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 2014 г.

09.01.2015

Страна: Российская Федерация Центр: ММЦ/РСМЦ, Москва,

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

Выполнены необходимые дополнения технологий мезомасштабного прогнозирования по ограниченным территориям, включая новые компоненты постпроцессинга и ансамблевый прогноз. Для метеообеспечения Зимней олимпиады Сочи 2014 была развита подготовка системы наукастинга и обеспечено существенное расширение технологий сбора данных измерений для региона Сочи. В рамках демонстрационного проекта ВМО FROST-2014 был получен опыт сравнительного анализа результатов моделирования зарубежных центров

Введены в режим оперативного счета версии региональной мезомасштабной модели COSMO-Ru с шагом горизонтальной сетки 2,2 км для Центрального федерального округа России, (COSMO-Ru2cfo), Центрального Поволжья (COSMO-Ru2vfo) и для региона Северного Кавказа (COSMO-Ru2sfo), «вложенные» в область интегрирования COSMO-Ru7 (шаг 7х7 км) для территории Восточной Европы и Европейской России, Урала и западной части Западной Сибири, а также версии с шагом 1,1 км для горного кластера Олимпиады Сочи 2014 (COSMO-Ru1sfo);

Началась экспериментальная эксплуатация системы COSMO-Ru2, включающая непрерывные циклы усвоения данных по схеме «подталкивания» (nudging);

Развернут оперативный счет по версии региональной мезомасштабной модели COSMO-Ru с шагом 13 км для прогнозирования погоды по Северной Евразии и Северной Атлантике, включая всю территорию России и прилегающие регионы;

Введена в режим оперативного счета глобальная система ансамблевого прогноза на краткие и средние сроки на основе моделей T169L31 и ПЛАВ2008 (14 членов, прогнозы на 10 суток, бридинг-метод);

В Гидрометцентре России продолжаются оперативные испытания новой версии глобальной полулагранжевой модели ПЛАВ 20;

Введена в оперативный режим новая версия глобальной спектральной модели Т339L31;

Введена в 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);

Проходят испытания системы усвоения данных (СУД) на основе 3D-Var с использованием модели ПЛАВ;

В экспериментальном режиме продолжается счет модели глубокого океана с вложенным слоем перемешивания для целей сезонного прогноза состояния атмосферы.

**2. Используемое оборудование:**

1) Автономный сервер АСООИ-сервер-1: 32 ЦП (4 х 8 ядер) Intel Xeon E7-4830 2,13 Ггц, ОП 256 ГиБ, диски 16 х 1 ТиБ Ethernet 2 x 1 GBE, IPMI

2) Автономный сервер АСООИ-сервер-2: 32 ЦП (4 х 8 ядер) Intel Xeon E7-4830 2,13 Ггц, ОП 256 ГиБ, диски 16 х 1 ТиБ Ethernet 2 x 1 GBE, IPMI

3) Кластер XSK: 96 узлов, Infiniband, каждый узел: 16 ЦП (2 х 8 ядер) Intel Xeon E5-2690 2.9 Ггц

4) Кластер ICEX: 30 узлов, Infiniband, каждый узел: 20 ЦП (2 х 10 ядер) Intel Xeon E5-2670-v2 2.5 Ггц

5) Общая дисковая CXD для кластеров: 210 ТиБ.

**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 | 116700 |
| TEMP | 6500 |
| PILOT | 1600 |
| AMDAR | 46000 |
| AIREP | 21000 |
| SATEM | 17000 |
| SATOB | 221000 |
| BUOY | 42500 |

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

ЕЦСПП Рединг (анализы и прогнозы основных метеополей: GRIB 2.5x2.5°),

РСМЦ Экзетер (анализы и прогнозы метеополей расширенной номенклатуры: GRIB 1.5x1.5°, GRIB 1°x1°, прогностические карты для Европы: цифровое факсимиле),

РСМЦ Оффенбах (GRIB 0.25x0.25°, прогностические карты: цифровое факсимиле), Интернет (FTP): GRIB 20х20 км по FTP – продукция системы глобального прогноза DWD с шагом горизонтальной сетки 20 км по области расчета COSMO-Ru для задания начальных и боковых условий COSMO-Ru7 и COSMO-RuSib.

MМЦ Вашингтон: Интернет (FTP): анализы и прогнозы метеополей расширенной номенклатуры GRIB 1°х1°, 0.5°х0.5°).

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

РСМЦ Хабаровск: графическая продукция системы регионального мезомасштабного прогноза для Дальнего Востока и морей Тихого океана

**4. Система прогнозирования**

Глобальная прогностическая система ММЦ/РСМЦ 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 ММЦ/РСМЦ 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 системы прогнозирования (глобальные модели ПЛАВ-2008, T169L31 и T339L31, локальная модель Гидрометцентра России MLp/s, cистема регионального мезомасштабного моделирования COSMO-Ru07/02 мезомасштабная модель Гидрометцентра России) являются 00 и 12 ВСВ.

ПЛАВ-2008: по исходным данным за 00 ВСВ: до 120 часов (время готовности 03.40 ВСВ), по сроку 12 ВСВ: до 240 ч (время готовности 15.50 ВСВ), информация предоставляется с шагом по заблаговременностям 6 часов. Технология включает дополнительные процедуры усвоения данных для поверхности суши. Модель считается 4 раза в сутки.

T169L31: 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.

T339L31: время готовности аналогично T169L31.

Региональная модель Гидрометцентра России MLs: для Европы по исходным данным за 00 и 12 ВСВ - до 48 ч (время готовности 4.00 ВСВ и 16.00 ВСВ). Информация предоставляется для визуализации с шагом по заблаговременнстям 1 час

Негидростатическая локальная модель Гидрометцентра России с шагом сетки 10х10км для регионов Московской и Ленинградской областей и для территории Белоруссии. Заблаговременность: до 48 ч. Шаг по времени выходной продукции 1 час. Время готовности- 4.15, 16.15 ВСВ для Москвы, 4.30 и 16.30 для Санкт-Петербурга и Минска.

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

Система ансамблевого прогноза на краткие и средние сроки: 1 раз в сутки по исходным данным за 12 ВСВ до 240 час с шагом 6 час.

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

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

***4.2. 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 – 4 раза в сутки по срокам наблюдений 00, 06, 12, 18 ВСВ;
* Метод анализа: 2 варианта технологии и соответствующей продукции:

а) 2-мерной интерполяции для 1-уровенных характеристик и 3-х мерной оптимальной интерполяции для полей в толще атмосферы. б) 3D-Var.

* Продукция: давление на уровне моря, Т2м, температура подстилающей поверхности, Td2м и V10м, балл общей облачности, высота снежного покрова, температура поверхности океана, геопотенциальные высоты изобарических поверхностей, скорость ветра, температура и влажность воздуха на стандартных изобарических поверхностях.
* Рассчитывается перенос загрязняющих веществ (NOx, CO, SO2, O3, твердые частицы (PM10, PM2,5)) и солнечной радиации с использованием моделей COSMO-Art и модели метеослужбы Франции CHIMERE. Зфсчет проводится раз в сутки с исходными данными за 00 часов ВСВ.
* Ежедневно по 3-мерной модели, разработанной в Гидрометцентре России, рассчитывается температура и соленость воды, уровень моря (включая приливную составляющую) и течения в Каспийском, Баренцевом и Белом морях. В качестве граничных условий используется продукция моделей Европейского центра среднесрочных прогнозов и Национального метеорологического центра Экзетер. Заблаговременность прогнозов 48 часов [Попов С.К., Лобов А.Л., 2013].
* 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), а также 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: 0.5ºх0.5º 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 Т169L31), цифровым фильтром (для модели ПЛАВ-2008).

Дополнительно: в рамках технологии ПЛАВ-2008 была введена в эксплуатацию система построения начальных полей для температуры и влажности почвы.

*4.2.1.2. Исследования, выполняемые в данной области:*

Реализовано региональное циклическое усвоение с унифицированной схемой “подталкивания” (nudging) с использованием модели COSMO.

Ведутся исследования использования системы 3D-Var применительно к глобальной спектральной модели T169L31.

Ведутся работы по реализации системы усвоения данных с помощью локального ансамблевого фильтра Калмана с преобразованием ансамбля (LETKF) для глобальной полулагранжевой модели ПЛАВ. Система использует наблюдения TEMP, SYNOP, SHIP, AIREP, SATOB и демонстрирует устойчивую работу. Ведутся работы по подключению данных спутниковых наблюдений AMV [Shlyaeva A.V. и др., 2013].

Готовится к внедрению модель Дельфтского Океанографического института для прогноза ветрового волнения в Черном и Азовском морях, Каспийском море, Баренцевом и Белом морях.

