

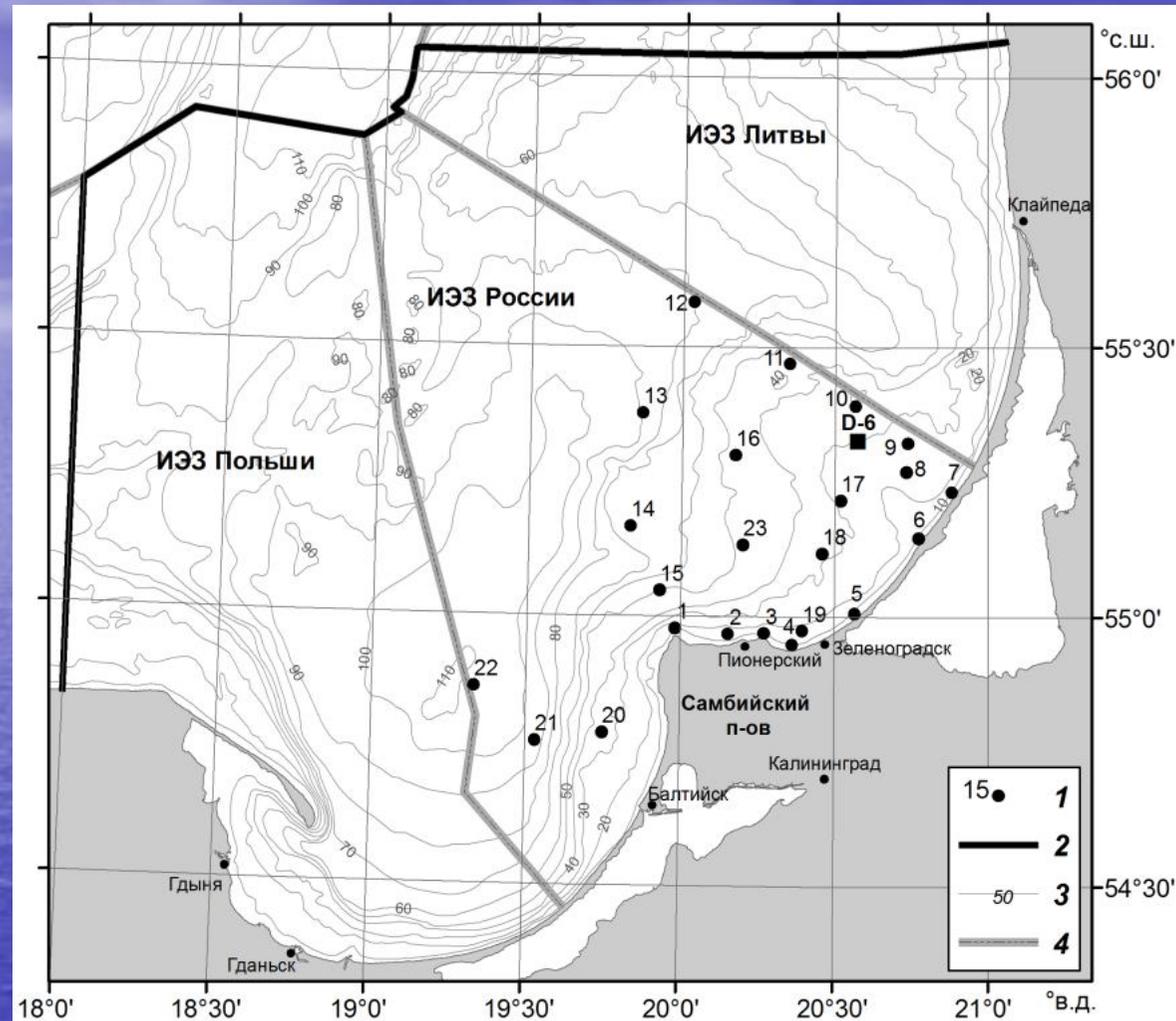
**Гинзбург А.И.<sup>1</sup>, Булычева Е.В.<sup>2</sup> Костяной А.Г.<sup>1</sup>,  
Соловьев Д.М.<sup>3, 1</sup>**

*<sup>1</sup> Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН,  
E-mail: [ginzburg@ocean.ru](mailto:ginzburg@ocean.ru) тел. (499) 129-19-54*

*<sup>2</sup> Атлантическое отделение Института океанологии им. П.П. Ширшова  
РАН,*

*<sup>3</sup> Морской гидрофизический институт РАН*

***ВИХРЕВАЯ ДИНАМИКА В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ  
БАЛТИКЕ  
(ПО СПУТНИКОВЫМ ДАННЫМ)***



Батиметрическая карта Юго-Восточной Балтики  
 (Булычева Е.В., Крек А.В. и Костяной А.Г. // Океанология. 2016. № 1)

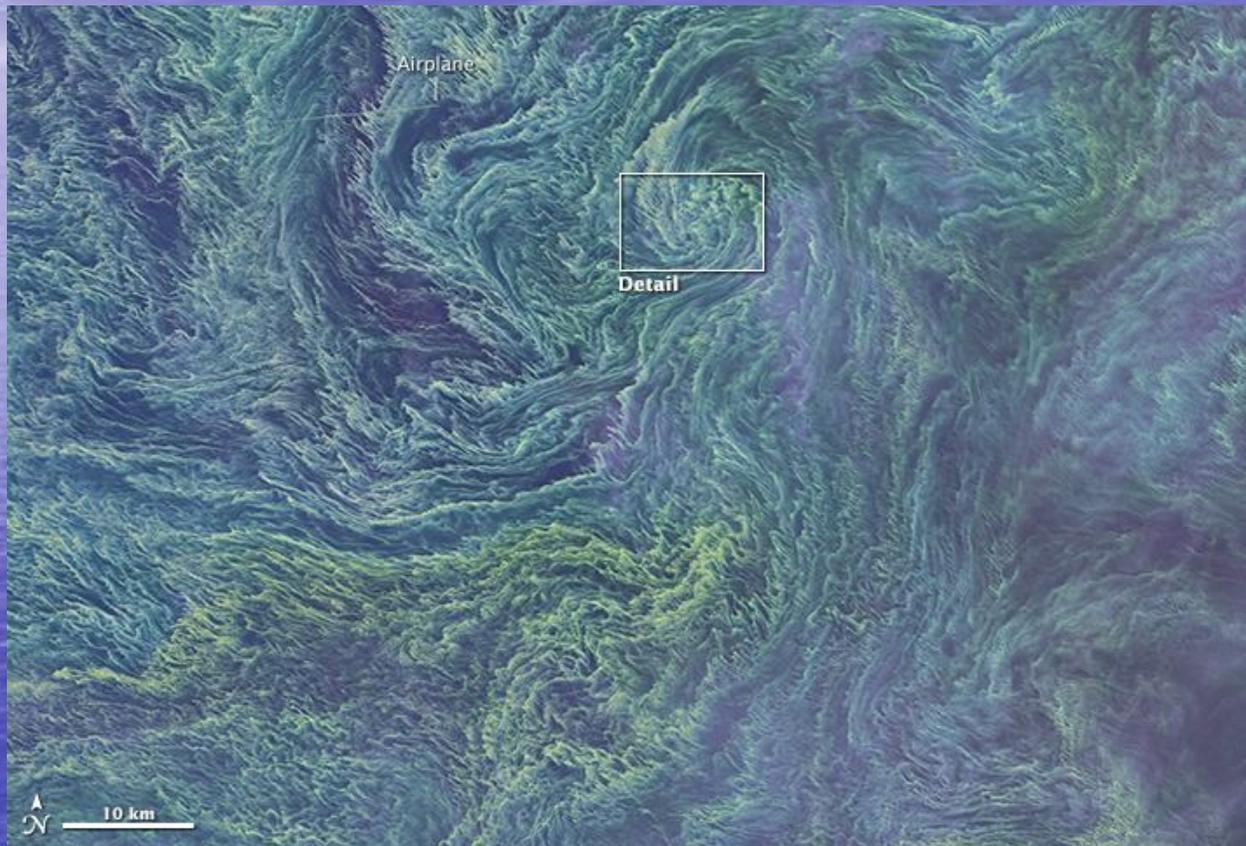
## **Исследования вихревой динамики Балтики в конце 1970-х – начале 1980-х гг.:**

- *Horstmann U.* Distribution Patterns of Temperature and Water Colour in the Baltic Sea as recorded in Satellite Images: Indicators for Phytoplankton Growth. Berichte Institute fur Meereskunde, Kiel. 1983. V. 1. № 106. 147 p.
- *Викторов С.В.* Региональная спутниковая океанография моря // Труды ГОИН. Исследования океанов и морей. СПб: Гидрометеиздат, 2005. Вып. 209. С. 286–314.

