

СРАВНЕНИЕ СТАТИСТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ПОЛЕЙ ВЕТРА НАД АКВАТОРИЕЙ ЧЕРНОГО МОРЯ, ПОЛУЧЕННЫХ ПО ДАННЫМ РЕАНАЛИЗА NCEP, NMA И СПУТНИКА QUIKSCAT

С.В.Станичный, Т.М.Баянкина,
¹В.В.Пиотух, Ю.Б. Ратнер

Морской гидрофизический институт
НАН Украины, г.Севастополь
¹Институт океанологии
им. П.П. Ширшова РАН, г. Москва
E-mail: Yubrat@mair.ru
E-mail: ovspot_m@mtu-net.ru

На основе сопоставления 335 карт полей ветра над акваторией Черного моря полученных во втором полугодии 2005 года по данным реанализа NCEP, NMA и спутника QuikSCAT выполнена классификация их отличий. В результате классификации выделено 4 уровня соответствия между полями ветра, полученными из этих источников. На основе полученных результатов сделан вывод о том, что наиболее низкий уровень соответствия между полями ветра имеет место при прохождении циклонов и атмосферных фронтов над акваторией Черного моря.

Введение. В последние 10-15 лет в оперативной практике диагноза и прогноза состояния морских акваторий широко используются данные о ветре, полученные на основе диагноза, реанализа, или прогноза по глобальным, или региональным атмосферным моделям [1-3], а также на основе использования данных дистанционного скаттерометрического зондирования морской поверхности [4]. Вследствие того, что все эти перечисленные источники не относятся к инструментальным, а являются косвенными данными о ветре, возникает вопрос об оценке достоверности такой информации. Задача сопоставления данных о скорости ветра над морскими акваториями привлекает внимание многих исследователей. В большинстве работ для этих целей используются наблюдения береговых станций, или океанографических платформ, находящихся на сравнительно небольшом удалении от

от берега [5,6]. В то же время, необходимо располагать подобной информацией для всех районов акватории Мирового океана.

Цель работы. Оценить степень различий в информации о скорости приводного ветра над Черным морем, полученной по данным реанализа национальных центров инструментального прогноза США (NCEP-NCP), диагноза по региональной атмосферной модели ALADIN (EC) в Румынской Национальной Администрации по атмосфере (NMA) и скаттерометрическим измерениям ИСЗ QuikSCAT (QSC). Работа является продолжением исследований выполненных в 2000-2002 гг. [6]. В отличие от этой работы, здесь основное внимание будет уделено качественному анализу различий между полями ветра, осуществляющему на основе их автоматической классификации по методу K-средних [7].

Используемые данные. Сопоставляемые данные поступают, либо на стандартные сроки метеорологических наблюдений (0; 6; 12 и 18 ч. UTC – NCEP, NMA), либо между 1 - 4 и 13-16 ч. UTC (QuikSCAT). Они могут быть получены по сети Internet с сайтов <http://oceans.gsfc.nasa.gov/METOZ>; <http://adema/adema!@#193.26.129.60:21/arena> и <http://podaac-esip.jpl.nasa.gov/poet>. Данные NCEP следуют с задержкой 1-4 суток, данные NMA и QuikSCAT – 1 сутки, NMA – 12-15 ч. Данные реанализа NCEP заданы на сетке $1^\circ \times 1^\circ$ по широте и долготе, остальные – на сетке $0,25^\circ \times 0,25^\circ$. Сетка, на которой заданы данные QuikSCAT, смешена относительно сетки NMA на $+0,125^\circ$ по широте и долготе. Каждый четвертый узел сетки NMA совпадает с узлом сетки NCEP. Для сопоставления были использованы только данные реанализа и дистанционных измерений скорости ветра, полученные во втором полугодии 2005 г. из трех источников – NCEP, NMA и спутника QuikSCAT. Их особенностью является то, что данные QuikSCAT не одновременны с данными NCEP и NMA. Общий объем сопоставляемых данных – 335 карт полей ветра.

