

## ГИДРОДИНАМИЧЕСКИЙ ПРОГНОЗ ПОГОДЫ ДЛЯ КИРОВСКОЙ ОБЛАСТИ НА ОСНОВЕ МОДЕЛИ WRF-ARW

О.Г. Анискина<sup>1</sup>, канд. физ.-мат.наук, Д.С. Берегалов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Российский государственный гидрометеорологический университет, Санкт-Петербург, Россия

## HYDRODYNAMIC WEATHER FORECAST BASED ON WRF-ARW MODEL FOR KIROVSKAYA OBLAST'

O.G. Aniskina<sup>1</sup>, Cand.Sc., D.S. Beregalov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Russian State Hydrometeorological University, St. Petersburg, Russia

*Представлены результаты моделирования для Кировской области с использованием гидродинамической модели WRF-ARW. Приведены результаты верификации, исследован набор параметризаций физических процессов и влияние разрешения модели.*

*The main Hydrodynamic weather forecast based on WRF-ARW model results for Kirovskaya oblast' are shown. Verification results are demonstrated, physical parametrization list and model resolution influence are analyzed.*

Мировым метеорологическим сообществом накоплен большой опыт по использованию результатов гидродинамического мезомасштабного моделирования в прогнозе погоды. В настоящее время созданы гидродинамические модели для краткосрочного прогнозирования, описывающие явления различного горизонтального масштаба, в том числе порядка 2 – 200 км (мезомасштабные явления). Наиболее известные из них и применяемые в России: модели Гидрометцентра Российской Федерации, разработанные под руководством К. Л. Рубенштейна, Г. Д. Ривина, Л.В. Берковича, Модель консорциума COSMO и модель WRF – ARW. Однако области моделирования данных моделей охватывают достаточно обширные территории и не учитывают местные условия. Результаты гидродинамического прогноза для Кировской области рассматривались ранее в [1].

В исследовании используется мезомасштабная негидростатическая гидродинамическая модель WRF/ARW версии 3.6.1. Начальные и граничные условия задаются по данным реанализа NCEP/NCAR, граничные условия обновляются каждые три часа. Исследования проводились для двух вариантов прогностического домена: одиночный (вариант 1) и со вложенными сетками (вариант 2). В первом варианте модельный домен охватывал область в границах 61 °с.ш. – 56 °с.ш. и 46 °в.д. – 53 °в.д., шаг по горизонтали 3 км, шаг по времени 20 секунд. Во втором варианте домена использовались три вложенные сетки. Внешняя сетка соответствует области первого варианта домена, вторая – охватывает центральную часть Кировской области, а третья вложенная сетка включает территорию г. Киров и его окрестности. Шаг по горизонтали: I домен – 4,4 км; II домен – 1,4 км; III домен – около 500 м. Шаги по времени – 30, 10 и 3 секунды, соответственно.

Моделирование производилось с заблаговременностью 36 часов для летнего периода с 01.06.2017 – 30.06.2017. Начальное время запуска каждого прогноза отличалось от предыдущего на 12 часов. Всего сделано и проанализировано 120 прогнозов для различных доменов и в двух различных конфигурациях параметризации процессов в почве.

Результаты модельных расчетов включают полный объем переменных доступных в модели с временной дискретизацией 1 час. Из доступных переменных подробно анализировались значения температуры воздуха на высоте 2 м, скорости ветра на уровне 10 м, геопотенциал изобарических поверхностей.

Численные эксперименты проводились с использованием стандартной конфигурации параметризаций физических процессов, варьировалась параметризация процессов в почве. Проводились эксперименты, в которых не использовалась параметризация и эксперименты с 5-ти уровневой схемой потоков тепла, которая основана на пятиуровневой модели переноса тепла в почве и была разработана для модели MM5 [2]. Сравнение данной модели с моделью, использующей 100 почвенных уровней толщиной 1 см, показало хорошее согласование результатов [2].

Для верификации прогноза сформирована база данных фактических наблюдений на мс. Киров Кировского ЦГМС за период с 01.01.2017 – 31.12.2017 на основании предоставленных таблиц метеорологических наблюдений.

