

В.Ю. Чанцев, А.В. Даньшина

КОРОТКОПЕРИОДНАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ДИНАМИКИ ПРИБРЕЖНЫХ ВОД В РАЙОНЕ ТУАПСЕ

V. Yu. Chantsev, A. V. Danshina

SHORT-TERM VARIABILITY OF THE COASTAL WATERS DYNAMICS IN THE TUAPSE REGION

На основе данных натурных наблюдений за временной изменчивостью течений в двух точках прибрежной зоны Туапсе проведен анализ изменчивости в динамической структуре вод. Выявлены пространственная взаимосвязь и инерционные периоды формирования динамических неоднородностей в поле течений и их спектральный состав.

Ключевые слова: динамическая структура вод, спектральный состав колебаний, инерционный период, кросскорреляционная связь, составляющие скорости течения, теснота взаимосвязи.

On the basis of insitu datas of the temporal variability of currents at two points of the coastal zone of Tuapse the analysis of variability of the dynamic structure of water was made. The spatial correlation and inertial periods of formation of dynamic inhomogeneities in the flow field and their spectral composition were identified.

Key words: dynamic water structure, spectral composition of fluctuations, inertial period, cross-correlation, the components of the current, the closeness of the interrelation.

Введение

Динамика прибрежных вод является определяющим механизмом в процессе самоочищения. От характера динамического состояния вод прибрежной зоны зависит и характер существования, и тип формирующегося биоценоза. Как известно из многочисленных исследований (см. [1, 5]), динамика вод на северо-восточном шельфе Черного моря поддерживается процессами с масштабами, не превышающими масштаб Россби. Хотя главным источником энергии динамики прибрежных вод этого района является Основное черноморское течение, преобладающим механизмом формирования малых вихрей, по мнению отдельных исследователей [2, 4], является гидродинамическая неустойчивость вод.

Более детальная информация о распределении течений позволила описать структуру и некоторые локальные особенности динамики вод шельфа в районе Туапсе [3, 6]. В поле прибрежных течений была выявлена пространственная неоднородность. По глубине прибрежные воды четко разделялись по характеру и направлению движения водных масс на три слоя. Причем верхний 20-метровый слой и промежуточный слой от 20 до 50 м характеризовались противоположной направленностью фонового движения.

Выявленная структура динамических неоднородностей свидетельствует о том, что в данном районе прибрежной зоны формируются вихри разного знака с горизонтальной

протяженностью 2–4 км и вертикальным развитием до 20 м. Это позволяет оценить пространственную взаимосвязь между компонентами вихревых образований малых масштабов в приповерхностном слое моря.

Материалы наблюдений и результаты исследования

Для анализа короткопериодной изменчивости в динамической структуре прибрежных вод использовались данные, полученные с измерителей течения «Вектор-2», которые устанавливались на заякоренных притопленных буйах на глубине 10 м от поверхности в двух точках района исследований в прибрежной зоне Черного моря возле Туапсе в августе 2009 г. Наблюдения проводились в течение двух дней со сменой положения приборов (таблица). Данные о составляющих скорости течения записывались в течение ~ 6 ч с дискретностью 30 с, что позволило получить для анализа ряды длиной до 800 элементов.

Расположение приборов в районе исследования (рис. 1) позволило оценить не только величину локальных флуктуаций течений, но и их адвективную составляющую.

Таблица

Расположение измерителей течения в прибрежной зоне Туапсе

Дата	14.08.2009		15.08.2009	
№ прибора	Прибор № 1	Прибор № 2	Прибор № 1	Прибор № 2
Широта	44,065575	44,042003	44,042003	44,02902
Долгота	39,014079	39,050506	39,050506	39,098352
Удаление от берега, км	5,3	4,9	4,9	4,9
Глубина места, м	60	60	60	58
Расстояние между приборами, км	4,81		5,50	

Результаты наблюдений за прибрежными течениями в районе Туапсе показывают значительные отличия в характере движения вод 14 и 15 августа 2009 г. При одинаковой средней интенсивности течений (20–30 см/с) направление потока меняется практически на противоположное. Но оба дня в представленных соседних районах движение носило явно вихревой характер, что показывает разнонаправленность течений в точках наблюдений.

