

# РОССИЙСКАЯ ФЕДЕРАЦИЯ

## ФЕДЕРАЛЬНАЯ СЛУЖБА ПО ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИИ И МОНИТОРИНГУ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ (РОСГИДРОМЕТ)

ТЕХНИЧЕСКИЙ ОТЧЕТ ВМО ПО РАЗВИТИЮ ГЛОБАЛЬНОЙ СИСТЕМЫ  
ОБРАБОТКИ ДАННЫХ И ПРОГНОЗИРОВАНИЮ (ГСОДП) ЗА 2015 г.

28.07.2016

Страна: Российская Федерация

Центр: ММЦ/РСМЦ, Москва

### 1. Обзор основных результатов ММЦ/РСМЦ Москва

#### ***Введены в оперативный режим:***

- новая версия глобальной спектральной модели T339L31 (шаги гауссовой сетки приблизительно 32 км), выпускающая прогнозы до 240 часов;
- глобальная система ансамблевого прогноза на основе моделей T169L31 и ПЛАВ2008 (14 членов, прогнозы на 10 суток, бридинг-метод);
- версии региональной мезомасштабной модели COSMO-Ru с шагом горизонтальной сетки 2,2 км, включающая непрерывные циклы усвоения данных по схеме «подталкивания» (nudging): для Центрального федерального округа России (COSMO-Ru2CFO), Татарстана (COSMO-Ru2VFO), Северного Кавказа с прилегающей акваторией Черного моря (COSMO-Ru2SFO), «вложенные» в область интегрирования COSMO-Ru7 (шаг 7x7 км) для территории Восточной Европы и Европейской России, Урала и западной части Западной Сибири, выпуск прогнозов до 42-48 часов;
- версия региональной мезомасштабной модели COSMO-Ru с шагом горизонтальной сетки 13.2 км для Европы и Северной части Азии, покрывающая всю территорию России, прилегающие регионы и акватории (COSMO-Ru13-ENA).

#### ***Введены в квази-оперативный экспериментальный режим:***

- глобальная еженедельная система выпуска сезонных прогнозов с недельной дискретизацией на срок до 45 суток на основе глобальной модели Гидрометцентра России и РАН (модель ПЛАВ-2008, 20 членов ансамбля) и ГГО (модель T42L14 - 10 членов ансамбля);
- версия региональной мезомасштабной модели COSMO-Ru с шагом горизонтальной сетки 1,1 км для курортной зоны Сочи, включая побережье и горные области, выпускающая прогнозы до 24 часов;

- новая версия глобальной полулагранжевой модели ПЛАВ 20 с шагом сетки 20 км (оперативные испытания)
- счет модели глубокого океана с вложенным слоем перемешивания для сезонного прогнозирования состояния атмосферы.

## 2. Используемое оборудование:

1) Автономные серверы обработки и выпуска оперативной информации (в технологии АСОИИ):

Сервер 1: 4 процессора (4 x 8 ядер) Intel Xeon E7-4830 2,13 ГГц, память 256 Гб, диски 16 x 1 Тб Ethernet 2 x 1 GBE, IPMI

Сервер-2: 4 процессора (4 x 8 ядер) Intel Xeon E7-4830 2,13 ГГц, память 256 Гб, диски 16 x 1 Тб Ethernet 2 x 1 GBE, IPMI

2) Кластер вычислений РСК "Tornado": 96 узлов, Infiniband, каждый узел: 2 процессора (2 x 8 ядер) Intel Xeon E5-2690 2.9 ГГц

4) Кластер вычислений ICEX: 30 узлов, Infiniband, каждый узел: 2 процессора (2 x 10 ядер) Intel Xeon E5-2670-v2 2.5 ГГц

5) Общая дисковая CXD для кластеров: 210 Тб.

## 3. Используемые данные и продукция, поступающие из ГСТ и других систем связи:

**Данные наблюдений (среднее количество телеграмм в сутки):**

Кодовая форма	Среднее количество телеграмм в сутки
SYNOP+SHIP	128 000
TEMP	6 000
PILOT	1 650
AMDAR	78 000
AIREP	2 700
SATEM	17 000
SATOB	1 000 000
BUOY	33 000
BUFR-SYNOP	127 000
BUFR-TEMP	800
BUFR-AMDAR(ASDAR)	450 000

Дополнительно используется разнородная информация, получаемая со спутников, микроволновые AMSU-A и MHS, радиозатменные COSMIC, GRAS и GRACE, скаттерометрические ASCAT и OSCAT, ветровые по движению облаков и полям влажности AMV-Geo, AMV-Polar и AMV-LeoGeo общим объемом 6,7 Гб в сутки.

## Продукция численных прогнозов погоды, получаемая ММЦ/РСМЦ Москва:

ЕЦСПИ Рединг (анализы и прогнозы полей давления на у.м. и базовых полей свободной атмосферы: GRIB1 2.5°x2.5° и GRIB2 0.5°x0.5°),

PCMC Экзетер (анализы и прогнозы метеополей расширенной номенклатуры: GRIB1 2.5°x2.5°, GRIB2 1°x1°, карты приземного прогноза до 96ч для Европы: цифровое факсимиле),

PCMC Оффенбах: цифровое факсимиле: прогностические карты, Интернет (FTP): GRIB2 0.25°x0.25°, GRIB2 20x20 км – продукция системы глобального прогноза DWD с шагом горизонтальной сетки 20 км по области расчета COSMO-Ru для задания начальных и боковых условий COSMO-ENA13, COSMO-Ru7 и COSMO-RuSib.

MMC Вашингтон (анализы и прогнозы метеополей расширенной номенклатуры: GRIB2 1°x1°, 0.5°x0.5°, 0.25°x0.25°, получение по открытым Интернет-ресурсам вне ГСТ)

PCMC Новосибирск: сайт Западно-Сибирского НИИ [www.sibnigmi.ru](http://www.sibnigmi.ru): карты в графических форматах всех прогностических технологий PCMC Новосибирск (в первую очередь - регионального прогноза COSMO-RuSib)

PCMC Хабаровск: продукция системы регионального мезомасштабного прогноза для Дальнего Востока и морей Тихого океана.

#### **4. Системы прогнозирования**

Глобальная прогностическая система MMC/PCMC Москва состоит из следующих блоков:

А - первичный контроль и размещение информации наблюдений в специализированных базах данных,

Б - системы усвоения данных и объективного анализа,

В - глобальные модели атмосферы,

Г – системы интерпретации результатов вычислений

Система прогнозирования по ограниченным территориям MMC/PCMC Москва состоит из следующих блоков:

А – системы получения и контроля стартовой информации,

Б – модели атмосферы по ограниченным территориям,

В – системы автоматизированной визуализации и подготовки данных для распространения пользователям.

#### **4.1 Временной график и периоды прогноза:**

Базовыми исходными сроками для систем глобального прогнозирования (глобальные модели ПЛАВ-2008, Т339L31 и Т169L31) и региональной модели Гидрометцентра России МЛр/σ, являются 00 и 12 ВСВ, системы объективного анализа, ПЛАВ-2008 и COSMO-Ru функционируют 4 раза в сутки, для сроков 00, 06, 12 и 18 ВСВ.

ПЛАВ-2008: по исходным данным за 00 ВСВ: до 120 часов (время готовности 03.40 ВСВ), по сроку 12 ВСВ: до 240ч (время готовности 15.50 ВСВ), информация предоставляется с шагом по заблаговременностям 6 часов. Технология включает дополнительные процедуры усвоения данных для поверхности суши, для этого модель дополнительно стартует по срокам 06 и 18 ВСВ с прогнозом до 6 часов .

Т339L31: по исходным данным за 00 ВСВ: до 78 часов (время готовности 5.30 ВСВ), по сроку 12 ВСВ: до 240 ч (время готовности 19 ВСВ), информация предоставляется с шагом по заблаговременностям 6 часов.

Т169L31: аналогично Т339L31 (резервная технология).

Технология регионального прогнозирования COSMO-Ru7: по начальным данным 00 и 12 ВСВ до 78 ч, для сроков 06 и 18 ВСВ - до 48 часов. Шаг по заблаговременностям предоставляемых пользователям прогнозов для метеограмм 1 час, для формирования GRIB/графической продукции – 3 часа, время готовности 4.00, 10.00, 16.00, 22.00 ВСВ). Технологии COSMO-Ru2: для центральных областей Европейской России, для региона Северного Кавказа, для Региона Татарстана: по начальным данным 00, 06, 12, 18 ВСВ до 48 часов, шаг по заблаговременностям предоставляемых пользователям прогнозов для метеограмм 1 час, для формирования GRIB/графической продукции – 1 час.

Региональная модель Гидрометцентра России МЛр/σ: для Европы по исходным данным за 00 и 12 ВСВ - до 48 ч (время готовности 4.00 ВСВ и 16.00 ВСВ). Информация предоставляется в графическом виде с шагом по заблаговременностям 1 час.

Негидростатическая мезомасштабная модель Гидрометцентра России с шагом сетки 10x10 км для регионов Московской и Ленинградской областей и для территории Белоруссии. Заблаговременность: до 48 ч. Шаг по времени выходной продукции 1 час. Время готовности- 5.15, 17.15 для Москвы, 5.30 и 17.30 для Санкт-Петербурга и Минска.

Система кратко- и среднесрочного ансамблевого прогноза – до 240 часов: один раз в сутки по начальным данным за 12 час. ВСВ с шагом по времени 6 час.

Системы долгосрочного прогноза – 1 раз в месяц, за 1 день до начала следующего месяца.

Гидродинамико-статистические прогнозы средних месячных аномалий значений приземной температуры воздуха для пунктов метеостанций по территории бывшего СССР выпускаются в конце каждого месяца с нулевой заблаговременностью.

#### ***Системы среднесрочного прогнозирования (4 – 10 суток)***

##### ***4.2.1. Усвоение данных, объективный анализ и инициализация***

###### ***4.2.1.1. В оперативном режиме:***

Глобальная система усвоения данных ММЦ/РСМЦ Москва (Гидрометцентра России):

- Цикличность:
  - система усвоения - 4 раза в сутки по срокам наблюдений: 00, 06, 12, 18 ВСВ.

Объективный анализ с использованием полей первого приближения РСМЦ Экзетер и ММЦ Вашингтон – 2 раза в сутки по срокам наблюдений 00, 12 ВСВ;

- Метод анализа: 2 варианта технологии:
  - а) 2-мерной интерполяции для 1-уровневых характеристик и 3-х мерной оптимальной интерполяции для полей в толще атмосферы (объективный анализ).
  - б) 3D-Var (система усвоения)
- Продукция: давление на уровне моря, температура подстилающей поверхности, приземные температура, влажность воздуха и скорость ветра, балл общей облачности, высота снежного покрова, температура поверхности океана, геопотенциальные высоты, скорость ветра, температура и влажность воздуха на 38 изобарических поверхностях (от 1075 гПа до 0.5 гПа) на широтно- долготной сетке  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$
- Проходит оперативные испытания схема глобального циклического усвоения данных на основе разработанной в Гидрометцентре России унифицированной схемы 3D-Var с использованием прогностической глобальной модели атмосферы ПЛАВ 2008.

Система 3D-Var использует следующие виды метеорологических наблюдений:

Традиционные контактные (приземные, радиозондовые, самолётные), спутниковые: микроволновые AMSU-A и MHS, радиозатменные COSMIC, GRAS и GRACE, скаттерометрические ASCAT и OSCAT, ветровые по движению облаков и полям влажности AMV-Geo, AMV-Polar и AMV-LeoGeo.

Блок объективного анализа использует поля 6-часового прогноза NCEP (США) в качестве первого приближения.

Разрешение полей анализа:  $0.5^\circ \times 0.5^\circ$  по горизонтали и 38 уровней по вертикали (от 1075 гПа до 0.5 гПа). Горизонтальное разрешение полей приращений анализа по отношению к прогнозу составляет 1,5 градуса.

Инициализация: нелинейная, по нормальным модам (для спектральной модели T169L31), цифровым фильтром (для модели ПЛАВ-2008).

Дополнительно: в рамках технологии ПЛАВ-2008 была разработана и внедрена система построения начальных полей для температуры и влажности почвы. 4.2.1.2. Исследования, выполняемые в данной области:

Ведутся исследования использования системы 3D-Var применительно к глобальной спектральной модели Гидрометцентра России (T169L31 и T339L31).

Ведутся работы по реализации системы усвоения данных с помощью локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля (LETKF) для глобальной полулагранжевой модели ПЛАВ. На данный момент, система использует наблюдения TEMP, SYNOP, SHIP, AIREP, SATOB и демонстрирует устойчивую работу на протяжении как минимум двух месяцев циклического усвоения с трехмерной моделью ПЛАВ. Ведутся работы по подключению данных спутниковых наблюдений AMV и ASCAT. В частности успешно испытано применение недиагональной корреляционной матрицы наблюдений R для данных AMV. Ведутся работы по внедрению FGAT в LETKF.