При верификации сравнивались фактические значения и прогностические значения в узле модельной сетки, наиболее близком к мс. Киров. Координаты мс. Киров – 58.569°с.ш. 49,573°в.д., координаты ближайшего узла в первом варианте модельной области – 58.563°с.ш. 49,576°в.д., координаты ближайшего узла во втором варианте модельной области – 58.573°с.ш. 49,577°в.д. Отклонения ближайшего узла небольшие: в первом варианте модельной области составляет 690 м, а во втором – 502 м. В качестве сроков наблюдений, для которых проводилась верификация, выбраны сроки 00UTC и 12UTC, которые соответствуют времени наступления минимума и максимума значений в суточном ходе.

Критериями верификации являлись: средняя абсолютная ошибка прогноза, средняя относительная ошибка прогноза, средняя квадратическая ошибка прогноза, средняя квадратическая относительная ошибка прогноза, коэффициент корреляции между прогностическими и фактическими изменениями, коэффициент корреляции между прогностическими и фактическими значениями.

Анализируя результаты прогнозов можно заключить, что модельные результаты достаточно хорошо согласуются с фактическими данными.

Верификация показывает снижение значений всех рассчитанных ошибок прогноза, а также увеличение значений коэффициента корреляции между прогностическими и фактическими изменениями и коэффициента корреляции между прогностическими и фактическими значениями, как на дневной (12UTC), так и на ночной срок (00UTC) прогноза, при использовании параметризации физических процессов в почве.

Также использование параметризации процессов в почве позволяет сгладить поля метеорологических величин и уменьшить количество локальных повышений значений температуры, а также структурировать прогностическое поле и сократить количество мелкомасштабных локальных повышений значений в полях геопотенциала.

Применение лучшего пространственного разрешения (шаг 488,9 м) позволяет представлять прогностические поля метеорологических величин с большей детализацией. Это выражается, например, в том, что в прогностическом поле приземной температуры воздуха III домена, выделяются области локальных экстремумов, повторяющие русло реки Вятка. Также прослеживается влияние рельефа подстилающей поверхности на пространственную изменчивость температуры приземного воздуха.

При верификации ярко прослеживается влияние на качество прогноза ошибок начальных данных – не учёт в данных анализа местных особенностей. Например, значение температуры приземного воздуха в начальных данных за срок 01.06.2017 12UTC составляет примерно – 0,45 °С, в то время, как фактическое значение, измеренное на мс. Киров составляет 12,4 °С. Такого рода ошибки приводят к неправильному развитию модельных процессов и плохому качеству прогноза. Возможно, применение ассимиляции данных фактических наблюдений, позволит исключить возникновение подобных ошибок.

Анализ результатов верификации прогноза элементов погоды для г. Киров, позволяет сделать следующие выводы:

Применение параметризации процессов в почве значительно улучшает качество прогнозирования, что подтверждается как улучшением критериев верификации в точке, так и улучшением пространственного распределения исследуемых метеорологических величин. В дальнейшем возможно повышение качества данных прогнозов посредством подбора и использования более лучшей схемы параметризации процессов в почве, а также использования других доступных в модели схем параметризаций физических процессов.

Переход к использованию вложенных сеток и лучшему пространственному разрешению (488,9 м), который был осуществлен во втором варианте модельной области, позволяет более детально описывать мезомасштабные процессы, а также представлять прогностические поля метеорологических величин с большей детализацией. Качество прогноза приземной температуры воздуха для территории г. Киров при этом снижается. Его возможно исключить, если использовать ассимиляцию гидрометеорологических данных, а также выбрать другую более оптимальную конфигурацию параметризации физических процессов, в которой будут

использованы другие схемы для их описания. Влияние параметризации физических процессов в почве в данном варианте модели становится более значительным, что подтверждается как значительными различиями ошибок прогнозирования при использовании параметризации относительно случая, когда она не применялась, так и существенными различиями полей прогнозируемых метеорологических величин между аналогичными конфигурациями модели.

### **Литература**

1. Анискина О.Г. Разработка и верификация гидродинамического прогноза погоды для г. Киров/ О.Г.Анискина, Д.С.Берегалов / Проблемы летной эксплуатации и безопасность полетов. – 2018.– №12.– С.116-122.
2. Dudhia J. A Multi-Layer Soil Temperature Model for MM5// Sixth PSU/NCAR Mesoscale Model Users' Workshop, Boulder, 22–24 July 1996, pp. 49–50.