

## **СИСТЕМА КРАТКОСРОЧНОГО ПРОГНОЗА ПОГОДЫ COSMO-RU: ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ВИЗУАЛИЗАЦИИ И РАСПРОСТРАНЕНИЯ ПРОГНОЗОВ**

*Д.В. Блинов, Г.С. Ривин, И.А. Розинкина*

*Гидрометеорологический научно-исследовательский  
центр Российской Федерации*

*Denis\_Blinov@mecom.ru, Gdaly.Rivin@mecom.ru, Inna@mecom.ru*

Осенью 2009 года прошли два взаимосвязанных события, которые позволили использовать в оперативном режиме систему мезомасштабного прогноза погоды COSMO-RU: Росгидромет вошел как полноправный член в состав консорциума COSMO [8] и в ФГБУ «ГВЦ Росгидромета», начал свою работу суперкомпьютер SGI ALTIX 4700 [2].

Основная цель метеорологического сообщества COSMO – развитие и применение в оперативной практике негидростатической мезомасштабной модели атмосферы COSMO. В [3, 4] приведена информация о первом этапе подготовительной работы, проводившейся в ФГБУ «Гидрометцентр России» по реализации и развитию системы негидростатического мезомасштабного прогноза погоды COSMO-RU (по правилам консорциума каждая страна-участник к имени модели COSMO должна добавить две буквы из имени страны, тем самым указывая на область интегрирования и локальный вариант).

По решению Центральной методической комиссии по гидрометеорологическим и гелиогеофизическим прогнозам от 13 апреля 2011 года эта система внедрена в оперативную практику в качестве базовой для численного прогнозирования следующих метеорологических

величин (полей и метеограмм): осадки, температура и влажность воздуха, фоновый приземный ветер.

В состав системы прогноза, как это принято в мировой практике, наряду с моделью атмосферы, входят блоки препроцессинга и постпроцессинга. В данной статье описана часть работы, выполняемой на стадии постпроцессинга по визуализации полученных прогнозов в виде метеограмм и карт изолиний и изополос и организации работы по «доставке» в удобном для пользователей виде.

Обычно результаты прогноза погоды предоставляют пользователям в файлах в коде GRIB и в виде текстовых метеограмм. Такая форма представления, вообще говоря, неудобна для конечных пользователей, так как в этом случае пользователю необходимо самому провести визуализацию. Учитывая, что эту процедуру необходимо проделывать каждый раз, то становится очевидным, что необходимо избавить конечного пользователя (особенно синоптиков, связанных с подготовкой оперативных официальных прогнозов к требуемому времени) от этой не только не свойственной им работы, но и на которую зачастую просто нет времени и возможности выполнения.

Система COSMO-RU работает на суперкомпьютере SGI ALTIX 4700, поэтому результаты прогнозов хранятся на дисковой системе, связанной с суперкомпьютером. По понятным причинам доступ к суперкомпьютеру и его дисковой системе имеет ограниченное количество пользователей. Таким образом, необходимо не только визуализировать, но и организовать эффективную доставку пользователям результатов прогноза и его визуализации.

Для решения этих двух задач в Лаборатории численного прогноза погоды по ограниченной территории (ЧППОТ) ФГБУ «Гидрометцентр России» были разработаны соответствующие модули постпроцессинга. Блок-схема постпроцессинга, связанная с этими модулями, приведена на рисунке. Блок «Запись в базу данных» подготовлен в отделе систем информационного обеспечения ФГБУ «Гидрометцентр России» А.Ю. Недачиной [5].

Как принято в консорциуме COSMO, для постпроцессинга в системе COSMO-RU использованы утилиты fieldextra [8], wgrib [7] и grads [6]. Соответствующие инструменты приведены в табл. 1. Отметим, что эта работа постпроцессинга по визуализации и рассылке результатов

