

Семинар-совещания синоптиков Гидрометцентров УГМС, ЦГМС  
(филиалов УГМС) Урало-Сибирского региона по использованию  
современных методов прогнозов и информационных технологий в  
производственной работе  
г. Новосибирск, 29-31 июля 2014 года

# **ИНФОРМАЦИОННО-ВЫЧИСЛИТЕЛЬНЫЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ПРОГНОЗА ДИНАМИКИ АТМОСФЕРЫ СИБИРСКОГО РЕГИОНА НА ОСНОВЕ МОДЕЛЕЙ**

**COSMO-Sib/3D-VAR-COSMO-Sib/ SI-AV/WRF ARW**

СибНИГМИ, ГМЦ РФ, РИВЦ-ЗС УГМС

## Вычислительный сервер SGI Altix 4700

- 128 процессорных ядер Intel Itanium2
- оперативная память 256 Гбайт
- 10 Тб дискового пространства
- пиковая производительность 660 GFLOPS



## Программное обеспечение SGI Altix 4700

- ОС SLES 10
- Система управления заданиями PBSPro (версия 10.0),
- Компиляторы Intel: C, Fortran (версии 9.1.043, 10.1.018, 11.07.074),
- Отладчик Intel Debugger (версия 11.07.074),
- Отладчик Etnus TotalView (версия 8.4.1-5),
- Библиотека Intel MPI Library (версия 2.0).

## Задачи, решаемые на SGI Altix 4700 :

- Работа с системой “Климат”,
- Расчёты модели “WRF”,
- Расчёты модели “SLAV”,
- Расчёты модели “Cosmo”.

Визуализации результатов моделирования доступны на официальном сайте СибНИГМИ: [www.sibnigmi.ru](http://www.sibnigmi.ru)

Вычислительный комплекс предназначен для моделирования и прогноза динамики атмосферы над сибирским регионом.

Главной задачей комплекса является автоматизированный расчет численных прогнозов погоды для Сибирского региона с заблаговременностью до 48 часов и распространение прогностической информации в графическом виде.

Основой комплекса является прогностическая модели  
COSMO-Sib. (14 км) /SI-AV / WRF ARW 3.1.1

**В качестве граничных условий используются глобальные прогнозы, распространяемые NCEP (США)/DWD(Германия), при автоматизированной визуализации прогнозов используется графические библиотеки NCAR (А. Петров) и разработки СибНИГМИ (рук. А.Колкер).**

Разработано описание методологии и особенностей программной реализации комплекса, оценки качества прогнозов при использовании различных версий модели, рассматриваются вопросы организации счета COSMO-Sib/WRF ARW для решения различных прикладных и исследовательских задач.

## Тема 1.1.1.2

В июне 2011 года в РВЦ ЗС УГМС, в соответствии с Планом НИОКР Росгидромета на 2011 год, введена в эксплуатацию мезомасштабная модель **COSMO** (новая версия , 14 км.) для территории Урало-Сибирского Округа. Эта модель используется в качестве основной модели прогноза погоды для обслуживания населения и экономической структуры региона (оценки риска и т.д.).

В настоящее время вычислительные возможности кластера SGI Altix -4700 РВЦ ЗС УГМС позволяют готовить оперативные прогнозы на базе модели с горизонтальным разрешением не менее 14 км. Начальные данные и краевые условия «скачиваются» с сервера DWD.

Оперативная продукция (метеополя и метеограммы) выставляются на сайте СибНИГМИ, а также используется оперативными службами ЗС УГМС и его филиалов.

В 2014 году, с увеличением мощности вычислителя, планируется ввести в оперативную эксплуатацию версию модели с разрешением 7 км и затем 2.5 км для выделенных регионов Западной Сибири.

В настоящее время, на новосибирском кластере SGI Altix 4700 развёрнута модель COSMO\_SIB с разрешением 7 км (в дальнейшем COSMO\_SIB07), осуществляющая прогнозирование погоды на территории Сибирского региона. Данная модель предназначена для исследовательских целей и в настоящее время, не используется в оперативном прогнозировании.

## **Область счёта.**

Координаты левого нижнего угла области счёта: (-17.0, -23.0);

Количество точек: 720 x 500, с шагом 7 км.

Количество вертикальных уровней: 40.

TODO: Перевести в обычные географические координаты.

## Структура программного комплекса COSMO\_SIB07.

Программный комплекс содержит главную папку «cosmo», в которой находятся:

- 1) COSMO\_SIB — папка содержащая саму модель,
- 2) get\_data - папка содержащая скрипты для загрузки входных данных модели,
- 3) postpr — папка содержащая скрипты постпроцессинга (визуализации данных),
- 4) start\_model.sh — скрипт для запуска полного цикла счёта модели (для текущей даты).

В папке .../COSMO\_SIB находятся:

- INPUT — папка содержащая входные данные для счёта модели,
- OUTPUT — папка содержащая данные полученные в результате счёта модели и постпроцессинга.



Выполнены работы по запуску прогностической модели COSMO\_SibRU с разрешением 7 км. Количество вертикальных уровней равно 40. Расчет модели производится в два этапа. На первом этапе используется 4 процессорных ядра, на втором 76 процессорных ядер.

Время расчета составляет примерно три с половиной часа.

Готовая продукция представлена в виде полей и метеограмм.

Результаты просчета располагаются в директории /RHM/RHM-NSK/users/sibnigmi/testov3/models/cosmo/COSMO\_SIB/OUTPUT. Часовой пояс метеограмм установлен на UTC-00.

Разработана Инструкция по запуску модели

COSMO\_SIB

с разрешением 7 км на новосибирском кластере SGI Altix 4700.

