

СЕЗОННАЯ И МЕЖГОДОВАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ЗАВИХРЕННОСТИ ПОЛЯ ВЕТРА НАД ЧЕРНЫМ МОРЕМ ПО ДАННЫМ АРХИВНЫХ СИНОПТИЧЕСКИХ КАРТ

В.Н. Белокопытов

Морской гидрофизический институт
НАН Украины
г. Севастополь, ул. Капитанская, 2
E-mail: v.belokopytov@gmail.com

Приведены оценки сезонного цикла и межгодовой изменчивости завихренности касательного напряжения ветра над Черным морем. В качестве исходных данных использовались архивные синоптические карты приземного атмосферного давления Гидрометслужбы СССР и Украины за 1960-1998 гг. Для среднего сезонного цикла характерно наличие максимума циклонической завихренности зимой и минимума летом. Межгодовая изменчивость характеризуется декадными колебаниями на фоне положительного тренда.

Введение. Завихренность поля ветра над морскими бассейнами является важной метеорологической характеристикой для океанографии, т.к. от нее непосредственно зависит интенсивность и пространственная структура циркуляции вод. В настоящее время широко используются массивы глобального атмосферного реанализа: NCEP/NCAR, ERA, JRA, в том числе и для анализа ротора ветра над Черным морем [1,2]. Выявляемые различия в характеристиках сезонной и межгодовой изменчивости полей ветра по разным массивам вызывают необходимость их сравнения с другими источниками информации.

Данные и методы обработки. В качестве исходных данных использовались оцифрованные архивные синоптические карты приземного атмосферного давления Гидрометслужбы СССР и Украины за 1960-1998 гг. Для уточнения и коррекции барического поля над морем использовались судовые наблюдения за атмосферным давлением, выполненные судами Гидрометслужбы, и срочные наблюдения за атмосферным давлением на береговых метеостанциях Одесса, Севастополь, Ялта, Феодосия и Анапа.

Для расчета полей ветра над морем приземное атмосферное давление интерполировалось сплайн-функциями в узлы регуляр-

ной сетки 20'×30' для района 41-47° с.ш., 28-42° в.д. Последовательность расчета ветра - от геострофического к циклострофическому и далее к приводному на 10 м - соответствует методике, применяемой в практике морских прогнозов [3]. Касательное напряжение ветра определялось как $\tau = C_d \rho_a V^2$, коэффициенты трения C_d заимствованы: при $V < 4$ м/с из [4], при $V \geq 4$ м/с из [5]. Ротор ветра рассчитывался методом первых центральных разностей.

Анализ результатов. В сезонном ходе ротора ветра, осредненного по всей акватории Черного моря (рис. 1), выделяется два периода: весенне-летний (апрель-сентябрь) со стабильно слабой циклонической завихренностью $\approx 3 \cdot 10^{-8}$ Па/м и осенне-зимний (октябрь-март) с резким возрастанием циклонической завихренности с максимумом $1.5 \cdot 10^{-7}$ Па/м в январе.

Пространственное распределение среднемесячных значений ротора ветра (рис.2) характеризуется постоянной циклонической завихренностью ветра над восточным и западным циклоническими круговоротами Черного моря. Области антициклонической завихренности ветра располагаются над Крымом, над западным побережьем Черного моря и в районе восточнее Синопского п-ва. В зимний период максимум циклонической завихренности находится над восточным круговоротом, в летний – над западным. Анатолийская область антициклонической завихренности интенсифицируется летом, Крымская область – в переходные периоды: весной и осенью.

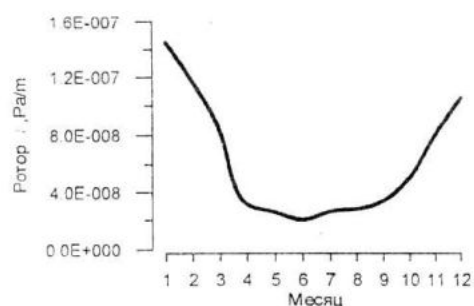


Рисунок 1 – Сезонный ход среднего по акватории Черного моря ротора касательного напряжения ветра.

Межгодовая изменчивость ротора ветра за рассматриваемый 40-летний период характеризуется декадными колебаниями на фоне положительного тренда (рис.3).

