



Результаты вычислительных экспериментов по моделям COSMO-RuSib

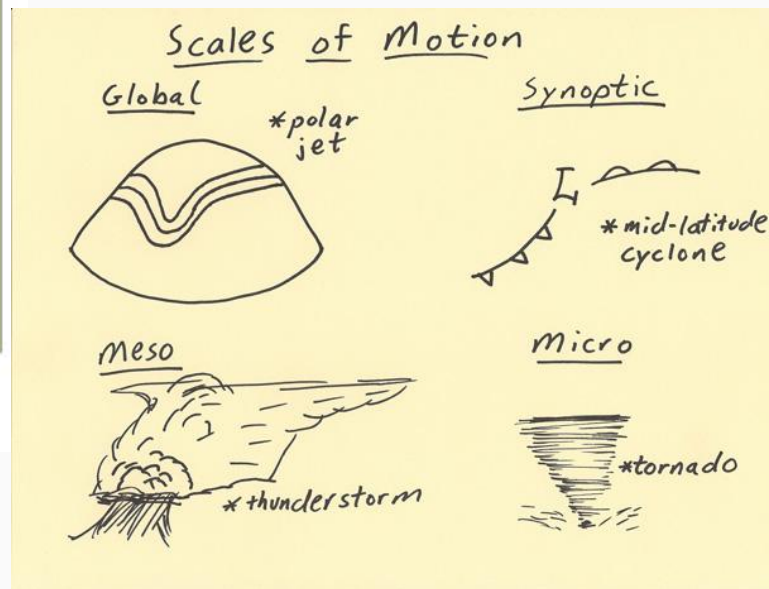
А.В. Гочаков*, В.Н. Крупчатников*, Маев В.К*, Д.В. Блинов**, Д.И. Захарченко**, О.Ю. Антохина***
gochakov@sibnigmi.ru

* СибНИГМИ

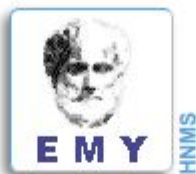
**Гидрометцентр России

*** Институт Оптики Атмосферы СОРАН

Масштаб явлений погоды (γ - масштаб явления 2-20 км)



COSMO - Consortium for Small-scale Modeling национальные метеорологические службы, участники консорциума:



Germany

DWD

Deutscher Wetterdienst



Switzerland

MCH

MeteoSchweiz



Italy

ITAF ReMet

Aeronautica Militare-Reparto per la Meteorologia



Greece

HNMS

Εθνική Μετεωρολογική Υπηρεσία



Poland

IMGW

Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej



Romania

NMA

Administrația Națională de Meteorologie



Russia

RHM

Федеральная Служба по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды



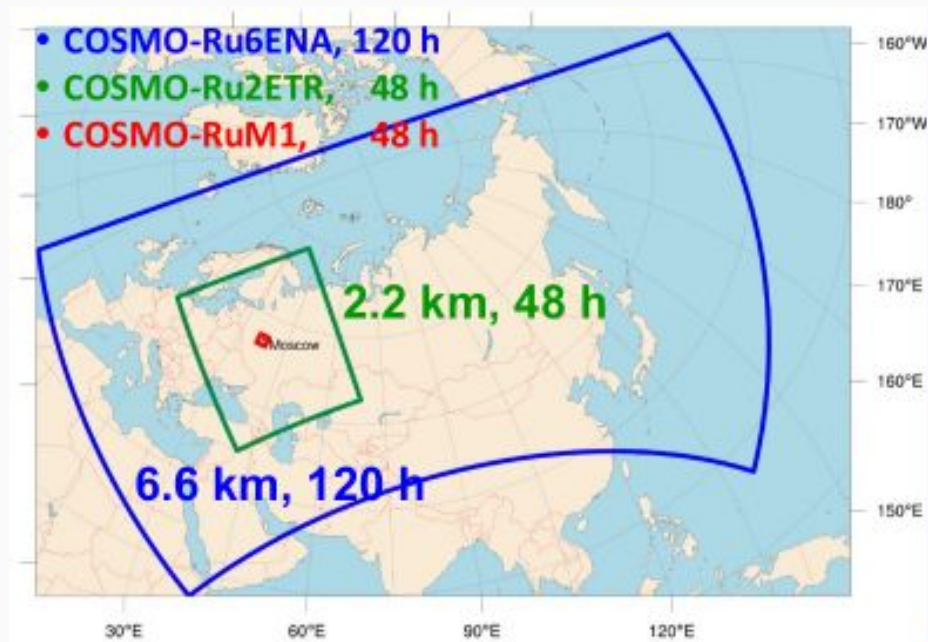
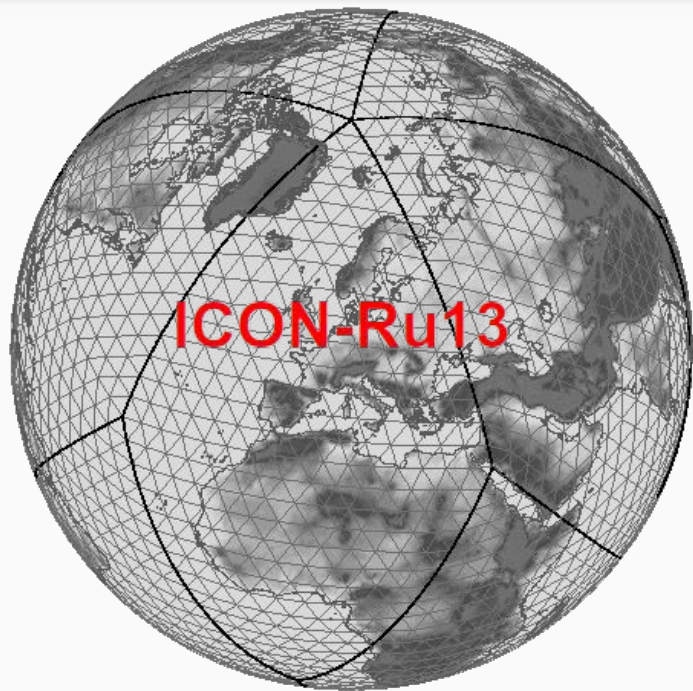
Israel

