

Климатическая изменчивость ветрового волнения по результатам моделирования с помощью спектральной модели WaveWatch III

Научный руководитель – Гулев Сергей Константинович

Шармар Виталий Дмитриевич

Аспирант

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН, Москва, Россия

E-mail: sharmvit@gmail.com

Исследования волнового климата Мирового океана, являющегося неотъемлемой составляющей взаимодействия различных компонентов климатической системы Земли, крайне важны для решения фундаментальных теоретических и прикладных задач. Достоверные оценки режимных характеристик ветрового волнения необходимы как для проектирования гидротехнических сооружений и энергетических платформ, так и для обеспечения безопасной морской деятельности и решения задач судостроения. Изменения климата в последнее время носят глобальный характер и отличаются значительными и трудно предсказуемыми аномалиями. Эти изменения касаются не только характеристик ледяного покрова и температуры океана, как основных предикторов глобального потепления, но и параметров ветрового волнения. В данной работе проведено исследование динамики характеристик ветровых волн в современном климате на основе численного моделирования. Спектральная модель третьего поколения WaveWatch III (WW3) [4], признанная международной общественностью и нашедшая применение в расчетах волнения при решении многочисленных научных и прикладных задач, была использована для получения ретроспективных прогнозов. В качестве входных данных для расчета ветрового волнения использовались поля ветра и концентрации морского льда по четырем атмосферным реанализам (ERA5, MERRA2, ERA-Interim, CFSR) за период 1980-2019. В модельной конфигурации была задана функция источника ST4 [5] с установленным по умолчанию коэффициентом взаимодействия ветра и волн. Каждый модельный эксперимент (ERA5-WW3, MERRA2-WW3, ERAi-WW3, CFSR-WW3) проводился на расчётной сетке, соответствующей пространственному разрешению исходного атмосферного реанализа. Для расчета нелинейного взаимодействия использовалась схема DIA. Диапазон частот был поделен на 32 интервала от 0.04 до 0.5 Гц; дискретность по направлениям распространения составляла 15°. Параметризация схемы взаимодействия волн со льдом IC0 была задана по умолчанию, как наиболее удобная с точки зрения модификации. В выбранной параметризации скорость затухания волновой энергии при прохождении экваторий, частично покрытых льдом, зависит от входных данных с концентрацией льда, задаваемых с 6-ти часовой дискретностью в узлах сеточной области.

Проведена валидация модели по всем альтернативным источникам данных о ветровом волнении: спутниковой альтиметрии, измерениям буев и визуальным наблюдениям. Этот подход позволяет сделать следующие выводы:

- 1) Расхождения в численных оценках волнения между данными спектральной волновой модели WW3 и альтернативными измерениями находятся в пределах точности воспроизведения соответствующих характеристик, картины пространственных распределений на глобальном масштабе очень близки;

- 2) Проведенное сравнение (WW3 и данных попутных судовых наблюдений) в терминах традиционной климатологии морского волнения позволяет с уверенностью использовать модельные массивы высот волн для анализа режимных характеристик, оценки долгопериодных трендов и взаимной верификации параметров волнения [1];
- 3) Все полученные модельные массивы высот волн показали хорошее соответствие с данными спутниковой альтиметрии, и наилучшее совпадение получено для результатов моделирования на основе реанализа ERA5, где нормализованное отклонение лежит в пределах $\pm 5\%$, а среднеквадратическая ошибка составляет 0.5 м [3].

При исследовании межгодовой изменчивости ветрового волнения в период с 1980 по 2019 год три реанализа (ERA5, MERRA2, ERA-Interim) и соответствующие им ретроспективные прогнозы волнения (ERA5-WW3, ERAi-WW3, MERRA2-WW3) продемонстрировали идентичную динамику ветро-волнового климата. На фоне достаточно высокой согласованности как по знаку, так и по величине трендов в вышеперечисленных результатах моделирования, массив данных о ветровом волнении CFSR-WW3 демонстрирует отрицательные тренды. Так, в Южном океане тренды в средних и экстремальных значениях высот волн отрицательны (-0.05 м в десятилетие по результатам моделирования CFSR-WW3), а для остальных тренды преимущественно положительны (0.1 м в десятилетие по результатам моделирования ERA5-WW3, ERAi-WW3 и 0.15 м в десятилетие по MERRA2-WW3). Аналогичные расхождения наблюдаются экваториальной части Индийского и Атлантического океанов, где CFSR-WW3 показывает отрицательные тренды в средних значениях высот волн (-0.05 м в десятилетие), в то время как тренды в ERA5-WW3, ERAi-WW3, MERRA2-WW3 составляют 0.05 м в десятилетие. Наряду с отличиями были установлены климатически устойчивые сигналы долгопериодной изменчивости ветро-волновых характеристик на основании построения карт согласованности межгодовых линейных трендов по всем ретроспективным прогнозам волнения. Совместное пространственное распределение трендов, объединенное по признаку совпадения знака, демонстрирует статистически значимые положительные тенденции в умеренных и субтропических широтах Северной Атлантики, в западной части Южной Атлантики. Согласованность оценок отрицательных трендов характерна только для северо-восточной части Тихого океана [2]. Архив характеристик ветрового волнения по ретроспективным прогнозам ERA5-WW3, MERRA2-WW3, ERAi-WW3, CFSR-WW3 за 40-летний период времени с 1980 по 2019 гг. находится в открытом доступе по адресу <https://wave-hindcast.ocean.ru/>.

Источники и литература

- 1) Григорьева В., Гулев С., Шармар В., 2020. Верификация глобальной спектральной волновой модели WAVEWATCHIII по данным попутных судовых наблюдений. Океанология, том 60, № 1, с. 14–26.
- 2) Sharmar, V., M. Markina, S.K. Gulev Global Ocean Wind-Wave Model Hindcasts Forced by Different Reanalyses: A Comparative Assessment Journal of Geophysical Research: Oceans, 126, e2020JC016710. <https://doi.org/10.1029/2020JC016710>
- 3) V Sharmar, M Markina Validation of global wind wave hindcasts using ERA5, MERRA2, ERA-Interim and CFSRv2 reanalyses IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 606 012056
- 4) WAVEWATCH III Development Group (WW3DG), 2016: User manual and system documentation of WAVEWATCH III R version 5.16. Tech. Note 329, NOAA/NWS/NCEP/MMAB, College Park, MD, USA, 326 pp. + Appendices.
- 5) Ardhuin F., Rogers W.E., Babanin A.V. et al. Semiempirical dissipation source functions for ocean waves. Part I: Definition, calibration, and validation // J. Phys. Oceanogr. 2010. V. 40. P. 1917–1941, doi: 10.1175/2010JPO432