

# Зоны экологического риска в Балтийском море: спутниковые наблюдения и натурные измерения

*Лаврова О.Ю.<sup>1</sup>, Митягина М.И.<sup>1</sup>,  
Костяной А.Г.<sup>2,3</sup>*

*<sup>1</sup>Институт космических исследований РАН*

*<sup>2</sup>Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН*

*<sup>3</sup>Московский университет им. С.Ю. Витте*

**[olavrova@iki.rssi.ru](mailto:olavrova@iki.rssi.ru)**



## Выявление зон экологического риска базировалось на результатах следующих исследований:

- **Выявление и распознавание различных типов антропогенных и биогенных загрязнений.**
- **Выявление зон пространственной локализации поверхностных загрязнений пленками нефтеуглеводородов.**
- **Выявление зон пространственной локализации поверхностных биогенных пленок.**
- **Определение зон интенсивного цветения фитопланктона.**
- **Выявление зон распространения стока реки Висла и вод Калининградского залива в Гданьский залив.**
- **Выявление акваторий с повышенной мутностью**

# Используемые спутниковые данные

- *ERS-1/2 SAR, Envisat ASAR, Radarsat-2, TerraSAR-X, Tandem-X*

Данные были предоставлены космическими агентствами в рамках нескольких научных проектов

- *Sentinel-1 A,B SAR-C*

Данные скачивались в автоматическом режиме в системе See the Sea из открытого архива

<https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

# Используемые спутниковые данные

## ➤ *Landsat-5 TM, Landsat-7 ETM+, Landsat-8 OLI*

Данные скачивались в автоматическом режиме в системе See the Sea из открытого архива <http://glovis.usgs.gov/>

## ➤ *Envisat MERIS/ASAR*

Данные спутника Envisat были предоставлены Европейским космическим агентством в рамках нескольких научных проектов

## ➤ *Terra/Aqua MODIS*

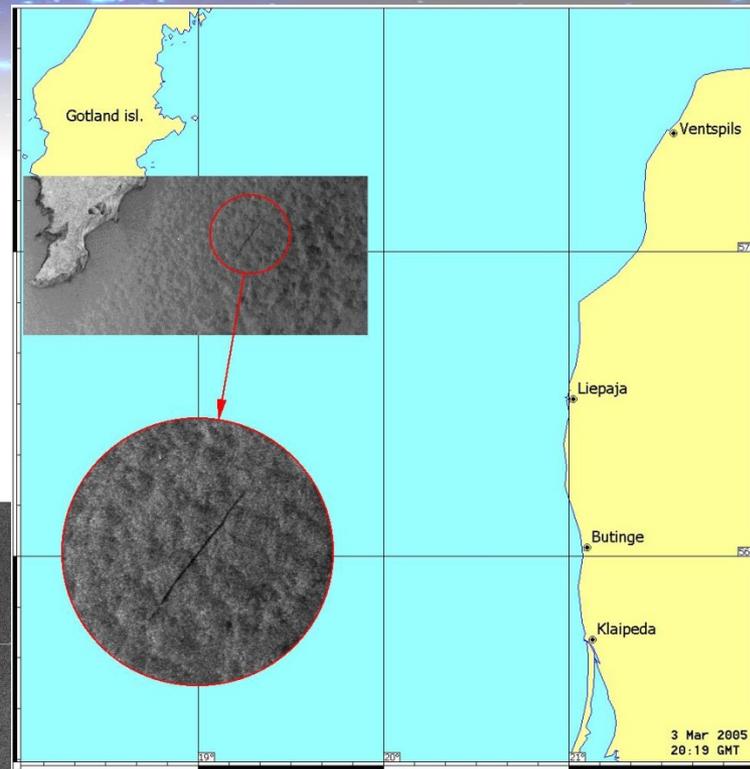
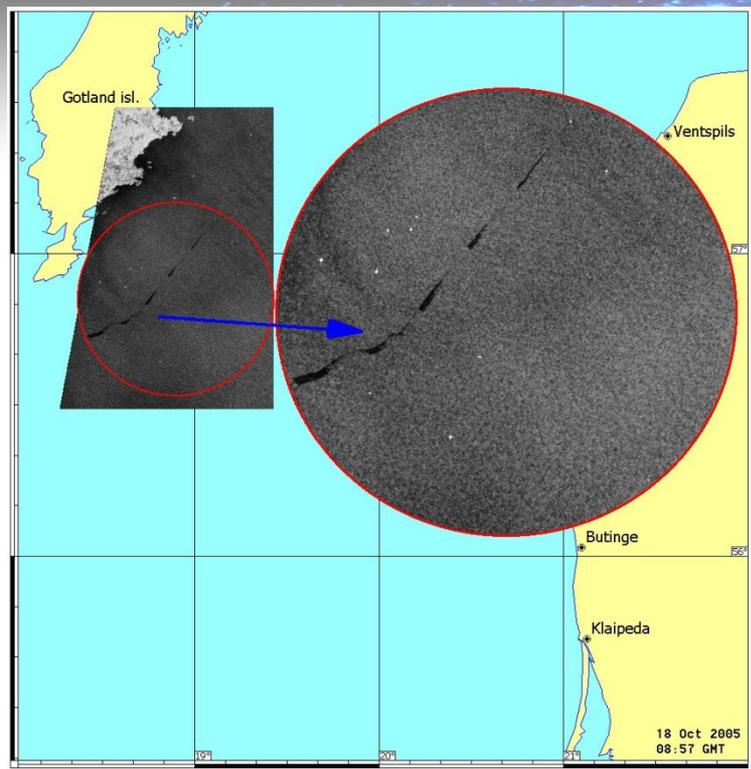
Данные прибора MODIS скачивались в автоматическом режиме в системе See the Sea из открытого архива

<http://oceancolor.gsfc.nasa.gov>

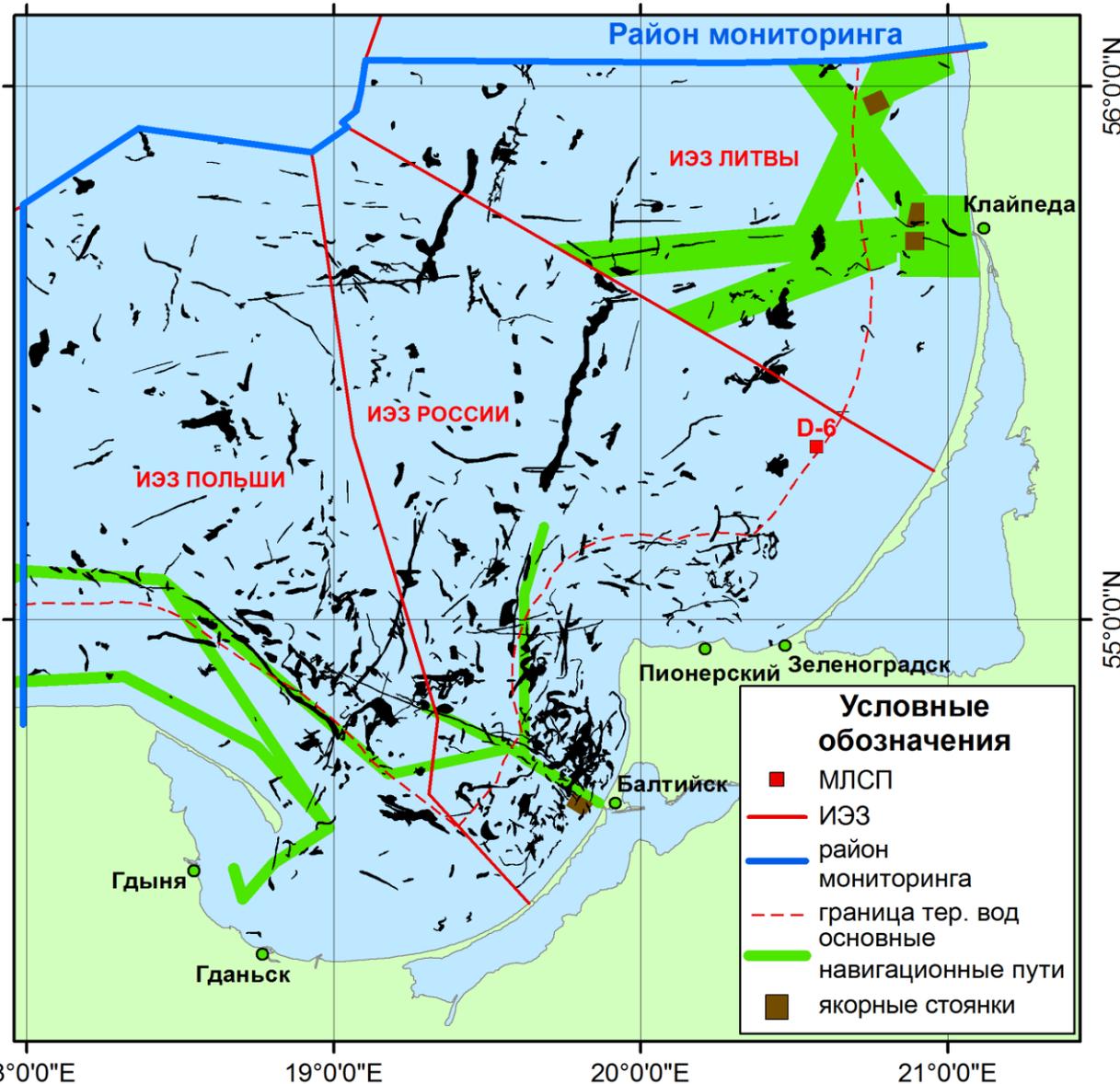
## ➤ *Sentinel-2A MSI*

Данные скачивались в автоматическом режиме в системе See the Sea из открытого архива <https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home>

# Проявления пленок нефтепродуктов на РЛИ

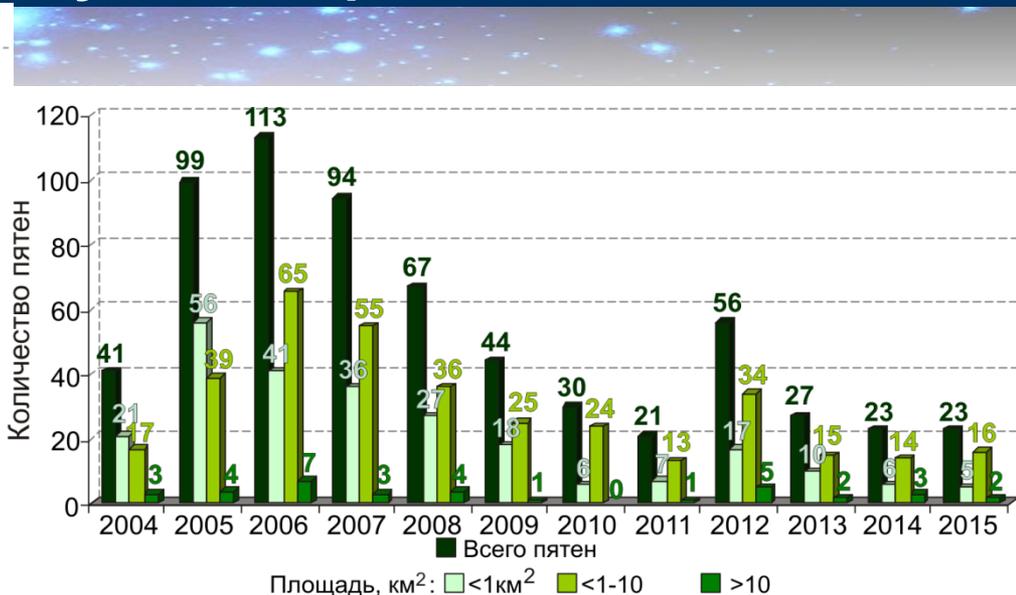
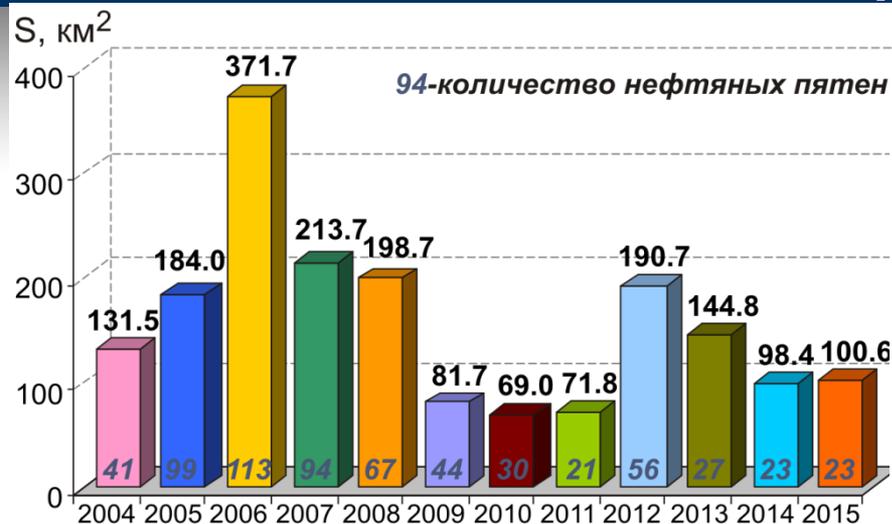