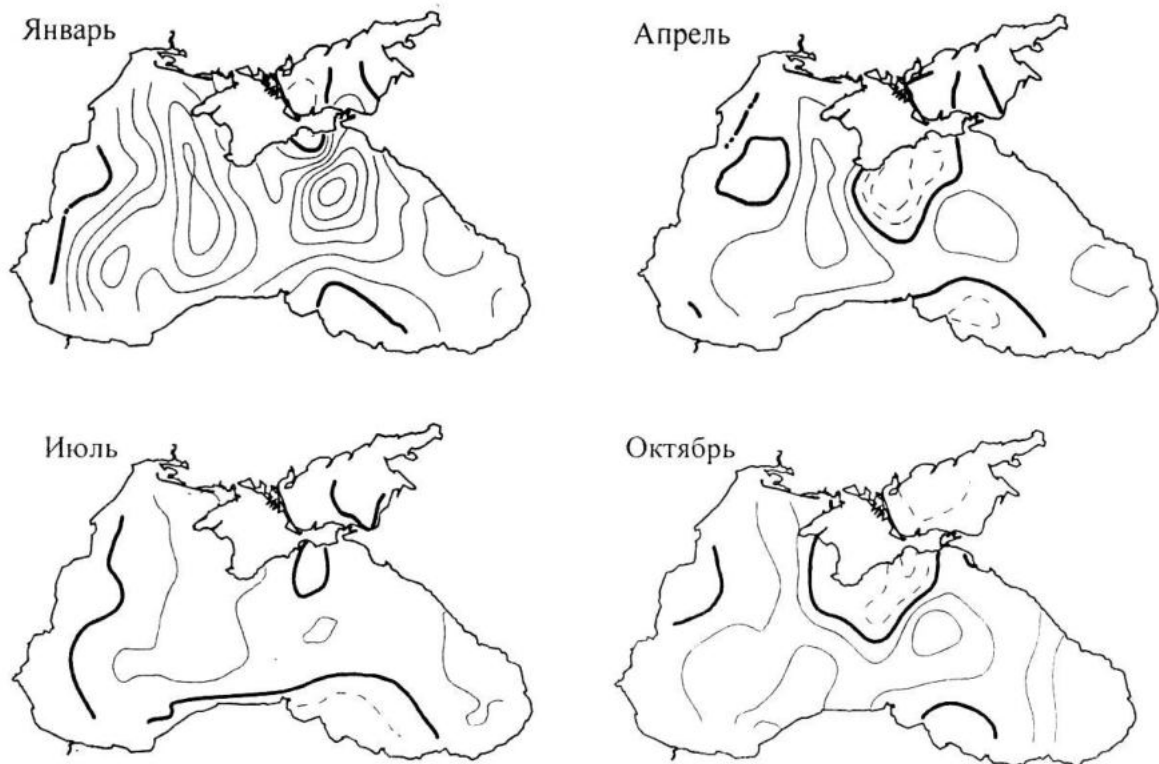


Рисунок 2 – Пространственное распределение среднемесячных значений ротора касательного напряжения ветра. Циклоническая завихренность изображена сплошными изолиниями, антициклоническая пунктирными. Изолинии проведены через $5 \cdot 10^{-8}$ Па/м, толщина нулевой изолинии увеличена.

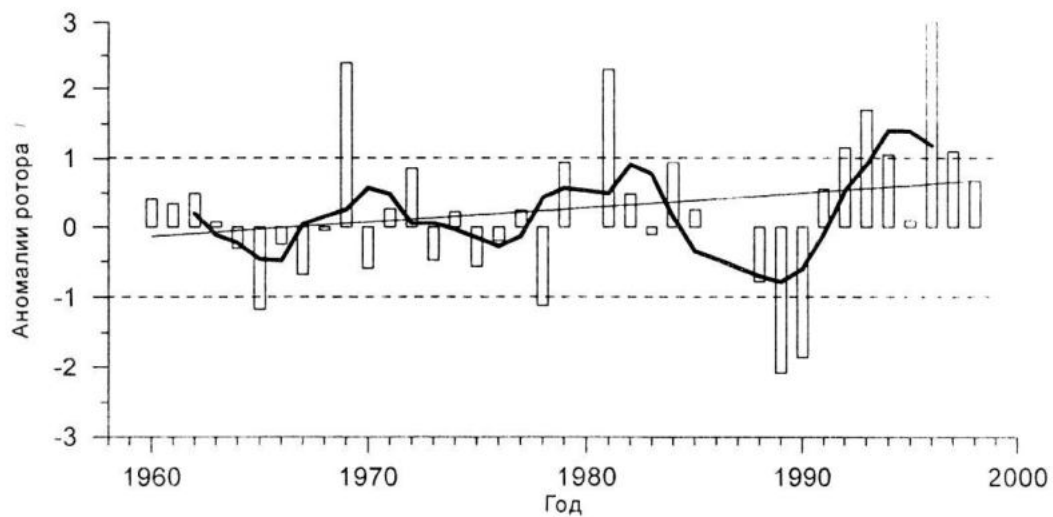


Рисунок 3 – Нормированные среднегодовые аномалии среднего по акватории Черного моря ротора касательного напряжения ветра. Пунктирные линии отображают диапазон ± 1 с.к.о., жирные линии – 5-летнее скользящее среднее, тонкая сплошная линия – линейный тренд.