## Тема 1.1.1.7

По соображениям гидрометеорологической безопасности, было решено разработать и запустить отечественную систему регионального усвоения данных, включая усвоение спутниковых данных и данных погодных радаров (для получения детальной структуры облачности, осадков и ветра). В ГМЦ создан глобальный анализ 3D-VAR полностью собственной разработки, предназначенный для усвоения данных наблюдений, как на глобальном, так и на региональном масштабе в атмосфере (а также и в Мировом океане – оперативная технология ГМЦ).

**Для СибНИГМИ была поставлена задача:** Разработать региональную версию 3D-VAR для Урало-Сибирского Округа. Для этого, а также для внедрения этой системы в ЗС УГМС – СибНИГМИ.

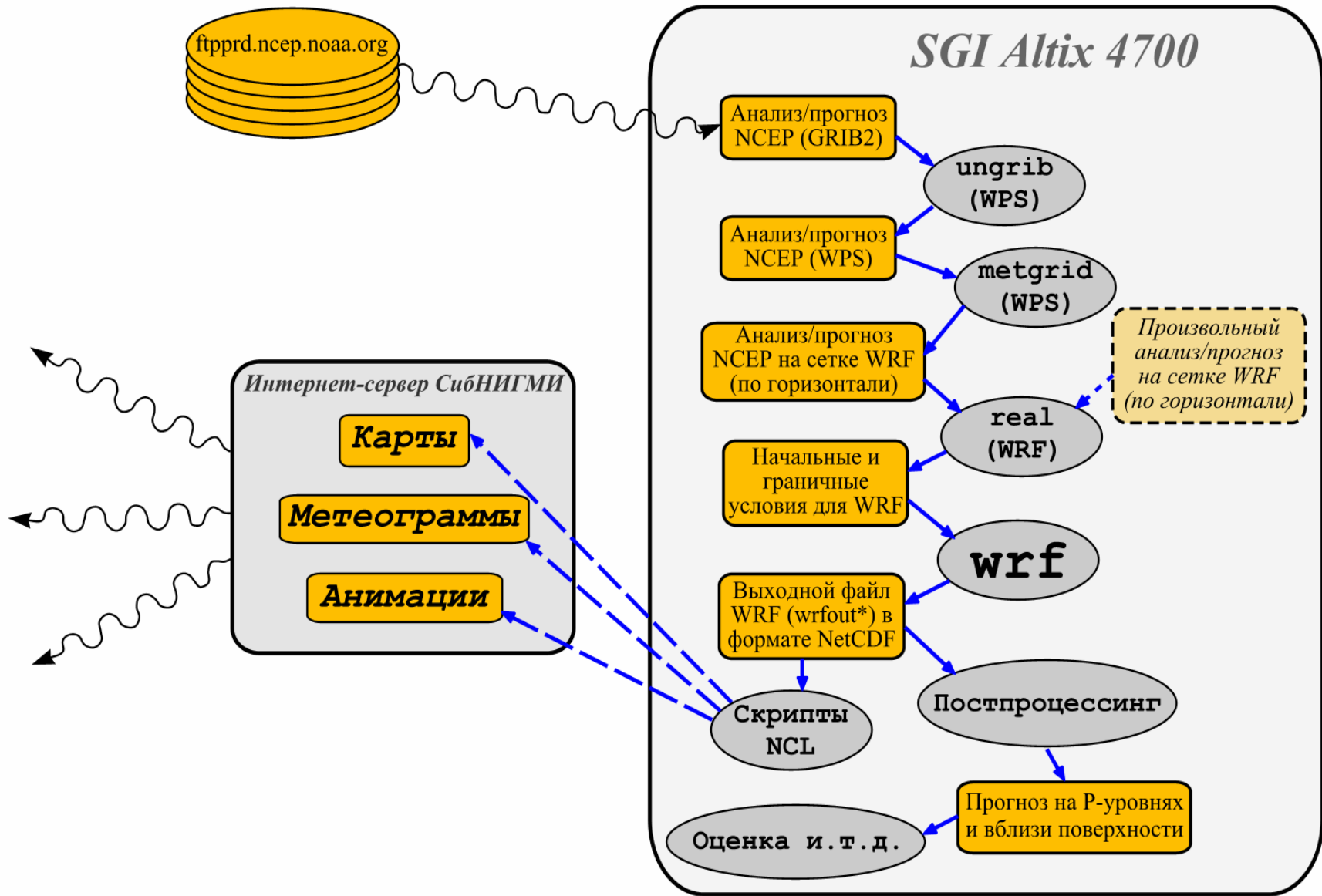
## COSMO-Sib/3DVAR:

Система регионального 3D-Var в регионе Сибири доработана для включения спутниковых наблюдений MHS об атмосферной влажности. Усваиваются каналы 3-5 MHS со спутников NOAA-18 или NOAA-19, а также Metop-A, AMSU-A о температуре. Усваиваются каналы 5-10 AMSU-A со спутников NOAA-18 или NOAA-19.

Разработаны и протестированы операторы наблюдений (нелинейный и линеаризованный) с использованием радиационной модели RTTOV.

В результате получена действующая система циклического усвоения данных контактных наблюдений в регионе Сибири на основе системы регионального 3D-Var Гидрометцентра России и модели COSMO-Sib на сервере Прометей 2 R-style Vfrshall. Произведена настройка статистики ошибок наблюдений в системе усвоения.