Продолжается опытная эксплуатация системы усвоения океанографических данных для инициализации совместной модели океан-атмосфера при составлении сезонных прогнозов. Усвоение данных осуществляется на основе последовательной

схемы “анализ-прогноз-анализ” с использованием трехмерного усвоения на шаге анализа. Ядро схемы составляет новая модель поля ошибок первого приближения, основанная на трехмерных фильтрах авторегрессии и скользящего среднего. Для получения полей первого приближения используется модель общей циркуляции океана. В качестве исходной информации используются оперативные наблюдения температуры и солености морской воды, поступающие с различных наблюдательных платформ (дрейфующие и заякоренные буи, судовые наблюдения, данные буев АРГО, альтиметрические измерения). Предварительные оценки показывают, что система позволяет восстанавливать структуру основных гидрофизических полей с более высокой точностью по сравнению с климатическими данными.

#### 4.2.2. Глобальные модели

##### 4.2.2.1. В оперативном режиме:

- Полулагранжева глобальная модель ПЛАВ-2008 (совместная разработка Гидрометцентра России и РАН), горизонтальное разрешение  $0.72 \times 0.9^\circ$ , 28 вертикальных уровней. Максимальная заблаговременность прогнозов 240 часов.

- Глобальная спектральная модель атмосферы T339L31, 339 сферических гармоник, шаг сетки приблизительно  $0,35^\circ$ , 31 уровень. Максимальный период прогнозов 240 часов.

##### 4.2.2.2. Исследования, выполняемые в данной области:

- В программный комплекс модели ПЛАВ-20 включена параметризация длинноволновой радиации RRTMG-LW v.4.85.

- Ведется разработка системы инициализации полей температуры и влажности почвы для многослойной параметризации процессов тепло- и влагообмена в почве из модели климата ИВМ РАН. К настоящему времени инициализация почвенной влаги SEKF внедрена в схему параметризации почвенного покрова ISBA, применяющуюся в модели ПЛАВ-2008.

Проводятся численные эксперименты по переходу на гибридную систему вертикальных координат. Проводятся работы по улучшению параметризаций адвекции стратосферного озона и фотохимии.

Разрабатывается новая версия модели ПЛАВ с горизонтальным разрешением около 10 км и примерно 100 уровнями по вертикали с использованием редуцированной широтно-долготной сетки.

Ведется разработка версии спектральной модели T339L63 и включение усовершенствованного радиационного блока

#### 4.2.3. Доступная оперативная продукция численного среднесрочного прогноза погоды (ЧПП) (глобального моделирования)

Продукция глобальных моделей ПЛАВ-2008, T339L31 и T169L31 размещается во внутренних базах данных Гидрометцентра России и передается по ГСТ в прогностические центры Росгидромета и метеослужб других государств на сетках  $2.5 \times 2.5^\circ$  и  $1.25 \times 1.25^\circ$  (GRIB1) и в виде карт в цифровом факсимиле. Прогнозы в графическом виде (карты, метеограммы) размещаются на сайте [www.meteoinfo.ru](http://www.meteoinfo.ru).

Для Северного и Южного полушарий с шагом по заблаговременностям 6 часов прогнозируются следующие характеристики: давление на уровне моря, температура, и влажность воздуха на высоте 2 м, скорость ветра на высоте 10 м, 6-часовые суммы осадков, геопотенциальные высоты стандартных изобарических поверхностей, скорость ветра, температура и влажность воздуха на стандартных изобарических поверхностях, баллы облачности нижнего, среднего яруса, общей облачности.

#### 4.2.4. Оперативные технологии приложения продукции ЧПП: (MOS, PPM, KF, Expert Systems, etc.) среднесрочный прогноз (72-240 часов)

##### 4.2.4.1. В оперативном режиме

В Гидрометцентре России используется система статистической интерпретации результатов среднесрочного гидродинамического моделирования (MOS). Автоматизированная система обеспечивает 3 раза в сутки (на основе комплексирования информации численных прогнозов, поступающих из ММЦ/РСМЦ Москва, ЕЦСПП Реддинг, NCEP Вашингтон, РСМЦ Экзетер) выпуск метеорологических прогнозов значений минимальной и максимальной температуры воздуха за сутки, полусуточных сумм осадков, вероятность выпадения осадков, градации облачности с заблаговременностью до 7 суток по 5000 городам мира, включая населенные пункты России.

На основе системы MOS ежедневно производятся вычисления прогнозов аномалий от климатических норм средних значений температуры воздуха на ближайшие 10 суток по территории России, результаты рассылаются в локальные прогностические центры Росгидромета 3 раза в месяц в виде gif-карт и таблиц.

##### 4.2.4.2. Исследования, выполняемые в данной области:

Развитие системы выпуска прогнозов элементов погоды по системе MOS Гидрометцентра России с использованием продукции систем мезомасштабного моделирования по ограниченным территориям.

#### 4.2.5. Система ансамблевого прогноза (Число членов, начальное состояние, метод возмущений, используемые модели, возмущения физических параметризаций, постпроцессинг: вычисление индексов, кластеризация)

##### 4.2.5.1. В оперативном режиме:

Система ансамблевого прогноза на краткие и средние сроки (12- 240 ч) на базе спектральной глобальной модели T169L31 и моделей T339L31 и ПЛАВ 2008

Ансамбль состоит из 12 возмущенных прогнозов по модели T169L31 и двух невозмущенных прогнозов по моделям T339L31 и ПЛАВ 2008;

Число членов ансамбля: 14;

Число моделей: 3;

Метод возмущений – бридинг с использованием в качестве нормы полной энергии и региональным масштабированием;

Физические параметризации не возмущаются.

##### 4.2.5.2. Исследования, выполняемые в данной области:

- Расширение набора выходной продукции;
- Развитие постпроцессинга и системы верификации прогнозов;

- Исследования в области комплексирования (combining) прогнозов на основе разных моделей;
- Разработка методов статистической коррекции;
- Разработка системы ансамблевого прогноза, основанная на LETKF (40 членов) и модели ПЛАВ.

#### 4.2.5.3. Доступная оперативная продукция численного ансамблевого прогноза погоды (ЧПП)

Результаты работы системы размещаются в оперативных базах данных Гидрометцентра России, на основе которых синоптикам могут быть доступны карты “спагетти”, карты средних значений по ансамблю, дисперсий, а также карты вероятностей (рекомендуется визуализация графической системой Гидрометцентра России «Изограф»). Подготавливаются ансамблевые метеограммы для ряда пунктов России и Центральной Азии ( в рамках проекта SWFDP CA). С начала 2015 года метеограммы размещаются на сайте Гидрометцентра России [meteoinfo.ru](http://meteoinfo.ru) и на сайте проекта SWFDP-CA <http://swfdp-ca.meteoinfo.ru/>

### **4.3. Системы краткосрочного прогнозирования (0 – 72 часа)**

#### 4.3.1. Усвоение данных, объективный анализ и инициализация

##### 4.3.1.1. В оперативном режиме

- 1) См. Раздел 4.2.1.1
- 2) В технологию COSMO-Ru внедрена система непрерывного усвоения метеорологической информации на основе схемы «подталкивания»

##### 4.3.1.2. Исследования, выполняемые в данной области:

- 1) Информация Раздела 4.2.1.2
- 2) В рамках технологии COSMO-Ru ведутся работы по усвоению данных ДМРЛ в рамках схемы «подталкивания»

#### 4.3.2. Модели краткосрочного численного прогноза

##### 4.3.2.1. В оперативном режиме

- Негидростатическая модель COSMO-Ru (разработка консорциума по мезомасштабному моделированию COSMO), версия 4.12. Версии:

- 1) COSMO-Ru7 (сетка 7x7 км, 40 уровней по вертикали до поверхности 100 гПа, территория Восточной Европы, Европейской России и Урала).
- 2) COSMO-Ru2 (сетка 2,2x2,2км, домены: для Центрального федерального округа России (COSMO-Ru2CFO), для Татарстана (COSMO-Ru2VFO), Северного Кавказа (COSMO-Ru2SFO), «вложенные» в COSMO-Ru7).
- 3) COSMO-Ru13-ENA. (сетка 13.2x13.2 км), область вычислений покрывает Европу и Северную половину Азии и прилегающие акватории (для прогнозирования погоды для всей территории России) .

- Негидростатическая региональная модель Гидрометцентра России MLp/σ: (шаг сетки 50 км, 30 уровней, p- и сигма-системы координат, территория от Восточной Европы до Урала), версии модели для Дальневосточного региона и Северного Кавказа с шагом сетки 25 км. В 2015 г. в режиме тестирования: горизонтальное разрешение



модели было повышено до 25 км, область интегрирования расширена на Европу, всю территорию России, Японию и моря бассейна Тихого океана.

Адаптированные версии региональной модели Гидрометцентра России установлены в РСМЦ Новосибирск и Хабаровск.

- Мезомасштабная негидростатическая модель Гидрометцентра России для Московского и Санкт-Петербургского регионов, шаг сетки 10 км.

#### 4.3.2.2. Исследования, выполняемые в данной области:

- Исследования в рамках приоритетных проектов и деятельности рабочих групп консорциума COSMO, в том числе: разработка и тестирование усовершенствованной схемы снежного покрова, анализ особенностей работы радиационного блока, развитие схемы описания турбулентного обмена для приземного слоя, развитие системы верификации, разработка усовершенствованных алгоритмов подготовки уточненной стартовой информации на основе анализа данных измерений SYNOP. Развитие форм представления результатов прогнозирования пользователям. Мониторинг и исследование успешности прогнозирования элементов приземной погоды по COSMO-Ru(приземной температуры, осадков, скорости ветра).

- Развитие версии (COSMO-Ru13-ENA). (13x13 км) для территории всей Европы, Северной Азии и акваторий прилегающих морей

- Исследования на основе версии COSMO-Ru1 (1x1 км)

- Развитие систем верификации прогнозов мезомасштабных систем моделирования.

#### 4.3.3. Доступная оперативная продукция численного прогноза погоды (ЧПП) (моделирование по ограниченным территориям):

##### 4.3.3.1. Продукция системы мезомасштабного моделирования COSMO-Ru:

По различным версиям и регионам:

Прогнозы давления на уровне моря, 1и 3-х часовых сумм осадков, приземной температуры и ветра, облачности, высоты геопотенциальной поверхности 500 гПа – в виде карт GRADS. Информация метеограмм для более 100 пунктов в пределах Европейской части России с временным разрешением 1 час в текстовых и графических форматах: прогнозы давления на уровне моря, сумм осадков с учетом их фазы, температуры и ветра от земной поверхности до 500 гПа, облачности различных ярусов. (Предоставление информации пользователям в графических форматах на основе распространения по эл. почте и размещения на ftp-сервере.)

Широкий набор метеорологических характеристик на p, z и сигма-уровнях в GRIB- форматах распространяются по запросам пользователей.

##### 4.3.3.2. Продукция региональной модели Гидрометцентра России M1p/M1B (50x50 и 25x25 км):

По адаптированным версиям для Европы и регионов России, в т.ч. Северного Кавказа, Западной Сибири и Дальнего Востока с прилегающими морями.

Виды продукции:

- Поля давления на уровне моря, температуры воздуха у земли и сумм осадков (детализация 1 раз в час);

- поля геопотенциала, компонент скорости ветра, температуры и относительной влажности на стандартных изобарических поверхностях (детализация 3 часа);

- поля полусуточных и суточных сумм осадков: обложных, конвективных, общих (заблаговременности 12, 24, 36, 48 ч.).

Предоставление продукции пользователям Росгидромета через базы данных ММЦ Москва, а также - в графических форматах на основе распространения по электронной почте и размещения на сайте [www.meteoinfo.ru](http://www.meteoinfo.ru) (прогнозы давления на уровне моря, 1 и 3-х часовых сумм осадков. 3.3.3 ММЦ/РСМЦ Москва: Продукция мезомасштабной негидростатической модели Гидрометцентра России (10x10 км))

Для Московской и Ленинградской областей:

Прогнозы приземной температуры воздуха и ветра с детализацией 1 час для районов Москвы и Санкт-Петербурга. Размещение в базах данных ММЦ Москва. Передача информации в кодовой форме GRIB – посредством FTP.

4.3.4. Оперативные технологии приложения продукции ЧПП: (MOS, PPM, KF, Expert Systems, etc.) краткосрочный прогноз (0-72 часов)

4.3.4.1. В оперативном режиме:

Система статистической интерпретации результатов гидродинамического моделирования по городам мира (MOS, см. раздел 4.2.4.1).

Система интерпретации на основе схемы статистической коррекции результатов систем глобального моделирования (UKMO, NCEP): экстремальные значения T2м для сроков измерений, направление и скорость ветра, суммы осадков для пунктов метеостанций России (результаты для пунктов России размещены на <http://method.meteorf.ru/ansambl/ansambl.html>).

