

ВЫБОР ОПТИМАЛЬНЫХ СХЕМ ПАРАМЕТРИЗАЦИИ ПОГРАНИЧНОГО И ПРИЗЕМНОГО СЛОЕВ В МОДЕЛИ WRF ДЛЯ ПРОГНОЗА ИЗМЕНЧИВОСТИ МЕТЕОПАРАМЕТРОВ В ПОГРАНИЧНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРЫ

С.А. Петриченко¹, М.А. Новицкий¹

¹Научно – Производственное Объединение «Тайфун», Обнинск, Россия

THE CHOICE OF OPTIMAL PARAMETERIZATIONS OF SURFACE AND BOUNDARY LAYERS IN WRF MODEL TO FORECAST THE VARIABILITY OF METEOROLOGICAL PARAMETERS IN THE ATMOSPHERIC BOUNDARY LAYER

S. A. Petrichenko¹, M. A. Novitsky¹

¹Scientific - Production Association "Typhoon", Obninsk, Russia

Приведены расчеты метеопараметров в пограничном и приземном слоях атмосферы для двух схем параметризации пограничного слоя и их сравнение с данными прямых измерений тех же метеопараметров на высотной метеорологической мачте НПО "Тайфун".

The calculations of meteorological parameters in the boundary and surface layers of the atmosphere for two schemes of parametrization of the boundary layer and their comparison with the data of direct measurements of the same meteorological parameters on the altitudinal meteorological mast SPA "Typhoon" are presented.

Введение.

Использование в прогностических и исследовательских целях системы мезомасштабного атмосферного моделирования Weather Research and Forecasting (WRF) открывает широкие возможности, в том числе, и для экспериментов по изучению влияния различных параметризационных схем на правильность моделирования рассматриваемой ситуации. Для выбора оптимальной конфигурации модели WRF с целью адекватного описания временной и пространственной изменчивости метеопараметров в пограничном и приземном слоях атмосферы одним из лучших методов является валидация результатов расчетов по данным прямых измерений. В представленной работе приведены результаты сравнения прямых измерений изменчивости метеопараметров, сделанных на высотной метеорологической мачте (ВММ) НПО "Тайфун" в г. Обнинске с результатами расчетов этих же метеозлементов при помощи модели WRF для двух наиболее используемых схем параметризации пограничного слоя и различных метеоситуаций, в том числе и аномальных. Расчеты проводились с использованием диагностических данных, поскольку речь шла не о прогнозе погоды, а о конфигурировании модели с целью наиболее точного моделирования метеопараметров в пограничном слое. В качестве внешних для создания файлов начальных и граничных условий были использованы данные Final Analyses из CISL Research Data Archive, полученные с помощью NCEP FNL Operational Model Global Tropospheric Analyses, которые находятся в открытом доступе на сайте <http://dss.ucar.edu/datasets/ds083.2/data/>.

Рассмотрены были следующие метеоситуации: мощные зимние радиационные инверсии температуры в приземном слое; аномальный снегопад; аномальная жара; гроза и интенсивный ливень; летние инверсии приземной температуры, перемежающиеся конвекцией. В течение всех рассматриваемых ситуаций проводились прямые измерения метеопараметров на балконах ВММ в 300 метровом слое атмосферы.

Расчеты временной изменчивости метеозлементов в приземном и пограничном слое для указанных выше погодных ситуаций для точки с координатами высотной метеорологической мачты проводились для следующих схем параметризации пограничного слоя атмосферы: 1) Схема университета Ёнсей - нелокальная схема, в которой включен противогradientный член для учета перемешивания более крупными вихрями и 2) Схема Меллора-Ямады-Янича – одномерная прогностическая схема, в которой перемешивание определяется локальными градиентами. Также были использованы соответствующие схемы для приземного слоя. В остальном, модель была сконфигурирована по результатам проведенных ранее расчетов [1 - 3].

Результаты расчетов.

На рис. 1 представлена временная изменчивость измеренных и расчетных значений среднего градиента температуры в слое 2 – 300 м для всех пяти метеоситуаций.