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. Исходная информация - оперативные наблюдения температуры и солености морской воды (дрейфующие и заякоренные буи, судовые наблюдения, данные буев АРГО, альтиметрические измерения) [Реснянский Ю.Д., Струков Б.С., 2013].

*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 0.72х0.9°, 28 вертикальных уровней. Максимальная заблаговременность прогнозов 240 часов. Модель вырабатывает стандартный набор прогностической продукции, включая прогноз общего балла облачности, а также облачности нижнего и среднего яруса.

- Глобальная спектральная модель атмосферы T169L31, 169 сферических гармоник, шаг сетки приблизительно 0,7°, 31 уровень. Максимальный период, прогнозов 240 часов. Модель вырабатывает стандартный набор прогностической продукции.

*4.2.2.2. Исследования, выполняемые в данной области:*

- В программный комплекс модели ПЛАВ включена параметризация длинноволновой радиации RRTM-LW.

- Ведется разработка системы инициализации полей температуры и влажности почвы для многслойной параметризации процессов тепло- и влагообмена в почве из модели климата ИВМ РАН.

- Разработана версия полулагранжевой модели ПЛАВ, строго сохраняющая массу воздуха и трассеров [Shashkin V.V., M.A. Tolstykh, 2014].

- Начаты оперативные испытания версии модели ПЛАВ с повышенным горизонтальным и вертикальным разрешениями. (0.18x0.22° по широте и долготе, 51 вертикальных уровней) и включением параметризации микрофизических процессов в неконвективных облаках.

* Проводится усовершенствование блока переноса солнечной радиации в глобальной модели.

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

Продукция моделей размещается во внутренних базах данных Гидрометцентра России, и передается в прогностические центры Росгидромета и метеослужб других государств, визуализация прогнозов размещается 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, приземная температура и влажность воздуха, 6-часовые суммы осадков, геопотенциальные высоты стандартных изобарических поверхностей, скорость ветра, температура и влажность воздуха на стандартных изобарических поверхностях, температуры подстилающей поверхности и ветер у поверхности моря. Дополнительно (по моделям ПЛАВ-2008 и T169L31) прогнозируется балл общей и нижней облачности и облачности среднего яруса.

Пространственное разрешение начальных данных 1.25х1.25° и 2.5х2.5° (GRIB). Период доступных прогнозов 12- 120 часов по сроку 00 ВСВ и 12- 240 часов по сроку 12 ВСВ. В ГСТ поступают цифровые факсимильные карты прогнозов давления на уровне моря, высоты 500 гПа, температуры поверхности 850 гПа, относительной влажности на уровне 850 или 700 гПа, (в зависимости от сезона), для Северного полушария и Европы.

*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 (МОS). Автоматизированная система обеспечивает 3 раза в сутки (на основе комплексирования информации численных прогнозов, поступающих из ММЦ/РСМЦ Москва, ЕЦСПП Рединг, 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 температруры воздуха на ближайшие 10 суток по территории России, результаты рассылаются в УГМС Росгидромета 3 раза в месяц в виде gif-карт и таблиц.

*4.2.4.2. Исследования, выполняемые в данной области:*

Организация 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 модели ПЛАВ 2008

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

Число членов ансамбля: 14;

Число моделей: 2;

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 [Астахова Е. Д., 2014, Kiktev D. и др., 2014].

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

Результаты работы системы размещаются в оперативной базе данных Гидрометцентра России, на основе которой 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. Ансамблевые метеограммы размещаются на сайте [www.meteoinfo.ru](http://www.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*

В систему COSMO-Ru внедрена схема циклического непрерывного усвоения данных по методу “подталкивания” (nudging).

*4.3.1.2. Исследования, выполняемые в данной области*:

Аналогично Разделу4.2.1.2.

Дополнительно ведутся эксперименты по усвоению доплеровского ветра с ДМРЛ по работе схемы «подталкивания» в системах мезомасштабного моделирования по ограниченным территориям.

*4.3.2. Модели краткосрочного численного прогноза*

*4.3.2.1. В оперативном режиме*

- Региональная гидростатическая модель для региона Европы (область прогноза 137х209 узлов равномерной декартовой сетки (шаг сетки 50 км, 30 уровней, сигма-система координат). Модель вырабатывает информацию об ожидаемой погоде, в частности, осадках и приземных характеристиках с дискретностью заблаговременностей по времени 1 час. Адаптированные версии региональной модели Гидрометцентра России установлены в РСМЦ Новосибирск и Хабаровск. Оперативно внедрены две версии модели для Дальневосточного региона и Северного Кавказа с шагом сетки 25 км.

- Мезомасштабная негидростатическая модель для Московского и Санк-Петербургского регионов (15 уровней в атмосфере и 5 уровней в почве + один уровень для снега зимой), шаг сетки 10 км.

- Негидростатическая модель COSMO-Ru7 (разработка консорциума по мезомасштабному моделированию COSMO), версия 4.12. Горизонтальное разрешение 7х7 км, 40 уровней по вертикали до поверхности 100 гПа, территория Восточной Европы и Европейской России.

- Версии COSMO-Ru2 (2,2х2,2) км для Центрального федерального округа России (COSMO-Ru2cfo), для территории Среднего Поволжья (COSMO-Ru2vfo) и Северного Кавказа (COSMO-Ru2sfo), «вложенные» в COSMO-Ru7. Для горного Кластера района проведения Олимпиады Сочи-2014 разработана версия модели COSMO-Ru1sfo с шагом 1,1 км, вложенная в COSMO-Ru2sfo.

*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 по Европейской территории России. 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-RuENA (13х13 км) для территории всей Европы, Северной Азии и акваторий прилегающих морей

- Исследования на основе версии COSMO-1 (1х1 км)

- Развитие систем верификации прогнозов мезомасштабных систем моделирования [Бундель А.Ю. и др., Муравьев А.В. и др, 2013].

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

*4.3.3.1. Продукция региональной модели Гидрометцентра России (50х50 и 25х25 км) для регионов:*

Включая всю территорию России и СНГ, Европу, восточную часть Атлантического океана, Северный Кавказ, Черное море, а также Дальний восток с прилегающими морями.

Виды продукции:

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

- поля геопотенциала, компонент скорости ветра на 11 стандартных изобарических поверхностях (1000, 925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200, 150, 100 гПа) (детализация 3 часа);

- поля температуры и относительной влажности на 9 стандартных уровнях (925, 850, 700, 500, 400, 300, 250, 200,150 гПа.) (детализация 3 часа);

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

Предоставление информации пользователям через базы данных, 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, приземного ветра).

*4.3.3.2 Продукция мезомасштабной негидростатической модели Гидрометцентра России (10х10 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 РСМЦ Москва. Передача информации – посредством FTP.

*4.3.3.3. Продукция мезомасштабной негидростатической модели COSMO-RU*

По версиям модели COSMO-Ru2cfo, COSMO-Ru2vfo, COSMO-Ru2sfo, и COSMO-Ru1sfo даются прогнозы давления на уровне моря, 1-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 метеорологичеcких характеристик на р, z и сигма-уровнях в GRIB- форматах распространяются по запросам пользователей.

*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 (МОS, см. раздел 4.2.4.1).

Система интерпретации на основе Статистической коррекции результатов глобального моделирования: экстремальные и значения T2м для сроков измерений, направление и скорость ветра, суммы осадков для пунктов метеостанций России.

Система физико-статистической интерпретации результатов региональной модели Гидрометцентра России: прогнозы конвективных опасных явлений погоды (гроз, ливней, града, сильных шквалов) с заблаговременностью до 36 часов.

**Авиационный постпроцессинг**:

а) на основе выходной продукции COSMO-Ru с разрешением 7 и 2.2 км: ряд метеорологических характеристик и карт (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.

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.

*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*

Аналогично Разделу 4.2.5.1.

+ Во время Олимпиады Сочи-2014: реализована система мезомасштабного ансамблевого прогноза по версии COSMO-Ru2-EPS для региона Сочи на основе модели COSMO с разрешением 2.2. км [Алферов Д. Ю. и др, 2014, Астахова Е.Д. и др., 2014].

Число членов ансамбля: 10;

Начальные и граничные условия предоставляются системой COSMO-S14-EPS (шаг сетки 7 км), разработанной в ARPA-SIMC (Италия) и являющейся версией базовой системы COSMO-LEPS, работающей для Западной Европы, и “смещенной” на регион Северного Кавказа [Astakhova Elena и др, 2014, Montani A. и др., 2014].

*4.3.5.2. Исследования, выполняемые в данной области*

Аналогично Разделу 4.2.5.2

***+*** Исследование влияния учета неопределенности прогноза, являющейся результатом несовершенства модели атмосферы, при оценке качества прогноза [Tsyrulnikov M. and Gorin V., 2013].

Сопоставление результатов ансамблевых прогнозов по различным системам, полученных в рамках проекта FROST-2014 [Kiktev D. и др, 2014].