# Юго-восточная Балтика: поверхностные загрязнения пленками нефтеуглеводородов



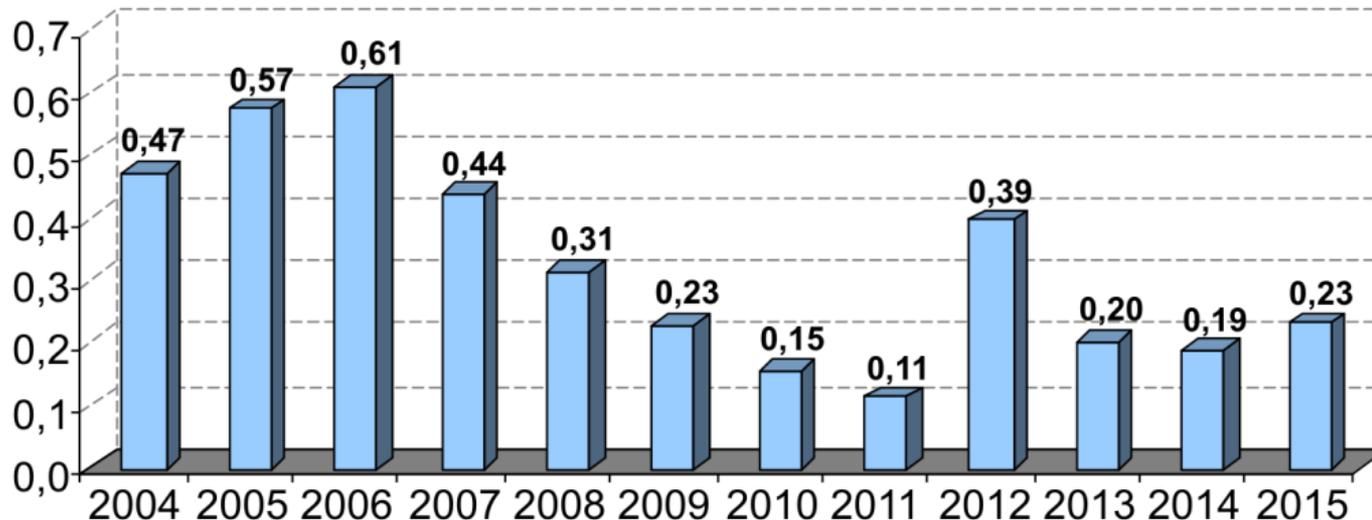
Сводная карта всех нефтяных пятен, обнаруженных на РЛИ в Юго-восточной Балтике в 2004-2015 гг. Представлена реальная форма пятен (Булычева и др., 2016)

# Юго-восточная Балтика: поверхностные загрязнения пленками нефтеуглеводородов



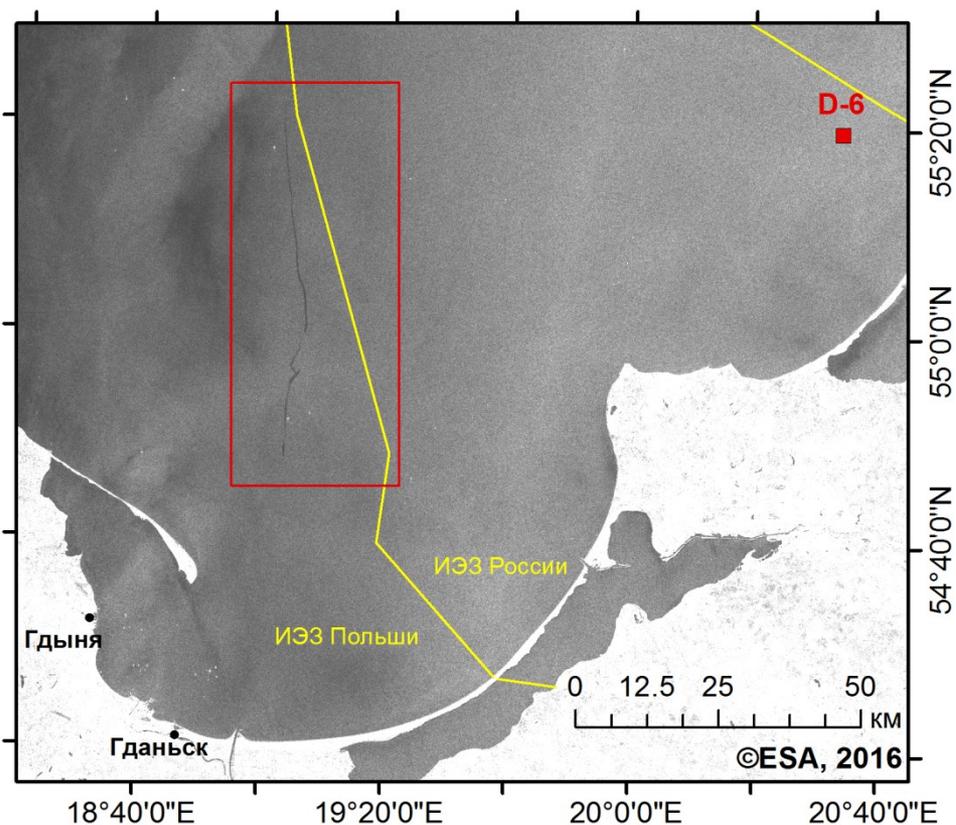
**Межгодовая изменчивость площади нефтяного загрязнения и количества нефтяных пятен (указано в основании столбцов) в 2004-2015 гг.**

**Распределение обнаруженных нефтяных пятен по площади**

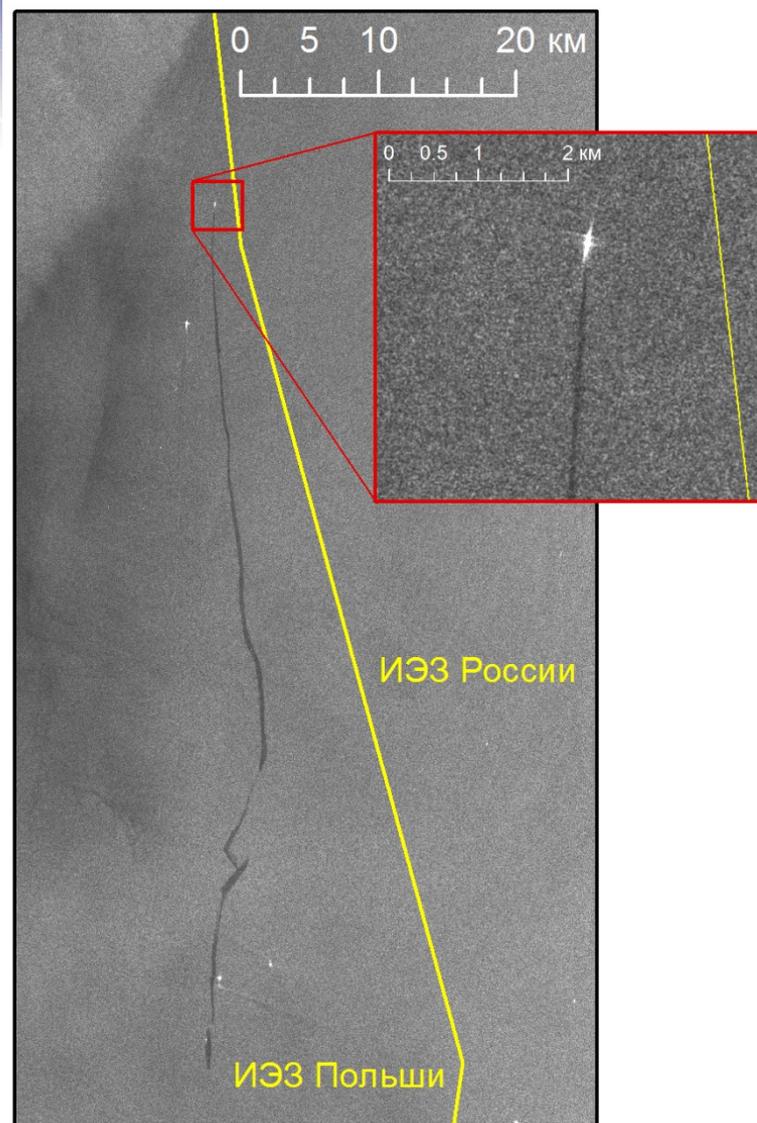


**Межгодовая изменчивость количества нефтяных пятен, нормированное на количество проанализированных РЛИ в 2004-2015 гг.**