Несмотря на существенные локальные различия характера движения в точках размещения измерителей, между компонентами течения прослеживается хорошо выраженная взаимосвязь. Причем наибольшие значения коэффициентов кросс-корреляции наблюдались при сравнении ортогональных компонент течения. Так, 14.08.2009 г. кросс-корреляция между компонентами v_1 и u_2 составляла $-0,68$ при отставании 10 мин, а 15.08.2009 г. между этими же компонентами коэффициент составлял $0,86$ при сдвиге 40 мин. Такая общая взаимосвязь характеризует не только наличие вихревой структуры, но и ее пространственный масштаб, близкий к расстоянию между приборами.

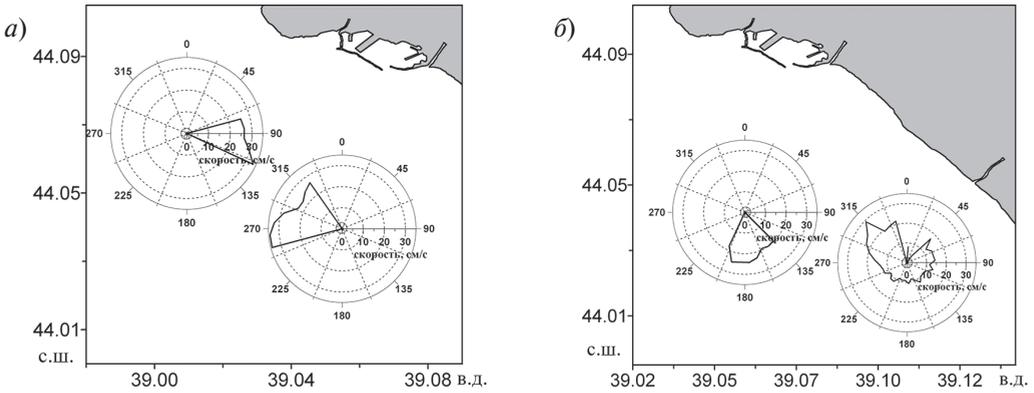


Рис. 1. Изменчивость скорости и направления течения в двух точках 14.08.2009 г. (а) и 15.08.2009 г. (б).

В осцилляциях составляющих течения прослеживаются как низкочастотные компоненты (1,5–3 ч), так и высокочастотные (25–50 мин). Необходимо отметить, что интенсивные высокочастотные колебания в скорости течения присутствуют только в северной части исследуемой области, а в южной – водный поток имеет более устойчивый характер, определяя тем самым возможную границу области прибрежного вихреобразования (рис. 2).

