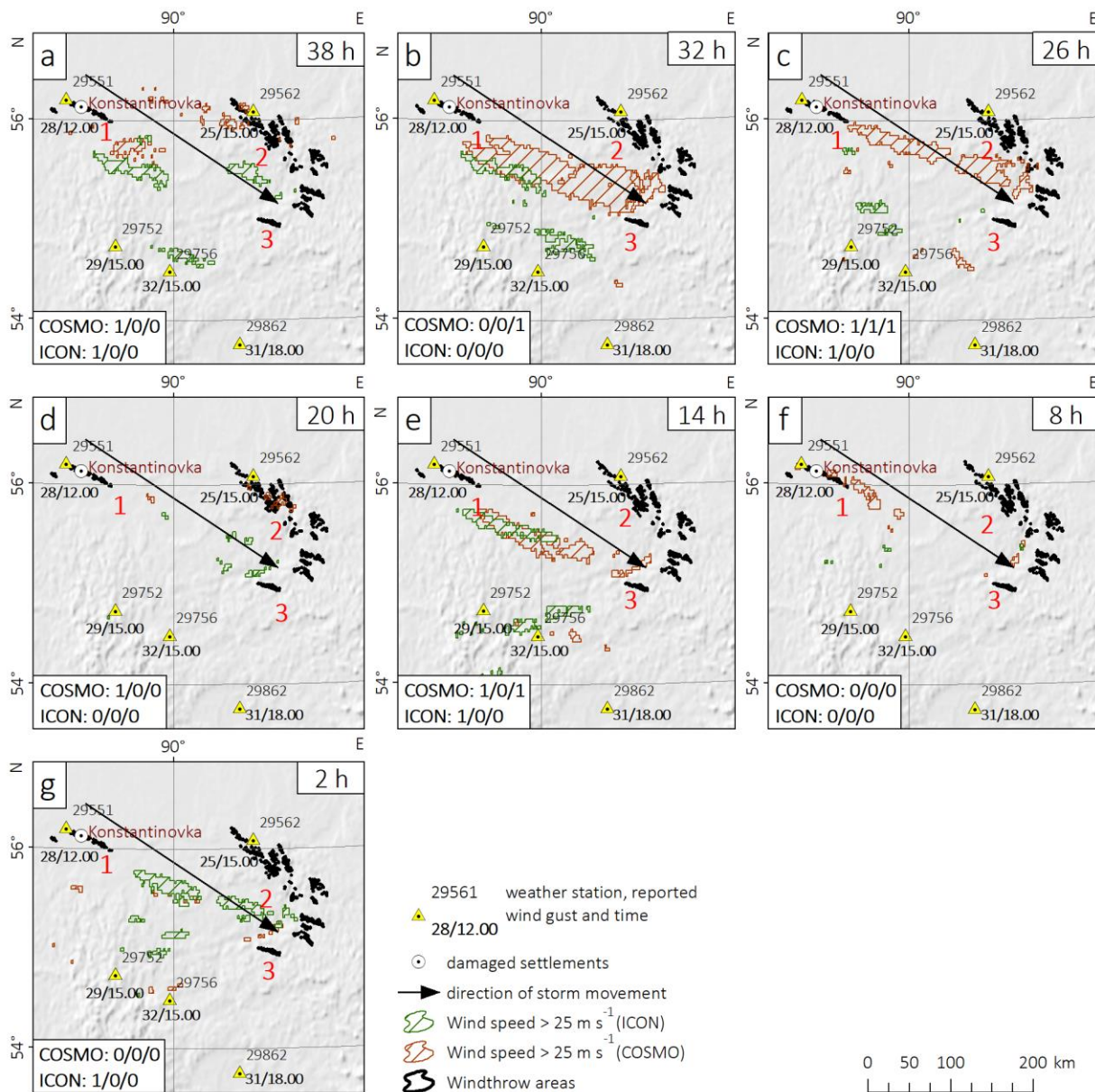
композитная отражаемость,
 порывы ветра и
 спиральность восходящего
 потока в слое 2-5 км (UH25)
 связанные с МКС № 2

