

Воспроизведение атмосферной циркуляции новой версией глобальной модели атмосферы ПЛАВ

Толстых М.А.^{1,2,3,4}, Фадеев Р.Ю.^{1,2,3}, Шашкин В.В.^{1,2,3}, Зарипов Р.Б.²,
Гойман Г.С.^{1,3,2}, Мизяк В.Г.², Алипова К.А.^{2,1}, Рогутов В.С.², Бирючева Е.О.²

1 - ИВМ РАН, 2 - Гидрометцентр России, 3 - МФТИ, 4 - МГУ имени М.В.Ломоносова



Применение модели ПЛАВ в Гидрометцентре в 2019 г



Среднесрочный прогноз погоды

0.225° долг., 0.16°-0.24° шир. 51 уровень -
20-25 км, уступала примерно в 2 раза



Система ансамблевого среднесрочного прогноза на основе ПЛАВ

- не существовала

Субсезонный и сезонный долгосрочный ансамблевый прогноз

1.4°x1.1 L28

Верхний расчетный уровень на 5 гПа



Глобальная модель атмосферы ПЛАВ



- Совместная разработка ИВМ РАН и Гидрометцентра России.
- Применяется в Гидрометцентре для оперативного среднесрочного и долгосрочного прогнозов погоды.
- Одна из 10 оригинальных глобальных моделей прогноза погоды в мире
- Результаты разработчиков модели ПЛАВ вошли в Топ-10 научных открытий российских ученых в 2022 году (по версии РФ).
- С 2024 г Гидрометцентр – один из 5 глобальных продуцирующих центров ВМО по субсезонному прогнозу
- Поддержка грантов РФФ 21-17-00254, 21-71-30023,

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION

WMO Lead Centre for Sub-seasonal Prediction Multi-Model Ensemble

The Lead Centre for Sub-seasonal Predictions Multi-Model Ensemble (LC-SSPMME) coordinates multi-model ensembles of sub-seasonal forecasts by maintaining an archive containing a set of model fields, by creating graphical products from individual and multi-model ensembles under an agreed format and by creating verification statistics. To provide WMO Members with reliable multi-model ensembles in real time, the LC-SSPMME uses forecast data from several sub-seasonal prediction systems. Forecast data is provided by WMO Global Producing Centres for Sub-seasonal Predictions and by Contributing Centres.

[FORECAST CHARTS](#) [VERIFICATION STATISTICS](#)

Further information on forecast products and forecast digital data is [here](#).

Global producing centre for Sub-Seasonal Predictions (GPC-SSP)

Beijing

Moscow

Brazil

ECMWF

東京気象庁

Tokyo

The GPC-SSP are committed to fulfilling a set of mandatory functions aiming to enhance consistency and usability of forecast information and to facilitate the exchange of data. The timely provision of forecast data to the LC-SSPMME is one of the mandatory functions ([WIPPS](#)).

Contributing centres

Met Office Exeter

Government of Canada Montreal

KMA Seoul

Toulouse

Washington



Многомасштабная глобальная модель атмосферы ПЛАВ

Одна из 10 оригинальных глобальных моделей прогноза погоды в мире

Совместная разработка ИВМ им. Г.И.Марчука РАН и Гидрометцентра

Коллектив – 10 человек, 14 статей в журналах Q1 (2016-2024)

Грант РФФИ 21-17-00254; участие 21-71-30023, 14-37-00053, 14-27-00126

Применяется в ГМЦ для оперативного
среднесрочного и долгосрочного прогноза

Международное сотрудничество:
ECMWF, Meteo-France, Nansen
Centre, консорциум ALARO

Участие в международных проектах
ВМО: S2S, YORP SiteMIP, APCC

Внутрироссийское сотрудничество:
НИВЦ МГУ, ЦАО, ...



Глобальная полулагранжева модель атмосферы ПЛАВ

(ПолуЛагранжева, на основе уравнения
Абсолютной Завихренности)



- **Конечно-разностный полунявный полулагранжев блок решения уравнений динамики атмосферы:** несмещенная сетка (Z grid), конечные разности 4го порядка (Tolstykh, Shashkin, Fadeev, Goyman, Geosci. Mod Devel. 2017).
- **Набор параметризаций процессов подсеточного масштаба ALADIN/ALARO,**
- **Блоки расчета коротко- и длинноволновой радиации CLIRAD SW + RRTMG LW,**
- **Модель деятельного слоя суши ИВМ РАН –НИВЦ МГУ, параметризация неорографического ГВС: из модели климата ИВМ РАН, доработаны**
- **Параметризации и усовершенствования собственной разработки**
- **Пока простая модель эволюции ТПО**

Собственные параметризации и усовершенствования параметризаций процессов подсеточного масштаба

- Модификация переноса импульса в параметризации глубокой конвекции
- Уточнение эффекта осадков на приземную турбулентность
- Реализован учет угла наклона подсеточной орографии в параметризации ОГВС (аналогично параметризации ЕЦСПП)
- Параметризация подынверсионной облачности
- Параметризация морского льда
- Параметризация ледников (Антарктида и Гренландия) – пока в опытном режиме