Система физико-статистической интерпретации результатов региональной модели Гидрометцентра России: прогнозы конвективных опасных явлений погоды (грозы, ливней, града, сильных шквалов) с заблаговременностью до 36 часов (результаты размещаются в базах данных Гидрометцентра

России)

Авиационный постпроцессинг:

а) на основе выходной продукции COSMO-Ru с разрешением 7 и 2.2 км: ряд специализированных прогнозов метеорологических характеристик (высоты верхней и нижней границ конвективной и слоистой облачности, границ слоев обледенения, интенсивности турбулентности в нижнем слое, высота нулевой изотермы, балл облачности, и др.) для обслуживания авиации в аэропортах Европейской части России с заблаговременностью до 48 часов (Результаты поступают по специализированным запросам)

б) на основе выходных данных глобальной модели ПЛАВ 2008: характеристики конвективной облачности (высоты верхней и нижней границ), высоты и значения максимальных скоростей ветра, высоты динамической тропопаузы, высот границ слоев обледенения и турбулентности, а также - комплексные показатели (фронтальный

параметр) с заблаговременностью до 36 часов. (Результаты поступают по специализированным запросам)

#### 4.3.4.2. Исследования, выполняемые в данной области

##### Усовершенствование всех перечисленных в 4.3.4.1. систем

4.3.5. Система ансамблевого прогноза (Число членов, начальное состояние, метод возмущений, модели и количество используемых моделей, возмущения физических параметризаций, постпроцессинг: вычисление индексов, кластеризация)

##### 4.3.5.1. В оперативном режиме

См. Раздел 4.2.5.1.

В настоящее время мезомасштабные ансамблевые прогнозы не выпускаются. 4.3.5.2. Исследования, выполняемые в данной области

1) См. Раздел 4.2.5.2

2) Исследование влияния учета неопределенности прогноза за счет влияния несовершенства моделей атмосферы на качество прогноза:

Сопоставление результатов ансамблевых прогнозов по различным системам, полученных в рамках проекта FROST-2014 [21-24].

##### 4.3.5.3. Доступная оперативная продукция численного ансамблевого прогноза погоды (ЧПП)

См. Раздел 4.2.5.3

## **4.4 Наукастинг и сверх-краткосрочные прогностические системы (0-6 час.)**

### 4.4.1 Схемы наукастинга

#### 4.4.1.1 В оперативном режиме

В ММЦ/РСМЦ Москва в оперативном режиме схемы наукастинга не применяются.

#### 4.4.1.2 Исследования, выполняемые в данной области

- Разрабатывается методика наукастинга, базирующаяся на прогнозах по моделям и COSMO-Ru, WRF-ARW, информации с геостационарных спутников и радиолокаторов

- Ведутся исследования по результатам международного демонстрационного проекта BMO FROST-2014 для метеообеспечения олимпиады Сочи 2014

- Начата адаптация комплекса статистического наукастинга полей осадков по последовательным полям интенсивности осадков по данным об отражаемости с доплеровских радиолокаторов на территории Центрального федерального округа (ЦФО), получены первые результаты ансамблевого статистического прогнозирования на несколько часов вперед от различных начальных полей радарных осадков, отстоящих друг от друга на 10 минут.

### 4.4.2 Модели, используемые в системах сверхкраткосрочного прогноза

#### 4.4.2.1 В оперативном режиме

Не применяются.

#### 4.4.2.2 Исследования, выполняемые в данной области

Адаптация для задач наукастинга негидростатической модели COSMO-Ru (разработка консорциума по мезомасштабному моделированию COSMO) в конфигурациях:

COSMO-Ru2, (сетка 2,2x2,2км, версии для Центрального федерального округа России для Татарстана, для Северного Кавказа, «вложенные» в COSMO-Ru7).

#### **4.5. Специализированные численные прогнозы (морского волнения, штормовых нагонов, морского льда, тропических циклонов, переноса и дисперсии примесей, ультрафиолетовой радиации, качества воздуха, смога, песчаных бурь).**

##### 4.5.1 Усвоение, анализ и инициализация специализированных данных

###### 4.5.1.1 В оперативном режиме

Внедрена система усвоения океанографических данных для инициализации совместной модели океан-атмосфера при составлении сезонных прогнозов. Ядро схемы составляет новая модель поля ошибок первого приближения, основанная на трехмерных фильтрах авторегрессии и скользящего среднего. Для получения полей первого приближения используется модель общей циркуляции океана. Предварительные оценки показывают, что система позволяет восстанавливать структуру основных гидрофизических полей с более высокой точностью по сравнению с климатическими данными.

###### 4.5.1.2 Исследования, выполняемые в данной области

Проводится работа по переводу системы усвоения океанографических данных на новую модель общей циркуляции океана NEMO (The Nucleus for European Modelling of the Ocean) с распараллеленным программным кодом и с трехполюсной расчетной сеткой, обеспечивающей возможность проводить усвоение в глобальной области, включающей Арктический бассейн..

##### 4.5.2. Специализированные модели

###### 4.5.2.1 В оперативном режиме

А) Прогноз морского волнения:

1) Выпуск прогнозов на основе спектрально-параметрической модели ветрового волнения. Решение модели состоит в разделении спектра на 2 составляющие: ветровых волн и волн зыби. Для прогноза волнения используются данные объективного анализа и продукция глобальной спектральной модели атмосферы Гидрометцентра России T169L31: - диагноз и прогноз скорости ветра на сетке 1,25°x1,25°.

2) Прогнозирование характеристик ветрового волнения (высоты значительных волн; среднего направления распространения, средней длины, среднего периода, высоты и направления распространения ветровых волн, высоты и направления распространения волн зыби) на основе спектральной модели WaveWatch III v.3.14. Прогнозы составляются на сроки до 5 суток с использованием метеорологической прогностической информации (прогнозы по модели ПЛАВ и системы GFS) для акватории Мирового океана (сетка 0.5×0.5 град.), а также для отдельных морей: Балтийского (сетка 1.2'×1.2', ~2 км), и Каспийского (3.6'×3.6', ~6 км), Баренцева (сетка 0.25°×0.1°, ~10 км), Белого (сетка 3.0'×1.2', ~2 км). Результаты прогнозирования размещаются на сайте <http://hmc.meteorf.ru/sea/index.html>

Б) Прогноз изменений уровня моря и скорости течений:

Система краткосрочного (до 48 часов) прогнозирования изменений уровня моря и скорости течений в Баренцевом и Белом морях на основе расчетов по трехмерной гидродинамической модели со свободной поверхностью с учетом приливных движений на сетке с шагом 4 км. В качестве входной метеорологической информации используются прогнозы полей атмосферного давления по региональной атмосферной модели Гидрометцентра России *Mlp/MIО*.

Результаты прогнозирования размещаются на сайте <http://hmc.meteorf.ru/sea/index.html>

В) Долгосрочные прогнозы морского льда на неарктических морях России:

Прогнозы характеристик ледового покрова морей с заблаговременностью несколько месяцев. Прогнозируются даты первого появления льда в портах, максимальная ледовитость морей, максимальная толщина припайного льда, даты очищения моря ото льда в портах, продолжительность ледового периода. Прогнозы основаны на представлении о цикличности в ходе изменчивости гидрометеорологических элементов и о влиянии состояния термобарических полей в период, предшествующий ледовому сезону. В качестве предикторов для прогнозов используются корреляционные связи ледовых параметров и характеристик атмосферного давления и температуры воздуха в предшествующие периоды.

Месячные прогнозы характеристик ледового покрова морей, основанные на методе подбора годов-аналогов.

Г) Прогнозы речного стока с использованием выходной продукции моделей (COSMO-Ru13-ENA). (для Европейской части России – 7 км), и региональная модель Гидрометцентра России *Mlp/MIО* (разрешение 25 км), а также продукции NCEP-NCAR и ЕЦСПП.

В период весеннего ледохода используется модель речного льда, разработанная в Гидрометцентре России.

#### 4.5.2.2 Исследования, выполняемые в данной области

Испытывается версия модели прогноза штормовых нагонов на входных данных из продукции Региональной модели Гидрометцентра России России *Mlp/MIО*

Проводится верификация прогнозов ветрового волнения по акватории Мирового океана для определения зависимости качества прогнозов от источников метеорологической информации.

### **4.6 Прогнозы с увеличенной заблаговременностью (10 - 30 дней). (Модели, ансамбли, методология)**

Вычислительное ядро схемы вероятностного долгосрочного гидродинамического прогноза метеорологических условий в настоящее время составляет глобальная полулагранжева гидродинамическая модель ПЛАВ2008.

Реализована согласованная с Главной геофизической обсерваторией (ГГО) им. Воейкова Росгидромета пилотная технология выпуска еженедельных детализированных мультимодельных прогнозов на срок до 1,5 месяцев с использованием результатов вычислений моделей Гидрометцентра России и ГГО.

#### 4.6.1 Используемые модели

Модель ПЛАВ-2008 - глобальная конечно-разностная модель общей циркуляции атмосферы разработана в ИВМ РАН и Гидрометцентре России.

Модель включает в себя набор параметризаций процессов подсеточного масштаба (перенос коротко- и длинноволновой радиации, глубокая и мелкая конвекция, процессы обмена в планетарном пограничном слое, торможение гравитационных волн, параметризация тепло- и влагообмена с подстилающей поверхностью), разработанный в Метео-Франс и метеослужбах консорциума RC-LACE (Limited Area modeling for Central Europe) (<http://www.rclace.eu>) для французской глобальной оперативной модели ARPEGE и региональной модели международного консорциума ALADIN. Модель генерирует 20 членов ансамбля по начальным данным реанализа-2 NCEP/NCAR с использованием техники бридинга выращивания быстро растущих мод). Граничными условиями служат начальные аномалии ТПО в течение всего прогностического периода.

Модель ГГО им. Воейкова Росгидромета Т63L25 (горизонтальное разрешение  $1.9^{\circ} \times 1.9^{\circ}$ , 25 слоев по вертикали) – глобальная спектральная модель атмосферы, с достаточно полным комплектом параметризаций подсеточных физических процессов. В 2015г было произведено обновление физического блока модели, снизившее систематические ошибки прогнозов. Граничные условия по температуре поверхности океана (ТПО) предполагают сохранение начальных аномалий ТПО на всем периоде интегрирования. По сравнению с предшествующей версией изменены условия задания распределения концентрации морского льда – вместо климатического распределения используются начальные аномалии (удерживаемые в течение 14 суток), с последующей релаксацией к климатическому распределению. По данным наблюдений за последние 20 лет (1992-2011гг.) уточнены климатические поля ТПО и характеристик морского льда. Для построения вероятностных прогностических распределений используются расчеты ансамбля прогнозов (10 членов ансамбля).

#### 4.6.1.1 В оперативном режиме

Численная модель ПЛАВ работает в оперативном режиме, текущие и ретроспективные расчеты прогнозов проводятся еженедельно на 63 суток, а два раза в месяц на 135 суток. Постпроцессинг модели формирует 68 полей метеозакономерностей на глобальной широтно-долготной сетке  $1.5^{\circ} \times 1.5^{\circ}$ .

Т63L25 (ГГО): Прогнозы, полученные с использованием модели атмосферы Т63L25 в ГГО, передаются в ММЦ Москва (Гидрометцентр России), выбраны следующие временные интервалы осреднения: 1-7 суток (1 неделя); 8-14 суток (2 неделя); 15-21 суток (3 неделя); 22-28 суток (4 неделя); 1-30 суток (1 месяц); 15-45 суток (2-й месяц). При выборе данных в суточной дискретности разработаны программы, позволяющие формировать по исходным данным интервалы осреднений переменной длины. Такая гибкость позволяет изменить временные окна для прогноза и для оценки качества прогностической схемы.

Блок статистической интерпретации, реализованный в вычислительной среде сервера Североазиатского климатического центра СЕАКЦ, включает процедуры, позволяющие получить в оперативном режиме по результатам расчетов глобальных полей приземной температуры воздуха на основе моделей Гидрометцентра России (ПЛАВ) и ГГО, значения температуры воздуха на станциях с еженедельной дискретностью. Результатами являются прогностические значения температуры воздуха для 70 станций, расположенных на территории СНГ.

#### 4.6.1.2 Исследования, выполняемые в данной области

Исследуется статистическая структура ежесуточных климатических архивов полей приземной температуры воздуха (2м) и осадков, необходимых для получения нормализованных прогностических аномалий.

Рассматриваются возможности использования дальних связей между приземной температурой воздуха и полями, характеризующими крупномасштабные структуры атмосферной циркуляции и термическое состояние подстилающей поверхности. Предполагается оценить дополнительный эффект от использования дальних связей на основе оценок качества прогностической продукции [11,13].

С использованием методов теории принятия решения исследуются возможности разработки методик отбора той продукции, которая является в некотором смысле оптимальной для прогноза конкретной метеорологической переменной в конкретной географической специфике.

#### 4.6.2 Оперативно доступная продукция ансамблевых прогностических систем на сроки 10-30 суток:

Прогнозы средних месячных полей температуры регулярно размещаются на веб-сайте Гидрометцентра России <http://www.meteoinfo.ru>. Прогноз приземной температура воздуха, температуры на стандартных изобарических поверхностях 500 и 850 гПа, а также прогнозы приземной температуры для 70 населенных пунктов бывшего СССР предоставляются потребителям по запросам.