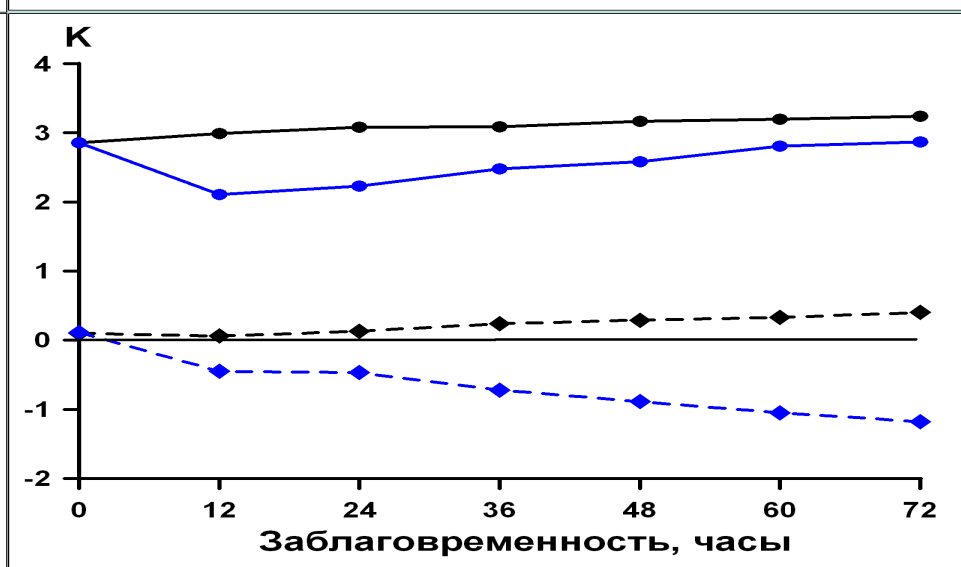
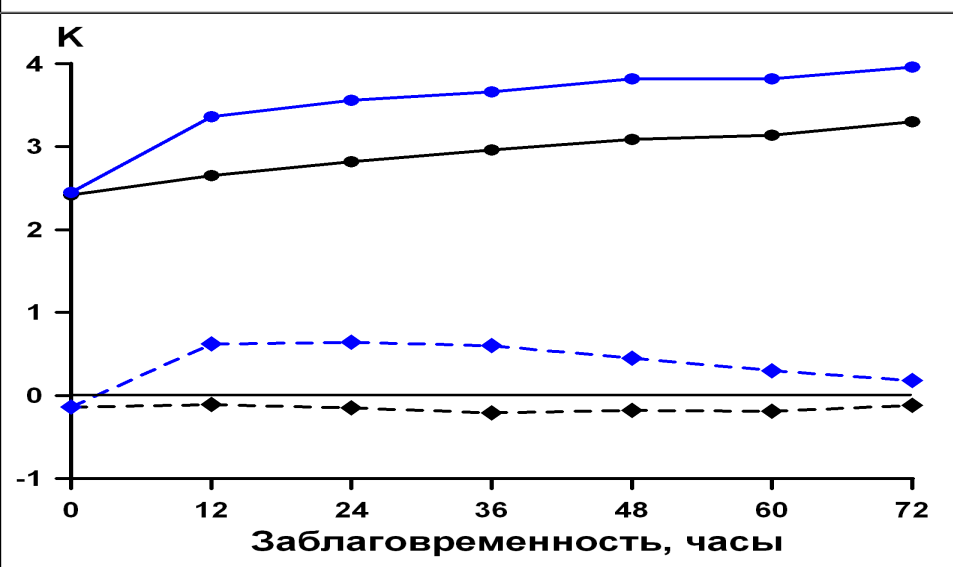
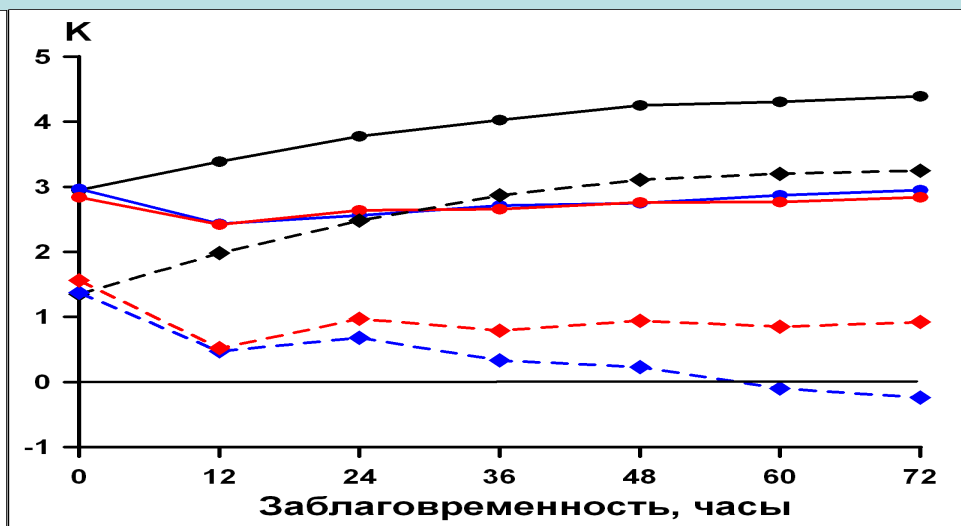
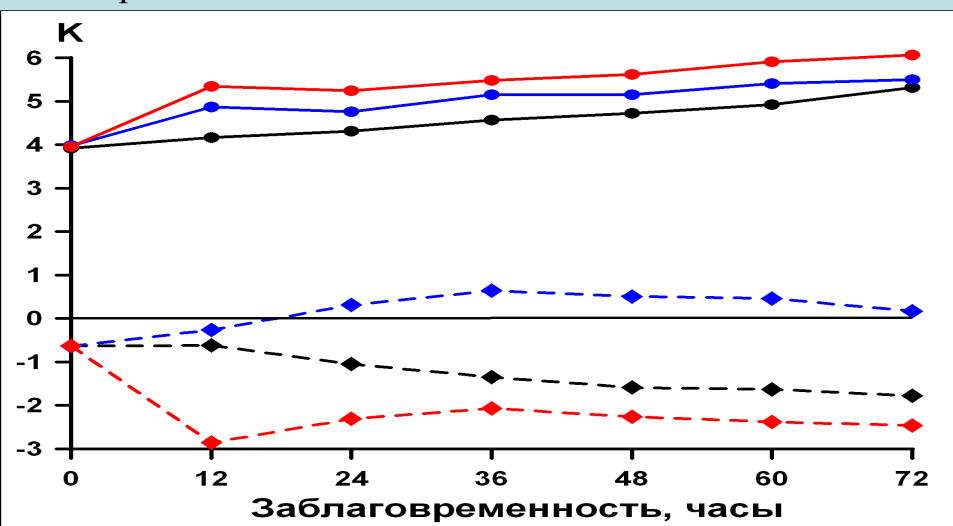
# WRF-3.4.1.