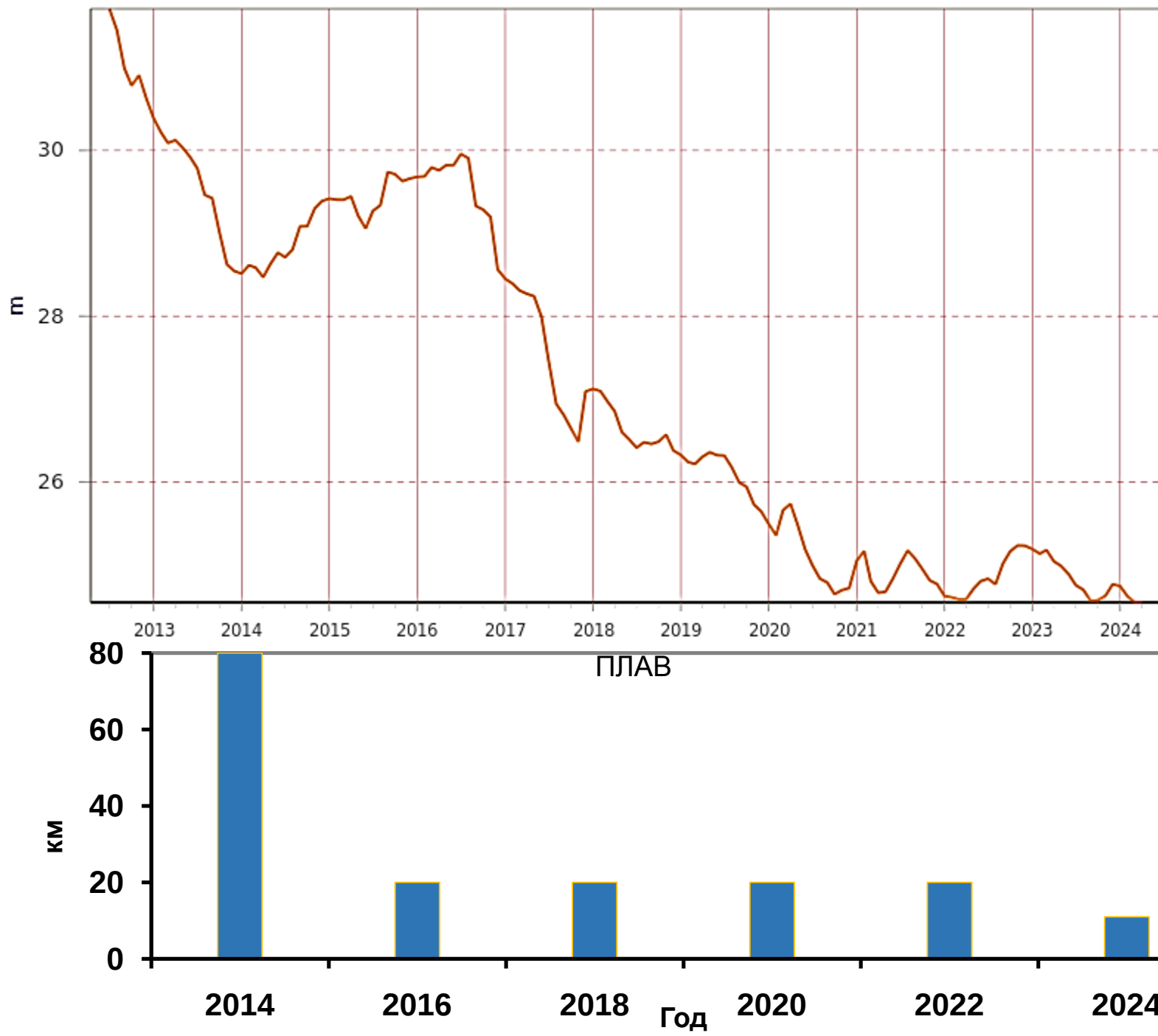
(Гидромет. иссл. и прогнозы 2022, 2023, Russ.J.Num.An.Math. Mod. 2022, Метеорология и гидрология, N7 2024)

Отключение России от источников информации:

- Начальные и граничные условия для модели регионального прогноза ICON; уменьшение кол-ва данных для COSMO
- Данные по ТПО и морскому льду OSTIA
- Европейские спутники с шагом в 15 мин
- **Всемирный центр зональных прогнозов (гражданская авиация)**

Горизонтальное
разрешение модели
ПЛАВ (внизу) и
среднекв. ошибка
прогноза H500 на 72 ч
по области 20°-90° с.ш.
(вверху)

Скользящее среднее
за прошедшие 12 мес.



Специализированные прогнозы для гражданской авиации

- Ветер и температура на эшелонах полета (гораздо больше уровней, чем в прогнозах общего назначения; шаг по вертикали 300м)
- Поле максимального ветра
- Высота максимального ветра
- Высота тропопаузы
- Верхняя граница облачности
- Ряд характеристик на основе вышеуказанных

Заблаговременность 24 часа (с 2028 – 48 час)

Метрики ошибок: как правило, не менее 80% узлов сетки, в которых отклонение от факта не превышает порога ошибки

Как Россия адаптировалась к отключению

В России сейчас используется отечественная продукция в области авиационных прогнозов, разработанная структурными подразделениями Росгидромета, сообщили РБК в пресс-службе Минприроды (в его ведении находится Росгидромет). «Качество прогнозов находится на самом высоком уровне и не уступает зарубежным аналогам», — заверили в ведомстве.

В пресс-службе Росгидромета уточнили, что автономная российская система зональных прогнозов была введена в эксплуатацию «в течение нескольких дней» после отключения SADIS. «Продолжился выпуск карт особых явлений и формирование необходимых для авиации полей метеорологических параметров на различных эшелонах полета», — отметили в пресс-службе.

В Минприроды сообщили, что в Гидрометцентре России (учреждение Росгидромета) совместно с Институтом вычислительной математики РАН была разработана глобальная полулагранжевая конечно-разностная модель прогноза полей метеорологических элементов в версии с постоянным разрешением ([модель ПЛАВ](#)). По данным института, модель была внедрена в оперативную технологию Гидрометцентра в 2010 году, улучшенная ее версия — в 2016-м. Глобальная система прогнозов ПЛАВ используется для среднесрочных прогнозов погоды (до десяти суток) и долгосрочных прогнозов (до сезона) по всему земному шару, указали в министерстве. «В связи с приостановкой доступа для России к продукции Всемирного центра зональных прогнозов (Лондон), необходимой для выполнения полетов воздушных судов, создана Российская система зональных прогнозов, в которой используется продукция глобальной модели ПЛАВ», — прокомментировали в Минприроды.

