

Ассимиляция данных ГЛОНАСС/GPS в региональную численную модель прогноза погоды WRF-ARW

**В.В. Чукин, Е.С. Алдошкина, А.В. Вахнин, А.Ю. Канухина, С.В. Мостаманди,
С.Ю. Нигай, Т.Т. Нгуен, З.С. Савина**

*Российский государственный гидрометеорологический университет,
195196, Россия, Санкт-Петербург, Малоохтинский пр., 98
E-mail: chukin@meteolab.ru*

Точность прогнозирования атмосферных процессов с помощью гидродинамических моделей напрямую зависит от точности информации о состоянии атмосферы в начальной момент времени. С развитием навигационных спутниковых систем ГЛОНАСС/GPS появляются дополнительные возможности дистанционного зондирования атмосферы, которые дают возможность получать более подробную информацию об атмосфере, как по пространству, так и по времени. В данной работе представлены результаты влияния ассимиляции данных ГЛОНАСС/GPS в модели WRF на прогноз метеопараметров.

Ключевые слова: прогноз погоды, водяной пар, дистанционное зондирование атмосферы, ассимиляция данных, ГЛОНАСС, GPS.

Введение

Прогнозирование осадков в прибрежных районах является крайне сложным из-за близости района к водной поверхности и адвекции влаги с морских вод. Для этих районов велика повторяемость сильных осадков. Поэтому целью данной работы является улучшение прогноза погоды, особенно в теплых период года, с использованием дополнительных данных о влажности воздуха, получаемых с помощью системы ГЛОНАСС/GPS.

Информация о пространственно-временном распределении влажности в атмосфере, является одним из важнейших факторов при осуществлении численного прогноза погоды, особенно при прогнозировании количества осадков. Кроме того, водяной пар играет важную роль в процессах передачи энергии и формировании облачности и, таким образом, на прямую или косвенно влияет на другие метеорологические поля.

Ассимиляция данных о влажности атмосферы должна приводить к увеличению точности численного прогноза, в особенности прогноза количества осадков. Данная работа направлена на исследование влияния ассимиляции данных ГЛОНАСС/GPS в численную региональную модель на качество прогнозов погоды. В качестве региональной модели была использована модель WRF-ARW.

Определение интегрального содержания водяного пара в атмосфере

Интегральное содержание водяного пара может быть определено из результатов измерений "влажной" задержки радиосигнала в тропосфере (Чукин, 2008), получаемой на основе значений псевдодальности до навигационных спутников, геометрической дальности до спутников, ионосферной задержки и гидростатической части тропосферной задержки радиосигнала, для расчета которой необходима информация о приземных значениях температуры воздуха, атмосферного давления и парциального давления водяного пара в точке размещения ГЛОНАСС/GPS-приемника (Чукин, 2010а; Чукин, 2010б; Чукин, 2010в).

Ассимиляции данных ГЛОНАСС/GPS в модели WRF

Для усвоения данных ГЛОНАСС/GPS в численной негидростатической региональной модели атмосферы WRF, разработанной в национальном центре исследования атмосферы (NCAR) (<http://www.wrf-model.org>), используется метод 3-мерного вариационного усвоения данных (3DVAR). Для этого в состав модели WRF входит система ассимиляции данных WRF-DA. На рис. 1 показана общая схема численной модели прогноза WRF, включая блок ассимиляции данных.