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

Аналогично Разделу 4.2.5.3

+ Во время Олимпиады: продукция мезомасштабного ансамблевого прогноза по территории Сочинского региона: метеограммы и карты вероятностей.

C июня 2014 года завершен выпуск оперативных мезомасштабных ансамблевых прогнозов для территории Сочи.

**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 WRF-ARW и COSMO-RU, информации с геостационарных спутников и радиолокаторов.

Исследования в рамках международного оперативно-демонстрационного проекта ВМО FROST2014 для метеообеспечения олимпиады Сочи 2014 [Kiktev D. и др., 2014].

Проведены отладочные работы по адаптации комплекса статистического наукастинга полей осадков по последовательным полям интенсивности осадков, полученных интерпретацией отражаемости от доплеровских радиолокаторов, развернутых на территории центрального федерального округа (ЦФО) и обслуживаемых Центральной Аэрологической Обсерваторией (ЦАО).

Согласованы форматы передаваемых данных и общие с ЦАО характеристики графического представления результатов.

Получены первые результаты ансамблевого прогнозирования на несколько часов вперед от начальных полей радарных осадков, отстоящих друг от друга на 10 минут.

Начата разработка программ поддержки технологической линии наукастинга интенсивности осадков, связывающей серверы ЦАО с базами данных ГМЦ России.

*4.4.2 Модели, используемые в системах сверхкраткосрочного прогноза*

*4.4.2.1 В оперативном режиме*

- Негидростатическая модель COSMO-Ru7 (разработка консорциума по мезомасштабному моделированию COSMO), версия 4.12. Горизонтальное разрешение 7х7 км, 40 уровней по вертикали до поверхности 100 гПа, территория Восточной Европы и Европейской России. Версии COSMO-Ru2cfo (2,2х2.2) км, для Центрального федерального округа России, Центрального Поволжья COSMO-Ru2vfo и Северного Кавказа COSMO-Ru2sfo (для метеорологического обеспечения Олимпиады Сочи-2014) «вложенные» в COSMO-Ru7

*4.4.2.2 Исследования, выполняемые в данной области*

См. п. 4.3.2.2.

**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 усовершенствование данной системы усвоения применительно к модели глубокого океана [Masutani M. и др., 2013].

*4.5.2. Специализированные модели*

*4.5.2.1 В оперативном режиме*

А) Прогноз морского волнения:

1) Производится оперативный 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°х1,25°.

2) Системы прогнозирования характеристик ветрового волнения на основе спектральной модели WaveWatch III v.3.14 с использованием метеорологической информации из системы глобального моделирования ПЛАВ-2008 и данных GFS: для акватории 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/> [Зеленько А.А. и др., 1014, Реснянский Ю.Д., Струков Б.С., 2013].

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 Mlσ 22-50.

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.

*4.5.2.2 Исследования, выполняемые в данной области*

Испытывается версия модели прогноза штормовых нагонов на входных данных из продукции Региональной модели Гидрометцентра России Mlσ 22-50.

Осуществляется поэтапное введение в эксплуатацию компонентов системы, предназначенной для оперативного прогнозирования ветрового волнения в Мировом океане и в морях России: Черном, Азовском, Каспийском, Балтийском, Баренцевом, Белом. Система обеспечивает 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 сроки до 5 суток. Прогнозы составляются на основе расчетов по спектральной модели ветрового волнения WaveWatch III v 3.14 с использованием метеорологической прогностической информации (прогнозы по модели ПЛАВ и системы GFS) [Зеленько А.А. и др., 1014].

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

*4.6.1 Используемые модели*

*4.6.1.1 В оперативном режиме*

Комплексная гидродинамико-статистическая cхема прогноза с нулевой заблаговременностью значений температуры воздуха у поверхности земли для 70 пунктов бывшего СССР. Схема основана на использовании выходной информации глобальной модели ММЦ/РСМЦ Москва, (ПЛАВ-2008) и прогностической системы НЦПОС (NCEP) США.

Ансамблевое прогнозирование c недельной детализацией на ближайший месяц с нулевой и полумесячной заблаговременностью на основе использования модели ГГО им. А.И.Воейкова (С-Петербург) T63L14. ( один раз в неделю).

*4.6.1.2 Исследования, выполняемые в данной области*

Формируются наборы данных для использования близких и дальних связей в гидродинамико-статистической схеме прогноза станционных значений температуры приземного воздуха на ближайший месяц с нулевой заблаговременностью. Предполагается оценить дополнительный эффект от использования дальних связей на основе оценок качества прогностической продукции.

Усовершенствование техники гидродинамико-статистической cхемы прогноза с заблаговременностью 10-30 дней. (Средние модельные значения переменных за первые десять дней используются в множественной регрессии на адаптивной основе по принципу «идеального прогноза» (Perfect Prog). После нескольких лет экспериментов и оценок качества прогнозов адаптивная техника сводится к отбору единственной модели, показавшей наилучшие результаты за предыдущие годы экспериментов. Отбор подкрепляется процедурой многокритериального оценивания, основанной на расчете так называемой медианы Кемени. В настоящее время исследования направлены на использование многокритериальной техники в условиях больших объемов модельной информации [Толстых М.А., и др., 2014, Толстых М.А., 2014].

*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.

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

*4.7.1. В оперативном режиме*

Сезонные прогнозы с месячной заблаговременностью на основе сочетания ансамблевых методик Гидрометцентра России (модель ПЛАВ) и ГГО (T42L14).

Прогнозы аномалии среднемесячной температуры и осадков по территории стран СНГ с заблаговременностью до 6 месяцев на холодный и теплый периоды года на основе разработок Росгидромета (Гидрометцентр России, ГГО им. А.И. Воейкова, ААНИИ, ДВНИГМИ)

Прогнозы на ближайшие 3 месяца и соответствующие данные исторических сезонных прогнозов ММЦ-Москва составляются ежемесячно и направляются в Азиатско-Тихоокеанский климатический центр (APCC) (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.

Карты сезонных прогнозов на основе модели ПЛАВ-2008 размещены на сайте <http://wmc.meteoinfo.ru/sеason>. Период обновления карт - 1 раз в месяц.

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.

*4.7.2. Исследования, выполняемые в данной области:*

Обновление и расширение набора физических параметризаций прогностических моделей и исследование влияния этих изменений на предсказуемость.

В рамках проекта Северо-Евразийского Климатического Центра (СЕАКЦ):

1) Разработка станционных прогнозов осредненных величин с использованием супер-ансамбля моделей СЕАКЦ с модифицированными адаптивными методиками на базе недельной дискретизации прогностической продукции.

2) Включение процедуры прогнозирования станционных данных для территории бывшего СССР в оперативную схему СЕАКЦ (еженедельные прогнозы на скользящие 90 суток).

3) Усовершенствование версии модели ПЛАВ, используемой для сезонного прогноза: ведутся работы по повышению разрешения модели с 1.4х1.1º до 0.9х0.72º и замене части параметризаций. Первые результаты показывают положительное влияние усовершенствований. 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 (APCC) (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.

Карты сезонных прогнозов и соответствующие оценки успешности ретроспективных прогнозов аномалий приземной температуры и осадков модели ПЛАВ размещены на сайте <http://wmc.meteoinfo.ru/sеason>.

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) на сетке 1.5х1.5 градуса.

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

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

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (гПа) | | RMSE (гПа) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -0,146 | -0,157 | 1,542 | 1,510 | 0,976 | 0,977 | 0,317 | 0,317 |
| 48 | -0,106 | -0,223 | 2,260 | 2,247 | 0,948 | 0,949 | 0,391 | 0,392 |
| 72 | -0,238 | -0,300 | 3,118 | 3,100 | 0,902 | 0,904 | 0,468 | 0,469 |
| 96 | -0,299 | -0,320 | 4,109 | 4,072 | 0,833 | 0,836 | 0,544 | 0,547 |
| 120 | -0,306 | -0,369 | 5,122 | 5,105 | 0,741 | 0,743 | 0,616 | 0,620 |
| 144 |  | -0,359 |  | 6,110 |  | 0,634 |  | 0,685 |
| 168 |  | -0,397 |  | 7,042 |  | 0,518 |  | 0,739 |
| 192 |  | -0,441 |  | 7,890 |  | 0,405 |  | 0,783 |
| 216 |  | -0,466 |  | 8,519 |  | 0,316 |  | 0,812 |
| 240 |  | -0,480 |  | 9,019 |  | 0,245 |  | 0,834 |