Статья в газете и на сайте РБК

<https://www.rbc.ru/newspaper/2023/10/09/651297239a79476fb5ad3fb3>

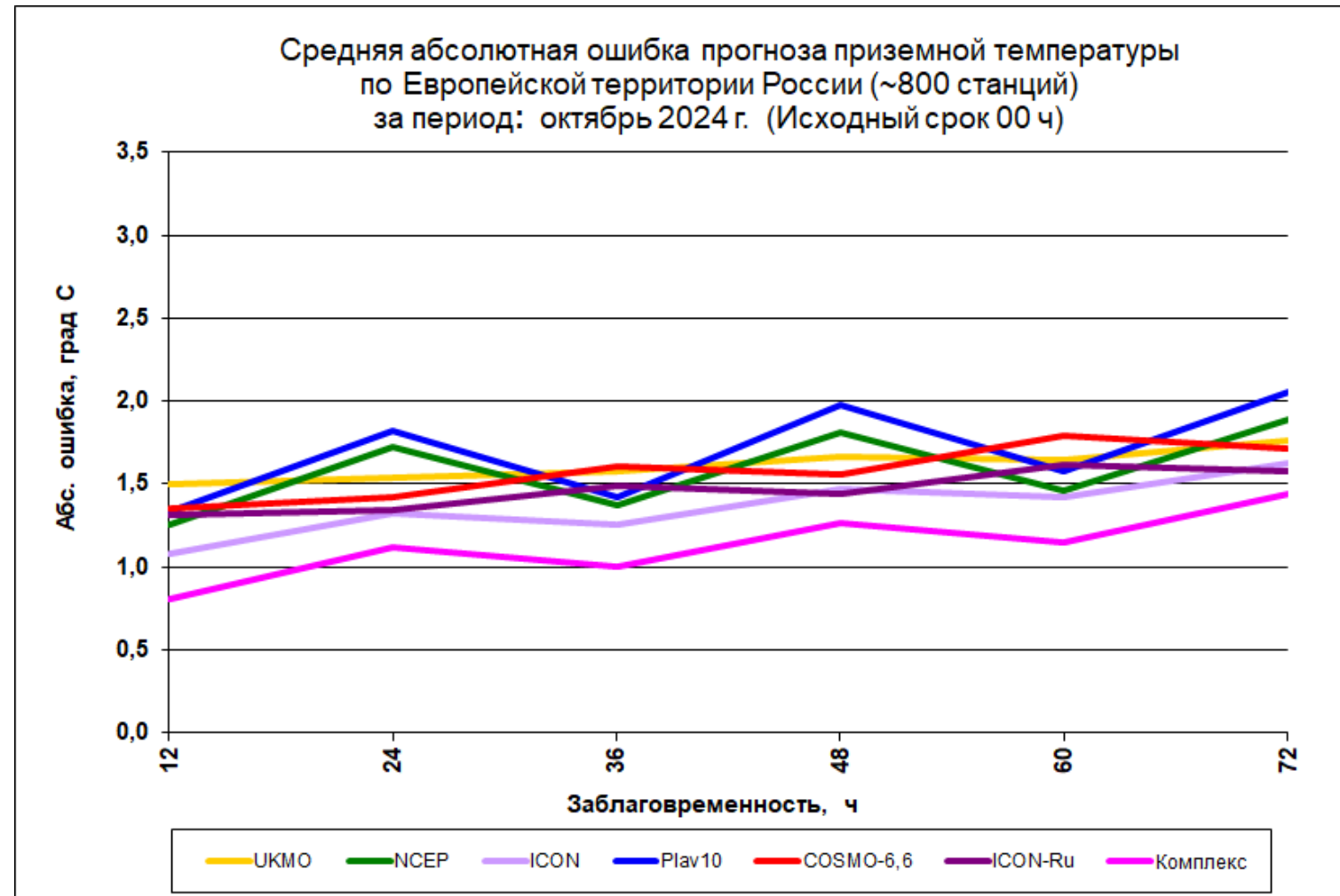
Модель среднесрочного прогноза ПЛАВ10

- Впервые достигнут среднемировой уровень по пространственному разрешению (около 10 км)
- Прошла опер. испытания, внедрена в 10.2023г.
- Существенные улучшения в тропиках по сравнению с ПЛАВ20, менее заметные в средних широтах.
- Недавние и планируемые изменения уменьшают ошибки и в средних широтах
- Выходная продукция:
 - синоптики (special.meteoinfo.ru)
 - для авиационных прогнозов (после создания постпроцессинга)
 - МЧС
 - Росатом (Севморпуть)

Коррекция настроек пограничного слоя модели ПЛАВ10

- Оценки оперативных прогнозов за июнь и июль 2024г по ЕТР были заметно хуже, чем по азиатской части России и заметно хуже остальных моделей
- Эксперименты Д.Г.Чечина (ИФА РАН) 2024г с одноколоночной версией ПЛАВ показывали на недостаточное перемешивание в пограничном слое.