Время:

- 10.00 (столбец 1),
- 11.00 (столбец 2)
- 12.00 (столбец 3)

Цифрами показаны
 выделенные три случая
 шквалов. Данные WWLLN
 показаны в пределах ± 10
 минут относительно
 времени прогноза

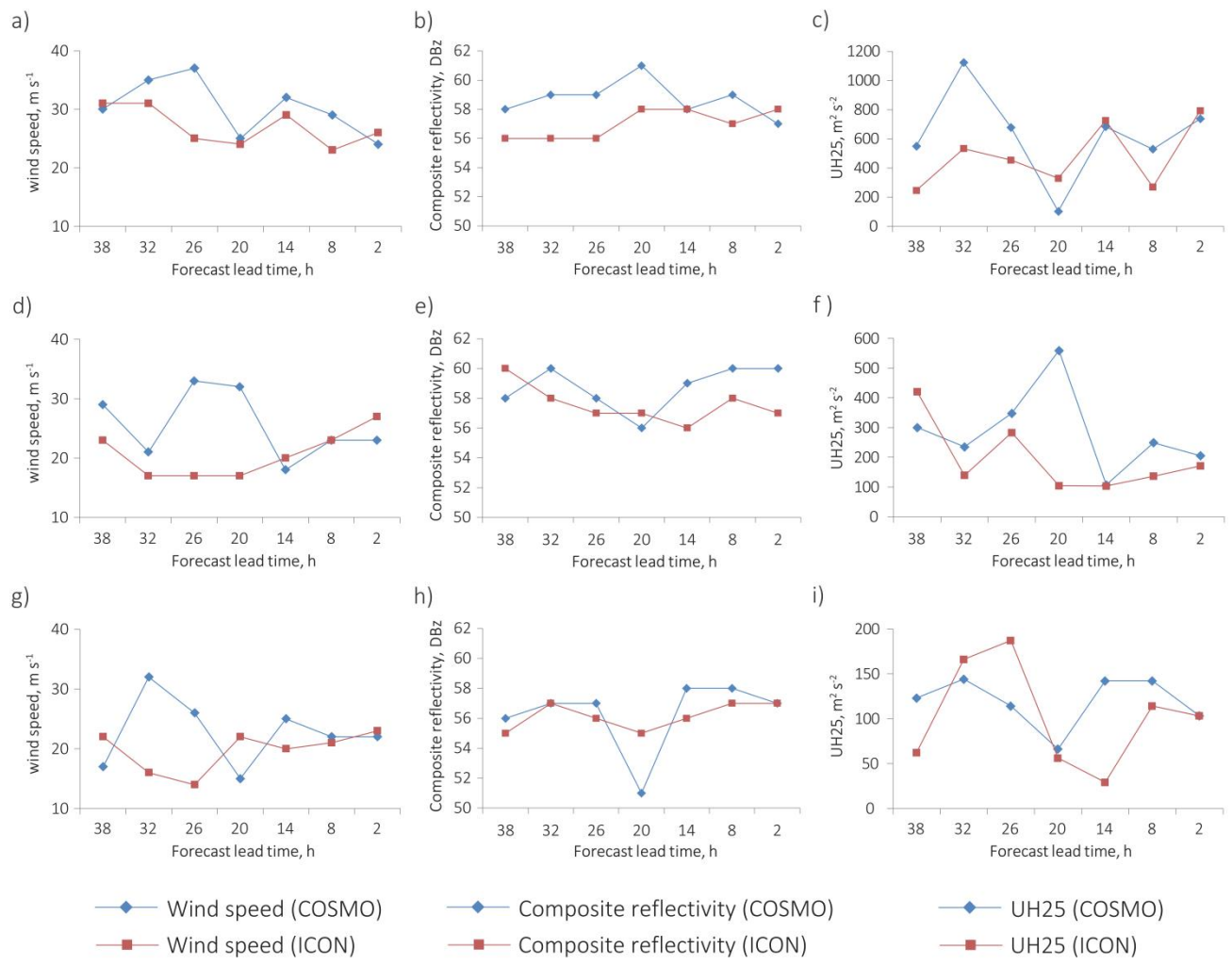
Прогнозируемые шквалы ≥ 25 м/с и сравнение с данными наблюдений 26 мая 2020 г.



