

# МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРИВОДНОГО ВЕТРА НАД ЧЕРНЫМ МОРЕМ НА ОСНОВЕ РЕГИОНАЛЬНОЙ МОДЕЛИ АТМОСФЕРНОЙ ЦИРКУЛЯЦИИ

*В.С. Барабанов*

Морской гидрофизический институт  
НАН Украины  
г.Севастополь, ул.Капитанская, 2  
E-mail: vao@alpha.mhi.iuf.net

*Представлена новая версия региональной модели атмосферной циркуляции на базе модели MM5. Модель является негидростатической и обеспечивает возможность расчета полей основных метеорологических величин с использованием вложенных доменов, обеспечивая высокое пространственное разрешение. Приводятся результаты расчетов синоптической ситуации 2-4 марта 1996 года, соответствующей сильному шторму на Черном море. В качестве входных данных использовались архивы реанализа NCEP/NCAR. Проведены сравнения рассчитанных полей приводного ветра с исходными данными и измерениями.*

## Введение

Качество расчета приводного ветра в моделях атмосферной циркуляции является на сегодняшний день основным фактором, ответственным за качество прогноза ветровых волн [1]. В штормовых ситуациях, когда прогноз ветрового волнения особенно важен с практической точки зрения, нередко наблюдается существенное занижение приводного ветра при расчете его посредством глобальной атмосферной модели [2], что приводит к недооценке прогнозируемой высоты волн. В целях решения этой проблемы была разработана система прогноза [3], включающая мезомасштабную модель атмосферной циркуляции как промежуточное звено между глобальной моделью и ветроволновой моделью WAM [4]. Однако, как показали проводившиеся численные эксперименты, использовавшаяся мезомасштабная модель не позволяла значительно улучшить качество расчета приводного ветра в штормовых ситуациях, хотя и обеспечивала лучшее по сравнению с исходными данными пространственное и временное разрешение. Следует заметить, что примененное в ней гидростатическое приближение принципиально ограничивало достигаемое пространственное разрешение, а хорошие результаты достигались только для

расчетных областей (доменов), значительных по размерам – в несколько десятков градусов по широте и долготе. В данной работе приводятся результаты первых тестов установленной нами современной негидростатической модели MM5, заменившей ранее использовавшуюся мезомасштабную модель. Как и в предшествовавшей работе [3], рассчитывалась синоптическая ситуация 2-4 марта 1996 года, а в качестве начальных и граничных данных использовался архив реанализа NCEP/NCAR [5].

## Модель

Использовалась модель MM5 версии 3.4, доступная по сети Интернет по адресу [www.mmm.ucar.edu/mm5/mm5-home.html](http://www.mmm.ucar.edu/mm5/mm5-home.html). Важные преимущества данной модели, обусловившие ее применение, кроме упомянутой выше негидростатичности, следующие: возможность расчетов с использованием вложенных друг в друга доменов (до девяти уровней) с двухсторонним обменом данными, что позволяет довести пространственное разрешение расчетных полей до нескольких километров с надлежащим учетом орографии и других характеристик подстилающей поверхности; наличие как режима прогноза, так и режима четырехмерного усвоения данных, например, данных наблюдений на локальных метеостанциях, современные схемы параметризации, в частности, для погранслоя в наших расчетах использовалась схема с четырьмя режимами устойчивости, описанная в работе [6]. Никаких специальных подстроек не производилось, схемы и параметры параметризаций соответствовали принятым в модели по умолчанию. Модель была установлена на персональном компьютере с процессором Celeron700 и оперативной памятью 128МБ под управлением операционной системы Linux Mandrake 7.2. Использовались два домена, центрированных относительно точки с координатами 45° с.ш. и 35° в.д.; для большего домена с сеткой 41x35 точек шаг составлял 90 км, для меньшего с сеткой 52x49 точек – 30 км. По вертикали имелось 23 неравномерно расположенных уровня. Время счета для указанной программно-аппаратной конфигурации составляло примерно 40 минут на сутки прогноза. В целях использования доступных массивов данных в дополнение к исходному коду модели были разработаны программы-конвертеры для использования данных в форматах, несовместимых с принятыми в модели.