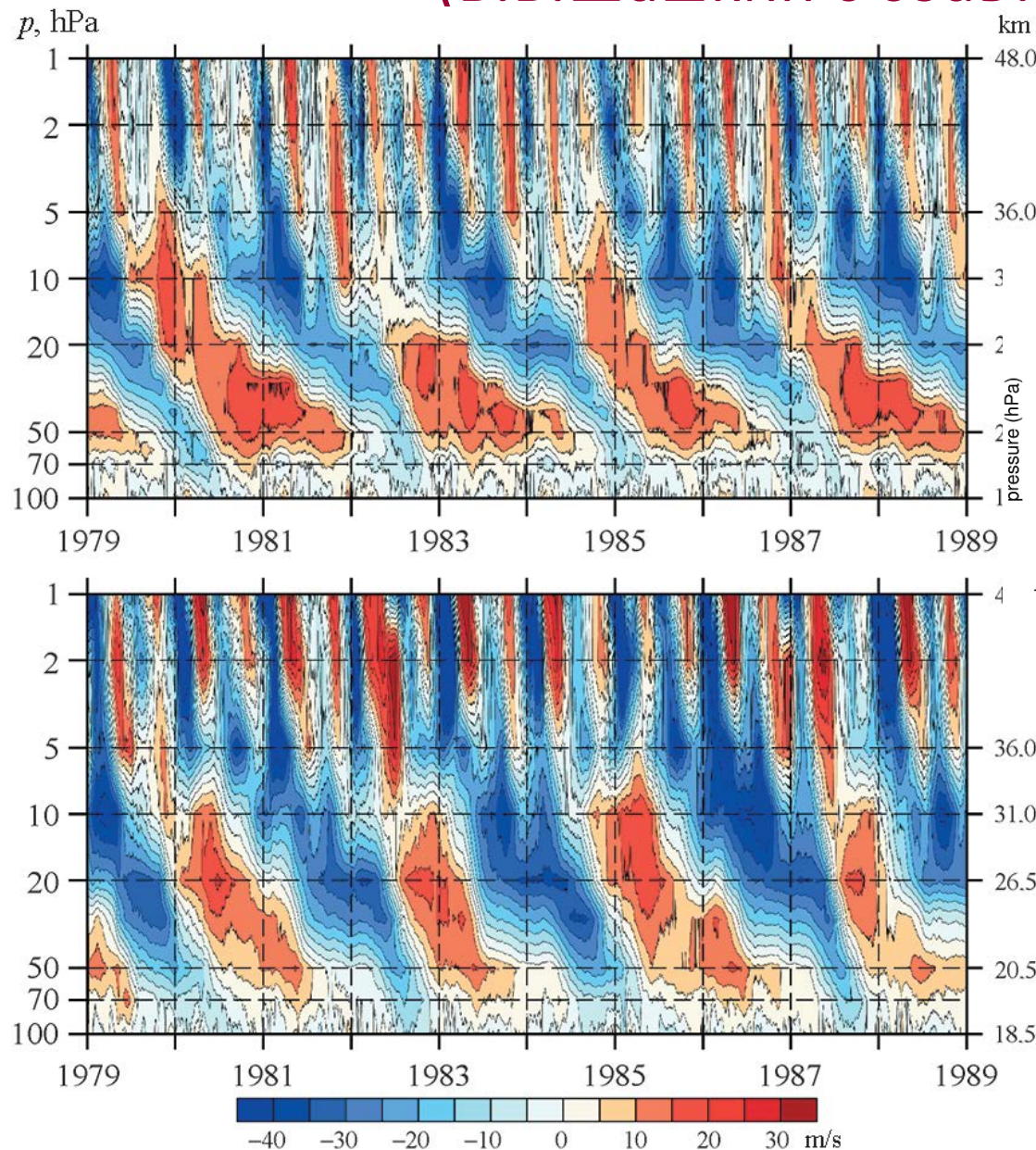
Ревизия и диагностика параметризации пограничного слоя (Р.Ю.Фадеев) => настройки профилей коэфф. обмена => ошибки внизу уменьшились.



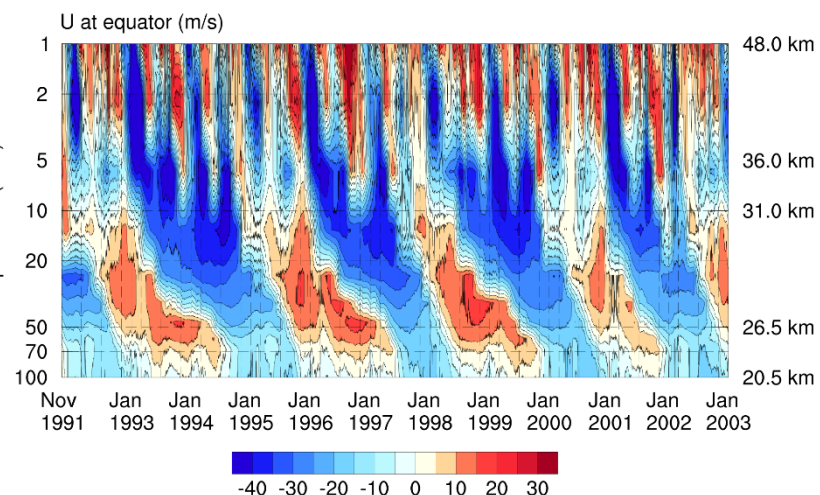
Версия для долгосрочного прогноза ПЛАВ072L96

- Принята решением ЦМКП 22.11.2023 г.
- Метеорология и гидрология №7 2024 г.

Улучшение воспроизведения КДК (В.В.Шашкин с соавт., МиГ 2023)



Слева – результат 2018
г, внизу -2023



SL-AV – top,
ERA I - bottom

Сравнение взаимодействия стратосферы и тропосферы в моделях субсезонного прогноза S2S

