



North EurAsia  
Climate Centre

# Развитие системы климатического прогнозирования на временных масштабах от субсезонного до межгодового

**Гидрометцентр России**

В. М. Хан, Р. М. Вильфанд, М. А. Толстых, В. А. Тищенко, Ю. Д. Реснянский, А. В.

Субботин, Е. Н. Круглова, И. А. Куликова, С. В. Емелина, С. В. Травова, К. А. Сумерова, Е. В. Набокова

**Главная Геофизическая Обсерватория А.И. Воейкова**

В.П. Мелешко, В.М. Мирвис

**Институт Вычислительной Математики РАН**

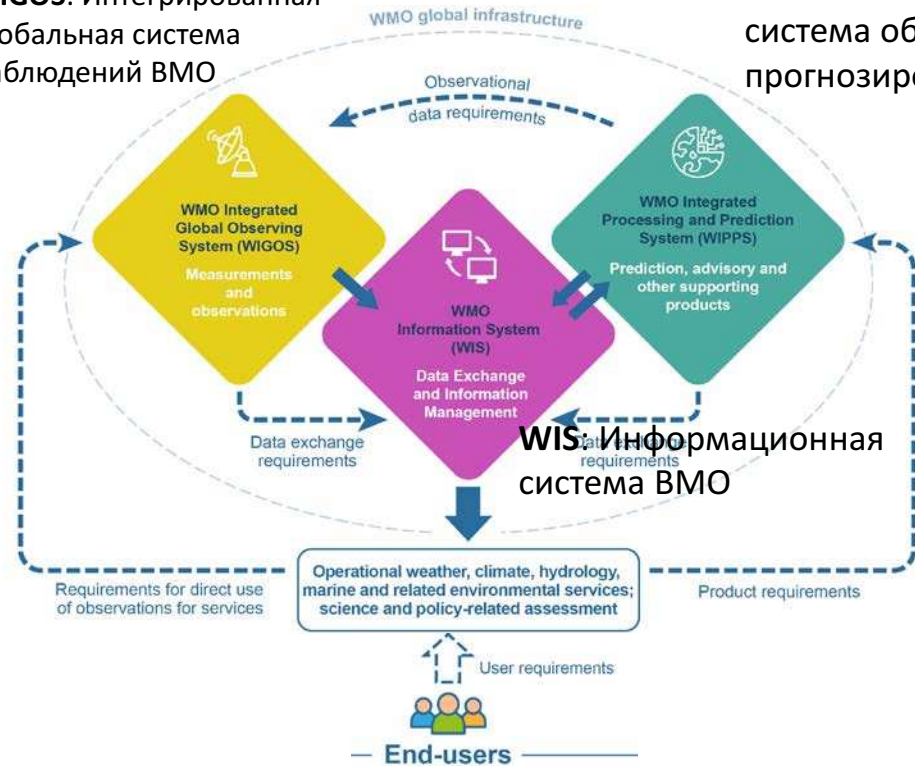
А.С. Грицун, Е.М. Володин, В.В. Воробьева, М.А. Тарасевич

*8-й Метеорологический и Гидрологический Съезд посвященный 190-летию Российской  
Гидрометслужбы*

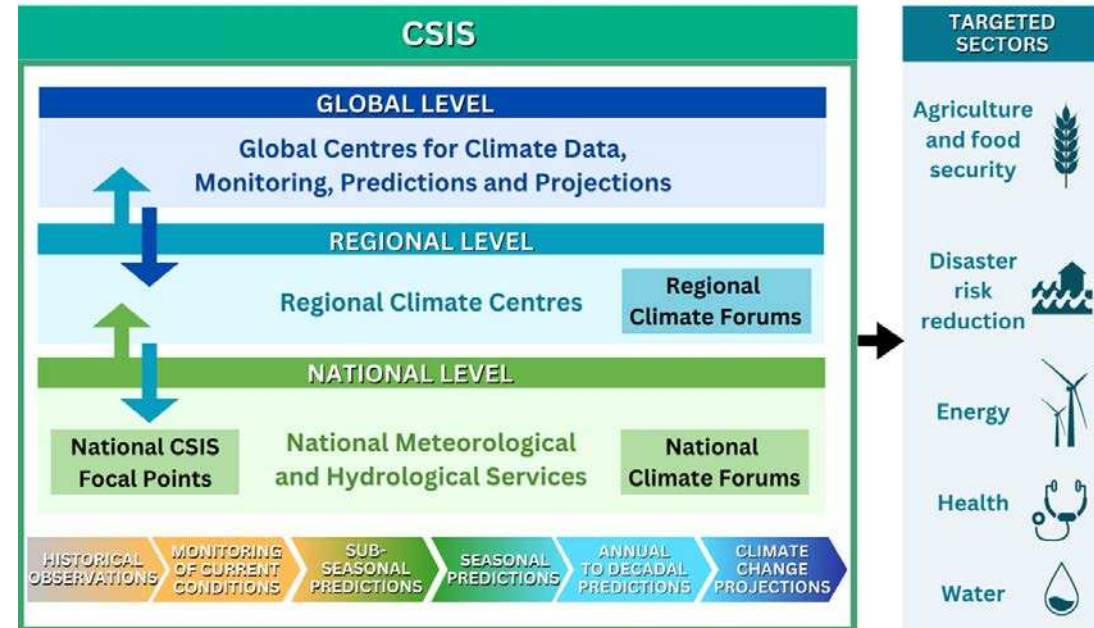
# Глобальная система наблюдения и прогнозирования ВМО

**WIGOS:** Интегрированная глобальная система наблюдений ВМО

**WIPPS:** Интегрированная система обработки и прогнозирования ВМО



## ИНФОРМАЦИОННАЯ СИСТЕМА КЛИМАТИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ (CSIS)



WIPPS, ранее известная как Глобальная система обработки данных и прогнозирования (GDPFS) организована как трехуровневая система назначенных центров WIPPS

В настоящее время ведутся работы по полной интеграции CSIS с WIPPS.

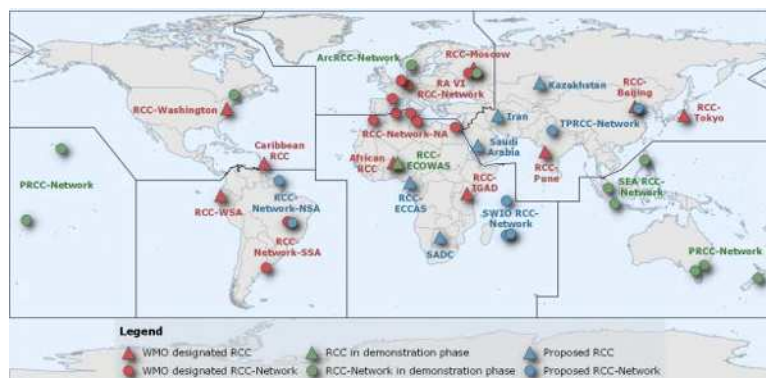
# РОЛЬ РОССИИ В ОПЕРАТИВНОМ КЛИМАТИЧЕСКОМ ОБСЛУЖИВАНИИ ВМО

## Глобальный уровень

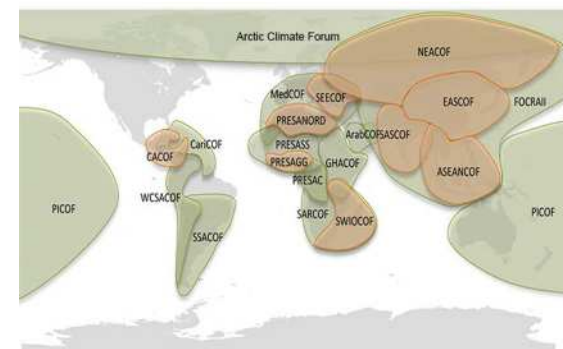


- Глобальный Центр по сезонным прогнозам (GPC-MOSCOW) (с 2009 г. на базе Гидрометцентра России)
- Член консорциума Ведущего центра по мультимодельным сезонным прогнозам (LC-SPMME)
- Глобальный Центр по субсезонным прогнозам (GPC-SSP) (с 2024 г. на базе Гидрометцентра России)
- Ассоциированный член консорциума по межгодовым и десятилетним прогнозам климата (LC-ADCP) (с 2024 г. на базе Гидрометцентра России и ИВМ РАН)

