



# **Использование экспериментальных прогнозов по модели Земной системы для улучшения климатического обслуживания НГМС стран-участниц СНГ**

Гидрометцентр России

В. М. Хан, С.В. Емелина, Е.Н. Круглова, И.А. Куликова, Е.В. Набокова, А.В. Субботин, К.А. Сумерова, В.А. Тищенко

ИВМ РАН

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

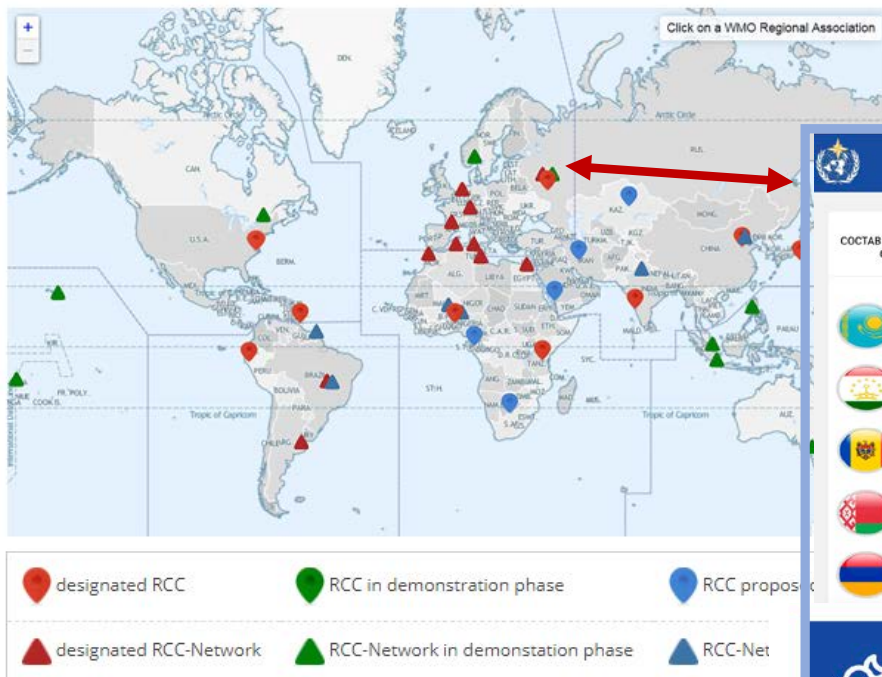
Конференция

НАЦИОНАЛЬНАЯ СИСТЕМА МОНИТОРИНГА КЛИМАТИЧЕСКИ АКТИВНЫХ  
ВЕЩЕСТВ: ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

1–2 ноября 2023 г.  
ИНИОН РАН, Москва

# Северо-Евразийский климатический центр (СЕАКЦ) - часть инфраструктуры ВМО по климатическому обслуживанию

Гидрометцентр России является головной организацией СЕАКЦ и координирует деятельность центра



WMO | Северо-Евразийский Климатический Центр

Состав участников СЕАКЦ

13.10.2023  
В период с 13 по 20 октября 2023 г. предупреждений о неблагоприятных климатических явлениях нет.  
*Азия, прогноз погоды*

Последние новости

13.11.2023  
Северо-Евразийский Климатический Центр (СЕАКЦ) организует 25-ю сессию Северо-Евразийского...

17.10.2023  
В октябре специалисты СЕАКЦ приняли участие в работе трех научно-практических международных. 1. Хан В.М...

30.08.2023  
Учебный центр Китайского метеорологического управления (СМАТС) в

Климатические прогнозы    Верификация прогнозов    Мониторинг

Данные    СЕАКОФ    Учебные материалы

Климатические проекции    Проекты и исследования

СЕАКЦ получил статус регионального климатического центра ВМО в 2013 году после прохождения пилотной фазы и рассмотрения всех необходимых направлений деятельности СЕАКЦ экспертными группами ВМО.

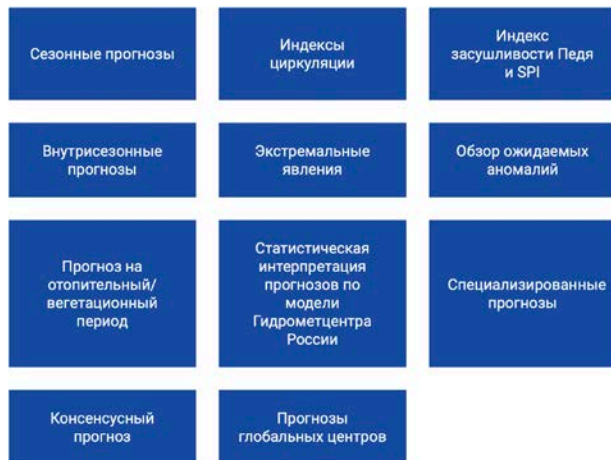
Зона ответственности СЕАКЦ – территория СНГ.