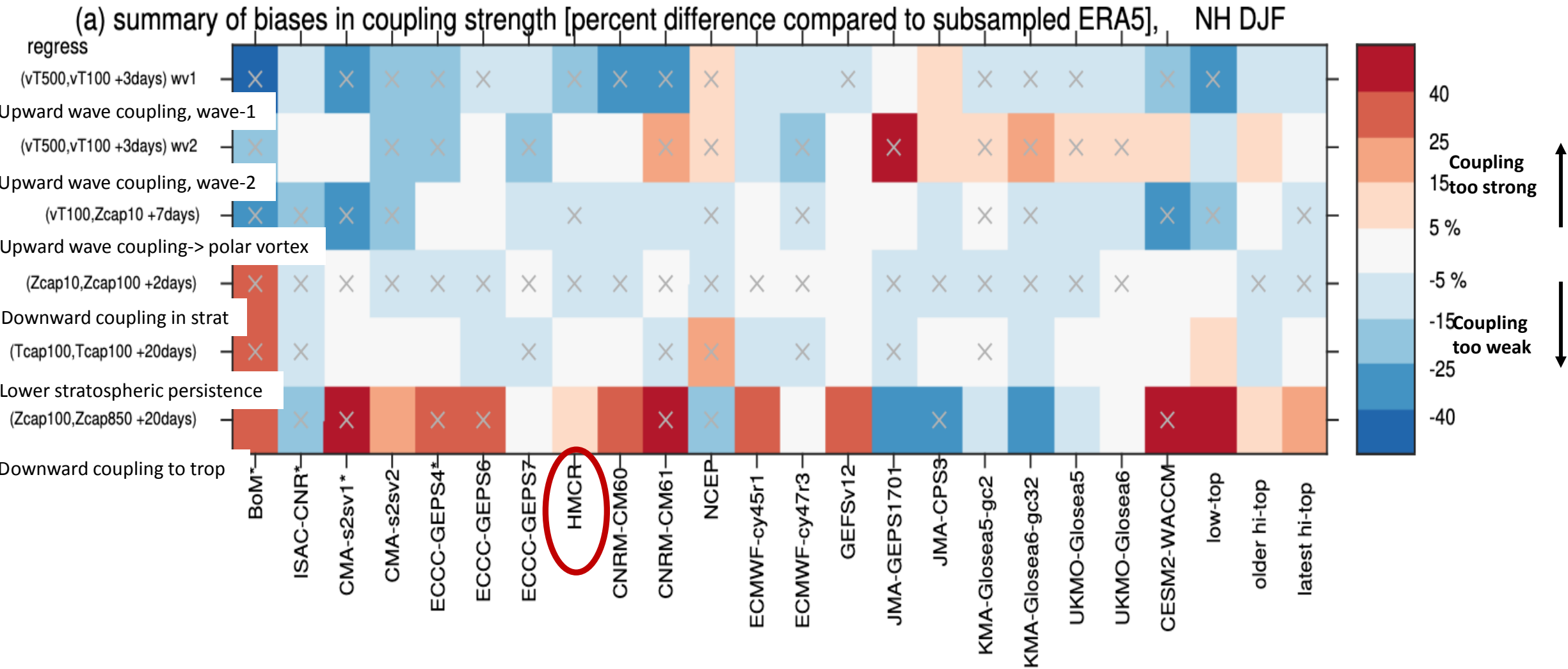
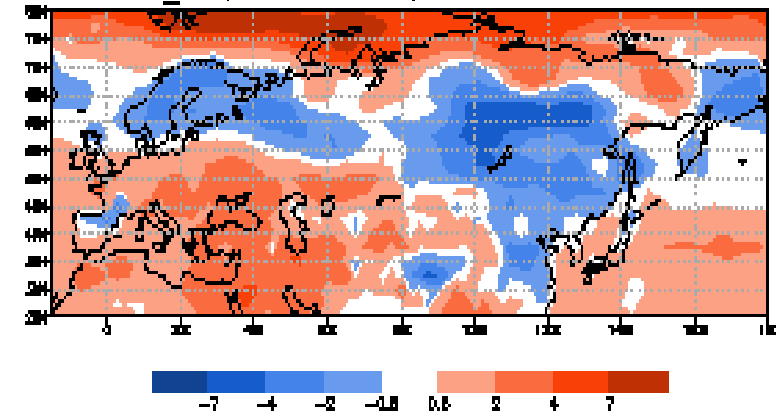


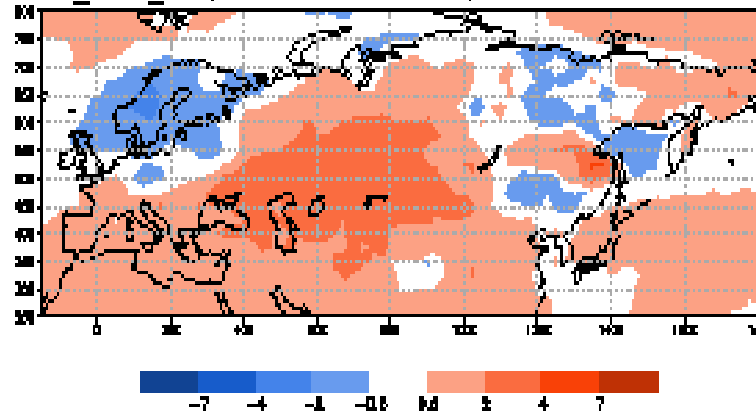
Рисунок из препринта Garfinkel C. I., Lawrence Z. D., Butler A. H. et al. A process-based evaluation of biases in extratropical stratosphere-troposphere coupling in subseasonal forecast systems, EGU sphere [preprint], 2024.
<https://doi.org/10.5194/egusphere-2024-1762>

Прогноз на месяц T2м по Евразии с 30.11.2023г. с 0 (вверху) и 2-недельной заблаговременностью (справа), факт (слева)

