Сравнительный анализ вихревой активности в Черном, Каспийском и Балтийском морях (по спутниковым радиолокационным данным)

Светлана Каримова

Институт космических исследований РАН
Email: feba@list.ru

Научный руководитель:
к.ф.-м.н., зав.лаб. О.Ю. Лаврова

Цели и задачи

- Исследование вихревых структур, проявляющихся на радиолокационных изображениях (РЛИ) исследуемого водоема, во всей их совокупности
- Выявление пространственных характеристик таких вихрей, а также их временной изменчивости
- Сравнительный анализ выявленных характеристик для различных бассейнов (в данном случае для акваторий Балтийского, Черного и Каспийского морей)

Содержание

- Цели и задачи
- Районы исследования
- Механизмы проявления
- Характеристика данных
- Выявленные статистические показатели
- Анализ пространственного распределения вихревых структур
- Заключение

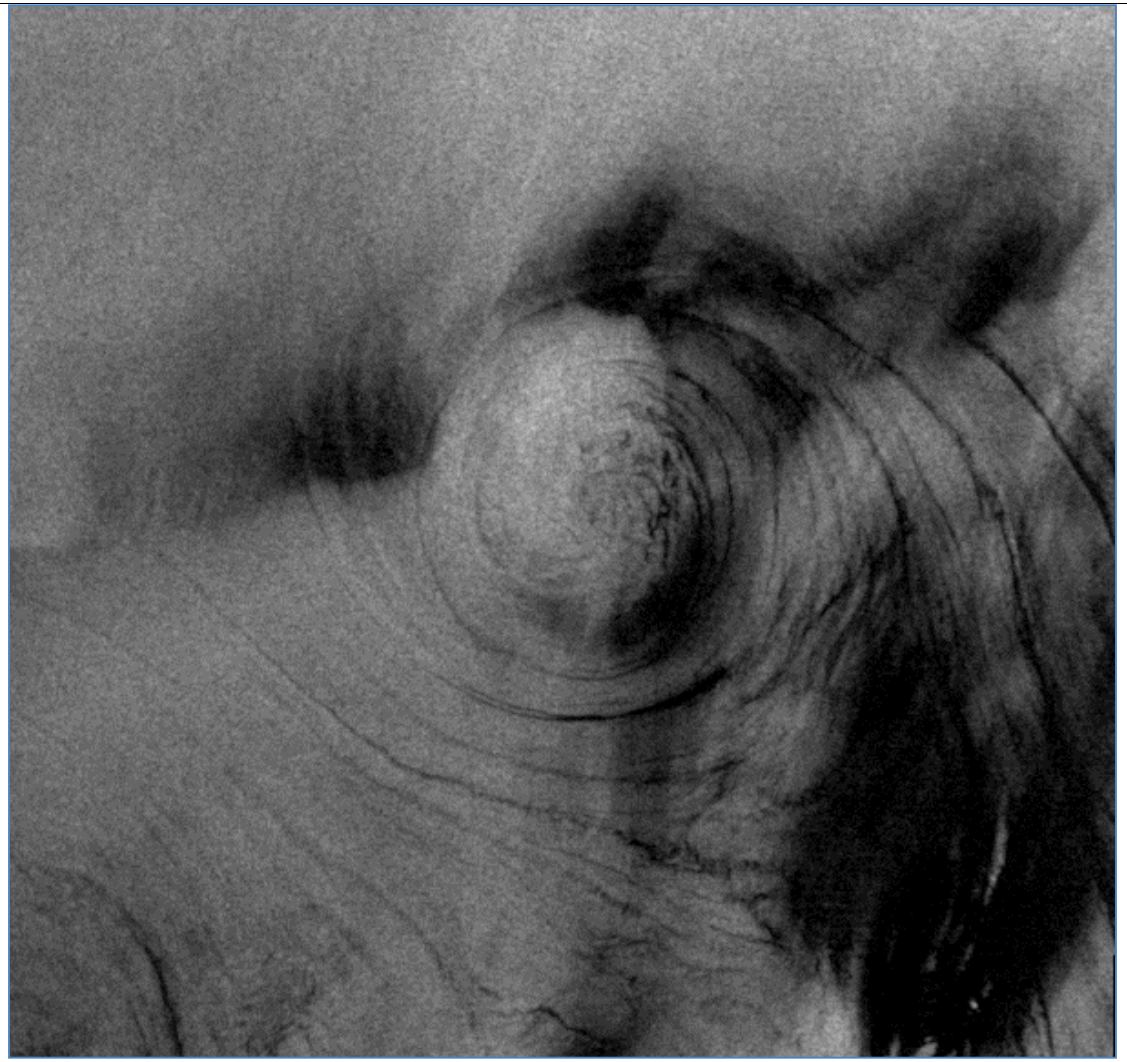
Районы исследования

Механизмы проявления вихрей на РЛИ

- **Сликовый** (при умеренных скоростях ветра) – с помощью пленок естественного происхождения
- **За счет сдвигово-волнового взаимодействия** (при бОльших скоростях ветра)
- **С помощью термических контрастов** (для крупномасштабных структур)
- **С помощью ледовых трассеров**

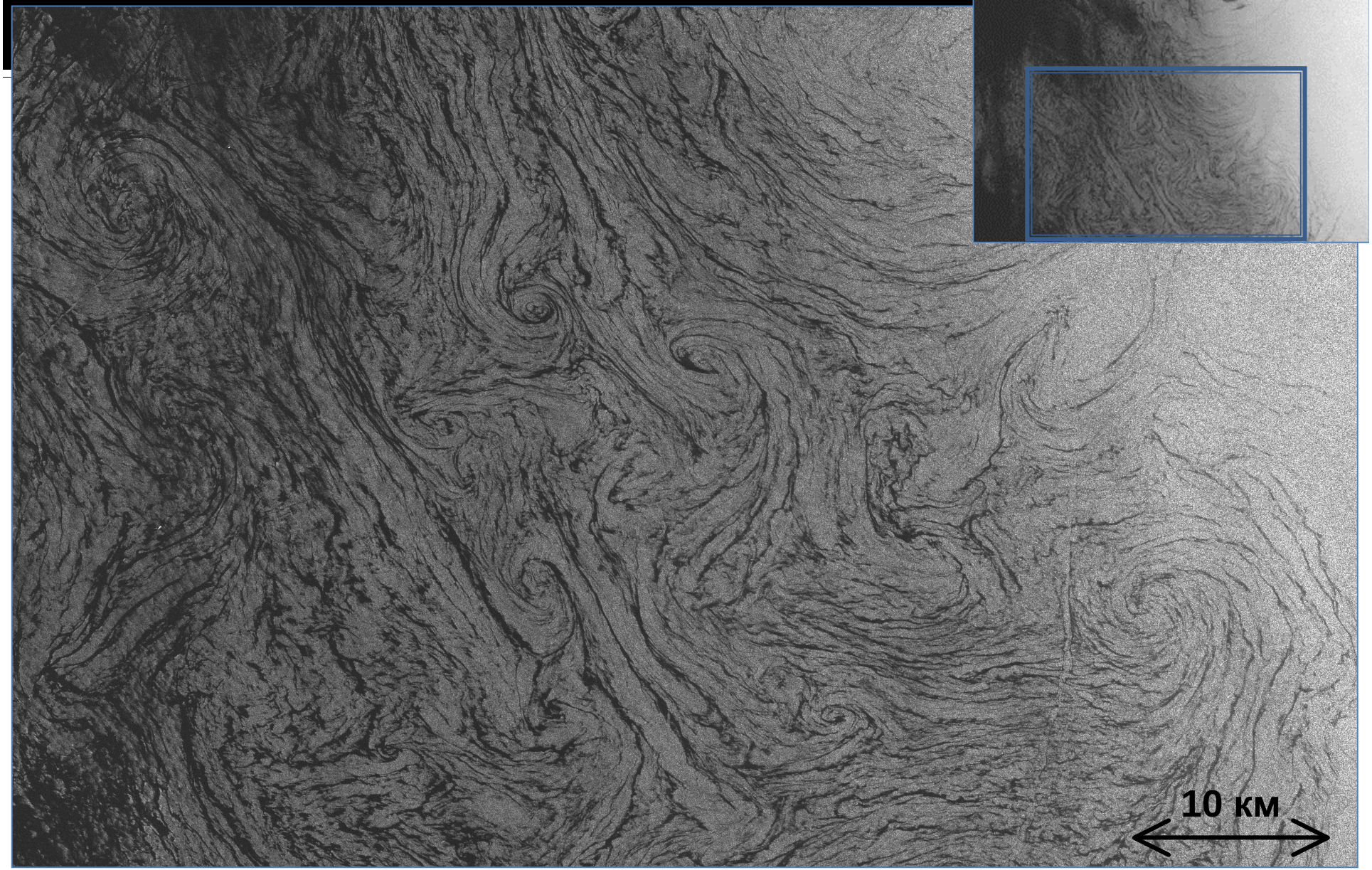
PCA ASAR, спутник Envisat, режим съемки IMM, разрешение 75 м, ВВ-поляризация, 07.05.2009 г., 07:56 GMT