<http://seakc.meteoinfo.ru/>

<http://seakc.meteoinfo.ru/en/>

# Прогностическая продукция - одна из самых востребованных видов информации в климатическом обслуживании

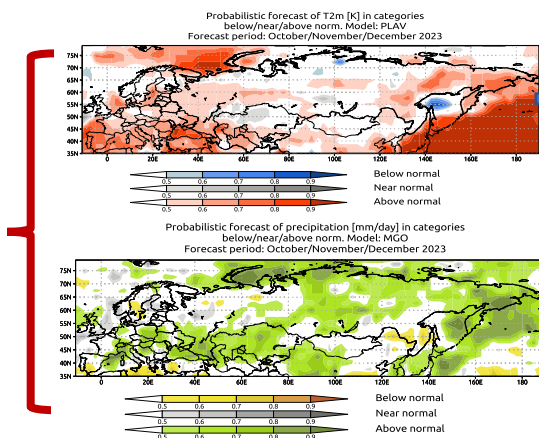
## Прогностическая продукция в СЕАКЦ



- Переход к динамическим методам прогнозирования – глобальная тенденция.
- В Гидрометцентре России до недавнего времени долгосрочные метеорологические прогнозы выпускались на основе моделей общей циркуляции атмосферы.
- Без океанской компоненты заблаговременность климатических прогнозов ограничивалась сезоном.

## Прогностический комплекс в Гидрометцентре/СЕАКЦ по выпуску климатических прогнозов

Оперативная технология

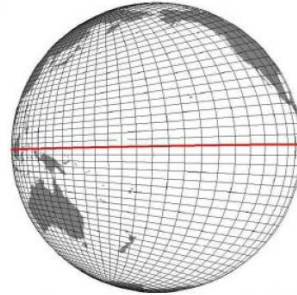


Сезонные прогнозы на базе полулагранжевой глобальной конечно-разностной модели общей циркуляции атмосферы ПЛАВ [Толстых и соавторы., 2015, 2019, 2021]

Сезонные прогнозы на базе спектральной модели общей циркуляции атмосферы ГГО [Мелешко и др., 2021]

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

Создана экспериментальная технология долгосрочного метеорологического прогнозирования на базе модели INM-CM5



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



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

Подготовка и обработка данных анализа атмосферы, почвы и поверхностных характеристик  
Данные ERA5

Подготовка начальных данных океана и морского льда  
Среднемесячные данные SODA3.4.2  
Ежедневные данные GODAS HMC

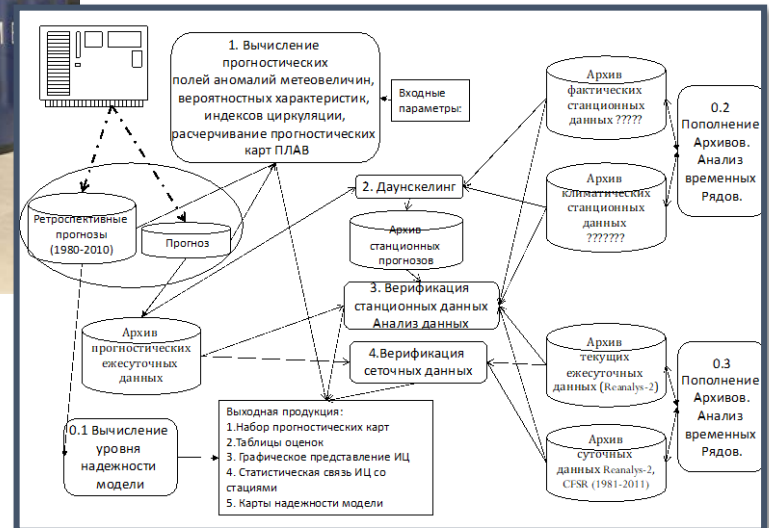
Расчет осредненных значений за базовый период. Задание начальных данных в терминах аномалий

Володин, Грицун  
Воробьева,  
Тарасевич, 2022

## БЛОК ПРОЦЕССИНГА

Интегрирование модели.  
Расчет ретроспективных прогнозов.  
Расчет квазиоперативных прогнозов.