WEEK_1-4, FACT ANOMALY, trsf 30 november 2023

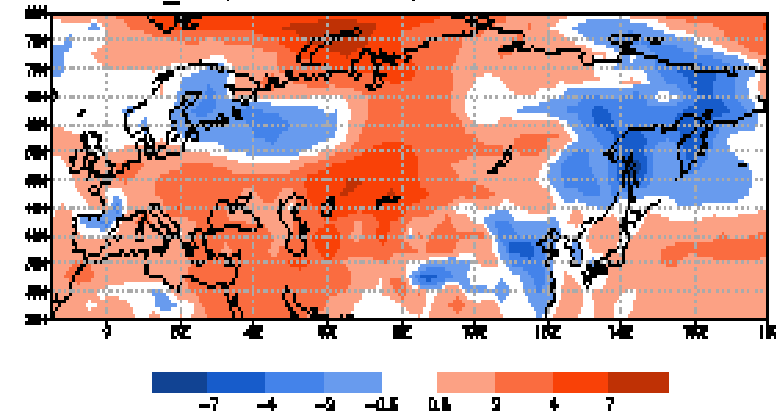


HMC_WEEK_1-4, FORECAST ANOMALY, trsf 30 november 2023

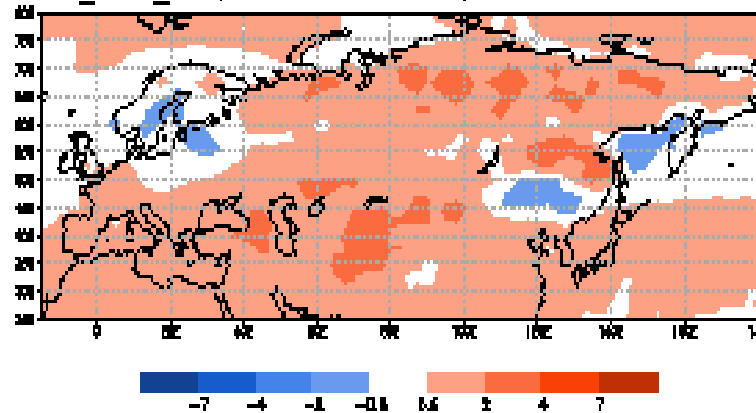


(<https://seakc.meteoinfo.ru/en/forecast-verifications/subseasonal-forecast-verification>
авторы: Е.Н.Круглова, Е.Набокова)

WEEK_3-6, FACT ANOMALY, trsf 30 november 2023



HMC_WEEK_3-6, FORECAST ANOMALY, trsf 30 november 2023



Прогнозы модели ПЛАВ от 05.09.2024г на 16-23.09 (слева) и на 23-30.09 (справа) на сайте ведущего центра ВМО по субсезонным прогнозам <https://charts.ecmwf.int/wmo>

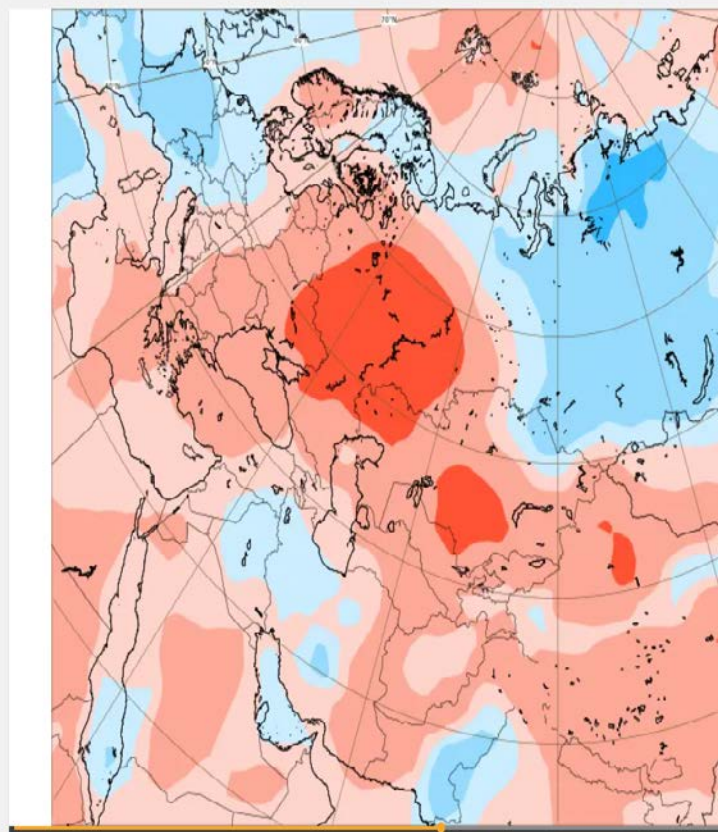
Home / Moscow: 2m temperature weekly mean anomalies

Moscow: 2m temperature weekly mean anomalies

Base time
Thu 05 Sep 2024

Valid time
Mon 16 Sep 2024 - Mon 23 Se...

Area
Eurasia



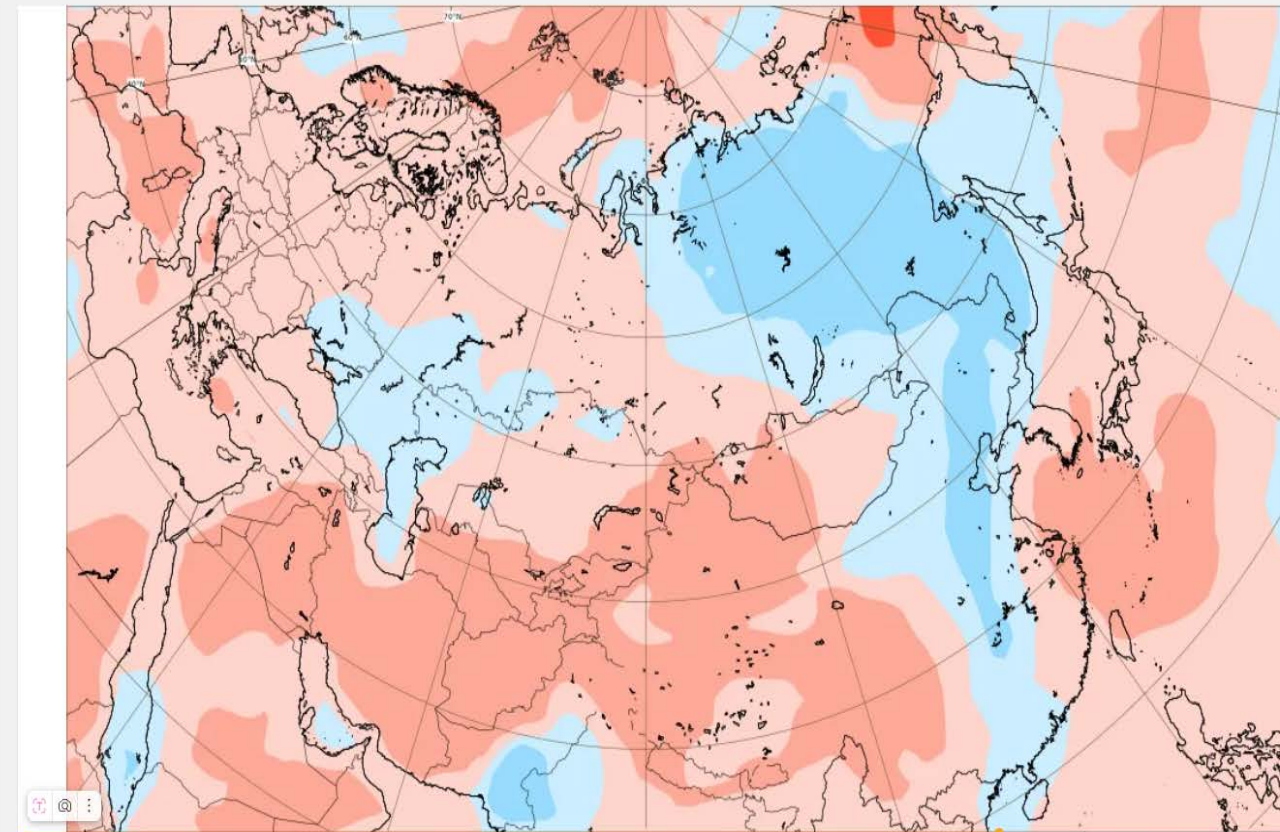
Home / Moscow: 2m temperature weekly mean anomalies