I. Сликовый механизм («черные» вихри)

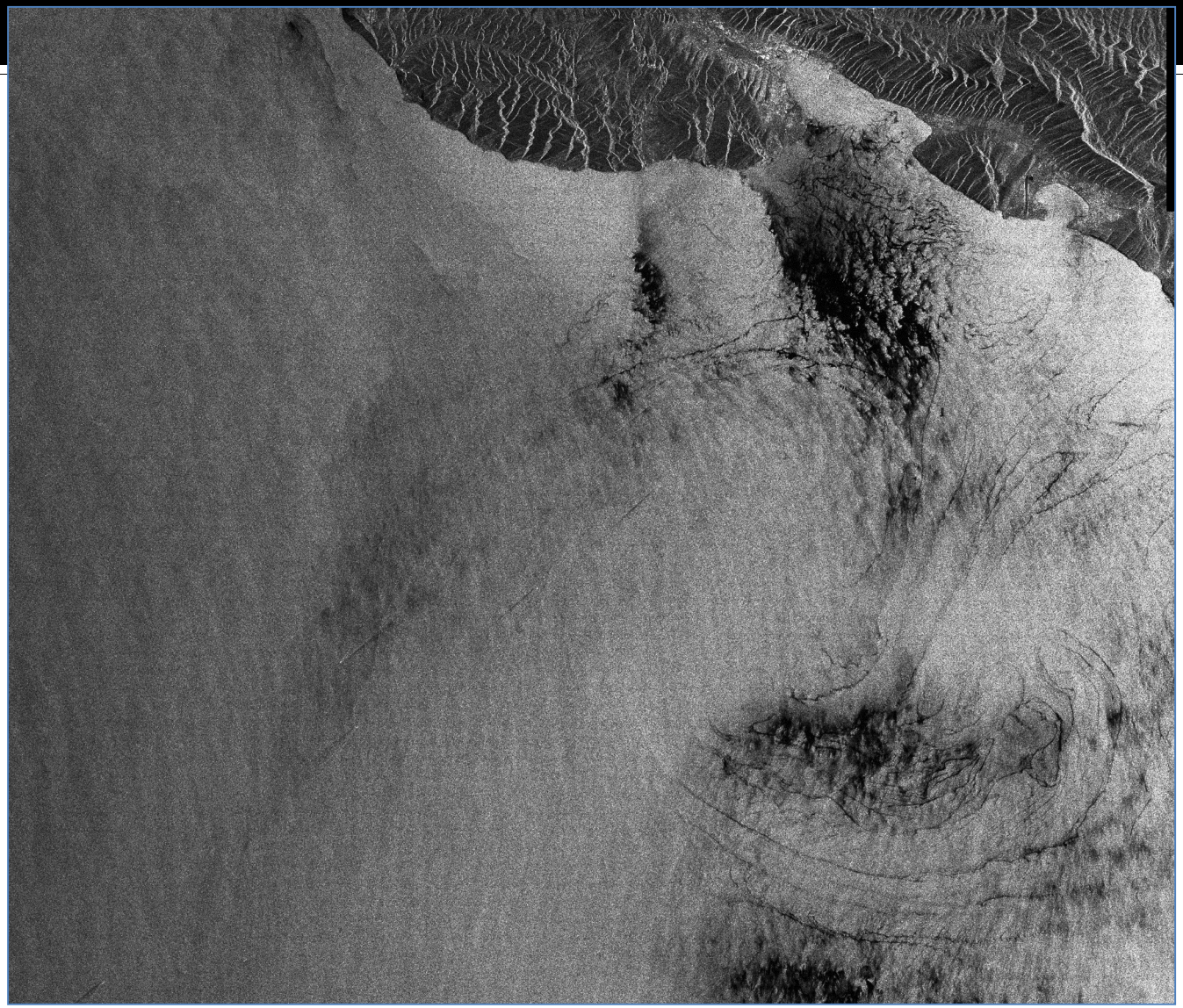


Черное море

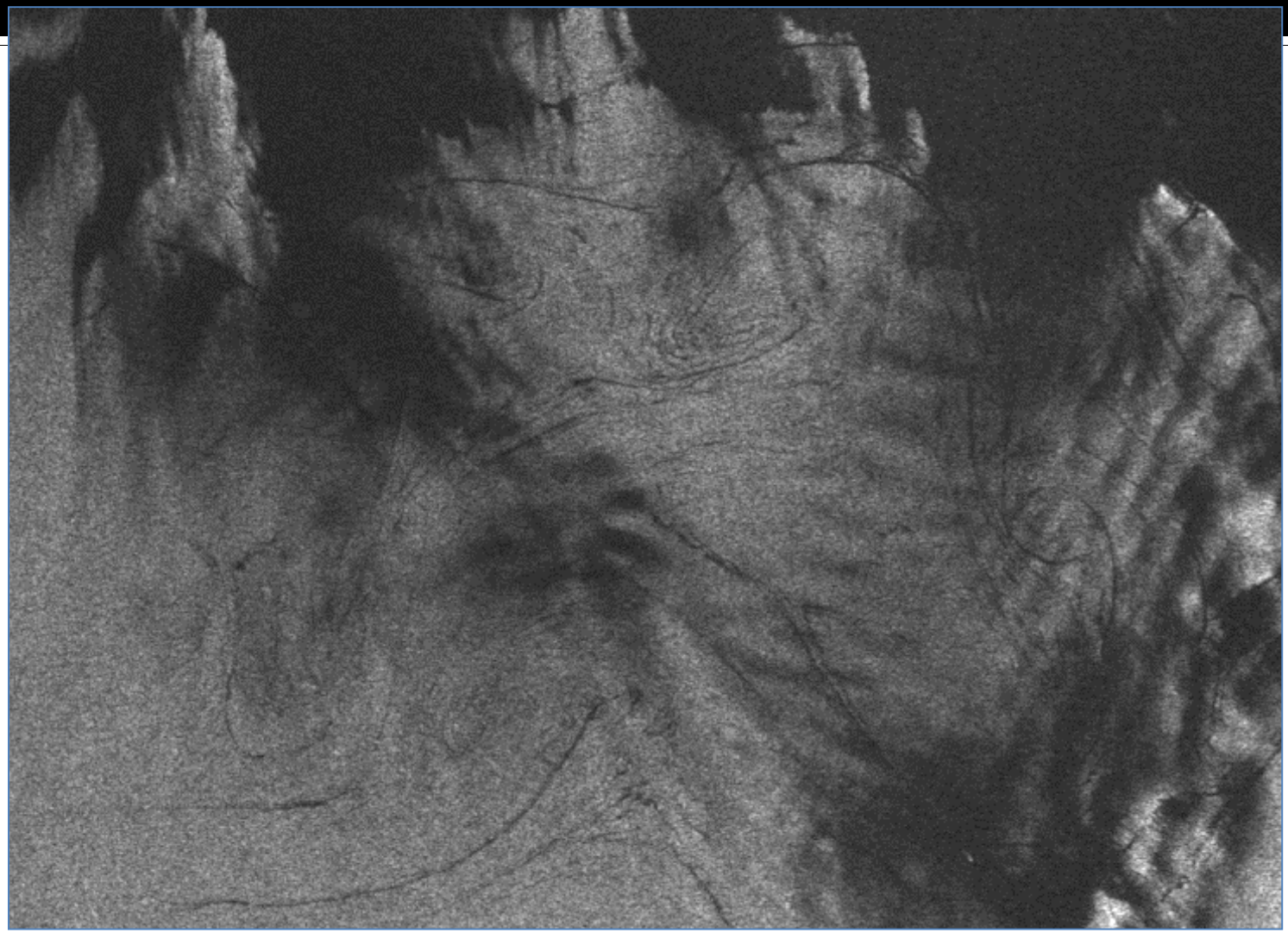
РСА ASAR, спутник Envisat, режим съемки IM, разрешение 12,5 м, ВВ-поляризация, 11.04.2007 г., 07:49:10 GMT



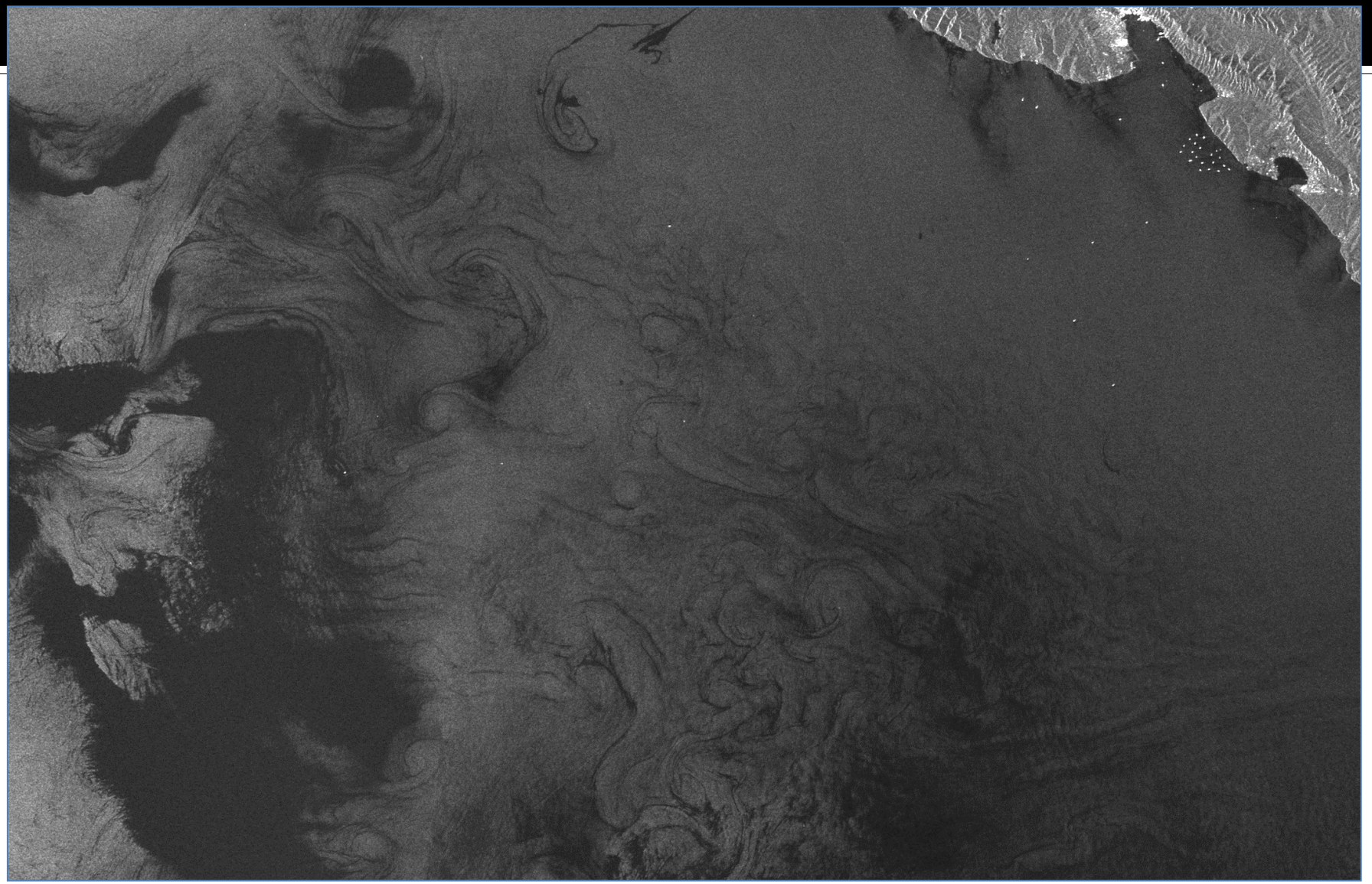
РСА ASAR, спутник Envisat, режим съемки AP, разрешение 12,5 м, ВВ-поляризация, 01.09.2008 г., 07:51:56 GMT



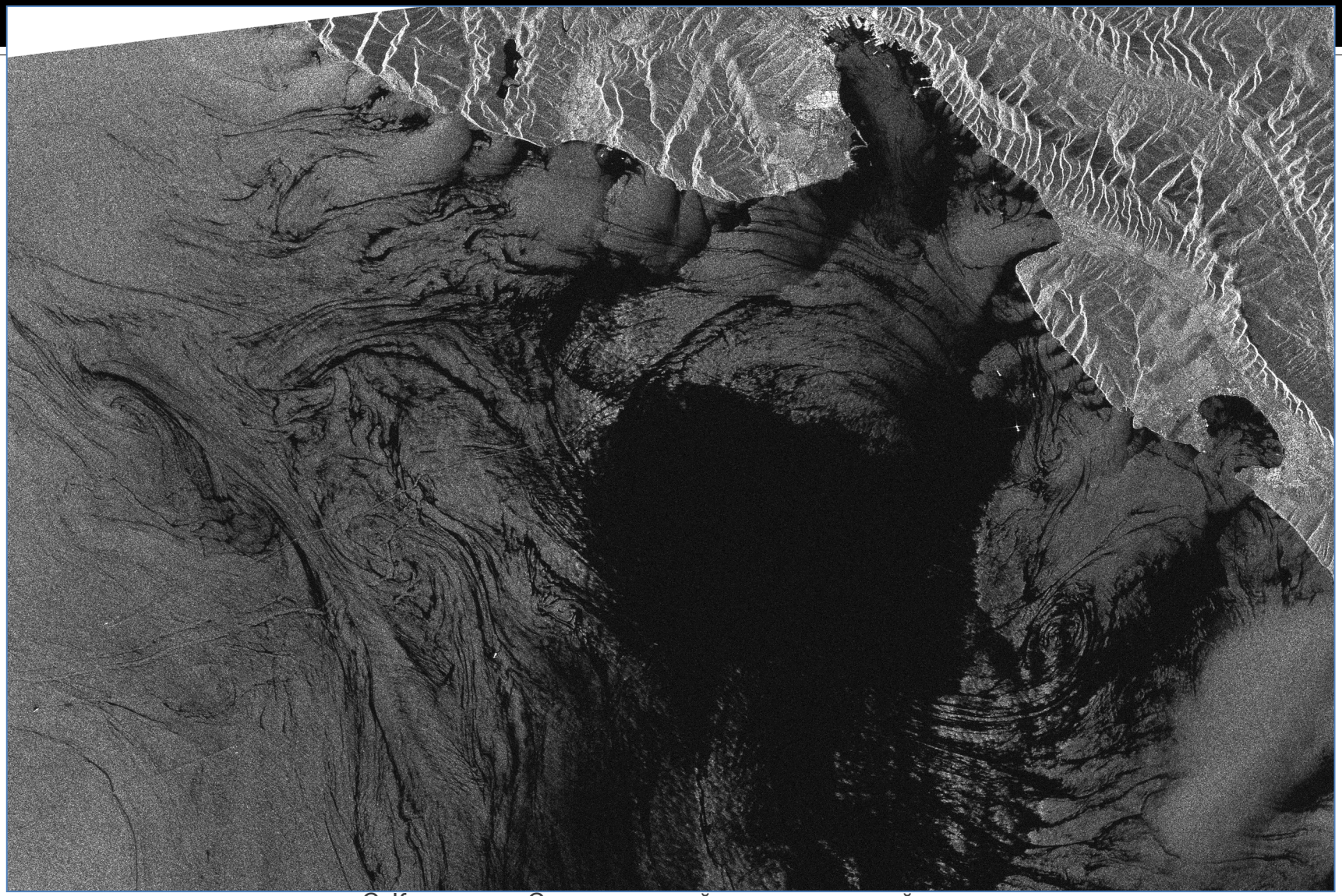
РСА ASAR, спутник Envisat, режим съемки WSM, разрешение 75 м, ВВ-поляризация, 08.04.2009 г., 08:07:02 GMT