В рамках совместных работы СибНИГМИ и Гидрометцентра России подготовлен пакет программ и управляющих скриптов, проводящий оценку рассчитываемых WRF метеорологических полей по данным анализа и по контактными наблюдениям – синоптическим (сводки SYNOP) и данным радиозондирования (сводки TEMP и PILOT).

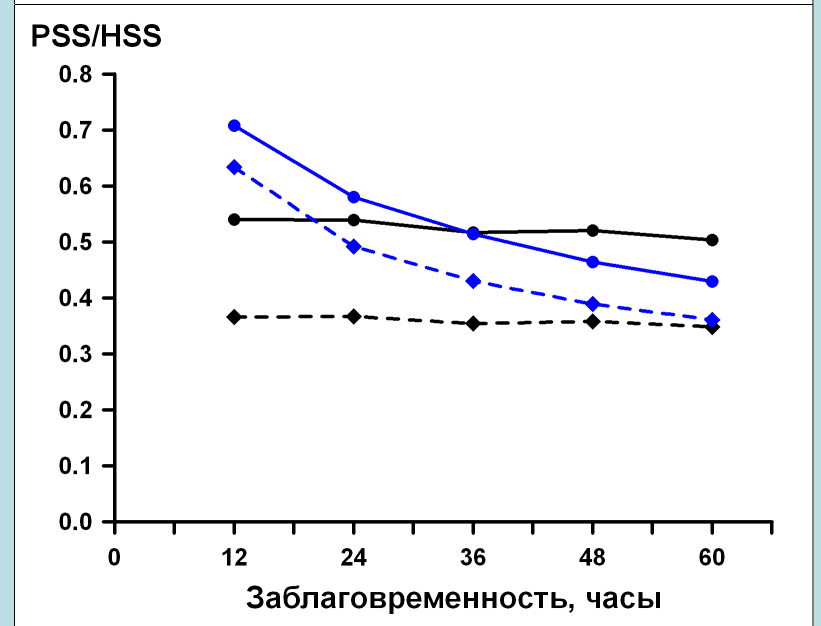
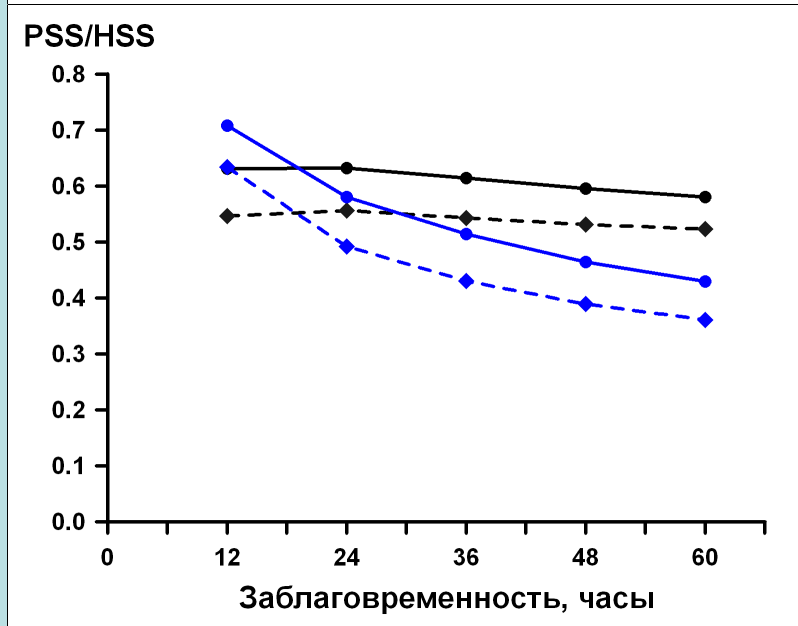
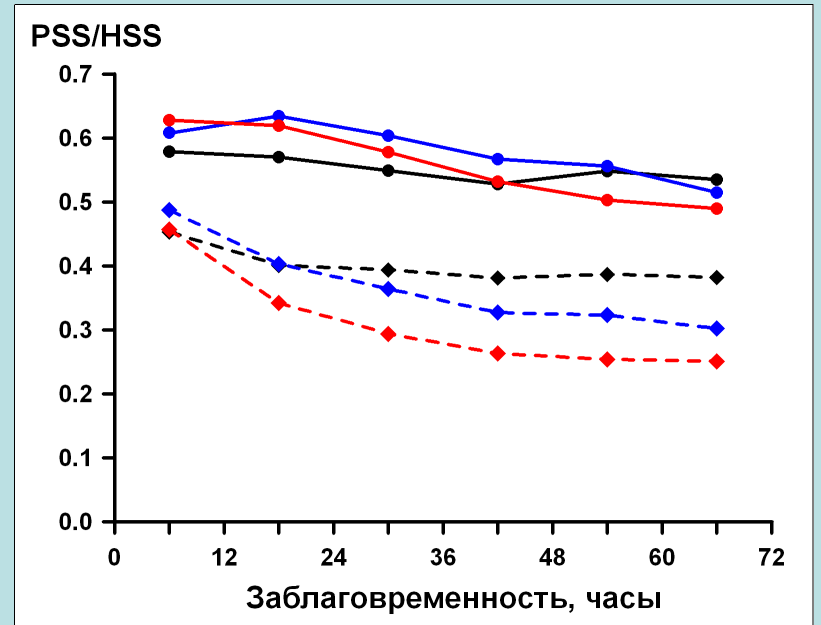
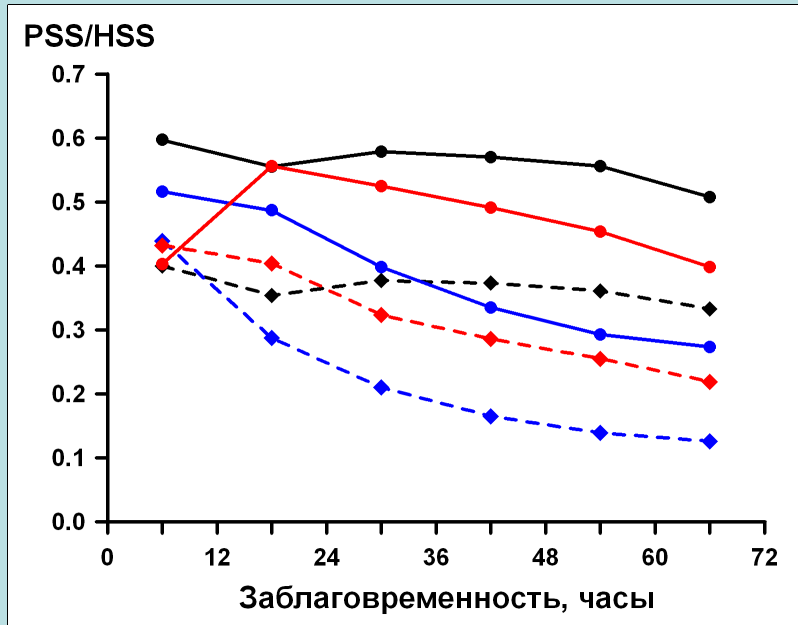
Для оценки используются наблюдения из баз данных Гидрометцентра России [Степанов, Жабина, 2010].  
Области оценки: европейская территория России (45-65° с.ш., 27-57° в.д.) – далее ЕТР и район Новосибирска (50-65° с.ш., 70-100° в.д.).