## БЛОК ПОСТПРОЦЕССИНГА





Главная > Климатические прогнозы > Сезонные прогнозы

- КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОГНОЗЫ
- СЕЗОННЫЕ ПРОГНОЗЫ
- ИНДЕКСЫ ЦИРКУЛЯЦИИ
- ИНДЕКС ЗАСУШЛИВОСТИ ПЕДЯ И SPI
- ВНУТРИСЕЗОННЫЕ ПРОГНОЗЫ
- ЭКСТРЕМАЛЬНЫЕ ЯВЛЕНИЯ
- ПРОГНОЗОВ
- СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫЕ ПРОГНОЗЫ
- КОНСЕНСУСНЫЙ ПРОГНОЗ
- ПРОГНОЗЫ ГЛОБАЛЬНЫХ ЦЕНТРОВ
- ВЕРИФИКАЦИЯ И МОНИТОРИНГ
- ПРОГНОЗОВ
- МОНИТОРИНГ
- ДАННЫЕ
- СЕАКОФ
- УЧЕБНЫЕ МАТЕРИАЛЫ
- КЛИМАТИЧЕСКИЕ ПРОЕКЦИИ
- ПРОЕКТЫ И ИССЛЕДОВАНИЯ
- КЛИМАТИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ



20.10.2023

В период с 20 по 27 октября 2023 г. предупреждений о неблагоприятных климатических явлений нет.

[Архив предупреждений](#)

Гидродинамико-статистический вероятностный прогноз для 6 регионов: Европа, Северная Азия, Евразия, Россия, Арктика, Глобус

Прогностические центры: Гидрометцентр России (ГМЦ), Главная Геофизическая Обсерватория им. Воейкова (ГГО)

Экспериментальные прогнозы: новая версия модели Гидрометцентра России (ГМЦ (эксп.)), модель Института вычислительной математики (ИВМ (эксп.))

[Архив прогнозов моделей Гидрометцентра России и ГГО в бинарном виде](#)

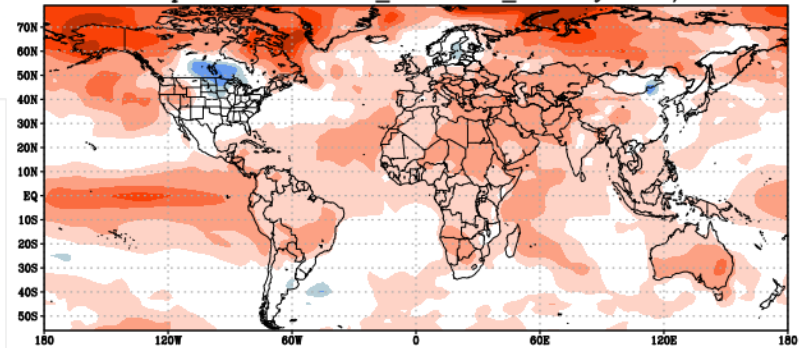
[Совместные испытания технологий глобального сезонного прогноза на основе моделей Гидрометцентра России и ГГО](#)

Регион	Метеоэлемент	Заблаговременность
Евразия	T на высоте 2 м	Нулевая
Период	Вид прогноза	Центр
Сезон	Средние по ансамблю	ИВМ (эксп.)

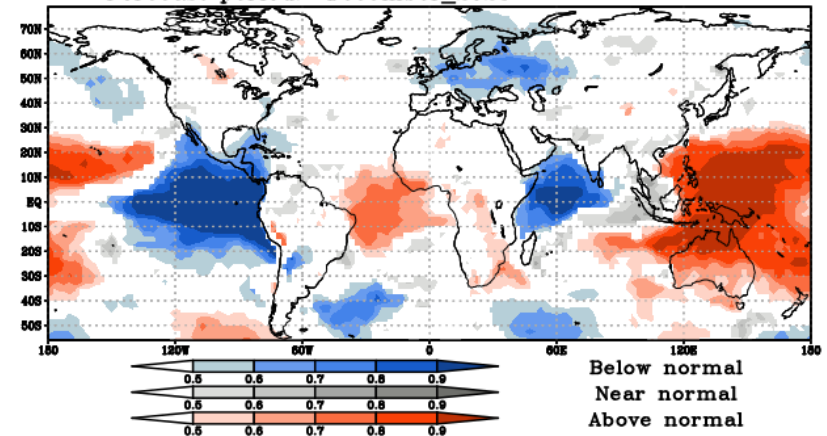
В экспериментальном режиме осуществляется расчет прогнозов с помощью модели Земной системы на прогностические периоды:

- 6 месяцев (ежемесячно) – 20 членов ансамбля;
- 9 месяцев (в марте, в сентябре) – 20 членов ансамбля;
- 5 лет (раз в год, по протоколу LC-ADCP WMO) – 10 членов ансамбля

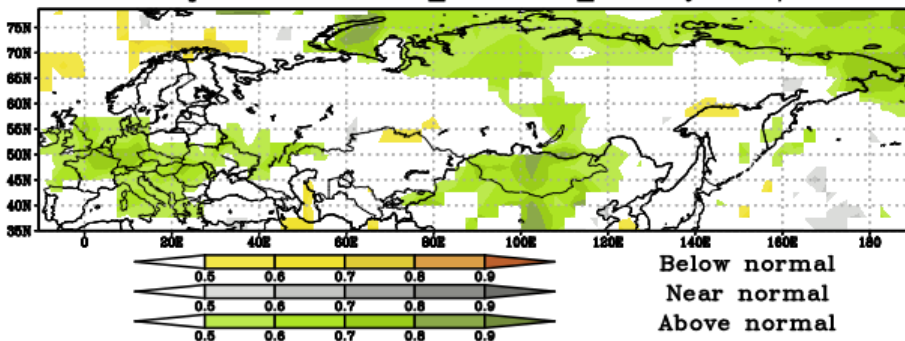
T2m seasonal anomalies (grad K). Producer: INM  
Forecast period: November December January 2023/2024



Composite probabilities of categorical forecast outcomes for mslp seasonal anomalies (mb). Producer: INM  
Forecast period: December 2023

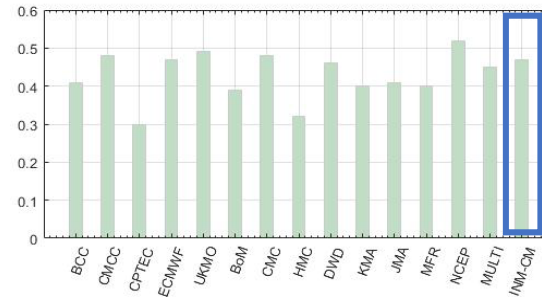
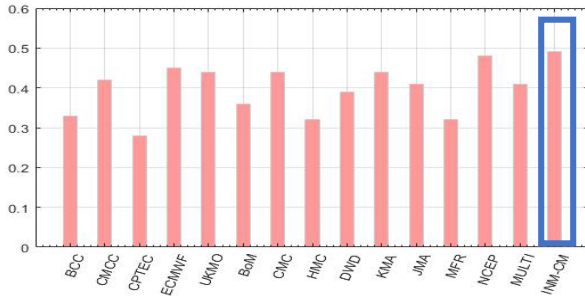


Composite probabilities of categorical forecast outcomes for Precipitation seasonal anomalies (mm/day). Producer: INM  
Forecast period: November December January 2023/2024