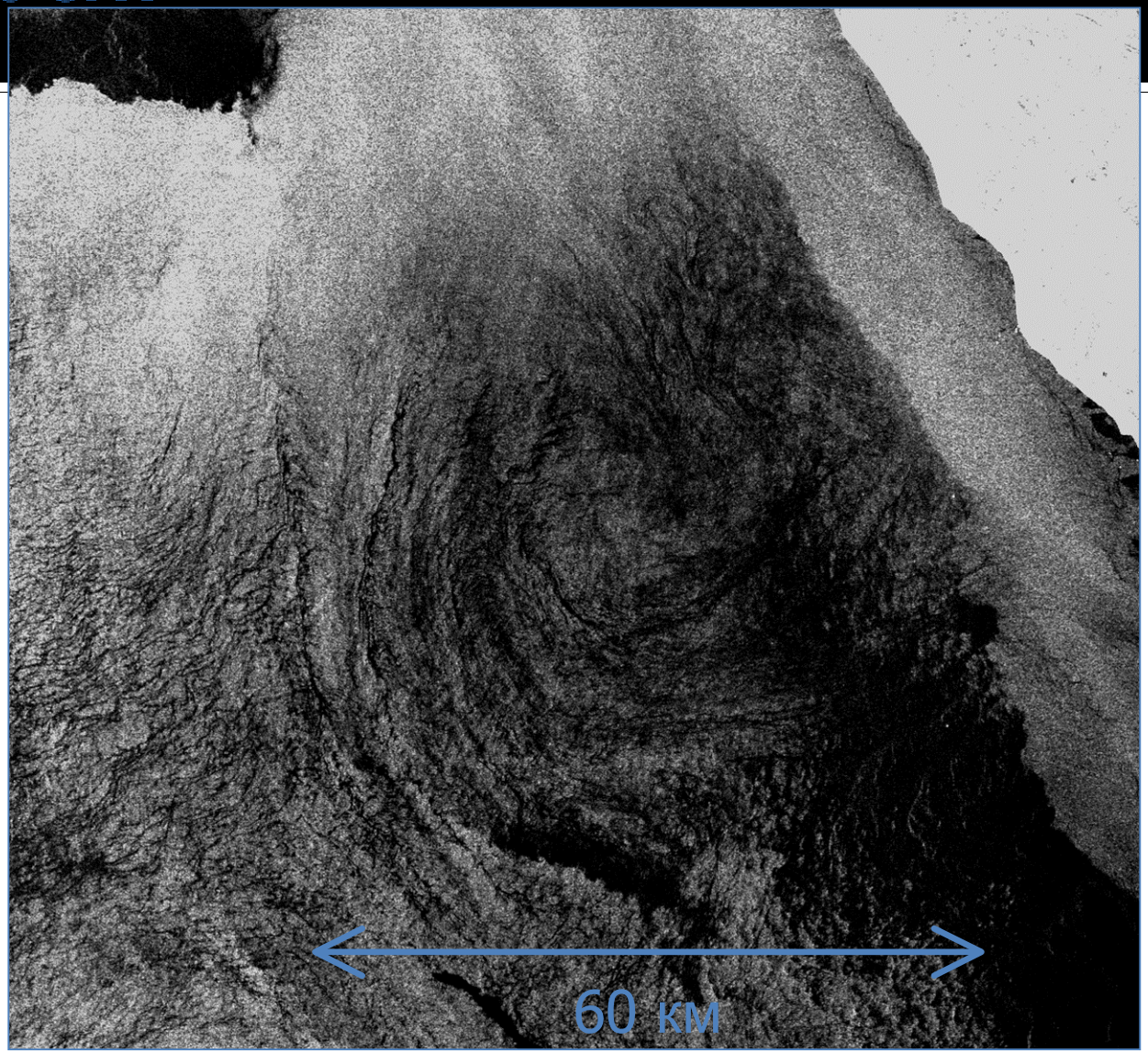
РСА ASAR, спутник Envisat, режим съемки WS, разрешение 75 м, ВВ-поляризация, 20.09.2007 г., 19:16:11 GMT

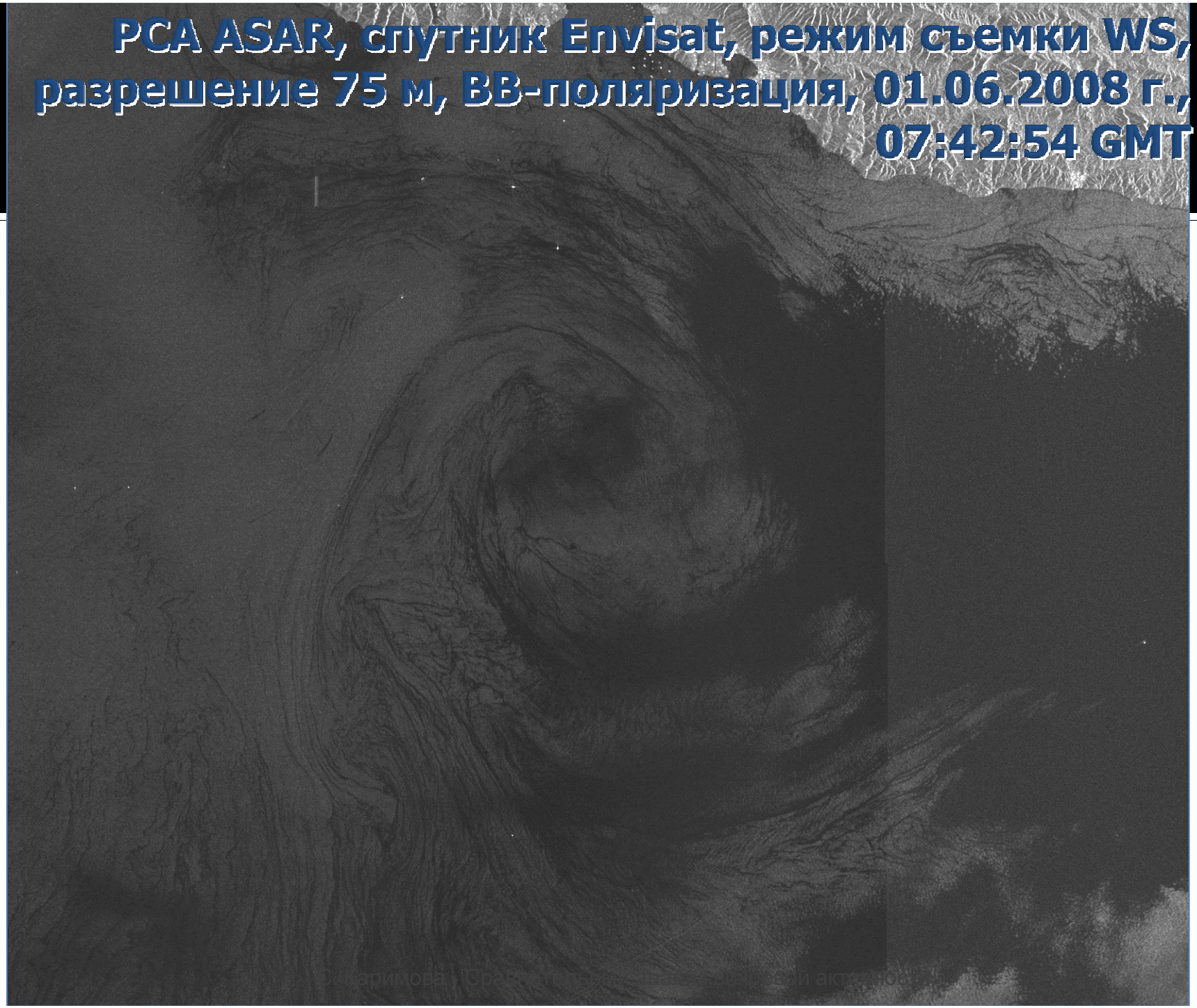


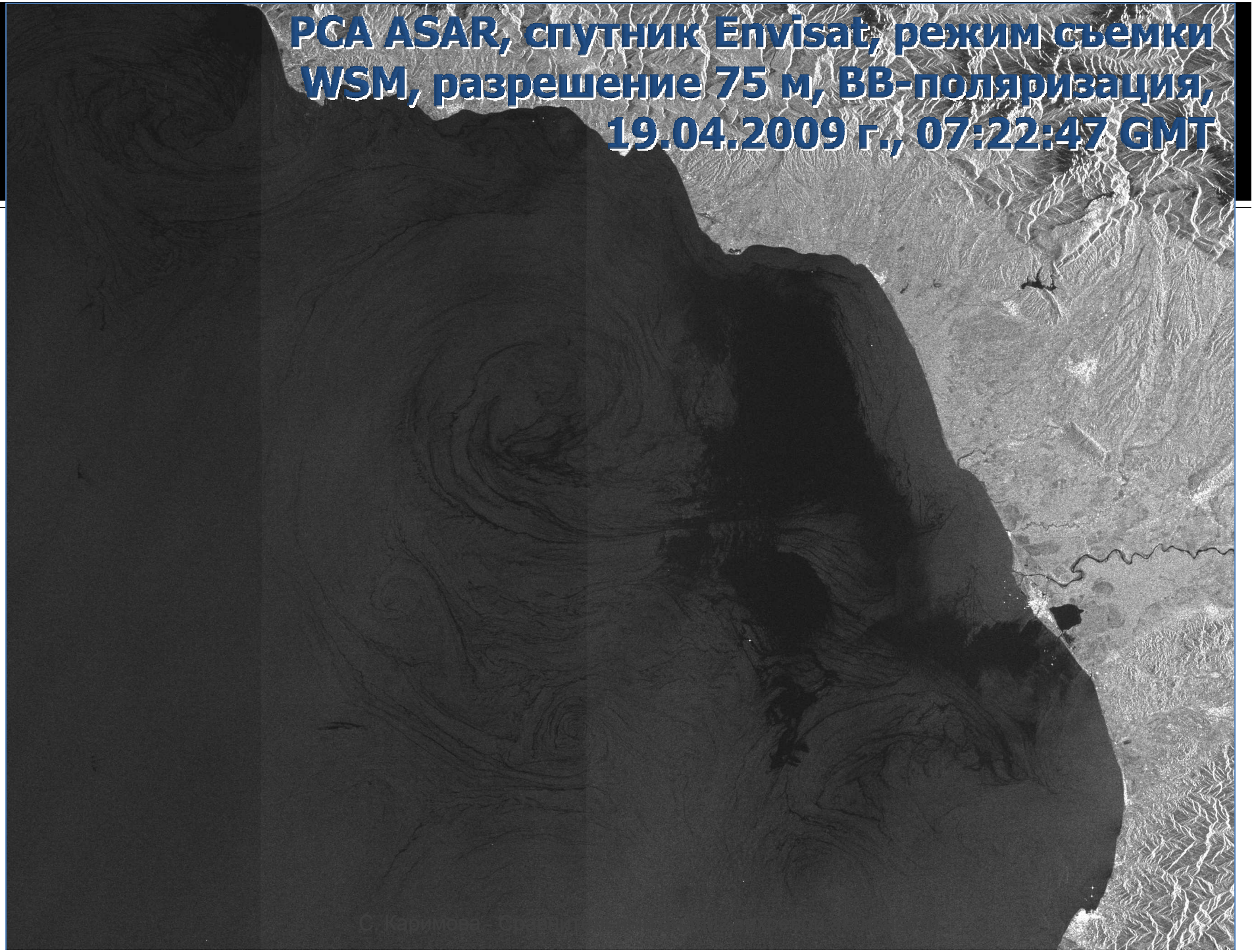
РСА SAR, спутник ERS-1, разрешение 12,5 м, ВВ-поляризация, 18.09.2000 г., 19:40:59 GMT



РСА ASAR, спутник Envisat, режим съемки WS, разрешение 75 м, ВВ-поляризация, 04.06.2007 г., 19:10:20 GMT




РСА ASAR, спутник Envisat, режим съемки WS,
разрешение 75 м, ВВ-поляризация, 01.06.2008 г.,
07:42:54 GMT


РСА ASAR, спутник Envisat, режим съемки
WSM, разрешение 75 м, ВВ-поляризация,
19.04.2009 г., 07:22:47 GMT