Повышенные положительные аномалии циклонической завихренности (превышающие 1 с.к.о. среднегодовых значений) отмечены в 1969, 1981, 1993 и 1996 гг. Пониженные отрицательные аномалии, в свою очередь, наблюдались в 1965, 1978, 1989 и 1990 гг. Долгопериодная тенденция увеличения величин завихренности ветра наиболее четко выражена в зимний период. Летом положительный тренд отсутствует, в отдельные месяцы отмечаются отрицательные тенденции.

Многолетний ход завихренности ветра над Черным морем хорошо коррелирует с Североатлантическим колебанием (САК), в особенности в зимний период. Знак корреляции положительный, что, на первый взгляд, достаточно противоречиво. Смена отрицательной фазы САК на положительную приводит к уменьшению количества циклонов в Азово-Черноморском бассейне и усилению влияния областей высокого давления, что в целом должно уменьшить завихренность ветра. Причина обратного эффекта может заключаться в особенностях пространственного распределения ротора ветра над акваторией моря (рис. 2). Области антициклонической завихренности расположены на периферии моря и обеспечивают общее циклоническое вращение в такой же степени как и области циклонической завихренности в центре акватории. Подобный вывод был сделан также в [2] по материалам массива реанализа NCEP/NCAR. Усиление циклонической завихренности ветра при уменьшении количества атмосферных циклонов может свидетельствовать об определяющей роли областей антициклонического вращения.

Предварительные оценки сравнения завихренности ветра над Черным морем по различным источникам показали, что средние по акватории моря значения ротора ветра по данным синоптических карт выше чем по NCEP/NCAR и ERA. Также, отсутствует четко выраженная пространственная квадрупольная структура, характерная для массивов реанализа.

Следует отметить, что характеристики ветра, рассчитанные по атмосферному давлению, не могут быть полноценной заменой результатов расчетов численных региональных моделей атмосферной циркуляции, т.к. они отражают, в основном, крупномасштабные синоптические ситуа-

ции. Такие существенные источники завихренности как орографические эффекты при обтекании ветровым потоком гор или бризовая циркуляция [1] могут не проявляться при измерениях атмосферного давления на станциях.

Заключение. В результате обработки набора синоптических карт за 40-летний период рассчитаны средние характеристики завихренности ветра над Черным морем.

Для среднего сезонного цикла характерно наличие максимума циклонической завихренности в январе ($1.5 \cdot 10^{-7}$ Па/м) и минимума в июне ($2 \cdot 10^{-8}$ Па/м).

Межгодовая изменчивость характеризуется декадными колебаниями на фоне положительного тренда и имеет тесную связь с зимним индексом САК.

В пространственном распределении выделяются области циклонической завихренности ветра над восточным и западным циклоническими круговоротами Черного моря и зоны антициклонической завихренности над Крымом, над западным побережьем Черного моря и в районе восточнее Синопского п-ва. Интенсификация ротора ветра в указанных областях имеет выраженную сезонную изменчивость.

ЛИТЕРАТУРА

1. В.В. Ефимов, М.В. Шокуров, В.С. Барабанов. Физические механизмы возбуждения ветровой циркуляции внутренних морей. // Физика атмосферы и океана. – 2002. – том 38, №2. – С.247–258.
2. А.Г. Зацепин, В.В. Кременецкий, С.Г. Поярков, П.-М. Пулейн, Ю.Б. Ратнер, С.В. Станичный. Влияние поля ветра на циркуляцию вод Черного моря. // Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря / Отв. ред. А.Г. Зацепин, М.В.Флинт. – М: Наука, 2002. – С.91–105.
3. Руководство по морским гидрологическим прогнозам - С.Петербург: Гидрометеоиздат, 1994. – 525 с.
4. S. Hellerman, M. Rosenstein. Normal monthly wind stress over the world ocean with error estimates. Journal of physical oceanography, vol. 13, 1983. – P. 1093–1104.
5. W.G.Large, S. Pond. Open ocean momentum flux measurements in moderate to strong winds. Journal of physical oceanography, vol. 11, 1981. – P 324–481.