Результаты. Настоящие результаты получены без применения каких-либо методов, направленных на уменьшение эффек-

тов влияния не одновременности измерений – это планируется сделать в дальнейшем. В то же время для согласования пространственных масштабов данных, нами выполнялось осреднение данных *NMA* и *QuikSCAT* по одноградусным квадратам с центрами в узлах сетки *NCEP*.

С учетом векторного характера полей скорости ветра, при их сопоставлении необходимо одновременно сравнивать как минимум две величины, а именно либо компоненты вектора скорости, либо модуль и угол между векторами, либо какие-то другие. Нами была выбрана последняя возможность, а именно мы сравнивали величины векторов скорости, косинусы и синусы углов между ними. На наш взгляд этот набор величин лучше отражает сходство и различие между векторными полями ветра, полученными из разных источников.

В результате сопоставления были оценены статистические характеристики различий между векторами ветра по данным, относящимся к какой-либо одной карте. Было получено 335 наборов среднеквадратичных отклонений – $S_{i,j}$, средних значений косинуса – $c_{i,j}$ и синуса – $s_{i,j}$, угла между векторами ветра для всех трех сравниваемых пар полей – *NCEP-NMA*, *QuikSCAT-NCEP* и *QuikSCAT-NMA* ($i = \overline{1, 335}; j = \overline{1, 3}$). Величины $c_{i,j}$ и $s_{i,j}$ не являются вполне независимыми, но, в силу статистического осреднения, для них также не выполняется известное тригонометрическое тождество $s_{i,j}^2 + c_{i,j}^2 = 1$. Первая из этих величин характеризует среднюю степень коллинеарности двух сравниваемых полей векторов ветра, вторая среднее направление поворота второго векторного поля относительно первого.

На основе использования наборов величин $S_{i,j}$ и $c_{i,j}$, была выполнена классификация различий полей ветра над акваторией Черного моря. С этой целью был использован широко известный метод классификации – *K-средних*, обладающий высоким быстродействием, простотой и дающий, при

правильном выборе числа классов, вполне удовлетворительные результаты классификации [7].

Скатерограммы классификации показаны на рисунке 1. В результате было выделено 4 класса случаев соответствия между полями ветра, полученными из трех источников. Первый класс случаев соответствует относительно высокой степени коллинеарности всех трех сравниваемых полей, при относительно небольшой разнице в величинах скорости ветра. На рисунке 1 он показан черными кружками. Пример такой ситуации показан на рисунке 2а. Второй класс соответствует среднему уровню коллинеарности полей ветра, при относительно небольшой разнице в величинах скорости. Данные, относящиеся к этому классу, показаны серыми ромбиками на рисунке 1. Пример полей ветра, относящихся к этому классу, показан на рисунке 2б. В третьем, показанном серыми звездочками на рисунке 1, наблюдается средний уровень коллинеарности между полями *NCEP* и *NMA*, в то время как уровень коллинеарности для пар полей, в которых одно из них получено по данным *QuikSCAT* низкий. При этом разница между величинами векторов ветра относительно невысока. Пример этой ситуации показан на рисунке 2в. Последний, четвертый класс случаев, показанный на рисунке 1 черными крестиками, соответствует ситуациям, когда наблюдаются большие различия в величинах скоростей при среднем уровне коллинеарности между векторами ветра. Соответствующий пример приведен на рисунке 2г. Существенной особенностью выделенных классов является также и то, что по мере увеличения номера класса наблюдается рост внутриклассового разброса данных, что особенно заметно на рисунке 1 для 3-го и 4-го классов.

Последние два класса рассматриваются нами как аномальные классы ситуаций. Их общее число – 68 за второе полугодие 2005 г. Гистограмма распределения числа аномальных ситуаций по месяцам 2005 г. показана на рисунке 3.