II. Сдвигово-волновой механизм («белые» вихри)

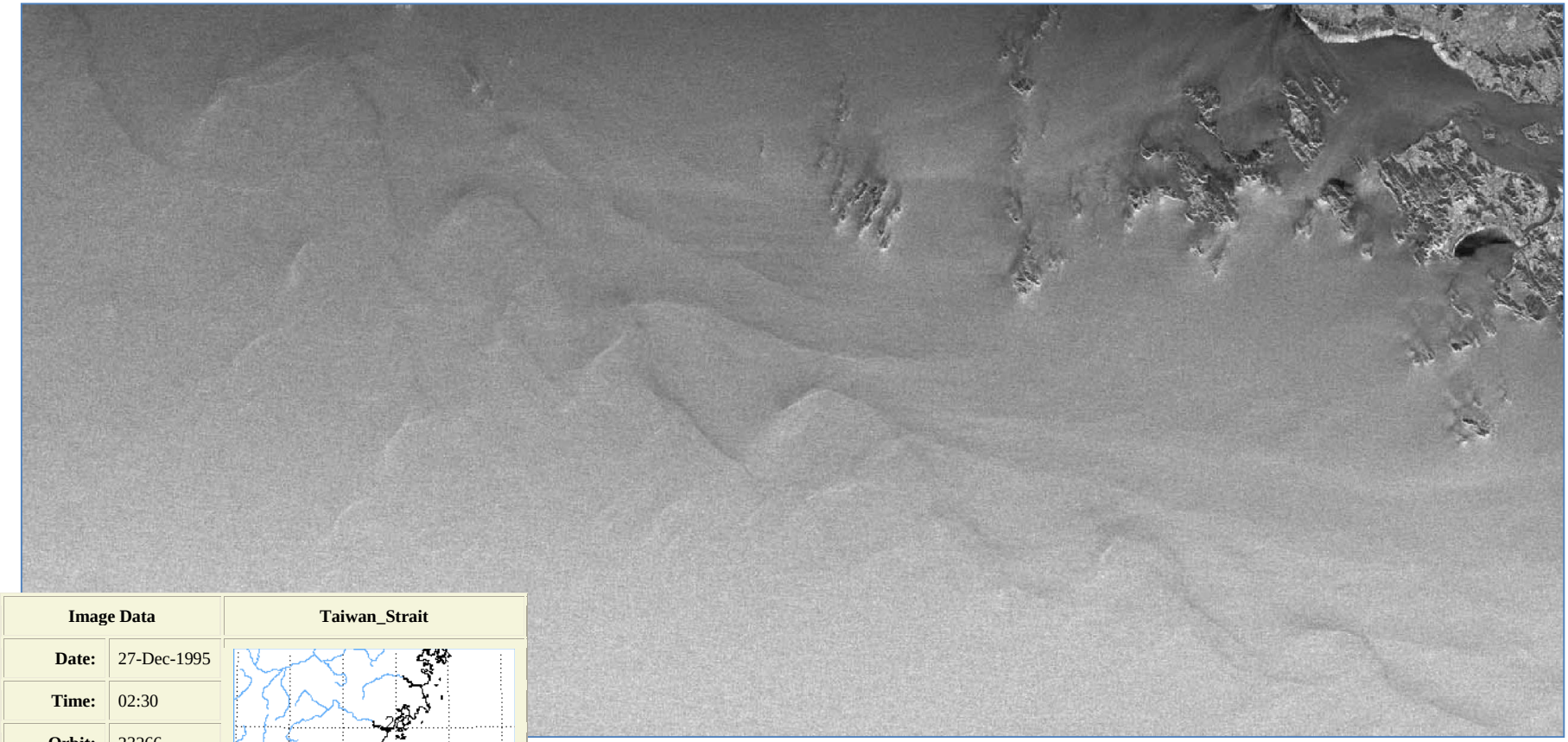
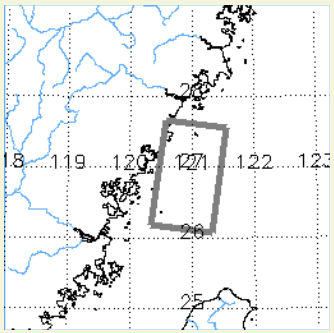
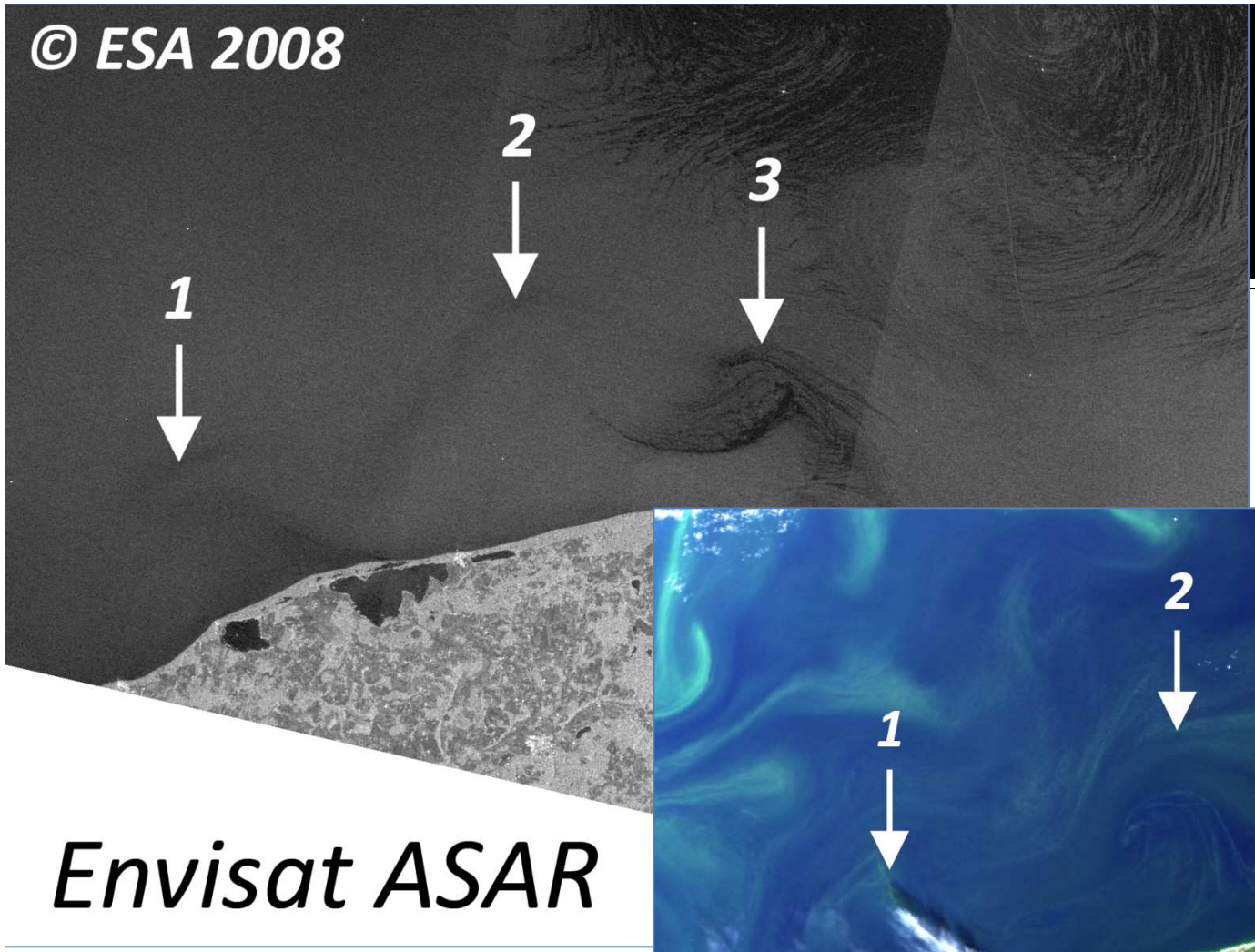


Image Data	
Date:	27-Dec-1995
Time:	02:30
Orbit:	23266
Frame:	3151-3169
Satellite:	ERS-1
Latitude:	26° 59' N
Longitude:	120° 35' E