## Начальные и граничные данные

Численные эксперименты были выполнены для ряда синоптических ситуаций 1996 года, для которых имелись как архивные данные реанализа NCEP/NCAR (полученные с сайта [www.cdc.noaa.gov](http://www.cdc.noaa.gov) и конвертированные в формат модели MM5), так и измерения приводного ветра, проведенные на измерительном комплексе, установленном на платформе в северо-восточной части Черного моря (45° 42,5' с.ш. 31° 52,5' в.д.). Детальное описание измерительных процедур приведено в работе [7]. Сильный шторм 2-4 марта 1996 года, при котором область низкого давления перемещалась с большой скоростью с юго-запада на север моделируемого региона, был выбран как пример применения модели. Рассчитывался двухсуточный прогноз, причем начальные данные представляли собой результат интерполяции данных реанализа NCEP/NCAR за 2 марта 1996 г. в 00-00GMT на сетку модели. Граничные данные, также сформированные на основе реанализа, обновлялись через каждые 6 часов.

Как было замечено в предыдущей работе, данные реанализа NCEP/NCAR по полю приводного ветра могут быть описаны как заниженные для рассматриваемого срока. В новых расчетах использовался более обширный набор данных реанализа, в частности, временная дискретность составляла 6 часов (а в работе [3] – 12 часов). Тем не менее, приводный ветер над Черным морем для исследуемой ситуации остался заниженным.

## Результаты

Использование двух доменов, границы большего из которых достаточно удалены от исследуемой области, решило возникшую ранее и характерную для мезомасштабных моделей проблему заметного влияния на качество прогнозируемых полей метеовеличин ошибок, вносимых при создании граничных данных на основе данных «первого приближения»

На рис.1 и 2 приведены для сравнения поля давления на уровне моря и ветра на нижнем уровне модели (примерно на высоте 40 м), соответственно взятые из архива реанализа и рассчитанные мезомасштабной моделью, для срока 3 марта 1986 года 18-00 GMT. Для удобства сравнения в обоих случаях данные были интерполированы на сетку, соответствующую большему домену. Не вдаваясь в детальную интерпретацию

различий между соответствующими рисунками, отметим, что ряд характерных черт полей давления, выявленных при мезомасштабном моделировании, может быть связан с большим разрешением орографических и других характеристик подстилающей поверхности. В большинстве случаев расхождение прогноза MM5 и исходных данных реанализа невелико, что иллюстрирует корректную работу модели в данной конфигурации. Так, различие величин давления на уровне моря в месте расположения измерительной платформы за весь срок моделирования не превышало 3гПа, а в первые сутки – 1.5 гПа. Минимум давления в данной точке достигался в один и тот же срок (в 12-00GMT 3 марта), но его величина в реанализе составляла 999.6 гПа, а в мезомасштабной модели – 998.5 гПа. Пространственное положение минимума давления в пределах большего домена совпадало с точностью до 1.5 градуса в период перемещения циклона из района Мраморного моря в северное Причерноморье в первую половину суток 3 марта. В то же время, минимум области низкого давления по результатам счета мезомасштабной модели, был во вторую половину суток 3 марта примерно на 2 гПа ниже, чем в данных реанализа, и более сильный градиент давления приводил к изменениям в поле ветра.

Рис.3 показывает, как изменялся модуль скорости ветра в точке расположения измерительной платформы в период прохождения циклона над регионом, соответствующим меньшему домену. На рисунке представлены данные измерений, проводившихся на высоте 40 м (а не 70 м, как ошибочно сообщалось ранее), а также данные реанализа и мезомасштабной модели, соответствующие нижнему уровню модели. Данные реанализа линейно интерполировались по времени, чтобы соответствовать трехчасовой дискретности вывода результатов счета модели. Видно, что в период максимального усиления ветра различие расчетных и экспериментальных данных составляло 25-30%, в то время как данные реанализа отличались почти вдвое в меньшую сторону.

Таким образом, судя по рис.3, даже при использовании только данных NCEP/NCAR мезомасштабная модель может сильно улучшить результаты расчета модуля ветра в данной точке. Подчеркнем, что приводимые результаты были получены без изменений коэффициента горизонтальной диффузии или других подстроек модели.