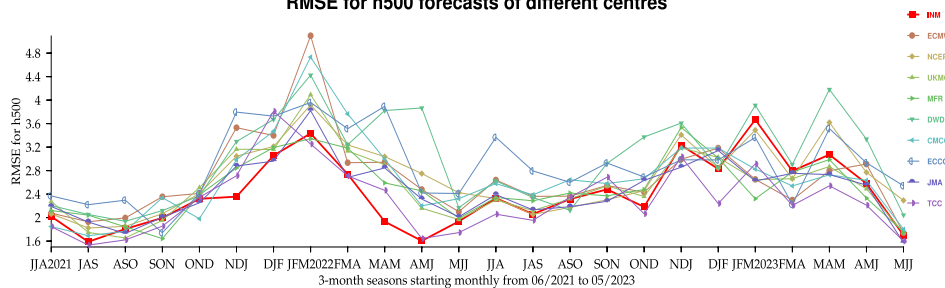


# Уровень успешности экспериментальных прогнозов по модели Земной системы соответствует мировому уровню

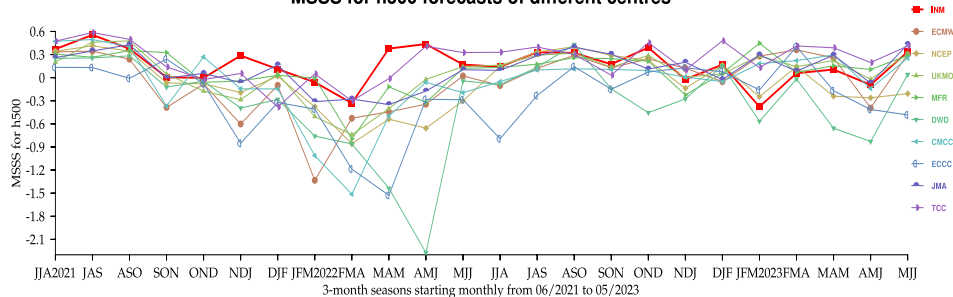
## Оценки ACC ретроспективных прогнозов T2м по GPCs моделям



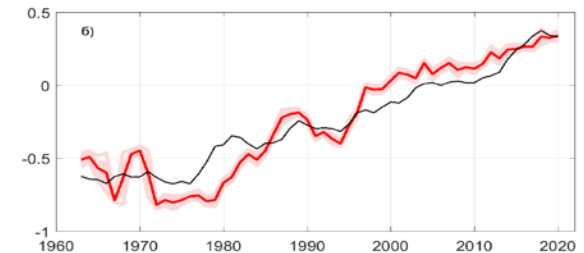
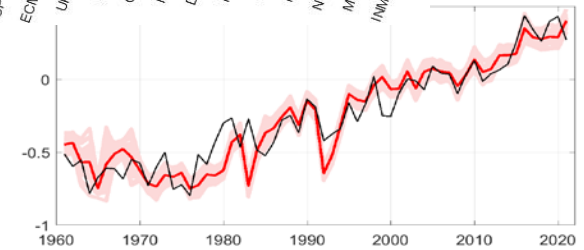
RMSE for h500 forecasts of different centres



MSSS for h500 forecasts of different centres



Оценки качества прогнозов T2м, осреднённых по территории Северной Евразии, за период с января 2021 по июль 2023г.



Прогностический и фактический ход осредненной температуры воздуха по Северной Евразии  
 а) Прогнозы на 1-й год (ACC=0.88),  
 б) Прогнозы на 1-5 годы (ACC=0.94)

**На заседании Центральной Методической Комиссии Росгидромета в ноябре 2023 г. состоится защита с рассмотрением результатов испытаний новых технологий прогнозов на сезон и пятилетие на базе модели Земной системы.**

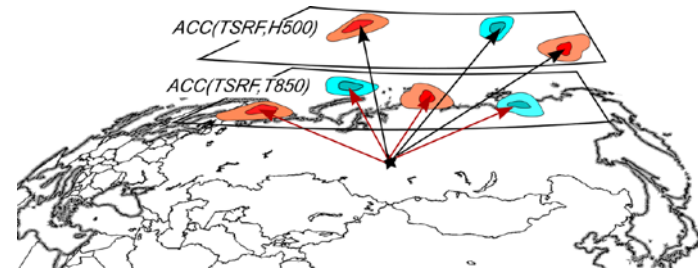
# Эксперименты MOS для сезонных прогнозов INM-CM5 для приземной температуры воздуха

Поиск узлов сетки с наилучшими (+ и -) взаимосвязями между *TSRF* (ERA5) в искомом узле и *H500*, *T850*, *MSLP*, *TSRF* (исторические прогнозы INM CM5).  
Кросс-валидация. Только устойчивые  $ACC > |0.4|$

Нормирование и расчет э.о.ф. отобранных рядов

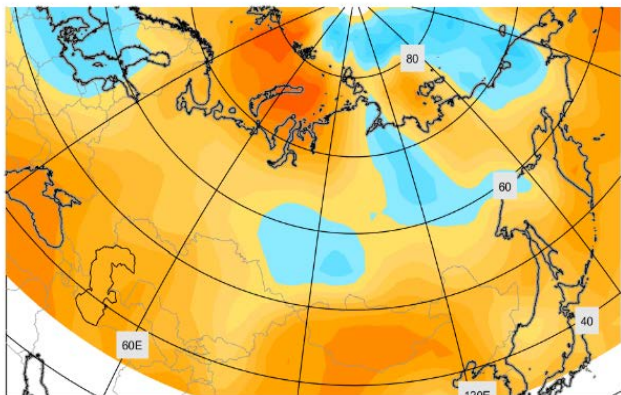
Регрессия на нескольких первых коэффициентах разложения по э.о.ф.  
Кросс-валидация. Отсевание членов, дающих минимальный вклад в объясненную дисперсию и наименее устойчивых