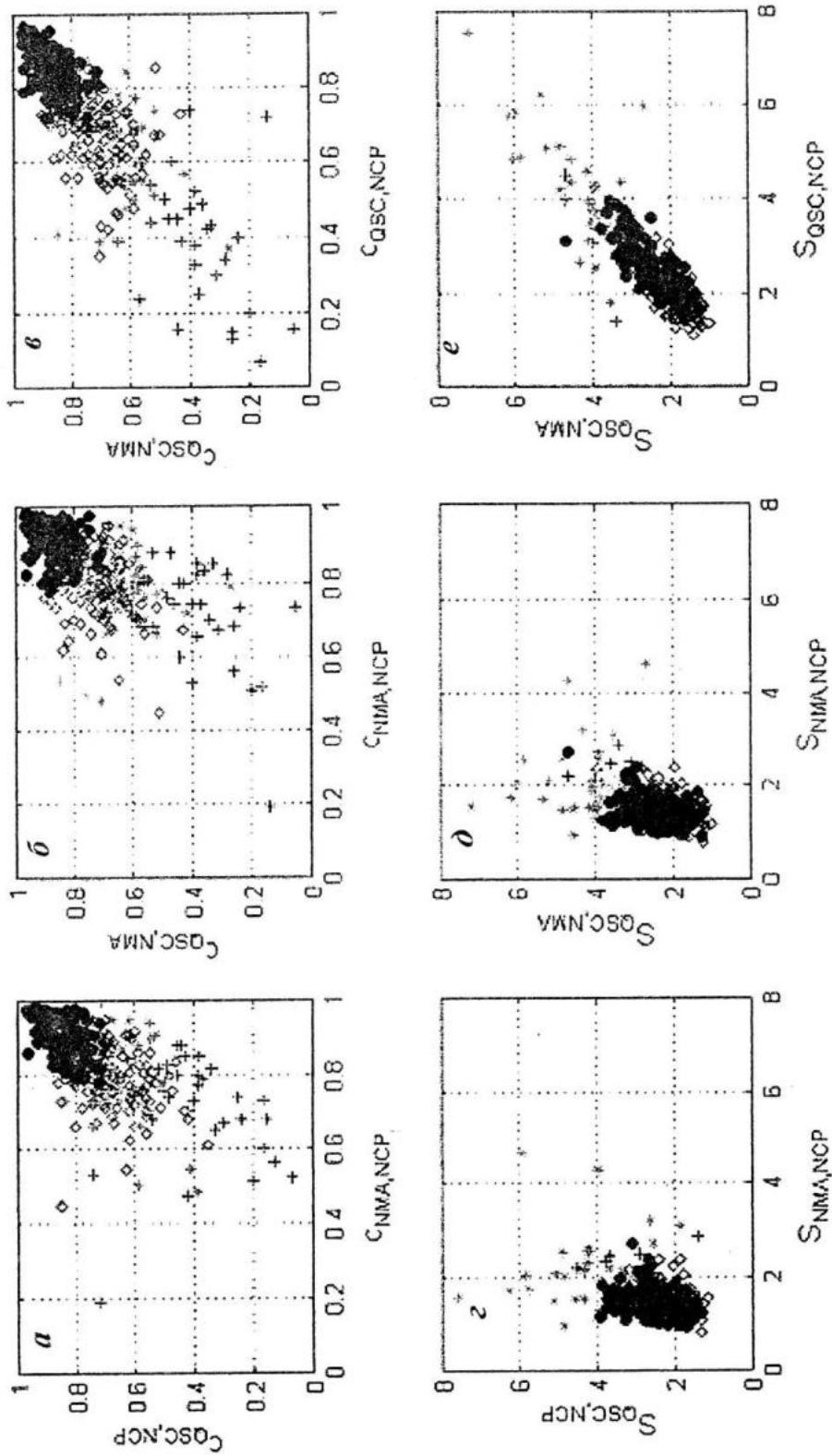


Рисунок 1 – Скаттерограммы классификации полей ветра: а-в – в пространствах в косинусах углов между векторами ветра; г-е – в пространствах среднеквадратичных отклонений между величинами скоростей ветра