IMS

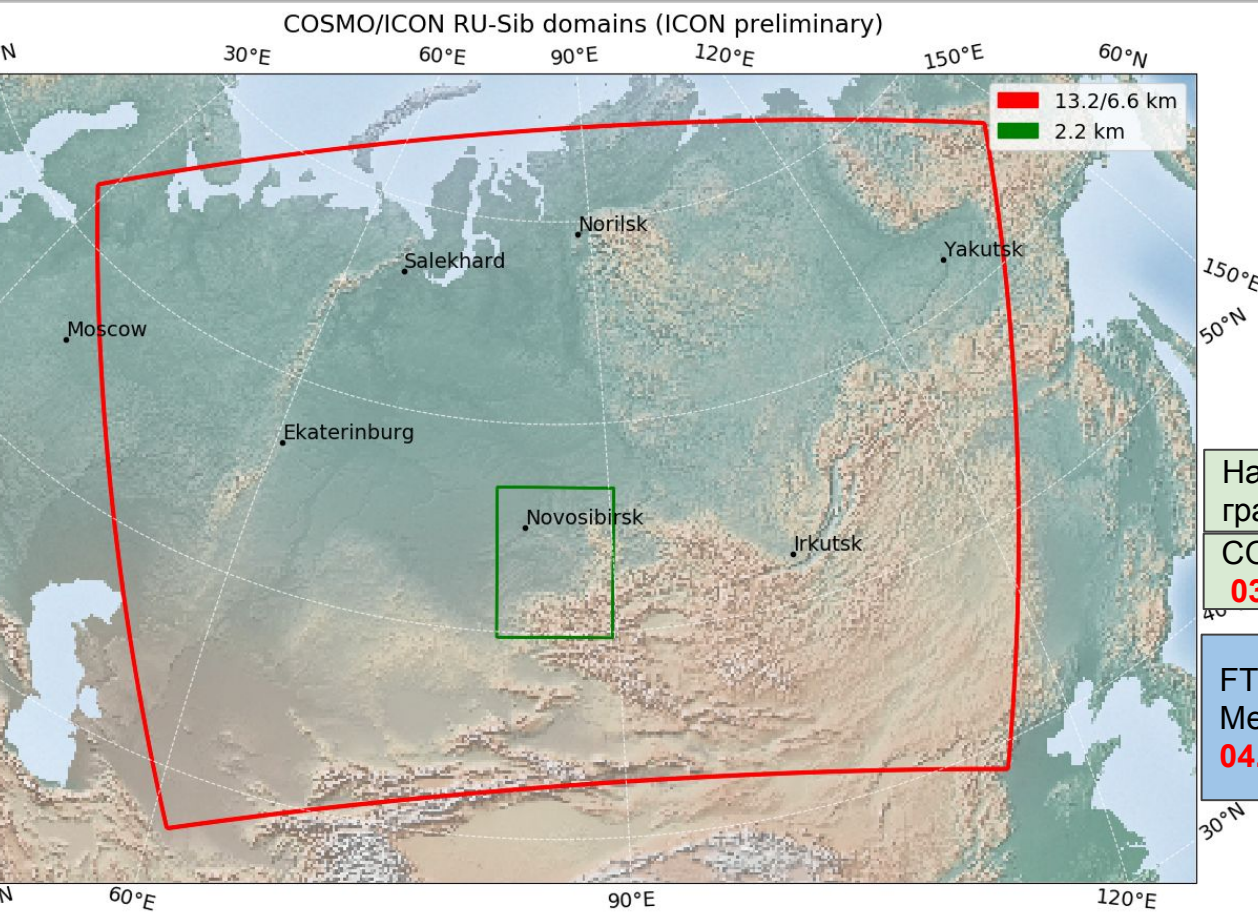
שירות מטאורולוגי

Система прогнозирования COSMO-SIB ∈ COSMO-RU

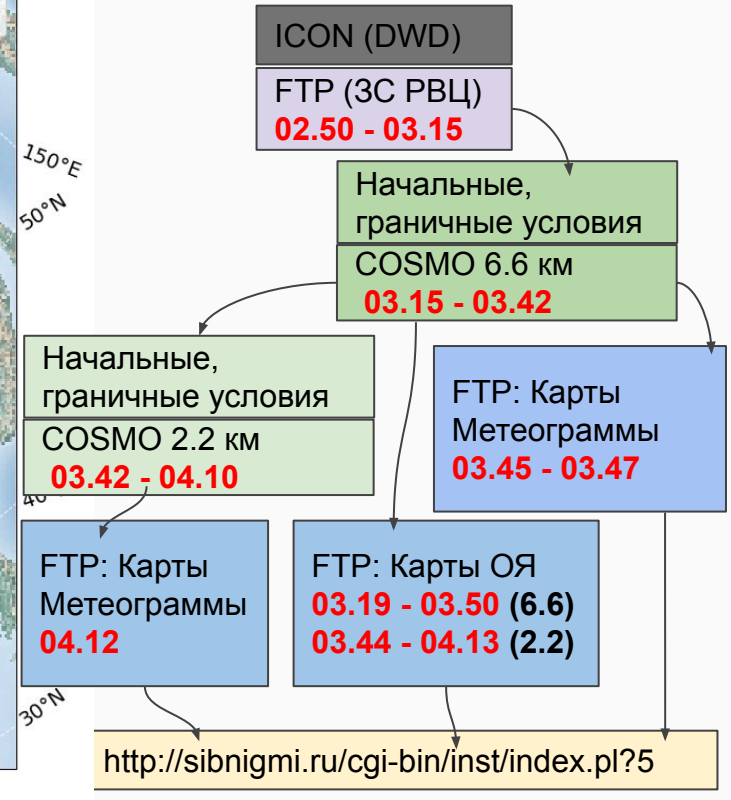
COSMO-RU На кластере CRAY XC40 (ГВЦ)



На кластере CRAY XC40 (ЗС РВЦ)



13 км: COSMO v5.03 (00, 12)
6; 2 км: COSMO v5.09 (00, 06, 12, 18)



Отличия COSMO-RuSib 13.2 и COSMO-RuSib 6.6, 2.2 км

13-km: COSMO v 5.03. ExtPar от 2015-03

OUTPUT: Grib1

6-km: COSMO v 5.09 (обновление динамического ядра, схем адвекции, параметризации турбулентности). ExtPar от 2020-03

OUTPUT: Grib1, Grib2

PHYSIC:

- ICON TKE equation in the transfer scheme

- ICON mode of cloud representation in the transfer scheme

- COSMO 6.6: Parameterized deep convection (A Two-Category Ice Scheme)

- COSMO 2.2: Explicit simulation of deep convective clouds (A Three Category Ice Scheme),
Parameterized shallow convection (Tiedtke)

Используемые переменные, схема с явным разрешением глубокой конвекции

Lightning Potential Index (LPI) Индекс потенциала молний. Рассчитывается при помощи явно воспроизведенных моделью конвективных облаков

Диаметр града (HailCast) Применяется одномерная модель HailCast, адаптированная для COSMO из модели WRF. В качестве продукта можно оценить максимальный диаметр града (в мм) в узле сетки модели.