**5.1.1.2. ПЛАВ-2008, Северное полушарие (20N-90N)**, H500

Высота изобарической поверхности 500 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (м) | | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -1,040 | -2,079 | 10,831 | 11,377 | 0,992 | 0,991 | 0,181 | 0,181 |
| 48 | 0,471 | -1,692 | 18,374 | 19,038 | 0,977 | 0,975 | 0,257 | 0,257 |
| 72 | 0,043 | -1,687 | 28,031 | 28,558 | 0,947 | 0,945 | 0,337 | 0,336 |
| 96 | 0,173 | -1,277 | 39,407 | 39,783 | 0,894 | 0,892 | 0,415 | 0,414 |
| 120 | 0,711 | -1,199 | 51,655 | 52,175 | 0,815 | 0,813 | 0,488 | 0,488 |
| 144 |  | -0,543 |  | 64,516 |  | 0,712 |  | 0,554 |
| 168 |  | -0,276 |  | 76,079 |  | 0,601 |  | 0,610 |
| 192 |  | -0,172 |  | 86,588 |  | 0,488 |  | 0,655 |
| 216 |  | 0,171 |  | 94,895 |  | 0,391 |  | 0,688 |
| 240 |  | 0,532 |  | 101,415 |  | 0,312 |  | 0,713 |

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

Высота изобарической поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (м) | | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,943 | 0,068 | 14,838 | 15,255 | 0,993 | 0,992 | 0,156 | 0,157 |
| 48 | 5,028 | 3,103 | 25,816 | 26,116 | 0,978 | 0,977 | 0,224 | 0,224 |
| 72 | 6,872 | 5,571 | 39,254 | 39,680 | 0,949 | 0,948 | 0,294 | 0,294 |
| 96 | 8,811 | 7,898 | 54,930 | 55,420 | 0,899 | 0,897 | 0,365 | 0,365 |
| 120 | 10,976 | 9,621 | 71,859 | 72,382 | 0,826 | 0,824 | 0,431 | 0,432 |
| 144 |  | 11,568 |  | 89,492 |  | 0,730 |  | 0,493 |
| 168 |  | 12,923 |  | 105,773 |  | 0,624 |  | 0,547 |
| 192 |  | 13,854 |  | 120,458 |  | 0,514 |  | 0,591 |
| 216 |  | 14,998 |  | 132,071 |  | 0,419 |  | 0,623 |
| 240 |  | 16,171 |  | 141,347 |  | 0,339 |  | 0,649 |

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

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | MEAN SPEED ERROR (м/c) | | RMSEV(м/c) | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -0,566 | -0,544 | 5,314 | 5,305 |
| 48 | -0,813 | -0,811 | 7,565 | 7,550 |
| 72 | -1,014 | -0,994 | 9,933 | 9,905 |
| 96 | -1,199 | -1,175 | 12,358 | 12,361 |
| 120 | -1,341 | -1,334 | 14,741 | 14,747 |
| 144 |  | -1,475 |  | 17,023 |
| 168 |  | -1,599 |  | 19,078 |
| 192 |  | -1,729 |  | 20,788 |
| 216 |  | -1,846 |  | 22,029 |
| 240 |  | -1,933 |  | 23,038 |

**5.1.2. Оценки. ПЛАВ-2008. Южное полушарие (20S-90S)**

5.1.2.1. ПЛАВ-2008, Южное полушарие. Давление на уровне моря

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | MEAN ERROR  (hPa) | | RMSE  (hPa) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC |
| 24 | -0,454 | -0,345 | 2,894 | 2,733 | 0,951 | 0,956 | 0,281 | 0,280 |
| 48 | -0,860 | -0,664 | 3,832 | 3,603 | 0,915 | 0,923 | 0,358 | 0,357 |
| 72 | -1,082 | -0,923 | 4,806 | 4,607 | 0,864 | 0,873 | 0,436 | 0,435 |
| 96 | -1,161 | -1,058 | 5,960 | 5,796 | 0,787 | 0,796 | 0,510 | 0,512 |
| 120 | -1,335 | -1,174 | 7,215 | 7,057 | 0,686 | 0,695 | 0,581 | 0,582 |
| 144 |  | -1,244 |  | 8,167 |  | 0,589 |  | 0,640 |
| 168 |  | -1,268 |  | 9,138 |  | 0,486 |  | 0,686 |
| 192 |  | -1,241 |  | 9,946 |  | 0,389 |  | 0,720 |
| 216 |  | -1,213 |  | 10,646 |  | 0,297 |  | 0,748 |
| 240 |  | -1,217 |  | 11,196 |  | 0,224 |  | 0,767 |

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

Высота изобарической поверхности 500 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | MEAN ERROR  (m) | | RMSE  (m) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC |
| 24 | -0,798 | -0,493 | 12,784 | 12,778 | 0,992 | 0,992 | 0,161 | 0,162 |
| 48 | -3,046 | -1,857 | 22,244 | 22,306 | 0,976 | 0,976 | 0,233 | 0,234 |
| 72 | -4,243 | -3,406 | 34,324 | 34,398 | 0,943 | 0,942 | 0,309 | 0,309 |
| 96 | -4,473 | -4,136 | 48,303 | 48,512 | 0,885 | 0,884 | 0,383 | 0,383 |
| 120 | -5,905 | -4,945 | 63,573 | 63,867 | 0,800 | 0,797 | 0,452 | 0,453 |
| 144 |  | -5,397 |  | 78,544 |  | 0,691 |  | 0,514 |
| 168 |  | -5,516 |  | 91,095 |  | 0,585 |  | 0,562 |
| 192 |  | -5,328 |  | 101,743 |  | 0,481 |  | 0,600 |
| 216 |  | -5,073 |  | 110,828 |  | 0,383 |  | 0,630 |
| 240 |  | -5,003 |  | 118,399 |  | 0,298 |  | 0,654 |

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

Высота изобарической поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | MEAN ERROR  (m) | | RMSE  (m) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC |
| 24 | 1,270 | 1,014 | 16,352 | 16,381 | 0,993 | 0,993 | 0,132 | 0,133 |
| 48 | 1,380 | 2,214 | 28,920 | 29,209 | 0,978 | 0,978 | 0,197 | 0,198 |
| 72 | 2,651 | 3,171 | 44,906 | 45,120 | 0,946 | 0,945 | 0,265 | 0,267 |
| 96 | 4,287 | 4,376 | 63,572 | 63,850 | 0,890 | 0,889 | 0,334 | 0,335 |
| 120 | 4,141 | 5,010 | 83,587 | 83,975 | 0,809 | 0,806 | 0,399 | 0,400 |
| 144 |  | 5,842 |  | 104,306 |  | 0,700 |  | 0,460 |
| 168 |  | 6,589 |  | 121,435 |  | 0,593 |  | 0,507 |
| 192 |  | 7,373 |  | 135,963 |  | 0,489 |  | 0,544 |
| 216 |  | 8,104 |  | 148,485 |  | 0,389 |  | 0,575 |
| 240 |  | 8,414 |  | 158,546 |  | 0,306 |  | 0,598 |

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

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | MEAN SPEED ERROR (m/c) | | RMSEV(m/c) | |
| (часы) | 00 UTC | 12 UTC | 00 UTC | 12 UTC |
| 24 | -0,370 | -0,422 | 5,437 | 5,446 |
| 48 | -0,695 | -0,656 | 7,994 | 8,006 |
| 72 | -0,870 | -0,808 | 10,627 | 10,652 |
| 96 | -1,049 | -0,994 | 13,364 | 13,409 |
| 120 | -1,262 | -1,179 | 16,059 | 16,107 |
| 144 |  | -1,305 |  | 18,697 |
| 168 |  | -1,421 |  | 20,821 |
| 192 |  | -1,557 |  | 22,547 |
| 216 |  | -1,668 |  | 23,995 |
| 240 |  | -1,757 |  | 25,025 |

5.1.3.1. ПЛАВ-2008, Тропики **(20N-20S)**

Высота изобарической поверхности 850 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 9,045 | 8,586 | 0,747 | 0,760 | 0,550 | 0,552 |
| 48 | 11,716 | 11,573 | 0,620 | 0,612 | 0,587 | 0,594 |
| 72 | 14,196 | 13,994 | 0,513 | 0,500 | 0,631 | 0,634 |
| 96 | 15,083 | 14,613 | 0,459 | 0,463 | 0,654 | 0,659 |
| 120 | 16,129 | 15,911 | 0,414 | 0,399 | 0,679 | 0,685 |
| 144 |  | 16,635 |  | 0,346 |  | 0,708 |
| 168 |  | 17,336 |  | 0,289 |  | 0,728 |
| 192 |  | 17,773 |  | 0,238 |  | 0,742 |
| 216 |  | 18,049 |  | 0,194 |  | 0,751 |
| 240 |  | 8,586 |  | 0,760 |  | 0,552 |