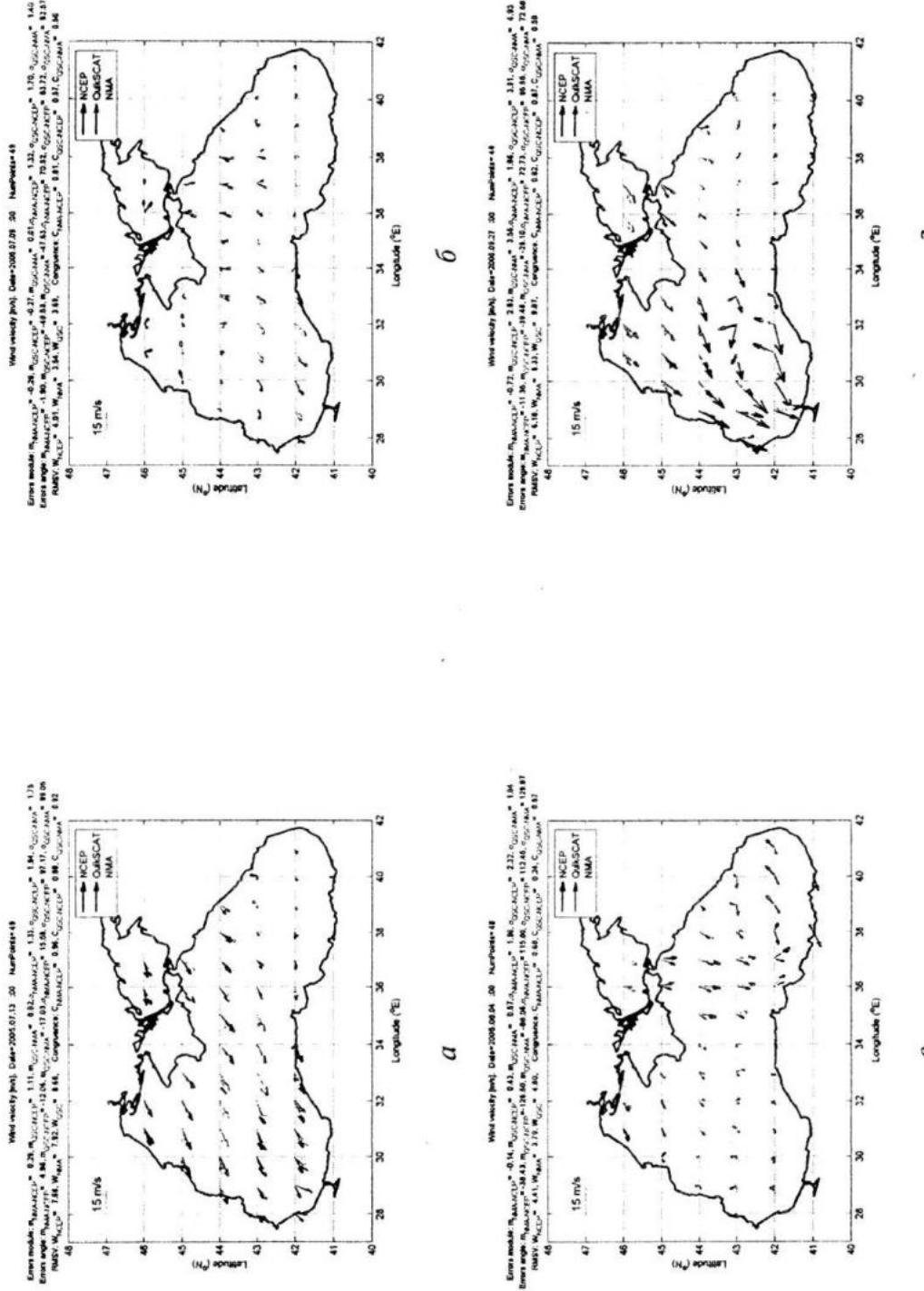


Рисунок 2 – Сопоставление полей ветра полученных по данным трех источников: NCEP, NMA и QuikSCAT.
 а) 1-й класс ситуации; б) 2-й класс ситуации; в) 3-й класс ситуации; г) 4-й класс ситуации