Прогнозы основных метеорологических полей, а именно: высоты поверхности 500 гПа (Н-500), температуры воздуха на уровне поверхности 850 гПа (Т-850), атмосферного давления на уровне моря, приземной температуры воздуха и осадков с недельной детализацией регулярно (раз в неделю) публикуются на сайте СЕАКЦ <http://seakc.meteoinfo.ru/>

### **4.7 Долгосрочные прогнозы (30 дней - 2 года) (Модели, ансамбли, методология)**

#### 4.7.1. В оперативном режиме:

В ФГБУ «Гидрометцентр России» реализована технология выпуска глобальных ансамблевых прогнозов с заблаговременностью до 4-х месяцев на основе использования моделей Гидрометцентра России (ПЛАВ2008) и ГГО (Т42L14). Карты прогнозов основных метеорологических глобальных полей (высоты поверхности 500 гПа (Н-500), температуры воздуха на уровне поверхности 850 гПа (Т-850), атмосферного давления на уровне моря, приземной температуры воздуха и осадков) с месячной и сезонной детализацией регулярно (раз в месяц) публикуются на сайте СЕАКЦ <http://seakc.meteoinfo.ru/>

Прогнозы аномалии среднемесячной температуры и осадков по территории стран СНГ с заблаговременностью до 6 месяцев на холодный и теплый периоды года на основе комплекса разработок НИУ Росгидромета (Гидрометцентр России, ГГО им. А.И. Воейкова, ААНИИ, ДВНИГМИ) размещаются на сайте Гидрометцентра России <http://www.meteoinfo.ru>.

В рамках международного сотрудничества и участия Гидрометцентр России в проекте APCN ежемесячно составляются и передаются координаторам проекта в АРСС (г.Пусан, Республика Корея) глобальные ансамблевые прогнозы на 4 месяца с месячной заблаговременностью.

Прогнозы на ближайшие 3 месяца и соответствующие данные исторических сезонных прогнозов ММЦ-Москва составляются ежемесячно и направляются в Азиатско-Тихоокеанский климатический центр (АРСС) (Busan, Republic Korea) как вклад в мульти-модельный ансамблевый сезонный прогноз в рамках международного проекта APCN (Asia-Pacific Climate Network) по долгосрочным прогнозам в г. Сеул, Республика Корея.

#### 4.7.2. Исследования, выполняемые в данной области:

Ведется постоянная работа по созданию новых версий модели ПЛАВ, в частности, по улучшению блоков параметризации коротко- и длинноволновой радиации, облачности, пограничного слоя, описания льда, озонового слоя.

Исследуются возможности применения различных методов статистической региональной детализации (регрессионных методов, вероятностных подходов и т.д.) глобальных прогностических метеорологических полей.

С использованием глобальной полулагранжевой модели (ПЛАВ) исследуется региональная предсказуемость низкочастотной изменчивости и связанных с ней режимов атмосферной циркуляции на месячных и сезонных интервалах времени в северном полушарии.

Ведутся технологические работы по представлению результатов исторических прогнозов согласно протоколам международных проектов CHFP и S2S.

#### 4.7.3 Оперативно доступная продукция:

Результаты сезонных прогнозов ММЦ/РСМЦ Москва с использованием соответствующих оценок исторических прогнозов для основных сезонов года размещаются на сайтах <http://wmc.meteoinfo.ru/season>, <http://wmc.meteoinfo.ru/ПЛАВ>.

Ежемесячно прогнозы на 3 месяца с месячной заблаговременностью и соответствующие данные ретроспективных сезонных прогнозов ММЦ-Москва направляются в Азиатско-Тихоокеанский климатический центр (АРСС) (Бусан, Республика Корея) как вклад в мульти-модельный ансамблевый сезонный прогноз в рамках международного проекта APCN (Asia-Pacific Climate Network) по долгосрочным прогнозам. Также раз в месяц сезонные прогнозы модели ПЛАВ с месячной заблаговременностью направляются в Ведущий центр ВМО по мульти-модельным долгосрочным прогнозам в г. Сеул, Республика Корея. Перечень передаваемых прогностических характеристик включает средние месячные и трехмесячные глобальные поля высоты 500 гПа, температуры на уровне 850 гПа, давления на уровне моря, приземной температуры воздуха и суммарных осадков для индивидуальных членов ансамбля.

Прогнозы аномалии среднемесячной температуры и осадков по территории СНГ с заблаговременностью до 6 месяцев на холодный и теплый периоды года на основе прогностических разработок НИУ РОСГИДРОМЕТА (Гидрометцентр России, ГГО им. А.И. Воейкова, ААНИИ, ДВНИГМИ) размещены на сайте: <http://meteoinfo.ru/veget-period-2014>

Прогнозы аномалий температуры воздуха и осадков на месяц с нулевой заблаговременностью по территории СНГ на базе гидродинамических прогнозов (ПЛАВ, спектральная модель Гидрометцентра России, спектральная модель ГГО) и синоптико-статистических прогнозов размещены на странице <http://meteoinfo.ru/1month-forc>



## 5. Верификация прогностической продукции

### 5.1. Среднегодовые показатели

Глобальная полулагранжевая модель Гидрометцентра России и Института вычислительной математики Российской Академии наук по (ПЛАВ-2008) для исходных сроков 00 и 12 ВСВ,. Оценки рассчитаны согласно Справочнику по ГСОДП 2010 года в редакции 2012 года ([http://www.wmo.int/pages/prog/www/DPFS/Manual\\_GDPFS.html](http://www.wmo.int/pages/prog/www/DPFS/Manual_GDPFS.html)) на сетке 1.5x1.5 градуса.

#### 5.1.1. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)

##### 5.1.1.1. ПЛАВ-2008, Северное полушарие. Давление на уровне моря

Заблаговременность (часы)	ME (гПа)		RMSE (гПа)		CA		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-0,205	-0,216	1,535	1,514	0,978	0,979	0,312	0,312
48	-0,176	-0,278	2,252	2,266	0,953	0,953	0,388	0,388
72	-0,275	-0,348	3,140	3,110	0,909	0,912	0,464	0,466
96	-0,325	-0,350	4,170	4,123	0,841	0,845	0,543	0,545
120	-0,281	-0,367	5,266	5,256	0,750	0,751	0,618	0,621
144		-0,389		6,357		0,640		0,690
168		-0,337		7,285		0,531		0,744
192		-0,330		8,074		0,427		0,787
216		-0,301		8,690		0,342		0,814
240		-0,292		9,171		0,271		0,834

##### 5.1.1.2. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)

##### Высота изобарической поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (м)		RMSE (м)		KA		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-1,432	-2,403	11,296	11,975	0,992	0,991	0,183	0,183
48	0,384	-1,523	18,698	19,575	0,978	0,976	0,260	0,259
72	0,441	-1,244	28,613	29,001	0,948	0,946	0,340	0,339
96	0,841	-0,539	40,597	40,590	0,894	0,894	0,421	0,419
120	1,910	-0,168	53,566	53,786	0,814	0,813	0,498	0,495
144		0,208		66,993		0,710		0,564
168		1,238		78,547		0,601		0,619
192		1,836		88,642		0,494		0,664
216		2,720		96,889		0,400		0,695
240		3,492		103,129		0,325		0,717

### 5.1.1.3. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)

Высота изобарической поверхности 250 гПа

Заблаговре- -менность	ME (м)		RMSE (м)		KA		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
(часы)								
24	-0,919	-2,105	15,328	16,084	0,993	0,992	0,156	0,156
48	2,770	0,613	26,179	26,879	0,979	0,978	0,225	0,225
72	4,643	2,802	40,081	40,157	0,950	0,949	0,296	0,296
96	6,660	5,108	56,683	56,477	0,899	0,900	0,370	0,369
120	9,213	6,970	75,095	74,771	0,822	0,823	0,442	0,440
144		8,656		93,266		0,725		0,503
168		10,898		109,975		0,618		0,557
192		12,690		124,555		0,511		0,601
216		14,665		136,350		0,417		0,632
240		16,422		145,345		0,341		0,655

### 5.1.1.4. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)

Температура воздуха на поверхности 850 гПа

Заблаговре- -менность	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
(часы)						
24	0,181	0,128	1,602	1,741	0,914	0,898
48	0,290	0,203	1,906	2,024	0,880	0,864
72	0,349	0,246	2,250	2,354	0,836	0,821
96	0,400	0,281	2,676	2,758	0,772	0,759
120	0,441	0,309	3,136	3,216	0,690	0,677
144		0,337		3,681		0,582
168		0,369		4,122		0,481
192		0,389		4,501		0,384
216		0,412		4,791		0,306
240		0,436		5,024		0,242

### 5.1.1.5. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)

Температура воздуха на поверхности 500 гПа

Заблаговре- -менность	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
(часы)						
24	-0,100	-0,083	0,870	0,863	0,969	0,970
48	-0,058	-0,030	1,269	1,258	0,936	0,937
72	-0,038	-0,002	1,726	1,707	0,884	0,886
96	-0,009	0,031	2,228	2,211	0,808	0,812
120	0,025	0,061	2,735	2,724	0,714	0,718
144		0,096		3,210		0,612
168		0,133		3,635		0,502
192		0,175		4,005		0,398
216		0,224		4,278		0,317
240		0,270		4,480		0,254

5.1.1.6. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)

Температура воздуха на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	0,336	0,325	1,136	1,126	0,949	0,950
48	0,478	0,454	1,614	1,600	0,895	0,896
72	0,609	0,589	2,057	2,052	0,824	0,824
96	0,695	0,673	2,483	2,471	0,736	0,738
120	0,766	0,747	2,871	2,867	0,638	0,638
144		0,796		3,200		0,541
168		0,838		3,479		0,451
192		0,871		3,712		0,370
216		0,903		3,876		0,310
240		0,930		4,011		0,261

5.1.1.7. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)

Скорость ветра на поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	-0,306	-0,283	3,943	3,965
48	-0,435	-0,417	5,388	5,378
72	-0,539	-0,511	6,975	6,955
96	-0,558	-0,532	8,681	8,654
120	-0,582	-0,570	10,373	10,345
144		-0,593		11,897
168		-0,611		13,208
192		-0,618		14,282
216		-0,618		15,066
240		-0,622		15,627

5.1.1.8. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	-0,641	-0,617	5,355	5,352
48	-0,812	-0,798	7,684	7,655
72	-0,990	-0,942	10,111	10,077
96	-1,094	-1,053	12,703	12,656
120	-1,185	-1,150	15,308	15,228
144		-1,254		17,587
168		-1,349		19,660
192		-1,431		21,363
216		-1,504		22,608
240		-1,546		23,507

### 5.1.2. ПЛАВ-2008, Тропики (20N-20S)

#### 5.1.2.1. ПЛАВ-2008, Тропики (20N-20S)

Высота изобарической поверхности 850 гПа

Заблаговременность (часы)	RMSE (м)		КА		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	9,855	9,700	0,774	0,768	0,557	0,557
48	12,341	12,588	0,668	0,635	0,595	0,596
72	15,386	14,954	0,537	0,548	0,634	0,633
96	16,322	15,732	0,503	0,516	0,658	0,661
120	17,051	17,031	0,461	0,438	0,680	0,685
144		17,920		0,399		0,712
168		18,379		0,343		0,731
192		19,056		0,298		0,749
216		19,637		0,254		0,761
240		19,971		0,227		0,772

#### 5.1.2.2. ПЛАВ-2008, Тропики (20N-20S)

Высота изобарической поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	RMSE (м)		КА		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	10,175	10,381	0,917	0,915	0,397	0,401
48	12,484	12,843	0,878	0,872	0,447	0,451
72	15,074	15,162	0,831	0,827	0,487	0,493
96	17,360	17,267	0,777	0,775	0,524	0,529
120	19,861	19,357	0,708	0,720	0,556	0,561
144		21,584		0,651		0,591
168		23,618		0,581		0,619
192		25,538		0,513		0,644
216		27,363		0,443		0,667
240		28,909		0,386		0,685

#### 5.1.2.3. ПЛАВ-2008, Тропики (20N-20S)

Температура воздуха на поверхности 850 гПа

Заблаговременность (часы)	RMSE (К)		КА	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	1,309	1,346	0,638	0,645
48	1,405	1,438	0,586	0,597
72	1,498	1,536	0,535	0,547
96	1,591	1,646	0,484	0,490
120	1,695	1,774	0,428	0,423
144		1,895		0,357
168		2,009		0,293
192		2,104		0,238
216		2,181		0,192
240		2,238		0,155

5.1.2.4. ПЛАВ-2008, Тропики (20N-20S)

Температура воздуха на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	RMSE (К)		КА	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	0,809	0,785	0,799	0,805
48	1,092	1,063	0,663	0,670
72	1,274	1,237	0,554	0,557
96	1,390	1,354	0,473	0,466
120	1,468	1,428	0,404	0,397
144		1,470		0,349
168		1,497		0,309
192		1,512		0,284
216		1,536		0,250
240		1,556		0,224

