

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ПАРАМЕТРОВ ВЕТРА В МОДЕЛИ GFDL, РЕ-АНАЛИЗОМ JRA И НАТУРНЫМИ НАБЛЮДЕНИЯМИ

**B.B. Белоусов, Е.Н. Воскресенская,
A.B. Гарашов, A.B. Полонский**

Морской гидрофизический
институт НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: oaoimhi@inbox.ru

В статье рассмотрены особенности подготовки, верификации и калибровки меридиональных и зональных компонент скорости ветра, получаемых в процессе прогнозистического расчета модели GFDL и ре-анализа JRA для последующих численных расчетов параметров волнения в Азово-Черноморском регионе.

Введение. Конечной целью современных климатических исследований является количественная оценка изменений климата, как в краткосрочной, так и в долгосрочной перспективе, которая включает совместное влияние естественных процессов и антропогенной нагрузки на окружающую природную среду. Для оценки антропогенного влияния при разных условиях экономического развития общества выполнялся международный проект CMIP 3 [1], который основывался на проведении сценарных расчетов изменений климата по 34 глобальным климатическим моделям. На сайте проекта размещены результаты моделирования климата по основным сценариям развития человеческого общества для различной тяжести антропогенной нагрузки – A1, B1, A2, B2, A1B и другие.

Перспективное планирование рационального использования отдельных участков береговой зоны Черного моря требует наличия сценарных прогнозов на ближайшие сто лет для разных возможных уровней антропогенной нагрузки (как минимум, оптимистичной, пессимистичной и сбалансированной) ветро-волновой обстановки и выработки рекомендаций по защитным мероприятиям для различных районов с учетом максимальных и наиболее ве-

роятных волн и неблагоприятной штормовой обстановки.

Цель настоящей работы – оценить количественное соответствие между величинами компонент ветра, получаемых в модели GFDL и реальным ветром, измеряемым в открытой части Черного моря с бурового основания в Каркинитском заливе [2].

Использованные данные. Для использования в спектральной модели расчета волнения SWAN [3] из всех моделей проекта CMIP 3 прогнозистический ветер был выбран из модели американского научного центра *Geophysical Fluid Dynamics Laboratory (GFDL)* – *Princeton, NJ* – GFDL [4] (2.0, 2.1 для разных сценарных расчетов), поскольку именно эта модель наиболее полно представлена длинными рядами среднесуточного ветра за 2001 – 2100 гг., что является наиболее важным для прогноза.

Для ввода в модель SWAN реальный ветер необходимо задавать на высоте 10м. Так как среднесуточный ветер уже имеет заниженное значение по сравнению с мгновенным, его необходимо верифицировать и калибровать по реальным значениям. Для периода 2001 – 2010 гг. имеются одновременные данные о компонентах скорости ветра по массивам GFDL и ре-анализу JRA. Графики их изменчивости в течение 2001 г. представлены на рис. 1.

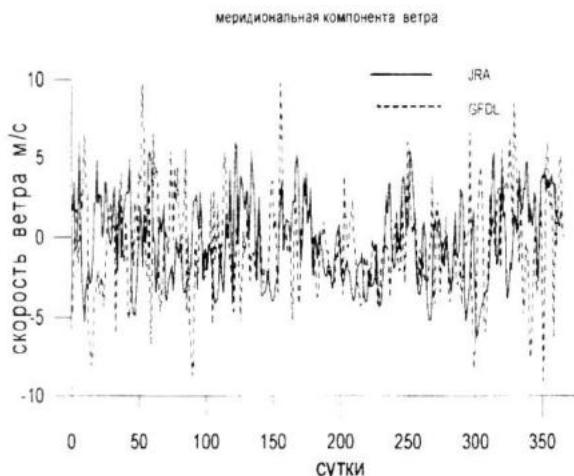


Рис. 1. Меридиональные компоненты скорости ветра ре-анализа JRA (сплошная линия) и модели GFDL (пунктир) за 2001 г.

Коэффициент корреляции между компонентами скорости ветра GFDL и

соответствующими скоростями из ре-анализа JRA составляют 0,35 – 0,40. Модель GFDL работает в прогностическом режиме, поэтому неудивительно, что через несколько суток счета появляется довольно сильное расхождение с ре-анализом JRA, хотя суточный и сезонный ход описаны в модели достаточно хорошо.