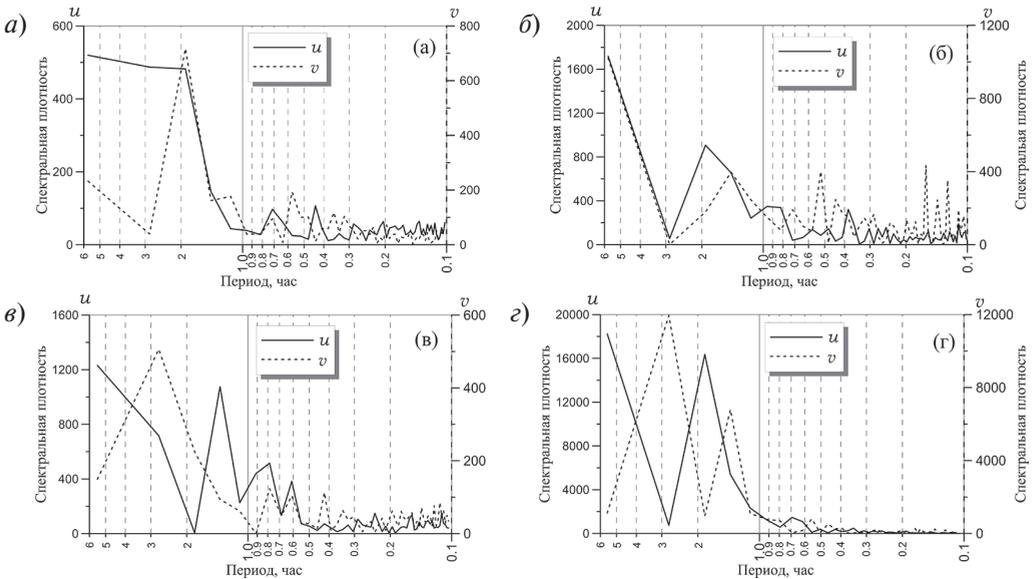


Рис. 2. Распределение спектральной плотности составляющих течения для прибора № 1 14.08.2009 (а), прибора № 2 14.08.2009 (б), прибора № 1 15.08.2009 (в), прибора № 2 15.08.2009 (г).

Для того чтобы выявить более тесную взаимосвязь между колебаниями течения в разнесенных на 5 км точках, использовался метод кросс-спектрального анализа. Мету ковариации между соответствующими частотными компонентами двух рядов характеризует амплитудный спектр. Как и при кросс-корреляционном анализе, взаимосвязь проявилась между ортогональными составляющими скорости течения (рис. 3). В первый день 14.08.2009 г. наиболее выраженная взаимосвязь выявлена в колебаниях с периодами 2,5 и 5 ч. Отставание фазы колебаний во второй точке составляло ~ 3 рад. Во второй день взаимосвязь была выявлена в колебаниях с периодами 1,3, 1,8, 2,6 и 5 ч. При этом сдвиг фазы уменьшался от 1,3 до 0,1 рад. с уменьшением периода осцилляций в поле течения (рис. 3б).

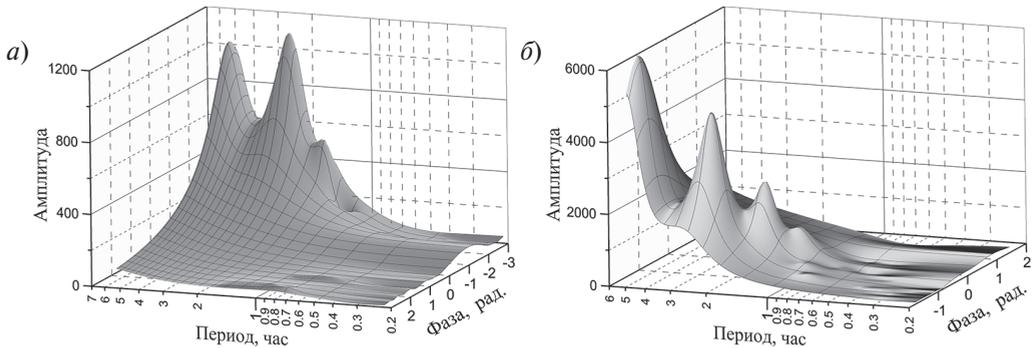


Рис. 3. Распределение амплитудного спектра для составляющих v_1 и u_2 14.08.2009 (а) и 15.08.2009 (б).

Тесноту взаимосвязи выявленных колебаний определяет квадрат когерентности, который интерпретируется как квадрат коэффициента взаимной корреляции. Его изменчивость для взаимных флуктуаций ортогональных составляющих течения в разнесенных точках измерений представлена на рис. 4.