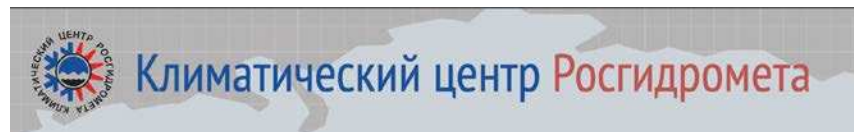
## Региональный уровень



- Северо-Евразийский климатический центр (с 2013 г. на базе Гидрометцентра России)
- Северо-Евразийские климатические форумы (с 2011 г. на базе Гидрометцентра России)
- Член сети климатических центров ЕВРОПЫ, АРКТИКИ, ВЫСОКОРНЫХ РАЙОНОВ



## Национальный уровень

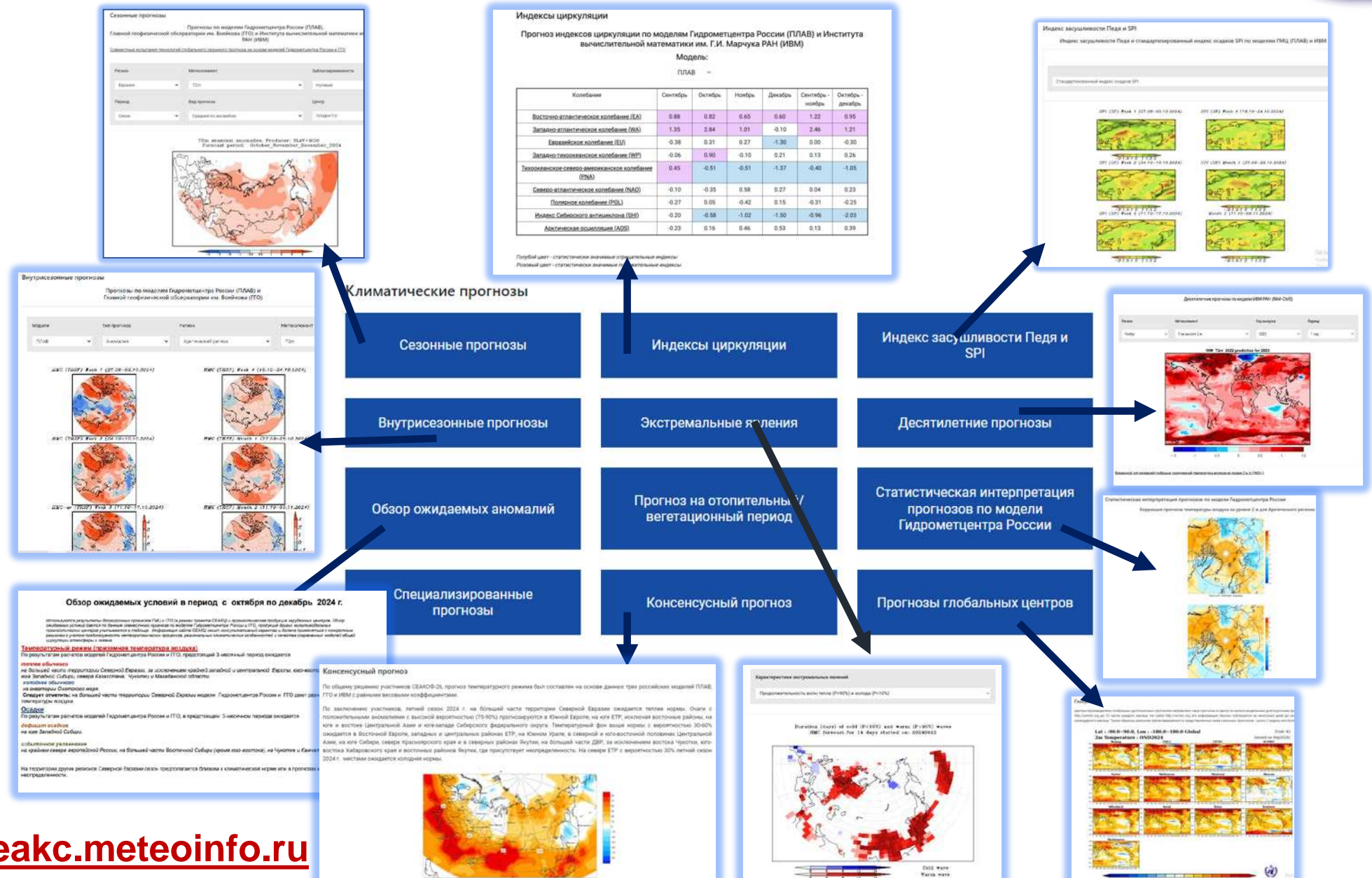


# Система климатических прогнозов на масштабах от субсезонного до межгодовых в Гидрометцентре России/Северо-Евразийском климатическом центре



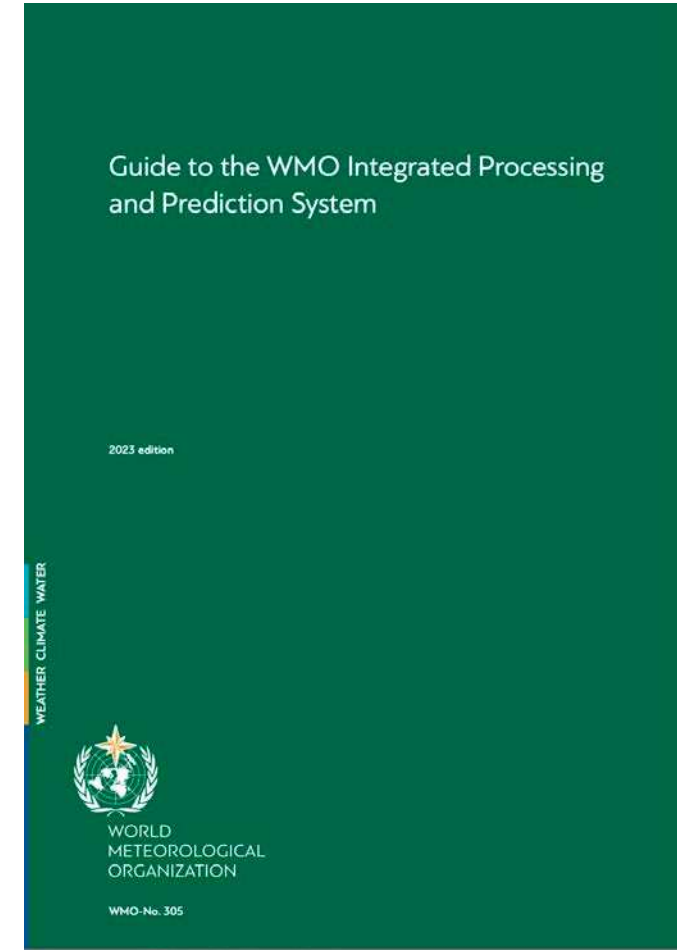
Красным цветом выделены прогнозы, имеющие официальный статус, синим – консультативный, зеленым – экспериментальный.