Применение параметров кусочно-линейной регрессии и коэффициентов разложения по э.о.ф. для статистической коррекции оперативных прогнозов *TSRF*

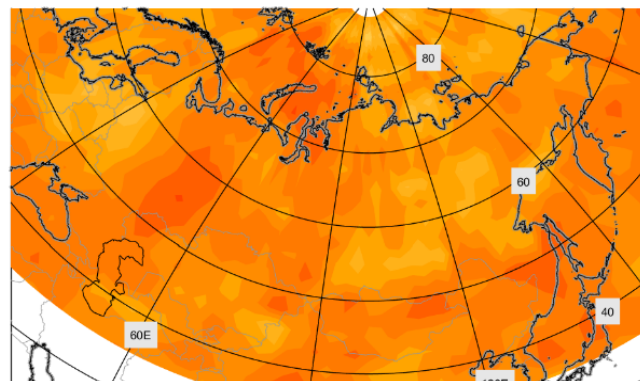




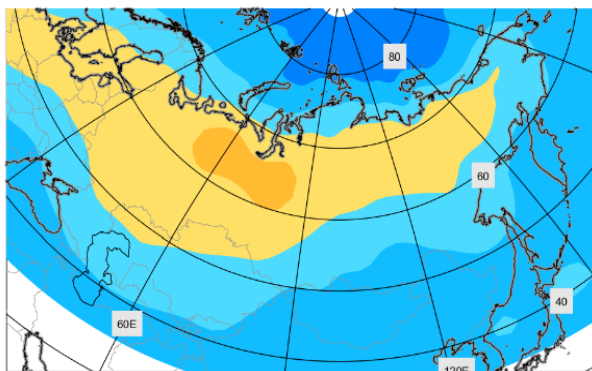
# Карты распределения оценок ретроспективных прогнозов на июль с заблаговременностью 2 месяца



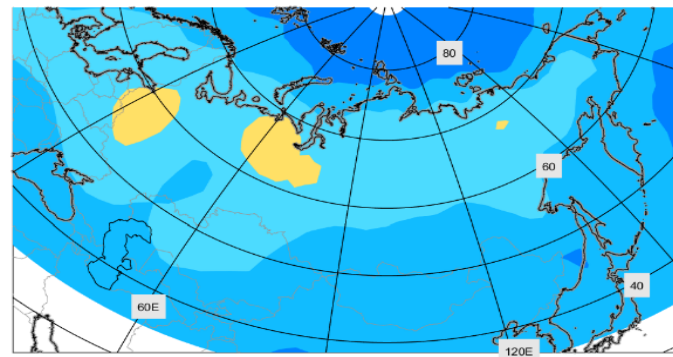
t2m. ACC. ИВМ. МЈЈА. Июль



t2m. ACC. Коррекция. МЈЈА. Июль



t2m. RMSE. ИВМ. МЈЈА. Июль



t2m. RMSE. Коррекция. МЈЈА. Июль

До коррекции

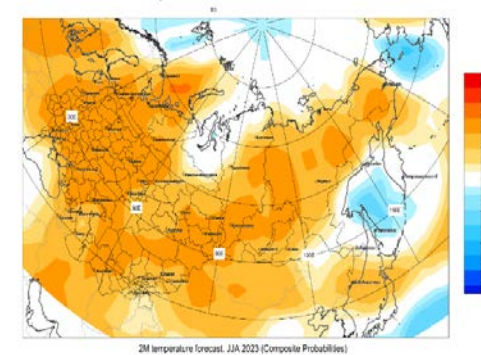
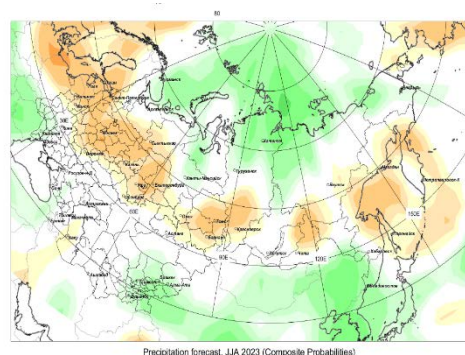
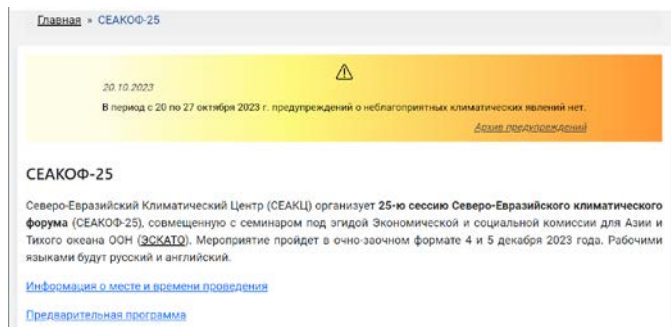
После коррекции