Supercell Detection Index (SDI) Индекс обнаружения суперячеек. В отличие от многих конвективных параметров (в частности SCP), данный индекс основан на явном воспроизведении моделью восходящих потоков конвективных ячеек.

Significant Tornado Parameter (STP) Комплексный показатель риска формирования **значительных** смерчей.

$$STP = (MLCAPE/1500 \text{ J kg}^{-1})(SHR6/20 \text{ m s}^{-1})(SRH1/100 \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}) [(2000 - MLLCL)/1500 \text{ m}][(200 + MLCIN)/150 \text{ J kg}^{-1}]$$

MLLCL - Средний уровень конденсации

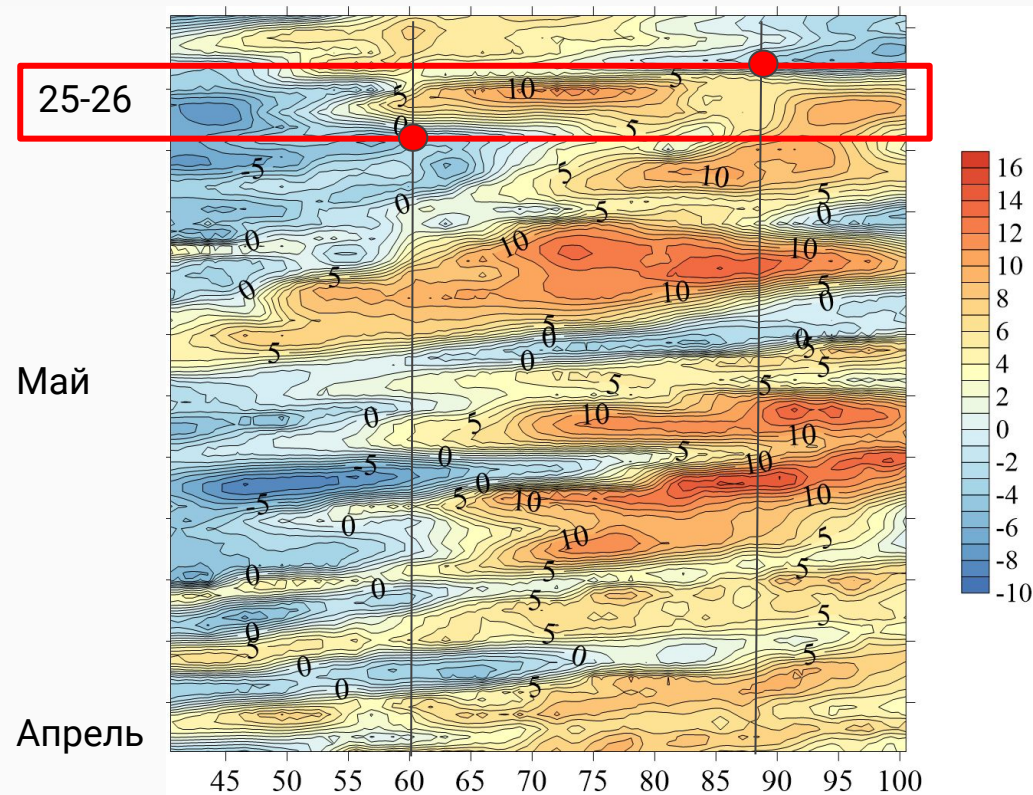
SHR6 - Средневзвешенный вектор скорости ветра в слое 0-6 км.

SRH1 - Средний вектор скорости ветра в слое 0-1 км.