Зависимость смещений и среднеквадратичных ошибок прогноза 2-метровой температуры для района Новосибирска и ЕТР в зависимости от заблаговременности прогноза. Можно отметить, что летом среднеквадратичные ошибки прогноза WRF ниже, чем оценки прогноза NCEP. Зимние оценки для района Новосибирска плохи для всех моделей. Оценки WRF уступают оценкам NCEP, версия 3.1.1 выглядит предпочтительнее.





# индексы Пирси и Хирша



Можно обратить внимание на особенность прогнозов NCEP – качество прогноза осадков в первые 3 суток меняется довольно слабо, для WRF падение качества прогноза с увеличением его заблаговременности гораздо более быстрое. Зимние прогнозы осадков по WRF менее успешны, чем собственно прогнозы NCEP, при этом качество прогноза осадков более новой версии модели заметно выше. Летом в течение первых двух суток (на которые и считается прогноз WRF ARW в СибНИГМИ) качество прогнозов близко.

## ПЛАНЫ на 2014-16гг

1. В ГМЦ и СибНИГМИ Росгидромета в планах научно-технической деятельности на 2014-2016 гг., уделено особое внимание развитию и внедрению систем **наукастинга** с высоким пространственным разрешением на основе моделей COSMO и WRF (обозначим как COSMO/N и WRF/N) для использования в **МЧС, авиации** и т.д., где изменения метеорологических параметров на масштабах времени от нескольких минут до нескольких часов имеют решающее значение для принятия решений.

**Наукастинг**, является методом диагностики и сверх краткосрочного прогнозирования метеорологической (и экологической) ситуации путем комбинации прогноза с данными наблюдений, используя различные методы анализа и усвоения (ассимиляции), чтобы произвести сверхкраткосрочного прогноз. Прогностический комплекс сверхкраткосрочного прогноза может включать также экстраполяцию, статистические методы или экспертные системы.

Данная разработка может служить основой для создания такой системы.

2. Опасные погодные явления и сильные осадки, в условиях сложной местности часто связаны с наводнениями, создавая условия высокого риска для общества и окружающей среды. **Точные и надежные метео - гидрологические прогнозы, с достаточной заблаговременностью, могут привести к снижению ущерба от наводнений и к эффективному управлению рисками. По этим причинам, все чаще создаются системы, объединяющие гидрологические и метеорологические модели для того, чтобы обеспечить более точные и своевременные прогнозы наводнения.** Необходимость создания совместных метео - гидрологических моделей можно понять, если учесть, что информация об осадках является наиболее важной для гидрологических прогнозов.