## **Современные исследования вихревой динамики ЮВБ:**

- *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.
- *Каримова С.С., Лаврова О.Ю., Соловьев Д.М.* Наблюдения вихревых структур Балтийского моря с помощью радиолокационных и радиометрических спутниковых данных // ИЗК. 2011. № 5. С. 1–9.
- *Гурова Е.С., Иванов А.Ю.* Особенности проявления гидродинамических структур в юго-восточной части Балтийского моря по данным спектрорадиометров MODIS и космической радиолокации // ИЗК. 2011. № 4. С. 41–54.

**Цветение цианобактерий в Балтике 11 августа 2015 г.**  
(Landsat 8 – OLI, NASA Earth Observatory)



Использовались спутниковые радиолокационные изображения (РЛИ), полученные в период 2004–2015 гг. в рамках комплексного спутникового мониторинга нефтяного месторождения «Кравцовское» (морская ледостойкая стационарная платформа (МЛСП) D-6) ООО «ЛУКОЙЛ-КМН») со спутников:

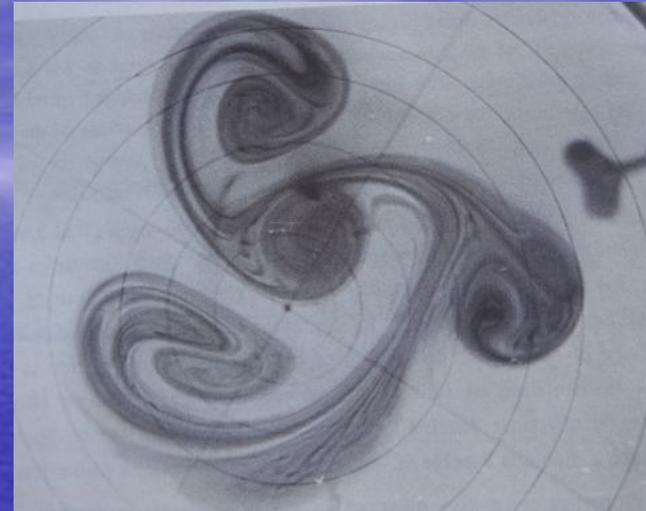
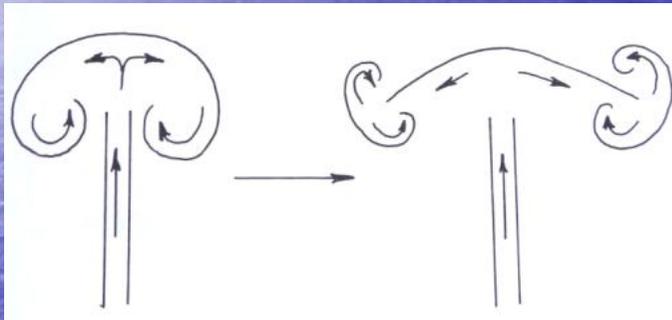
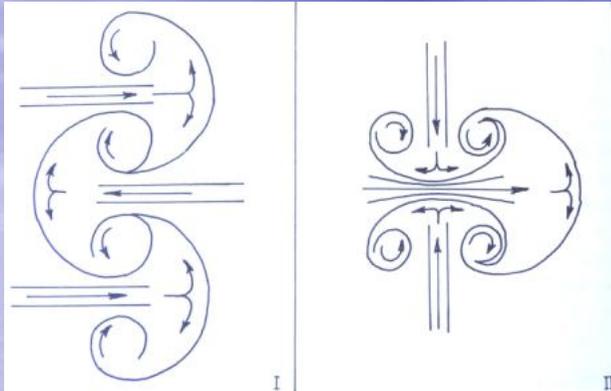
- Envisat (ESA) (до выхода из строя спутника в апреле 2012 г.),
- Radarsat-1 Канадского космического агентства (CSA) (до выхода из строя спутника 29 марта 2013 г.),
- Radarsat-2 компании МакДональд, Деттвилер и Партнеры (MDA, Канада).

С апреля 2013 г. используются РЛИ со спутников COSMO-SkyMed-1, -2, -3, -4 Итальянского космического агентства (ASI),

- CSAR-Sentinel и SAR-Radarsat (июнь 2015 г.)

Время между двумя последовательными съемками менялось от 12 часов до 3 суток. За период с 12.06.2004 г. по июль 2015 г. было получено и проанализировано на предмет выявления вихревых динамических структур различной природы около 1900 РЛИ поверхности Юго-Восточной Балтики. Также использованы квазисинхронные с РЛИ оптические изображения радиометров: ETM+ со спутника Landsat-7 (июль 2009 г.); MODIS спутников Terra и Aqua (июль-август 2004 г., июль 2015 г.); TIRS Landsat-8 (июль 2015 г.).

## УПАКОВКИ ВИХРЕВЫХ ДИПОЛЕЙ (МУЛЬТИПОЛИ)

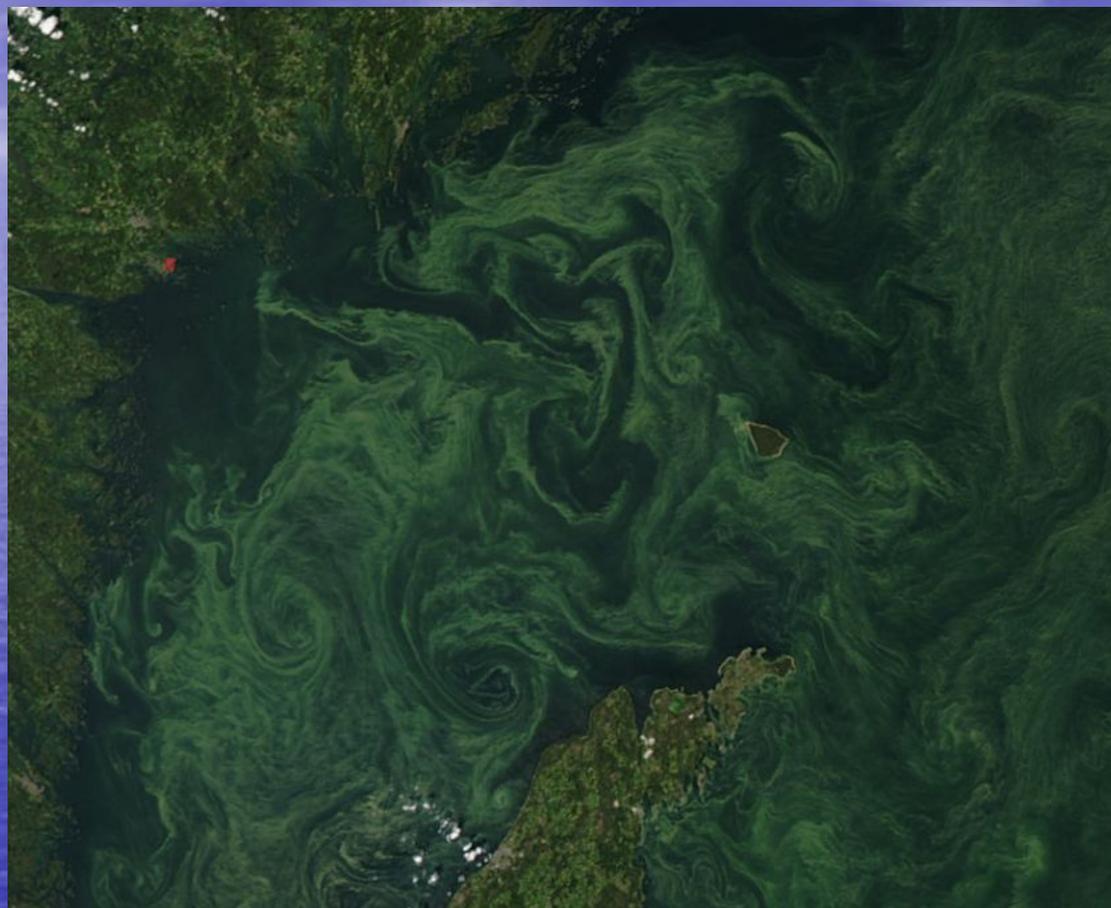


In: Mesoscale/synoptic coherent structures in geophysical turbulence. Elsevier Oceanography Series, N50.  
Ed. J.C.J. Nihoul, B.M. Jamart. 1989

*Fedorov K.N., Ginsburg A.I.* Mushroom-like currents (vortex dipoles): one of the most widespread forms of non-stationary coherent motions in the Ocean.