MLCIN - Среднее конвективного ингибирования

MLCAPE - Средняя конвективная доступная потенциальная энергия

Событие торнадо 26 мая 2020 г, Кузбасс, предпосылки

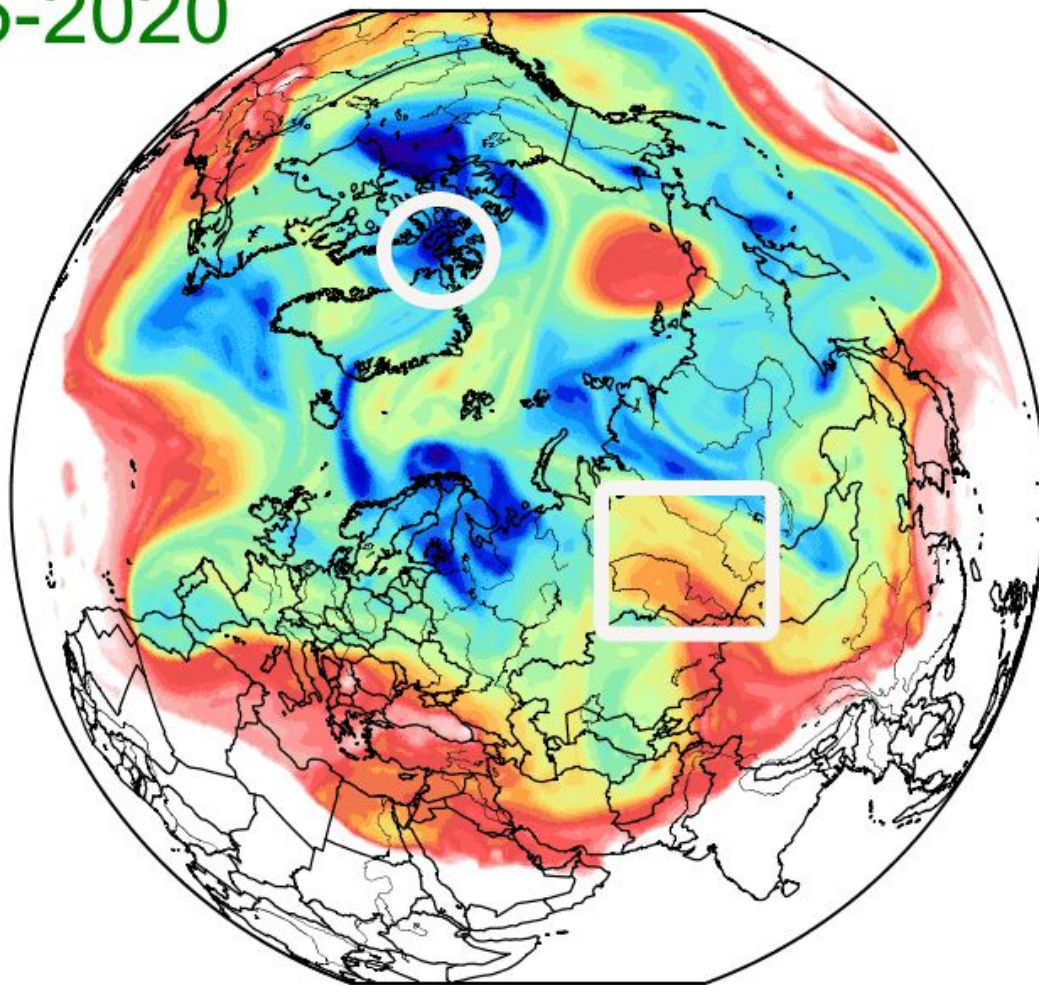


Аномалия температуры 1979-2019

- Первая половина 2020 года в Сибири ($60^{\circ}\text{N}-75^{\circ}\text{N}$, $60^{\circ}\text{E}-180^{\circ}\text{E}$) - самый жаркий период с января по июнь за всё время наблюдений (Andrew Ciavarella и др, 2021)
<https://doi.org/10.1007/s10584-021-03052-w>
- Высокая температура и засушливость привели к масштабным лесным пожарам на территории Сибири
- Раннее таяние снега в сезон

Potential temperature

15-05-2020

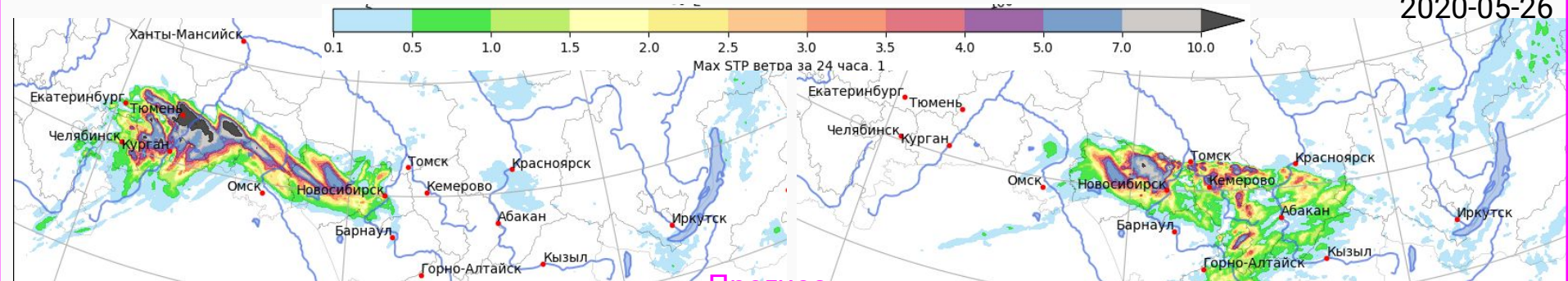


Официальный прогноз

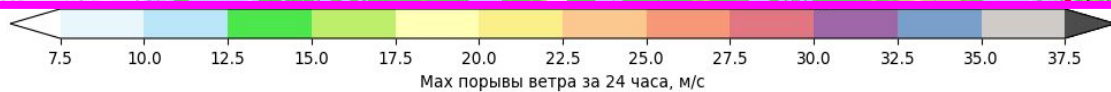
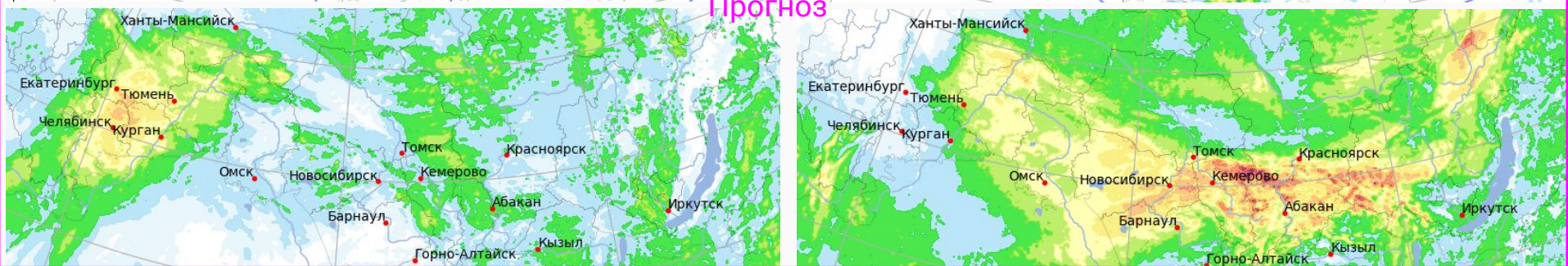
Согласно прогнозу Кемеровского гидрометцентра, во вторник, 26 мая, в регионе ожидается жаркая (+28...+33 градуса), но облачная с прояснениями погода. Еще днем пройдут **кратковременные дожди, местами — сильные, возможны грозы, град**, и кроме того, на большей территории Кемеровской области ожидается сильный ветер: **17 — 22** метра в секунду, местами с усилением **до 25 м/с**.