5.1.2.5 ПЛАВ-2008, Тропики (20N-20S)

Скорость ветра на поверхности 850 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-0,549	-0,543	3,359	3,264
48	-0,836	-0,818	3,964	3,874
72	-1,013	-1,029	4,477	4,422
96	-1,141	-1,144	4,896	4,826
120	-1,245	-1,244	5,279	5,179
144		-1,252		5,456
168		-1,305		5,725
192		-1,345		5,942
216		-1,383		6,131
240		-1,393		6,279

5.1.2.6 ПЛАВ-2008, Тропики (20N-20S)

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-0,529	-0,550	5,735	5,799
48	-0,760	-0,809	7,273	7,363
72	-0,983	-1,007	8,408	8,509
96	-1,166	-1,193	9,367	9,442
120	-1,303	-1,335	10,124	10,220
144		-1,436		10,901
168		-1,541		11,523
192		-1,619		12,107
216		-1,697		12,636
240		-1,776		13,044

### 5.1.3. Оценки. ПЛАВ-2008. Южное полушарие

#### 5.1.3.1. ПЛАВ-2008, Южное полушарие (20S-90S). Давление на уровне моря

Заблаговременность (часы)	ME (гПа)		RMSE (гПа)		KA		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-0,439	-0,300	2,882	2,739	0,953	0,957	0,277	0,275
48	-0,800	-0,570	3,735	3,503	0,921	0,930	0,352	0,350
72	-1,059	-0,864	4,711	4,502	0,875	0,884	0,428	0,428
96	-1,185	-1,047	5,867	5,721	0,803	0,811	0,506	0,506
120	-1,343	-1,156	7,104	6,982	0,710	0,716	0,576	0,578
144		-1,279		8,193		0,609		0,638
168		-1,328		9,290		0,499		0,687
192		-1,382		10,126		0,405		0,722
216		-1,426		10,868		0,317		0,750
240		-1,452		11,482		0,243		0,771

#### 5.1.3.2. ПЛАВ-2008, Южное полушарие (20S-90S).

##### Высота изобарической поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (м)		RMSE (м)		KA		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	(часы)	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ
24	-0,223	0,052	12,562	12,527	0,993	0,993	0,154	0,155
48	-1,677	-0,500	21,537	21,541	0,979	0,979	0,226	0,227
72	-3,119	-2,280	33,437	33,721	0,948	0,947	0,301	0,303
96	-3,658	-3,277	47,793	48,508	0,893	0,889	0,376	0,378
120	-4,920	-4,061	63,208	63,886	0,812	0,807	0,446	0,447
144		-4,948		78,683		0,709		0,507
168		-5,141		92,192		0,604		0,558
192		-5,265		103,855		0,501		0,599
216		-5,224		113,763		0,404		0,630
240		-4,962		121,856		0,321		0,654

#### 5.1.3.3. ПЛАВ-2008, Южное полушарие (20S-90S).

##### Высота изобарической поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (м)		RMSE (м)		KA		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	1,038	1,113	15,515	15,623	0,994	0,994	0,124	0,125
48	0,753	1,914	28,181	28,545	0,980	0,980	0,190	0,192
72	0,918	1,803	44,061	44,681	0,951	0,949	0,258	0,261
96	1,706	2,195	63,180	64,168	0,897	0,894	0,328	0,330
120	1,420	2,351	83,834	84,726	0,818	0,814	0,394	0,396
144		2,601		104,572		0,717		0,453
168		3,535		122,526		0,615		0,501
192		4,464		138,800		0,511		0,543
216		5,440		152,183		0,415		0,575
240		6,399		163,278		0,331		0,599

5.1.3.4. ПЛАВ-2008, Южное полушарие (20S-90S)  
Температура воздуха на поверхности 850 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	0,335	0,282	1,864	1,829	0,890	0,893
48	0,453	0,404	2,193	2,145	0,846	0,852
72	0,507	0,452	2,553	2,504	0,791	0,797
96	0,541	0,485	2,985	2,933	0,714	0,722
120	0,552	0,498	3,435	3,389	0,621	0,630
144		0,505		3,828		0,531
168		0,518		4,216		0,434
192		0,532		4,538		0,349
216		0,551		4,811		0,272
240		0,576		5,018		0,211

5.1.3.5. ПЛАВ-2008, Южное полушарие (20S-90S)  
Температура воздуха на поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	-0,103	-0,113	0,869	0,875	0,972	0,972
48	-0,077	-0,071	1,308	1,322	0,937	0,936
72	-0,063	-0,053	1,807	1,822	0,880	0,878
96	-0,046	-0,034	2,338	2,364	0,799	0,796
120	-0,047	-0,032	2,880	2,900	0,697	0,694
144		-0,020		3,377		0,589
168		0,002		3,797		0,485
192		0,033		4,167		0,383
216		0,065		4,448		0,300
240		0,089		4,666		0,234

5.1.3.6. ПЛАВ-2008, Южное полушарие (20S-90S)  
Температура воздуха на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	0,239	0,205	1,053	1,056	0,957	0,956
48	0,348	0,315	1,548	1,557	0,903	0,902
72	0,479	0,448	2,015	2,030	0,832	0,829
96	0,566	0,544	2,462	2,481	0,742	0,738
120	0,639	0,614	2,868	2,874	0,643	0,641
144		0,695		3,234		0,543
168		0,762		3,525		0,454
192		0,817		3,765		0,373
216		0,861		3,967		0,302
240		0,893		4,138		0,244

5.1.3.7. ПЛАВ-2008, Южное полушарие (20S-90S).

Скорость ветра на поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	-0,231	-0,203	4,019	4,086
48	-0,335	-0,278	5,673	5,715
72	-0,369	-0,317	7,490	7,550
96	-0,351	-0,308	9,411	9,479
120	-0,379	-0,317	11,290	11,319
144		-0,328		13,022
168		-0,317		14,486
192		-0,304		15,688
216		-0,288		16,658
240		-0,283		17,393

5.1.3.8. ПЛАВ-2008, Южное полушарие (20S-90S).

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	-0,410	-0,459	5,323	5,340
48	-0,628	-0,610	7,922	7,980
72	-0,776	-0,727	10,619	10,697
96	-0,848	-0,816	13,402	13,502
120	-0,956	-0,916	16,143	16,230
144		-0,987		18,765
168		-1,037		21,005
192		-1,075		22,908
216		-1,137		24,400
240		-1,198		25,569



### 5.3. Глобальная спектральная модель Гидрометцентра России, версия Т339L31

#### 5.3.1. Оценки Т339L31 за 2015 г., Северное полушарие (20°N – 90°N)

##### 5.3.1.1. Т339L31, Северное полушарие, Давление на уровне моря

Заблаговре- -менность	ME (hPa)		RMSE (hPa)		КА		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
(часы)								
24	-0,1	-0,1	1,9	2,0	0,97	0,97	0,34	0,35
48	0,0	0,0	2,9	2,9	0,94	0,93	0,43	0,44
72	0,1	0,0	3,9	4,0	0,89	0,88	0,52	0,53
96		0,0		5,2		0,80		0,62
120		0,0		6,4		0,70		0,69
144		0,0		7,4		0,60		0,76
168		0,0		8,2		0,50		0,80
192		-0,1		8,9		0,42		0,84
216		-0,1		9,6		0,35		0,86
240		0,1		10,1		0,28		0,88

##### 5.3.1.2. Т339L31, Северное полушарие, Высота изобарической поверхности 500 гПа

Заблаговре- -менность	ME (м)		RMSE (м)		КА		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
(часы)								
24	0,1	0,0	13,3	13,5	0,99	0,99	0,20	0,20
48	0,3	-0,6	23,0	23,6	0,97	0,97	0,28	0,28
72	0,9	-1,0	35,6	36,2	0,92	0,92	0,37	0,37
96		-1,7		50,7		0,85		0,46
120		-2,8		65,2		0,76		0,54
144		-3,7		78,5		0,65		0,60
168		-5,5		89,5		0,55		0,65
192		-6,5		99,0		0,45		0,69
216		-7,5		107,3		0,36		0,72
240		-8,4		114,4		0,28		0,74

##### 5.3.1.3. Т339L31, Северное полушарие, Высота изобарической поверхности 250 гПа

Заблаговре- -менность	ME (м)		RMSE (м)		КА		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
(часы)								
24	-0,2	-0,5	18,0	18,1	0,99	0,99	0,17	0,17
48	0,0	-0,9	31,7	32,1	0,97	0,97	0,25	0,25
72	-0,9	-1,3	48,7	49,2	0,93	0,93	0,33	0,33
96		-2,2		68,7		0,86		0,41
120		-3,9		88,9		0,77		0,48
144		-4,7		107,7		0,65		0,54
168		-6,7		123,8		0,57		0,58
192		-8,1		137,5		0,47		0,62
216		-8,9		149,0		0,38		0,65
240		-9,4		159,0		0,31		0,67

5.3.1.4 T339L31, Северное полушарие,  
Температура воздуха на поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	0,0	0,1	1,1	1,1	0,95	0,95
48	-0,1	-0,1	1,5	1,5	0,91	0,91
72	-0,3	-0,3	2,0	2,0	0,84	0,84
96		-0,6		2,6		0,75
120		-0,8		3,1		0,65
144		-1,1		3,6		0,55
168		-1,3		4,1		0,46
192		-1,6		4,4		0,37
216		-1,8		4,8		0,30
240		-2,0		5,0		0,25

5.3.1.5. T339L31, Северное полушарие,  
Температура воздуха на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	0,7	0,7	1,4	1,4	0,92	0,92
48	0,8	0,7	1,9	1,9	0,84	0,84
72	0,8	0,8	2,4	2,4	0,76	0,76
96		0,7		2,8		0,66
120		0,5		3,1		0,57
144		0,3		3,3		0,49
168		0,1		3,5		0,42
192		-0,2		3,7		0,36
216		-0,4		3,9		0,32
240		-0,6		4,0		0,28

5.3.1.6. T339L31, Северное полушарие,  
Скорость ветра на поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 BCB	12 BCB	00 BCB	12 BCB
24	-0,3	-0,3	4,4	4,3
48	-0,3	-0,2	6,1	6,0
72	-0,2	-0,2	7,9	7,9
96		-0,2		9,7
120		-0,2		11,4
144		-0,2		12,8
168		-0,3		14,1
192		-0,3		15,0
216		-0,3		15,7
240		-0,3		16,2

5.3.1.7. T339L31, Северное полушарие,  
Скорость ветра на поверхности 250 гПа

Заблаговре- менность	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	(часы)	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ
24	-1,0	-0,9	6,2	6,1
48	-1,0	-1,0	8,7	8,6
72	-0,8	-0,9	11,4	11,3
96		-1,1		14,0
120		-1,1		16,5
144		-1,3		18,6
168		-1,4		20,6
192		-1,5		21,9
216		-1,6		23,0
240		-1,6		23,9

5.3.2 - T339L31 Оценки за 2015 г., Тропики (20 N – 20 S)

5.3.2.1 - T339L31, Тропики  
Высота изобарической поверхности 850 гПа

Заблаговре- менность	ME (м)		RMSE (м)		КА		S1	
	(часы)	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ
24	0,5	0,4	7,2	7,6	0,86	0,86	0,49	0,52
48	0,6	0,4	8,9	9,0	0,84	0,82	0,52	0,55
72	0,6	-1,5	10,2	12,0	0,80	0,75	0,55	0,59
96		-1,6		13,6		0,71		0,61
120		-1,7		14,8		0,66		0,62
144		0,2		14,0		0,64		0,63
168		-1,9		16,6		0,58		0,66
192		-0,1		15,6		0,56		0,67
216		-2,2		18,0		0,51		0,69
240		-2,2		18,1		0,49		0,73

5.3.2.2 - T339L31, Тропики  
Высота изобарической поверхности 250 гПа

Заблаговре- менность	ME (м)		RMSE (м)		КА		S1	
	(часы)	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ
24	1,6	1,5	11,4	11,3	0,91	0,90	0,54	0,53
48	1,4	0,4	13,5	13,9	0,87	0,85	0,56	0,56
72	0,8	-0,9	15,8	16,7	0,82	0,81	0,59	0,59
96		-2,0		20,4		0,74		0,61
120		-4,0		24,2		0,68		0,64
144		-6,2		28,1		0,61		0,66
168		-8,5		31,8		0,53		0,68
192		-10,4		35,2		0,46		0,71
216		-12,2		38,1		0,40		0,72
240		-14,0		40,8		0,35		0,74

5.3.2.3 - T339L31, Тропики  
Температура воздуха на поверхности 850 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	1,3	1,3	1,8	1,8	0,64	0,59
48	1,2	1,1	1,9	1,8	0,58	0,52
72	1,0	0,9	1,8	1,8	0,54	0,48
96		0,6		1,8		0,44
120		0,4		1,8		0,42
144		0,2		1,8		0,39
168		0,0		1,8		0,37
192		-0,2		1,9		0,34
216		-0,4		2,0		0,31
240		-0,6		2,1		0,29