Для очень больших водосборов, гидрологические прогнозы могут быть основаны на наблюдениях за осадками, так как время отклика водосборного бассейна достаточно велико, чтобы обеспечивать своевременную защиту. Напротив, для средних (от 1000 до 10 000 км<sup>2</sup>) и маленьких водосборов, которые характеризуются сложной орографией, время реакции, как правило, порядка нескольких часов. Таким образом, своевременный прогноз речного стока с заблаговременностью от нескольких дней (раннее предупреждение) до 24-48 ч (предупреждение и тревога) вперед, может быть обеспечен с помощью совместных **гидролого - метеорологических моделей численного прогноза погоды.**

Точные прогнозы расхода требуют точных прогнозов осадков с высокой пространственной и временной детальностью (из-за высокой чувствительности не только к количеству осадков, но и к пространственно-временному их распределению): иными словами, качество метеорологических прогнозов может быть ключевым определяющим фактором для качества гидрологических прогнозов. Эта особенность говорит в пользу применения ансамблевого подхода.

Планируется разработка совместной метео – гидрологической модели на базе WRF/COSMO-Sib(?) и 2.5 – мерной численной модели гидродинамики и качества воды CE-QUAL-W2 в СибНИГМИ для западносибирского региона и Алтая.

ТОЛСТЫХ М.А.

## ГЛОБАЛЬНАЯ ПОЛУЛАГРАНЖЕВА МОДЕЛЬ ЧИСЛЕННОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ

Приводится описание глобальной полулагранжевой модели численного прогноза погоды ПЛАВ. Представлена формулировка исходных уравнений, подробно рассматриваются численные методы решения этих уравнений. Дается краткое описание параметризаций процессов подсеточного масштаба, разработанных консорциумом ALADIN/LACE, которые применяются в модели ПЛАВ. Рассматривается практическая реализация параллельного программного комплекса модели на основе технологий MPI и OpenMP. Приводится описание настроечных параметров модели и интерфейса пользователя.

# Модель ПЛАВ

## Полулагранжева модель среднесрочного прогноза погоды

Толстых М., А.Сайтгалин, В. Крупчатников, И.В. Колотовкин,  
А.С. Молодцов



# Особенности

- Новая параметризация физических процессов.
- Учет растительности.
- Объективный анализ относительной влажности.

# Характеристики

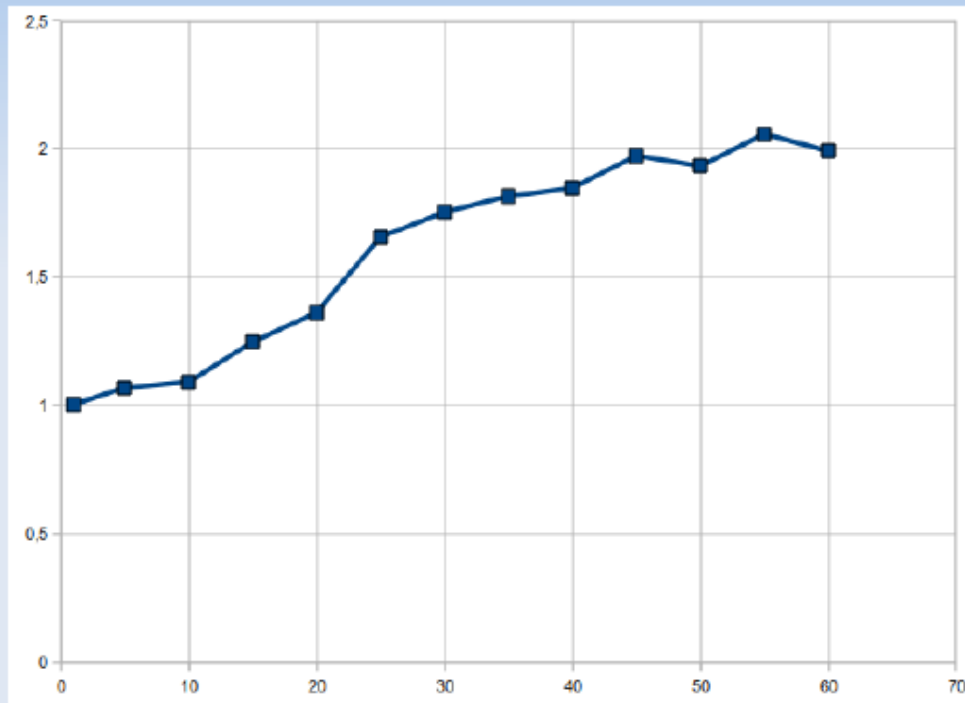
- Конечно-разностная схема 4-о порядка.
- 28 уровней по вертикали.
- 0.9x0.72 градуса по долготе и широте.

# Запуск модели

- Запуск скриптами системы PBS (Portable Batch System)
- Пример скрипта:

```
#####  
#!/bin/sh  
  
#PBS -N ProgramName  
  
#PBS -l select=4:ncpus=8  
  
cd ~/model/slav/SCRIPTS  
  
./vmwex2 <год> <месяц> <день> <час> <заблаговременность>
```

# График ускорения MPI



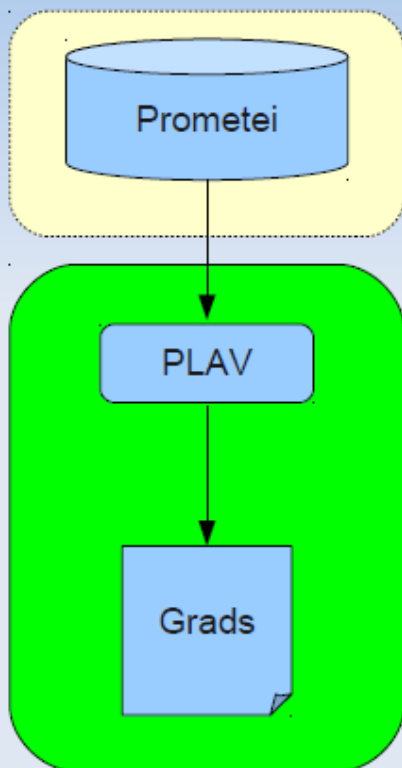
$$S_p = T_1 / T_p$$

$S_p$  – ускорение.