2020-05-25

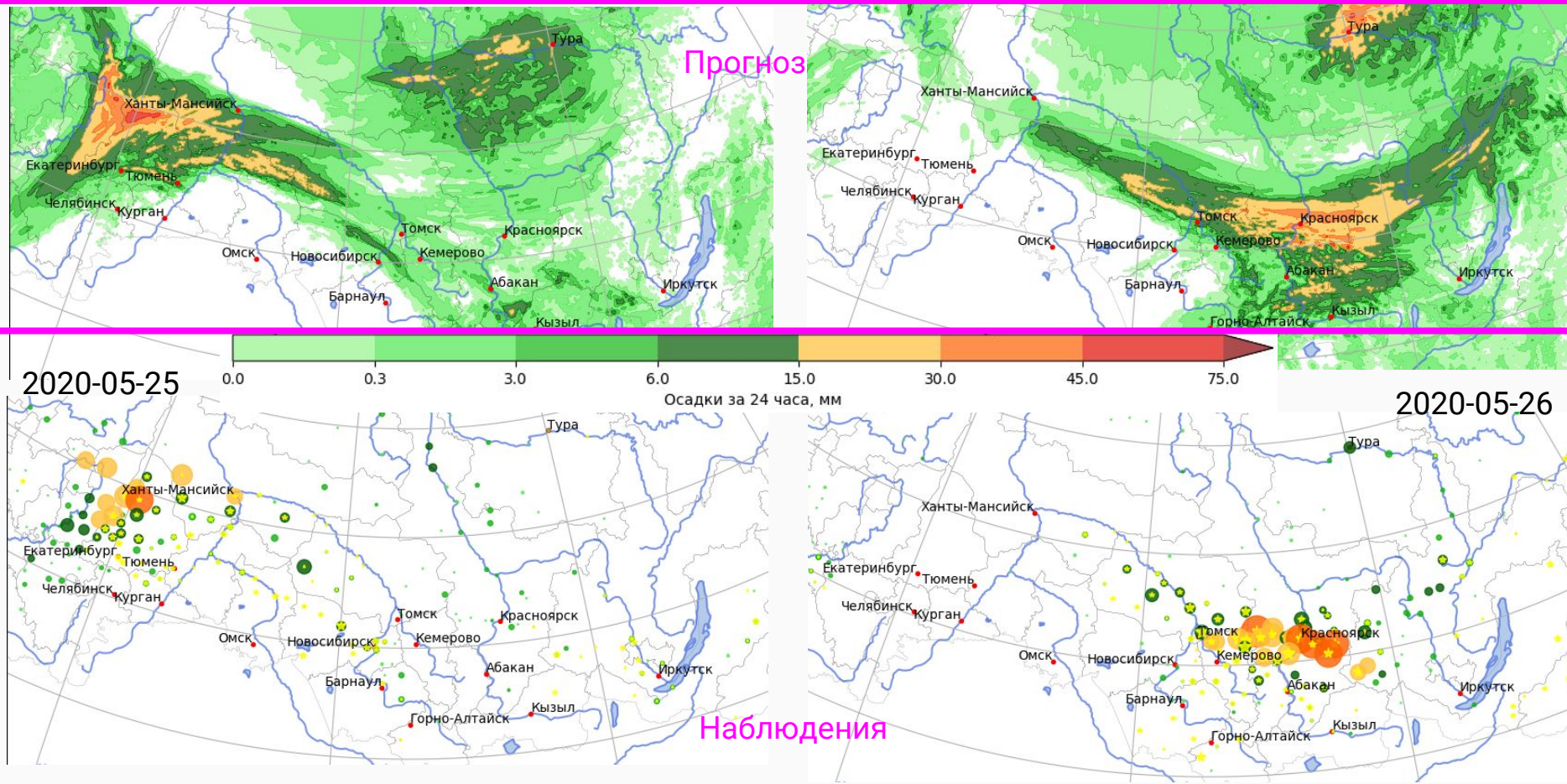
2020-05-26



Прогноз



Сравнение наблюдения/прогноз (домен 6.6 км) 25 - 26 мая 2020 г.



Последствия торнадо 26.06.2020, с. Константиновка (Кузбасс, Мариинский район)



?F1-F2 по шкале Фудзиты (32,6-... м/с):
Умеренный. Срывает крышу с домов, сильно повреждает передвижные дома, переворачивает автоприцепы, перемещает автомобили, некоторые деревья вырывает с корнем и уносит.

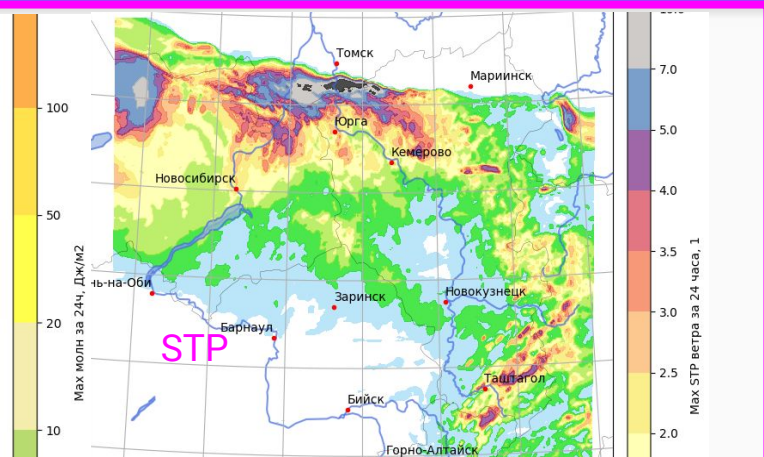
Динамика состояния атмосферы 2020-05-26 , сравнение наблюдения/прогноз (2.2 км)



Наблюдения:
осадки/грозы



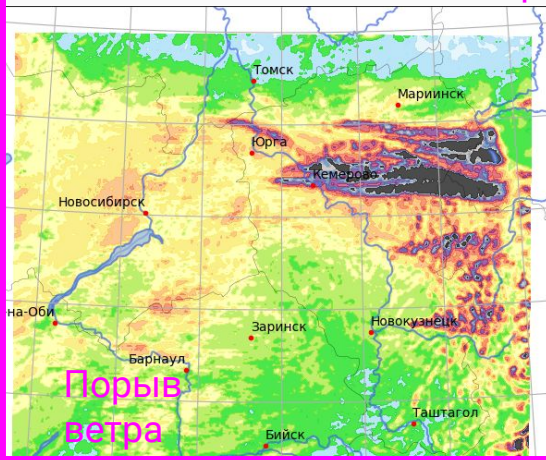
Молн.
потенциал



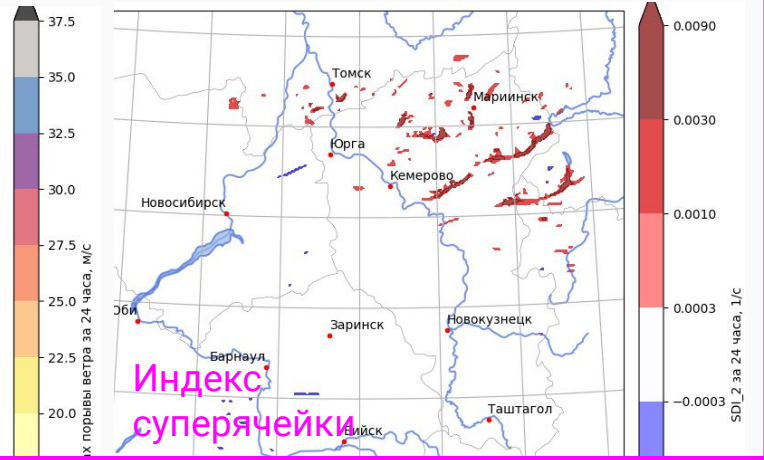
Прогноз



Наблюдения:
порывы
ветра (max за сутки)