5.3.2.4 - T339L31, Тропики  
Температура воздуха на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (K)		RMSE (K)		KA	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	0,9	0,8	1,2	1,2	0,74	0,71
48	1,4	1,3	1,7	1,6	0,65	0,62
72	1,5	1,3	1,9	1,7	0,60	0,57
96		1,2		1,7		0,50
120		0,9		1,6		0,44
144		0,6		1,4		0,40
168		0,2		1,4		0,36
192		-0,2		1,4		0,32
216		-0,6		1,5		0,30
240		-1,0		1,8		0,28

5.3.2.5 - T339L31, Тропики  
Скорость ветра на поверхности 850 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	0,5	0,4	3,8	3,7
48	0,2	0,2	4,4	4,2
72	0,0	0,0	4,9	4,8
96		-0,2		5,2
120		-0,4		5,6
144		-0,5		5,9
168		-0,5		6,2
192		-0,6		6,4
216		-0,6		6,5
240		-0,6		6,7

5.3.2.1 - T339L31, Тропики  
Скорость ветра на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV (м/с)	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-0,2	-0,3	5,9	5,9
48	-0,3	-0,3	7,3	7,3
72	-0,2	-0,3	8,4	8,4
96		-0,4		9,4
120		-0,5		10,2
144		-0,7		10,9
168		-0,9		11,7
192		-1,1		12,3
216		-1,2		12,8
240		-1,3		13,2

5.3.3. - T339L31 оценки за 2015 г., Южное полушарие

5.3.3.1 - T339L31, Южное полушарие Давление на уровне моря

Заблаговременность (часы)	ME (hPa)		RMSE (hPa)		KA		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-0,1	-0,2	2,8	2,9	0,96	0,96	0,29	0,30
48	-0,2	-0,2	3,8	3,8	0,94	0,93	0,37	0,38
72	-0,2	-0,3	5,0	5,0	0,90	0,89	0,46	0,46
96		-0,3		6,4		0,83		0,54
120		-0,3		7,7		0,75		0,61
144		-0,3		8,9		0,66		0,66
168		-0,3		9,9		0,58		0,70
192		-0,3		10,7		0,51		0,74
216		-0,2		11,4		0,44		0,76
240		-0,2		11,9		0,40		0,77

5.3.3.2 - T339L31, Южное полушарие  
Высота изобарической поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (м)		RMSE (м)		KA		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	0,9	1,1	16,7	17,7	0,98	0,99	0,18	0,18
48	0,6	0,8	28,1	28,6	0,97	0,97	0,26	0,26
72	0,6	0,7	42,1	41,1	0,92	0,92	0,34	0,34
96		0,7		58,7		0,86		0,42
120		0,7		74,2		0,77		0,48
144		0,7		89,7		0,67		0,54
168		1		101,9		0,57		0,58
192		-0,2		112,9		0,47		0,62
216		-0,5		122,7		0,38		0,65
240		-0,8		129,7		0,32		0,66

5.3.3.3 - Т339L31, Южное полушарие  
Высота изобарической поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (м)		RMSE (м)		КА		S1	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	0,6	0,8	22,2	22,5	0,99	0,99	0,16	0,16
48	-0,1	0,2	37,7	38,4	0,97	0,97	0,23	0,23
72	-0,3	0,1	55,7	56,8	0,93	0,93	0,30	0,30
96		0,3		77,2		0,86		0,37
120		0,3		97,6		0,78		0,43
144		0,2		118,1		0,68		0,48
168		-1,2		135,0		0,59		0,53
192		-1,9		150,3		0,49		0,56
216		-2,7		163,8		0,40		0,59
240		-3,5		173,7		0,33		0,61

5.3.3.4 - Т339L31, Южное полушарие  
Температура воздуха на поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (К)		RMSE (К)		КА	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	0,0	0,0	1,1	1,1	0,96	0,96
48	0,0	0,0	1,6	1,6	0,91	0,91
72	0,0	-0,1	2,1	2,1	0,85	0,85
96		-0,2		2,6		0,76
120		-0,4		3,1		0,66
144		-0,6		3,6		0,55
168		-0,9		3,9		0,45
192		-1,1		4,3		0,36
216		-1,3		4,6		0,29
240		-1,6		4,8		0,24

5.3.3.5 - Т339L31, Южное полушарие  
Температура воздуха на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	ME (К)		RMSE (К)		КА	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	0,5	0,5	1,4	1,4	0,92	0,92
48	0,5	0,5	1,9	1,9	0,84	0,85
72	0,5	0,4	2,2	2,2	0,77	0,77
96		0,3		2,6		0,69
120		0,0		2,9		0,61
144		-0,2		3,1		0,52
168		-0,5		3,4		0,45
192		-0,7		3,6		0,39
216		-1,0		3,8		0,34
240		-1,2		4,0		0,30

5.3.3.6 - Т339L31, Южное полушарие  
Скорость ветра на поверхности 500 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-0,4	0,5	4,6	4,6
48	-0,3	0,5	6,6	6,6
72	-0,2	0,4	8,5	8,6
96		0,3		10,6
120		0,0		12,4
144		-0,2		14,1
168		-0,5		15,4
192		-0,7		16,4
216		-1,0		17,2
240		-1,2		17,8

5.2.3.1 - Т339L31, Южное полушарие

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

Заблаговременность (часы)	MEAN SPEED ERROR (м/с)		RMSEV(м/с)	
	00 ВСВ	12 ВСВ	00 ВСВ	12 ВСВ
24	-1,0	-1,0	6,4	6,4
48	-0,9	-1,0	9,1	9,0
72	-0,9	-0,9	11,8	11,8
96		-1,0		14,7
120		-1,3		17,3
144		-1,4		19,8
168		-1,6		21,8
192		-1,8		23,4
216		-1,9		24,7
240		-2,0		25,6

Обозначения:

RMSE – среднеквадратическая ошибка;

RMSEV - среднеквадратическая ошибка прогноза вектора скорости ветра;

КА - коэффициент корреляции аномалий;

S1 – “уровень мастерства” – надежность прогноза

## 5.4 Верификация продукции системы ансамблевых прогнозов

Для оценки успешности ансамблевых прогнозов рассчитываются вероятностные оценки, соответствующие требованиям Ведущего Центра по Верификации Ансамблевых Прогнозов (Япония, <http://epsv.kishou.go.jp/EPsv/>, “Guideline on the Exchange and Use of EPS Verification Results” (Руководство по обмену и использованию результатов верификации САП), <http://epsv.kishou.go.jp/EPsv/guideline.pdf>). Средние за месяц значения передаются на сайт Ведущего центра по верификации ансамблевых прогнозов, где они представляются в графической форме.

## 5.5 Исследования, выполняемые в данной области

Развитие объектно-ориентированных и методов нечеткой верификации краткосрочных детерминированных прогнозов осадков. Проводится адаптация прогноза в локализованной области вблизи узлов прогностической сетки (fuzzy) и объектно-ориентированных методов верификации мезомасштабных прогнозов к потокам оперативной информации радарных наблюдений. Особое внимание уделялось проблемам верификации в условиях горного рельефа с учетом потребностей метеорологического обеспечения Олимпийских игр в Сочи в 2014 г. Исследуются различные функции слияния и спаривания объектов осадков (выделяемых на основе порогового значения часовых сумм осадков) с использованием статистического пакета R SpatialVx. Эксперименты проводились для периода Олимпиады Сочи-2014 (15 января-15 марта 2014 г.). Показано, что полезной является опция отсекаания объектов малой площади (меньше заданного кол-ва узлов сетки). Внедренная в оперативную работу унифицированная система верификации краткосрочных численных прогнозов погоды VERSUS-2 (совместная разработка консорциума COSMO), дополняется блоками расчета качества вероятностных прогнозов, а также расчета доверительных интервалов.

*Развитие систем верификации долгосрочных прогнозов:* Реализация оперативного использования набора рекомендованных ВМО (2002 г.) характеристик верификации для долгосрочных прогнозов погоды: среднее квадратическое качество (MSSS), относительная оперативная характеристика (ROC), диаграммы надежности и показатель Джеррити, дополнительно к стандартным статистическим характеристикам (типа коэффициента корреляции, корреляции знаков и т.д.). Планируется включение процедур перекрестных проверок для получения устойчивых оценок качества и расширение номенклатуры прогнозируемых полей в версии модели ПЛАВ, предназначенной для сезонных прогнозов в соответствии с протоколом проекта S2S.

Разработаны и частично внедрены параметрические и непараметрические методы оценки значимости для прогнозов различной успешности долгосрочных прогностических схем, использующие различные статистические пакеты (IMSL, STATISTICA, R).

## 6. Планы на будущее (2016-2019)

### 6.1. Развитие ГСОДП

#### 6.1.1. Основные изменения в оперативной СОДП, ожидаемые в 2016 году:

Внедрение в оперативную эксплуатацию:

- новой версии глобальной модели ПЛАВ с шагом по горизонтальной координате 20 км
- усовершенствованной версии глобальной спектральной модели атмосферы T339L31.



- усовершенствованной системы ансамблевого прогноза на краткие и средние сроки на основе 3-х глобальных моделей атмосферы с разрешением около от 35 до 70 км с использованием «бридинг-метода», размер ансамбля – 14 реализаций.

- Развитие версии технологии COSMO-Ru с шагом 1 км для регионов гг. Москвы и Сочи

#### 6.1.2. Основные изменения в оперативной СОДП, ожидаемые в 2017-2020 годах

Реализация циклического усвоения с глобальными моделями Гидрометцентра России.

Внедрение и усовершенствование в оперативную эксплуатацию глобальной полулагранжевой модели атмосферы с пространственным разрешением 20-25- км и 50 уровнями по вертикали.

Внедрение версии глобальной спектральной модели T339L63

Введение в оперативную эксплуатацию новой версии ансамблевой системы прогнозов на средние сроки с увеличенным размером ансамбля, расширенным набором выходной продукции и усовершенствованным построением, включающим статистическую коррекцию.

Создание технологической инфраструктуры (базирующейся на развитии web-технологий) по выпуску сезонных - межгодовых прогнозов для территории России. Реализация унифицированной единой технологии глобального прогноза на месяц и сезон.

- Усвоение океанографических данных:

- Включение в систему усвоения данных спутниковой альтиметрии.

- Запуск оперативной технологии системы усвоения.

- Реанализ гидрофизических полей океана на интервале 2005 г – текущее время.

- Повышение разрешения модели общей циркуляции океана.

Создание версии разработанной схемы анализа 3D-Var для прогностической модели на ограниченной территории (в рамках деятельности COSMO).

### **6.2. Планируемые исследования в области ЧПП, сверх-краткосрочного и долгосрочного прогнозирования в 2016 - 2017 гг.**

#### 6.2.1. Планируемые исследования в области ЧПП

- Усвоение данных: Развитие ансамблевых подходов. Усовершенствование локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля (LETKF) совместно с моделью ПЛАВ – постепенное подключение спутниковых наблюдений OSCAT/ASCAT и других. Развитие усвоения данных для мезо-масштаба. Включение учёта реальной статистики ошибок спутниковых наблюдений.

- Глобальное моделирование: Усовершенствование и обновление физических параметризаций глобальных моделей (спектральной и конечно-разностной полулагранжевой) для новых конфигураций. Развитие негидростатического динамического ядра для полулагранжевой модели атмосферы. Повышение вертикального разрешения модели ПЛАВ с 50 до 60 уровней, а также верхней границы расчетной области с 5 до 1 гПа. Численные эксперименты с версией модели ПЛАВ с разрешением 0,11x0,09 градуса, 60 уровней. Реализация редуцированной широтно-долготной сетки в полной модели ПЛАВ. Реализация гибридной вертикальной

координаты. Улучшение описание стратосферы: блок переноса и фотохимии озона. Повышение количества уровней в глобальной спектральной модели с 31 до 63

- Ансамблевое прогнозирование: Исследование возможности использования двух подходов к генерации возмущений начальных данных – гибридной вариационной схемы ансамблевого усвоения данных и локального ансамблевого фильтра Калмана. Настройка схемы статистической коррекции.

- Развитие системы COSMO-Ru: усовершенствование блоков подготовки начальных данных для подстилающей поверхности и нижних уровней атмосферы с использованием детальных синоптических наблюдений. Опытная реализация системы мезомасштабного прогнозирования для региона Москвы на основе COSMO-Ru2 и версий модели с шагом сетки 1 км.

#### 6.2.2. Планируемые исследования в области долгосрочного прогнозирования:

Усовершенствование модели ПЛАВ в версии для долгосрочного прогноза (новые параметризации, повышенное горизонтальное разрешение  $0.9 \times 0.72^\circ$ ). Эксперименты с совместной моделью атмосферы (ПЛАВ) и океана (INMOM) по историческим сезонным прогнозам. Разработка технологии оперативного применения совместной модели;

Прогноз статистических характеристик экстремальных метеорологических явлений;

Исследование зависимости предсказуемости на месяц вперед от фаз мод крупномасштабной изменчивости [11,13];

Исследование предсказуемости при использовании различных схем физических параметризаций;

Исследование предсказуемости с применением различных схем комплексации гидродинамических моделей.