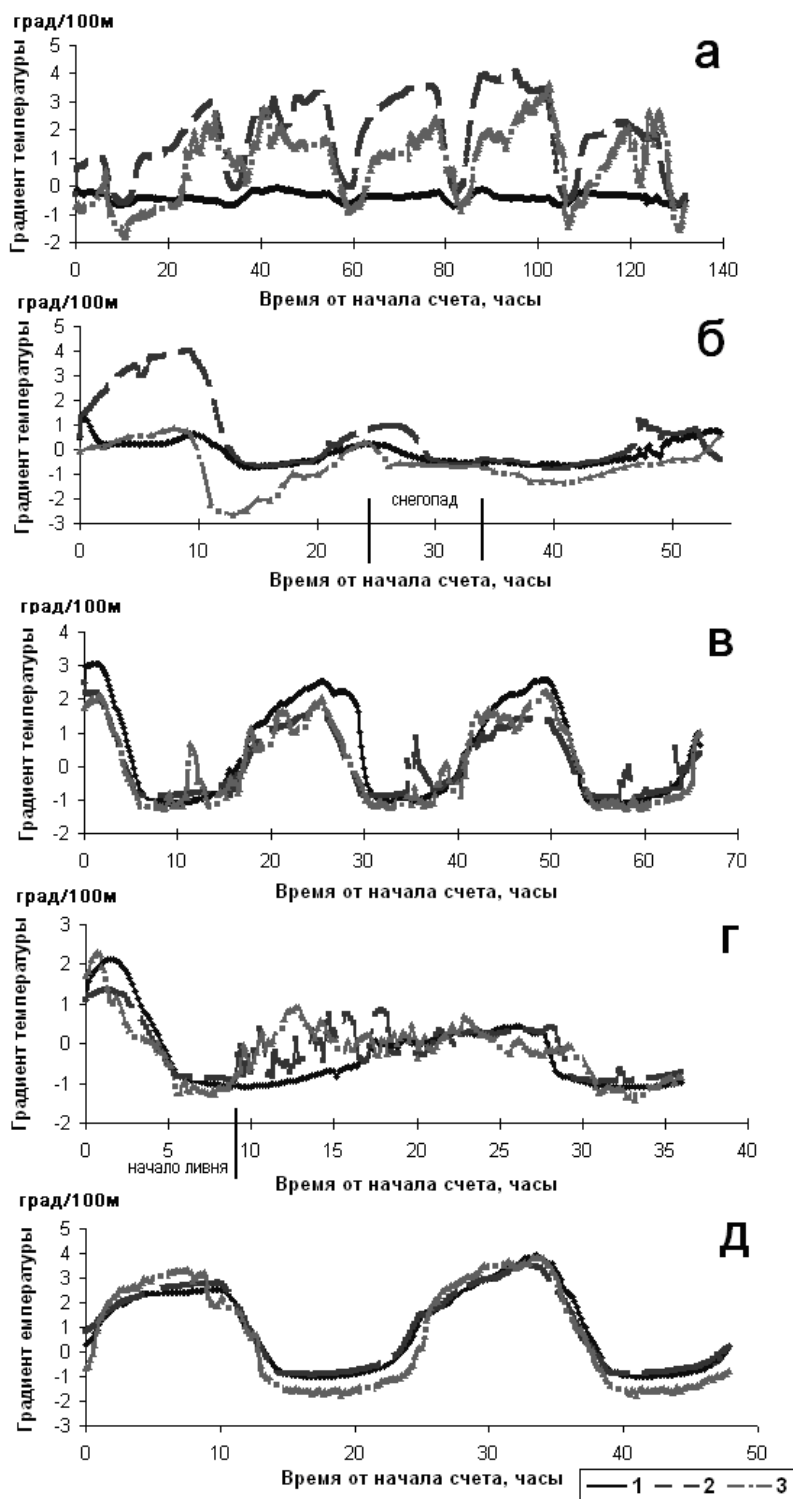


Рис. 1. Временная изменчивость среднего градиента температуры в слое 2-300 м.