5.1.3.2. ПЛАВ-2008, Тропики **(20N-20S)**

Высота изобарической поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 10,209 | 10,308 | 0,902 | 0,900 | 0,403 | 0,408 |
| 48 | 12,908 | 12,820 | 0,846 | 0,849 | 0,452 | 0,458 |
| 72 | 15,440 | 14,897 | 0,782 | 0,798 | 0,492 | 0,499 |
| 96 | 17,858 | 17,215 | 0,711 | 0,733 | 0,528 | 0,535 |
| 120 | 20,641 | 19,413 | 0,624 | 0,664 | 0,563 | 0,567 |
| 144 |  | 21,775 |  | 0,581 |  | 0,601 |
| 168 |  | 23,936 |  | 0,498 |  | 0,631 |
| 192 |  | 26,075 |  | 0,410 |  | 0,658 |
| 216 |  | 28,271 |  | 0,323 |  | 0,684 |
| 240 |  | 30,028 |  | 0,255 |  | 0,703 |

5.1.3.3. ПЛАВ-2008,Тропики **(20N-20S)**

Температура воздуха на поверхности 850 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | RMSE (K) | | KA | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 1,286 | 1,316 | 0,580 | 0,578 |
| 48 | 1,398 | 1,427 | 0,521 | 0,521 |
| 72 | 1,500 | 1,531 | 0,472 | 0,475 |
| 96 | 1,597 | 1,642 | 0,424 | 0,423 |
| 120 | 1,692 | 1,754 | 0,378 | 0,368 |
| 144 |  | 1,866 |  | 0,311 |
| 168 |  | 1,966 |  | 0,259 |
| 192 |  | 2,053 |  | 0,211 |
| 216 |  | 2,124 |  | 0,169 |
| 240 |  | 2,177 |  | 0,138 |

5.1.3.4. ПЛАВ-2008,Тропики **(20N-20S)**

Температура воздуха на поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | RMSE (K) | | KA | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,803 | 0,875 | 0,731 | 0,693 |
| 48 | 1,048 | 1,120 | 0,575 | 0,526 |
| 72 | 1,222 | 1,274 | 0,443 | 0,401 |
| 96 | 1,337 | 1,380 | 0,344 | 0,313 |
| 120 | 1,411 | 1,454 | 0,268 | 0,247 |
| 144 |  | 1,503 |  | 0,196 |
| 168 |  | 1,528 |  | 0,156 |
| 192 |  | 1,544 |  | 0,125 |
| 216 |  | 1,557 |  | 0,101 |
| 240 |  | 1,566 |  | 0,081 |

5.1.3.5. ПЛАВ-2008, Тропики **(20N-20S)**

Скорость ветра на поверхности 850 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | MEAN SPEED ERROR (м/c) | | RMSEV(м/c) | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -0,396 | -0,417 | 2,041 | 2,808 |
| 48 | -0,678 | -0,695 | 2,533 | 3,477 |
| 72 | -0,815 | -0,853 | 2,885 | 4,044 |
| 96 | -0,978 | -0,977 | 3,149 | 4,494 |
| 120 | -1,077 | -1,061 | 3,368 | 4,851 |
| 144 |  | -1,093 |  | 5,143 |
| 168 |  | -1,151 |  | 5,404 |
| 192 |  | -1,208 |  | 5,636 |
| 216 |  | -1,257 |  | 5,787 |
| 240 |  | -1,292 |  | 5,908 |

5.1.3.6. ПЛАВ-2008, Тропики **(20N-20S)**

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | MEAN SPEED ERROR (м/c) | | RMSEV(м/c) | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -0,390 | -0,392 | 5,393 | 5,451 |
| 48 | -0,614 | -0,662 | 6,949 | 6,989 |
| 72 | -0,761 | -0,805 | 8,046 | 8,103 |
| 96 | -0,960 | -0,993 | 8,961 | 9,017 |
| 120 | -1,102 | -1,147 | 9,751 | 9,803 |
| 144 |  | -1,255 |  | 10,575 |
| 168 |  | -1,353 |  | 11,264 |
| 192 |  | -1,453 |  | 11,938 |
| 216 |  | -1,564 |  | 12,508 |
| 240 |  | -1,665 |  | 12,939 |

**5.2 Глобальная спектральная модель Гидрометцентра России, версия T169L31**

**5.2.1 Оценки T169L31 за 2014 г., Северное полушарие (20ºN – 90ºN)**

5.2.1.1 T169L31, Северное полушарие, Давление на уровне моря

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (hPa) | | RMSE (hPa) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,0 | 0,0 | 1,9 | 1,9 | 0,97 | 0,97 | 0,34 | 0,34 |
| 48 | 0,0 | 0,0 | 2,9 | 2,9 | 0,93 | 0,93 | 0,44 | 0,44 |
| 72 | 0,0 | 0,0 | 4,0 | 4,0 | 0,87 | 0,87 | 0,53 | 0,53 |
| 96 |  | 0,0 |  | 5,2 |  | 0,79 |  | 0,62 |
| 120 |  | 0,0 |  | 6,4 |  | 0,68 |  | 0,70 |
| 144 |  | 0,0 |  | 7,6 |  | 0,56 |  | 0,76 |
| 168 |  | 0,0 |  | 8,5 |  | 0,45 |  | 0,81 |
| 192 |  | 0,0 |  | 9,2 |  | 0,36 |  | 0,84 |
| 216 |  | 0,0 |  | 9,8 |  | 0,29 |  | 0,87 |
| 240 |  | 0,0 |  | 10,3 |  | 0,23 |  | 0,88 |

5.2.1.2 T169L31, Северное полушарие,

Высота изобарической поверхности 500 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (м) | | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,3 | 0,4 | 14,2 | 13,9 | 0,98 | 0,99 | 0,21 | 0,21 |
| 48 | 1,3 | 1,4 | 24,5 | 24,6 | 0,96 | 0,96 | 0,30 | 0,30 |
| 72 | 2,6 | 2,8 | 37,5 | 37,6 | 0,91 | 0,91 | 0,39 | 0,39 |
| 96 |  | 3,6 |  | 51,9 |  | 0,83 |  | 0,47 |
| 120 |  | 4,1 |  | 66,9 |  | 0,73 |  | 0,55 |
| 144 |  | 4,8 |  | 81,2 |  | 0,60 |  | 0,61 |
| 168 |  | 3,9 |  | 92,6 |  | 0,49 |  | 0,66 |
| 192 |  | 4,1 |  | 102,3 |  | 0,39 |  | 0,70 |
| 216 |  | 4,3 |  | 109,8 |  | 0,30 |  | 0,73 |
| 240 |  | 4,7 |  | 115,8 |  | 0,23 |  | 0,75 |

5.2.1.3 T169L31, Северное полушарие,

Высота изобарической поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (м) | | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,3 | 0,3 | 18,9 | 18,2 | 0,98 | 0,99 | 0,18 | 0,17 |
| 48 | 1,9 | 2,0 | 33,2 | 32,9 | 0,96 | 0,96 | 0,26 | 0,26 |
| 72 | 3,5 | 3,9 | 50,9 | 50,9 | 0,92 | 0,91 | 0,34 | 0,34 |
| 96 |  | 5,4 |  | 70,5 |  | 0,84 |  | 0,41 |
| 120 |  | 6,3 |  | 91,0 |  | 0,74 |  | 0,49 |
| 144 |  | 7,2 |  | 110,7 |  | 0,62 |  | 0,55 |
| 168 |  | 6,0 |  | 126,4 |  | 0,51 |  | 0,60 |
| 192 |  | 6,4 |  | 140,2 |  | 0,41 |  | 0,63 |
| 216 |  | 6,6 |  | 150,9 |  | 0,33 |  | 0,66 |
| 240 |  | 7,0 |  | 159,0 |  | 0,26 |  | 0,68 |

5.2.1.4 T169L31, Северное полушарие,

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | MEAN SPEED ERROR (м/c) | | RMSEV(м/c) | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -1,1 | -1,1 | 6,4 | 6,3 |
| 48 | -1,0 | -1,1 | 8,9 | 8,8 |
| 72 | -0,9 | -0,9 | 11,5 | 11,5 |
| 96 |  | -1,0 |  | 14,2 |
| 120 |  | -1,1 |  | 16,8 |
| 144 |  | -1,2 |  | 19,2 |
| 168 |  | -1,3 |  | 21,1 |
| 192 |  | -1,4 |  | 22,5 |
| 216 |  | -1,5 |  | 23,5 |
| 240 |  | -1,6 |  | 24,2 |