# Беспрецедентный случай нефтяного загрязнения морской поверхности с судна в Юго-Восточной Балтике 23 июля 2016 г.

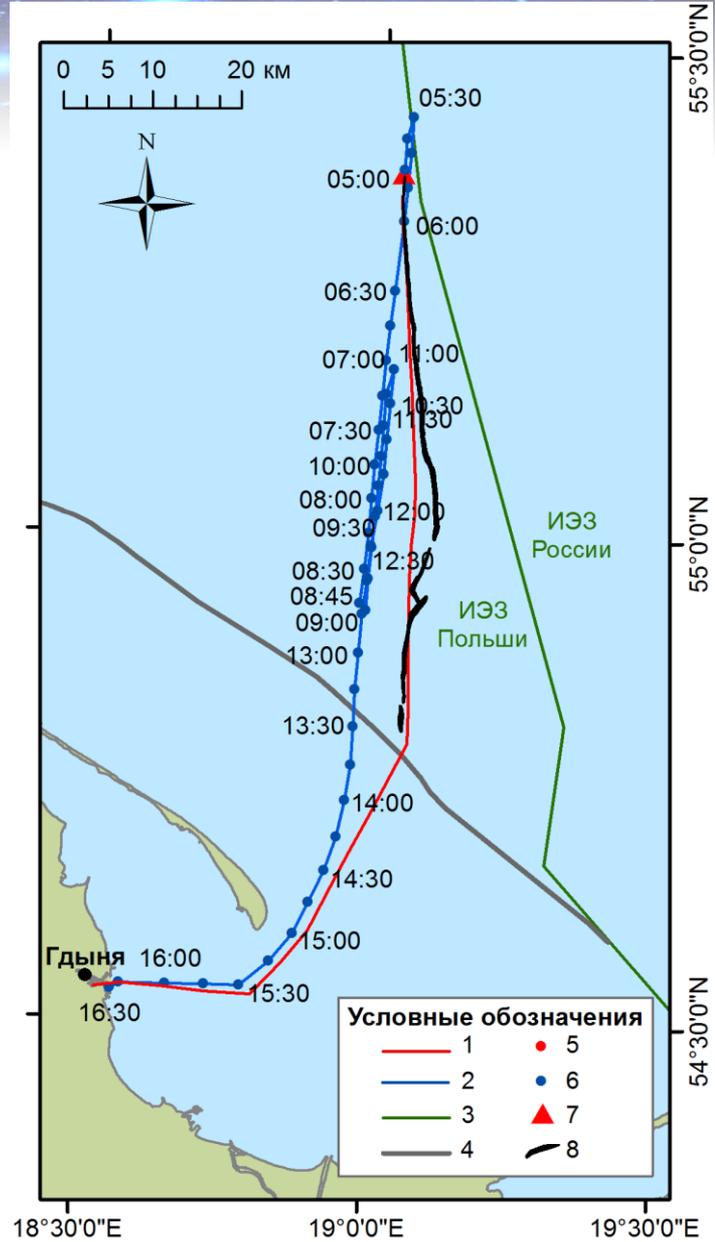
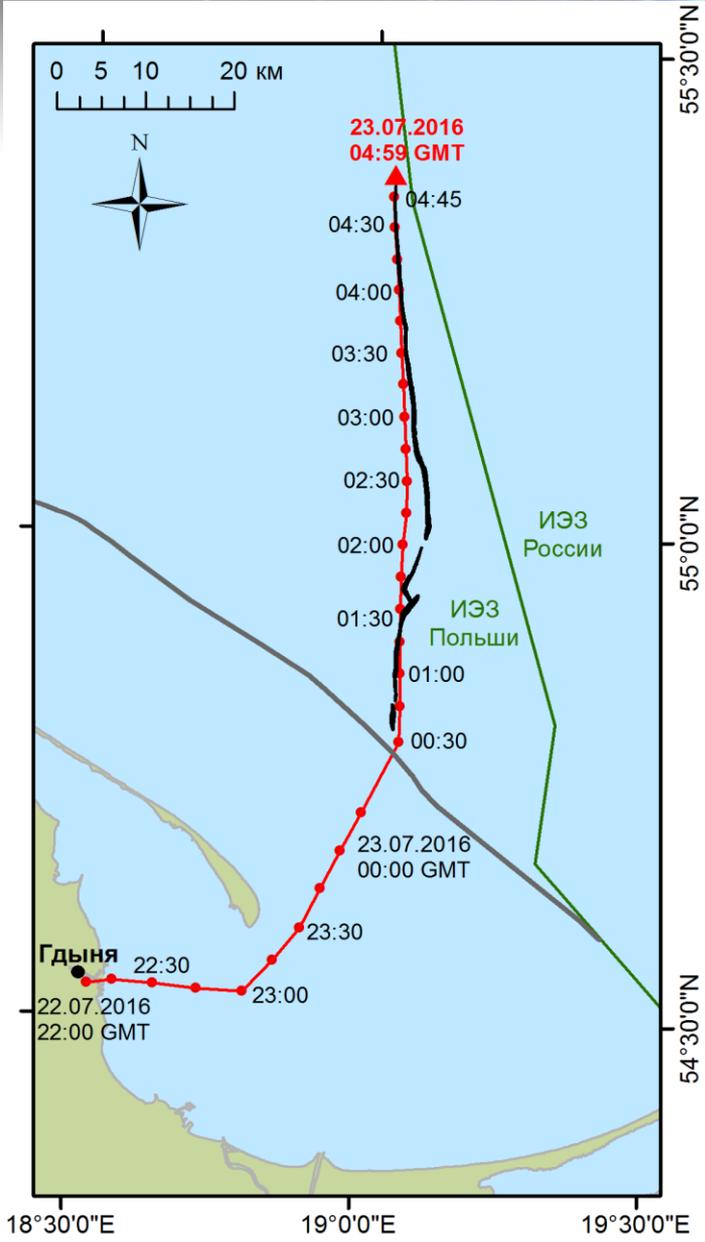


Пятно протяженностью 64,97 км занимало площадь 16,9 км<sup>2</sup>, что примерно оценивается в 17 тонн нефтесодержащих вод. Это одно из самых протяженных пятен, которое было зафиксировано за 12 лет спутникового мониторинга этого района



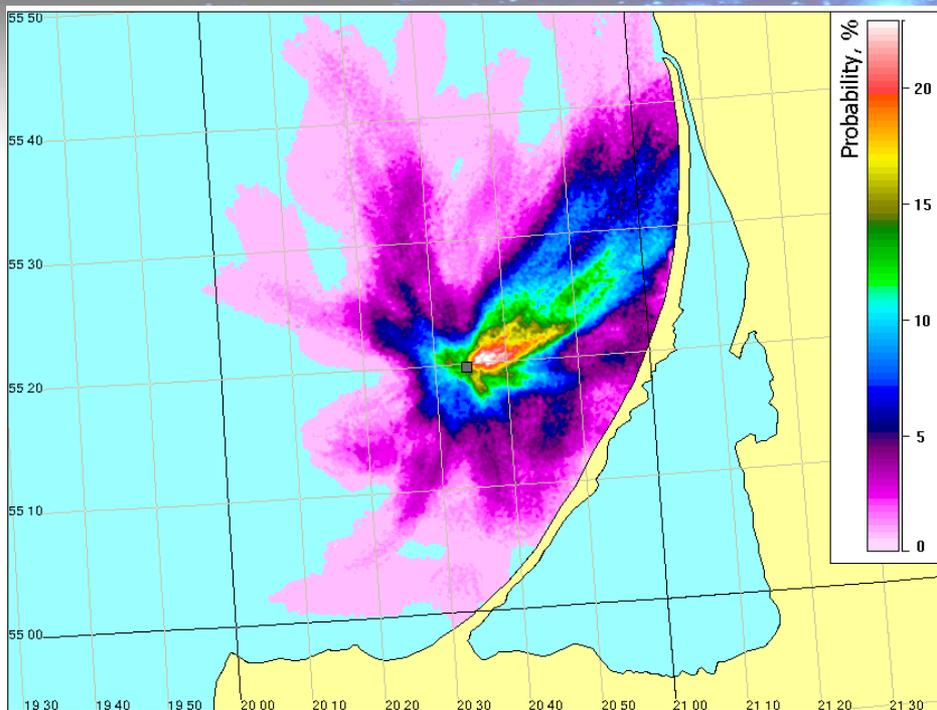
(Костяной и др., 2016)

# Беспрецедентный случай нефтяного загрязнения морской поверхности с судна в Юго-Восточной Балтике 23 июля 2016 г.



Благодаря внедренной в модель Seatrack Web системе AIS удалось достоверно установить, что источником нефтяного загрязнения являлся химовоз «Амарант», шедший под флагом Вануату (oil/chemical tanker "Amaranth")

# Юго-восточная Балтика: поверхностные загрязнения пленками нефтеуглеводородов

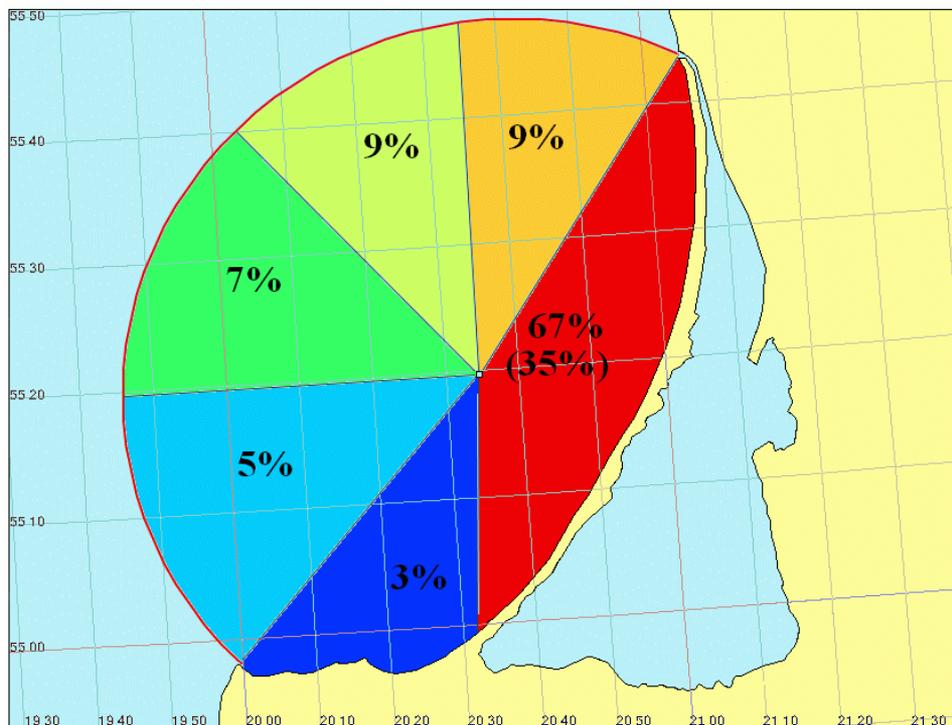


Вероятность распространения (%) в течение 48-и часов потенциального нефтяного загрязнения с платформы D-6

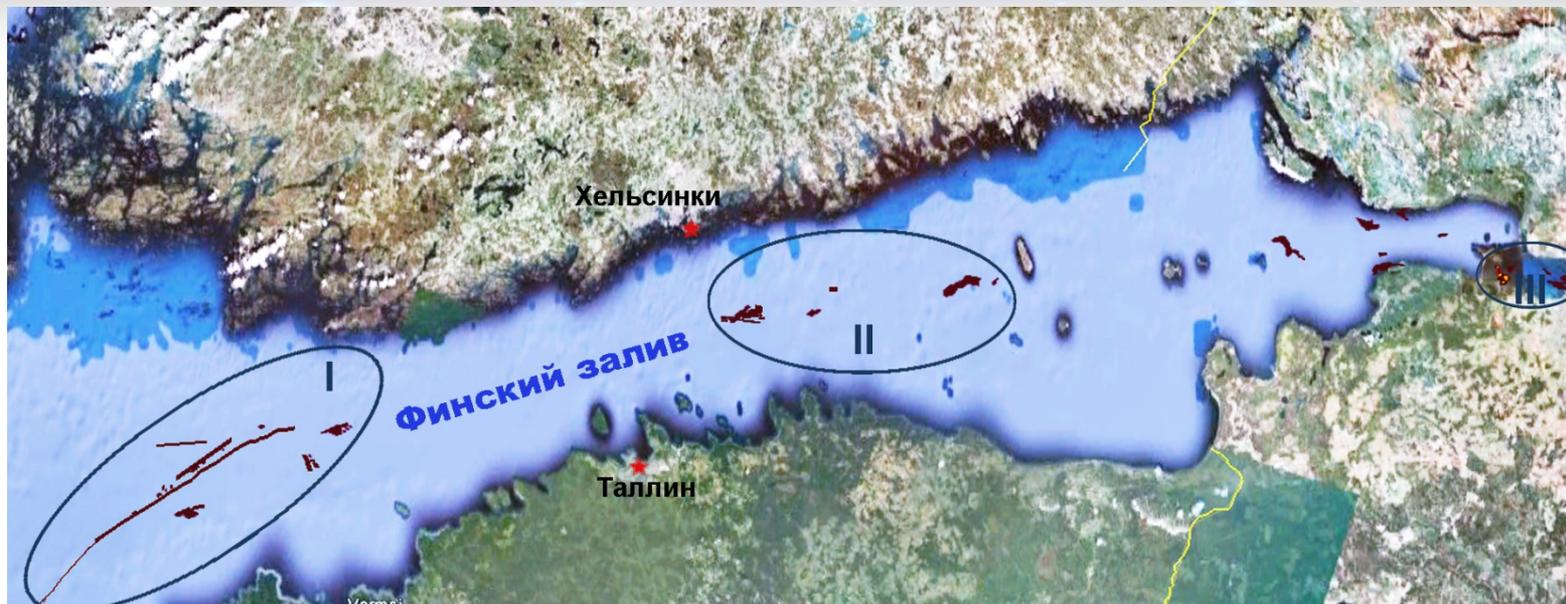
Вероятность распространения в течение 48-и часов потенциального нефтяного загрязнения с платформы D-6 в соответствующих секторах