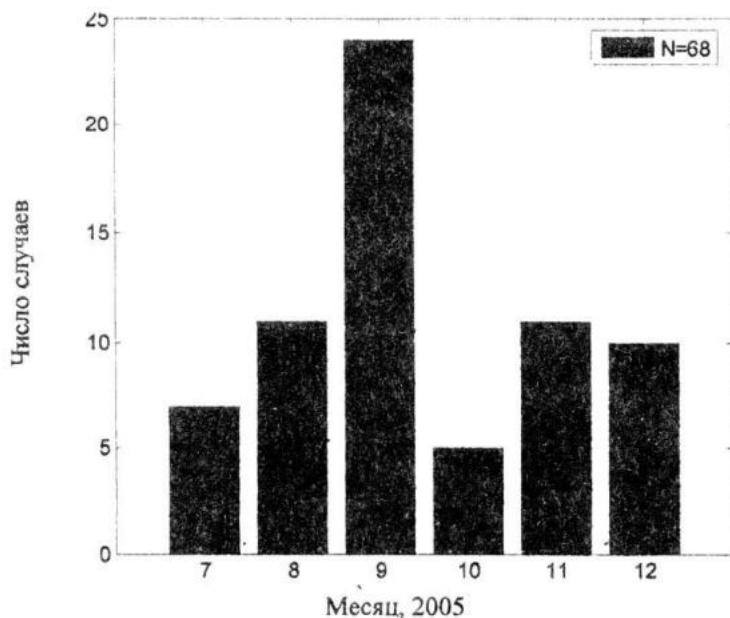


Рисунок 3 – Гистограмма распределения аномальных ситуаций сопоставления полей ветра

Выводы. Наиболее часто сильные различия между полями ветра полученных из разных источников возникают в условиях, когда над акваторией Черного моря наблюдаются интенсивные атмосферные процессы – циклоны или атмосферные фронты. Следует особо подчеркнуть, что именно в таких условиях атмосфера оказывает наиболее интенсивное воздействие на течения в Черном море. Поэтому мы считаем, что необходимо дальнейшее повышение достоверности диагноза и прогноза поля скорости ветра в условиях интенсивного атмосферного воздействия на морскую поверхность.

ЛИТЕРАТУРА

1. E. Kalnay and Coauthors, 1996: The NCEP/NCAR 40-year reanalysis project. Bull. Amer. Meteor. Soc., 77. 1996. P – 437- 471.
2. ESMWF, 1997. The description of the ECMWF Reanalysis Global Atmospheric Data Archive. Reding. U.K. 1997. – 77 p.
3. J. Dudhia. A nonhydrostatic version of the Penn State/NCAR mesoscale model:

Validation tests and Simulation of an Atlantic cyclone and cold front/Mon. Wea. Rev. 1993. V.121 – P. 1493 -1513.

4. R.S. Dunbar et al, 2000. QuikSCAT Science Data Product User's Manual, Version 1.0. JPL Document D-18053. Jet Propulsion Laboratory, Pasadena, CA.

5. Integral wind wave parameters for fetch limited conditions in the Black Sea. Proceedings of the International MEDCOAST Conference on Wind and Wave Climate of Mediterranean and Black Sea, WIND&WAVE CLIMATE '99. Antalya. 1999. – P. 49-58.

6. Yu. B. Ratner, V.N. Belokopito, S.V. Stanichny, G.K. Korotaev 2003: Wind field over the Black Sea. Proc. Second International Conference «Oceanography of the Eastern Mediterranean and Black Sea», METU, Ankara, Turkey, October 14-18. 2002. – P. 31-39.

7. Прикладная статистика: Классификация данных и снижение размерности: Справ. изд. / С.А. Айвазян, И.С. Енюков, Л.Д. Мешалкин; под ред. С.А. Айвазяна. – М. Финансы и статистика. 1985. – 523 с.