Moscow: 2m temperature weekly mean anomalies

Base time
Thu 05 Sep 2024

Valid time
Mon 23 Sep 2024 - Mon 30 Se...

Area
Eurasia



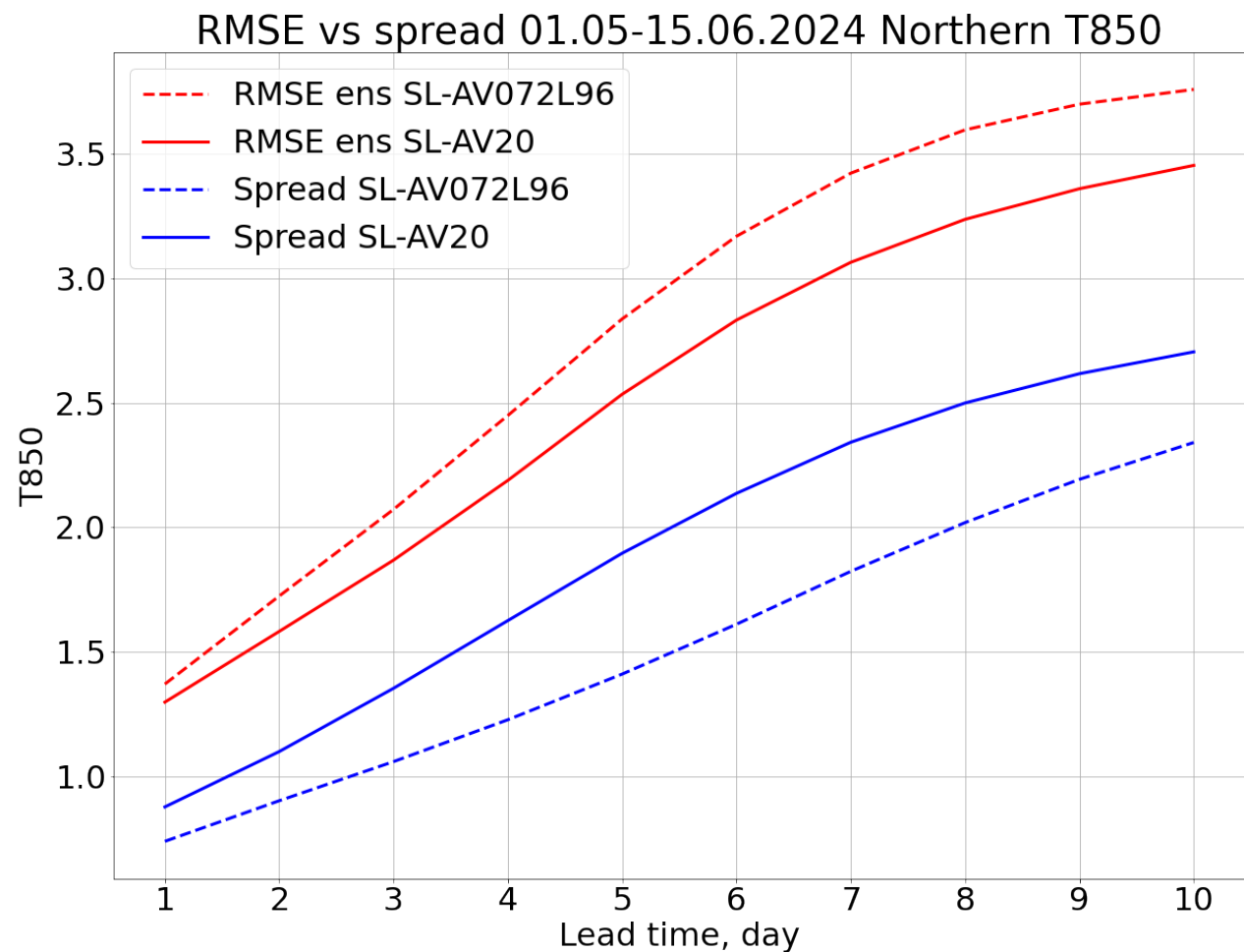
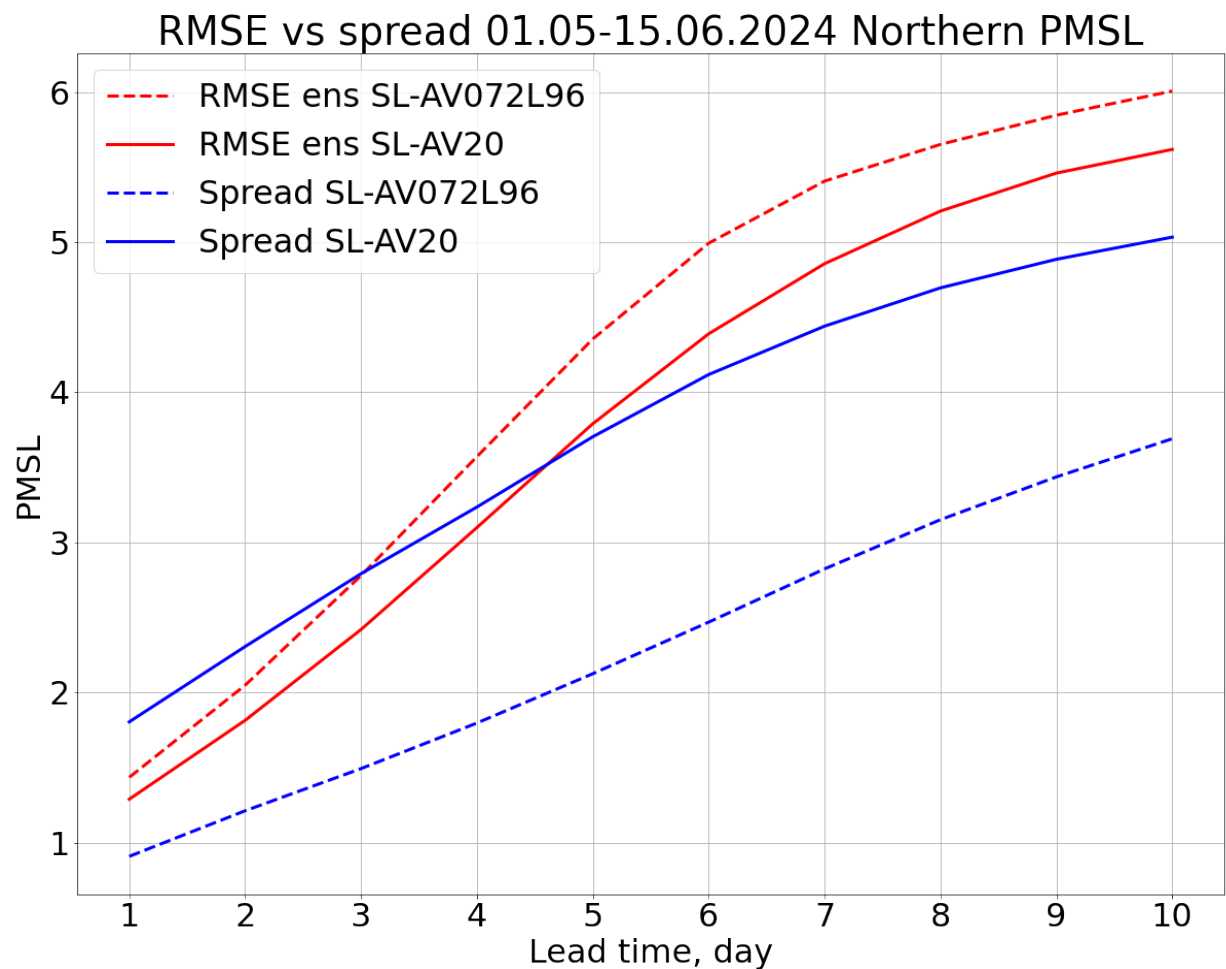
Ансамблевый среднесрочный прогноз