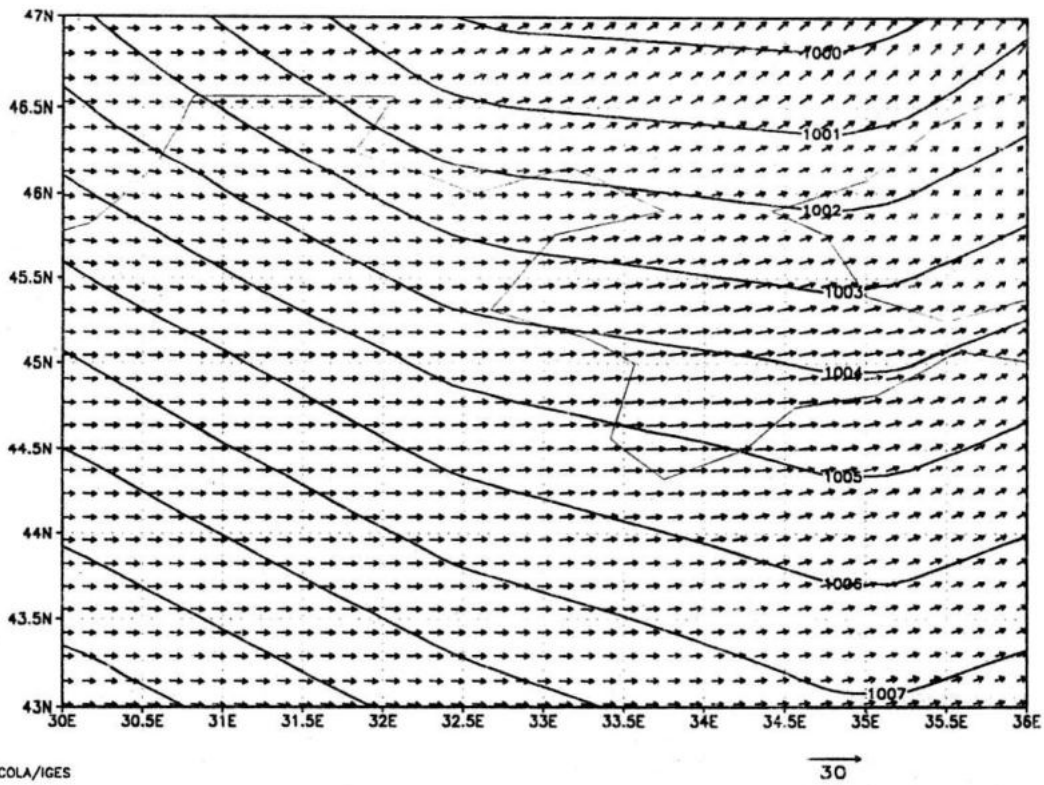


Рис.1 Поле давления на уровне моря и ветра на нижнем уровне модели, 3 марта 1996 года, 18-00 GMT, по данным реанализа NCEP/NCAR.