- а) Зимние радиационные инверсии. Начало счета в 4 часа 24 января.
- б) Снегопад, апрель. Начало счета в 22 часа 03 апреля
- в) Сильная жара, июнь. Начало счета в 4 часа 25 июня.
- г) Ливень, июнь. Начало счета в 4 часа 30 июня.

д) Конвекция, перемежающаяся с инверсией, июль. Начало счета в 20 часов 29 июля.
 1 – расчет, схема университета Ёнсей; 2 – расчет, схема Меллори-Ямады-Янича; 3 – наблюдения на ВММ.

На рис. 2 показана временная изменчивость измеренных и расчетных значений скорости ветра на горизонте 300 м для тех же метеоситуаций.

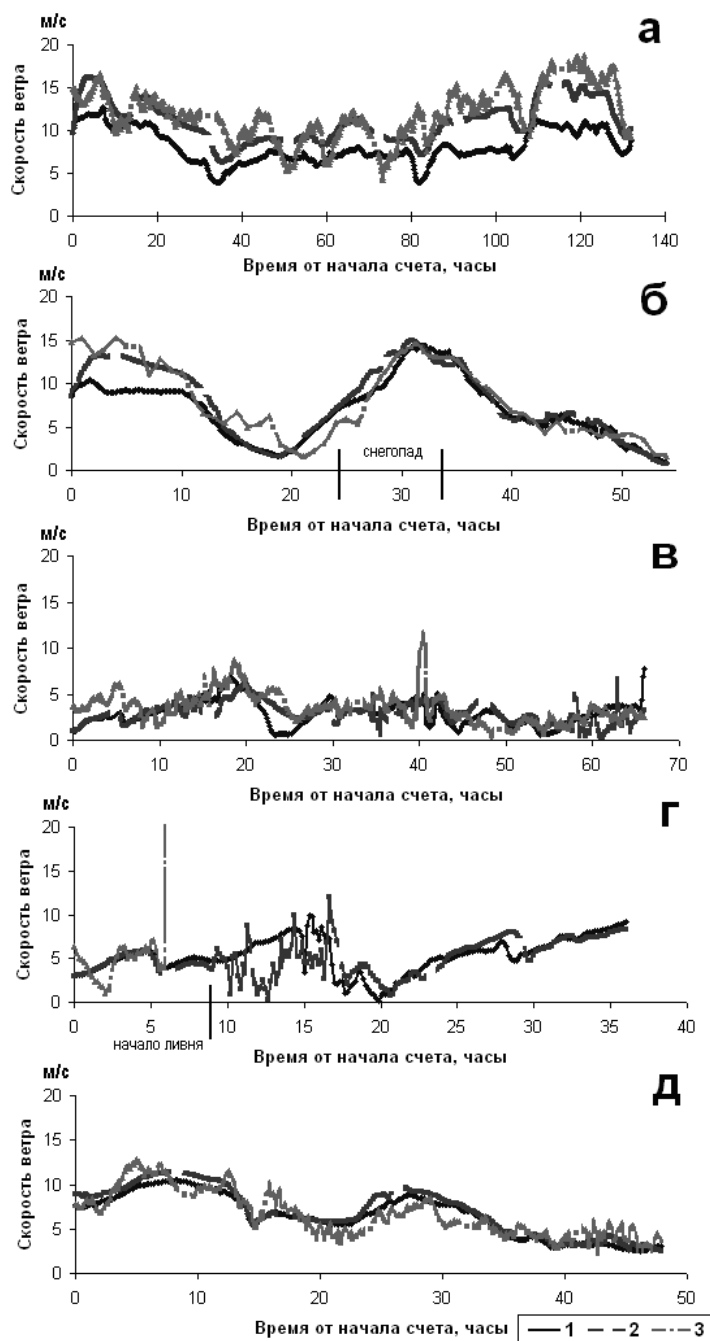


Рис. 2. Временная изменчивость скорости ветра на высоте 300 м.
 Обозначения те же, что и на рис. 1.