Дополнительные исследования планируются в рамках проектов Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ):

1) Разработка средних постанционных прогнозов с использованием суперансамбля модели СЕАКЦ с модифицированной технологией адаптации на базе недельной дискретизации выходной продукции модели.

2) Включение процедуры постанционного прогноза для территории бывшего СССР в оперативную схему СЕАКЦ, интегрируемую на 90 суток с недельной дискретностью.

## 7. Участие в консорциумах

Россия (Росгидромет) является членом консорциума по мезомасштабному моделированию **COSMO**.

### 7.1. Система моделирования

#### 7.1.1. В оперативной эксплуатации (см. рисунки):

COSMO-Ru7: - Версия модели COSMO, адаптированная для технологий ММЦ «Москва» с шагом сетки 7 км для области, включающей территории с запада на восток: от Гемании до запада Западной Сибири и с севера на юг от Баренцева и Карского морей до Средиземного моря. Количество узлов: 700×620×40.

COSMO-RuSib – версия COSMO-Ru с шагом 13,2 км для территории: с запада на восток от Европейской части России до Восточной Сибири и с севера на юг от побережий морей Северного Ледовитого океана до южных границ России и Монголии.

COSMO-Ru2CFO , COSMO-Ru2SFO COSMO-Ru2VFO- версии COSMO-Ru, «встроенные» в COSMO-Ru7 (система COSMO-Ru07/02) - шаг 2,2 км, области: Центральный федеральный округ (CFO) и Северо-Кавказский регион (SFO) Татарстана (VFO) (см. рисунки).

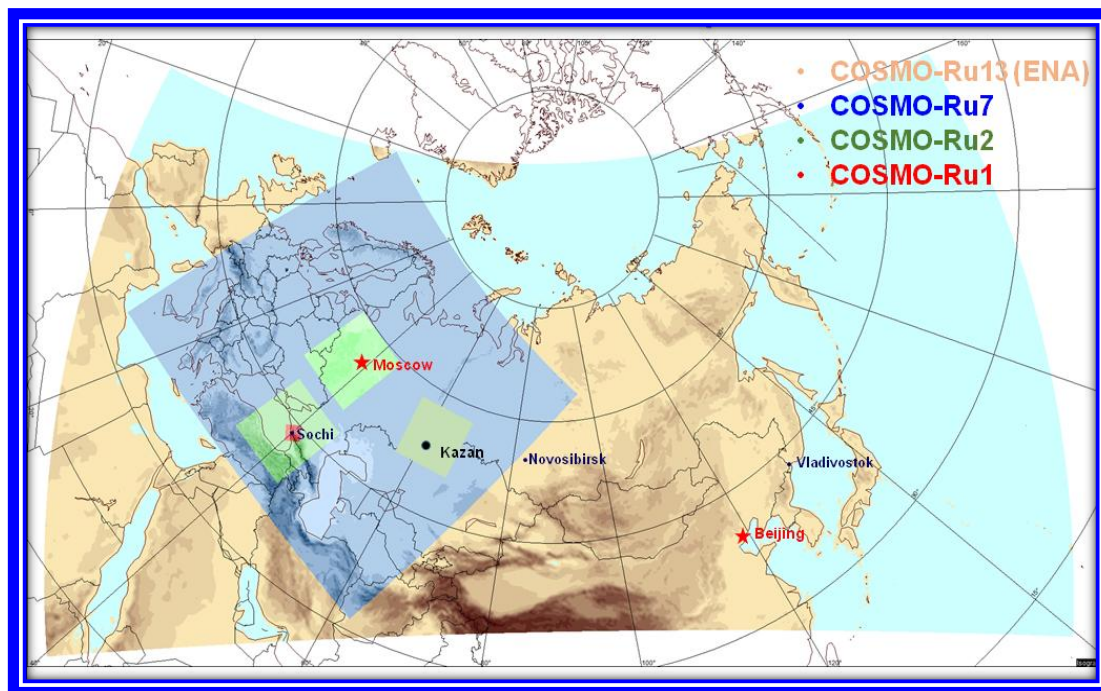
COSMO-Ru1SFO – версия COSMO-Ru, «встроенная» в COSMO-Ru2SFO – шаг 1,1 км, район Сочи.

Области интегрирования системы краткосрочного прогноза погоды COSMO-Ru с шагами сетки 13,2 км (COSMO-Ru13-ENA),

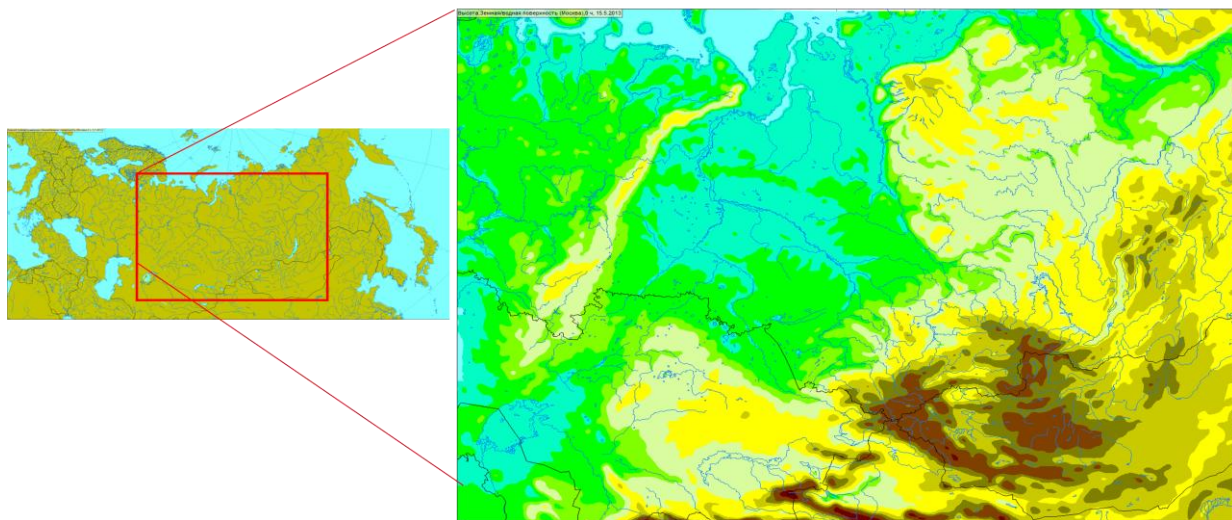
7 км (COSMO-Ru7, голубой прямоугольник),

2,2 км (COSMO-Ru2, зеленые прямоугольники),

1,1 км (COSMO-Ru1, красный прямоугольник)



## Области интегрирования COSMO RuSib13.



### 7.1.2. Исследования в этой области

Разработка новой конфигурации COSMO-Ru для области интегрирования, включающую всю территорию России с шагом 6.6 км.

Выполнение работ в рамках рабочих групп Консорциума COSMO: WG1: развитие технологий усвоения данных; WG3a: участие в разработке новой схемы турбулентности - мелкой конвекции для моделирования с разрешением менее 2 км; WG3b: разработка схемы параметризации болот, разработка системы уточненных расчетов значений водного эквивалента снега в рамках системы усвоения данных о глубине снежного покрова; WG5: развитие алгоритмов вероятностных оценок для верификации ансамблевых прогнозов, участие в проекте INSPECT для сравнения пространственных методов верификации; WG6: тестирование новых версий модели COSMO; WG7: развитие методов мезомасштабного ансамблевого моделирования).

### **7.2. График расчетов, заблаговременность прогнозов**

COSMO-Ru13-ENA: по начальным данным за сроки 00 и 12 ВСВ: старт +02-50, окончание +04-20, максимальная заблаговременность 120 часов, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 3 часа.

COSMO-Ru13-ENA: по начальным данным за сроки 06 и 18 ВСВ, старт +02-50, окончание +04-00, максимальная заблаговременность 78 часов, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 3 часа.

COSMO-Ru7: по начальным данным за сроки 00 и 12 ВСВ: старт+02-50, окончание +03-30, максимальная заблаговременность 78 часов, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 3 часа

COSMO-Ru7: по начальным данным за сроки 06 и 18 ВСВ: старт +02-50, окончание +03-15, максимальная заблаговременность 48 часов, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 3 часа

COSMO-Ru2cfo: по начальным данным за сроки 00, и 12 ВСВ: старт +03-40, окончание +04-15, максимальная заблаговременность 24 часа, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 1 час.

COSMO-Ru2cfo: по начальным данным за сроки 06 и 18 ВСВ: старт +03-15, окончание +03-50 максимальная заблаговременность 24 часа, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 1 час

COSMO-Ru2sfo: по начальным данным за сроки 00 и 12 ВСВ: старт +04-20, окончание +05-25, максимальная заблаговременность 42 часа, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 1 час.

COSMO-Ru2sfo: по начальным данным за сроки 00, 06, 12 и 18 ВСВ: старт +01-05, окончание +01-25, максимальная заблаговременность 36 часов, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 1 час.

COSMO-Ru2vfo: по начальным данным за сроки 00, 06, 12 и 18 ВСВ: старт +03-50, окончание +05-10, максимальная заблаговременность 48 часов, продукция выдается с шагом по заблаговременностям 1 час.

### **7.3. Список стран, участвующих в консорциуме:**

Германия, Швейцария, Италия, Греция, Польша, Румыния, Россия.

Каждая страна поддерживает свою собственную технологию на основе предоставляемых консорциумом кодов модели, начальных и боковых условий из глобальной модели Немецкой службы погоды или Европейского центра среднесрочных прогнозов и инфраструктурных элементов (верификация, пост-процессинг). Программное обеспечение модели позволяет использовать начальные и боковые условия из системы «вложенных» сеток.

### **7.4. Усвоение данных, объективный анализ и инициализация**

#### **7.4.1. В оперативной технологии**

Используются результаты глобальной системы усвоения данных Немецкой службы погоды поступающие для каждого начального срока из системы глобального моделирования GME (в 2012 г. шаг сетки 20 км).

Работа встроенной в программное обеспечение COSMO системы непрерывного усвоения информации наблюдений на основе метода “nudging”

#### **7.4.2. Исследования, выполняемые в данной области**

Усовершенствование встроенной в программное обеспечение COSMO системы непрерывного усвоения информации наблюдений на основе метода “nudging” для COSMO-Ru7 и COSMO-Ru2 путем дополнительного усвоения синоптических измерений приземной температуры и коррекции температуры нижних атмосферных и верхних почвенных слоев. Анализ эффективности использования данной системы.

Адаптация алгоритмов и технологии разрабатываемой глобальной системы 3D-Var ММЦ «Москва» для выполнения усвоения данных в рамках систем COSMO-RU.

### **7.5. Оперативно доступная продукция численного моделирования**

#### **7.5.1. В коде ГРИБ:**

На расчетной сетке модели предоставляется широкий набор продукции в различных системах вертикальных координат:

основные элементы: значения температуры, скорости ветра, влажности воздуха, высот геопотенциальных поверхностей, потоков радиации;

одноуровневые характеристики: облачность различных ярусов, приземные характеристики воздуха: температура воздуха на уровне 2м, точка росы на уровне 2м, суммы осадков, компоненты скорости ветра и значения порывов на высоте 10м, давление у земной поверхности и приведенное давление к уровню моря, компоненты теплового и радиационного балансов, глубина снега и его водный эквивалент.

Сообщения ГРИБ передаются пользователям по отобранной номенклатуре на основе FTP и по адресам пользователям.

#### 7.5.2. В графических форматах

А) в виде карт

Карты (для срока 00 подготавливается порядка 2000 карт) с визуализацией на основе графической системы GRADS автоматически формируются и распространяются по адресам пользователям по сети Интернет (FTP) и локальным сетям:

- давление на у.м. + облачность среднего яруса + 3-ч суммы осадков,
- высота поверхности 500 гПа + приземная температура воздуха + давление на уровне моря;
- фоновый приземный ветер и его порывы;
- функции тока, ветер на 10 м и порывы над акваториями Балтийского, Черного и Каспийского морей;
- высота границ конвекции и ветер на 500 гПа.

Отдельные виды графической продукции размещается в открытом доступе на сайтах:

<http://meteoinfo.ru/cosmo-maps>,

<http://metavia2.ru/main.php>,

<http://sibnigmi.ru/cgi-bin/inst/index.pl?5&2>.

Б) в виде метеограмм: на основе графической системы GRADS формируются для 300 узлов сетки в пределах России и распространяется на основе Ftp, Интернет-сайтов и по локальным сетям по адресам пользователям. Часть метеограмм размещается в открытом доступе на сайте <http://www.meteoinfo.ru/-cosmo-ru>

#### **7.6. Верификация прогностических продуктов**

На основе системы верификации VERSUS-2 консорциума COSMO регулярно вычисляются показатели качества прогнозов температуры, давления, осадков, облачного покрова, скорости ветра, температуры точки росы по Европейской территории России, и по общей области интегрирования моделей стран-членов Консорциума. Проводится также условная верификация, т.е. расчет оценок основных элементов погоды при заданных метеорологических условиях (например, при малом или сплошном облачном покрове, и др.). Результаты верификации выкладываются на сайте Консорциума COSMO [cosmo-model.org](http://cosmo-model.org).

