РЕЗУЛЬТАТЫ НАТУРНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ СУБМЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕЙ ШЕЛЬФОВОЙ ЗОНЫ СЕВЕРО-ВОСТОЧНОЙ ЧАСТИ ЧЕРНОГО МОРЯ

Куклев С.Б.¹, Зацепин А.Г.¹, Баранов В.И.¹, Куклева О.Н.¹

¹ *Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, 117997, Москва, Нахимовский проспект, д.36, тел.: +7 86141 2-8069, факс: +7 86141 2-80-89, e-mail: kuklev@ocean.ru*

The results of sub-mesoscale eddies field observation obtained at the hydrophysical testing site of the IO RAS in the shelf zone of the Black Sea are presented. The main parameters of the eddies their generation mechanisms are determined.

Натурные исследования субмезомасштабных вихревых структур шельфовой зоны северо-восточной части Черного моря проводятся с 2007 г [2]. С организацией в 2011–2013 гг. черноморского гидрофизического полигона ИО РАН [3], эти исследования приобрели относительно регулярный характер. С 2007 г. по настоящее время выполнено 42 целенаправленные судовые экспедиции, в ходе которых было зарегистрировано 32 субмезомасштабных вихря, определены их параметры. Анализ сопутствующей информации (данные измерений автоматизированных станций полигона, спутникового зондирования, метеоданные) позволил выявить основные механизмы их формирования.

Для исследований используются буксируемый за судном акустический профилограф скорости течения ADCP, закрепленный в специально изготовленной для этого обтекаемой гондоле. Буксировка осуществляется на кабель-тросе, по которому производится электропитание прибора и передаются результаты измерений на бортовой сервер (полевой влагозащищенный ноутбук). Бортовой сервер коммутирован с GPS-навигатором, который регистрирует географические координаты в точках зондирования, что при обработке данных позволяет строить карты пространственного распределения течений. Система крепления кабель-троса к гондоле обеспечивает ее отклонение в сторону от набегающего потока, что исключает влияние кильватерной струи на измеряемые параметры (рис. 1).

Обработка данных осуществляется программным комплексом, разработанным в ИО РАН. Выполняется построение карт горизон-

Рис. 1. Профилограф ADCP в гондole на борту судна (слева) и в буксируемом положении в море (справа).

тального распределения течений с осреднением по избранным слоям. Опыт исследований показал, что в вихревое движение вовлекается в основном верхний квазиоднородный слой. Развитый сезонный термоклин является своеобразным препятствием для проникновения вихревых движений в более глубокие слои моря. Поэтому для осреднения и графического представления результатов выбираются слои выше и ниже сезонного термоклина. Дополнительно рассчитываются и наносятся на карту распределения значения числа Россби, которое позволяет более точно идентифицировать вихревые структуры и границы их распространения.

Субмезомасштабные вихри могут иметь как циклоническую, так и антициклоническую завихренность. Циклонические вихри чаще наблюдается в период ослабления Основного черноморского течения (ОЧТ), когда над склоновой зоной формируются мезомасштабные антициклонические меандры ОЧТ (антициклонические вихри). В этом случае в шельфовой зоне на периферии антициклона создаются условия формирования циклонической завихренности. В этой области из-за сдвиговой неустойчивости течения формируются субмезомасштабные циклоны. Это один из механизмов формирования субмезомасштабных вихрей, связанный с баротропной сдвиговой неустойчивостью, возникающей на периферии более крупных динамических структур: течений, мезомасштабных вихрей.

Другим механизмом формирования вихрей является взаимодействие потока с орографическими особенностями берега [1]. На акватории полигона наблюдается периодическое вихреобразование в результате отрыва прибрежного течения от мыса Идокопас. Третий механизм связан с особенностями рельефа северо-кавказского побережья Черного моря, где на фоне высоких абразионных береговых уступов встречаются

участки их понижения (например, в бухтах). Это приводит к локальному усилению ветра, дующего с берега, и, как следствие, неравномерному пространственному ветровому воздействию, вызывающему завихренность в поле поверхностных течений.

Статистика зарегистрированных субмезомасштабных вихрей показала, что их характерные размеры составляют от 2 до 6 км. При этом размеры циклонических вихрей (2–4 км) обычно меньше антициклонических (3–6 км). Отметим, что и в том, и в другом случае их размеры меньше бароклинного радиуса деформации Россби, который для черноморских условий составляет ~17 км. Угловая скорость в вихрях по модулю обычно превышает параметр Кориолиса (число Россби по модулю превышает единицу), что позволяет характеризовать их как агеострофические. Короткое время жизни, не превышающее нескольких суток, свидетельствует об их нестационарности.

Работа выполнена в рамках госзадания №№ 0149-2018-0003, 0149-2018-0013, а также при поддержке грантов РФФИ № 17-05-00381, 16-45-230781 и РНФ № 14-50-00095.

ЛИТЕРАТУРА

1. Елкин Д.Н., Зацепин А.Г. Лабораторное исследование механизма периодического вихреобразования за мысами в прибрежной зоне моря // *Океанология*. 2013. Т. 53. № 1. С. 29–41.
2. Зацепин А.Г., Баранов В.И., Кондрашев А.А., Корж А.О., Кременецкий В.В., Островский А.Г., Соловьев Д.М. Субмезомасштабные вихри на Кавказском шельфе и порождающие их механизмы // *Океанология*. 2011. Т. 51. № 4. С. 592–605.
3. Зацепин А.Г., Островский А.Г., Кременецкий В.В., Низов С.С., Пиотух В.Б., Соловьев В.А., Швоев Д.А., Цибульский А.Л., Куклев С.Б., Куклева О.Н., Москаленко Л.В., Подымов О.И., Баранов В.И., Кондрашов А.А., Корж А.О., Кубряков А.А., Соловьев Д.М., Станичный С.В. Подспутниковый полигон для изучения гидрофизических процессов в шельфово-склоновой зоне Черного моря // *ФАО*. 2014. № 1. С. 16–29.