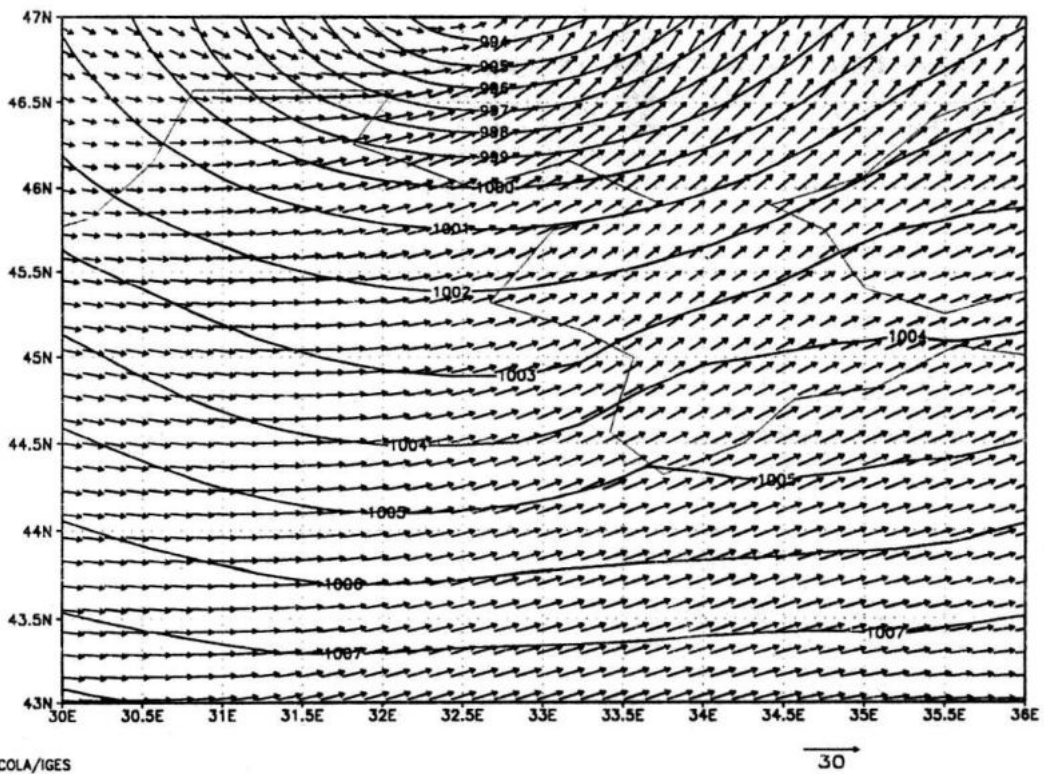


Рис.2 Поле давления на уровне моря и ветра на нижнем уровне модели, 3 марта 1996 года, 18-00 GMT, по данным мезомасштабной модели.

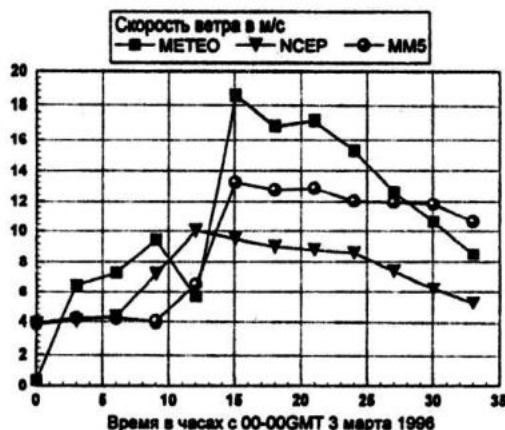


Рис 3. Модуль скорости ветра на высоте 40 м в районе расположения измерительной платформы

Проведенные расчеты убеждают в пригодности модели для задач прогноза приводного ветра, хотя, конечно, для корректной оценки качества моделирования требуется сравнение расчетных полей с измерениями для большого количества метеостанций и в течение долгого срока. Такие работы сейчас проводятся (с использованием данных прибрежных метеостанций) и будут представлены позднее.

Следует заметить также, что в данной версии MM5 возможна предварительная (в течении суток) работа модели в режиме четырехмерного усвоения данных, включая как данные ренализа, та и данные локальных измерений. Такая динамическая инициализация должна обеспечить дополнительное улучшение качества прогноза приводного ветра на следующие сутки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Sterl A., Komen G.J., Cotton P.D. Fifteen years of global wave hindcasts using winds from the European Centre for Medium-Range Weather Forecasts reanalysis: Validating the reanalyzed winds and assessing the wave climate // J. Geophys. Res., - 1998.-v. 103.-P. 5477-5492.

2. Cavaleri L., Bertotti L. In search of the correct wind and wave fields in a minor basin// Mon.Wea.Rev.- 1996.-v. 125 .-P. 1964-1975.

3. Барабанов В.С., Комаровская, О.И. Региональная модель атмосферной циркуляции и ветровых волн для Черного моря // сборник научных трудов «Системы контроля окружающей среды».- 1996. - МГИ НАНУ. – Севастополь.-С.271-278.

4. Komen G.J. Activities of the WAM (Wave Modelling) Group. Advances in Underwater Technology. Ocean Science and Offshore Engineering // Vol.6 Oceanology.- 1985. - Graham and Trotman.-P. 121-127.

5. Kalnay E., Kanamitsu M. et al. The NCEP/NCAR 40- Year Reanalysis Project// Bull. Amer. Meteor. Soc.- 1996.-v. 77.

6. Hong S.-Y., Pan H.-L. Nonlocal boundary layer vertical diffusion in a medium-range forecast model // Mon.Wea.Rev. -1996.-v.124.-P. 2322-2339.

7. Babanin A.V., Soloviev Y.P. Field investigation of transformation of the wind wave frequency spectrum with fetch and the stage of development // J.Phys.Oceanography .- 1998. -v. 28. -P.563-575.

### SURFACE WIND MODELING OVER THE BLACK SEA ON THE BASIS OF REGIONAL ATMOSPHERE MODEL

V.S.Barabanov

*The new version of regional atmosphere model, based on MM5 model, is presented. The model is nonhydrostatic with multiple-nest capability, thus it gives an opportunity of high spatial resolution of meteorological data calculated. The results of modeling for synoptical situation on March 2-4, 1996, when a strong storm occurred over the Black sea, are presented. NCEP/NCAR reanalysis was used as a first-guess data. The comparisons of calculated wind fields with input data and measurements were performed.*