Время запуска модели:
 а) 24.05.2020, 18.00 UTC;
 б) 25.05.2020, 00.00 UTC;
 в) 25.05.2020, 06.00 UTC;
 д) 25.05.2020, 12.00 UTC;
 е) 25.05.2020, 18.00 UTC;
 ф) 26.05.2020, 00.00 UTC;
 г) 26.05.2020, 06.00 UTC.

Заблаговременность прогноза
 указана в правом верхнем
 углу. Зоны шквалов №1, №2 и
 №3 показаны красными
 цифрами. Бинарная оценка
 качества прогноза для зон
 шквалов №1, №2 и №3
 показана в левом нижнем
 углу (1 – положительный, 0 –
 пропуск).

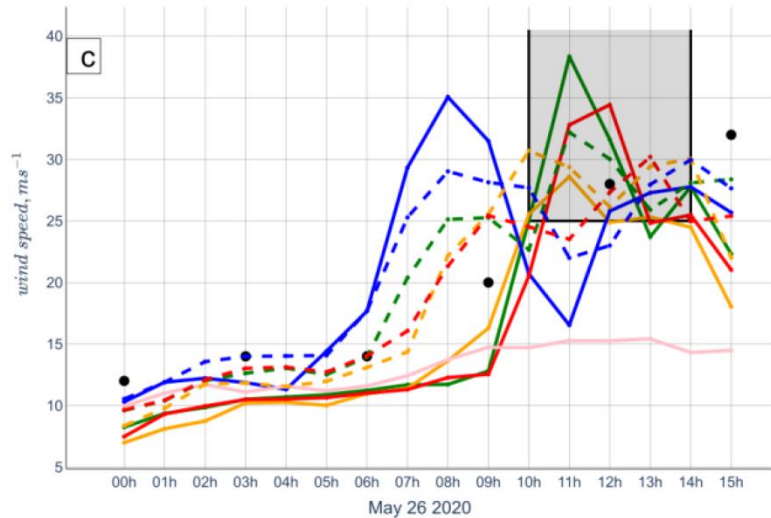
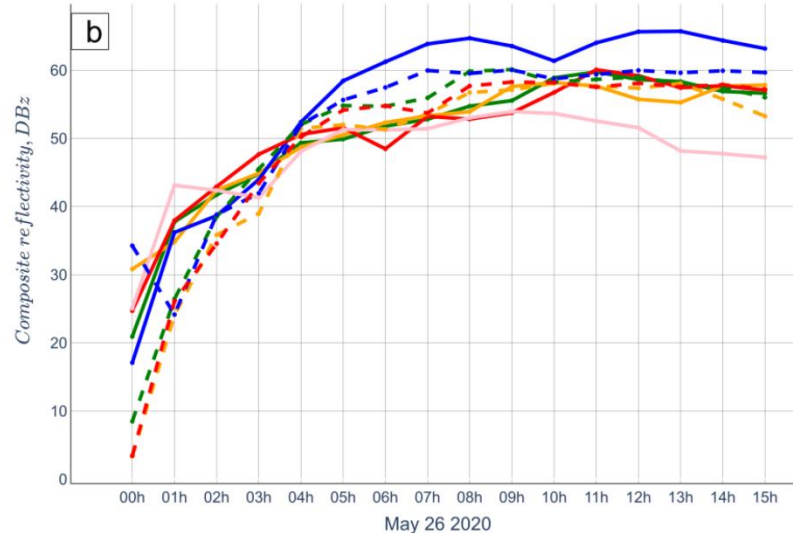
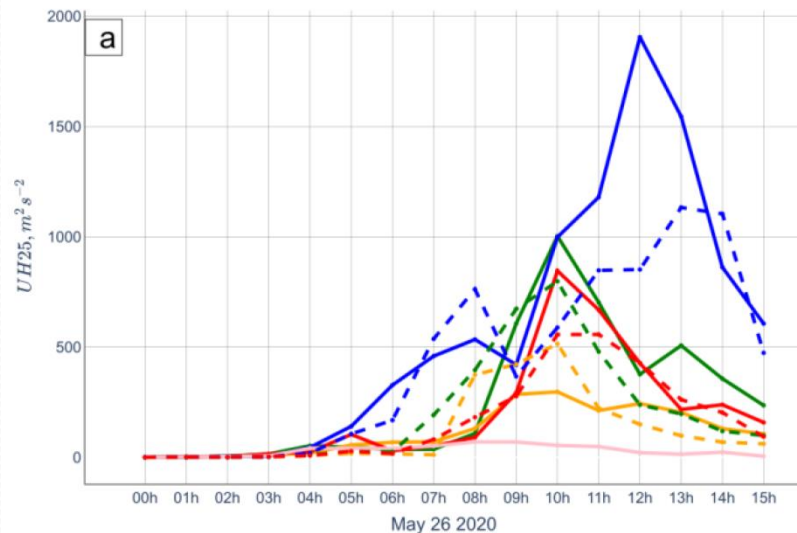
Максимальная скорость ветра (a, d, g), композитная отражаемость (b, e, h) и UH25 (c, f, i), прогнозируемые в радиусе 50 км вокруг зон ветровалов по модели COSMO (синий цвет) и ICON (красного цвета) при разной заблаговременности прогноза