$T_1$  – время при  
1 процессоре.

$T_p$  – время при  
 $p$  процессорах.

# Общая схема

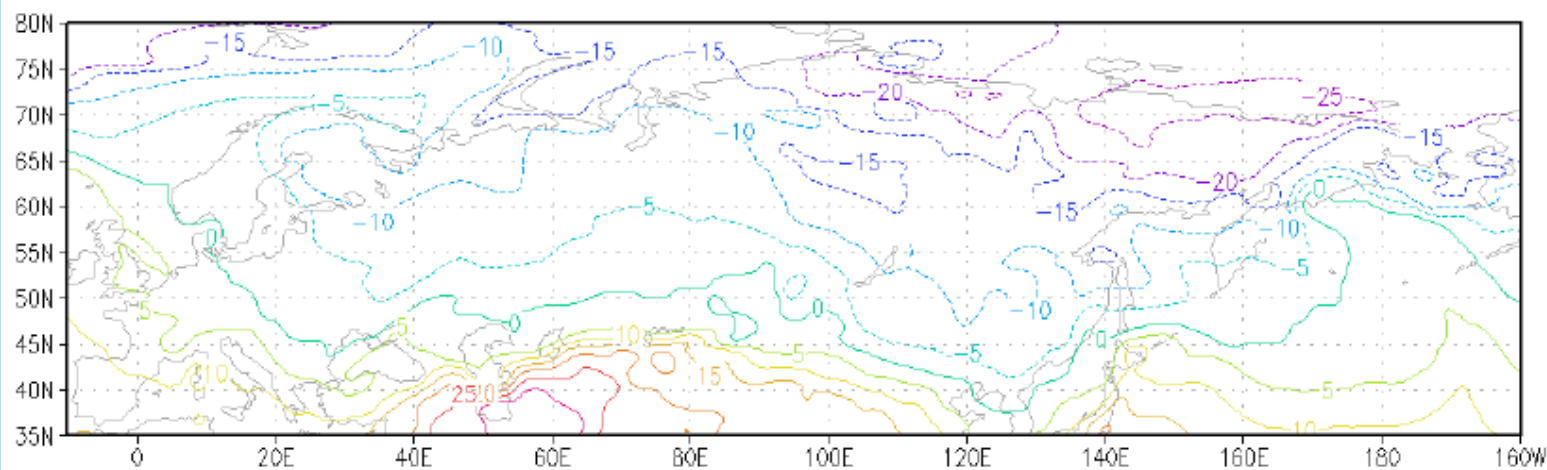


- Подготовка данных в системе Prometei
- Запуск модели ПЛАВ
- Визуализация результата в Grads

# Результаты

- Прогноз с 2010/03/15 12:00 на 12 часов
  - Температура [С].
  - Давление на уровне моря [мб].
  - Осадки [ $\text{kg/m}^2$ ].

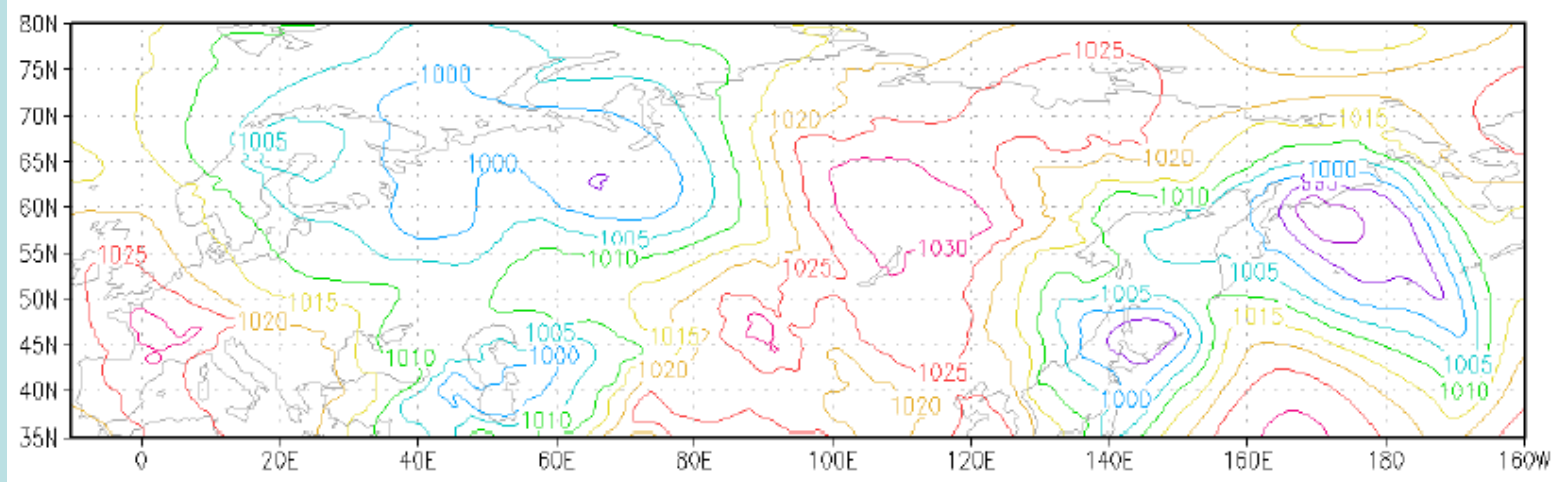
# Температура [С]