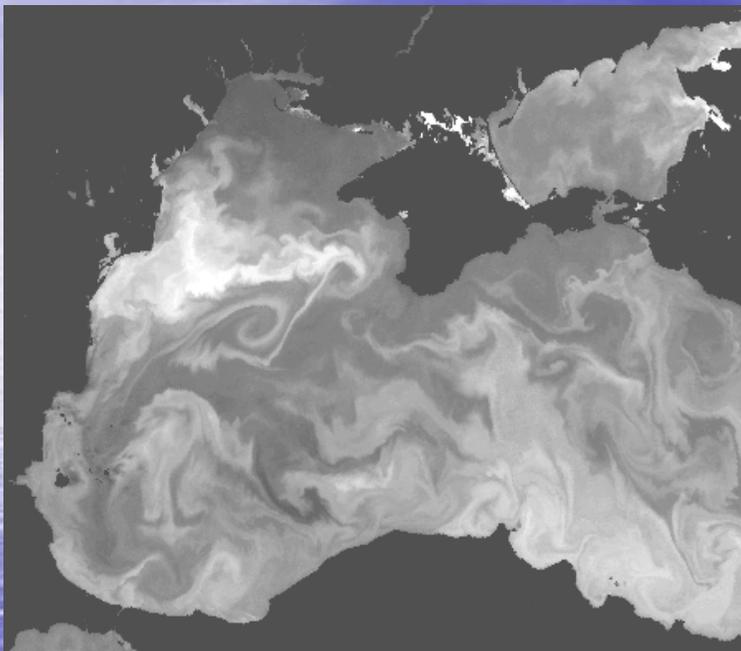
*Fedorov K.N., Ginsburg A.I., Kostianoy A.G.* Modelling of "mushroom-like" currents (vortex dipoles) in a laboratory tank with rotating homogeneous and stratified fluids.

# ЦВЕТЕНИЕ ЦИАНОБАКТЕРИЙ В БАЛТИКЕ В РАЙОНЕ О-ВА ГОТЛАНД

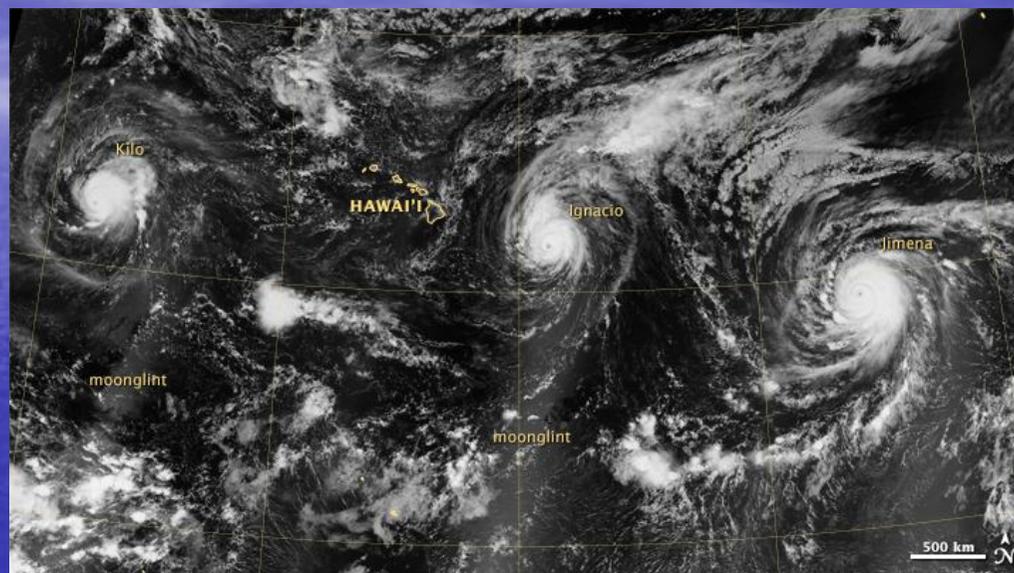


(5 июля 2005 г. MODIS-Aqua, NASA, Earth Observatory)

## ВЗАИМОДЕЙСТВИЕ ВИХРЕЙ В ОКЕАНЕ И АТМОСФЕРЕ

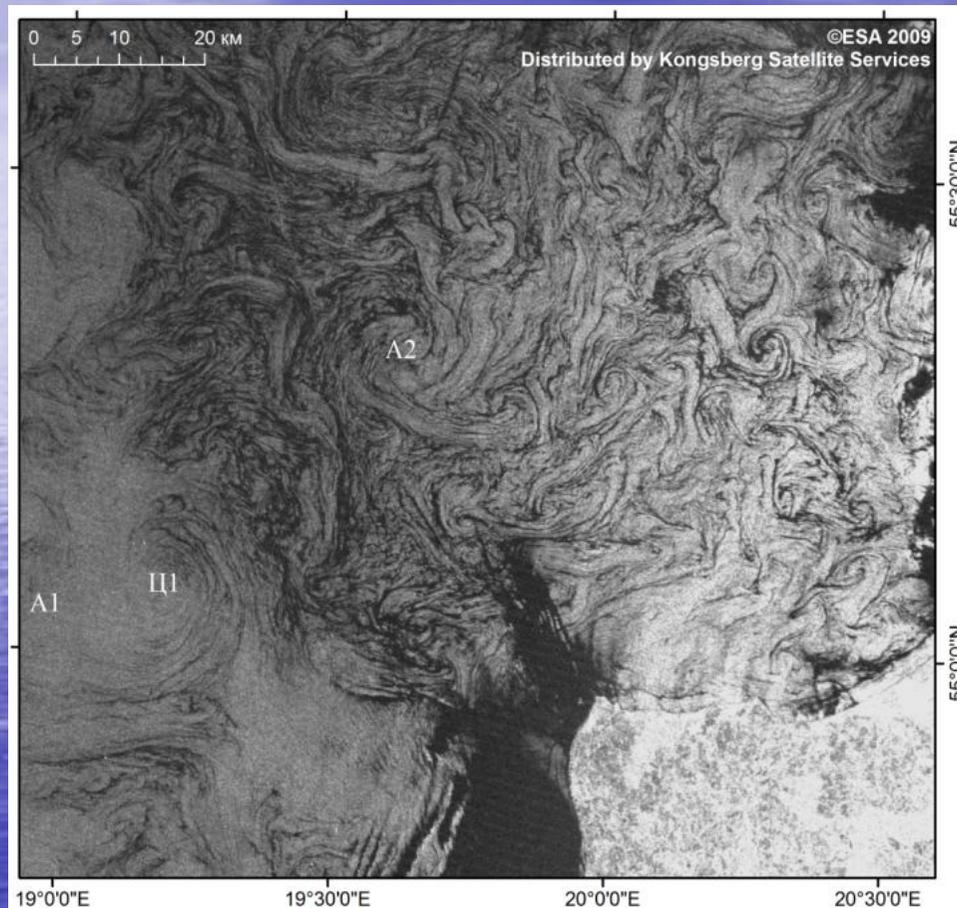


NOAA visible image,  
23.06.1993



VIIRS (Visible Infrared Imaging Radiometer Suite) on the Suomi-NPP satellite ,  
August 29-30, 2015)

Диапазон размеров вихрей ( $\approx 2-30$  км) соответствует **субмезомасштабным** и **мезомасштабным** вихрям (меньше или больше  $Rd$  соответственно)