Платформа D-6



# Финский залив: поверхностные загрязнения пленками нефтеуглеводородов



**Сводная карта нефтяных пятен в Финском заливе Балтийского моря, выявленных на РЛИ в 2009-2012 гг.**

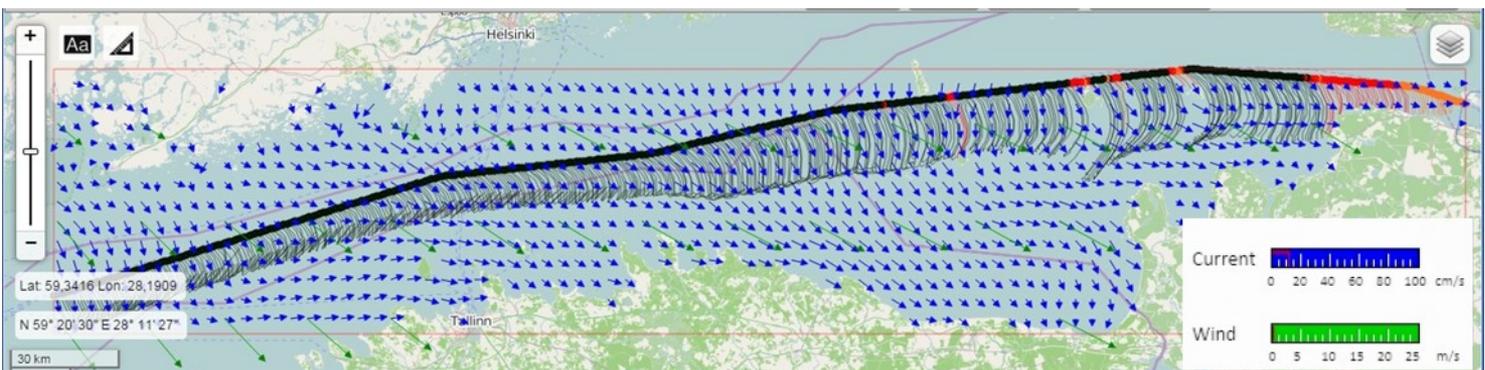
**Районы, подверженные наибольшему загрязнению:**

- I - Участок акватории вблизи входа в Финский залив**
- II - Центральная часть Финского залива, восточнее судоходной трассы Хельсинки – Таллинн**
- III – Невская губа**

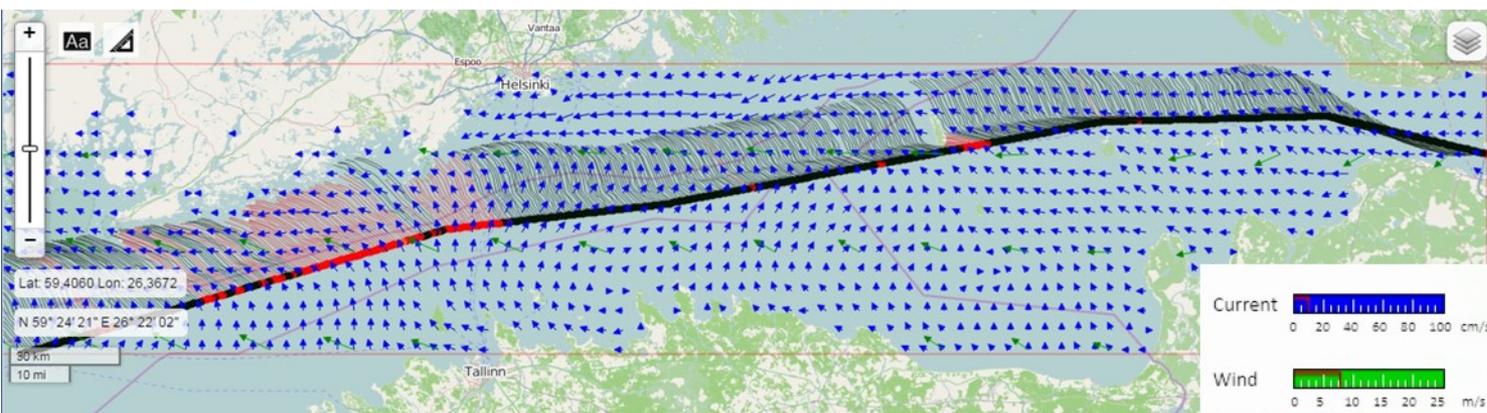
# Финский залив: прогноз распространения пленками нефтепродуктов