- Опер версия $0.9^{\circ} \times 0.72^{\circ}$, 96 уровней.
- Версия 0.225° по долготе, 0.16° - 0.24° по широте, 51 уровней – на оперативных испытаниях.
- Основное различие – новая версия использует возмущения не только в параметризациях модели, но и в динамике (исходные точки полулагранжевых траекторий)

(Alipova, Mizyak, Tolstykh, Gouman, RJNAMM 2024)

Подробнее – доклад К.А.Алиповой в четверг в 12:05

Сравнение разброса и и среднекв. ошибки (RMSE) систем анс. прогноза для MSLP (слева) и T850 (справа), 20-90° с.ш.



Работы по развитию модели ПЛАВ

- Совместная модель с NEMO – доклад Р.Ю.Фадеева в четверг
- Реализация блока радиации esRad, переход с RRTMG на esKD
- Активация параметризации глубокой конвекции 3MT в ПЛАВ10 и ее настройка
- Задание начальных данных температуры поверхности внутренних водоемов СНГ по данным гидрологических постов наблюдений (ПЛАВ10)
- Оптимизация программного комплекса
- Усовершенствование блока деятельного слоя суши

Результаты

- На основе бесшовного подхода создана единая модель для трех приложений: детерминистического и ансамблевого среднесрочного прогноза, долгосрочного прогноза
- Впервые ликвидировано отставание в разрешении модели среднесрочного прогноза
- Неплохие результаты в субсезонном прогнозе. Нужна совместная модель

Спасибо за внимание!

Четверг 21 ноября, с 11:50 до 12:20, Зеленый зал:

- Фадеев Р.Ю., Реснянский Ю.Д., Струков Б.С., Зеленко А.А., Беляев К.П., Кулешов А.А., Толстых М.А. Предсказуемость атмосферной циркуляции совместной моделью SLNE: первые оценки
- Алипова К.А., Мизяк В.Г., Толстых М.А., Гойман Г.С. Развитие системы ансамблевого среднесрочного прогноза на основе модели ПЛАВ

Пример метеограммы ансамблевого прогноза ПЛАВ с сайта Гидрометцентра

<https://meteoinfo.ru/glb-ens-frc/>