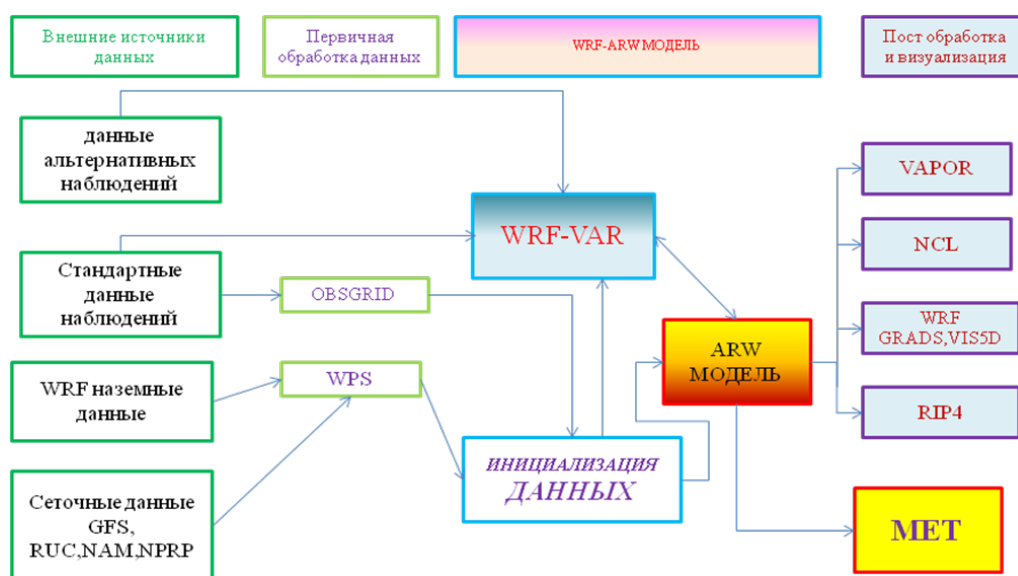


Рис. 1. Общая блок-схема численной модели прогноза погоды WRF-ARW

Основное назначение системы WRF-DA заключается в подготовке качественной оценки состояния атмосферы путем уточнения начальных метеорологических полей за счет минимизации функции потерь (Eresmaa, 2007). Для расчета данной функции необходима информация о ковариационной матрице фоновых ошибок, которая определяется через вертикальные и горизонтальные корреляционные функции.

Горизонтальные параметры фильтра зависят от вертикального собственного вектора. Вертикальные режимы получаются в результате разложения статистической модели прогноза ковариационной ошибки по естественным ортогональным функциям. Для определения фоновой ковариационной ошибки используется статистическая разница между 24-часовыми и 12-часовыми прогнозами.

Описание численного эксперимента

Для достижения поставленной цели эксперимента решались следующие задачи:

- 1) Выбор области для проведения эксперимента. В качестве района был выбран полуостров Флорида (см. рис. 2), так как этот район ограничен с моря и имеет на своей территории 15 ГЛОНАСС/GPS-станции;
- 2) Настройка области интегрирования модели, постановка граничных условий, подготовка начальных данных о вертикальных задержках навигационных радиосигналов по данным наземной сети GPS-MET;
- 3) Преобразование данных GPS-MET в формат *little_r* для усвоения в численной модели WRF;
- 4) Запуск модели WRF без усвоения данных ГЛОНАСС/GPS;
- 5) Запуск модели WRF с ассимиляцией данных ГЛОНАСС/GPS.



Рис. 2. Область интегрирования модели WRF-ARW

В качестве граничных данных было использованы данные реанализа NCAR с шагом 6 часов. Область интегрирования имеет размер 150x170 точек с пространственным шагом 5x5 км. Ассимиляция ГЛОНАСС/GPS данных была проведена 1 раз в сутки в 00 UTC. Прогнозы погоды были сделаны на 48 часов. Эксперименты проводились в период с 29.08.2010 по 02.09.2010.

Полученные результаты

Для оценки влияния ассимиляции данных ГЛОНАСС/GPS на точность прогноза погоды является сравнение полей температуры, влажности и осадков без использования ассимиляции ГЛОНАСС/GPS и с их использованием. На рис. 3, 4 и 5 для примера представлены рассчитанные на 36 часов вперед поля метеопараметров и различия между ними для момента времени 30.08.2010 12:00 UTC.