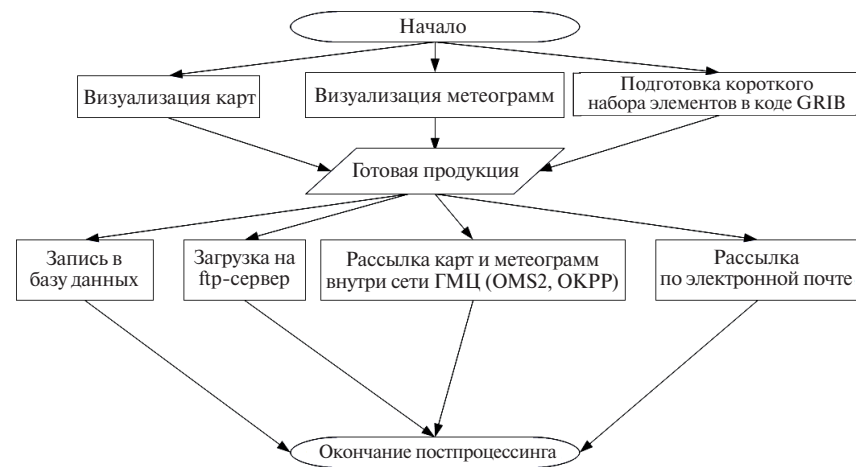


Рисунок. Схема постпроцессинга системы COSMO-RU.

прогноза по системе COSMO-RU не превышает 20 минут, так как все блоки постпроцессинга работают в параллельном режиме.

Таблица 1

Инструменты, использованные для постпроцессинга

SGI ALTIX 4700 (GNU/Linux)	Локальные компьютеры в ГМЦ (Windows)
Linux-shell, стандартные программы unix	Robo Task Lite
ifort	командная строка
grads	psftp.exe
wgrib	blat.exe

### Визуализация прогностических метеоэлементов

Как уже отмечалось выше, значения метеорологических элементов во время работы системы прогноза погоды COSMO-RU записываются в специальные файлы в виде множества полей для заданного времени прогноза в международном коде GRIB или в виде таблицы в коде ASCII. Основные результаты счета по модели записываются в

коде GRIB в основном с периодичностью 3 часа, начиная с момента прогноза (некоторые поля с периодичностью 1 час). Данные представляются как на уровнях модели (40 уровней для версий модели с шагами сетки 7 и 14 км и 50 уровней для версии с шагом сетки 2,2 км), так и на задаваемых по просьбе пользователей стандартных изобарических и изометрических поверхностях.

Выше было указано, что для визуализации была выбрана система анализа и визуализации сеточных функций GrADS [8]. Следует отметить, что, начиная с версии 2.0, в системе GrADS поддерживаются сдвинутые сферические координаты, используемые в модели COSMO-RU.

Система GrADS разработана Брайаном Доти (США) в Центре исследований атмосферы–суши–океана (The Center for Ocean–Land–Atmosphere Studies (COLA), штат Мериленд, США) и развивается под эгидой Института глобальной окружающей среды и общества (Institute of Global Environment and Society). Система GrADS локализована только под английский язык. Ее положительным свойством является открытость исходных кодов, развитая документация и большие возможности по расширению и необходимой пользователю модернизации.

Одной из важных модернизаций, необходимых для применения системы GrADS в России для подготовки оперативных погодных карт, является оформление на русском языке всех пояснений на карте. В стандартной поставке системы имеется пять латинских шрифтов. Используя приведенные в документации правила создания шрифтов, в ноябре-декабре 2009 года для решения этой важной проблемы Д.В. Блинов подготовил кириллический шрифт типа Arial.

В настоящее время разработаны специальные модули для подготовки следующих метеорологических карт (этот список постоянно изменяется в связи с предложениями УГМС и другими пользователями), в частности:

1) давление на уровне моря, облачность среднего яруса, осадки (территория COSMO-RU, Центральный Федеральный округ (ЦФО), Сочи-2014, Урало-Сибирский регион);

2) давление на уровне моря, температура воздуха на высоте 2 м (территория COSMO-RU, ЦФО, Сочи-2014, Сибирь);

3) приземный и максимальный ветер на высоте 10 м (территория COSMO-RU, ЦФО, Сочи-2014, Сибирь);

4) геопотенциал и линии тока на высотах 300, 500, 700 гПа (территория COSMO-RU);

5) порывы, направление и скорость ветра на высоте 10 м (Баренцево, Белое, Каспийское и Черное моря).