# Широкий спектр прогностической климатической продукции на базе Гидрометцентра России/СЕАКЦ



## Процесс оценки соответствия

- Принята резолюция 3.2(11)1 (ЕС-76), устанавливающая процесс оценки соответствия для Региональных специализированных метеорологических центров (РСМЦ).
- Первый раунд проверки всех РСМЦ запланировано завершить к Сg-20 в 2027 году.
- Руководство по данному процессу содержится в обновленном Руководстве по Глобальной системе обработки данных (ГСОДП) (WMO-№. 305).
- Также предполагается проверка Глобальных прогностических центров (ГПЦ) и Региональных климатических центров (РКЦ), классифицируемых как РСМЦ.



Проверка соответствия Региональных специализированных метеорологических центров (РСМЦ) будет проводиться не реже чем раз в четыре года. В соответствии с риск-ориентированным подходом, ответственные экспертные группы могут принимать решения о более частых проверках, если это необходимо.



# Глобальная полулагранжева модель атмосферы ПЛАВ. Версия для долгосрочного прогноза

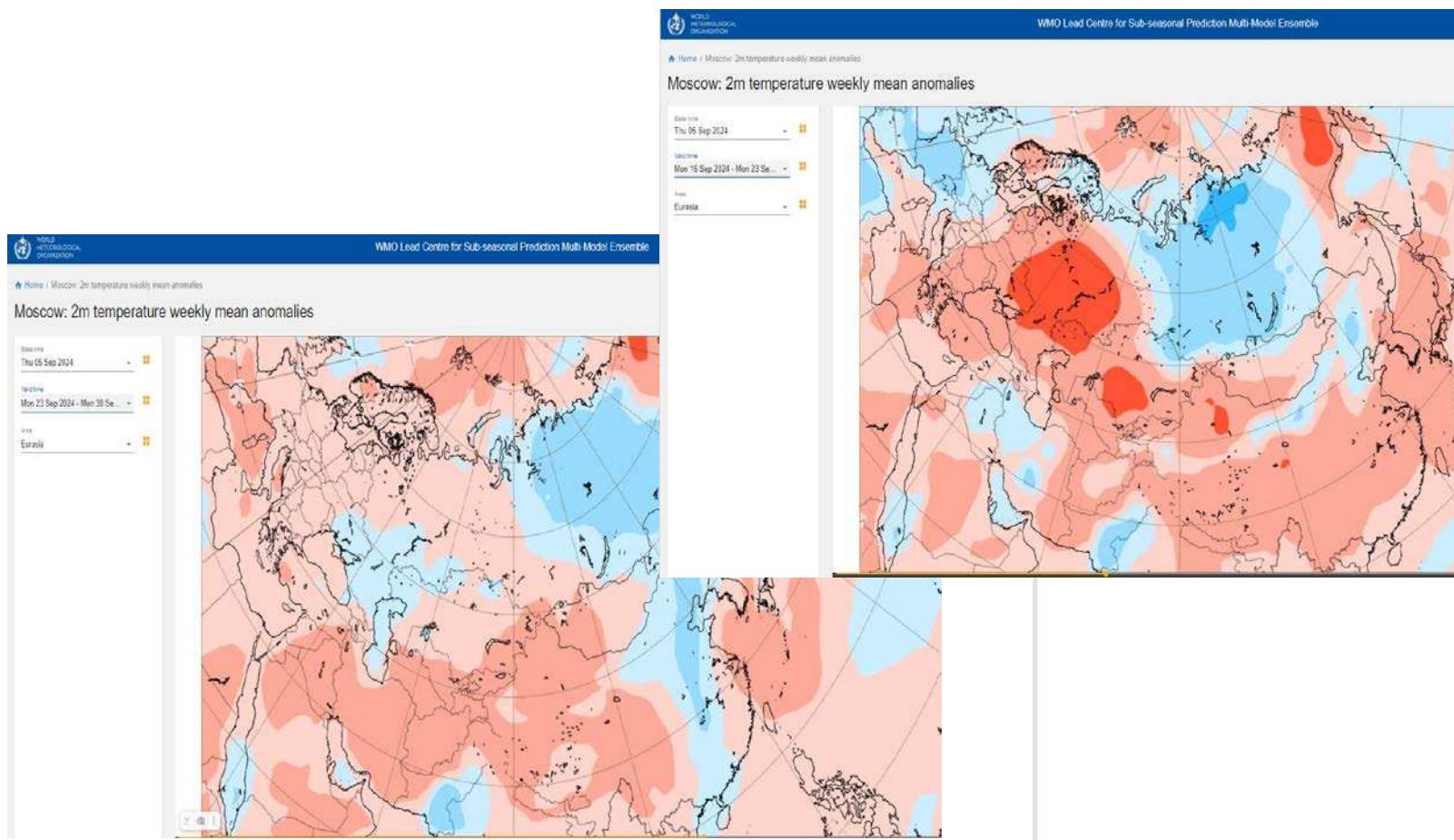
(ПолуЛагранжева, на основе уравнения  
Абсолютной Завихренности)



- Оригинальный блок решения уравнений динамики атмосферы (Tolstykh, Fadeev, Shashkin, Goyman , Geosci. Mod Dev. 2017).
- Набор параметризаций процессов подсеточного масштаба ALADIN/ALARO,
- Параметризации коротко- и длинноволновой радиации CLIRAD SW, RRTMG LW,
- Модель деятельного слоя суши ИВМ РАН –НИВЦ МГУ, параметризация неорографического гравитационно-волнового сопротивления – из модели климата ИВМ РАН, доработаны
- Параметризации и их усовершенствования собственной разработки (Метеорология и Гидрология, N7, 2024)
- **Результаты разработчиков модели ПЛАВ вошли в Топ-10 научных открытий российских ученых в 2022 году (по версии РНФ)**
- Разрешение 0.9x0.72 градуса, 96 уровней (верхний около 80 км), гибридная вертикальная координата
- Пока простая модель эволюции ТПО

# Прогнозы модели ПЛАВ на сайте ведущего центра ВМО по субсезонным прогнозам (<https://charts.ecmwf.int/wmo>)

С 2024 г Гидрометцентр – один из 5 глобальных продуцирующих центров ВМО по субсезонному прогнозу



## WMO Lead Centre for Sub-seasonal

The Lead Centre for Sub-seasonal Predictions Multi-Model Ensemble provides sub-seasonal forecasts by maintaining an archive containing a set of individual and multi-model ensembles under an agreed format and by Members with reliable multi-model ensembles in real time, the LC-SSF prediction systems. Forecast data is provided by WMO Global Producing Centres.

[FORECAST CHARTS](#)

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

Global producing centre for Sub-Seasonal



Beijing



Brazil



Moscow



Tokyo

The GPC-SSP are committed to fulfilling a set of mandatory functions aiming to and to facilitate the exchange of data. The timely provision of forecast data to

Contributing ce



Met Office  
Exeter



Government  
of Canada  
Montreal



Toulouse



Washington

# Долгосрочные прогнозы на основе климатических моделей ГГО



В оперативных прогнозах **используется**: МОЦА Т63L25, (решение ЦМКП, 2017г.)