*Юго-западный ветер*

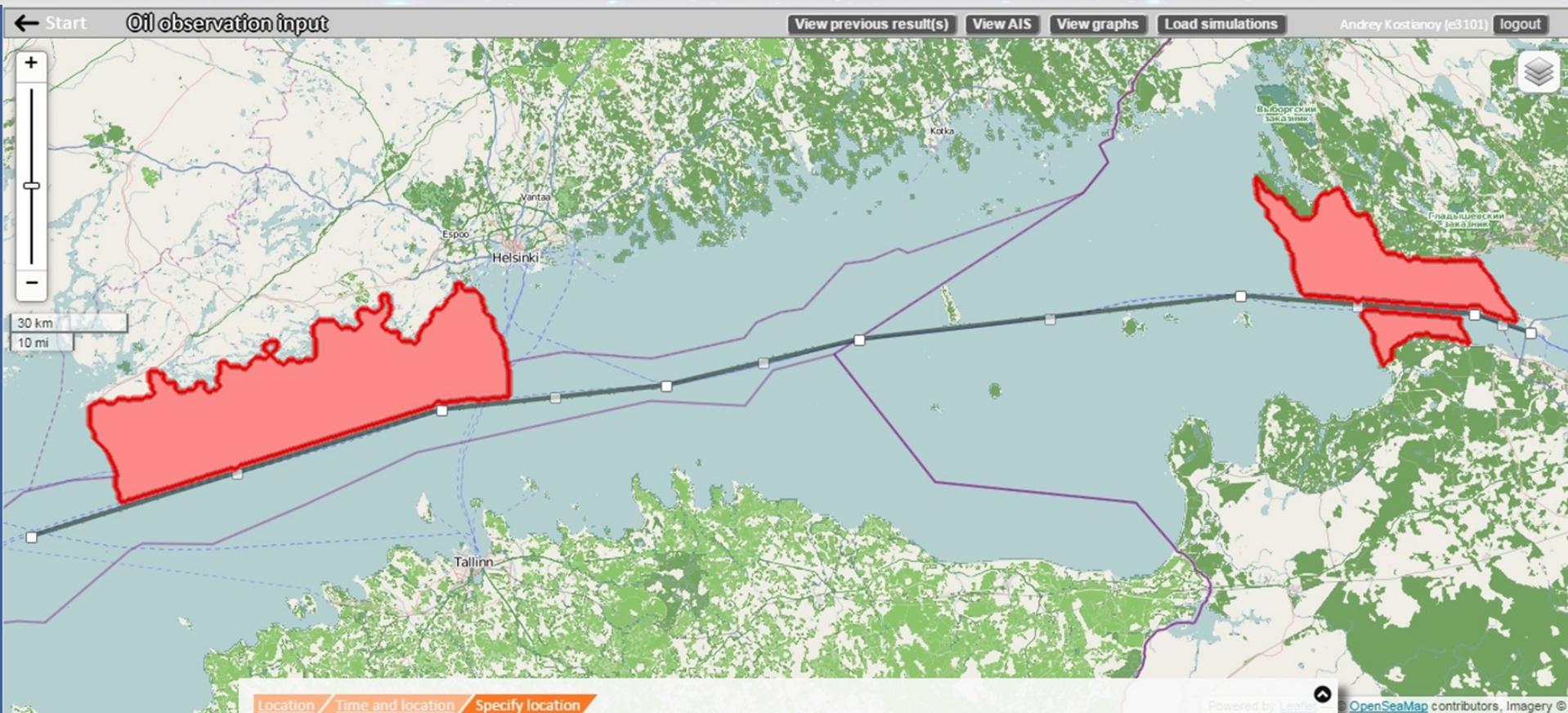


*Северный ветер*



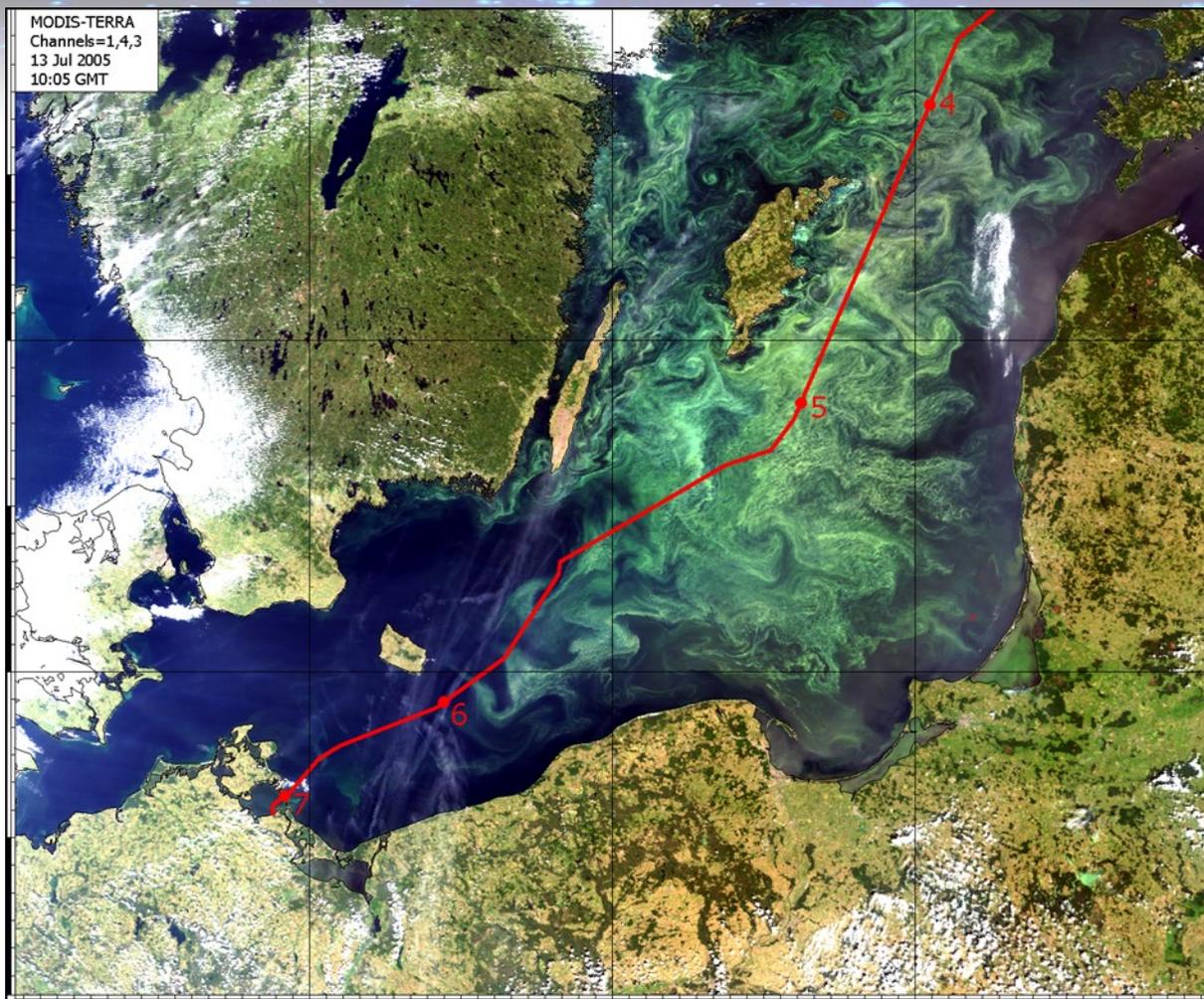
*Юго-восточный ветер*

# Финский залив: прогноз распространения поверхностных загрязнений пленками нефтепродуктов



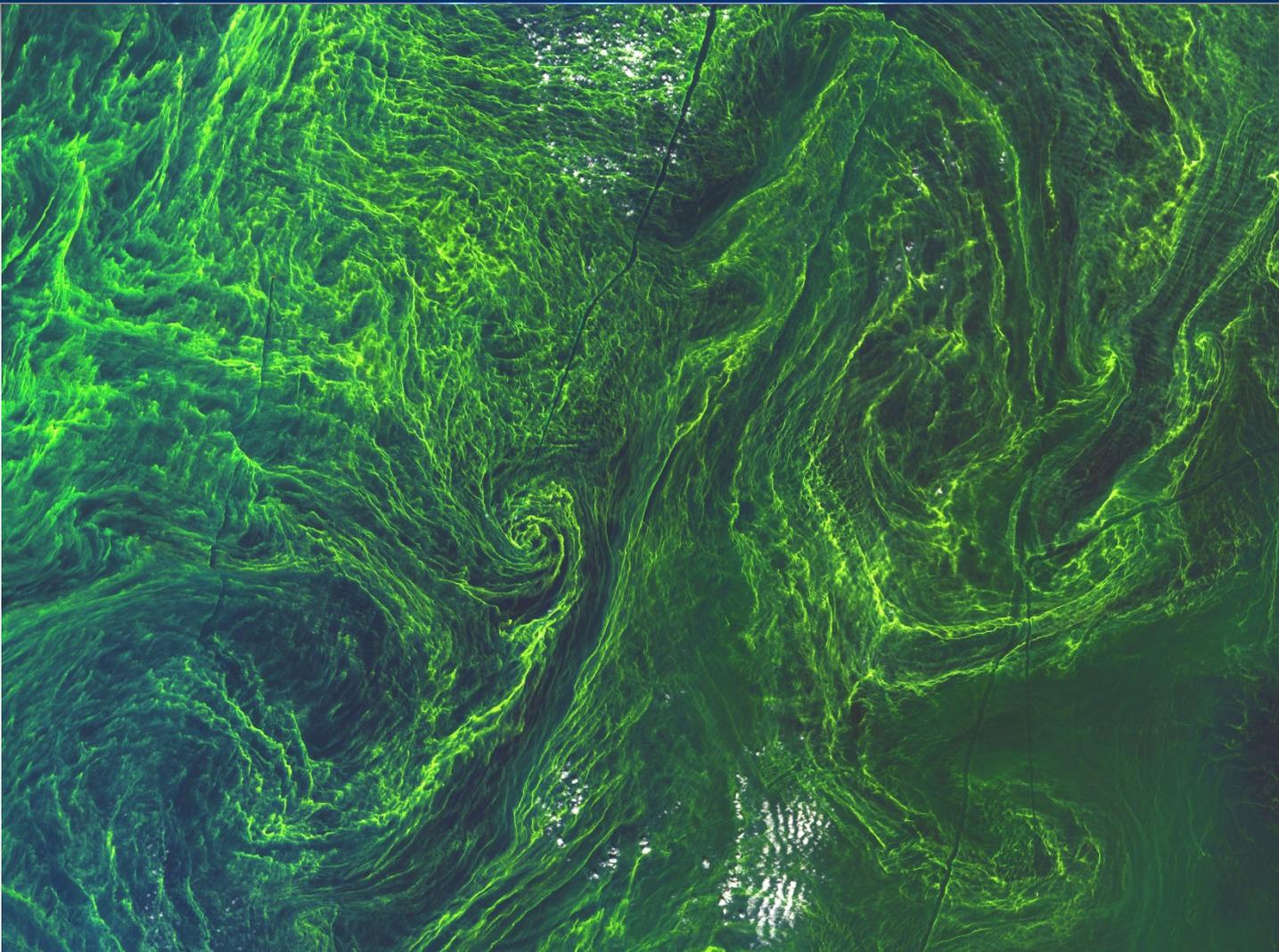
**Зоны экологического риска (красным), выявленные в результате моделирования распространения нефтяных загрязнений, вызванных нелегальным сбросом с судов вдоль судоходной трассы (черная линия) в Финском заливе**

# Определение зон интенсивного цветения фитопланктона



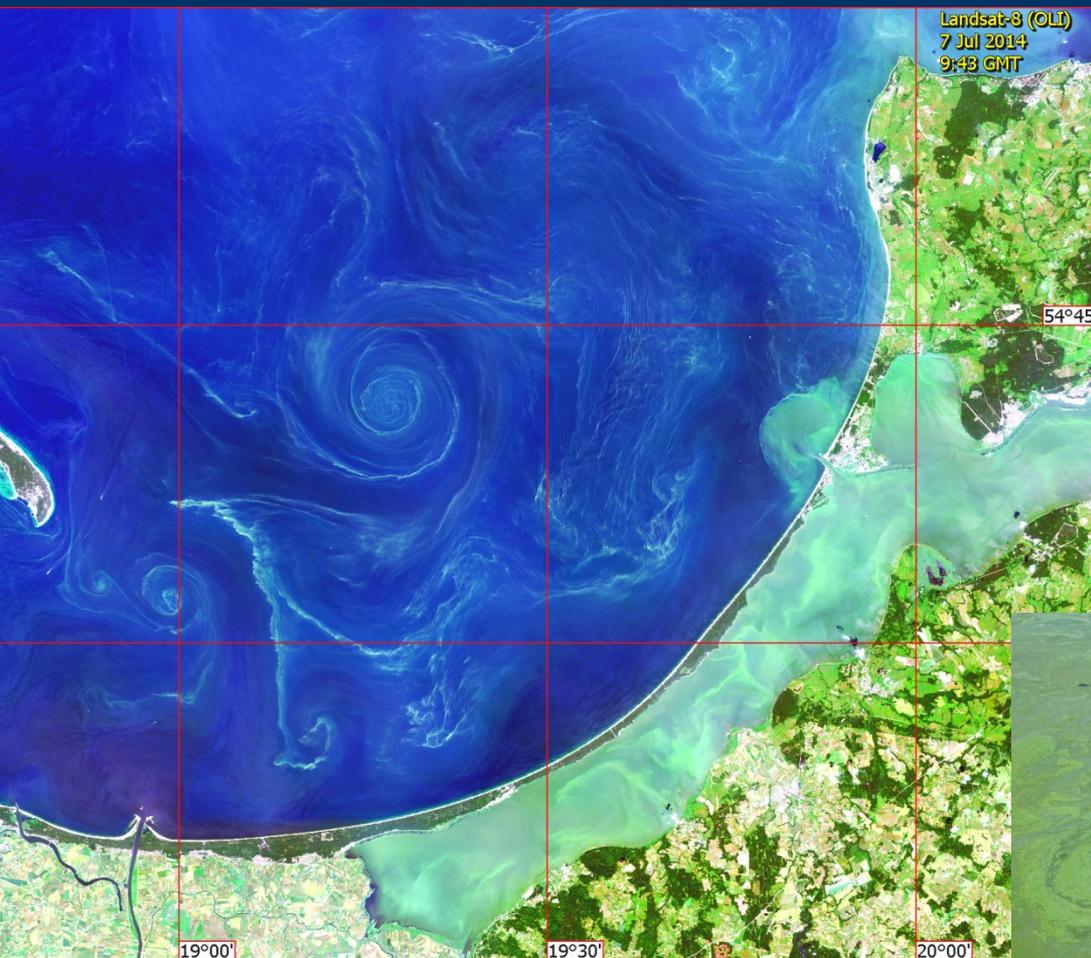
**Оптические характеристики (цветение вод) поверхности южной и центральной Балтики (в псевдоцвете по комбинации каналов 1, 4, 3, разрешение 500 м) по данным MODIS-Terra 13 июля 2005 г.**

# Определение зон интенсивного цветения фитопланктона



**Интенсивное цветение цианобактерий в Балтийском море.  
Фрагмент цветосинтезированного изображения, полученного MSI Sentinel-2A  
7 августа 2015 г. с разрешением 10 м. (©Copernicus Sentinel data (2015)/ESA)**

# Определение зон интенсивного цветения фитопланктона

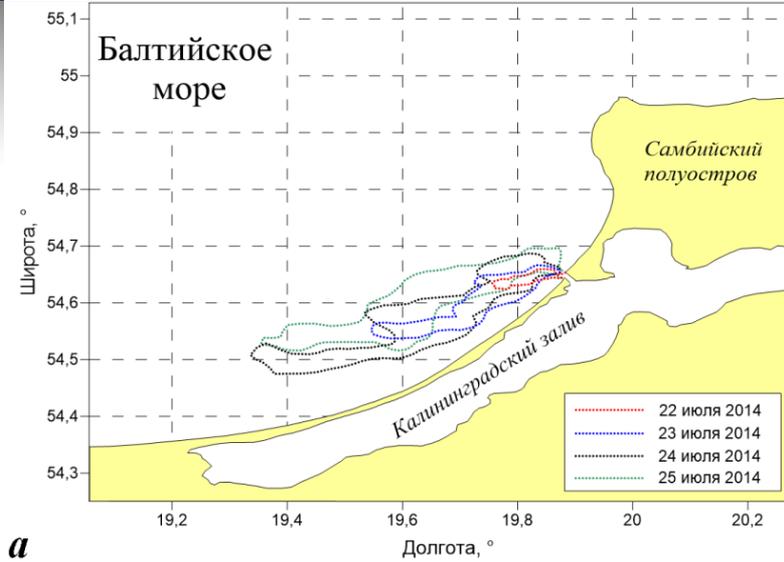


Вихревые структуры в Гданьском заливе, проявляющиеся на цветосинтезированном изображении OLI Landsat-8 (4-3-2 спектральные каналы) от 7 июля 2014 г. за счет рассеяния на гидрозолях – фитопланктоне и взвешенных минеральных частицах

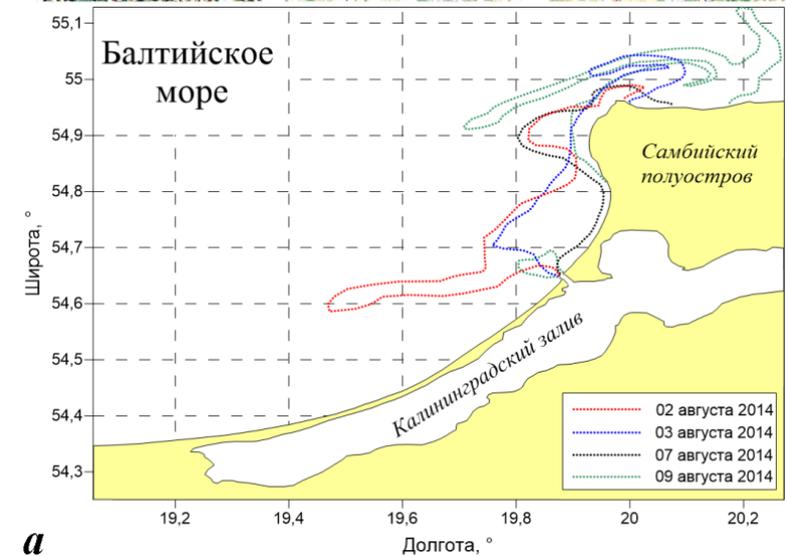
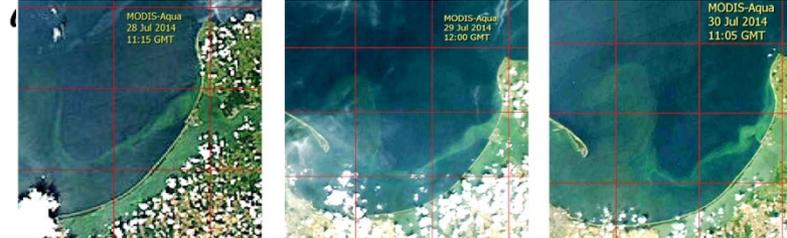
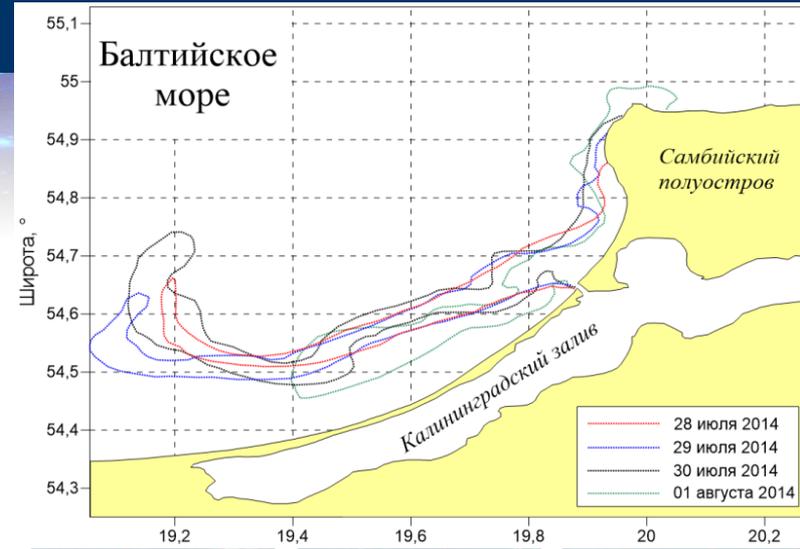
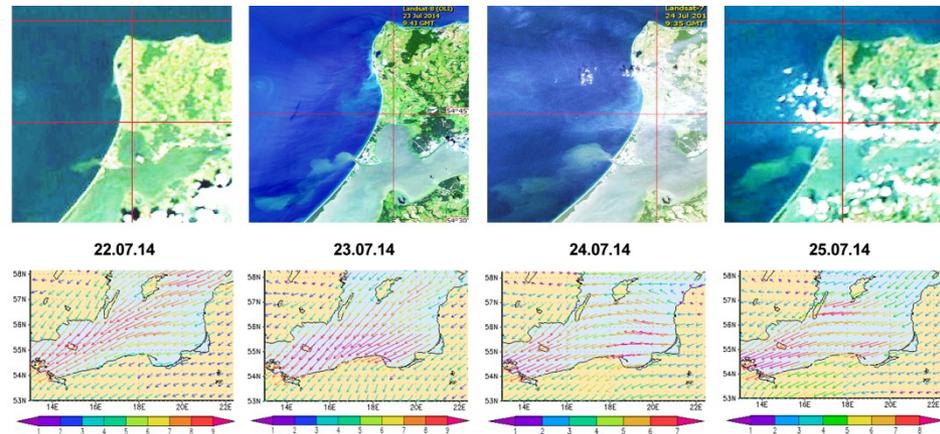