**5.2.2 - T169L31 оценки за 2014 г., Южное полушарие**

5.2.2.1 - T169L31, Южное полушарие Давление на уровне моря

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (hPa) | | RMSE (hPa) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,0 | 0,0 | 2,2 | 2,2 | 0,98 | 0,98 | 0,28 | 0,28 |
| 48 | 0,0 | 0,0 | 3,3 | 3,3 | 0,96 | 0,95 | 0,36 | 0,37 |
| 72 | 0,1 | 0,1 | 4,6 | 4,6 | 0,91 | 0,91 | 0,45 | 0,45 |
| 96 |  | 0,1 |  | 6,0 |  | 0,84 |  | 0,53 |
| 120 |  | 0,1 |  | 7,3 |  | 0,77 |  | 0,59 |
| 144 |  | 0,1 |  | 8,6 |  | 0,68 |  | 0,65 |
| 168 |  | 0,1 |  | 9,6 |  | 0,60 |  | 0,69 |
| 192 |  | 0,1 |  | 10,4 |  | 0,54 |  | 0,72 |
| 216 |  | 0,1 |  | 11,0 |  | 0,48 |  | 0,74 |
| 240 |  | 0,1 |  | 11,3 |  | 0,45 |  | 0,76 |

5.2.2.2 - T169L31, Южное полушарие

Высота изобарической поверхности 500 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (м) | | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -0,7 | -0,7 | 17,3 | 17,2 | 0,99 | 0,99 | 0,19 | 0,19 |
| 48 | -0,3 | 0,0 | 28,9 | 29,0 | 0,96 | 0,96 | 0,27 | 0,27 |
| 72 | 0,4 | 0,9 | 43,2 | 43,4 | 0,91 | 0,91 | 0,35 | 0,35 |
| 96 |  | 2,0 |  | 58,5 |  | 0,85 |  | 0,42 |
| 120 |  | 2,6 |  | 74,0 |  | 0,76 |  | 0,48 |
| 144 |  | 3,3 |  | 89,7 |  | 0,65 |  | 0,54 |
| 168 |  | 3,1 |  | 101,7 |  | 0,55 |  | 0,58 |
| 192 |  | 3,6 |  | 112,2 |  | 0,45 |  | 0,62 |
| 216 |  | 4,1 |  | 120,6 |  | 0,37 |  | 0,65 |
| 240 |  | 4,4 |  | 126,5 |  | 0,30 |  | 0,66 |

5.2.2.3 - T169L31, Южное полушарие

Высота изобарической поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (м) | | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -0,9 | -0,8 | 22,5 | 22,1 | 0,99 | 0,99 | 0,16 | 0,16 |
| 48 | -0,1 | 0,4 | 38,4 | 38,4 | 0,96 | 0,96 | 0,23 | 0,24 |
| 72 | 0,9 | 1,7 | 56,9 | 57,0 | 0,92 | 0,92 | 0,30 | 0,31 |
| 96 |  | 3,1 |  | 76,5 |  | 0,85 |  | 0,37 |
| 120 |  | 4,2 |  | 96,8 |  | 0,77 |  | 0,43 |
| 144 |  | 5,6 |  | 117,5 |  | 0,66 |  | 0,49 |
| 168 |  | 5,4 |  | 133,7 |  | 0,56 |  | 0,53 |
| 192 |  | 6,5 |  | 147,8 |  | 0,47 |  | 0,56 |
| 216 |  | 7,5 |  | 159,2 |  | 0,38 |  | 0,59 |
| 240 |  | 8,0 |  | 167,6 |  | 0,31 |  | 0,61 |

5.2.2.4 - T169L31, Южное полушарие

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | MEAN SPEED ERROR (м/c) | | RMSEV(м/c) | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -1,3 | -1,3 | 6,6 | 6,6 |
| 48 | -1,2 | -1,2 | 9,2 | 9,1 |
| 72 | -1,1 | -1,2 | 11,9 | 11,8 |
| 96 |  | -1,3 |  | 14,5 |
| 120 |  | -1,6 |  | 17,2 |
| 144 |  | -1,8 |  | 19,6 |
| 168 |  | -1,9 |  | 21,5 |
| 192 |  | -2,1 |  | 23,0 |
| 216 |  | -2,2 |  | 24,2 |
| 240 |  | -2,3 |  | 25,1 |

**5.2.3 - T169L31 Оценки за 2014 г., Тропики (20 N – 20 S)**

5.2.3.1 - T169L31, Тропики

Высота изобарической поверхности 850 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (м) | | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,0 | 0,1 | 6,6 | 6,5 | 0,89 | 0,88 | 0,46 | 0,47 |
| 48 | 0,1 | 0,3 | 8,1 | 8,1 | 0,84 | 0,83 | 0,51 | 0,52 |
| 72 | 0,1 | 0,3 | 9,3 | 9,2 | 0,79 | 0,78 | 0,53 | 0,54 |
| 96 |  | 0,5 |  | 10,5 |  | 0,73 |  | 0,57 |
| 120 |  | 0,3 |  | 11,8 |  | 0,66 |  | 0,59 |
| 144 |  | 0,4 |  | 13,1 |  | 0,61 |  | 0,61 |
| 168 |  | 0,2 |  | 14,1 |  | 0,57 |  | 0,64 |
| 192 |  | 0,2 |  | 14,7 |  | 0,54 |  | 0,65 |
| 216 |  | 0,1 |  | 15,2 |  | 0,50 |  | 0,66 |
| 240 |  | 0,2 |  | 15,6 |  | 0,48 |  | 0,67 |

5.2.3.2 - T169L31, Тропики

Высота изобарической поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (м) | | RMSE (м) | | KA | | S1 | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -0,4 | -0,6 | 10,8 | 10,6 | 0,90 | 0,90 | 0,52 | 0,52 |
| 48 | -0,4 | -0,4 | 13,3 | 13,4 | 0,86 | 0,86 | 0,55 | 0,54 |
| 72 | 0,3 | 0,7 | 15,8 | 15,9 | 0,81 | 0,81 | 0,57 | 0,57 |
| 96 |  | 1,6 |  | 18,4 |  | 0,75 |  | 0,60 |
| 120 |  | 1,4 |  | 20,7 |  | 0,69 |  | 0,62 |
| 144 |  | 1,2 |  | 23,2 |  | 0,61 |  | 0,64 |
| 168 |  | 0,9 |  | 25,4 |  | 0,53 |  | 0,67 |
| 192 |  | 1,0 |  | 27,2 |  | 0,46 |  | 0,69 |
| 216 |  | 1,1 |  | 28,6 |  | 0,40 |  | 0,70 |
| 240 |  | 1,1 |  | 29,8 |  | 0,35 |  | 0,72 |

5.2.3.3 - T169L31, Тропики

Температура воздуха на поверхности 850 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (K) | | RMSE (K) | | KA | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 1,3 | 1,3 | 1,8 | 1,8 | 0,63 | 0,56 |
| 48 | 1,2 | 1,1 | 1,8 | 1,8 | 0,57 | 0,49 |
| 72 | 1,0 | 0,8 | 1,8 | 1,8 | 0,52 | 0,45 |
| 96 |  | 0,6 |  | 1,7 |  | 0,41 |
| 120 |  | 0,3 |  | 1,7 |  | 0,38 |
| 144 |  | 0,1 |  | 1,8 |  | 0,35 |
| 168 |  | -0,1 |  | 1,8 |  | 0,33 |
| 192 |  | -0,3 |  | 1,9 |  | 0,31 |
| 216 |  | -0,5 |  | 2,0 |  | 0,29 |
| 240 |  | -0,7 |  | 2,1 |  | 0,27 |

5.2.3.4 - T169L31, Тропики

Температура воздуха на поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговре-менность | ME (K) | | RMSE (K) | | KA | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,7 | 0,6 | 1,1 | 1,0 | 0,71 | 0,69 |
| 48 | 1,1 | 1,0 | 1,5 | 1,4 | 0,60 | 0,58 |
| 72 | 1,2 | 1,1 | 1,6 | 1,5 | 0,54 | 0,53 |
| 96 |  | 0,9 |  | 1,4 |  | 0,46 |
| 120 |  | 0,6 |  | 1,4 |  | 0,40 |
| 144 |  | 0,3 |  | 1,3 |  | 0,35 |
| 168 |  | -0,1 |  | 1,4 |  | 0,31 |
| 192 |  | -0,6 |  | 1,5 |  | 0,27 |
| 216 |  | -1,0 |  | 1,7 |  | 0,24 |
| 240 |  | -1,3 |  | 2,0 |  | 0,21 |

5.2.3.5 - T169L31, Тропики

Скорость ветра на поверхности 850 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | MEAN SPEED ERROR (м/c) | | RMSEV(м/c) | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | 0,4 | 0,4 | 3,8 | 3,7 |
| 48 | 0,3 | 0,4 | 4,4 | 4,2 |
| 72 | 0,2 | 0,2 | 4,9 | 4,8 |
| 96 |  | -0,1 |  | 5,2 |
| 120 |  | -0,2 |  | 5,5 |
| 144 |  | -0,4 |  | 5,9 |
| 168 |  | -0,5 |  | 6,1 |
| 192 |  | -0,5 |  | 6,3 |
| 216 |  | -0,6 |  | 6,4 |
| 240 |  | -0,6 |  | 6,5 |