**Опробованы** новые МОЦА Т63L25, с новыми схемами параметризации физических процессов  
версии: МОЦА-BCO (Модель атмосферы и верхнего слоя океана с термодинамическим льдом)

**Выпускаются:**

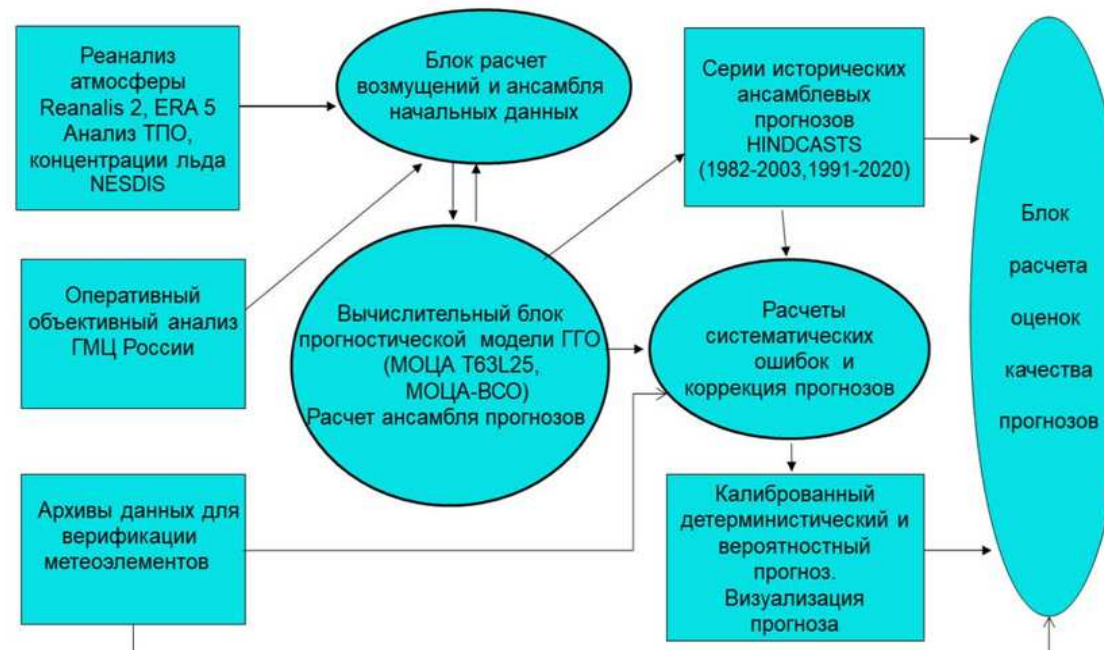
1. Еженедельные детализированные субсезонные прогнозы

Месяц 1 (2 – 31 сутки)    Месяц 2 (16 – 45 с

2. Ежемесячные сезонные прогнозы

сезон 1-3 мес.    сезон 2-4 мес.

## Технологическая схема



**Прогнозируются:** Сеточные 2.5\*2.5 град. поля средних ансамблевых аномалий H-500, T-850, T-2м, SLP, осадков; вероятности градаций (ниже нормы, норма, выше нормы), Разрабатываются прогнозы ряда экстремальных характеристик температуры воздуха.

# Обновление схем параметризации физических процессов в атмосферной модели ГГО



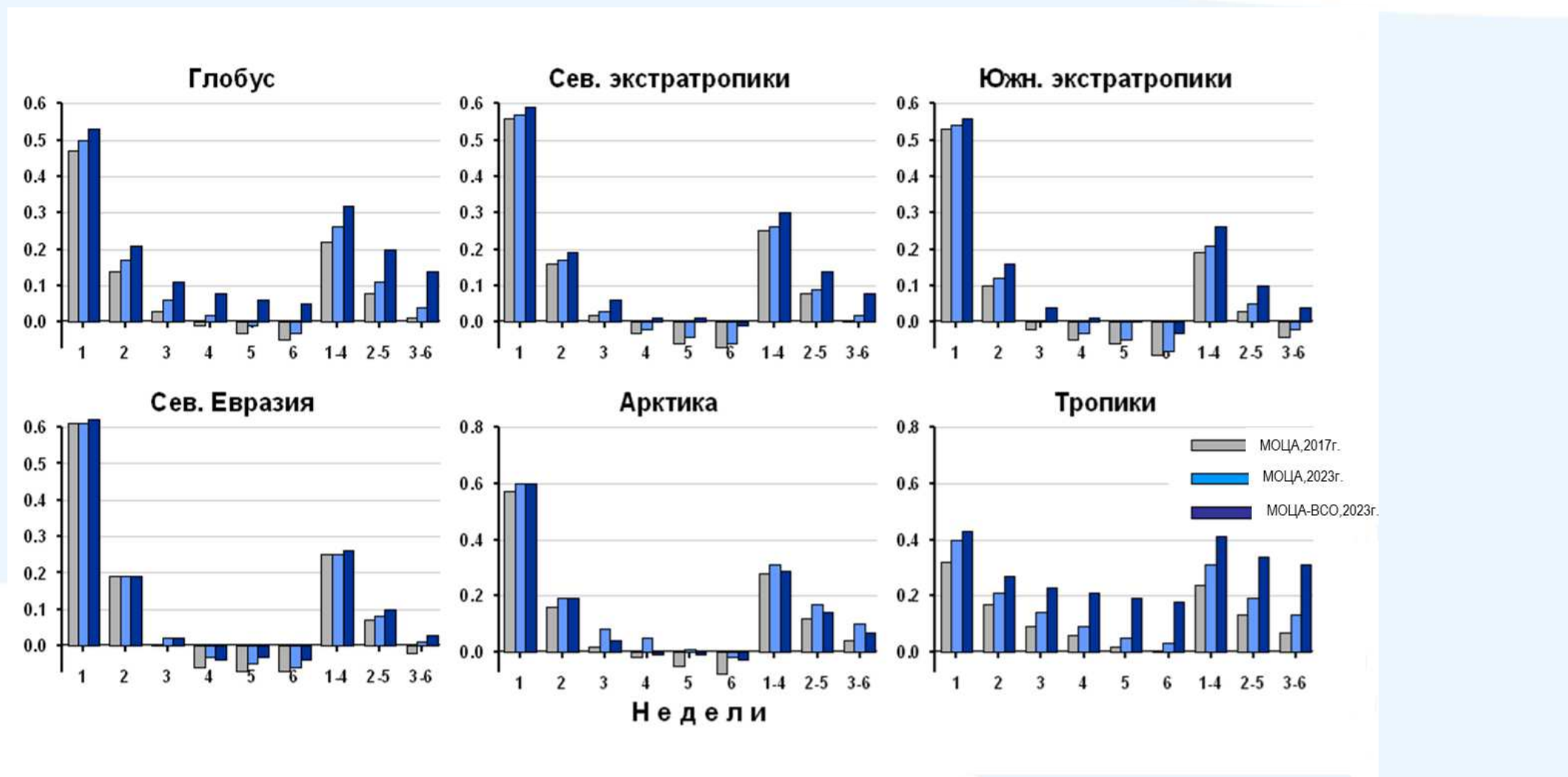
Для уменьшения систематических ошибок в модели атмосферы T63L25 проводятся испытания и поэтапные внедрения новых, схем параметризации физических процессов, которые показывают более высокую успешность в расчетах современного климата и сезонных прогнозах в ряде ведущих научных организаций Европы и Северной Америки.