# Усовершенствование консенсусных прогнозов СЕАКОФ с использованием выходных данных модели Земной системы

С 2012 года СЕАКЦ регулярно проводит форумы СЕАКОФ (Северо-Евразийские климатические форумы) перед началом зимнего и летнего сезонов. Всего организовано 24 сессии. Цель СЕАКОФ – объединенными усилиями экспертов по климату стран-участниц СНГ разработать прогноз температурно-влажностного режима на предстоящий сезон и донести эту информацию до пользователей для практического использования. В работе СЕАКОФ принимают участие представители метеослужб стран СНГ, исследовательских центров, университетов, социально-экономических секторов.

Архив материалов СЕАКОФ доступен на сайте <http://seakc.meteoinfo.ru/ru/seakof>



## Оценки прогнозов за летний сезон 2023 г.

Сезонные прогнозы СЕАКОФ выпускаются на основе методики объективного комплексирования отечественных и зарубежных моделей.

С 2021 года модель Земной системы ИВМ РАН вошла в набор моделей, данные которых используются при составлении прогнозов СЕАКОФ, что положительным образом сказывается на качестве скомплексированных прогнозов.

	СНГ	1 е.с.р.*	2 е.с.р.*	Центр. Азия и Казахстан
Оправдываемость прогноза (%)				
Температур а, 2м	80	79	76	97
Осадки	74	77	68	81
Кoeffициент корреляции аномалий (АСС)				
Температур а, 2м	0.72	0.71	0.70	0.82
Осадки	0.13	0.18	0.11	0.24

# Пример представления специализированной информации на основе выпущенных **впервые в СНГ** сверхдолгосрочных прогнозов (до 5 лет)

## Парижское соглашение -2015

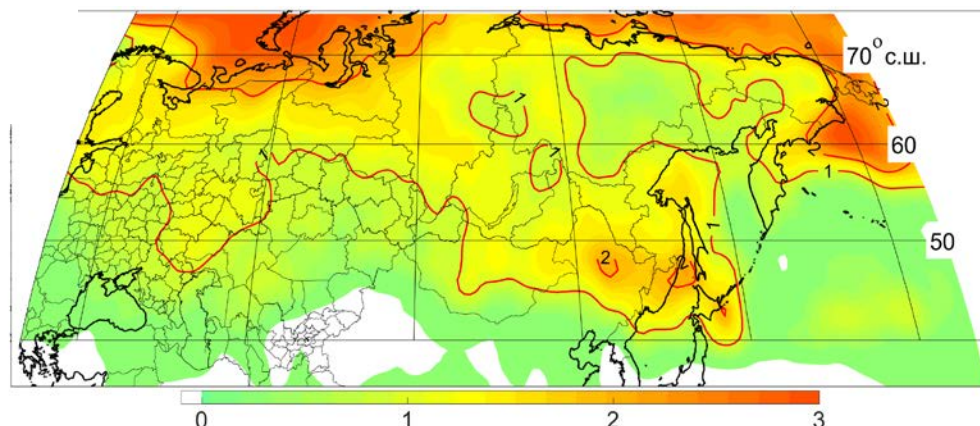
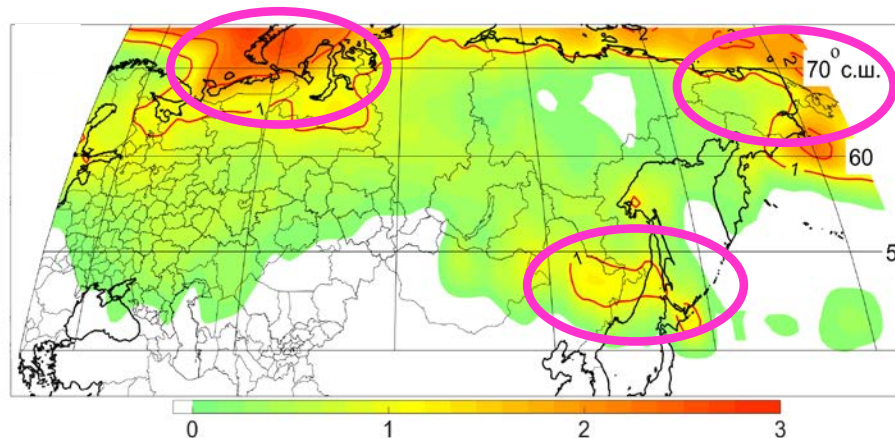
<https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>