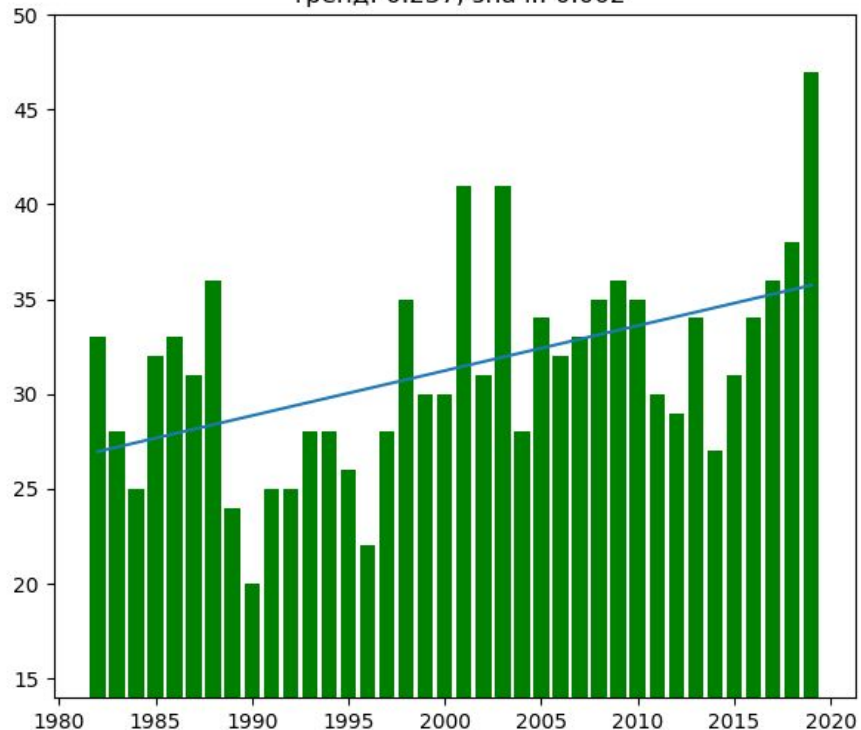
Порыв
ветра



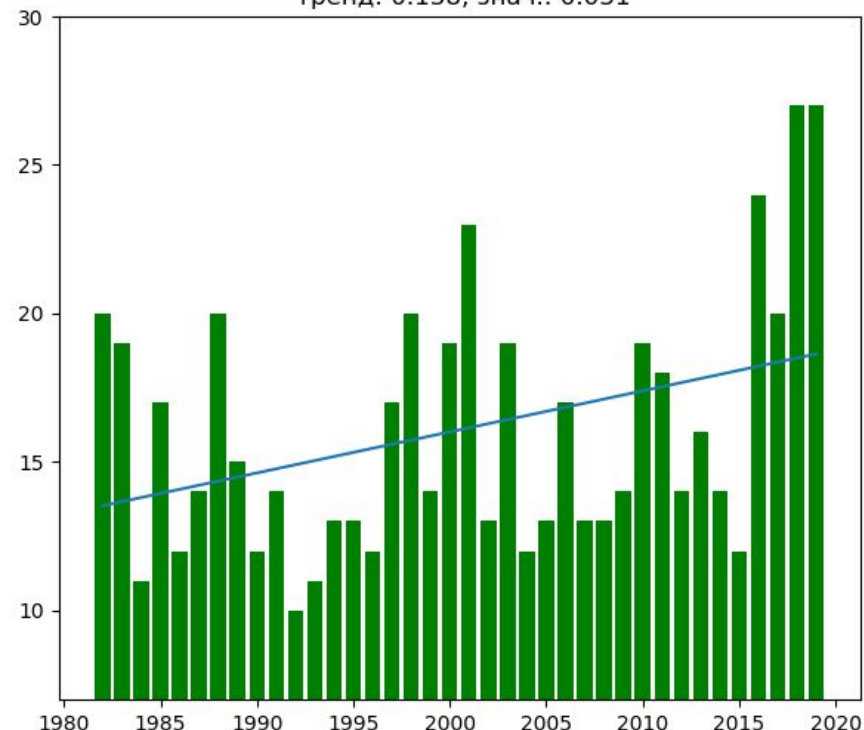
Индекс
суперячейки

Аномалия осадков в летний период для Сибири и Дальнего Востока (данные GPCC)

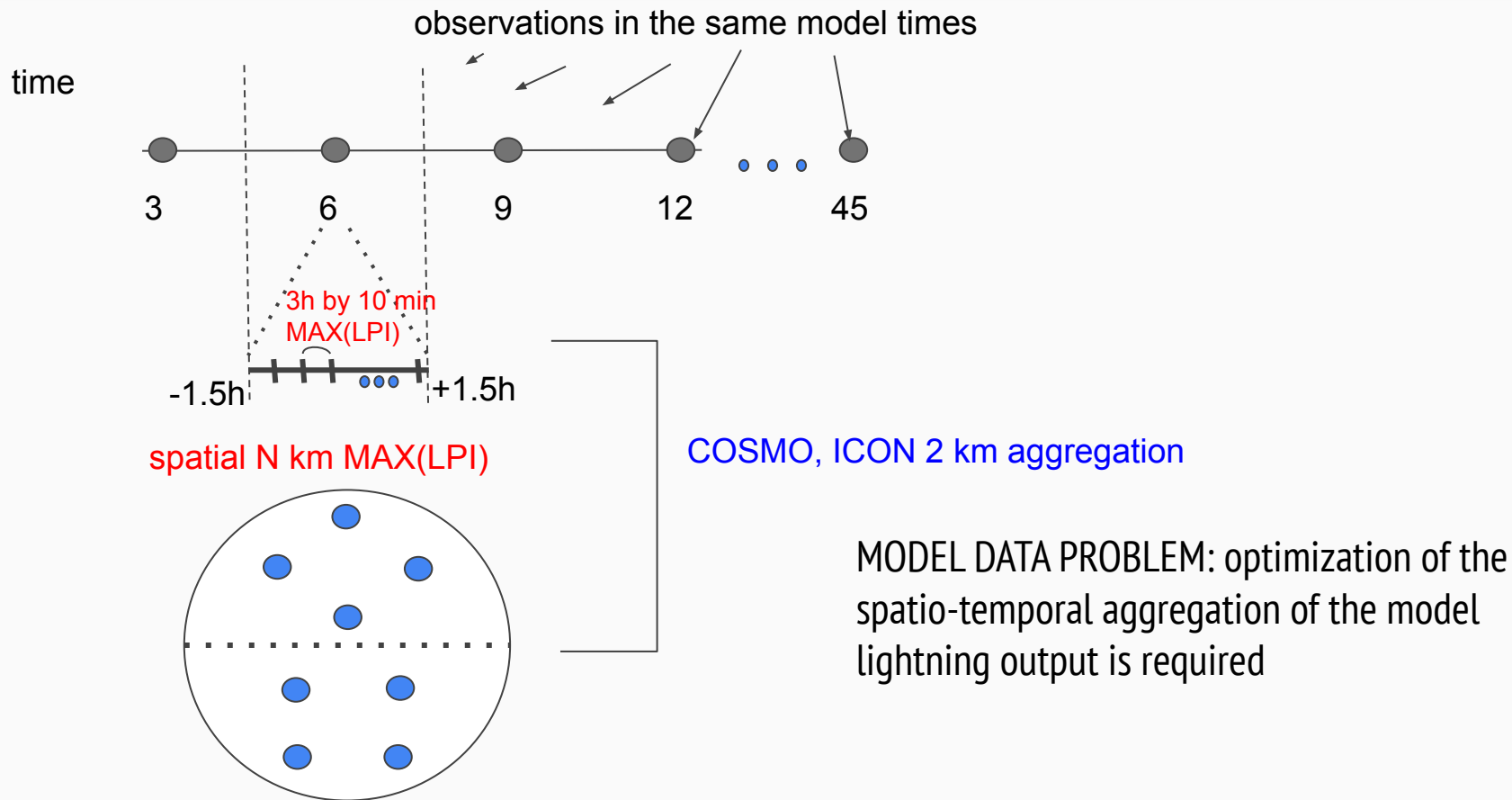
Число дней экстремальных осадков (99.0 перцентиль)
тренд: 0.237, знач.: 0.002