В последних версиях были внедрены:

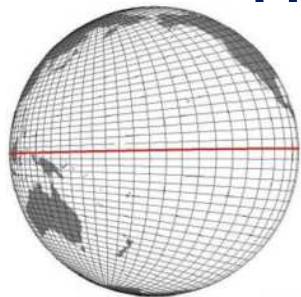
1. Новая схема орографического гравитационно-волнового сопротивления
2. Расчет орографического блокирования потока в модели
3. Новая схема расчета прогностической облачности, слоистых и конвективных осадков
4. Новая схема расчета радиационного притока тепла, основанная на расчетах облачной водности
5. Новая схема турбулентных переноса момента, статической энергии и водяного пара в пограничном слое и свободной атмосфере
6. Диффузный и гидравлический перенос тепла и воды в деятельном слое почвы
7. Новая схема снежного покрова на континентах
8. Модель верхнего слоя океана и термодинамический лед.

Авторские испытания субсезонных и сезонных прогнозов на основе обновленных версий модели в большинстве случаев показывают повышение успешности.

# Глобальные и региональные средние оценки успешности прогнозов T2м по критерию MSSS



# В рамках реализации проекта ВИП ГЗ модель Земной системы адаптирована в Гидрометцентре России



Модель Земной системы ИВМ РАН  
Володин Е.М., Грицун А.С., 2020

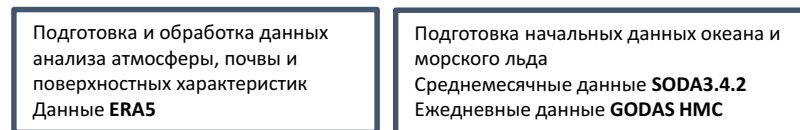


Технология долгосрочного метеорологического прогнозирования на базе модели INM-CM

Численные эксперименты и расчет оперативных численных прогнозов осуществляются на Cray XC40-LC

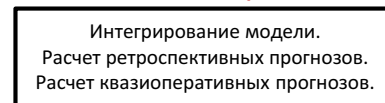
35 136 ядер,  
пиковая скорость 1,3 PFlop/s (ПетаФлопс),  
скорость вычислений на LINPACK тестах – 1,2 PFlop/s

## БЛОК ПРЕПРОЦЕССИНГА

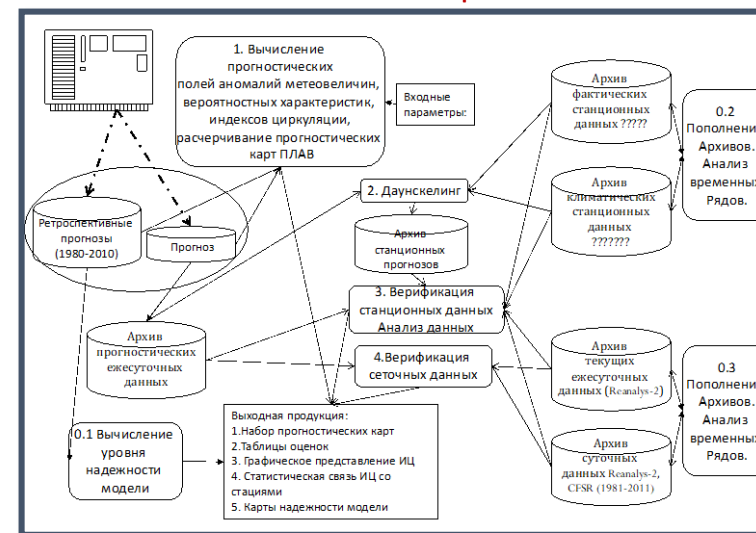


Володин, Грицун  
Воробьева,  
Тарасевич, 2022

## БЛОК ПРОЦЕССИНГА



## БЛОК ПОСТПРОЦЕССИНГА



# Модель Земной системы INM-CM6. Основные блоки

## Модель атмосферы

- горизонтальное разрешение  $1.25^\circ \times 1^\circ$
- 73 вертикальных  $\sigma$ -уровня (~60 км)
- регулярная широтно-долготная сетка
- конечноразностный метод решения, шаг по времени 1,67 мин
- по сравнению с INM-CM5 изменено описание:
  - облачности и конденсации [Volodin, 2023]
  - эволюции снежного покрова [Chernenkov, Volodin, Kostrykin et al, 2024]
  - погранслоя
  - электрических явлений

## Аэрозольный блок

Рассчитываются:  
концентрация крупной и мелкой морской соли, минеральной пыли, SO<sub>2</sub>, сульфатного аэрозоля, черного углерода, органических аэрозолей. [Володин, Кострыкин. 2016]

горизонтальное разрешение  $1.25^\circ \times 1^\circ$

- по сравнению с INM-CM5 изменено описание непрямого эффекта аэрозолей [Volodin, 2023]

## Модель океана

+ блок динамики и термодинамики морского льда

- горизонтальное разрешение  $0.5^\circ \times 0.25^\circ$
- 40 вертикальных  $\sigma$ -уровней
- сетка с обобщенными сферическими координатами
- конечноразностный метод решения, шаг по времени 12 мин. [Гусев, Дианский, Володин, 2016]
- Морской лед. Упруго-вязко-пластичная реология. Одна категория льда. [Яковлев, Гусев, 2016]
- Улучшение вычислительной эффективности модели океана

### Красным выделены отличия CM6 от CM5

Основные: повышение вдвое горизонтального разрешения атмосферного и аэрозольного блоков и модификация некоторых параметризаций при сохранении неизменными разрешения океанского блока

# Сопоставление оценок качества сезонных прогнозов по модели INM-CM с прогнозами ведущих мировых прогностических центров

|    | <u>ACC</u> | <u>RMSE</u> | <u>MSSS</u> |
|----|------------|-------------|-------------|
| 1  | TCC        | TCC         | TCC         |
| 2  | UKMO       | UKMO        | UKMO        |
| 3  | ECMWF      | ECMWF       | ECMWF       |
| 4  | JMA        | CM6         | CM6         |
| 5  | CM6        | JMA         | JMA         |
| 6  | ECCC       | CMCC        | CMCC        |
| 7  | MFR        | CM5         | CM5         |
| 8  | CMCC       | MFR         | MFR         |
| 9  | CM5        | DWD         | DWD         |
| 10 | DWD        | ECCC        | ECCC        |
| 11 | NCEP       | NCEP        | NCEP        |

