О РОЛИ МЕЗОМАСШТАБНЫХ ВИХРЕЙ В ПЕРЕМЕЩЕНИИ ПЯТЕН НЕФТЕПРОДУКТОВ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ (СПУТНИКОВАЯ ИНФОРМАЦИЯ)

Гинзбург А.И.¹, Крек Е.В.¹, Костяной А.Г.¹, Соловьев Д.М.^{1,2}

*¹Институт океанологии им. П.П. Шишова РАН, Нахимовский
проспект, 36, 117997, г. Москва, 8(499) 129-19-54, e-mail:*

ginzburg@ocean.ru, kostianoy@gmail.com, elenka_krek@mail.ru

*²Морской гидрофизический институт, ул. Капитанская, 2,
299011, Севастополь, 8(869)254-50-65, e-mail: solmit@gmail.com*

Based on an analysis of satellite images (June 2015), the effect of a mesoscale anticyclonic vortex on the movement of oil spills in the Southeastern Baltic Sea is demonstrated. The discrepancy between the observed pattern of the movement of oil spots and their model transfer obtained as a result of using the Seatrack Web model is noted.

Интенсивное загрязнение Юго-Восточной Балтики (и Балтийского моря в целом) нефтепродуктами, связанное главным образом с судоходством, определяет необходимость оперативного обнаружения пятен нефтепродуктов и прогноза их перемещения по акватории. Эти задачи с 2004 г. успешно решаются на основе комплексного спутникового мониторинга и применения интерактивной численной модели Seatrack Web (HELCOM). Модель Seatrack Web, учитывающая обновляющийся прогноз поля ветра и ряда других метеорологических параметров и течений (постоянных и дрейфовых, не превышающих в Балтике в основном 10–15 см/с), дает прогноз перемещения пятен нефтепродуктов с хорошим пространственным (1 морская миля) и временным (60 мин) разрешением. Действующая версия модели позволяет рассчитывать «модельный» дрейф на 5 суток вперед или восстанавливать до 6 суток назад [1, 2].

Известные на сегодняшний день наблюдения пятен нефтепродуктов в области вихревого движения в Балтийском море единичны, что связано с малым временем жизни пятен (до нескольких суток), нерегулярностью получения информативных спутниковых изображений из-за облачности (для снимков видимого и ИК-диапазонов спектра) и ограниченного диапазона ветра (примерно 3–5 м/с) для проявления вихрей

на радиолокационных изображениях (РЛИ) [1, 2]. Мало известно также о времени жизни мезомасштабных вихрей в Балтике и механизмах их образования.

Последовательные спутниковые изображения, принятые в июне 2015 г. в течение примерно 29 часов, впервые позволили проследить перемещение пяти пятен нефтепродуктов под влиянием мезомасштабного антициклонического вихря (АЦ) в северной части Гданьского залива, оценить скорости этого перемещения в зависимости от места их попадания в область антициклона и его присоединенного циклона и сопоставить наблюдаемую картину перемещения пятен с их модельным переносом согласно модели Seatrack Web.

Первое проявление цепочки пятен нефтепродуктов имело место 9 июня 2015 г. в 11:40 GMT на изображении MODIS-Aqua, следующее – через $\Delta t_{1-2} = 4$ ч 47 мин на РЛИ SAR-C Sentinel-1A и последнее – через $\Delta t_{2-3} = 23$ ч 47 мин на РЛИ SAR Radarsat-2 10 июня (рис. 1). Отсутствие этих пятен на ИК-изображении TIRS Landsat-8 8 июня (09:42 GMT) и РЛИ SAR-C Sentinel-1A 11 июня (04:59 GMT) позволяет полагать, что время жизни пятен нефтепродуктов не превышало 2.5 суток.

За время Δt_{1-2} пятна 1 и 2 цепочки слегка сместились на запад и юго-запад соответственно, 3 и 4 – на юг, а пятно 5 практически осталось на месте (рис. 1). При этом цепочка приобрела изогнутую форму. За время Δt_{2-3} , за счет более интенсивного смещения в южном направлении пятен 2–4 по сравнению с пятном 5, она приобрела J-образную форму.