Для того чтобы можно было быстро просматривать изменение по времени метеорологических значений в заданных узлах сетки, система COSMO-RU подготавливает прогноз в виде текстовых метеограмм. Эти метеограммы содержат данные за весь период прогноза с периодичностью 1 час (см. табл. 2). Период прогноза равен 78 часам по данным за сроки наблюдений 00 и 12 ч ВСВ и 48 часам – для 06 и 12 ч ВСВ для версий с шагом сетки 7 и 14 км. Для версии с шагом сетки 2,2 км период прогноза равен 24 часам, результат выдается в кодировке ASCII, поэтому для этой версии любой пользователь может просмотреть результаты численных экспериментов, используя обычный текстовый редактор.

Таблица 2

Список переменных, приводимых в метеограмме

Переменная	Уровни	Единицы измерения
Температура воздуха	Поверхность земли, 2 м, 30 м, 850 гПа, 700 гПа, 500 гПа	°С
Точка росы	2 м	°С
Скорость и направление ветра	10 м, 500 м, 850 гПа, 700 гПа, 500 гПа	м/с, азимут
Облачность	Верхний, средний и нижний ярусы	балл
Туман	Уровень земли	балл
Высота конвективной облачности	Верхняя и нижняя граница	м
Давление	Уровень моря	гПа
Твердые и жидкие осадки	Поверхность земли	мм
Водный эквивалент снега	Поверхность земли	м

В таком виде метеограммы доступны для анализа пользователям, но для того чтобы синоптик мог анализировать, необходимо было изобразить табличные данные в графическом (более наглядном) виде. Система GrADS считывает данные или в бинарном, или в специальном

виде, но не считывает текстовые данные. Поэтому для визуализации метеограмм требуется предварительный перевод текстовых данных в бинарный вид. Для этого во время работы по визуализации на языке Fortran 90 была подготовлена программа convert2bin.exe, которая предварительно переводит тестовые данные метеограмм в бинарный файл, который затем уже может быть прочтен системой GrADS.

Для представления метеограмм в графическом виде для GrADS летом 2009 года был разработан специальный сценарий (скрипт, состоящий из набора внутренних команд операционной системы LINUX).

#### **Подготовка сокращенных наборов метеоэлементов для пользователей**

Итоговые файлы прогноза содержат большое количество метеоэлементов и, соответственно, занимают много дискового пространства (один прогноз на 78 часов для территории COSMO-RU занимает примерно 16 Гб). Конкретному пользователю не всегда нужно столь большое количество информации, поэтому был написан скрипт "eject\_fields.sh", который, согласно задаваемому специальному списку, подготавливал для каждого пользователя необходимые только для него файлы в коде GRIB. Работа этого скрипта основана на работе утилиты wgrib, которая предоставляет возможность для извлечения необходимых записей из большого файла. Пользователями такой продукции, например, являются: ФГБУ «Научно-производственное объединение Росгидромета «Тайфун»» (г. Обнинск), Автономная некоммерческая организация (АНО) «Гидрометеорологическое бюро Москвы и Московской области» и Северо-Западное УГМС (г. Санкт-Петербург).

#### **Рассылка данных по FTP-протоколу**

После того, как подготовлена вся прогностическая продукция, необходимо доставить эту информацию пользователям. В настоящее время рассылка осуществляется тремя различными способами: по FTP-протоколу, внутри сети ФБГУ «Гидрометцентр России» и по электронной почте.

Для рассылки по FTP-протоколу на языке оболочки bash был разработан скрипт ftp\_upload.sh, который рассылает пользователям необходимую продукцию на специально выделенный сервер FTPCLNT5.

#### **Рассылка внутри сети Гидрометцентра России**

Непосредственными пользователями такой продукции в Гидрометцентре России являются оперативные отделы. Специально для них была подготовлена система, которая оперативно доставляет на компьютеры отделов согласованные с сотрудниками этих отделов карты и метеограммы. Для этого был подготовлен скрипт download\_CMforecast.bat, который запускается планировщиком задач. В качестве планировщика задач на персональном компьютере использовались штатный планировщик операционной системы Windows и пакет Robo Task Lite. Для считывания файлов с дисковой системы суперкомпьютера применяется утилита psftp.exe.

#### **Рассылка карт и метеограмм по электронной почте**

Необходимость пересылки карт и метеограмм пользователям обусловлена тем, что после счета модели информация остается на вычислителе SGI ALTIX 4700, к которому обычный пользователь не имеет доступа, не говоря уже о наборе навыков и программного обеспечения, необходимого для удаленной работы с суперкомпьютером.