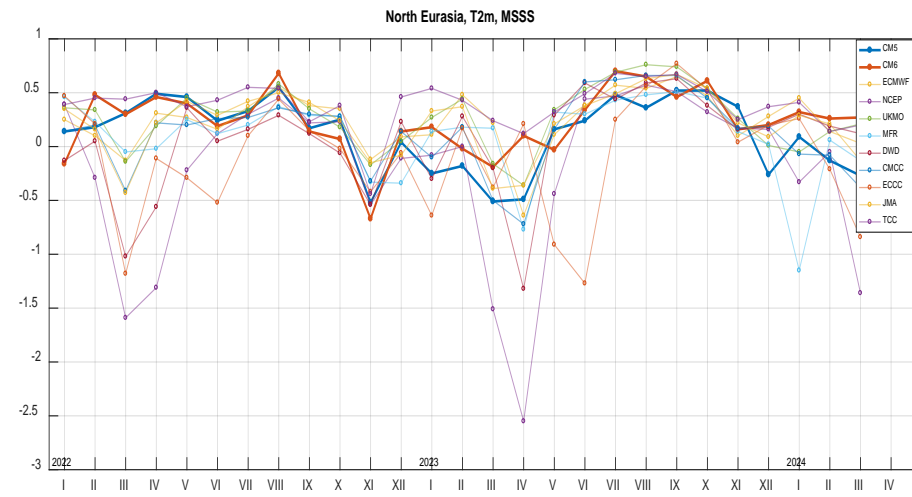
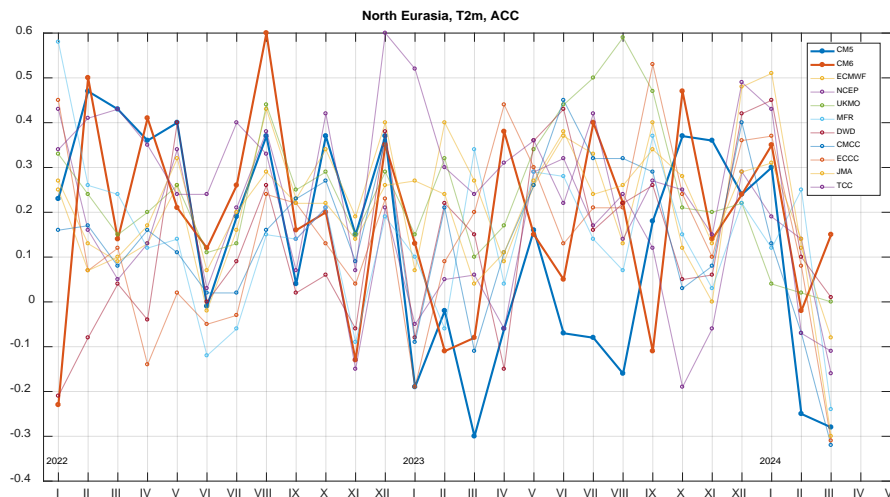
|              | MEAN | MIN   | MAX  |
|--------------|------|-------|------|
| ACC INM-CM6  | 0.18 | -0.23 | 0.6  |
| ACC INM-CM5  | 0.13 | -0.3  | 0.47 |
| RMSE INM-CM6 | 1.17 | 0.66  | 1.76 |
| RMSE INM-CM5 | 1.25 | 0.78  | 1.95 |
| MSSS INM-CM6 | 0.23 | -0.67 | 0.7  |
| MSSS INM-CM5 | 0.12 | -0.52 | 0.55 |

Уровень статистической значимости по критерию Вилкоксона

| <u>ACC</u> | <u>RMSE</u> | <u>MSSS</u> |
|------------|-------------|-------------|
| 0.264      | 0.038       | 0.045       |

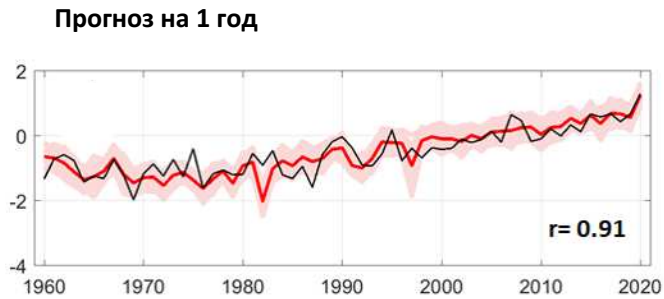
Северная Евразия, T2m

Временной ход оценок качества прогнозов T2m для северной Евразии

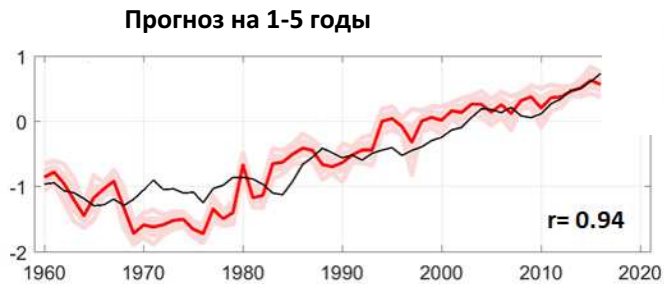


# Впервые в России разработана технология выпуска сверхдогосрочных прогнозов (до 5 лет) на базе модели на базе модели INM-CM5

Временной ход средней приземной температуры воздуха по Северной Евразии

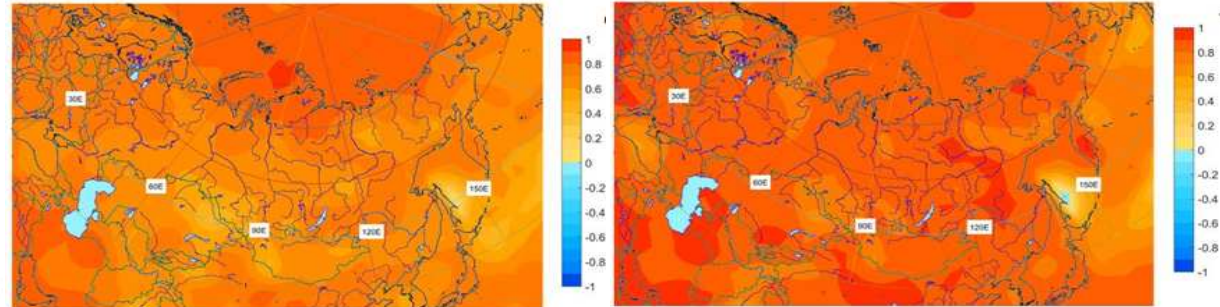


— INM-CM5 — Разброс — ERA5 ансамбля

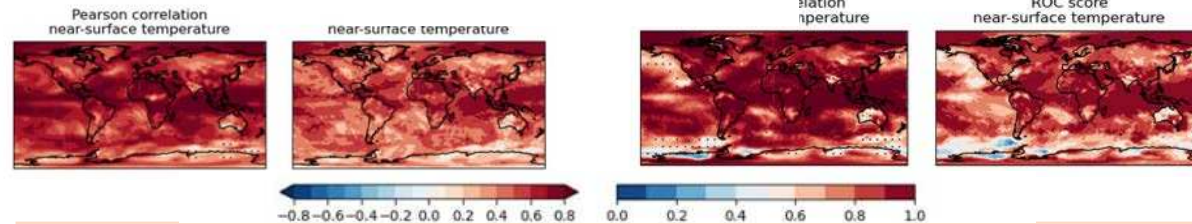


r - коэффициент корреляции аномалий

Пространственное распределение коэффициента корреляции аномалий сверхдогосрочных прогнозов приземной температуры воздуха



WMO Global Annual to Decadal Climate Update



Оценки прогнозов, осредненных по площади Северной Евразии

|     | 1 год | 1-5 год |
|-----|-------|---------|
| ROC | 0,80  | 0,88    |
| ACC | 0,69  | 0,81    |

ROC - относительная оперативная характеристика для двухкатегорийного вероятностного прогноза;  
ACC - коэффициент корреляция аномалий для оценки детерминистского прогноза

Forecast anomalies are relative to the 1991-2020 climatology. Forecasts prior to 2021 have a different climatology indicated below the colour bar. Predictions are initialized at the end of the year issued.

Year Issued:

2023

Forecast period:

Year 1-5: May-September

Element:

Temperature



## WMO Lead Centre for Annual-to-Decadal Climate Prediction

The Lead Centre for Annual-to-Decadal Climate Prediction collects and provides hindcasts, forecasts and verification data from a number of contributing centres worldwide.