Бароклинный радиус деформации Россби:

$Rd = 10$  км (Horstmann, 1983);  
 $Rd = 5-6$  км в районе  
Гданьского залива  
(Osinski et al., 2010)

РЛИ ASAR Envisat, 25.04.2009  
(09:11 GMT)

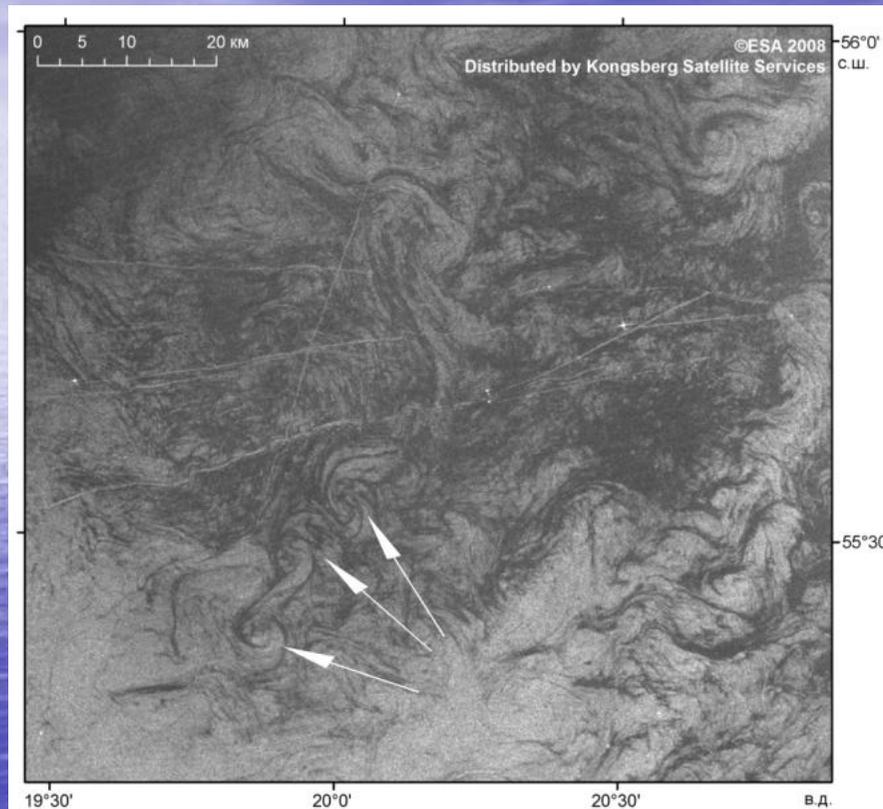


ТАРУСА,  
02.03.2015

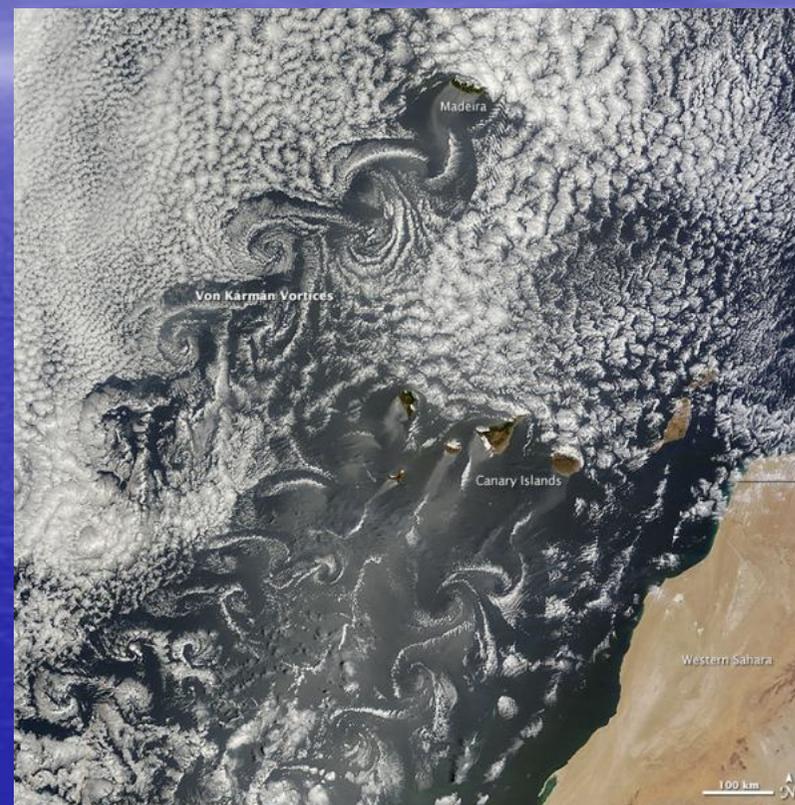
*«Вначале существовал лишь вечный, безграничный, темный Хаос. В нём заключался источник жизни. Все возникло из безграничного Хаоса – весь Мир и бессмертные боги»*

(Кун Н. А. Легенды и мифы Древней Греции. М.: Просвещение, 1975)

# Вихревые дорожки в Юго-Восточной Балтике (слева) и в атмосфере за Канарскими островами

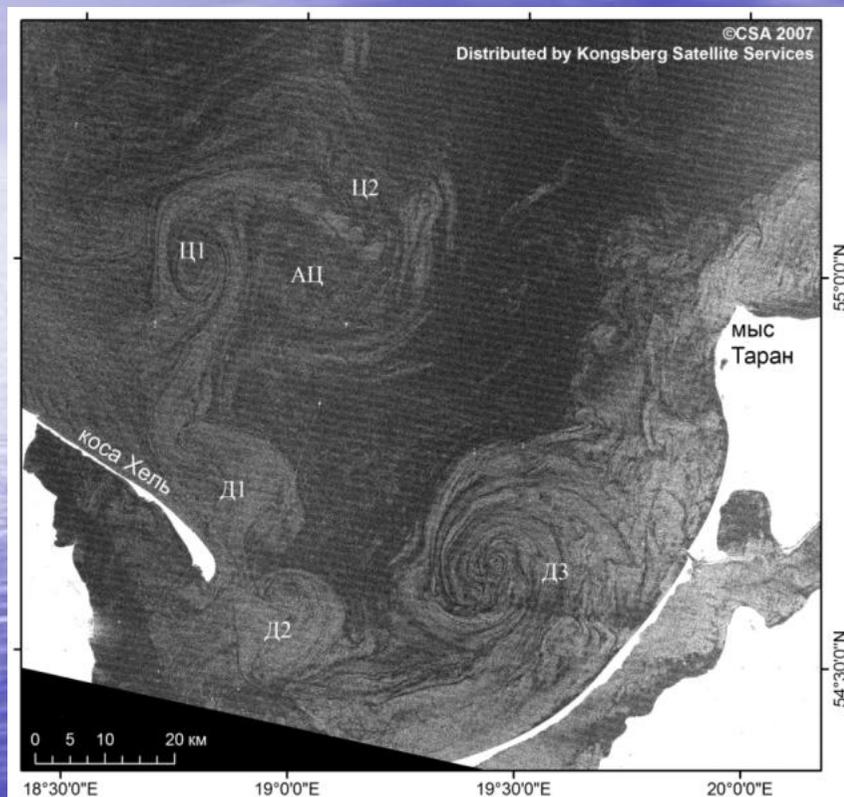


РЛИ ASAR Envisat, 17.05.2008 (20:16 GMT)