Поверхность воды в Калининградском заливе во время интенсивного цветения цианобактерий, 29 июля 2014 г. (Фотография Лавровой О.Ю.)

# Распространение вод Калининградского залива в Балтийское море



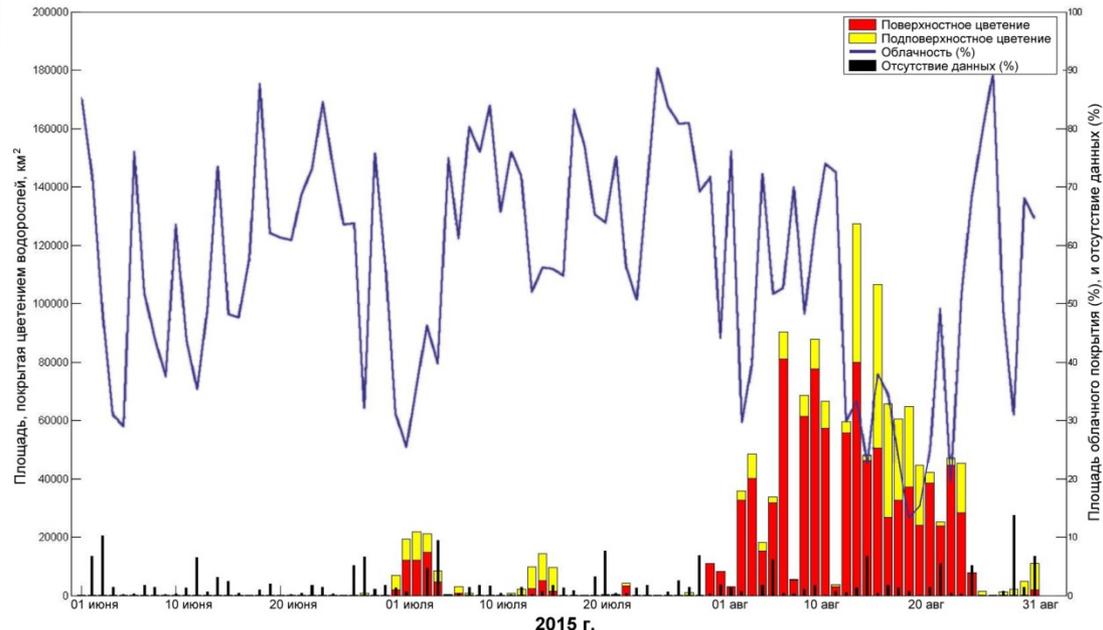
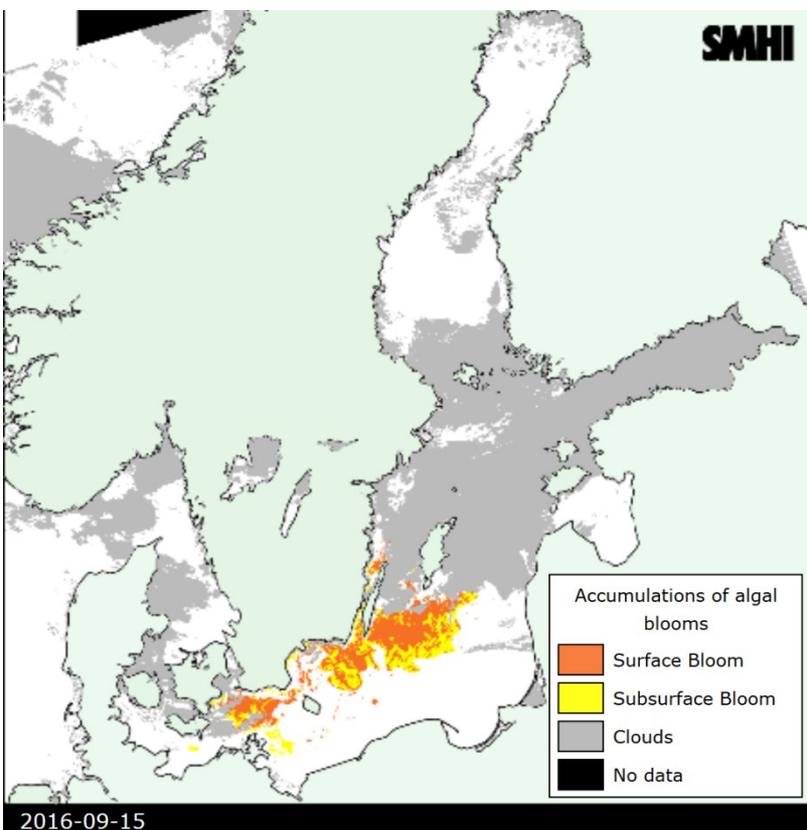
**a**



**a**

**Результаты подспутниковых измерений представлены в докладе К-17**

# Определение зон интенсивного цветения фитопланктона по данным сканеров цвета

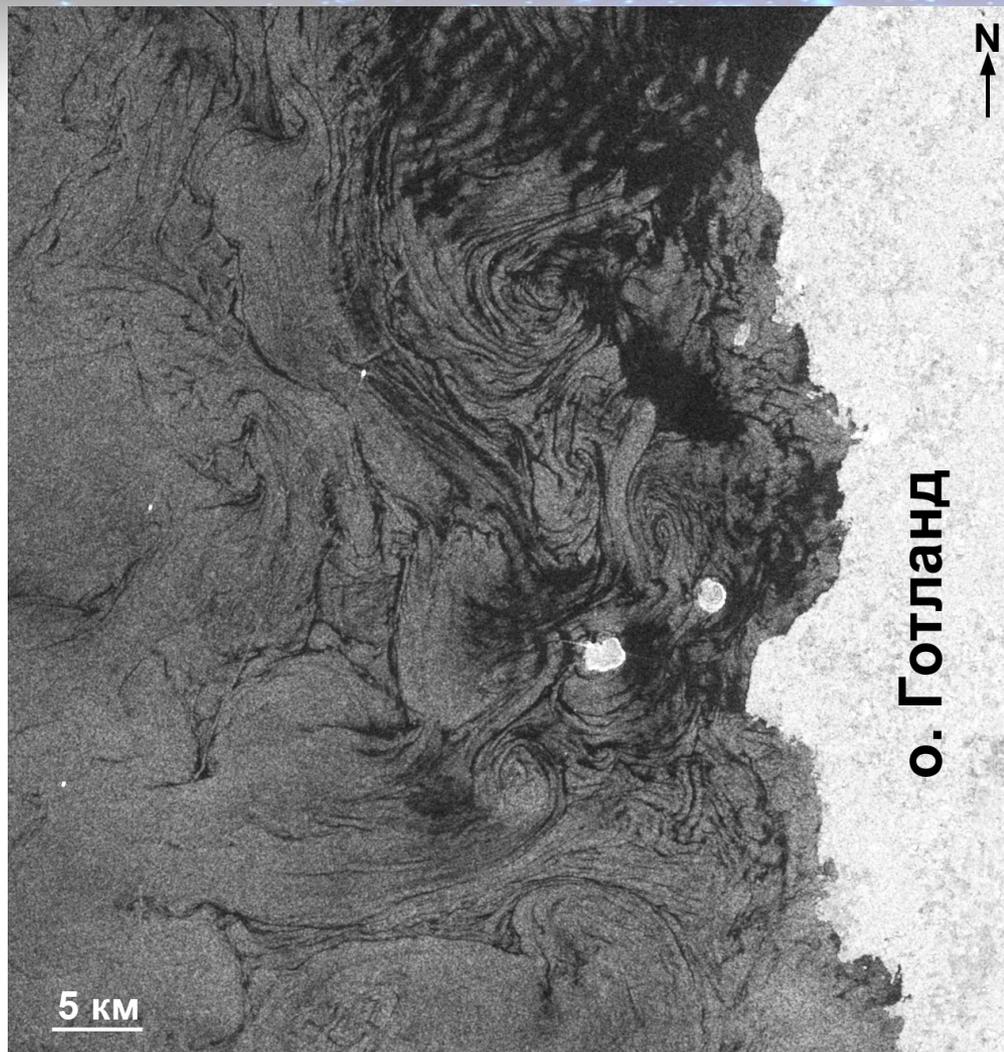


Площади, покрытые поверхностным (красные столбики) и подповерхностным (желтые) цветением цианобактерий в июне-августе 2015 г. Синяя линия показывает интегральное значение облачного покрова в % от общей площади Балтийского моря, черные линии отмечают отсутствие данных (©HELCOM, 2016)

**Облачность – основная помеха!**

Карта проявления поверхностного и подповерхностного цветения водорослей за 15 сентября 2016 г. по данным прибора MODIS (©SMHI, 2016)