На основе внутренней системы верификации Гидрометцентра России в оперативном режиме производится верификация прогнозов полусуточных сумм осадков, температуры, точки росы, фоновой скорости и порывов ветра, давления.

## **7.7. Планы на 2016 - 2017 г.г.:**

### 7.7.1. Основные изменения в оперативной технологии:

Реализовать и организовать оперативные расчеты по новой конфигурации COSMO-Ru для области интегрирования, включающую всю Россию с шагом сетки 6.6 км (после получения новой вычислительной техники, до этого времени, по техническим причинам 13.2 км).

Внедрить в оперативную эксплуатацию систему инициализации данных значений водного эквивалента снежного покрова по данным SYNOP измерениям высоты снега и метеорологических параметров на метеостанциях

### 7.7.2. Планируемые научные исследования:

Развитие системы моделирования COSMO-Ru с шагом 1 км с модификацией численного метода и физических параметризаций (в первую очередь – пограничного слоя атмосферы, непрерывного усвоения данных наблюдений).

Развитие параметризаций в рамках модели подстилающей поверхности TERRA.

Развитие параметризаций атмосферной турбулентности в планетарном пограничном слое атмосферы (PBL).

Дальнейшее развитие пространственных методов верификации результатов мезомасштабного моделирования.

Выполнение работ в рамках рабочих групп Консорциума COSMO в соответствии с научным планированием Консорциума.

## 8. Публикации

1. Алферов Д. Ю., Е. Д. Астахова, Г. С. Ривин, И. А. Розинкина. Разработка системы ансамблевых прогнозов высокого разрешения для региона проведения зимних Олимпийских игр Сочи-2014. -Труды Гидрометцентра России. 2014. Вып.352. – С. 5–20.
2. Астахова Е. Д.. Развитие технологий ансамблевого прогнозирования. Тезисы докладов VII Всероссийского метеорологического съезда, 7-9 июля 2014 г., г. Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург, 2014.
3. Астахова Е.Д., А. Монтани, Д.Ю. Алферов. Системы ансамблевых прогнозов по модели COSMO для региона Сочи: развитие методов и обеспечение вероятностными прогнозами XXII зимней Олимпиады. -Труды Гидрометцентра России. – 2014. – Вып.352. – С. 21–37.
4. Вильфанд Р.М., Ривин Г.С., Розинкина И.А., Астахова Е.Д., Блинов Д.В., Бундель А.Ю., Перов В.Л., Суркова Г.В., Алферов Д.Ю., Казакова Е.В., Кирсанов А.А., Ревокатова А.П., Шатунова М.В., Чумаков М.М. «Негидростатическая система Гидрометцентра России мезомасштабного краткосрочного прогноза погоды COSMO-Ru. – В сб.: Турбулентность, динамика атмосферы и климата. Труды международной конференции, посвященной памяти академика А.М. Обухова (13-16 мая 2013 года) - Москва, ГЕОС, 2014, с. 265-273.
5. Зеленко А.А., Реснянский Ю.Д., Струков Б.С. Оперативная океанология в Гидрометцентре России: состояние и перспективы // Труды Государственного океанографического института им. Н.Н. Зубова. Исследования океанов и морей. – 2015. –Вып. 216. –С. 157–171.
6. Казакова Е.В., Чумаков М.М., Розинкина И.А. Система автоматизированных расчетов влагозапасов снега на основе численного моделирования и усвоения данных стандартных метеорологических измерений // Труды ГГО, 2014, вып.571, с. 114-133.
7. Казакова Е.В., Чумаков М.М., Розинкина И.А. Расчет высоты свежеснежного покрова с помощью результатов атмосферного моделирования (на примере COSMO-Ru) // Труды Гидрометцентра России, 2014, вып.352, с. 74-84.
8. Казакова Е.В., Чумаков М.М., Розинкина И.А. Модель для расчета характеристик снежного покрова на основе данных наблюдений стандартной метеорологической сети // Труды Гидрометцентра России, 2014, вып.352, с. 85-102.
9. Казакова Е.В., Чумаков М.М., Розинкина И.А. Модуль расчетов высоты свежеснежного покрова в зависимости от метеоусловий по данным измерений или численных прогнозов 6/12-ти часовых сумм осадков. 2014. РОСПАТЕНТ. Свидетельство №2014618542 от 25.08.2014.
10. Киктев Д.Б., Круглова Е.Н., Куликова И.А. Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Часть 1. Статистический анализ и гидродинамическое моделирование,- Метеорология и гидрология, 2015, №3, 5-22.
11. Киктев Д.Б., Хан В.М., Крыжов В.Н., Зарипов Р.Б., Круглова Е.Н., Куликова И.А., Тищенко В.А. Технология выпуска долгосрочных прогнозов Северо-Евразийского климатического центра (СЕАКЦ). Труды Гидрометцентра России, М., 2015, вып. 358, с. 36 – 58.
12. Куликова И.А., Круглова Е.Н., Киктев Д.Б. Крупномасштабные моды атмосферной изменчивости. Часть 2. Их влияние на пространственное распределение температуры и осадков на территории Северной Евразии, - Метеорология и гидрология, 2015, №4, 5-16.



13. Никитин М.А., Ривин Г.С., Розинкина И.А., Чумаков М.М. Полярные циклоны как неучтенный фактор риска при проведении морских операций в Баренцевом и Карском морях. V Международная конференция «Освоение ресурсов нефти и газа российского шельфа: Арктика и Дальний Восток», 29-30 октября 2014. – М.: Газпром ВНИИГАЗ, 2014.
14. Тищенко В.А., Хан В.М., Толстых М.А., Круглова Е.Н., Куликова И.А., Гельфан А.М. Применение статистической коррекции месячных и сезонных детерминистических прогнозов температуры воздуха и осадков по модели ПЛАВ для отдельных районов России. Труды Гидрометцентра России, М., 2015, вып. 358, с. 121 – 132.
15. Толстых М.А., Н.А.Дианский, А.В.Гусев, Д.Б.Киктев. Некоторые результаты воспроизведения сезонных аномалий атмосферной циркуляции с помощью совместной модели. Изв. РАН ФАиО 2014 Т 50 N2 С 131-142.
16. Толстых М.А. Влияние параметризации альbedo снега в глобальной модели атмосферы на среднесрочные и долгосрочные численные прогнозы, Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации, 2014, Вып 352. С.139-149.
17. Alferov D., E.Astakhova, D.Boukouvala, A.Bundel, U. Damrath, P. Eckert, F. Gofa, A. Kirsanov, X. Lapillonne, J. Linkowska, C. Marsigli, A. Montani, A. Muraviev, E. Oberto, M.S. Tesini, N. Vela, A. Wyszogrodzki, M. Zaichenko. Intercomparison of Spatial Verification Methods for COSMO Terrain (INSPECT): Preliminary Results. In: WMO/WGNE Research Activities in atmospheric and oceanic modeling, WCRP Report No.15, 2015, p.p.5-03-5-04.
18. Astakhova Elena, Andrea Montani, Dmitry Alferov, Dmitry Kiktev, Gdaly Rivin, Inna Rozinkina, Chiara Marsigli, and Tiziana Paccagnella. Ensemble forecasts for Sochi-2014 Olympics: development of COSMO-based ensemble systems and their application. EMS Annual Meeting Abstracts. Vol. 11, EMS2014-235, 2014.
19. Astakhova E.D., A. Montani, D.Yu. Alferov, Ensemble forecasts for the Sochi-2014 Olympic Games. Russian meteorology and hydrology, 2015, DOI 10.3103/S1068373915080051
20. Kazakova E., Chumakov M., Rozinkina I. Initial fields of snow cover characteristics preparation for COSMO-Ru // COSMO Newsletter No.14, 2014, p.p. 37-42.
21. Kiktev D., E.Astakhova, A.Muravyev, M.Tsyrunnikov. Performance of the WWRP project FROST-2014 forecasting systems: preliminary assesments. World Open Science Conference-2014, Canada, Montreal. Book of abstracts, p.312. Available at <http://wwosc2014.org/pdf/20140825-WWOSC-FinalBookofAbstracts.pdf>
22. Kiktev Dmitry, Elena Astakhova, and Michael Tsyrunnikov. Field campaign and information resources of the FROST-2014 project. EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 11, EMS2014-272, 2014.
23. Kiktev D. B. Astakhova E.D., Zaripov R.B. ( R. B., Murav'ev A. V, Smirnov A. V, and Tsyrunnikov M.D., 2015. FROST-2014 project and meteorological support of the Sochi-2014 Olympics. Russian meteorology and hydrology, vol.40, iss.8, p.p. 504-512. DOI 10.3103/S1068373915080051
24. Kiktev, D. B., E. D. Astakhova, R. B. Zaripov, A. V. Murav'ev, A. V. Smirnov, and M. D. Tsyrunnikov, 2015b. Erratum to: "FROST-2014 project and meteorological support of the Sochi-2014 olympics". *Russ. Meteor. Hydrol.*, 40, 844–845, doi: 10.3103/S1068373915120109.

25. Lauritzen P. H., P. A. Ullrich, C. Jablonowski, P. A. Bosler, D. Calhoun, A. J. Conley, T. Enomoto, L. Dong, S. Dubey, O. Guba, A. B. Hansen, E. Kaas, J. Kent, J.-F. Lamarque, M. J. Prather, D. Reinert, V. V. Shashkin, W. C. Skamarock, B. Sørensen, M. A. Taylor, and M. A. Tolstykh. A standard test case suite for two-dimensional linear transport on the sphere: results from a collection of state-of-the-art schemes. *Geosci. Model Dev.* 2014 v7. p.p. 105-145.
26. Masutani M., Garand L., Lahoz W., Riishøjgaard L.-P., Andersson E., Rochon Y., Tsyrlunikov M., McConnell J., Cucurull L., Xie Y., Ishii S., Grumbine R., Brunet G., Woollen J. S., Sato Y. Observing System Simulation Experiments: Justifying new Arctic Observation Capabilities. - U. S. Department of Commerce, National Oceanic and Atmospheric Administration, National Weather Service, National Centers for Environmental Prediction Office Note 473, 2013, 20 p.p.
27. Montani A., D. Alferov, E. Astakhova, C. Marsigli, T. Paccagnella. Ensemble forecasting for Sochi-2014 Olympics: the COSMO-based ensemble prediction systems. *COSMO Newsletters No. 14*, 2014, p.p.88-94. Available at: [http://cosmo-model.org/content/model/documentation/newsLetters/newsLetter14/cnl14\\_10.pdf](http://cosmo-model.org/content/model/documentation/newsLetters/newsLetter14/cnl14_10.pdf)
28. A. Montani, D. Alferov, E. Astakhova, C. Marsigli, T. Paccagnella. Performance of the COSMO-based ensemble systems during Sochi-2014 pre-Olympics. *COSMO Newsletters No. 15*, 2015, pp. 77-82 . Available at: [http://cosmo-model.org/content/model/documentation/newsLetters/newsLetter15/cnl15\\_10.pdf](http://cosmo-model.org/content/model/documentation/newsLetters/newsLetter15/cnl15_10.pdf)
29. A. Montani, D. Alferov, E. Astakhova, C. Marsigli, T. Paccagnella. Performance of the COSMO-based ensemble systems during Sochi-2014 pre-Olympics. In: *WMO/WGNE Research Activities in atmospheric and oceanic modeling*, WCRP Report No.15, 2015, p.p. 5.11-5.12
30. Rivin G. S., and Coauthors,: The COSMO-Ru system of nonhydrostatic mesoscale short-range weather forecasting of the Hydrometcenter of Russia: The second stage of implementation and development. *Russ. Meteor. Hydrol.*, 2015, Vol. 40, p.p. 400-410,
31. Shashkin V.V., M.A. Tolstykh, Inherently mass-conservative version of the semi-Lagrangian absolute vorticity (SL-AV) atmospheric model dynamical core. *Geoscientific Model Development*, 2014, Vol. 7, p.p. 407-417.
32. Strukov B.S., Resnyansky Yu.D., and Zelenko A.A. Ocean data assimilation with a modified intermittent dynamic relaxation // *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*. Ed. by E. Astakhova. WCRP Report No. 12/2015. 2015. p.p. 8
33. Yurova A., M. Tolstykh, M. Nilsson, A.Sirin, Parameterization of mires in a numerical weather prediction model // *Water resources research*. 2014. V. 50. p.p. 8982-8996.
34. Zelenko A.A., Strukov B.S., Resnyansky Yu.D., and Martynov S.L. Verification of the wind wave forecasting system for the Baltic sea // *Research Activities in Atmospheric and Oceanic Modelling*. Ed. by E. Astakhova. WCRP Report No. 12/2015. 2015. p.p. 8-23–8-24.