Смещения пятен нефтепродуктов происходило под совместным действием течения в области мезомасштабного АЦ с диаметром примерно 35 км (его эволюция на протяжении примерно 1.5 месяцев рассмотрена в [3]) и ветра. Южные пятна 3–5 цепочки в момент ее первой регистрации оказались в области АЦ, а самое северное – в районе присоединенного циклона на его северной периферии. В течение 9 и 10 июня АЦ практически не менял своего положения (центр – примерно на $54^{\circ}55'$ с.ш., $19^{\circ}12'$ в.д.). Совместное воздействие течения в присоединенном циклоне на северо-запад и дрейфового течения при северо-восточном ветре на юго-запад могло привести к наблюдаемому смещению пятна 1 за время Δt_{1-2} на запад. Пятно 5 оказалось наиболее близким к центру антициклона, и его положение за то же время мало изменилось, пятно 2 – на границе между антициклоном и циклоном, а пятна 3 и 4 – в области вихревого движения а антициклоне. За время Δt_{2-3} пятна 1–4 выстроились по периферии антициклона, пятно 5 сместилось ближе к его периферии.

Рис. 1. Фрагмент ИК-изображения TIRS Landsat-8, 08.06.2015, 09:42 GMT, с наложенными контурами пятен нефтепродуктов в соответствии с их положениями на спутниковых изображениях 9 и 10 июня 2015 г.

По положению пятен 1–5 на спутниковых изображениях (рис. 1) были оценены средние за интервалы Δt_{1-2} и Δt_{2-3} скорости их переноса. Максимальные скорости переноса в обоих интервалах времени были у пятна 3 (12.8 и 21.0 см/с соответственно), оказавшегося ближе к периферии АЦ (области наибольших скоростей), наименьшие – у пятна 5 (0 и 11.6 см/с), находившегося ближе к центру. Большие скорости всех пятен наблюдались в интервале Δt_{2-3} , существенная часть которого пришлась на 10 июня с меньшими скоростями ветра (не более 5 м/с) по сравнению с предыдущим днем (примерно 8 м/с) и с изменившимся направлением ветра (с северо-восточного на северный и северо-западный). При ветровом коэффициенте 0.03 для пятен нефтепродуктов скорость их перемещения под влиянием ветра могла бы быть не более 15 и 24 см/с соответственно. В таком случае при орбитальной скорости мезомасштабных вихрей в Балтике порядка 20 см/с вклад вихревых течений в суммарный вектор переноса пятен под влиянием вихря и ветра в интервале Δt_{2-3} должен был быть определяющим.

Полученная картина перемещения пятен сравнивалась с их модельным дрейфом на основе модели Seatrack Web. Использовалось моделирование назад с шагом 1 час для моментов времени 16:15 GMT 10 июня (принято за исходное), 16:15 GMT 9 июня и в 11:15 GMT 9 июня, близких по времени к двум предыдущим спутниковым изображениям с цепочкой пятен. Модель показала лишь равномерное смещение цепочки

пятен, при этом ее *J*-образная форма сохранялась. Направление перемещения также не совпадало: вместо наблюдаемого смещения на юго-восток модель показала перемещение цепочки пятен на юго-запад. Таким образом, наблюдавшийся дрейф пятен под совместным действием ветра и течений в вихревой системе не соответствовал его прогнозу на основе численной модели Seatrack Web, которая не учитывает весьма интенсивную в Балтике мезомасштабную циркуляцию вод [1, 4].

Гинзбург А.И., Костяной А.Г., Соловьев Д.М. выполнили исследование за счет темы госзадания № 0149-2018-0003 «Механизмы формирования циркуляционных структур Мирового океана: ключевые процессы в пограничных слоях и их роль в динамике океана на основе экспедиционных исследований, дистанционного зондирования, численного и лабораторного моделирования». Крек Е.В. – по теме госзадания № 0149-2018-0012 «Морские природные системы Балтийского моря и Атлантического океана: формирование природных комплексов Балтийского моря и их изменение под влиянием Атлантического океана и антропогенного воздействия».

ЛИТЕРАТУРА

1. Лаврова О.Ю., Костяной А.Г., Лебедев С.А., Митягина М.И., Гинзбург А.И., Шеремет Н.А. Комплексный спутниковый мониторинг морей России. М.: ИКИ РАН, 2011. 470 с.
2. Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Костяной А.Г. Спутниковые методы выявления и мониторинга зон экологического риска морских акваторий. М.: ИКИ РАН, 2016. 335 с.
3. Гинзбург А.И., Булычева Е.В., Костяной А.Г., Соловьев Д.М. Эволюция мезомасштабного антициклонического вихря и вихревых диполей/мультиполей на его основе в Юго-Восточной Балтике (спутниковая информация: май–июль 2015 г.) // Океанологические исследования. 2017. Т. 45. № 1. С. 10–22.
4. Гинзбург А.И., Булычева Е.В., Костяной А.Г., Соловьев Д.М. Вихревая динамика в Юго-Восточной Балтике по данным спутниковой радиолокации // Океанология. 2015. Т. 55. № 6. С. 893–902.