Число дней экстремальных осадков (99.5 перцентиль)
тренд: 0.138, знач.: 0.031



Верификация прогноза гроз по данным наблюдений на станции



Сравниваемые величины

- 1) FAR (False Alarm Ratio) - коэффициент числа ложных тревог

$$FAR = false\ alarm / (hits + false\ alarm)$$

- 2) POD (Probability Of Detection) - вероятность обнаружение события

$$POD = hits / (hits + misses)$$

- 3) CSI (Critical Success Index) - критический индекс успешности прогноза

$$CSI = hits / (hits + misses + false\ alarm)$$

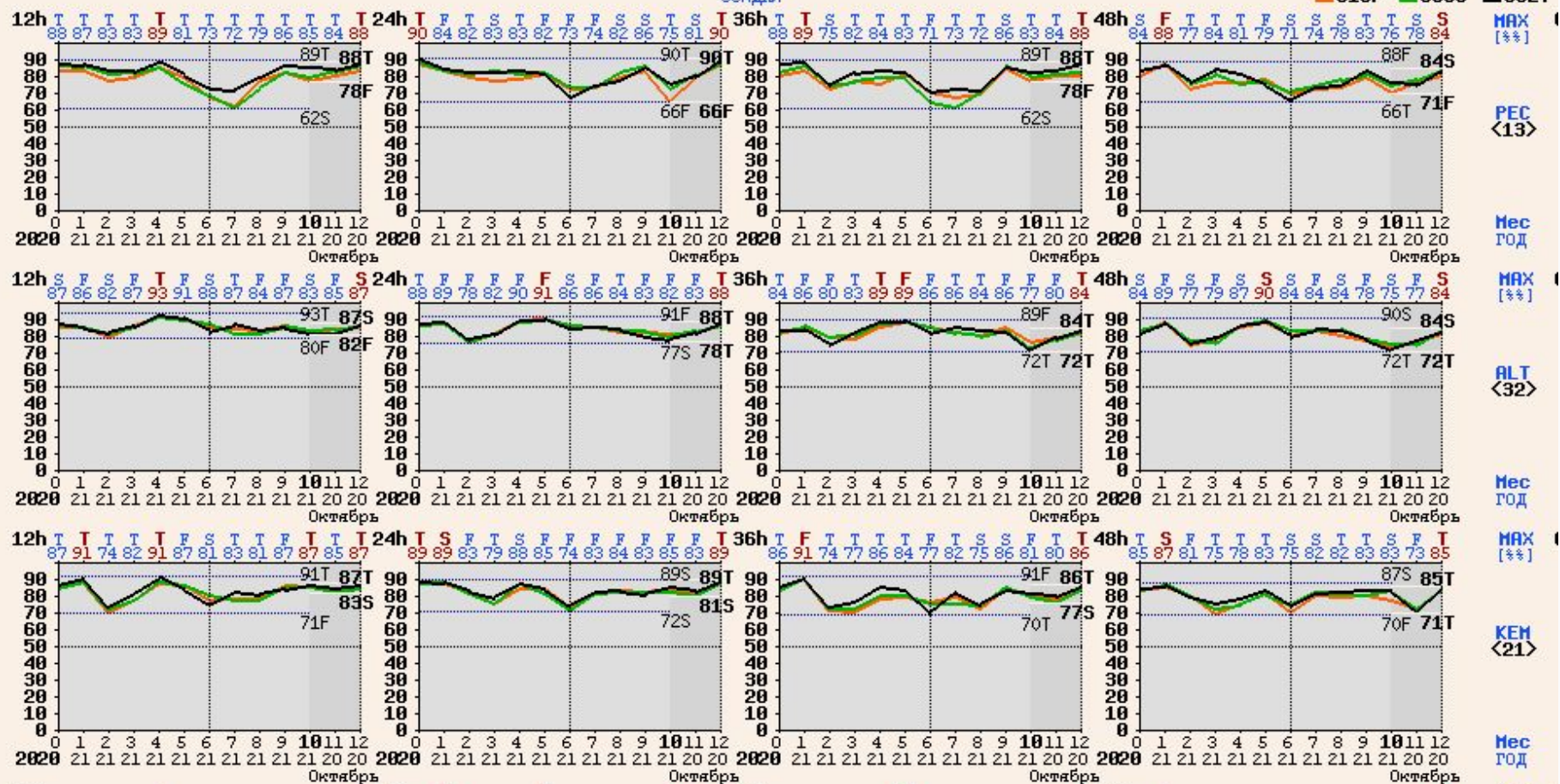
Aug 2021

Всего КН01
45063
событий
гроз: 2849

Пространственн ая агрегация (km)	13		20		50		100	
COSMO	45045				47025			
FAR	0.605		0.621		0.671		0.75	
POD	0.046		0.078		0.232		0.424	
CSI	0.043		0.069		0.157		0.186	
ICON	45045				47025			
FAR	0.601	0.569	0.602	0.585	0.658	0.648	0.745	0.734
POD	0.072	0.064	0.128	0.105	0.352	0.317	0.588	0.558
CSI	0.065	0.059	0.107	0.091	0.209	0.2	0.215	0.219
	1-mom schema	2-mom schema	1-mom schema	2-mom schema	1-mom schema	2-mom schema	1-mom schema	2-mom schema