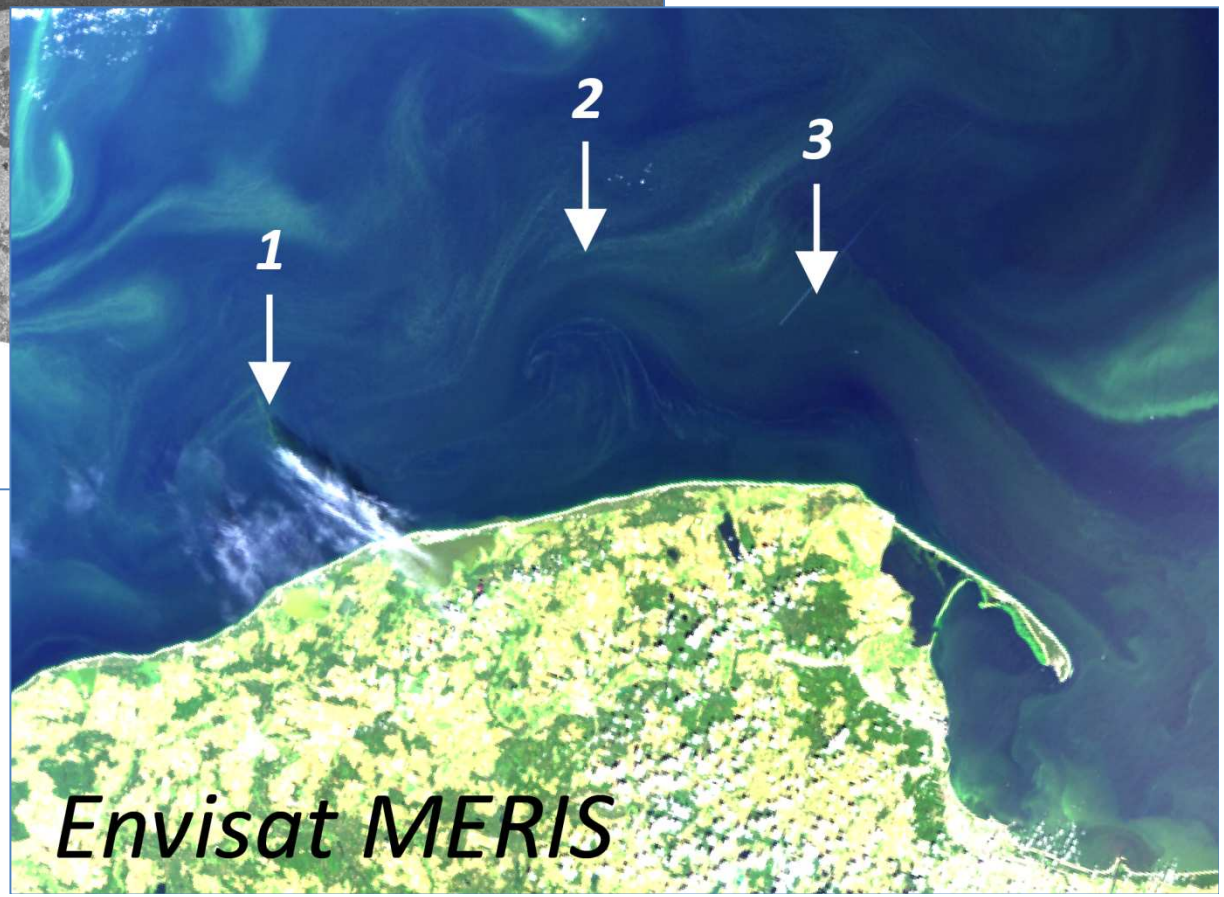
Taiwan_Strait



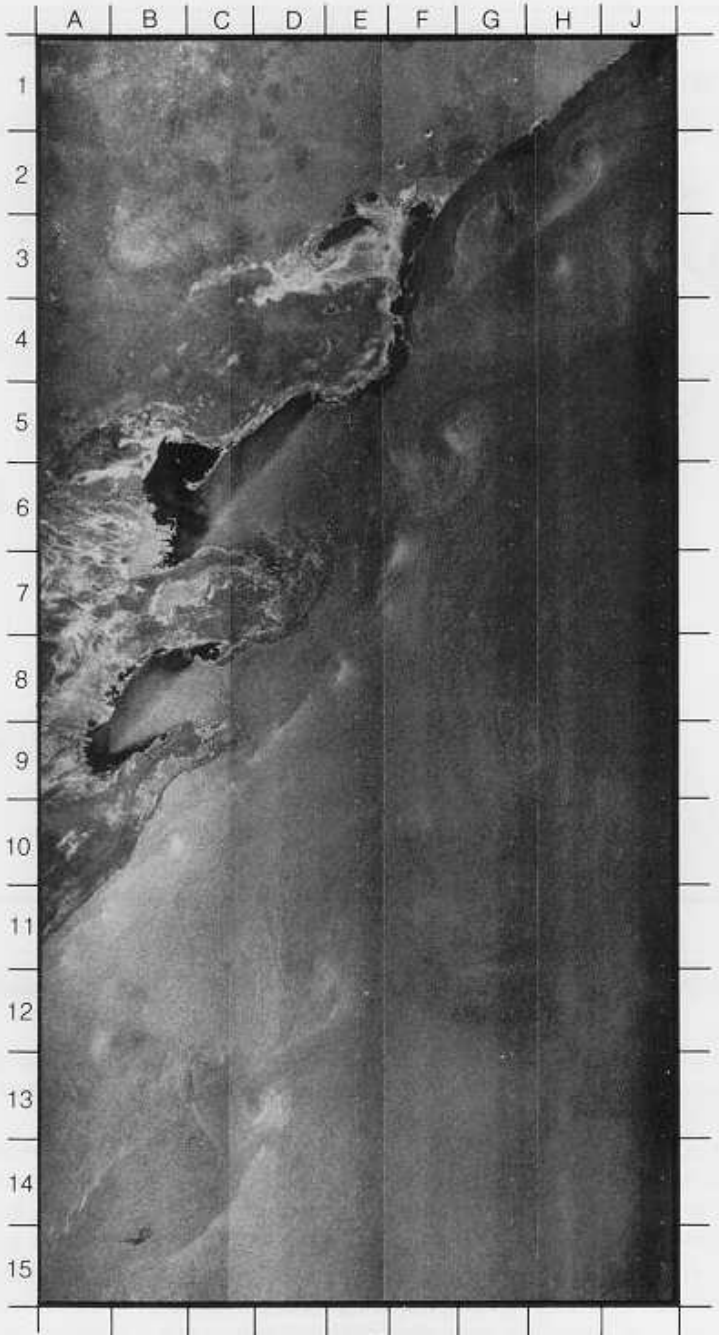


01.08.2008 г., 09:03 GMT

31.07.2008 г.,
09:34 GMT

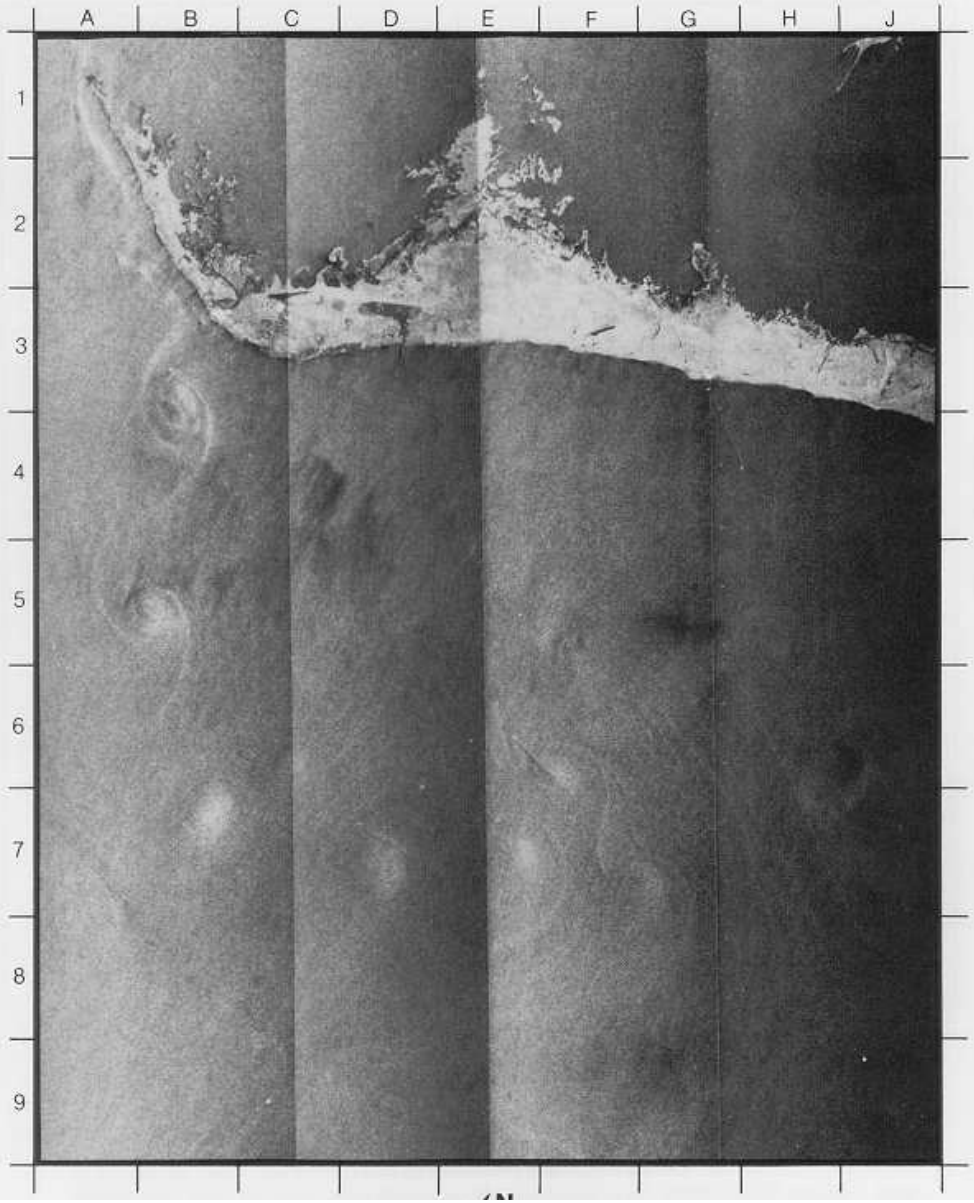


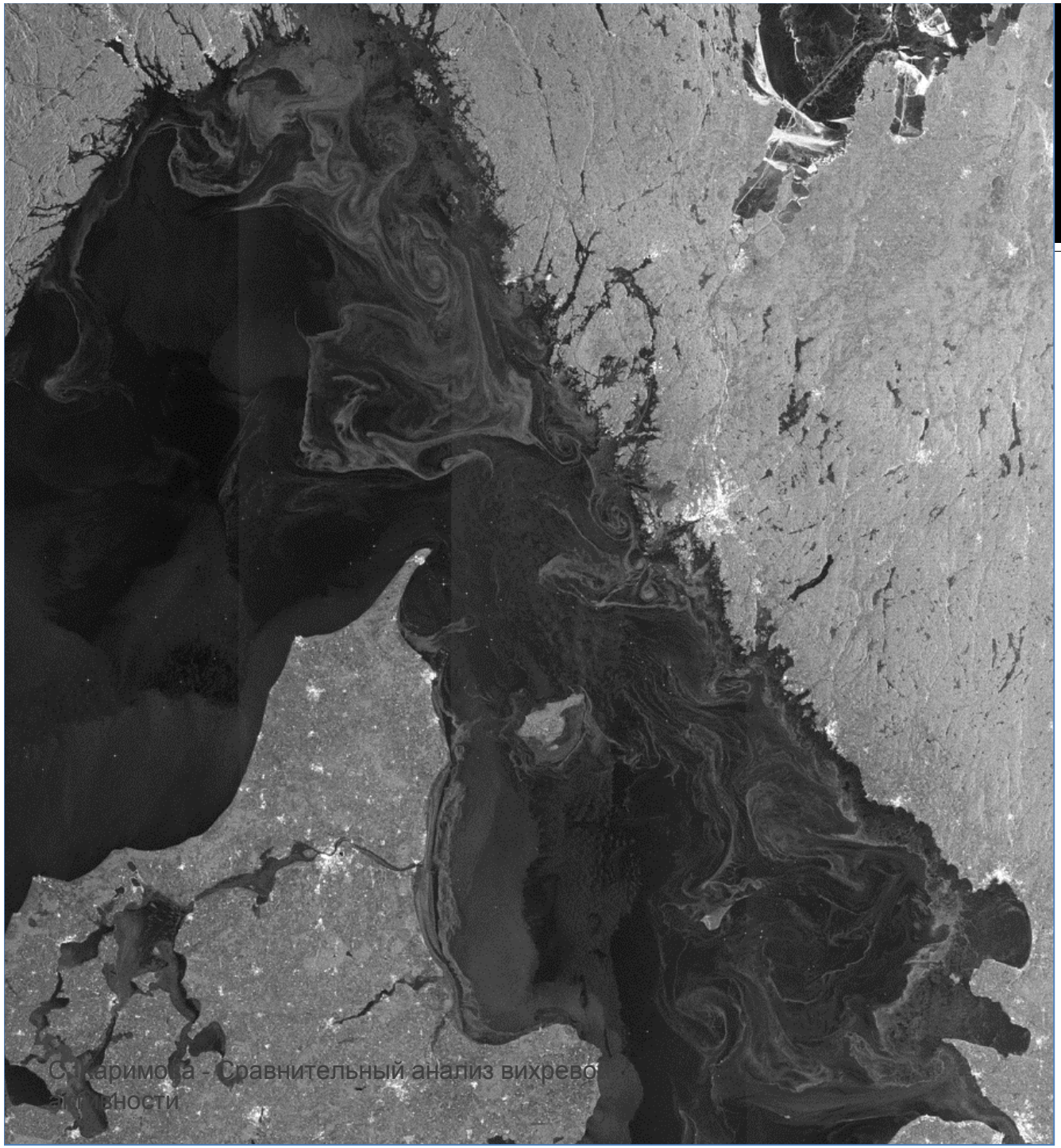
Small Vortices East of the Yucatan Peninsula



Seasat Views Oceans and Sea Ice With Synthetic-Aperture Radar

29. Small Vortices South of Grand Bahama Island





III. Вихри льдом

Envisat ASAR WSM
26.01.2010, 09:36 GMT

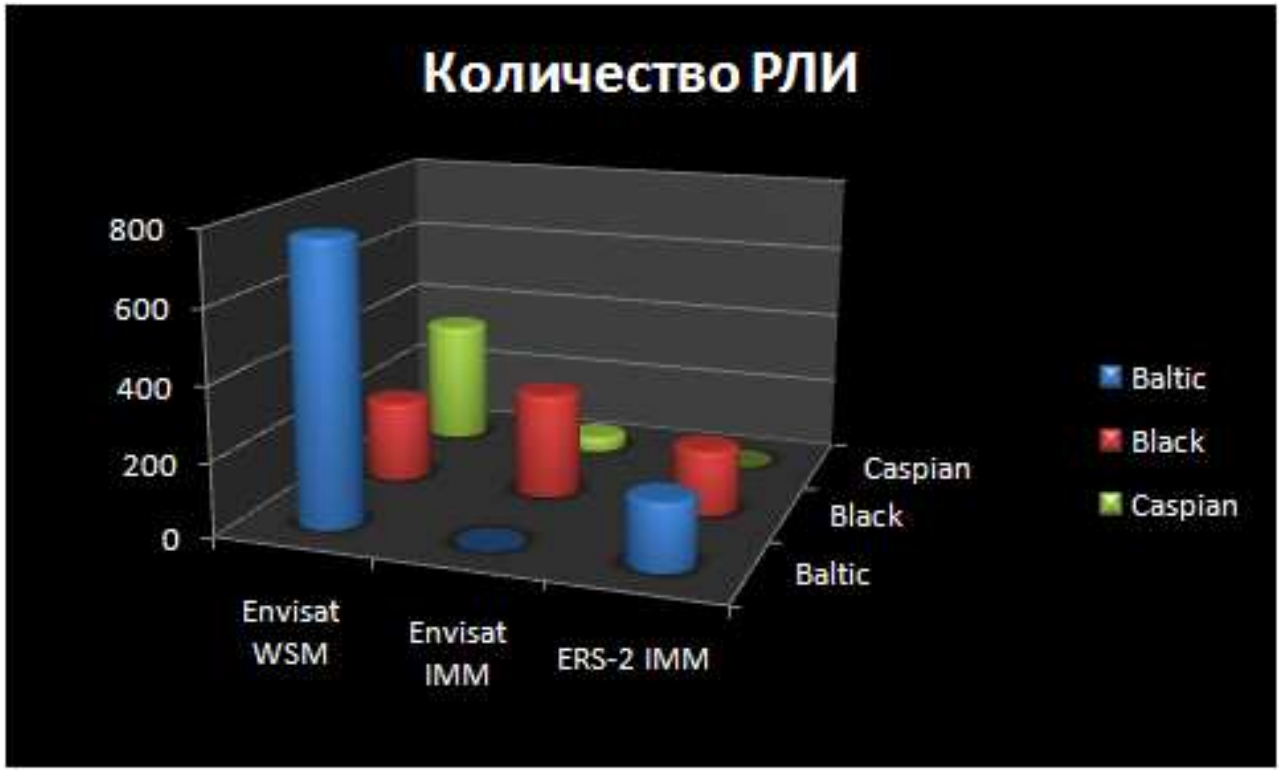
Задействованные данные

РЛИ Envisat ASAR и ERS-2 SAR за 2009 и 2010 гг.
Пространственное разрешение 75 м.