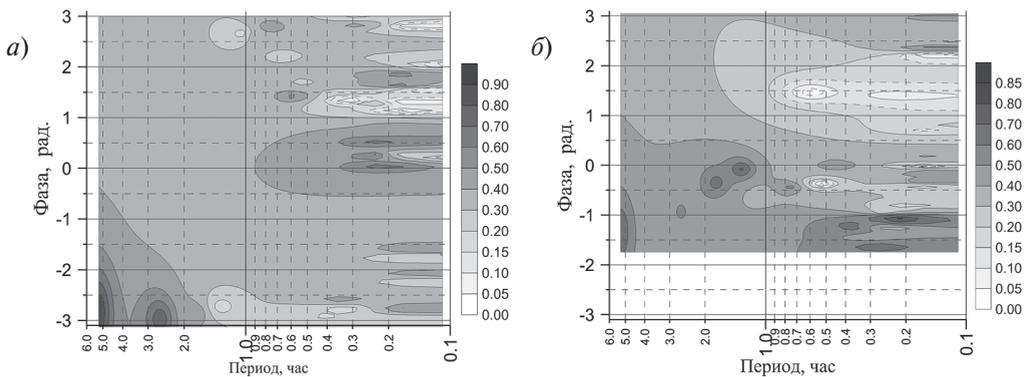


Рис. 4. Распределение квадрата когерентности для составляющих v_1 и u_2 14.08.2009 (а) и 15.08.2009 (б).

Особенность величины квадрата когерентности заключается в том, что она является относительной характеристикой, меняющейся от 0 до 1, и может использоваться только для хорошо выраженных взаимных колебаний. В первый день исследования были выявлены взаимные колебания с двумя значимыми периодами. Для них квадрат когерентности составил 0,7 и 0,8, что подтверждает наличие тесной взаимосвязи выявленных колебаний. Во второй день, хотя и наблюдалась взаимосвязь в колебаниях с четырьмя периодами, но наиболее тесная взаимосвязь проявилась на периодах 1,3, 1,8 и 5 ч с квадратом когерентности 0,7, 0,6 и 0,65, соответственно.

Выводы

Установка измерителей течений на достаточно длительный срок с малой дискретностью записи направления и скорости потока на расстоянии друг от друга соответствующем среднему пространственному масштабу прибрежного вихреобразования позволила получить оценки флуктуаций течения и их пространственной взаимосвязи.

Выявленная корреляционная связь между ортогональными составляющими течения в двух точках исследуемой области разнесенных на 5 км обуславливает наличие единой вихревой структуры, что подтверждается наличием небольшого временного сдвига в распределении кросс-корреляционного коэффициента. Также общая взаимосвязь показывает, что вихревая структура имеет пространственный масштаб, близкий к расстоянию между приборами.

Наиболее тесная взаимосвязь выявлена в колебаниях ортогональных составляющих течения с периодами 1,3, 1,8, 2,6 и 5 ч. Причем эта взаимосвязь имеет фазовый сдвиг от 0,1 до 3 рад. Отмечается, что уменьшение временного сдвига совпадает с уменьшением периода флуктуаций скорости.

Работа выполнена по гос. заданию вузам (Рег. № НИР 5.924.2011)

Литература

1. *Зацепин А.Г., Гинзбург А.И., Евдошенко М.А.* Вихревые структуры и горизонтальный обмен в Черном море. Комплексные исследования северо-восточной части Черного моря. — М.: Наука, 2002, с. 55–81.
2. *Каменкович В.М., Кошляков М.И., Монин А.С.* Синоптические вихри в океане. — Л.: Гидрометеиздат, 1987. — 509 с.
3. *Карлин Л.Н., Чанцев В.Ю., Хаймина О.В., Данышина А.В., Исаев А.В.* Особенности динамической структуры вод прибрежной зоны Туапсе. // Ученые записки РГГМУ, 2010, № 11, с. 113–122.
4. *Монин А.С., Кошляков М.И.* Синоптические вихри и волны Россби в океане. // Нелинейные волны. — М.: Наука, 1979, с. 258–291.
5. *Титов В.Б.* Характеристики Основного черноморского течения и прибрежных антициклонических вихрей в Российском секторе Черного моря. // Океанология, 2002, т. 42, № 5, с. 668–676.
6. *Чанцев В.Ю., Данышина А.В.* Субмезомасштабная структура динамики прибрежных вод в районе Туапсе. // Ученые записки РГГМУ, 2012, № 26, с. 153–163.