Анализ полученных расчетных данных и их сравнение с результатами наблюдений показали следующее.

Для летних событий временная изменчивость среднего градиента температуры в нижнем 300-метровом слое, рассчитанного на модели WRF, достаточно хорошо совпадает с

соответствующим ходом этого метеопараметра, полученного из данных прямых наблюдений на ВММ, как по поведению, так и по абсолютным значениям. Причем большой разницы между модельными кривыми, полученными при использовании различных параметризаций пограничного слоя, не наблюдается (это хорошо видно на рис.1). Несколько другая картина проявляется при рассмотрении зимних метеоситуаций. На рис. 1б видно, что характерный временной ход, заметный на натурных данных, в период, предшествующий снегопаду лучше демонстрирует кривая, рассчитанная с использованием параметризации Меллора-Ямады-Янича (хотя абсолютные значения сильно различаются), а дальше кривые практически повторяют друг друга. Еще более ярко преимущество этой параметризации показано на рис. 1а. Для ситуации с мощной зимней радиационной инверсией расчет с использованием параметризации университета Ёнсей вообще не показывает наличия инверсии температуры в 300 метровом слое. В то же время при расчете с использованием параметризации Меллора-Ямады-Янича временной ход модельного градиента температуры в этом слое практически полностью повторяет изменчивость реального градиента.

Для скорости ветра, как и в случае с температурными характеристиками, расчетные кривые адекватно моделируют ее реальную временную изменчивость на верхнем балконе ВММ практически для всех метеоситуаций. И так же, как и в предыдущем случае, в ситуации с мощной зимней радиационной инверсией расчет с использованием параметризации Меллора-Ямады-Янича дает лучшее совпадение с натурными данными. На рис. 2г, к сожалению, не удалось привести наблюдаемый временной ход скорости ветра из-за отказа датчика, однако именно на этом рисунке стоит обратить внимание на появление своего рода "высокочастотного дребезга" на кривой, полученной с использованием параметризации Меллора-Ямады-Янича, в момент начала ливня.

Необходимо отметить, что для приземного горизонта расчетные кривые временного хода скорости ветра существенно хуже моделируют временную изменчивость реальных данных. Но это и понятно, поскольку полигон ВММ находится в окружении плотной городской застройки.

Временной ход температуры на метеоплощадке, на высоте 2 м, модель описывает практически "идеально" для летних ситуаций, а для зимних демонстрирует отрицательные смещения температуры, которые меньше при использовании параметризации Меллора-Ямады-Янича.

Заключение.

При помощи модели WRF можно адекватно описывать временную изменчивость метеопараметров в пограничном слое атмосферы для широкого круга погодных ситуаций в средних широтах при использовании для параметризации пограничного слоя атмосферы схемы Меллора-Ямады-Янича в комплекте с соответствующими параметризационными схемами для приземного слоя

Высокая степень совпадения в представленных результатах расчетных и наблюдаемых характеристик пограничного и приземного слоев атмосферы дает основание предполагать, что в прогностических расчетах качество прогноза будет в основном определяться качеством крупномасштабных прогностических полей, используемых в модели в качестве входных данных.

Литература

1. Новицкий М.А., Петриченко С.А., Тереб Л.А. Зависимость расчетной траектории тропического циклона северо-западной части Тихого океана от выбора параметризаций физических процессов при использовании модели АНУ. // Метеорология и гидрология. 2014. №12. с. 17-28.
2. Новицкий М.А., Павлюков Ю.Б., Шмерлин Б.Я., Махнорьлова С.В., Серебряник Н.И., Петриченко С.А., Тереб Л.А., Калмыкова О.В. Башкирский смерч: возможности анализа и прогноза смерчопасной ситуации. // Метеорология и гидрология. 2016. №10. с. 30-40.
3. Petrichenko S.A., Novitsky M.A., Tereb L.A. USING THE AHW MODEL FOR FORECASTING THE MOVEMENT OF TROPICAL CYCLONES. // East European Scientific Journal. 2018. No 3(31), part 3. pp. 34-41.