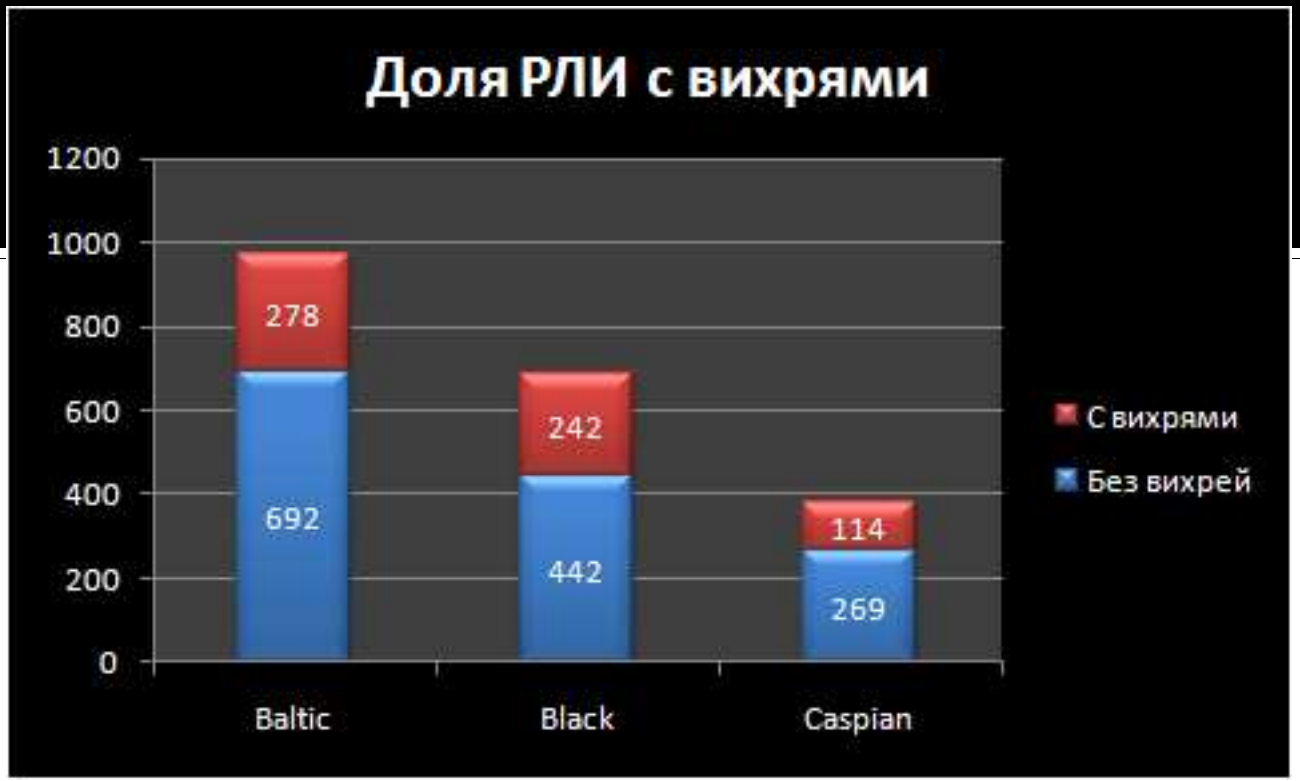
***Таблица**. Распределение имеющихся РЛИ по морям и режимам съемки: верхнее значение – 2009 г., нижнее – 2010 г.*

Sea \ Data mode	Envisat WSM	Envisat IMM	ERS-2 IMM	Total
Baltic	261/506	7/15	53/128	321/649
Black	97/124	156/130	76/101	329/355
Caspian	147/194	14/28	-/-	161/222
Total	**505/824**	**177/173**	**129/229**	**811/1226**

Распределение РЛИ по морям и режимам съемки



Доля РЛИ с вихревыми структурами



Sea	Всего РЛИ	Без вихрей	С вихрями	% с вихрями
Baltic	970	692	278	29
Black	684	442	242	35
Caspian	383	269	114	30

Количество черных и белых вихрей

Sea	Black	White	Total	% of white
Baltic	4397	969	5366	18,1
Black	3079	1227	4306	28,5
Caspian	2215	379	2594	14,6
Total	**9691**	**2575**	**12266**	**21,0**

Среднее количество вихрей на РЛИ

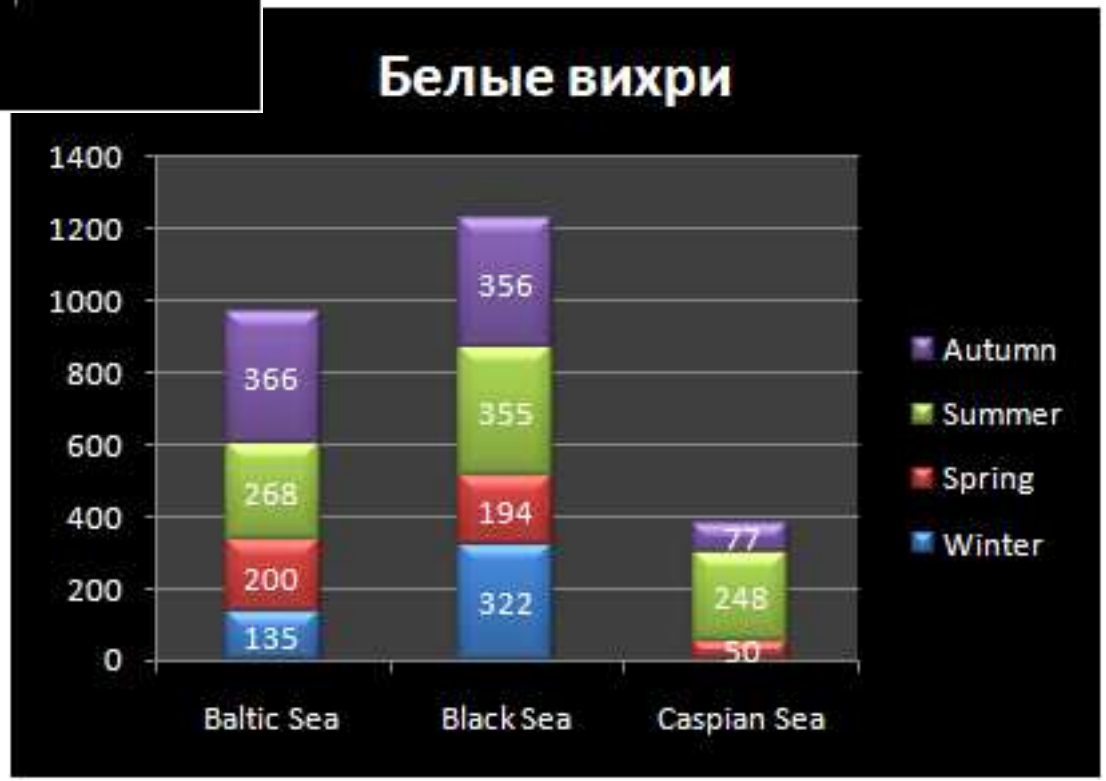
Брутто

Sea	Всего РЛИ	Всего вихрей	Среднее
Baltic	970	5366	5,5
Black	684	4306	6,3
Caspian	383	2594	6,8

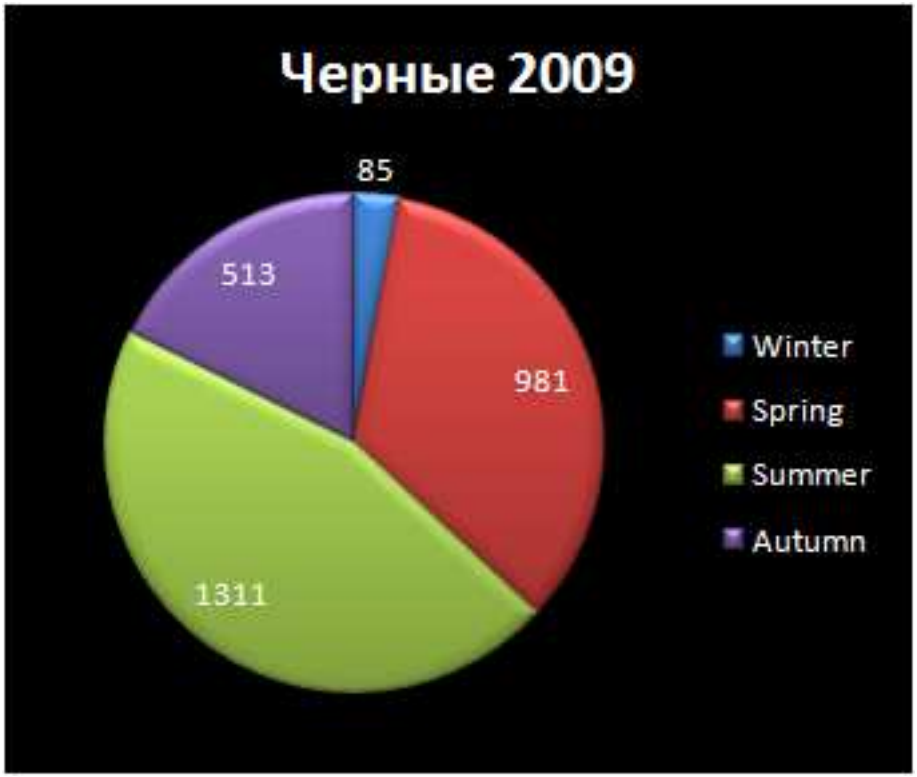
Нетто

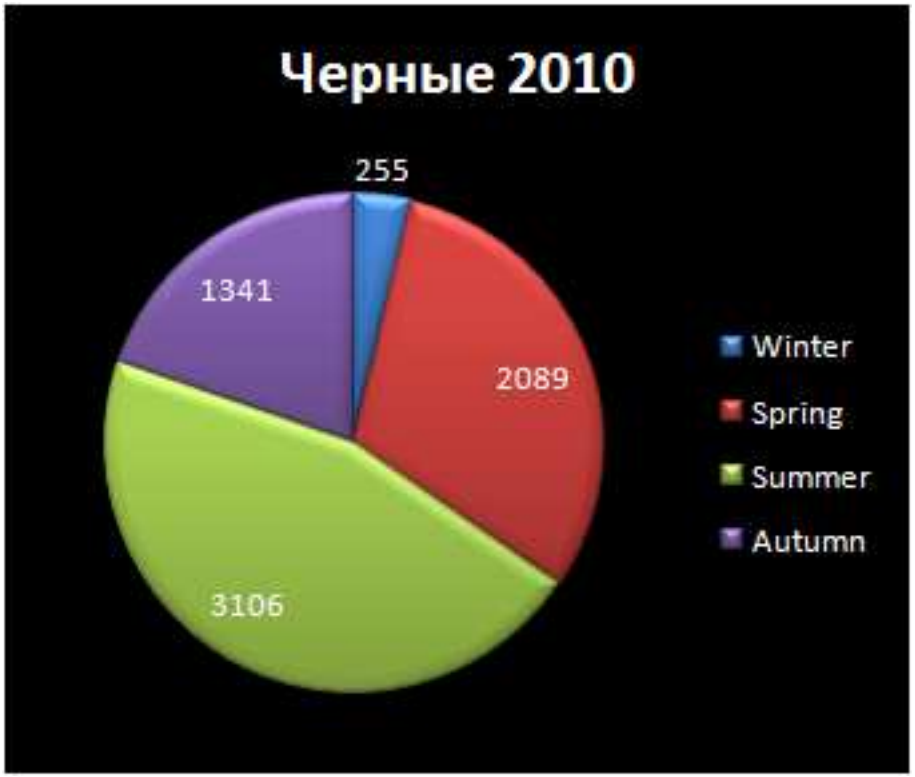
Sea	РЛИ с вихрями	Всего вихрей	Среднее
Baltic	278	5366	19,3
Black	242	4306	17,8
Caspian	114	2594	22,8