В марте 2010 года была подготовлена специальная база данных, в которой хранятся прогнозы в течение 10 дней. Но и она не решает всех проблем, поскольку, во-первых, она доступна только из сети Гидрометцентра России, во-вторых, она требует специального программного обеспечения, и, наконец, в-третьих, она содержит только стандартный набор метеорологических параметров.

По этой причине было решено рассылать карты и метеограммы пользователям по электронной почте. Кроме того, данный вид передачи обусловлен следующими полезными свойствами:

- доступность – электронный ящик, находящийся на популярных доменах, доступен из любого места, где имеется Интернет;
- простота – электронной почтой в нынешнее время умеют пользоваться большая масса людей, к тому же необязательно устанавливать какое-то специальное программное обеспечение, так как в любой современной операционной системе есть удобные и простые средства для работы с электронной почтой.

До 13 апреля 2011 года в качестве сервера, рассылающего почту, использовался локальный компьютер под управлением Windows. На этот сервер были установлены и настроены два приложения:

1) `blat.exe` – консольная программа под Windows для массовой рассылки писем. Вся работа с ней производится в режиме набора команд, что подразумевает возможность использования скриптов.

2) Robo Task Lite – система для автоматизации действий операционных систем Windows (в Linux все действия автоматизируются через командную оболочку). В нашем случае потребовалось автоматизировать запуск скачивания прогностической продукции два раза в сутки и подготовку архивов для пересылки данных и запуск программы `blat.exe`, отвечающей за итоговую рассылку писем.

После 13 апреля 2011 года письма стали формироваться на суперкомпьютере с помощью утилиты `mail`.

### Заключение

В статье изложены технологические аспекты работы постпроцессинга по организации эффективных визуализации (только для одного срока 00 или 12 ч ВСВ подготавливается более 600 метеорологических карт и 400 метеограмм) и доставки пользователям прогнозов, рассчитанных с помощью системы краткосрочного прогноза погоды COSMO-RU.

Работа выполнялась при финансовой поддержке Федерального агентства по науке и инновациям в рамках Федеральной целевой программы «Исследования и разработки по приоритетным направлениям развития научно-технологического комплекса России на 2007–2012 гг.» по составной части темы «МЕГАПОЛИС – интегрированные технологии оценки загрязнения атмосферы крупных городов в региональном и глобальном масштабах на основе аэрокосмического и наземного мониторинга для уменьшения негативных последствий антропогенных воздействий».

### Список использованных источников

1. Алферов Ю.В. Автоматизированная графическая система для визуализации результатов численных прогнозов // Труды Гидрометцентра России. – 2003. – Вып. 338. – С. 119–124.

2. Анцыпович В.А., Лубов С.В. Модернизация центров обработки оперативной гидрометеорологической информации Росгидромета // Труды Гидрометцентра России. – 2011. – Вып. 346.

3. Вильфанд Р.М., Ривин Г.С., Розинкина И.А. Мезомасштабный краткосрочный прогноз погоды в Гидрометцентре России на примере COSMO-RU // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 1. – С. 5–17.

4. Вильфанд Р.М., Ривин Г.С., Розинкина И.А. Система COSMO-RU негидростатического мезомасштабного краткосрочного прогноза погоды Гидрометцентра России: первый этап реализации и развития // Метеорология и гидрология. – 2010. – № 8. – С. 5–20.

5. Недачина А.Ю. Удаленный доступ к базам данных суперЭВМ CRAY Y-MP8E с рабочих станций и ПЭВМ локальной сети // Труды Гидрометцентра России. – 2000. – Вып. 334. – С. 148–153.

6. Сайты системы визуализации GrADS: [www.grads.iges.org/grads](http://www.grads.iges.org/grads), [www.opengrads.org](http://www.opengrads.org).

7. Сайт утилиты `wgrib` для работы с данными, записанными в формате GRIB: <http://www.cpc.ncep.noaa.gov/products/wesley/wgrib2>.

8. Сайт консорциума COSMO: [www.cosmo-model.org](http://www.cosmo-model.org).

*Поступила в редакцию 10.10.2011 г.*