5.2.3.1 - T169L31, Тропики

Скорость ветра на поверхности 250 гПа

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| Заблаговременность | MEAN SPEED ERROR (м/c) | | RMSEV (м/c) | |
| (часы) | 00 ВСВ | 12 ВСВ | 00 ВСВ | 12 ВСВ |
| 24 | -0,3 | -0,3 | 5,8 | 5,8 |
| 48 | -0,2 | -0,2 | 7,4 | 7,3 |
| 72 | -0,1 | -0,1 | 8,5 | 8,5 |
| 96 |  | -0,2 |  | 9,5 |
| 120 |  | -0,4 |  | 10,4 |
| 144 |  | -0,6 |  | 11,1 |
| 168 |  | -0,8 |  | 11,8 |
| 192 |  | -1,0 |  | 12,4 |
| 216 |  | -1,2 |  | 12,9 |
| 240 |  | -1,3 |  | 13,3 |

Обозначения:

RMSE – среднеквадратическая ошибка;

RMSEV - среднеквадратическая ошибка прогноза вектора скорости ветра;

KA - коэффициент корреляции аномалий;

S1 – “уровень мастерства” – надежность прогноза

**5.3 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.

**5.4 Исследования, выполняемые в данной области**

Проводится адаптация прогноза в локализованной области вблизи узлов прогностической сетки (fuzzy) и объектно-ориентированных методов верификации мезомасштабных прогнозов к потокам оперативной информации радарных наблюдений, формируемых комплексом АКСОПРИ Центральной Аэрологической Обсерватории. Особое внимание уделяется проблемам верификации в условиях сложного горного рельефа с учетом потребностей метеорологического обеспечения Олимпийских игр в Сочи в 2014 г. [Астахова Е.Д., 2014, Киктев Д.Б. и др, 2013]

Внедренная в оперативную работу унифицированная система верификации краткосрочных численных прогнозов погоды VERSUS-2 (совместная разработка консорциума COSMO), дополняется блоками расчета качества вероятностных прогнозов.

*Развитие сиситем 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 соответствие 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 (2015-2017)**

**6.1. Развитие ГСОДП**

*6.1.1. Основные изменения в оперативной СОДП, ожидаемые в 2015 году:*

Внедрение в оперативную эксплуатацию:

- версии глобальной спектральной модели атмосферы T339L31.

- системы ансамблевого прогноза на краткие и средние сроки на основе 2-x глобальных моделей атмосферы с разрешением около 70 км с использованием «бридинг-метода», размер ансамбля – 14 реализаций.

- версии технологии COSMO-Ru-ENA для всей территории Европы и Северной Азии с шагом 13,2 км с вложенными в нее областями детализированных расчетов с разрешением сеток 7.0 и 2.2. км для различных регионов России;

- новый вариант оперативного объективного анализа (под ОС Windows) с горизонтальным разрешением 100 км. c использованием прогностической продукции НМЦ Экзетер в качестве полей 1-го приближения;

- новую версию 13-уровенного объективного анализа по Cеверному полушарию (добавлены уровни 70 гПа и 50 гПа), поля 1-го приближения – прогнозы НМЦ Экзетер 2,5° \* 2,5°.

*6.1.2. Основные изменения в оперативной СОДП, ожидаемые в 2015-2017 годах*

Реализация циклического усвоения с глобальными моделями Гидрометцентра России.

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

Введение в оперативную эксплуатацию новой версии ансамблевой системы прогнозов на средние сроки с увеличенным размером ансамбля, расширенным набором выходной продукции и усовершенствованным построцессингом, 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 2014-2017 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 0,22х0,18 градуса, 60 уровней. Реализация редуцированной широтно-долготной сетки в полной модели ПЛАВ. Реализация гибридной вертикальной координаты. Улучшение описание стратосферы: блок переноса и фотохимии озона.

**-** Ансамблевоепрогнозирование:Развитие системы среднесрочного ансамблевого прогноза за счет увеличения размера ансамбля, пространственного разрешения спектральной модели, использования мультимодельного подхода, перехода к маскированному бридингу, разработки и внедрения системы статистической коррекции, расширения объема выходной продукции, усовершенствования систем постпроцессинга и верификации.

- Развитие системы COSMO-Ru: усовершенствование блоков подготовки начальных данных для подстилающей поверхности и нижних уровней атмосферы с использованием детальных синоптических наблюдений, развитие схемы параметризаций снежного покрова и турбулентного обмена, развитие единой системы верификации в рамках проекта VERSUS консорциума COSMO, опытная реализация системы ансамблевого мезомасштабного прогнозирования для региона Москвы и Арктических морей 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 0.9х0.72 градуса). 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 от фаз мод крупномасштабной изменчивости;

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 супер-ансамбля 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) являетcя членом консорциума по мезомасштабному моделированию **COSMO.**

**7.1. Система моделирования**

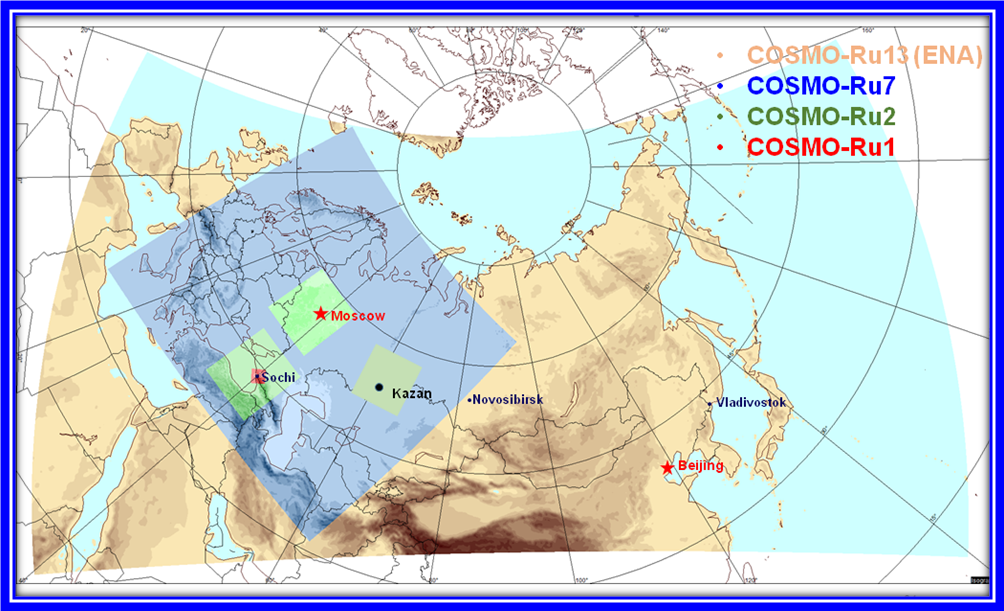
*7.1.1. В оперативной эксплуатации (см. рисунки):*

COSMO-Ru7: - Версия модели COSMO, адаптированная для технологий ММЦ «Москва» с шагом сетки 7 км для области, включающей территории с запада на восток от Франции 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 c шагом 14 км для территории: с запада на восток от Европейской части России до Дальнего Востока и с севера на юг от побережий морей Северного Ледовитого океана до южных границ России и Монголии.

COSMO-Ru2cfo, COSMO-Ru2vfo & COSMO-Ru2sfo - версии COSMO-Ru, «встроенные» в COSMO-Ru7 (система СOSMO-Ru07/02) - шаг 2,2 км, области: Центральный федеральный округ (Ru2cfo), Cреднее Поволжье (Ru2vfo) и Северо-Кавказский регион Ru2sfo (см. рисунки).

COSMO-Ru1sfo – версия COSMO-Ru, «встроенная» в COSMO-Ru2sfo – шаг 1,1 км, район Сочи.

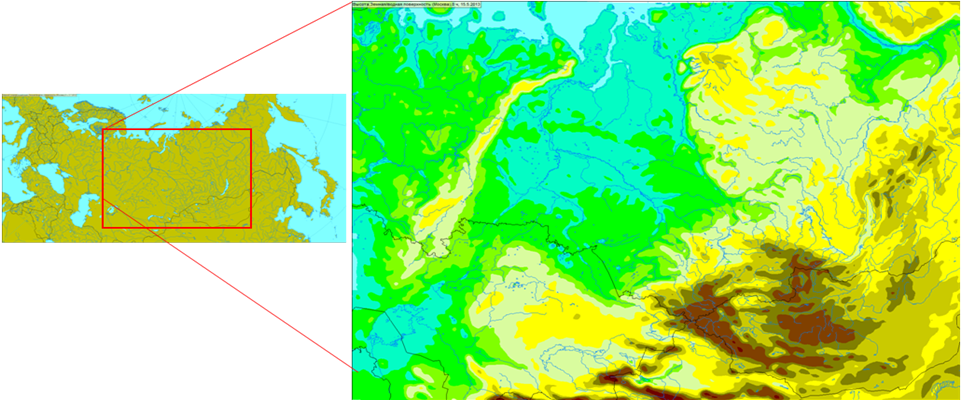


Области интегрирования системы краткосрочного прогноза погоды COSMO-Ru с шагами сетки 13,2 км (COSMO-Ru13 (ENA)),

7 км (COSMO-Ru7, голубой прямоугольник),

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

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



Области интегрирования COSMO RuSib14.