# Определение зон интенсивного цветения фитопланктона по радиолокационным данным

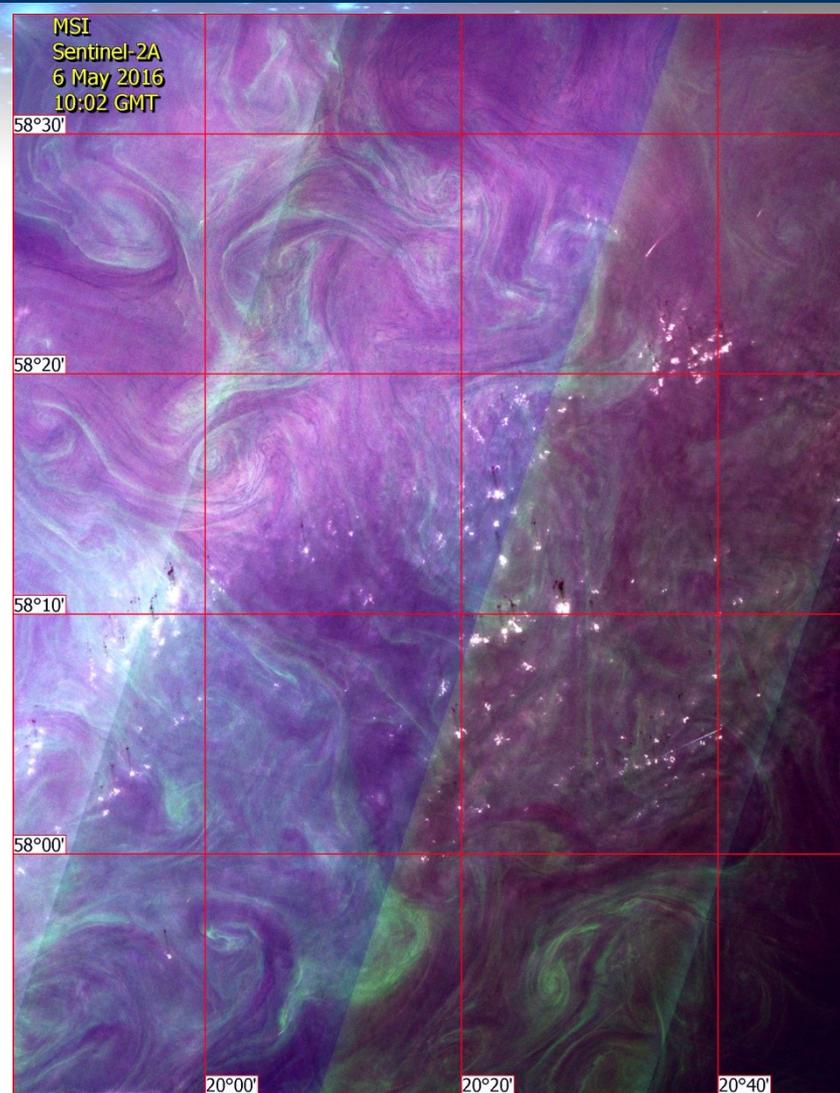
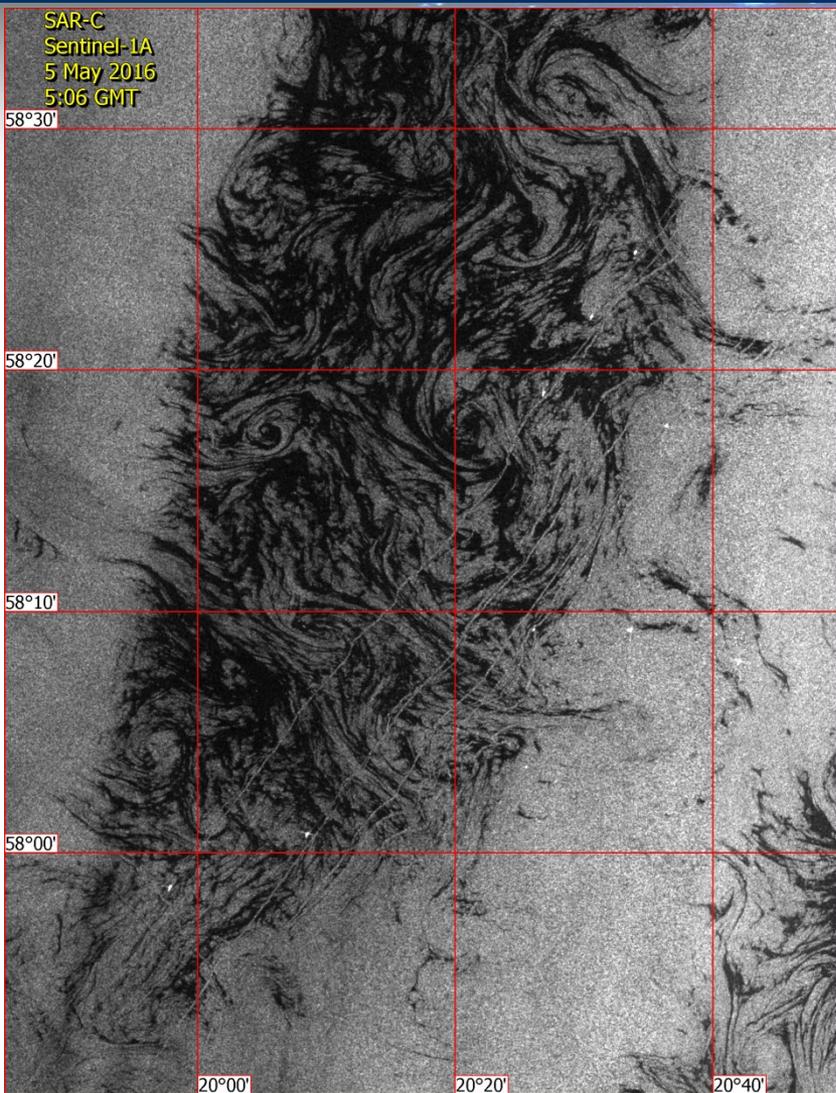


Субмезомасштабные вихревые структуры, проявляющиеся за счет сликовых полос на РЛИ SAR-C Sentinel-1A, полученном 4 апреля 2016 г.

Скопление темных полос пониженного радиолокационного рассеяния (так называемых сликов) может служить индикатором наличия областей цветения водорослей. Использование данных спутникового радиолокационного зондирования позволяет выявить области цветения не только цианобактерий, но и любых других типов фитопланктона, выделяющих высокомолекулярные соединения, формирующие поверхностную пленку.

**Ограничения:** слики не различимы в областях поверхностных проявлений ослабления приповерхностного ветра (областях штиля или ветровой тени) и разрушаются при скорости ветра более 10 м/с

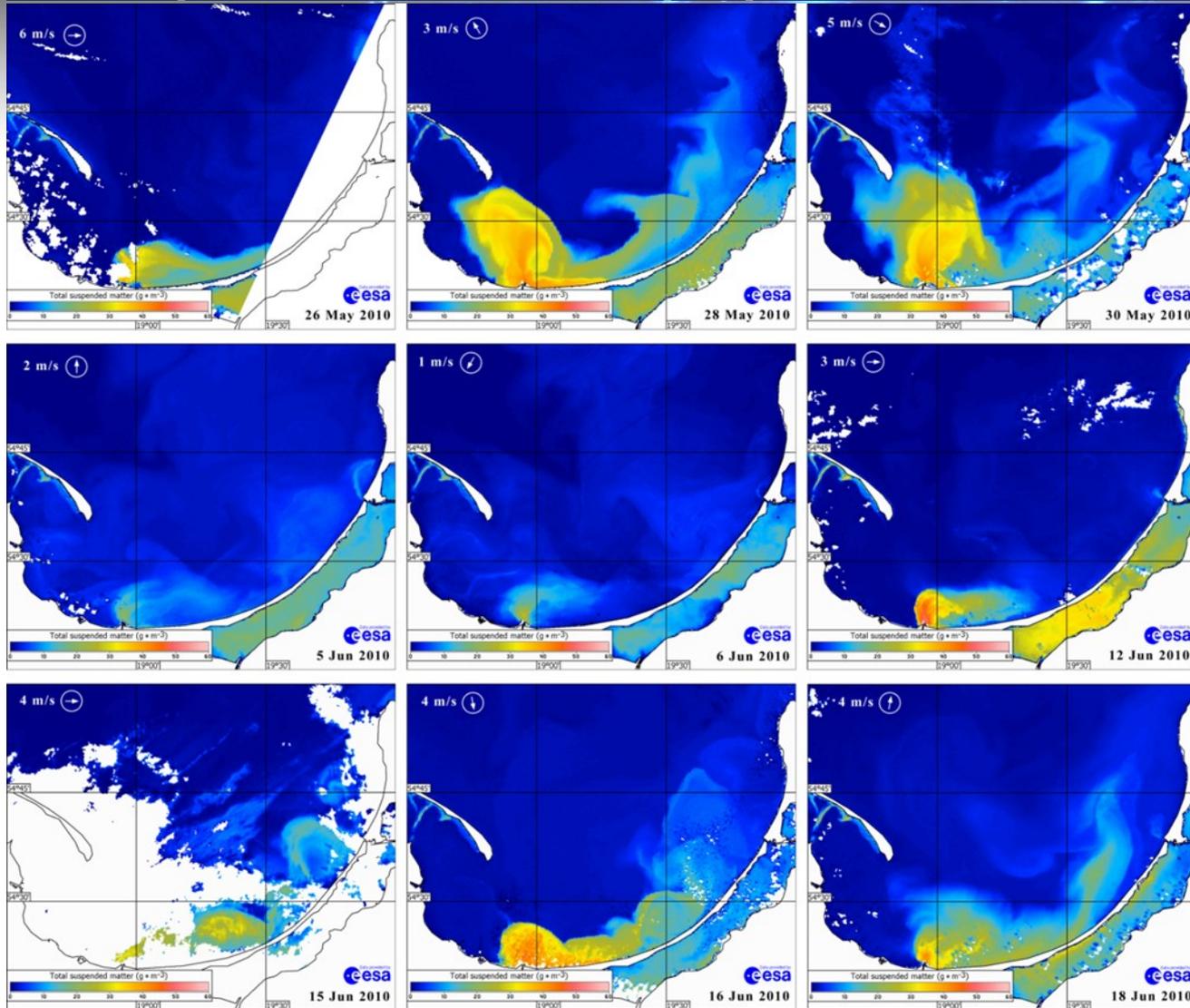
# Определение зон интенсивного цветения фитопланктона по проявлениям следов за кораблями на РЛИ



Слева: проявления долгоживущих корабельных следов на Sentinel-1A SAR изображении от 5 мая 2016 г.; справа: проявление интенсивного цветения цианобактерий на цветосинтезированном изображении MSI Sentinel-2A (4; 3; 2 спектральные каналы), полученном 6 мая 2016 г.

**Подробности в докладе E-9**

# Распространение вод Вислы по акватории Гданьского залива в период после катастрофического паводка в мае 2010 г.



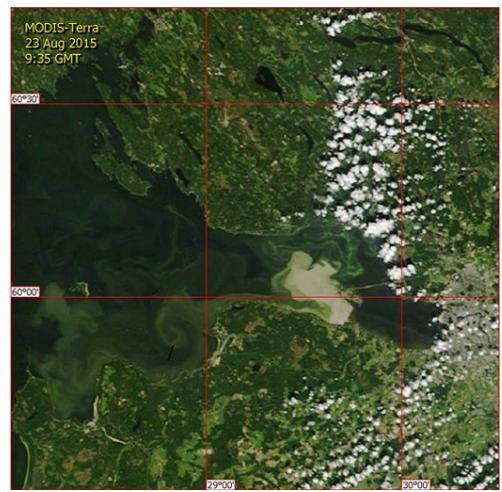
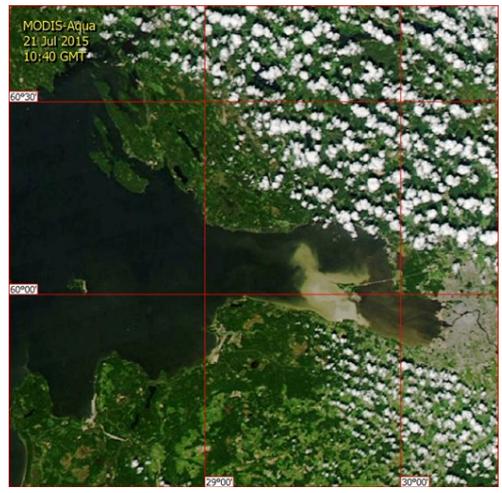
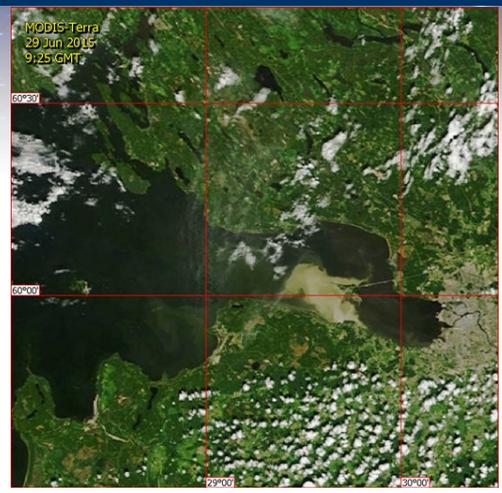
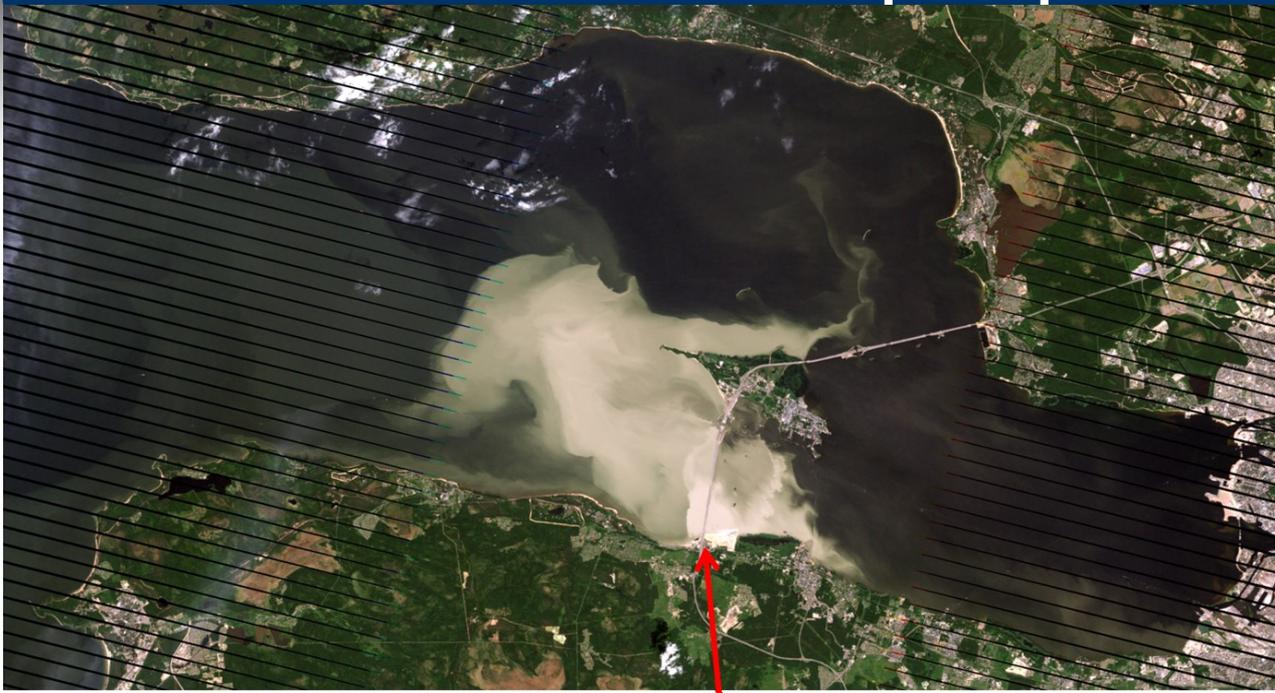
Воды с высокой концентрацией взвешенного вещества (Класс 1 и 2) распространяются под действием ветра.