### Global Producing Centres

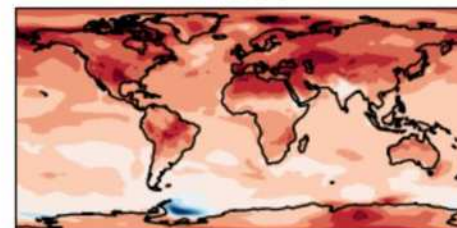


### Contributing Centres

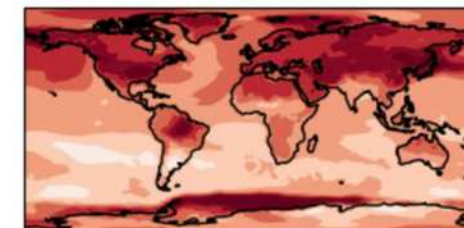


2023 predictions for MJJAS 2024-2028 near-surface temperature

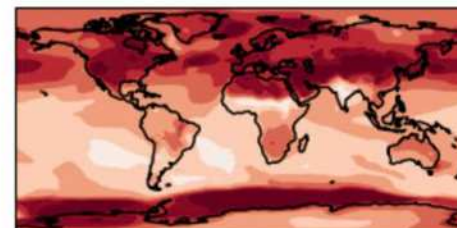
MIROC



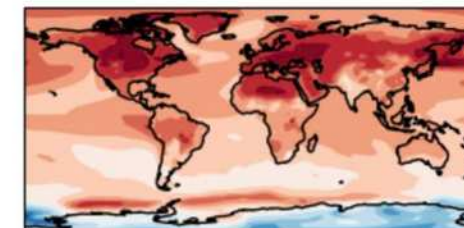
MOHC



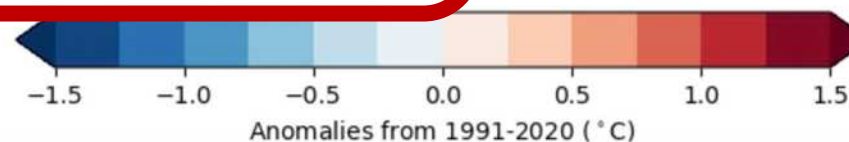
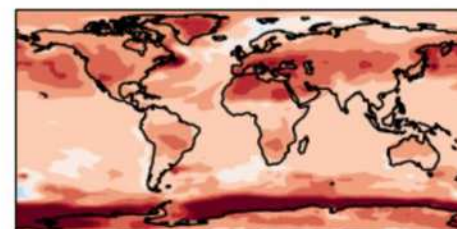
MRI



NCAR



RHMC



The WMO Lead Centre and Global Annual to Decadal Climate Update were developed in collaboration with the WCRP Grand Challenge on Near Term Climate Prediction and supported by the H2020 EUCP project grant number GA 776613

# Характеристики температурного режима на ближайшее пятилетие по климатическим прогнозам Гидрометцентра России/ИВМ РАН

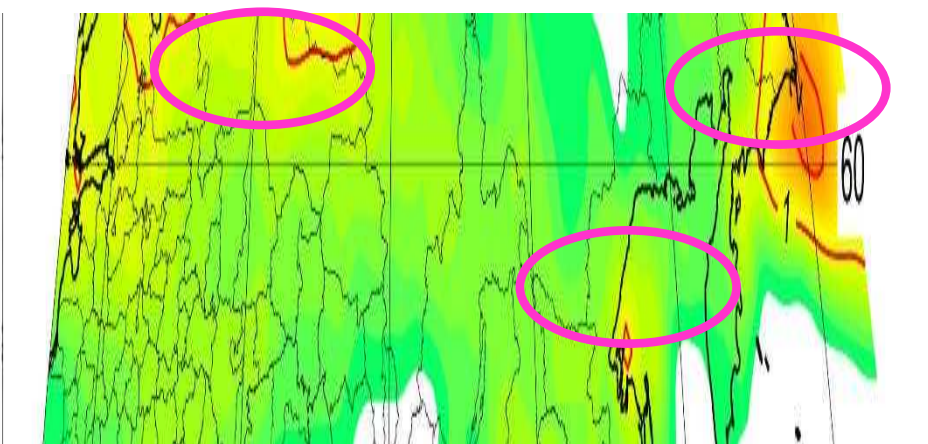
Парижское соглашение -2015

<https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>

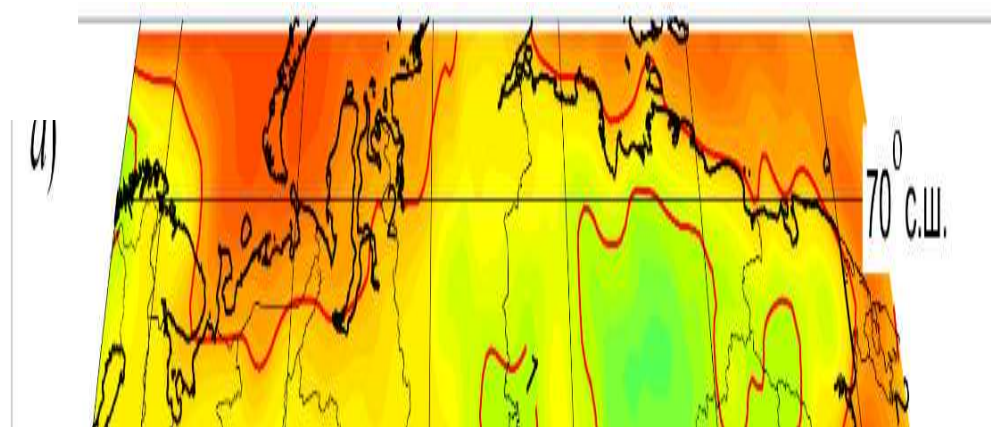
Цель: «удержать» рост аномалии глобальной температуры до  $1,5^{\circ}\text{C}$  относительно доиндустриального уровня

Вероятное число лет с превышением аномалии среднегодовой приземной температуры воздуха в 2023-2027 гг;