Сезонное распределение черных и белых вихрей



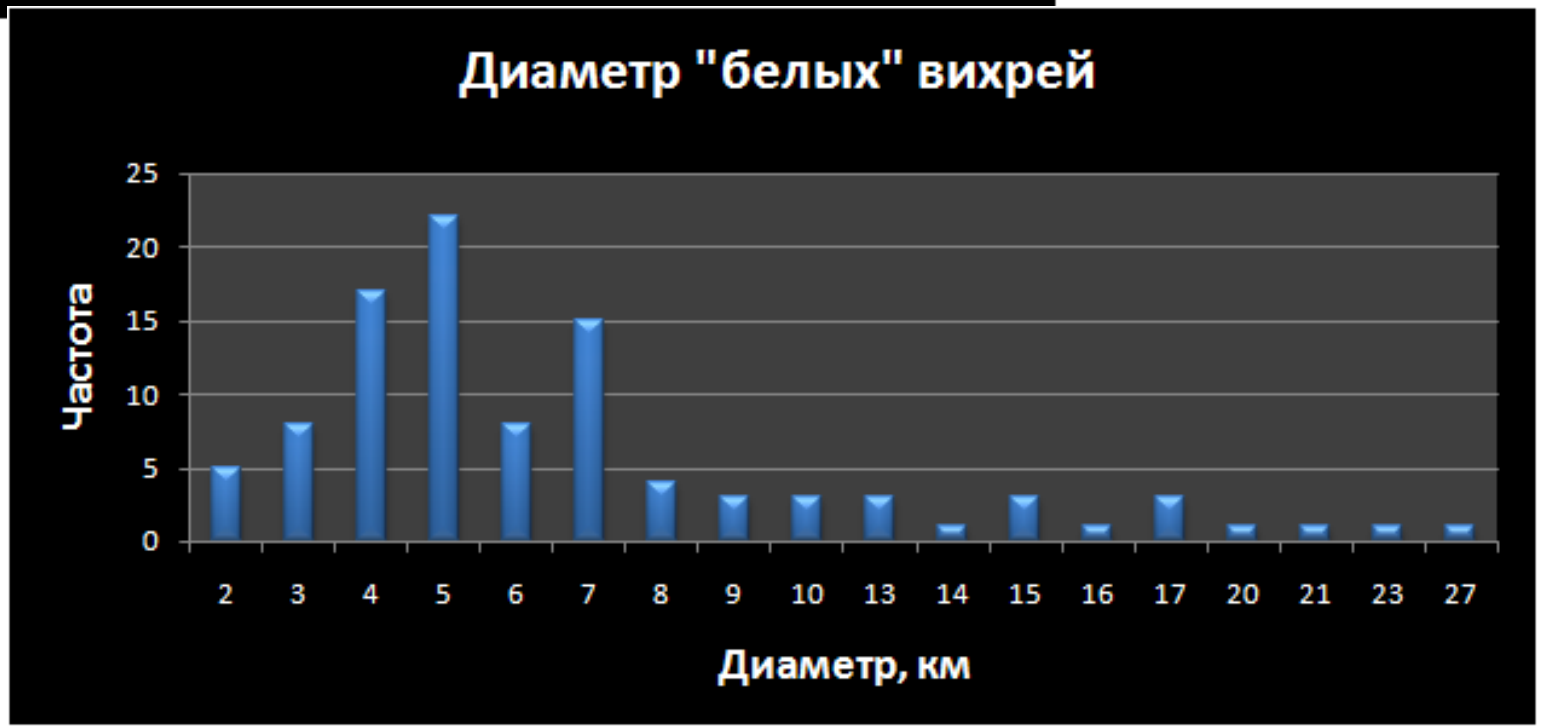
Сезонное распределение черных вихрей





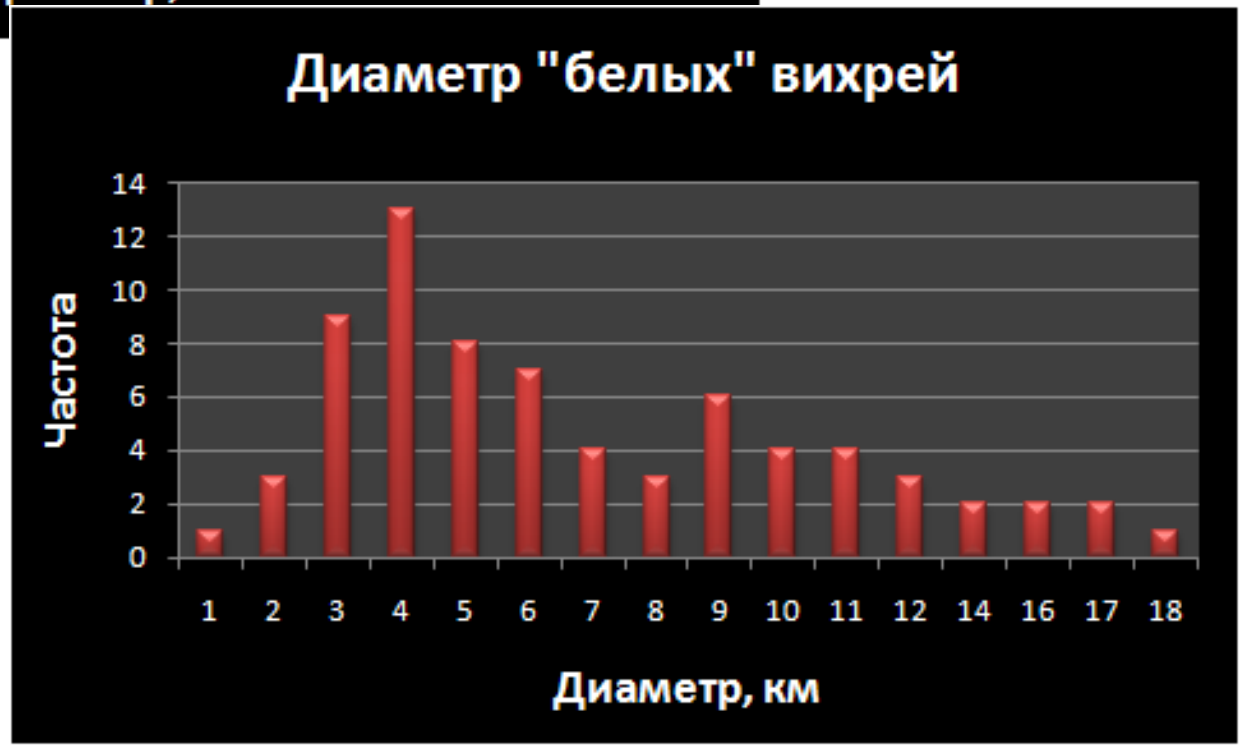
Сезонное распределение белых вихрей

Балтийское море



Диаметр "черных" вихрей
Частота
140
120
100
80
60
40
20
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 25 26 27 28 29 30
Диаметр, км

Черное море


Диаметр "белых" вихрей
Частота
14
12
10
8
6
4
2
0
1 2 3 4 5 6 7 8 9 10 11 12 14 16 17 18
Диаметр, км

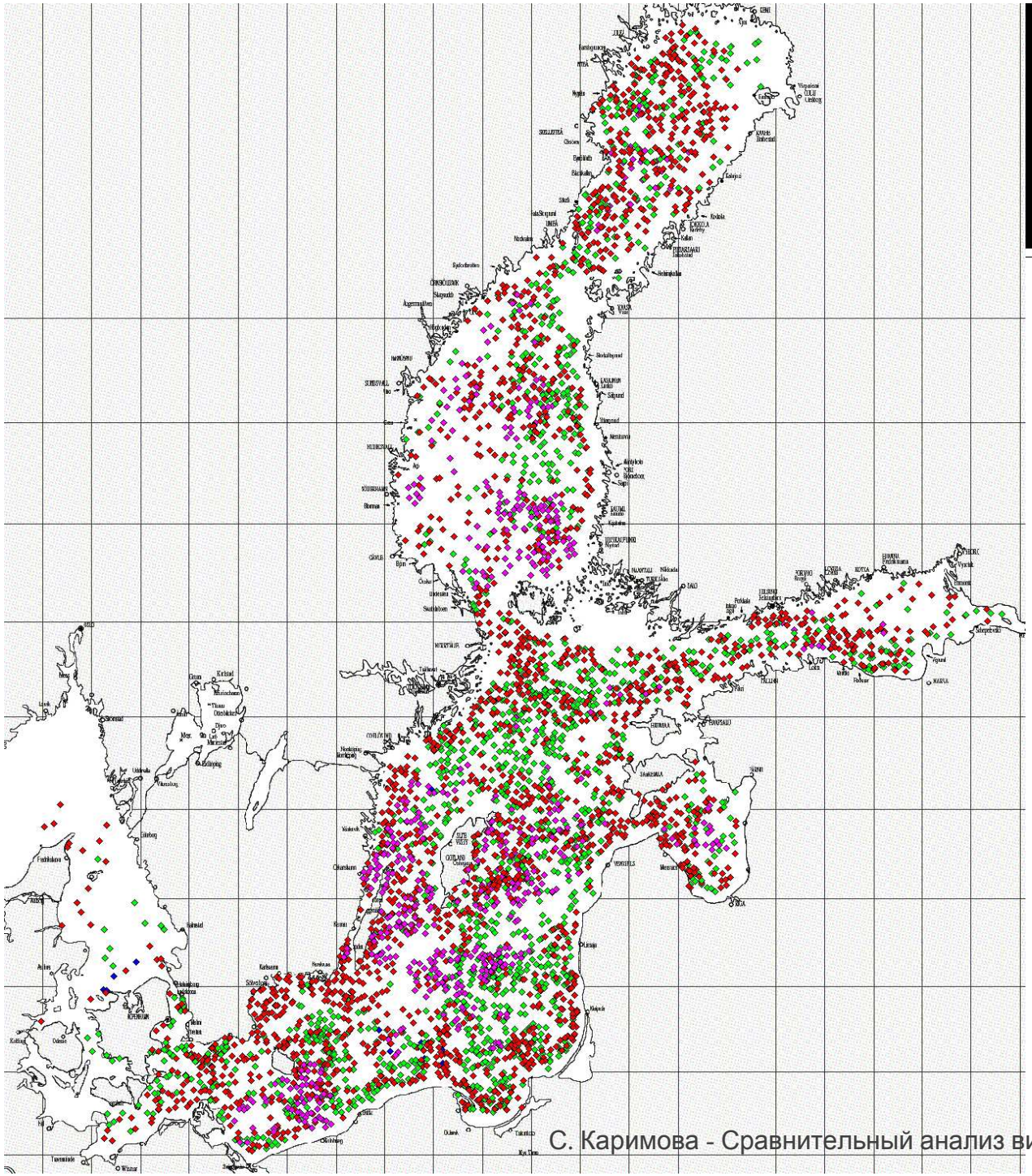
Каспийское море

Сравнение размеров

Таблица. Характерный размер вихрей Балтийского, Черного и Каспийского морей (км)

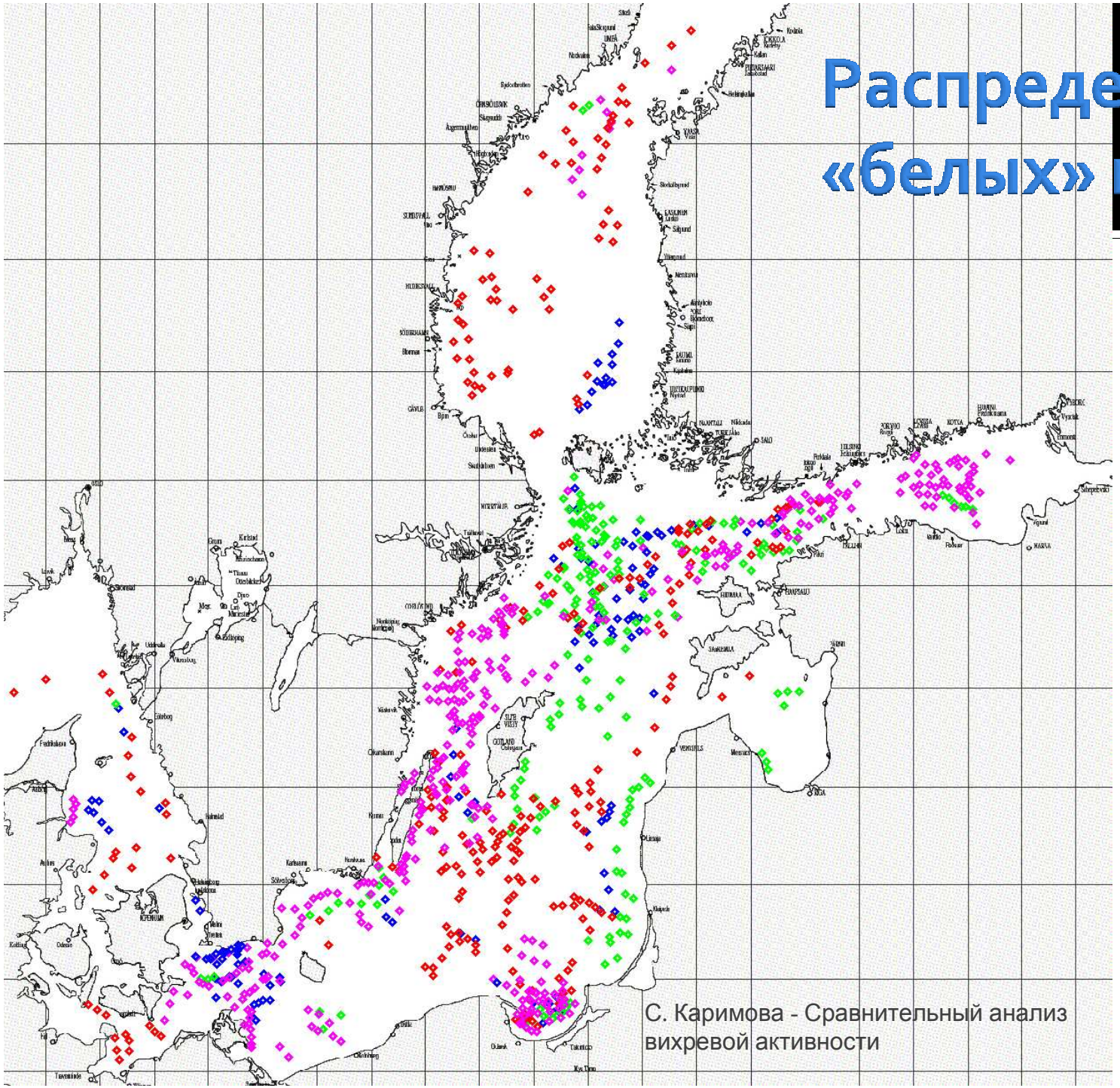
Sea	'Black' eddies	'White' eddies
Baltic	4	5
Black	5	4
Caspian	5	7