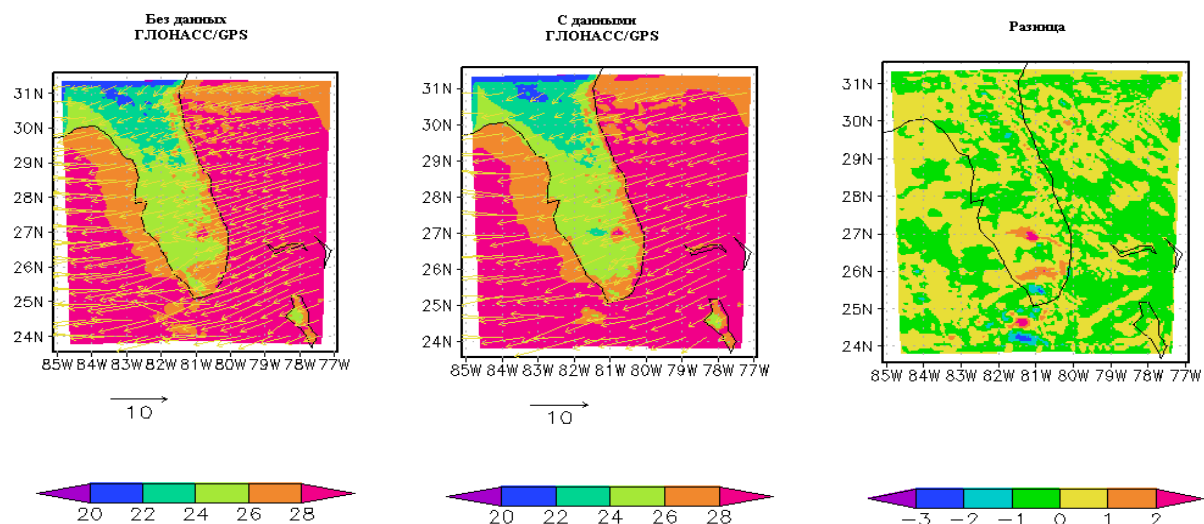


Рис. 3. Прогностическое поле температуры воздуха на 30.08.2010 12:00 UTC

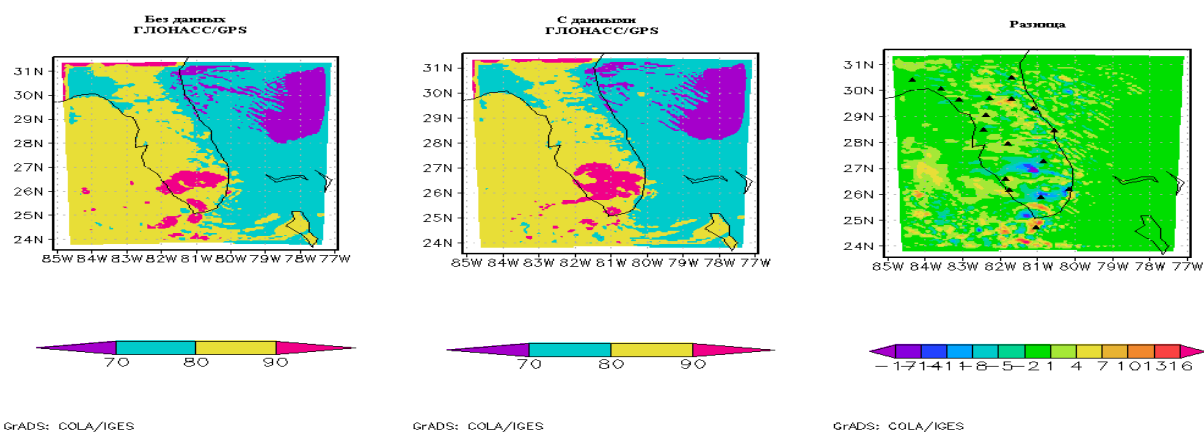


Рис. 4. Прогностическое поле влажности воздуха на 30.08.2010 12:00 UTC

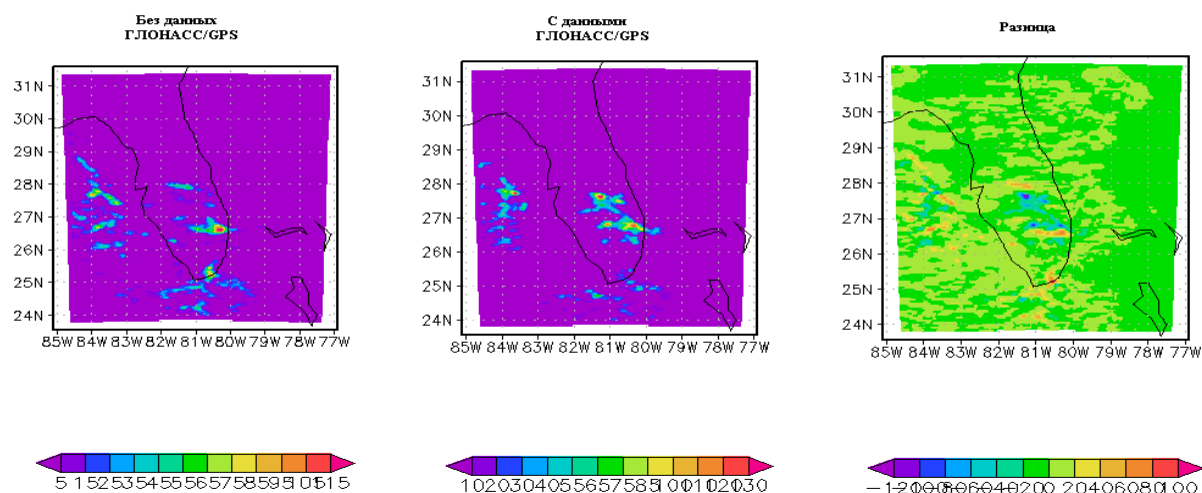


Рис. 5. Прогностическое поле атмосферных осадков на 30.08.2010 12:00 UTC

В табл. 1 и 2 представлены результаты сопоставления данных прогнозов метеопараметров с данными наблюдений на семи наземных метеорологических станциях для пяти суток (длина анализируемых рядов 35 значений).