Проект JRA [5] Японского метеорологического агентства (JMA) был начат в 2001 году. Цель проекта – получение климатических данных высокого качества для исследования глобальных изменений климата. В JRA использовалась трехмерная вариационная ассимиляция данных и глобальная спектральная модель, для того чтобы получить на 1,25 градусной сетке для 23 уровней по высоте (верхний предел модели 0,4 гПа) с дискретностью 6 часов ре-анализ для 13 величин. В настоящее время, существует массив данных с 1979 по 2008 г. включительно, что дает возможность изучать климатические тенденции в полях ветра и волнения. В настоящей работе был выбран именно этот ре-анализ, поскольку он дает несколько лучшие результаты для Черноморского региона, чем ре-анализы Национального Центра атмосферных исследований США (NCEP/NCAR) и Европейского Центра (ERA-40) [6]. В основе японского ре-анализа лежит глобальная спектральная модель с разрешением 1,25° x 1,25°. Разрешение этой модели примерно в 2 раза выше, чем разрешение модели NCEP/NCAR. Модель ERA-40 обладает разрешением 1x1 градус. Однако, качество европейского ре-анализа не лучше (а даже несколько хуже), чем американского, по крайней мере, для исследуемого региона [7]. Для оценки качества ре-анализа JRA в настоящей работе были привлечены данные о реальном ветре в открытом море, измеренном с

помощью автоматизированного гидрометеорологического комплекса МГИ НАН Украины в течение в 2001 – 2003 гг. на буровом основании Голицыно-4 в точке с координатами 45°42,5' с.ш., 31°52,5' в.д.

На рис. 2 показаны узлы регулярной сетки ре-анализа JRA, модели GFDL и место расположения морской стационарной платформы.

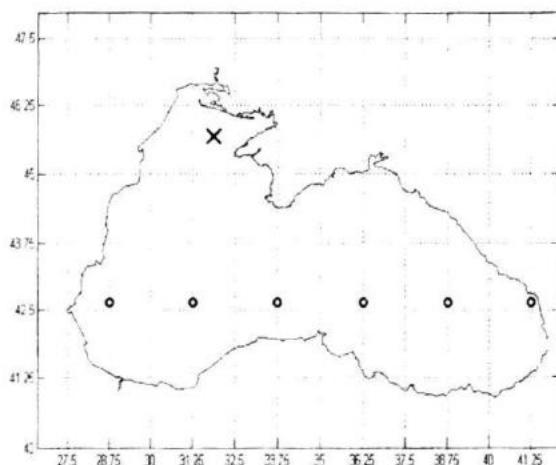


Рис. 2. Узлы сетки ре-анализа JRA (основная сетка), модели GFDL, по которым производилось сравнение (кружки) и расположение морской стационарной платформы (показано крестиком)

Сравнение данных ре-анализа JRA с выходными данными расчета модели GFDL проводилось для шести точек, указанных на рисунке кружками, с шестью ближайшими точками сетки JRA для 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007 и 2008 годов. Коэффициент соответствия скоростей определялся как среднее за год:

$$K_{\text{содовое}} = \frac{\sum |U|, |V|_{JRA}}{\sum |U|, |V|_{GFDL}}, \quad (1)$$

и в приведенные выше годы колебался в пределах 0,96 – 1,44. Средний коэффициент по шести указанным точкам за проверенные годы равен:

$$\bar{K} = \frac{\sum_{2001}^{2008} |U|, |V|_{JRA}}{\sum_{2001}^{2008} |U|, |V|_{GFDL}} = 1,20 \pm 0,12. \quad (2)$$

Сравнение данных ре-анализа JRA с данными измерений на морской стационарной платформе Голицыно-4. Диапазоны измерения гидрометеорологических параметров измеренных автоматизированным гидрометеокомплексом и погрешности датчиков приводятся в работе [2], качество измеряемых данных и методика устранения сбоев обсуждаются в [8]. Измеренная скорость ветра приводилась к скорости ветра на стандартной высоте (U_{10}) с помощью логарифмической зависимости [9, 10]:

$$U_{10} = U_{z_0} \frac{\ln(z_{10}/z_0 + 1)}{\ln(z_{z_0}/z_0 + 1)}, \quad (3)$$

где z_0 – параметр шероховатости водной поверхности. Экспериментально установлено [7], что величина z_0 для рассматриваемого региона находится в пределах 10^{-4} – 10^{-3} м. В настоящей работе было взято среднее значение $z_0 = 5 \cdot 10^{-4}$ м.

Всего было отобрано три годовых реализации измерений скорости ветра на платформе, имевших минимальное количество сбоев. Даты начала и конца этих реализаций даны в табл. 1.

Таблица 1
Даты начала и конца выбранных реализаций измерений скорости ветра и на платформе, величины коэффициентов K .