Воды с низкой концентрацией (класс 3) почти всегда распространяются параллельно берегу под действием вдоль берегового циклонического течения

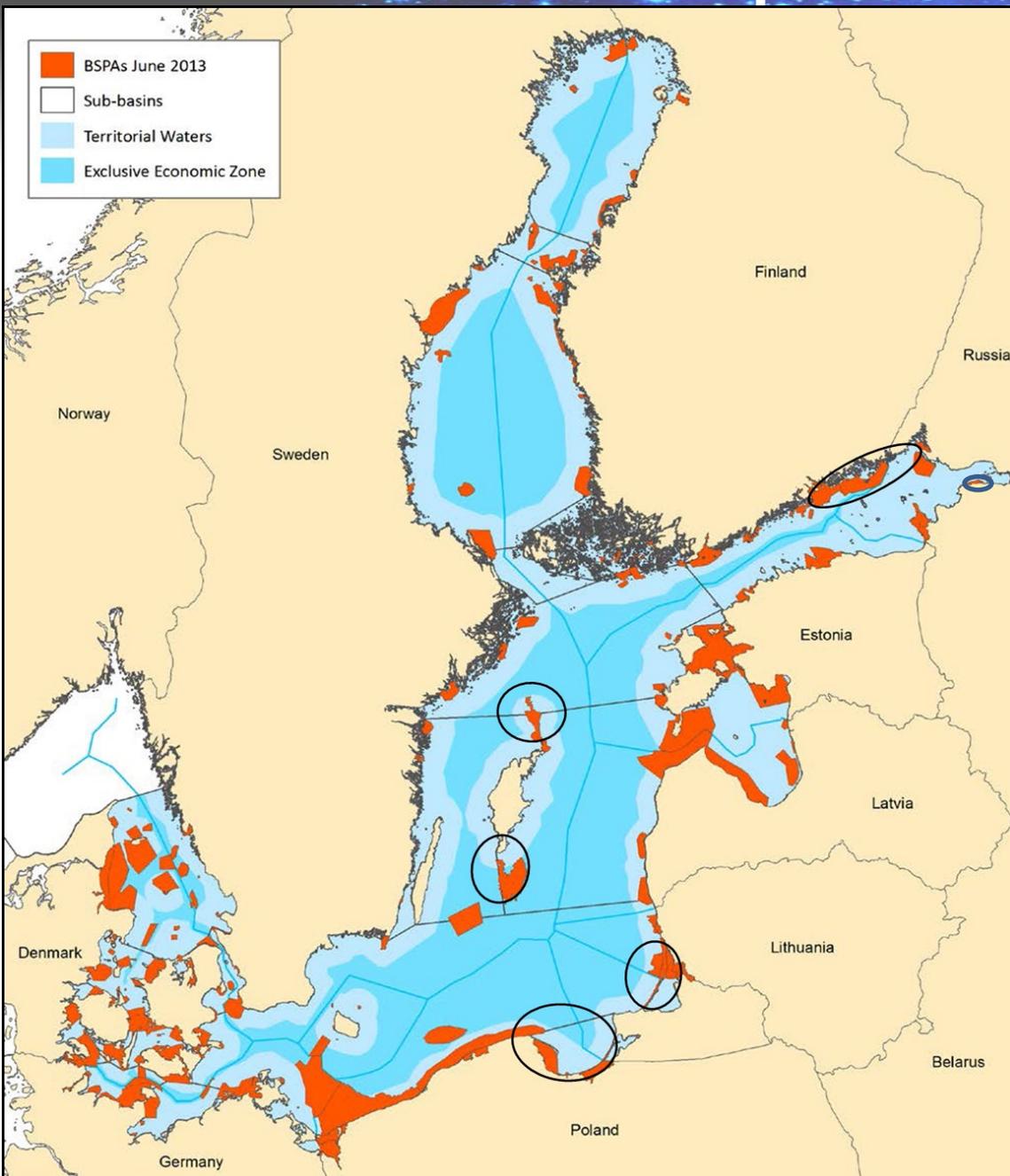
*Серия карт концентрации взвешенного вещества, построенных по данным Envisat MERIS, на период 26 мая – 18 июня 2010.*

*Стрелки указывают направление ветра*

# Распространение взмученных вод, вызванных строительством аванпорта Бронка



# Зоны экологического риска



**Северо-западный конец Финского залива:** высокий риск судовых нефтяных загрязнений и интенсивное цветение водорослей;

**юго-восточный конец Финского залива:**

обширные области загрязнения, связанные со строительством аванпорта и сбросом плохо очищенных сточных вод;

**область севернее о. Готланд и заливы:** ежегодное интенсивное цветение водорослей;

**область южнее о. Готланд:** регулярные сбросы с судов вдоль основных судовых трасс;

**Куршская коса:** риск нефтяного загрязнения в случае аварии на платформе D6;

**Гданьский залив, Хельская коса и Вислинский залив:** высокий риск судовых нефтяных загрязнений, выток из Вислы и Балтийского канала

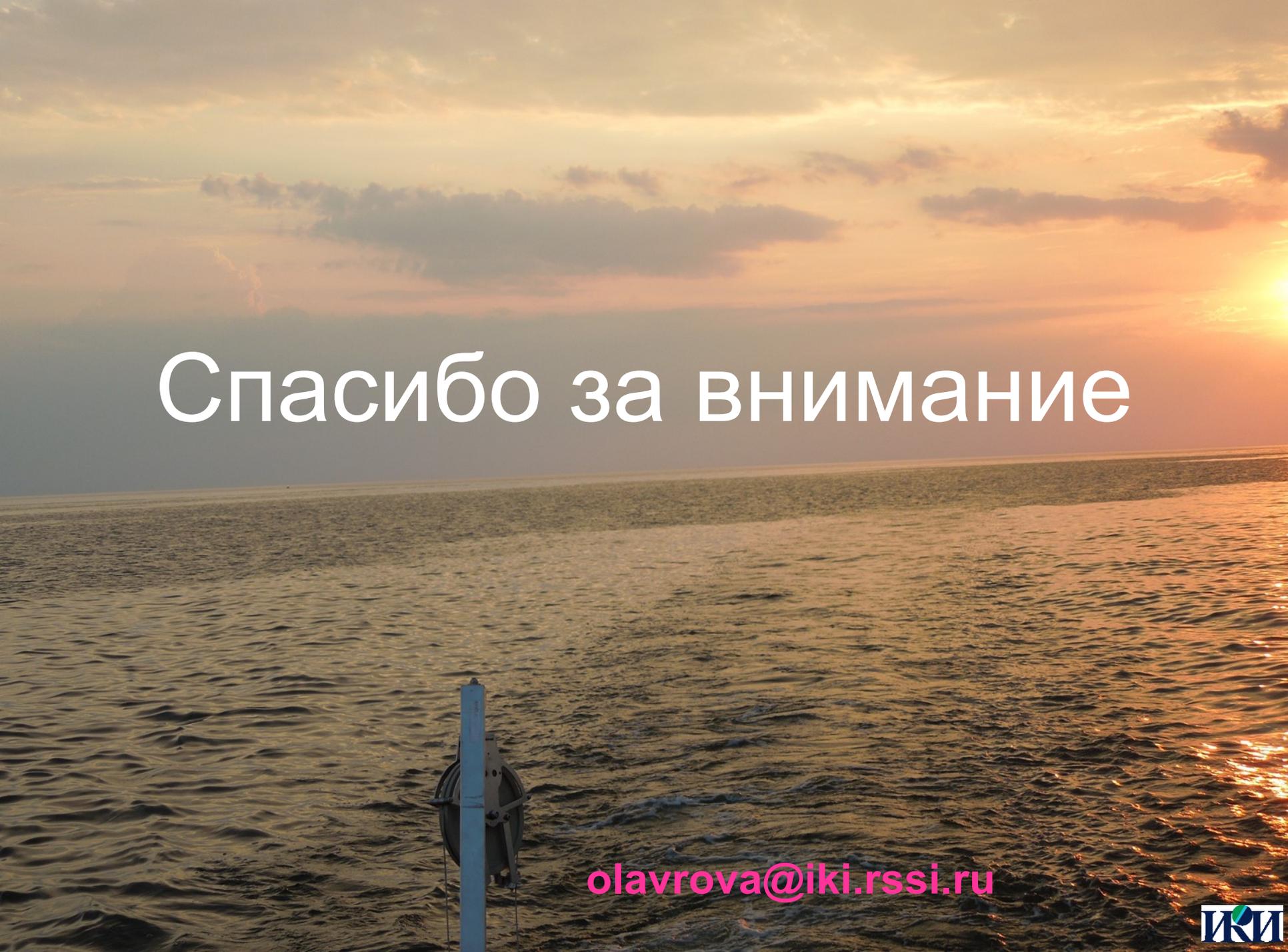
*Оранжевым отмечены охраняемые области, включенные в июне 2013г.*

*Зоны экологического риска отмечены черными овалами*

**Аналогично проводилось  
исследование по выявлению  
зон экологического риска в  
Черном и Каспийском морях**

# Благодарности

- Авторы выражают благодарность всем участникам подспутниковых измерений, в первую очередь Краюшкину Евгению и Назировой Ксении (ИКИ РАН)
- Работа выполнена при финансовой поддержке Российского научного фонда, грант № 14-17-00555
- Усовершенствование информационной системы "See The Sea" выполнялось при поддержке РАН и ФАНО (тема «Мониторинг», госрегистрация № 01.20.0.2.00164)

A photograph of a sunset over the ocean. The sky is filled with soft, orange and yellow clouds, and the sun is visible on the right horizon. The water is dark blue with gentle ripples. In the foreground, a blue buoy is visible on the left side.

Спасибо за внимание

[olavrova@iki.rssi.ru](mailto:olavrova@iki.rssi.ru)