29.07.2014

Семинар-совещание  
синоптиков Урало-Сибирского  
региона г. Новосибирск

# Давление на уровне моря [мб]

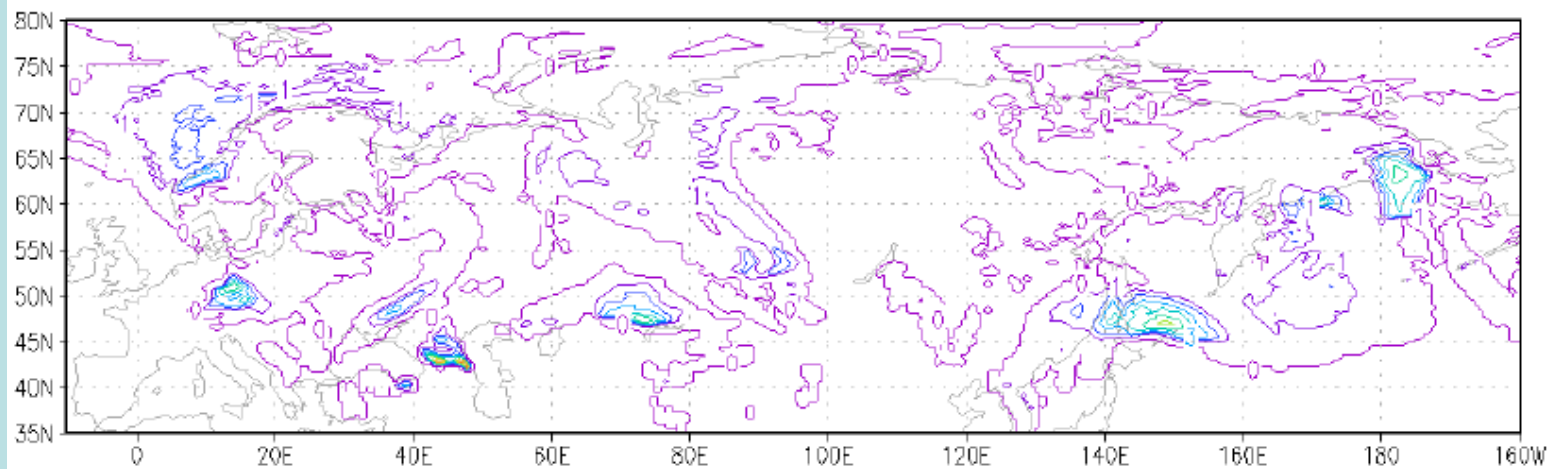


29.07.2014

Семинар-совещание  
синоптиков Урало-Сибирского  
региона г. Новосибирск



# Осадки [kg/m<sup>2</sup>]



29.07.2014

Семинар-совещание  
синоптиков Урало-Сибирского  
региона г. Новосибирск

**1.1. Направление «Методы, модели и технологии гидрометеорологических расчетов и прогнозов»  
Научный организатор (куратор): заместитель руководителя  
Росгидромета А.А. Макоско, д.т.н.**

**Заказчик – координатор, ответственный за реализацию: УГТР  
(В.В. Степанов)**

**1.1.1. Развитие технологий наукастинга, сверхкраткосрочных и краткосрочных прогнозов метеорологических полей и опасных явлений на основе мезомасштабного моделирования и усвоения данных наблюдений.**

**(Научный руководитель: Г.С. Ривин, д.ф.-м.н., ФГБУ «Гидрометцентр России»)**

## ФГБУ «СибНИГМИ», РИВЦ ЗС УГМС

- Опытная технология **сверхкраткосрочного** мезомасштабного прогноза на базе модели COSMO-RU/Sib/WRF (с разрешением около 2.5 км) для территории Западной Сибири. Композитные карты текущей погоды и прогноза на ближайшие часы с использованием локальных систем наблюдений (в крупных городах и транспортных узлах Сибирского региона).
- Оперативная система подготовки улучшенных начальных данных высокого разрешения для прогноза погоды на территории Сибирского региона на срок до 2 суток. Алгоритмы инициализация полей температуры и влажности почвы для Сибирского региона.

- Оперативный анализ и передача потребителям данных о распространении загрязняющих веществ воздуха. Карты концентраций загрязняющих веществ на сайте ФБГУ «СибНИГМИ» на базе модели WRF-CHEMЕР с шагом сетки 7km (для выделенных территорий).
- Прогноз туманов и гроз на базе комплексирования и физико-статистической интерпретации выходной продукции COSMO-RU-Sib, UKMO, ПЛАВ-Новосибирск.



## **Мезомасштабное и микромасштабное моделирование для решения боевых задач вооруженными силами России, связанных с погодой !!!!**

- **Измерения в пограничном слое в ночное время и в дневное время в условиях сложной местности (включая "городскую") для 4-D усвоения данных, инициализации модели и проверки**
- **Проверка модели и валидация, включая доверительные интервалы с указанием оценки неопределенности для пользователей**
- **Разработка новых методов слияния данных в реальном времени, 3D мониторинг ветра с использованием приборов дистанционного зондирования, таких как LIDAR, экологические модели, и обычные / нетрадиционные сетевые метеодатчики**
- ***Транспортно-диффузионные модели***

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**