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 2022-2026гг;

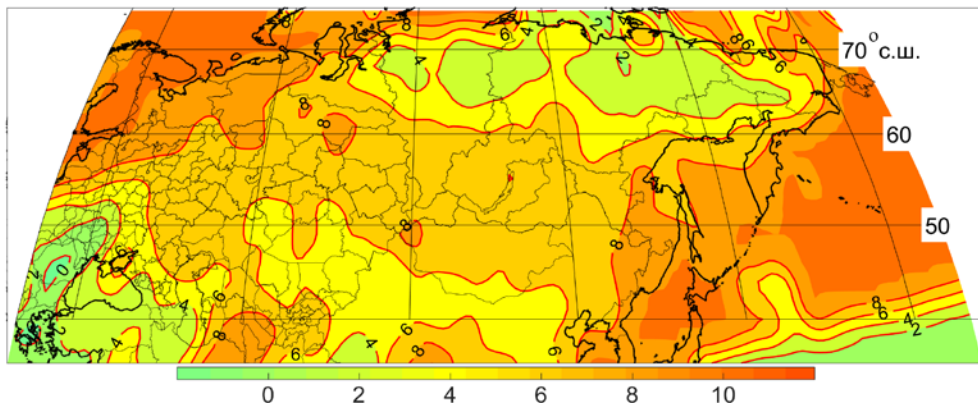
на  $1,5^{\circ}\text{C}$

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

# Характеристики температурного режима в 2022-2026 гг. по прогнозам INM-CM5



Отклонение средней продолжительности вегетационного периода (сут) в 2022-2026 гг. относительно **базового периода (1991-2020)**;

	Центральны й	Южный	Северо- Кавказский	Приволжски й	Уральский (юг)	Сибирский (юг)	Дальневосточный (юг)
Отклонения продолжительности вегетационного периода (сут.)	6,7	6,2	5,3	6,6	<b>7,3</b>	6,9	<b>7,1</b>
Отклонения даты устойчивого весеннего перехода через 5°C (сут.)	5,3	5	4,5	5,5	5,4	5	5,2
Число лет с превышением аномалии среднегодовой температуры на 1,5°C, (2022-2026)	<b>0,6</b>	0,4	0,2	0,55	0,5	0,35	<b>0,6</b>
Число лет с превышением аномалии среднегодовой температуры на 1°C (2022-2026)	<b>1</b>	0,8	0,6	1,2	0,9	1	<b>1,2</b>

**Увеличение продолжительности вегетационного периода (5,3-7,3 сут.), более ранний переход через 5°C (4,5-5,5 сут.)**

# Выводы

- Климатические прогнозы (КП) являются одним из важнейших видов продукции, поставляемой региональными прогностическими центрами ВМО, в том числе СЕАКЦ, для широкого круга пользователей.
- В связи с бурным развитием вычислительных и информационных технологий основные акценты в развитии и совершенствовании КП переносятся в область гидродинамического моделирования.
- Прогностический комплекс в Гидрометцентре России/СЕАКЦ для оперативного выпуска долгосрочных прогнозов использует модели ПЛАВ и ГГО. На базе модели Земной системы в экспериментальном режиме выпускаются долгосрочные прогнозы увеличенной заблаговременности.
- Оценки качества климатических экспериментальных прогнозов, выпускаемых в Гидрометцентре России/СЕАКЦ на базе модели Земной системы, свидетельствуют о достаточно высоком уровне разрешающей способности и надежности прогностической системы и ее потенциальной экономической эффективности.
- Создание и развитие модели Земной системы ИВМ РАН позволяет поставить вопрос о создании новой системы климатического обслуживания, интегрированной в различные сферы социально-экономической деятельности общества.



# Спасибо за внимание!

*Работа выполнена при поддержке важнейшего инновационного проекта государственного значения «Единая национальная система мониторинга климатически активных веществ» (соглашение № 169-15-2023-003 с ФГБУ «Гидрометцентр России» от 01.03.2023), Российского Научного Фонда (проект №22-17-00247), МинОбрНауки РФ (соглашение №075-15-2021-577 с ИФА им. А.М. Обухова РАН).*