Распределение «черных» вихрей



- Зима
- Весна
- Лето

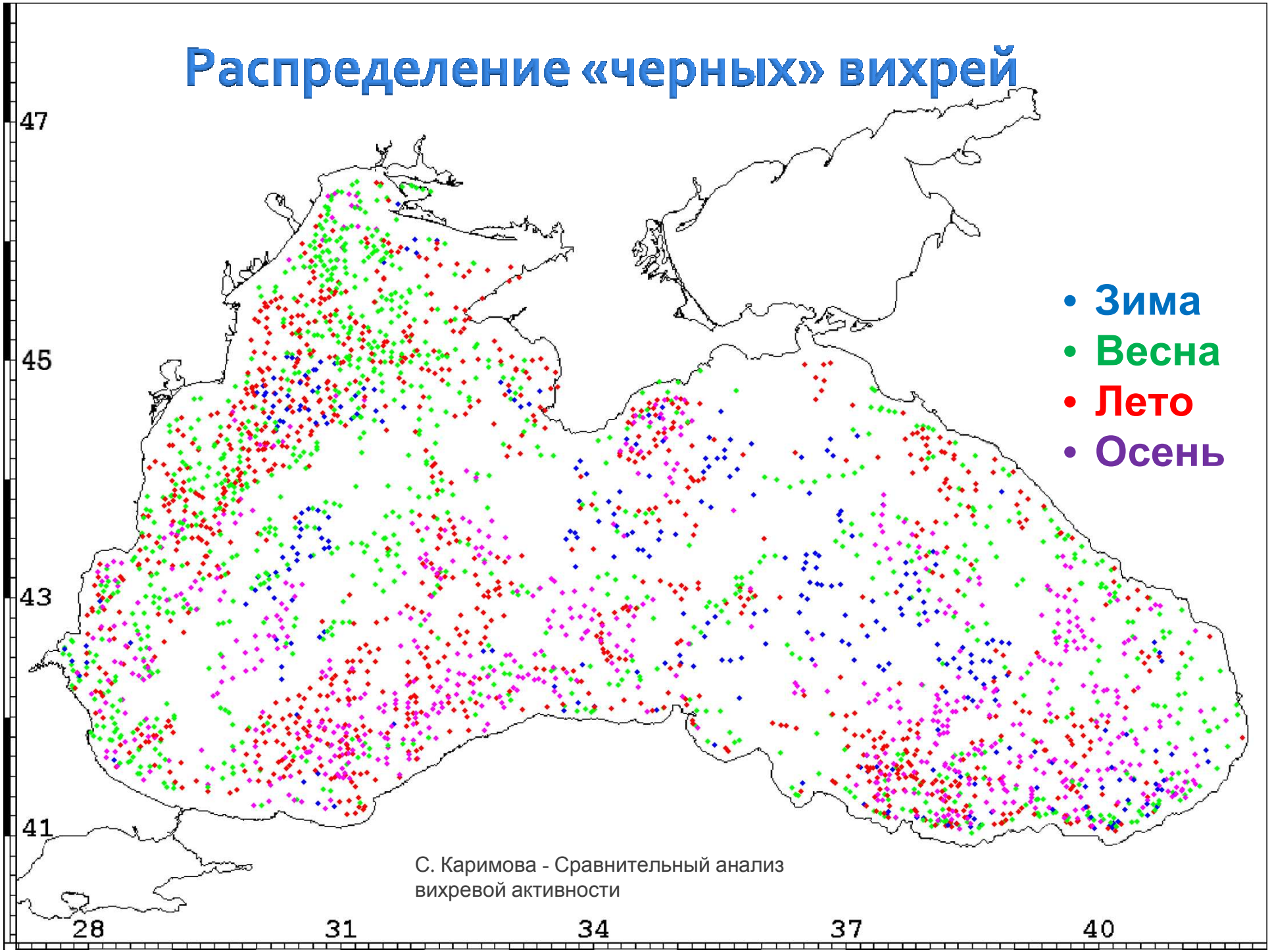
Распределение «белых» вихрей



С. Каримова - Сравнительный анализ вихревой активности

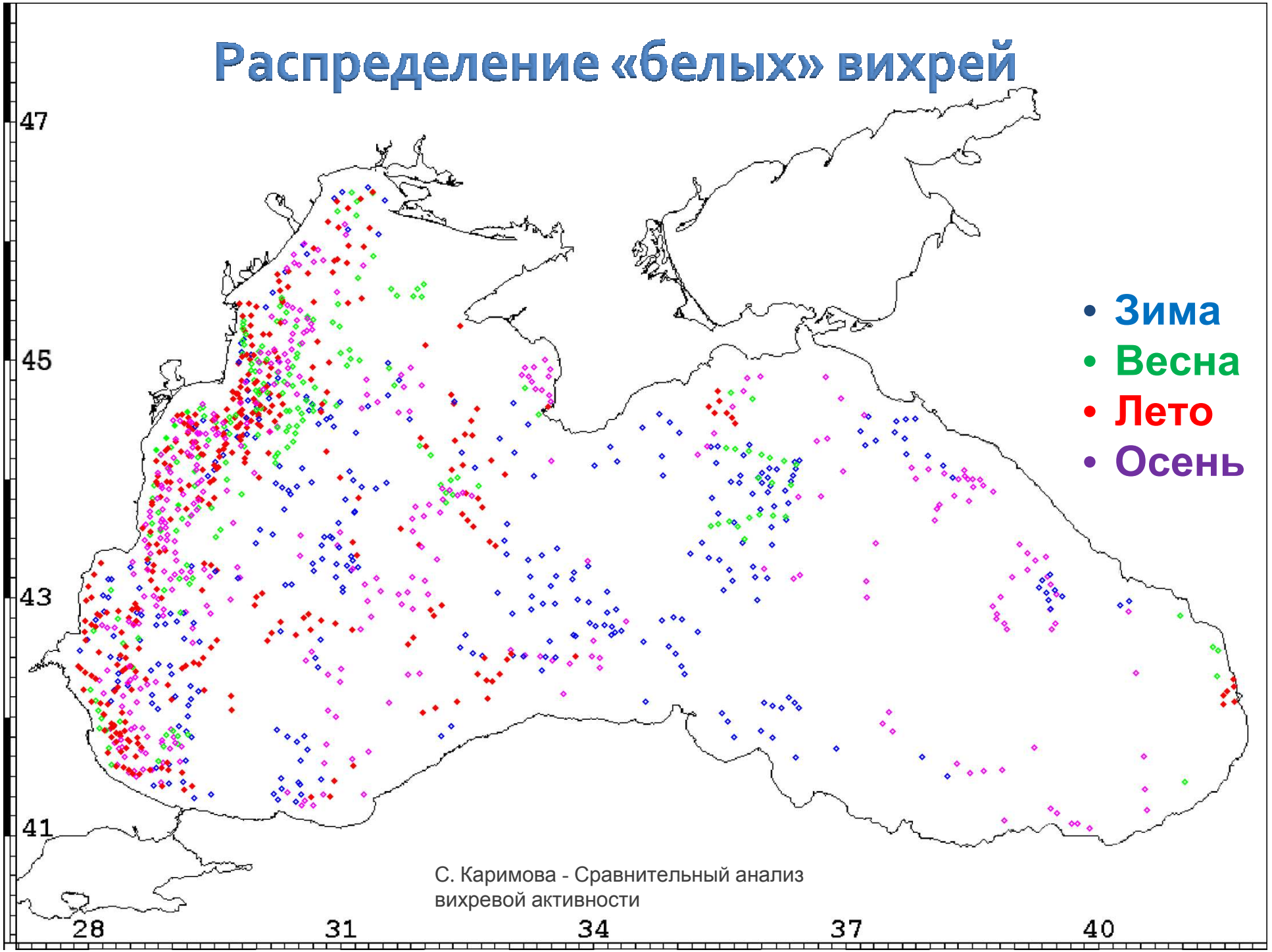
- Зима
- Весна
- Лето
-

Распределение «черных» вихрей

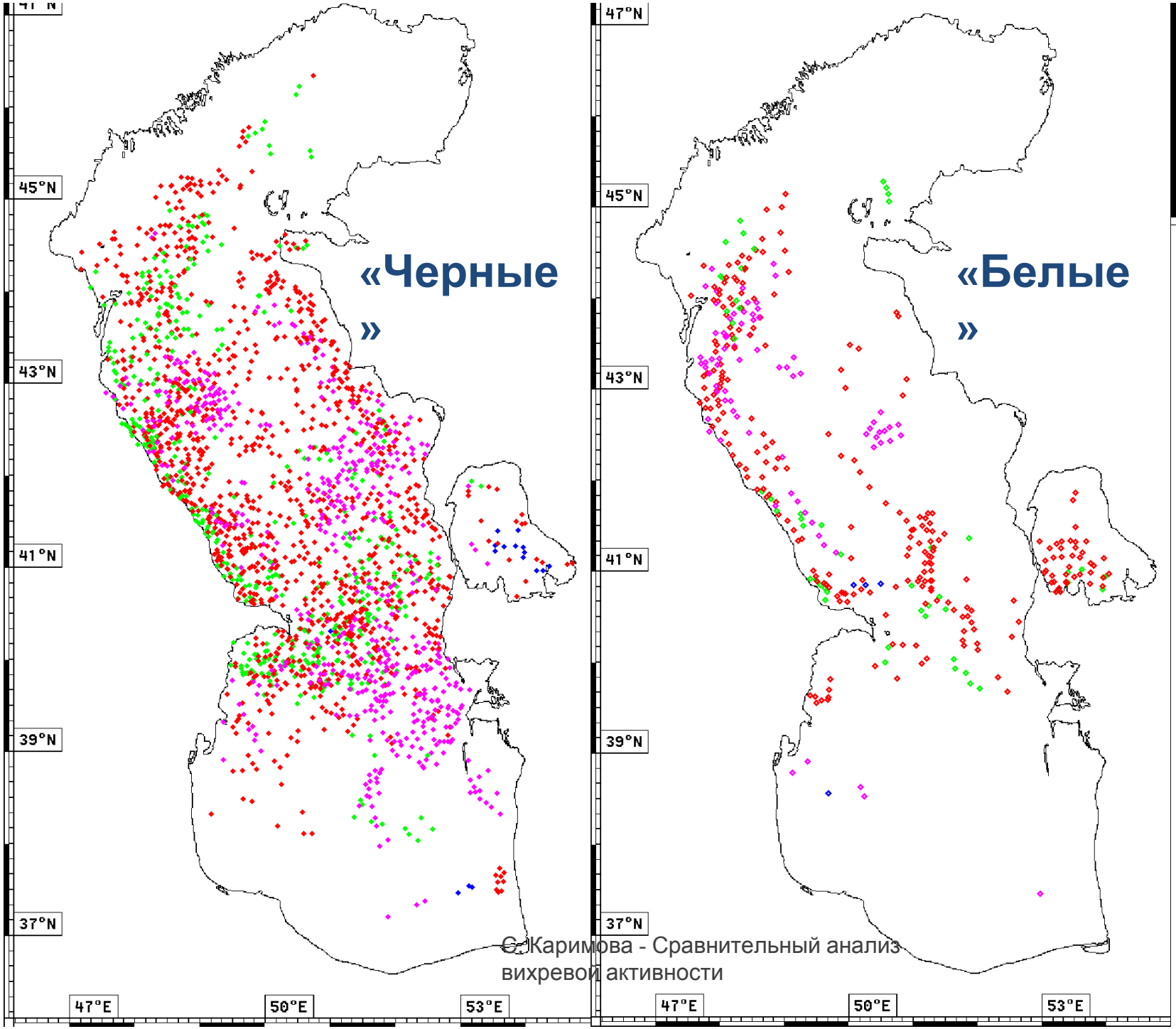


С. Каримова - Сравнительный анализ вихревой активности

Распределение «белых» вихрей



С. Каримова - Сравнительный анализ вихревой активности


«Черные »
«Белые »
47°N
45°N
43°N
41°N
39°N
37°N
47°E
50°E
53°E
• Зима
• Весна
• Лето

Заключение

- Количество вихревых структур, обнаруженных на РЛИ Балтийского, Черного и Каспийского морей, прямо пропорционально количеству проанализированных изображений
- Доля «белых» вихрей составила от 14,6% (Каспийское море) до 28,5% (Черное море)
- «Черные» вихри обнаруживаются преимущественно в весенне-летний сезон, а «белые» - в осенне-зимний и летний
- Характерный размер «черных» вихрей составил 4-5 км, «белых» – 4-7 км
- Выявлены особенности пространственно-временного распределения вихревых структур в исследуемых морях, наиболее выраженным из которых является тяготение «белых» вихрей к областям интенсивных преимущественно дрейфовых течений, к которым относятся участки акваторий вдоль западных побережий морей, а также некоторые узости (Балтийское море)
- Причины выявленных закономерностей требуют дальнейших исследований