Даты начала и конца реализаций	K_U	K_V	K_M
17.09.1997 – 07.10.1998	1,460	1,247	1,355
07.10.1998 – 14.10.1999	1,368	1,278	1,318
26.09.2000 – 19.09.2001	1,216	1,131	1,182
	$1,348 \pm 0,174$	$1,219 \pm 0,101$	$1,285 \pm 0,12$

Для количественной оценки соответствия между данными ре-анализа и измерениями рассчитывался следующий показатель:

$$K = \frac{\sum_i U_{10M}(t_i)}{\sum_i U_{10R}(t_i)}, \quad (4)$$

где $U_{10R}(t_i)$ – скорость ветра по данным JRA; $U_{10M}(t_i)$ – скорость ветра по данным измерений на платформе в момент времени $t = t_i$. В таблице 1 коэффициенты K_U , K_V , K_M вычисляются для

зональной, меридиональной компонент скорости ветра и для модуля скорости ветра соответственно.

Как следует из табл. 1

$$K_U = 1,348, K_V = 1,219, K_M = 1,285.$$

Анализ показал, что во всех случаях коэффициенты корреляции между измеренными скоростями ветра и скоростями из ре-анализа JRA находились в пределах 0,7 – 0,8. При этом скорость ветра из JRA неплохо согласуется по фазе с реальной изменчивостью ветра (рис. 3).

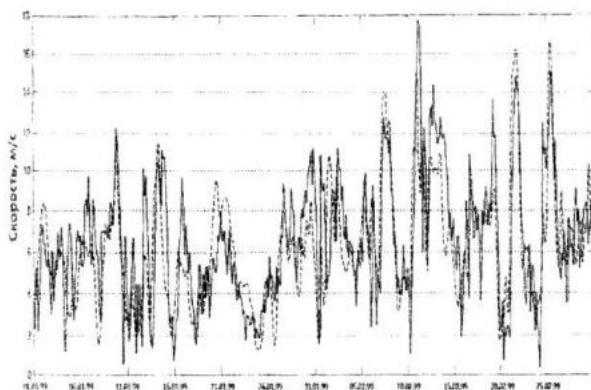


Рис. 3. Вариации модуля скорости ветра на платформе (сплошная кривая) и по данным реанализа (пунктирная кривая) за период с января по февраль 1999 г.

Заключение. Установлено, что для рассматриваемых реализаций скорость ветра над Черным морем по данным JRA имеет заниженные значения по сравнению с результатами измерений, поскольку реанализ дает достаточно осредненную во времени и пространстве картину ветровых полей на крупной сетке. Понятно, что наилучшее соответствие между данными ре-анализа и измерениями должны быть в тех случаях, когда узлы сетки ре-анализа совпадают с координатами метеорологических станций, по которым проводится усвоение натурных данных. В нашем же случае место наблюдения (платформа) достаточно удалена от узлов сетки ре-анализа.

Для корректного использования данных реанализа за 1999 – 2008 гг. для Азо-во-Черноморского региона в модели SWAN следует величину скорости среднесуточного ветра, полученную в результате прогностического расчета модели GFDL, необходимо домножать на коэффициент 1,534, а величину скорости среднесуточного ветра ре-анализа JRA необходимо домножать на коэффициент 1,285. Тогда величины скорости ветра будут лучше соответствовать реальным.

Работа выполнена при поддержке гранта FP7-ENV-2009-1 № 244104 (THESEUS).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. http://www.pcmdi.llnl.gov/ipcc/model_documentation/ipcc_model_documentation.php
2. Толокнов Ю.Н., Коровушкин А.И., Козлов К.Г. Автоматизированный гидрометеорологический комплекс // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 1998. – С. 12 – 17.
3. <http://www.wldelft.nl/soft/swan/>
4. <http://www.gfdl.noaa.gov>
5. Onogi K., Tsutsumi J., Koide H. et al. The JRA-25 Reanalysis // J. Meteor. Soc. Japan 2007, vol. 85. – P. 369 – 432.
6. Юровский А.В., Масюва В.И. Сравнительный анализ гидрометеорологических данных, выделенных для Черноморского региона из массивов ре-анализа JRA-25, NCEP/NCAR // Системы контроля окружающей среды, – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2008. – С. 316 – 320.
7. Third International Conference on Reanalysis, jan. 2008, Tokyo, Japan
8. Полонский А.Б., Гармашов А.В., Коровушкин А.И., Толокнов Ю.Н. Изменчивость характеристик ветра в северо-западной части Черного моря с 1996 по 2001 гг. // Системы контроля окружающей среды. – Севастополь: МГИ НАН Украины, 2008. – С. 320 – 325.
9. Митвеев Л.Т. Курс общей метеорологии. Физика атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1984. – 751 с.
10. Соловьев Ю.П., Иванов В.А. Предварительные результаты измерений атмосферной турбулентности над морем // Морской гидрофизический журнал, № 3, 2007. – С. 42 – 61.