

**ИССЛЕДОВАНИЕ СУБМЕЗОМАСШТАБНЫХ ПРОЦЕССОВ
В ПРИБРЕЖНОЙ ЗОНЕ: СПУТНИКОВЫЕ НАБЛЮДЕНИЯ И
СИНХРОННЫЕ НАТУРНЫЕ ИЗМЕРЕНИЯ**

**Лаврова О.Ю., Митягина М.И., Краюшкин Е.В.,
Назирова К.Р., Строчков А.Я.**

*Институт космических исследований Российской академии наук
117997, г. Москва, ул. Профсоюзная 84/32, тел. +7(495) 333-42-56,
e-mail: olavrova@iki.rssi.ru*

The paper shows presents some results of remote sensing monitoring and in-situ observations of submesoscale eddies in the southeastern part of the Baltic Sea. Remote sensing data were used for statistical investigation of submesoscale eddies and in-situ data – for remote sensing data verification and comprehensive description of different eddies parameters in the sea.

Институт космических исследований РАН проводит исследования по изучению субмезомасштабных процессов в Российских морях, начиная с 2002 г. Основное внимание уделялось субмезомасштабным вихревым процессам в Черном, Балтийском и Каспийском морях. Начиная с 2002 г. сотрудники Лаборатории аэрокосмической радиолокации проводят непрерывный спутниковый мониторинг поверхности морей на основе данных современных спутниковых сенсоров, работающих в различных диапазонах электромагнитного спектра. Использовались данные радиолокационных сенсоров ASAR Envisat, Radarsat 1–2, TerraSAR-X, SAR-C Sentinel-1A, -1B. К исследованиям также привлекались данные сенсоров, работающих в видимом и ИК-диапазонах: Modis Terra/Aqua, TM Landsat-5, ETM+ Landsat-7, OLI Landsat-8, Meris Envisat. В последние годы активно используются данные MSI Sentinel-2A, -2B, OLCI Sentinel-3A. На основе спутниковых данных определены районы регулярных проявлений субмезомасштабных вихревых структур, оценены их межгодовая и сезонная изменчивость [1].

Начиная с 2013 г., нами проводятся регулярные натурные измерения для верификации спутниковой информации, а также для более детального изучения параметров субмезомасштабных процессов в прибрежной зоне. Экспедиционные работы включают в себя определение параметров прибрежных течений при помощи акустического доплеровского

профилографа течений (ADCP) и лагранжевых дрейфтеров, а также исследование термохалинной структуры вод и распределения мутности и концентрации хлорофилла-а. С 2012 г. было проведено в общей сложности 11 экспедиций на Черном и Балтийском морях.

Основное внимание уделялось в последние годы изучению прибрежной динамики вод и вихревых образований в юго-восточной части Балтийского моря.

По результатам спутникового мониторинга была проведена статистическая работа по выявлению частоты встречаемости вихревых образований в летнее время в Гданьском заливе, а также отдельных районов их локализации [2]. Было показано, что проявления вихревых структур в летний период наблюдаются практически на всех спутниковых изображениях видимого диапазона высокого пространственного разрешения. В то же время частота встречаемости проявлений вихревых структур за счет сликового механизма на радиолокационных изображениях существенно ниже, что связано с активной ветровой ситуацией в регионе. Было показано, что вихревые структуры, образующиеся в открытом море, достаточно устойчивые и могут наблюдаться в течение 7–10 дней, оставаясь практически неподвижными. С другой стороны, вихри, образующиеся в прибрежной зоне под действием обтекания даунвеллинговым течением мыса Таран, крайне неустойчивые и наблюдаются гораздо реже как в данных сенсоров видимого диапазона, так и на радиолокационных изображениях.

Начиная с 2014 г., ежегодно в летнее время нами проводятся экспедиционные исследования в прибрежной зоне Балтийского моря в районе Самбийского полуострова. Трижды удалось провести измерения параметров вихревых образований в этом районе. Измерения показали, например, что вихри, образующиеся за мысом Таран, оказывают влияние на толщу вод до 15–20 м, вовлекая в динамику воды сезонного термоклина [3]. В 2015 г. было проведено исследование по влиянию вихревых образований на прибрежную динамику вод и показано, что подобные структуры могут удерживать пассивные плавучие объекты в локализованном районе в течение не менее 10 дней [4]. В 2018 г. на основе спутниковых наблюдений и подспутниковых измерений было проведено исследование формирования и распространения вихревого диполя за мысом Таран, выявлены гидрометеорологические условия, способствующие его зарождению [5].

Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда в рамках гранта 14-17-00555.

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. Lavrova O.Yu., Krayushkin E.V., Nazirova K.R., and Stochkov A.Ya. Vortex structures in the Southeastern Baltic Sea: satellite observations and concurrent measurements // Proc. SPIE Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2018.
3. Lavrova O., Krayushkin E., Golenko M., and Golenko N. Effect of wind and hydrographic conditions on the transport of Vistula Lagoon waters into the Baltic Sea: Results of a combined experiment // IEEE Journal of Selected Topics in Applied Earth Observations and Remote Sensing. Vol. 9 (11). P. 5193–5201. DOI: 10.1109/JSTARS.2016.2580602.
4. Голенко М.Н., Краюшкин Е.В., Лаврова О.Ю. Исследование особенностей прибрежных поверхностных течений в Юго-Восточной Балтике по результатам подспутниковых дрейфтерных экспериментов и численного моделирования // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2017. Т. 14. № 7. С. 280–296. DOI: 10.21046/2070-7401-2017-14-7-280-296.
5. Краюшкин Е.В., Лаврова О.Ю., Назирова К.Р., Алферьева Я.О., Соловьев Д.М. Формирование и распространение вихревого диполя за мысом Таран в Юго-Восточной Балтике // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2018. Т. 15. № 4. С. 214–221. DOI: 10.21046/2070-7401-2018-15-4-214-221.