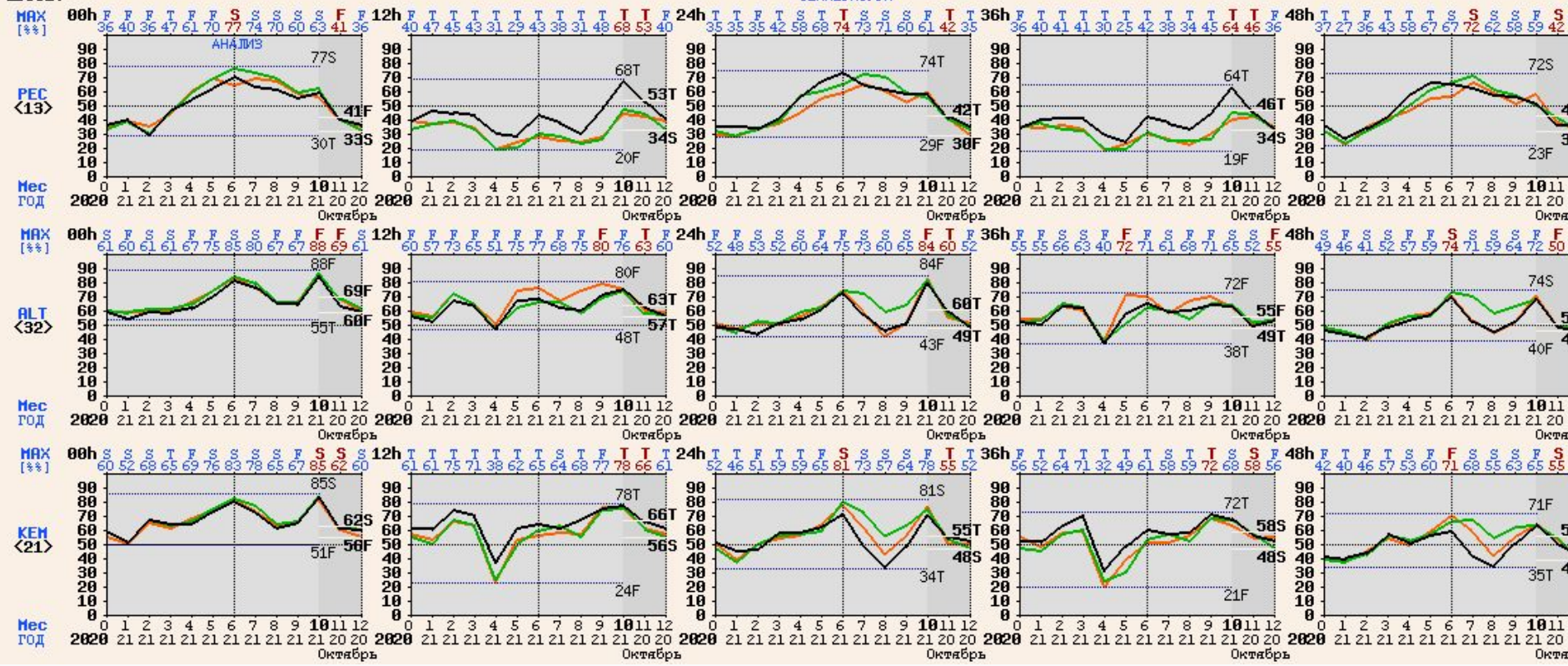
Средние ОЦЕНКИ(%%) количества ОСАДКОВ и ТЕМП

■ C13F ■ C06S ■ C02T



■ C02T

ТЕМПЕРАТУРА



Заключение

- Разработана конфигурация для прогноза опасных конвективных явлений COSMO-RU-SIB 2.2 км, которая работает в квазиоперативном режиме;
- Прогноз COSMO 2.2 км, в отличие 6.6 км, предоставляет более детализированную картину характера прогнозируемых конвективных образований и ассоциируемых с ними опасных явлений погоды, в частности при помощи набора параметров, основанных на явном моделировании глубокой конвекции (индексы обнаружения суперячеек, молниевое потенциала, диаметра града);
- При интерпретации верификация прогноза гроз по данным наблюдениям на станции необходимо учитывать специфику регламента наблюдений;
- Результаты верификации показывают несколько лучшие результаты прогноза для двух-моментной схемы микрофизики облачности, которая, однако, является более вычислительно затратной.

1. Chernokulsky, A., Kurgansky, M., Mokhov, I., Shikhov, A., Azhigov, I., Selezneva, E., Zakharchenko, D., Antonescu, B., & Kühne, T. Tornadoes in Northern Eurasia: From the Middle Age to the Information Era // *Monthly Weather Review*, 2020, Vol. 148 N 8, P. 3081-3110. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-19-0251.1>
2. McIntyre M.E., Palmer T.N. Breaking planetary waves in the stratosphere // *Nature*, 1983, Vol. 305, N 5935, P. 593–600.
3. Maddox R. A. Mesoscale convective complexes // *Bulletin of the American Meteorological Society*, 1980, Vol. 61, P. 1374–1387.
4. Baldauf M., Seifert A., Förstner J., Majewski D., Raschendorfer M., & Reinhardt T. Operational Convective-Scale Numerical Weather Prediction with the COSMO Model: Description and Sensitivities // *Monthly Weather Review*, 2011, Vol. 139, N 12, P. 3887-3905. <https://doi.org/10.1175/MWR-D-10-05013.1>
5. Seifert A., Beheng K. A two-moment cloud microphysics parameterization for mixed-phase clouds. Part 1: Model description // *Meteorol. Atmos. Phys.*, 2006, Vol. 92, P. 45–66. <https://doi.org/10.1007/s00703-005-0112-4>
6. Doms G., Förstner J., Heise E., Herzog H.-J., Mironov D., Raschendorfer M., Reinhardt T., Ritter B., Schrodin R., Schulz J.-P. and Vogel G. A Description of the Nonhydrostatic Regional COSMO Model. Part II: Physical Parameterization // DWD: Offenbach, Germany, 2021. Available online: http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/cosmo_physics_6.0.pdf (accessed on 20 October 2021)
7. Ciavarella, A., Cotterill, D., Stott, P. et al. Prolonged Siberian heat of 2020 almost impossible without human influence // *Climatic Change*, 2021, Vol. 166, N 9. <https://doi.org/10.1007/s10584-021-03052-w>
8. Wu, R., & Chen, S. What Leads to Persisting Surface Air Temperature Anomalies from Winter to Following Spring over Mid- to High-Latitude Eurasia? // *Journal of Climate*, 2020, Vol. 33, N 14 , P. 5861-5883. <https://doi.org/10.1175/JCLI-D-19-0819.1>