Расчет выполнен для шквалов №1 (строка 1), №2 (строка 2) и №3 (строка 3)

Время старта модели:
 24.05.2020, 18.00 UTC (заблаговременность 38 ч);
 25.05.2020, 00.00 UTC (заблаговременность 32 ч);
 25.05.2020, 06.00 UTC (заблаговременность 26 ч);
 25.05.2020, 12.00 UTC (заблаговременность 20 ч);
 25.05.2020, 18.00 UTC (заблаговременность 14 ч);
 26.05.2020, 00.00 UTC (заблаговременность 8 ч) и
 26.05.2020, 06.00 UTC (заблаговременность 2 ч).

Характеристики шквалов по моделям ЧПП с различной температурой и влажностью почвы : а) – UH25; б) – композитная отражаемость ; в) – максимальная скорость ветра за час. Серым прямоугольником показан интервал времени, когда наблюдались порывы ветра ≥ 25 м/с



- COSMO Ref
- COSMO SM-
- COSMO SM+
- COSMO ST-
- COSMO S_off
- ICON Ref
- ICON SM-
- ICON SM+
- ICON ST-

Выводы

- Событие 25-26 мая 2022 г. нельзя классифицировать как деречо (нет сплошной полосы со скоростью ветра ≥ 26 м/с протяженностью свыше 400 км)
- Рекордная продолжительность жизни МКС (26 ч) в том числе в ночное время, и шквалы до 25 м/с в период суточного минимума развития конвекции связаны с исключительно благоприятными динамическими условиями
- Значения конвективных параметров (сдвига ветра и завихренности) близки к таким, при которых наблюдаются разрушительные торнадо (F4-F5) в США
- Наиболее разрушительный шквал 26 мая предположительно связан с прохождением мезоциклона
- Модели ЧПП в целом успешно воспроизводят наиболее разрушительный шквал, причем по модели COSMO скорость ветра выше, чем по модели ICON
- Снижение температуры и влажности почвы не вызвало существенного снижения скорости ветра в модели – т.е. событие связано в основном с благоприятными динамическими факторами

An aerial photograph of a dense green forest. In the foreground, several tall, thin trees with long, feathery, light-colored seed heads (likely grasses or reeds) stand out against the darker green canopy. The rest of the image is a vast, textured expanse of green foliage.

Спасибо за внимание

*Андрей Шихов,
Пермский государственный университет
e-mail: and3131@inbox.ru
URL: <http://accident.perm.ru/>*