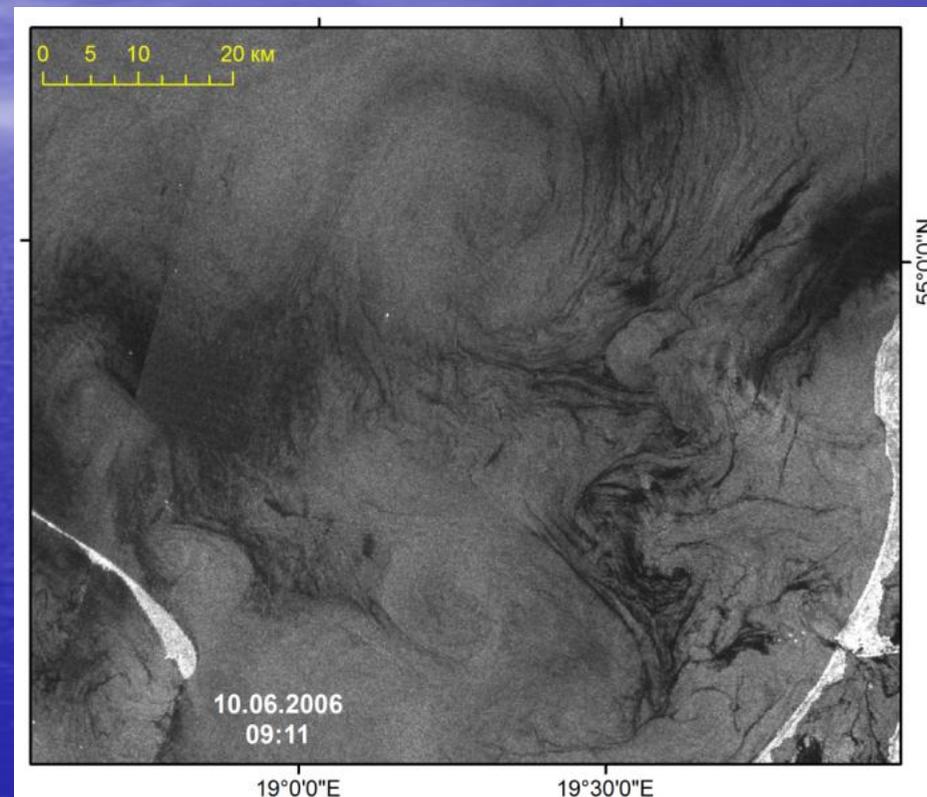


MODIS-Terra, 20.05.2015

## ДИПОЛИ И ТРИПОЛИ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ

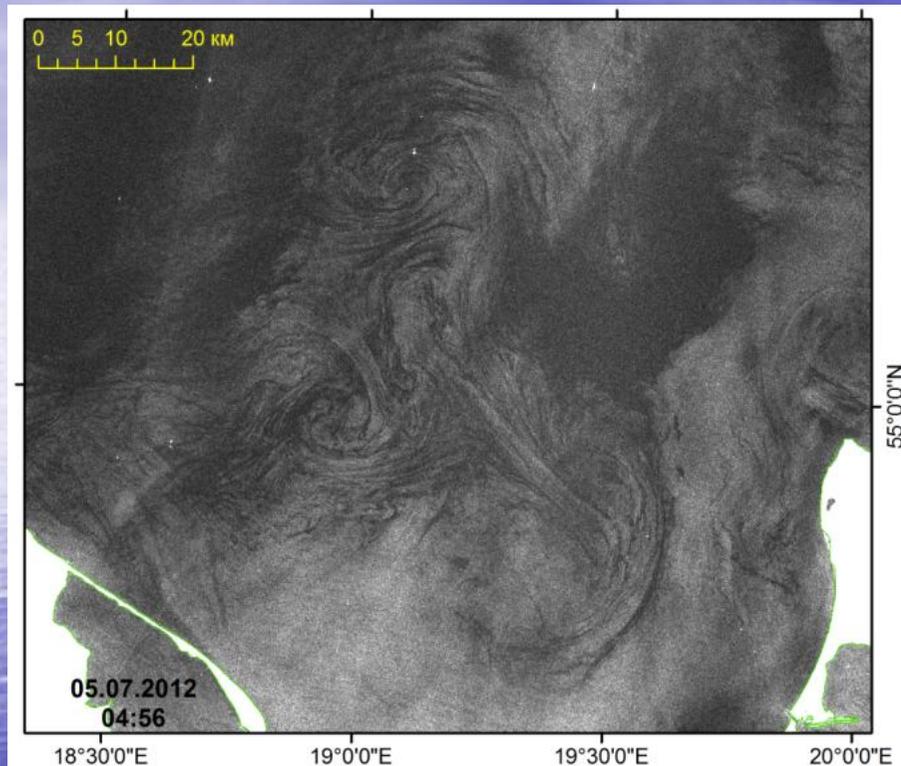


РЛИ SAR Radarsat-1,  
06.08.2007 (04:57 GMT)

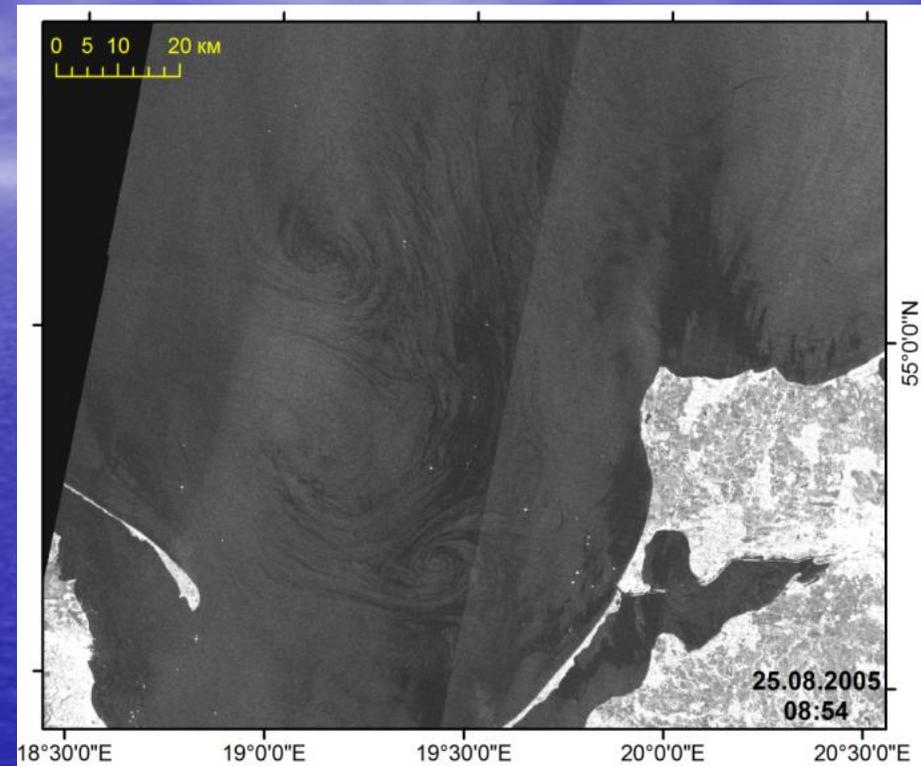


РЛИ SAR Radarsat-1,  
10.06.2006 (09:11 GMT)

## ДИПОЛИ И ТРИПОЛИ В ЮГО-ВОСТОЧНОЙ БАЛТИКЕ

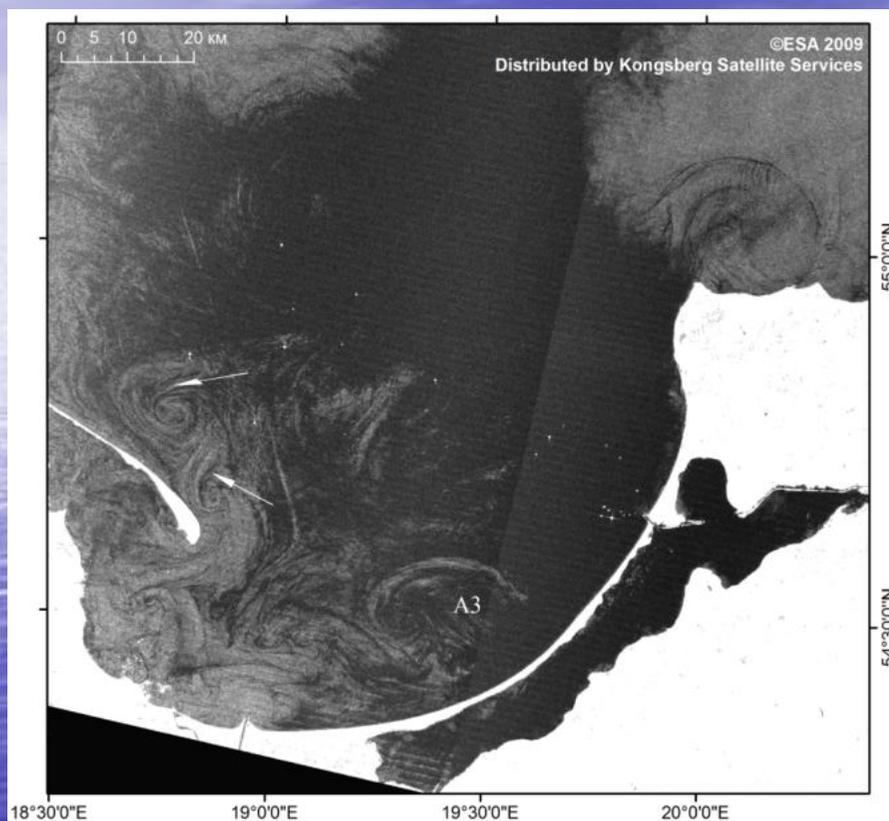


РЛИ SAR Radarsat-2,  
05.07.2012 (04:56)