*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; WG6: тестирование новых версий модели COSMO; WG7: развитие методов мезомасштабного ансамблевого моделирования).

**7.2. График расчетов, заблаговременность прогнозов**

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 часа, 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 условий 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).

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

*7.4.2. Исследования, выполняемые в данной области*

Активизация встроенной в программное обеспечение COSMO системы непрерывного усвоения информации наблюдений на основе метода “nudging” для COSMO-Ru7 и COSMO-Ru2. Анализ эффективности использования данной системы и частичная модификация алгоритмов.

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. B коде ГРИБ:*

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

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

одноуровенные 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 по адресам пользователям.

*7.5.2. В графических форматах*

А) в виде карт

Карты (для срока 00 подготавливается порядка 2000 карт) c 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:

Метеограммы с визуализацией на основе графической системы GRADS В ММЦ/РСМЦ Москва формируются для 300 узлов сетки в пределах России и распространяется на основе FTP, Интернет и локальным сетям по адресам пользователям. Часть метеограмм размещается в открытом доступе на сайте <http://www.meteoinfo.ru/-cosm0-Ru>

**7.6. Верификация прогностических продуктов**

На основе системы VERSUS-2 верификации 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.

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 [Бундель А.Ю. и др., 2014, Муравьев А.В. и др., 2013].

**7.7. Планы на 2015 - 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 получении новой вычислительной техники, до этого времени, по техническим причина 13.2 км).

Внедрить алгоритмы уточненного анализа температуры нижних слоев воздуха и верхних слоев почвы c использованием информации поступающей информации из системы глобального моделирования Немецкой службы погоды и данных наблюдений SYNOP

*7.7.2. Планируемые научные исследования:*

Развитие системы моделирования COSMO-Ru с шагом 1 км c 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 системы инициализации данных о водном эквиваленте снега

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

Развитие объектно-ориентированных подходов 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. Бундель А.Ю., Кирсанов А.А., Муравьев А.В., Ривин Г.С., Розинкина И.А., Блинов Д.В. Первые результаты оценки успешности мезомасштабных численных прогнозов СOSMO-RU, выпускаемых в рамках метеообеспечения олимпиады Сочи-2014 // Труды Гидрометцентра России, № 352, 2014, С. 37-54.
5. 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.
6. Зеленько А.А., Струков Б.С., Реснянский Ю.Д., Мартынов С.Л. Система прогнозирования ветрового волнения в Мировом океане и морях России // Труды Государственного океанографического института. Исследования океанов и морей. –2014. –Вып. 215. –C. 90–101.
7. 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.
8. Казакова Е.В., Чумаков М.М., Розинкина И.А. Расчет высоты свежевыпавшего снега с помощью результатов атмосферного моделирования (на примере COSMO-Ru) // Труды Гидрометцентра России, 2014, вып.352, с. 74-84.
9. 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.
10. Казакова Е.В., Чумаков М.М., Розинкина И.А. Модуль расчетов высоты свежевыпавшего снега в зависимости от метеоусловий по данным измерений или численных прогнозов 6/12-ти часовых сумм осадков. 2014. РОСПАТЕНТ. Свидетельство №2014618542 от 25.08.2014.
11. Казакова Е.В., Чумаков М.М., Розинкина И.А. Алгоритм расчета высоты свежевыпавшего снега, предназначенного для постпроцессинга систем атмосферного моделирования (на примере COSMO) // Труды Гидрометцентра России, 2013, вып. 350, с. 164-179.
12. Киктёв Д.Б., Астахова Е.Д., Блинов Д.В., Зарипов Р.Б., Муравьев А.В., Ривин Г.С., Розинкина И.А., Смирнов А.В., Цырульников М.Д. Развитие прогностических технологий для метеорологического обеспечения зимней олимпиады «СОЧИ-2014» // Метеорология и гидрология. Москва. – 2013. №10.– С. 5–15.
13. Муравьев А.В., Бундель А.Ю., Киктев Д.Б., Блинов Д.В., Смирнов А.В. Верификация мезомасштабных прогнозов для района Олимпийских игр 2014 г. по первому тестовому периоду. Часть I: Технология верификации и полигонные оценки качества прогнозов на основе модели COSMO // Метеорология и гидрология. Москва, 2013. № 11, с. 5-21.
14. Никитин М.А., Блинов Д.В., Ривин Г.С. Оперативная система прогноза погоды COSMO-Ru и исследования её масштабируемости. Высокопроизводительные параллельные вычисления на кластерных системах. Материалы XIII Всероссийской конференции (Н. Новгород, 14–16 ноября 2013 г.) / Под ред. проф. В.П. Гергеля. – Нижний Новгород: Изд-во Нижегородского госуниверситета, 2013.
15. 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.
16. Попов С.К., Лобов А.Л. Моделирование пространственно-временной изменчивости уровня Каспийского моря в 1948-1994 г.г. Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации, 2013, Выпуск 350, стр. 68-87.
17. Реснянский Ю.Д., Струков Б.С. Изменения термохалинной структуры Южного океана и их связь с изменениями уровня моря по данным ныряющих буев Арго и спутниковой альтиметрии // Труды Гидрометеорологичекого научно-исследовательского центра Российской Федерации. 2013. Вып. 350. –C. 88–109.
18. Струков Б.С., Зеленько А.А., Реснянский Ю.Д., Мартынов С.Л. Система прогнозирования характеристик ветрового волнения и результаты ее испытания для акваторий Азовского, Черного и Каспийского морей // Информационный сборник № 40. Новые технологии, модели и методы гидрометеорологических прогнозов и результаты их оперативных испытаний. Под ред. А.А. Алексеевой. ФГБУ "Гидрометцентр России". М., 2013. – С. 64–79.
19. 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 C 131-142.
20. Толстых М.А. Влияние параметризации альбедо снега в глобальной модели атмосферы на среднесрочные и долгосрочные численные прогнозы, Труды Гидрометеорологического научно-исследовательского центра Российской Федерации, 2014, Вып 352. С.139-149.
21. 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.
22. Kazakova E., Chumakov M., Rozinkina I. Realization of the parametric snow cover model SMFE for snow characteristics calculation according to standard net meteorological observations // COSMO Newsletter No.13, 2013, р. 39-49.
23. Kazakova E., Chumakov M., Rozinkina I. Initial fields of snow cover characteristics preparation for COSMO-Ru // COSMO Newsletter No.14, 2014, р. 37-42.
24. Kiktev D., E.Astakhova, A.Muravyev, M.Tsyrulnikov. Performance of the WWRP project FROST-2014 forecasting systems: preliminary assessments. World Open Science Conference-2014, Canada, Montreal. Book of abstracts, p.312. Available at <http://wwosc2014.org/pdf/20140825-WWOSC-FinalBookofAbstracts.pdf>
25. Kiktev Dmitry, Elena Astakhova, and Michael Tsyrulnikov. Field campaign and information resources of the FROST-2014 project. EMS Annual Meeting Abstracts, Vol. 11, EMS2014-272, 2014.
26. 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. 105-145.
27. Masutani M., Garand L., Lahoz W., Riishøjgaard L.-P., Andersson E., Rochon Y., Tsyrulnikov 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 pp.
28. 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, pp.88-94. Available at: <http://cosmo-model.org/content/model/documentation/newsLetters/newsLetter14/cnl14_10.pdf>
29. 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. 407-417.
30. Shlyaeva A.V., Tolstykh M.A., Mizyak V.G., Rogutov V.S. Local ensemble transform Kalman filter data assimilation system for the global semi-Lagrangian atmospheric model. Russ. J. Num. An. & Math. Mod. 2013 V 28 N 4 P 419-441.
31. Tsyrulnikov M. and Gorin V. Are atmospheric-model tendency errors perceivable from routine observations? - COSMO Newsletter N13, 2013, p. 3-18, available at <http://www.cosmo-model.org/content/model/documentation/newsLetters/newsLetter13/default.htm>.
32. Yurova A., M. Tolstykh, M. Nilsson, A.Sirin, Parameterization of mires in a numerical weather prediction model // Water resources research. 2014. V. 50. P. 8982-8996.