на  $1,5^{\circ}\text{C}$

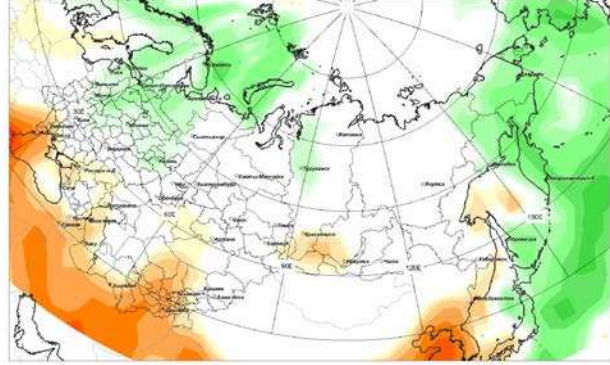
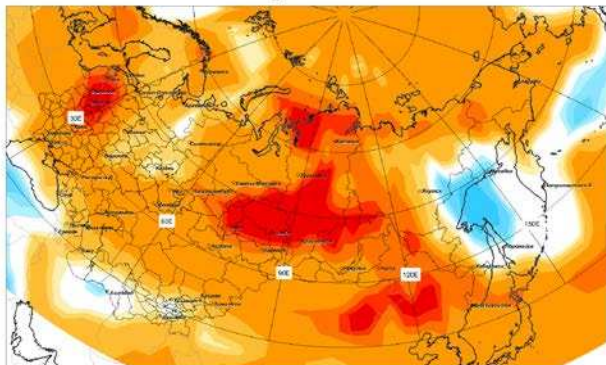
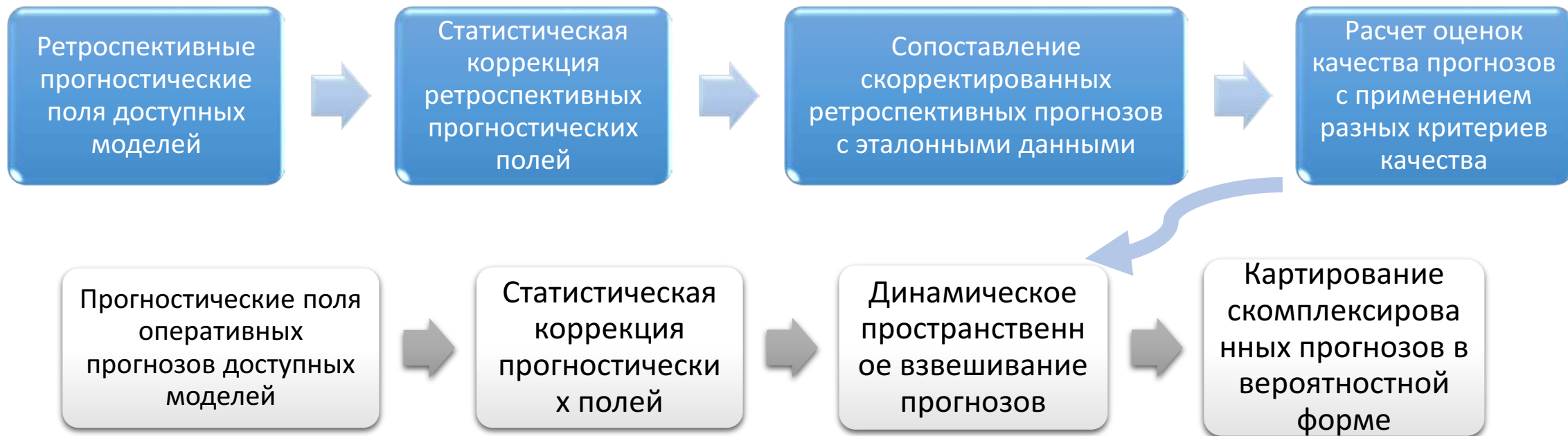


на  $1^{\circ}\text{C}$



На севере ЕТР, на юге Дальнего Востока, на Чукотке, как минимум в один год из пяти, значение температурной аномалии превысит порог в  $1,5^{\circ}\text{C}$ , предусмотренный Парижским соглашением

# Разработка и выпуск консенсусных прогнозов на сезон в рамках СЕАКОФ



# 27-я сессия Северо-Евразийского климатического форума (СЕАКОФ-27)

пройдет как параллельное мероприятие в рамках ВОМГС

## Программа СЕАКОФ-27

31 октября 2024

| Время                | Тема доклада                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               | Докладчик                                                                                                |
|----------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 9:00 - 9:30          | Регистрация                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |                                                                                                          |
| 09:30-09:40          | Приветственное слово                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       | В.М. Хан (Гидрометцентр)                                                                                 |
| 09:40-09:50          | Вступительное слово и представление проекта ЭСКАТО                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         | Н. Помощников (ЭСКАТО)                                                                                   |
| 09:50-10:10          | Доклад ЭСКАТО о стихийных бедствиях в Северной и Центральной Азии в 2024 г.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Н. Помощников (ЭСКАТО)                                                                                   |
| <b>Сессия СЕАКОФ</b> |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |                                                                                                          |
| 10:10-10:20          | Технологии, используемые в СЕАКЦ для оперативного численного моделирования                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | С. Травова (Гидрометцентр)                                                                               |
| 10:20-10:35          | Изменение некоторых параметров температурно-влажностного режима в регионах Казахстана в конце XX - начале XXI вв.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          | Д. Гушчина (МГУ им. М.В. Ломоносова)                                                                     |
| 10:35-10:55          | Данные мониторинга за летний сезон 2024 г. и обзор сезонных метеорологических прогнозов на зимний сезон 2024-2025 гг.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      | К. Сумерова (Гидрометцентр)                                                                              |
| 10:55-11:10          | Ледник Федченко: история и текущая ситуация                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                | Р. Давлятов (АГ республики Таджикистан)                                                                  |
| 11:10- 11:40         | Доклады участников <ul style="list-style-type: none"> <li>Климатический мониторинг за летний сезон 2024 г. и обзор прогнозов на зимний сезон 2024-2025 гг. для территории Казахстана</li> <li>Климатический мониторинг за летний сезон 2024 г. и обзор прогнозов на зимний сезон 2024-2025 гг. для территории Кыргызстана</li> <li>Климатический мониторинг за летний сезон 2024 г. и обзор прогнозов на зимний сезон 2024-2025 гг. для территории Таджикистана</li> </ul> | Ж. Исанбекова (Казгидромет)<br>В. Кокулова (Кыргызгидромет)<br>Д. Байдулаева (АГ республики Таджикистан) |

|                      |                                                                                                                                                                                                      |                                                  |
|----------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------|
| 11:40-12:00          | Представление проекта консенсусного прогноза на зимний сезон 2024-2025 гг.                                                                                                                           | В. Тищенко, В. Хан (Гидрометцентр)               |
| 12:00-12:20          | Кофе-брейк                                                                                                                                                                                           |                                                  |
| <b>Сессия ЭСКАТО</b> |                                                                                                                                                                                                      |                                                  |
| 12:20-12:50          | Презентация ЭСКАТО по прогнозу потенциального воздействия на базе консенсусного прогноза СЕАКОФ-27<br><br>Демонстрационная сессия системы автоматического прогнозирования потенциального воздействия | Шапват Ави, Е. Пронина (ЭСКАТО) - он-лайн доклад |
| 12:50-13:05          | Климатические риски для естественных и антропогенных систем                                                                                                                                          | О. Литка (ИГКЭ)                                  |
| 13:05-13:25          | Национальные и субнациональные данные в контексте уязвимости к медленно наступающим стихийным бедствиям в Центральной Азии                                                                           | С. Сривастава, Е. Пронина (ЭСКАТО)               |
| 13:25-13:50          | Групповое обсуждение национальных и субнациональных данных для понимания уязвимости к медленно наступающим стихийным бедствиям в Центральной Азии                                                    | Е. Пронина (ЭСКАТО)                              |
| 13:50-14:00          | Закрытие СЕАКОФ-27 и семинара ЭСКАТО                                                                                                                                                                 | В. Хан (Гидрометцентр), Н. Помощников (ЭСКАТО)   |
|                      | Обед                                                                                                                                                                                                 |                                                  |

31 октября 2024 г.

Место проведения: В6-В8

# Предложения к решению ВОМГС

- Усовершенствование методов генерации ансамбля прогнозов и увеличение вклада мультимодельных ансамблей в прогнозирование климатических условий на разных временных масштабах.
- Продолжение развития технологии сверхдолгосрочных прогнозов, основанного на модели INM-CM, с целью повышения его эффективности и расширения использования секторальными пользователями.
- Углубление анализа и прогноза экстремальных климатических явлений. Разработка новых характеристик экстремальности, включение дополнительных параметров и методов их оценки.
- Углубление сотрудничества с международными и национальными организациями для обмена данными и методами, а также интеграция международного опыта в области климатического прогнозирования, что будет способствовать укреплению аналитической и прогностической базы ГМЦ/СЕАКЦ.