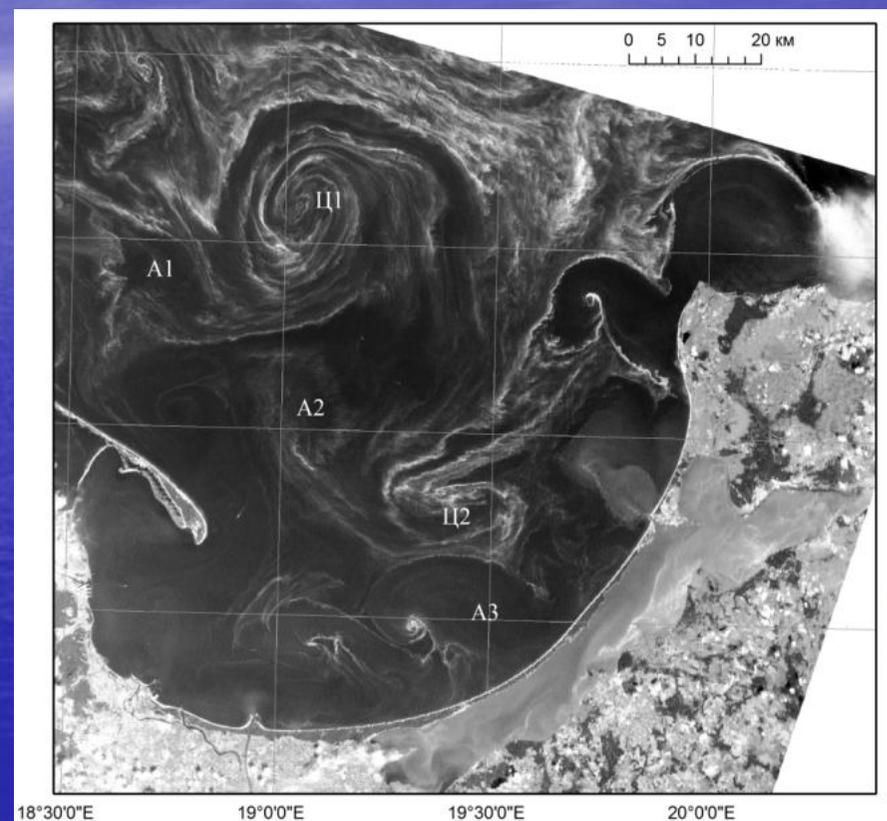


РЛИ SAR Envisat,  
25.08.2005 (08:54)

## Вихревая картина на квазисинхронных РЛИ и оптическом изображениях

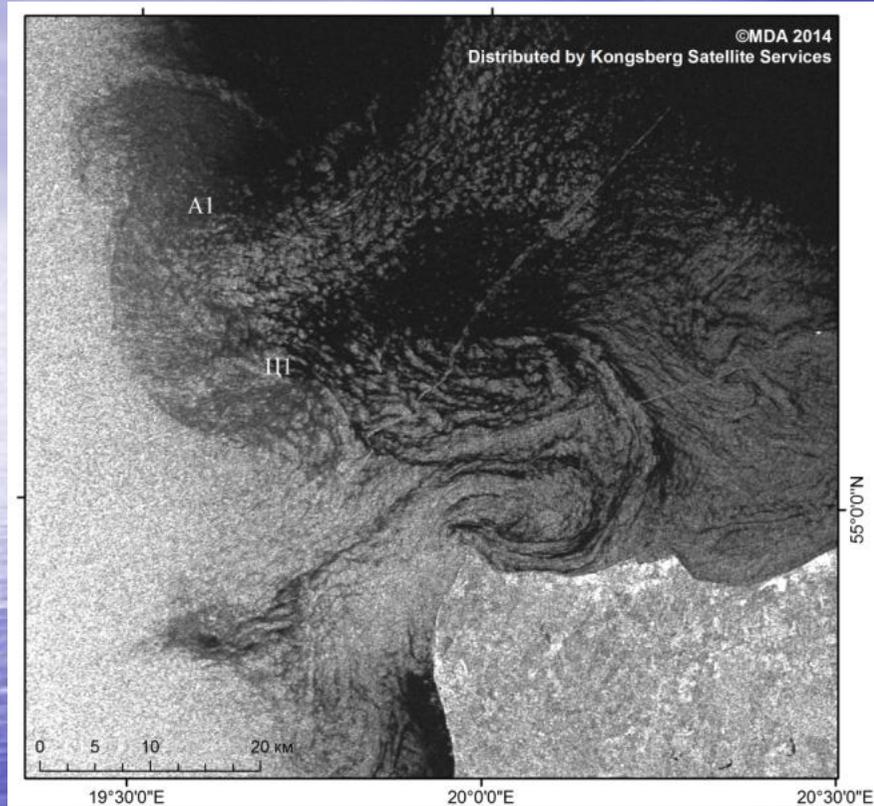


РЛИ ASAR Envisat,  
17.07.2009 (09:03 GMT)

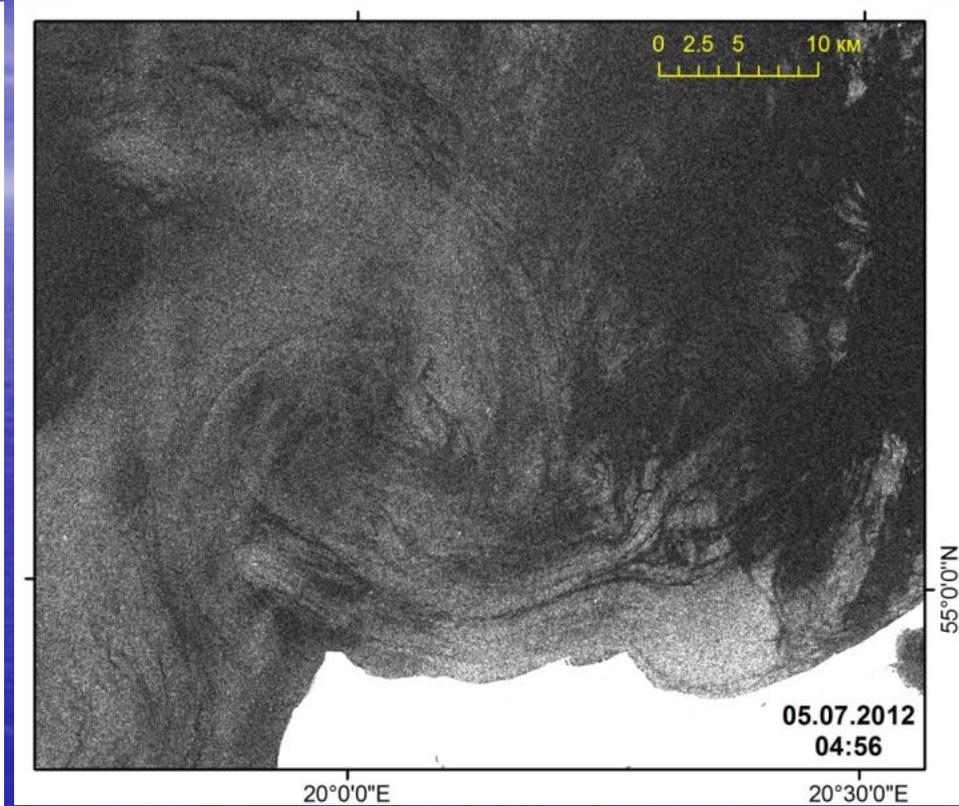


ETM+ Landsat-7,  
17.07.2009 (09:33 GMT)