Таблица 1. Оценка точности прогноза приземной температуры воздуха с использованием дополнительных данных ГЛОНАСС/GPS

Период прогноза, ч	Без данных ГЛОНАСС/GPS		С данными ГЛОНАСС/GPS	
	Средняя ошибка, К	СКО, К	Средняя ошибка, К	СКО, К
6	1.0±0.2	1.1±0.1	1.1±0.2	1.1±0.1
12	0.6±0.2	1.2±0.1	0.6±0.2	1.2±0.1
18	-0.8±0.3	1.5±0.2	-0.7±0.2	1.3±0.2

Таблица 2. Оценка точности прогноза приземного значения давления водяного пара с использованием дополнительных данных ГЛОНАСС/GPS

Период прогноза, ч	Без данных ГЛОНАСС/GPS		С данными ГЛОНАСС/GPS	
	Средняя ошибка, гПа	СКО, гПа	Средняя ошибка, гПа	СКО, гПа
6	-0.6±0.3	1.5±0.2	-0.6±0.3	1.5±0.2
12	-0.5±0.3	1.6±0.2	-0.5±0.3	1.6±0.2
18	1.8±0.6	3.7±0.5	1.8±0.6	3.7±0.5

Обсуждение полученных результатов

Сопоставление данных, представленных на рис. 3, 4, 5, показывает, что в некоторых районах рассматриваемой области разница между прогнозами полей температуры, влажности и осадков с использованием данных ГЛОНАСС/GPS и без них достигает 20-30%. На данный момент, из-за отсутствия натурных наблюдений в этих отдельных областях пространства, не представляется возможным идентифицировать причину таких значительных различий.

Сравнение результатов прогноза погоды с данными измерений на семи метеостанциях (см. табл. 1 и 2) показывает, что при прогнозе поля температуры наблюдаются сравнительно меньшие ошибки при использовании данных ГЛОНАСС/GPS. При этом улучшение точности прогноза поля влажности не велико.

Выводы

Полученные результаты являются предварительными, поскольку период сравнения очень мал и сделать определенные выводы об улучшении прогноза погоды за счет включения данных ГЛОНАСС/GPS не представляется возможным. Требуется проведение большего числа экспериментов за более длительный период и разные сезоны года. При этом представляется необходимым использование схемы с непрерывной ассимиляцией данных ГЛОНАСС/GPS в процессе работы модели WRF.

Работа выполнена при поддержке ФЦП «Научные и научно-педагогические кадры инновационной России» на 2009-2013 гг.

Литература

1. *Eresmaa R.* Exploiting ground-based measurements of the global positioning system for numerical weather prediction // Finnish Meteorological Institute Contribution. 2007. №61. 140 p.
2. *Чукин В.В.* Технология дистанционного зондирования атмосферы с помощью сети наземных приемных станций сигналов глобальных навигационных спутниковых систем // Современные наукоемкие технологии, 2008, №11, С.54.
3. *Чукин В.В., Алдошкина Е.С., Вахнин А.В., Канухина А.Ю., Мостаманди С.В., Нгуен Т.Т., Обрезкова И.В.* Восстановление вертикального профиля влажности воздуха по данным наземной регистрации спутниковых навигационных сигналов // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса, 2010а, №3, С.69-75.
4. *Чукин В.В., Алдошкина Е.С., Вахнин А.В., Канухина А.Ю., Мельникова О.А.* Мониторинг интегрального содержания водяного пара в атмосфере ГНСС-сигналами // Ученые записки РГГМУ. 2010б. №12. С.51-60.
5. *Чукин В.В., Алдошкина Е.С., Вахнин А.В., Мостаманди С.В., Нгуен Т.Т., Обрезкова И.В.* Мониторинг влагосодержания атмосферы с помощью системы ГЛОНАСС/GPS // Региональная экология. 2010в. №3(29). С.122-126.

Assimilation of GLONASS/GPS data into local atmospheric model WRF-ARW

**V.V. Chukin, E.S. Aldoshkina, A.V. Vahnin, A.Yu. Kanuhina, S.V. Mostamandy,
S.Yu. Nigay, T.T. Nguyen, Z.S. Savina**

*Russian State Hydrometeorological University,
195196, Russia, Saint-Petersburg, Malookhtinsky prospect, 98
E-mail: chukin@meteolab.ru*

The accuracy of predicting atmospheric processes using hydrodynamic models critically depends on the accuracy of the atmosphere analysis at the initial time. With development of GLONASS/GPS navigation systems the additional capabilities for remote sensing of the atmosphere comes, which allows to get more detailed information about atmosphere both in space and in time. In this paper we presented influence of the GLONASS/GPS data assimilation to the WRF model to predict meteorological parameters.

Keywords: weather forecast, water vapor, remote sensing of atmosphere, data assimilation, GLONASS, GPS.