## ВИХРИ/ДИПОЛИ У МЫСА ТАРАН



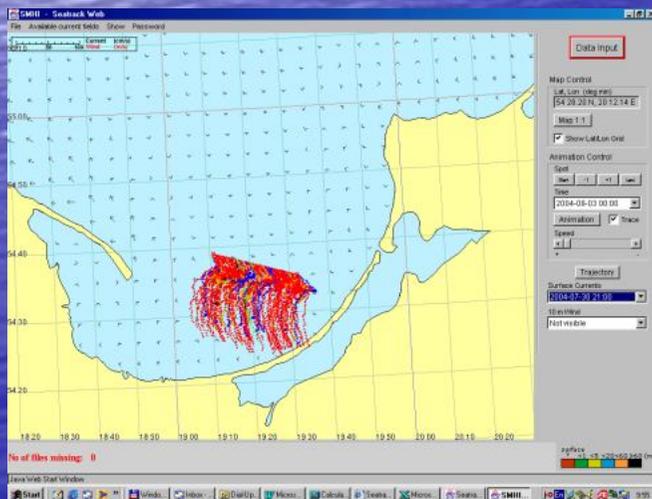
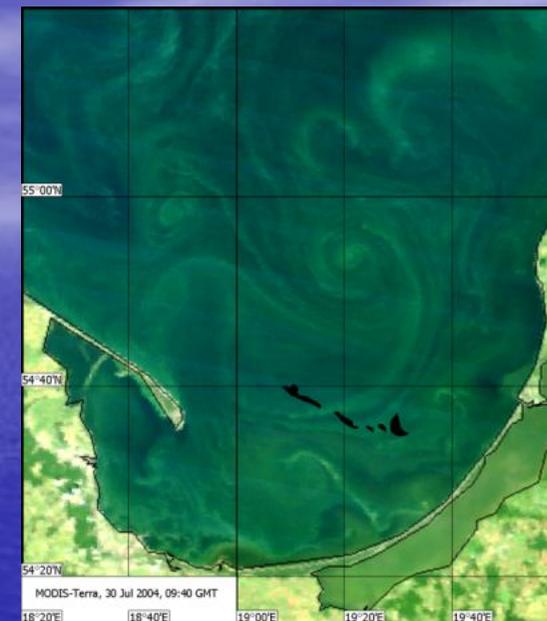
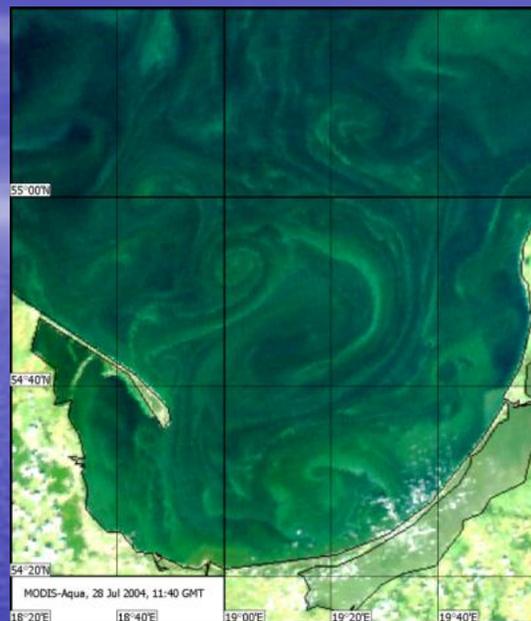
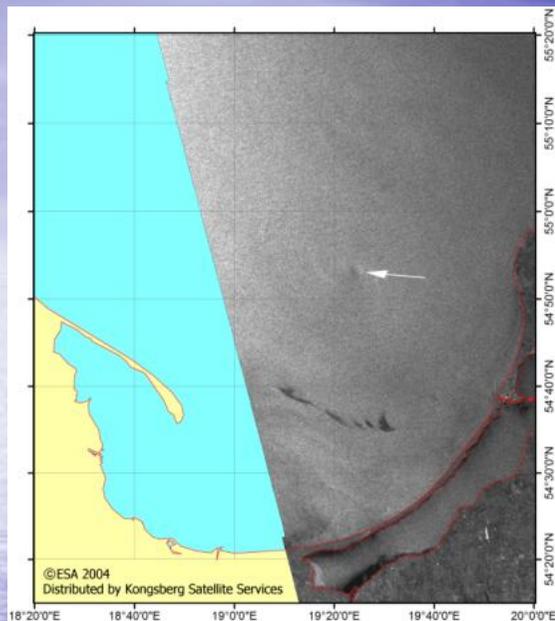
РЛИ SAR Radarsat-2, 09.08.2014  
(16:10 GMT)



РЛИ SAR Radarsat-1, 05.07.2012  
(04:56 GMT)

*Антициклон у м. Таран – см. Гурова Е.С. (Вестник БФУ им. И. Канта. 2012)*

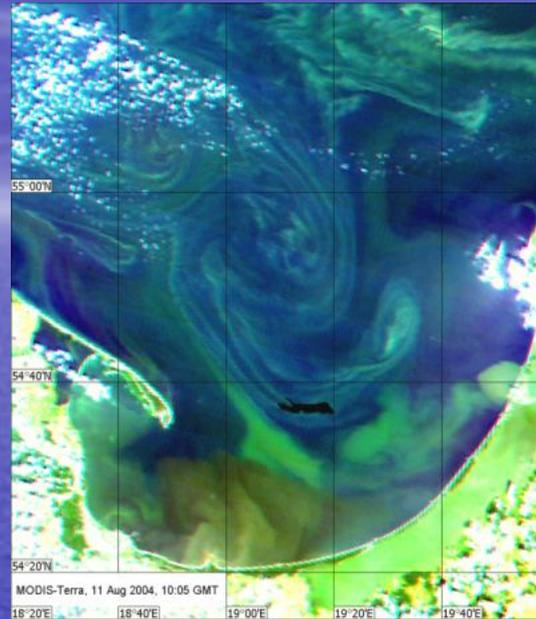
# РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЯТЕН НЕФТЕПРОДУКТОВ



*РЛИ ASAR Envisat, 30.07.2004, 20:08 GMT ,  
MODIS-Aqua, 28.07.2004, 11:40 GMT и  
MODIS-Terra 30.07.2004, 09:40 GMT*

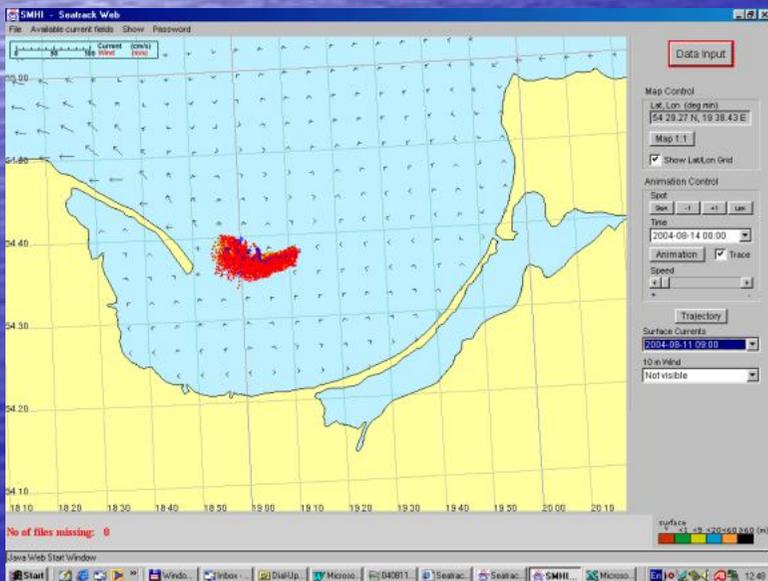
*Траектория дрейфа цепочки нефтяных пятен  
по результатам численного моделирования  
(Seatrack Web) Шведского института  
метеорологии и гидрологии SMHI) с 30 июля по  
3 августа 2004 г.). Ветер северный, 5-6 м/с*

# РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЯТЕН НЕФТЕПРОДУКТОВ



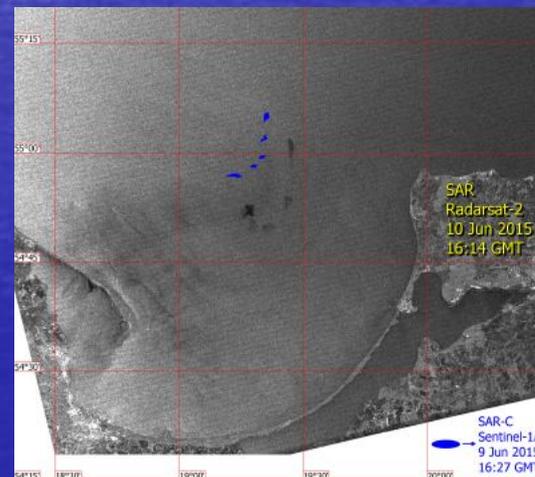
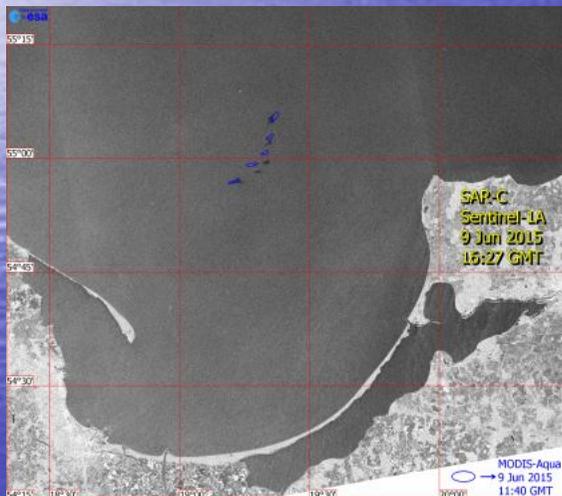
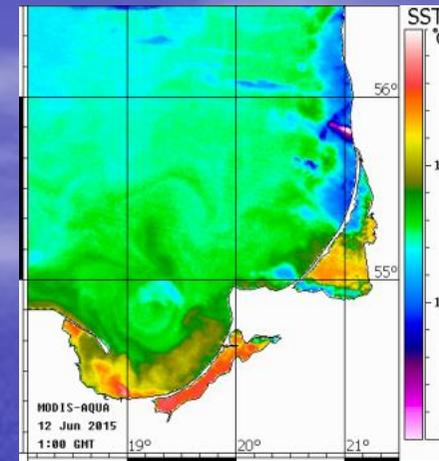
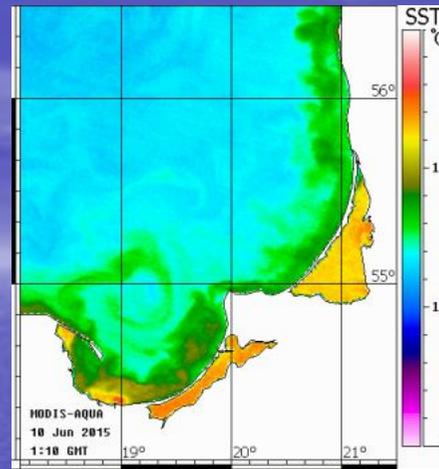
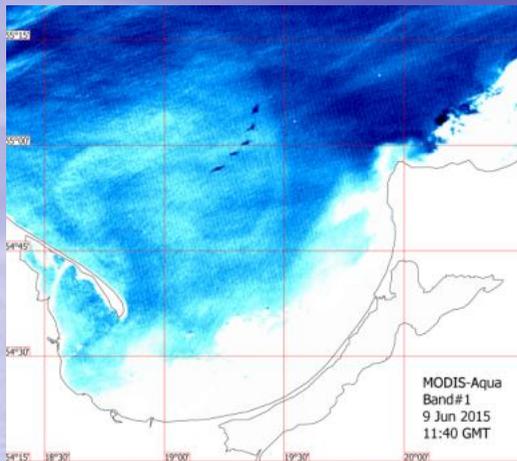
*РЛИ ASAR Envisat, 11.08.2004,  
09:06 GMT (слева) ,  
MODIS-Terra, 11.08.2004,  
10:05 GMT (справа)*

Ветер СВ, 1-2 м/с



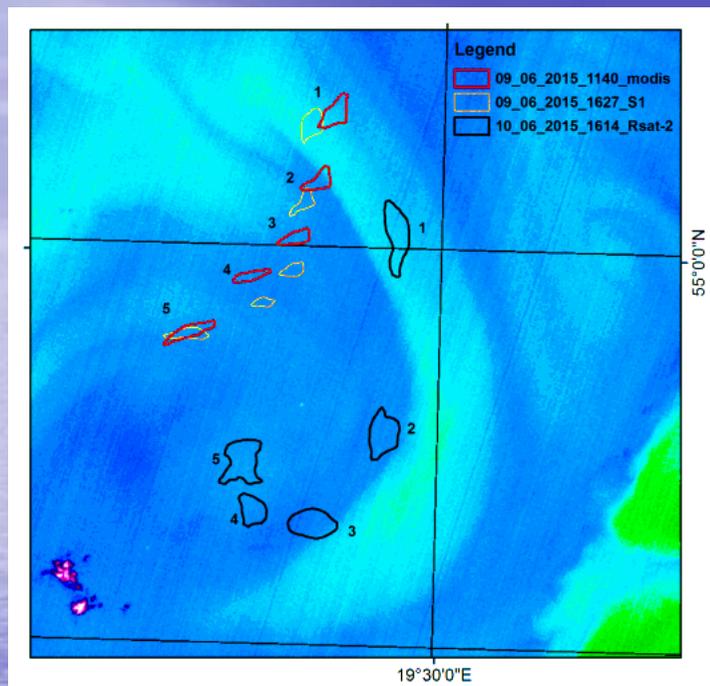
*Численный прогноз дрейфа нефтяного  
пятна с 11 августа (9:06 GMT) по 14 августа  
(00:00 GMT) 2004 г., выполненный на основе  
интерактивной численной модели Seatrack  
Web (SMHI), учитывающей обновляющийся  
каждые 3 часа прогноз поля ветра и ряда  
других метеорологических параметров*

# РАСПРОСТРАНЕНИЕ ПЯТЕН НЕФТЕПРОДУКТОВ



*Верхний ряд:* изображения MODIS-Aqua (09.06.2015, 11:40 GMT, канал 1; 10.06.2015, 01:10 GMT, SST; 12.06.2015, 01:00 GMT, SST)  
*Нижний ряд:* РЛИ SAR-C Sentinel-1A (09.06.2015, 16:27 GMT) и SAR Radarsat-2 (10.06.2015, 16:14 GMT)

# РАСЧЕТ СКОРОСТЕЙ ПЕРЕМЕЩЕНИЯ ПЯТЕН НЕФТЕПРОДУКТОВ



Фрагмент ИК-изображения  
Landsat-8 TIRS 08.06.2015, 09:42 GMT

Серия **1** - MODIS (09\_06\_2015\_11:40)→Sentinel-1 (09\_06\_2015\_16:27)

Серия **2** - Sentinel-1 (09\_06\_2015\_16:27) →Radarsat-2 (10\_06\_2015\_16:14)

№ пятна	Скорость пятна в Серии 1, см/с	Скорость пятна в Серии 2, см/с
<b>1</b>	<b>10,5</b>	<b>11,7</b>
<b>2</b>	<b>10,5</b>	<b>20,2</b>
<b>3</b>	<b>12,8</b>	<b>21</b>
<b>4</b>	<b>11</b>	<b>17,3</b>
<b>5</b>	<b>0</b>	<b>11,6</b>

Исследование выполнено за счет грантов Российского научного фонда.  
Гинзбург А.И., Булычева Е.В. и Соловьев Д.М. занимались исследованием  
вихревой динамики в рамках и при финансовой поддержке проекта РНФ  
№ 14-50-00095. Костяной А.Г. занимался исследованием распространения  
нефтяных загрязнений в рамках и при финансовой поддержке проекта РНФ  
№ 14-17-00555.

**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ !**