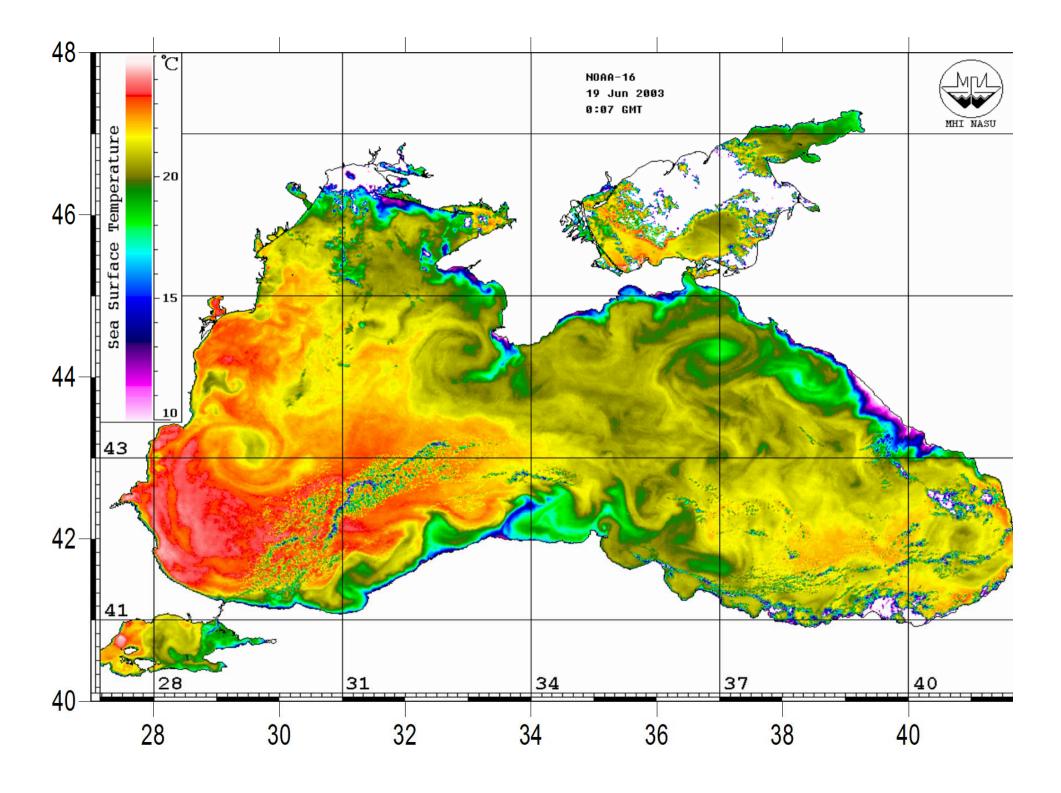
# Спутниковые ИК-методы определения температуры морской поверхности

### разделы

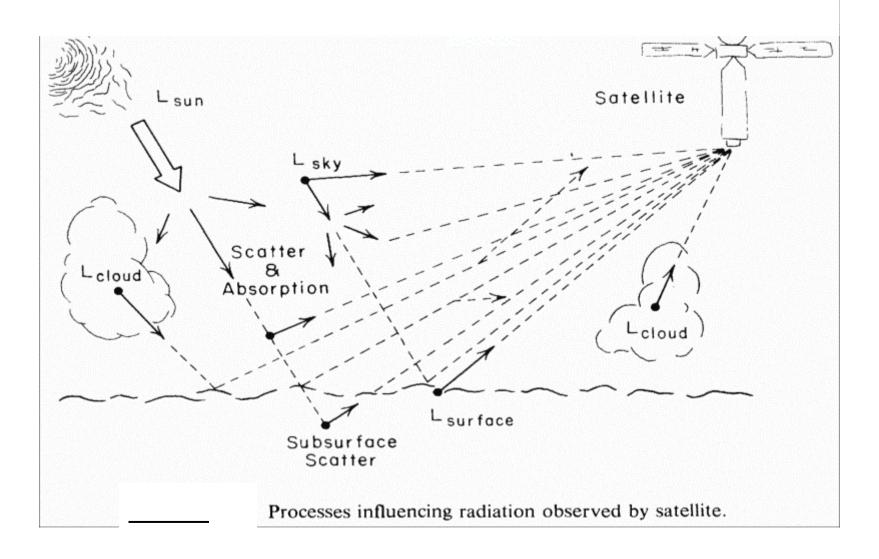
- Основные принципы зондирования в ИК диапазоне.
- Проблемы восстановления ТПО
- Спутниковые радиометрические системы
- Примеры применения спутниковых данных
- Архивы и инструменты для обработки спутниковых данных.

### **Bands of the electromagnetic waves for Ocean Remote Sensing**

OPTICAL	0.4 –0.7 μm	Energy source – SUN
NEAR INFRARED	0.7-3 μm	Energy source – SUN
INFRARED	3-20 μm	Energy source - Own thermal radiation
MICROWAVE	0.1 – 10 sm	Energy source - Own thermal radiation or active location
RADIOWAVES	0.1 –10 m	Energy source – active location

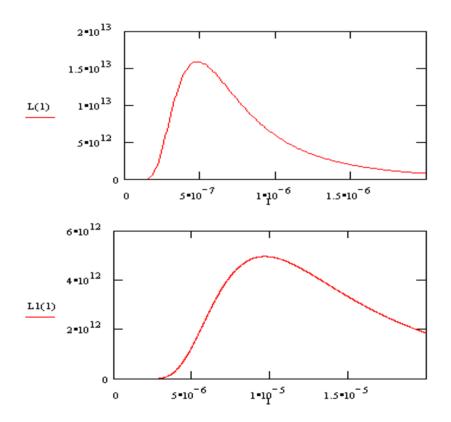


### Radiation formation in the Ocean-atmosphere system



$$B_{\lambda}(T) = rac{2hc^2}{\lambda^5} rac{1}{e^{rac{hc}{\lambda kT}} - 1}$$

вт/(м \*рад\* м²)



### Функция Планка

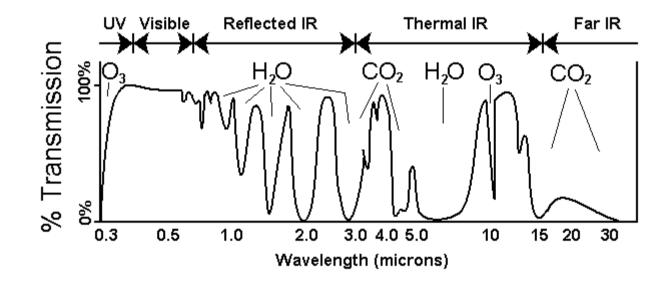
T=6000 K Sun temperature

 $\lambda$ , m

T=300 K Earth temperature

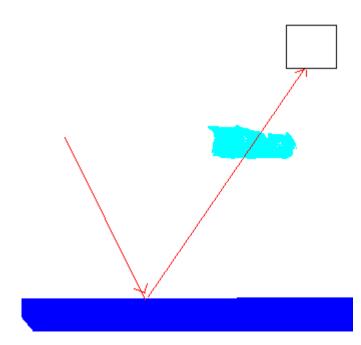
λ, m

### Пропускание атмосферы



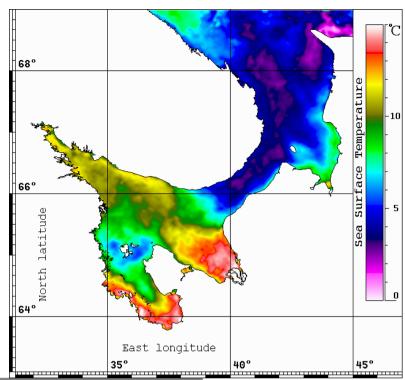
### Уравнение переноса

$$B(T) := B(Ts) \cdot P(0,z0) \cdot \varepsilon + \int_{0}^{z0} B(T(z))dP(z,z0) + \left(1-\varepsilon\right) \cdot \int_{z0}^{0} B(T(z))dP(z0,z)$$

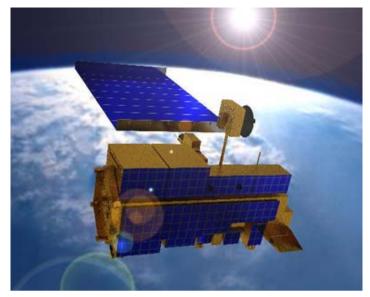


#### **AVHRR NOAA c 1985**

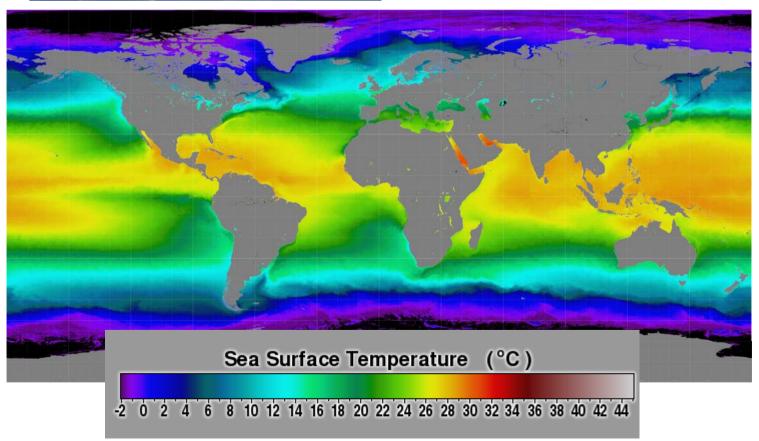




Channe I Number	Resolution at Nadir	Wavelength (μm)	Typical Use
1	1.09 km	0.58 - 0.68	Daytime cloud and surface mapping
2	1.09 km	0.725 - 1.00	Land-water boundaries
3A	1.09 km	1.58 - 1.64	Snow and ice detection
3B	1.09 km	3.55 - 3.93	Night cloud mapping, sea surface temperature
4	1.09 km	10.30 - 11.30	Night cloud mapping, sea surface temperature
5	1.09 km	11.50 - 12.50	Sea surface temperature



MODIS – 36 каналов в оптическом и ИК диапазоне с разрешением 250-1000м AQUA TERRA Спутники



#### ГЕОСТАЦИОНАРНЫЙ EUMETSAT



#### SEVIRI Instrument Channels,

CO<sub>2</sub>)

Visible band centred on 0.6µm - Channel 1 (VIS 0.6)
Visible band centred on 0.8µm - Channel 2 (VIS 0.8)
Near-infrared band centred on 1.6µm - Channel 3 (IR 1.6)
Infrared band centred on 3.9µm - Channel 4 (IR 3.9)
Water Vapour band centred on 6.2µm - Channel 5 (WV 6.2)
Water Vapour band centred on 7.3µm - Channel 6 (WV 7.3)
Infrared band centred on 8.7µm - Channel 7 (IR 8.7)
Ozone band centred on 9.7µm - Channel 8 (IR 9.7: O3)
Infrared band centred on 10.8µm - Channel 9 (IR 10.8)
Infrared band centred on 12.0µm - Channel 10 (IR 12.0)
Carbon Dioxide band centred on 13.4µm - Channel 11 (IR 13.4:

Broadband high-resolution visible band - Channel 12 (HRV)

#### Landsat ETM

#### ETM+ Bands

Band Number	μm	Resolution
1	0.45-0.515	30 m
2	0.525-0.605	30 m
3	0.63-0.69	30 m
4	0.75-0.90	30 m
5	1.55-1.75	30 m
6	10.4-12.5	60 m
7	2.09-2.35	30 m
8	0.52-0.9	15 m

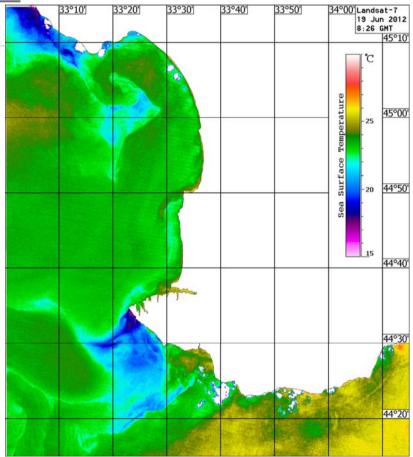
#### **ETM+ TECHNICAL SPECIFICATIONS**

Sensor type: opto-mechanical

Spatial Resolution: 30 m (60 m - thermal, 15-m pan) Spectral Range: 0.45 - 12.5 µm Number of Bands: 8

Temporal Resolution: 16 days Image Size: 183 km X 170 km

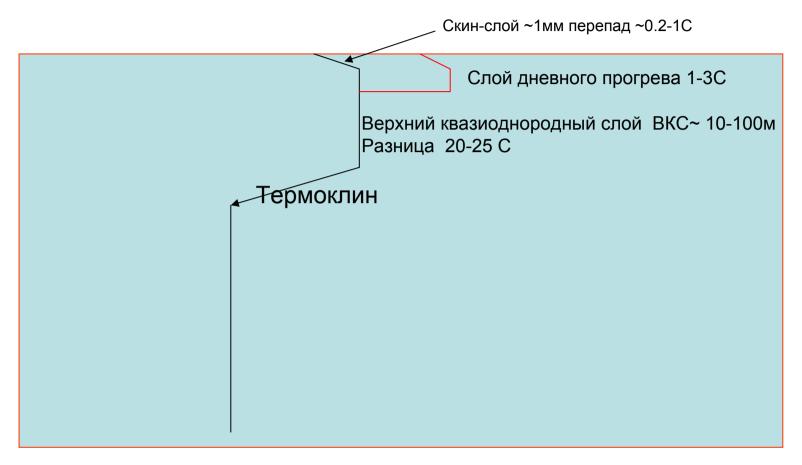
Swath: 183 km Programmable: yes



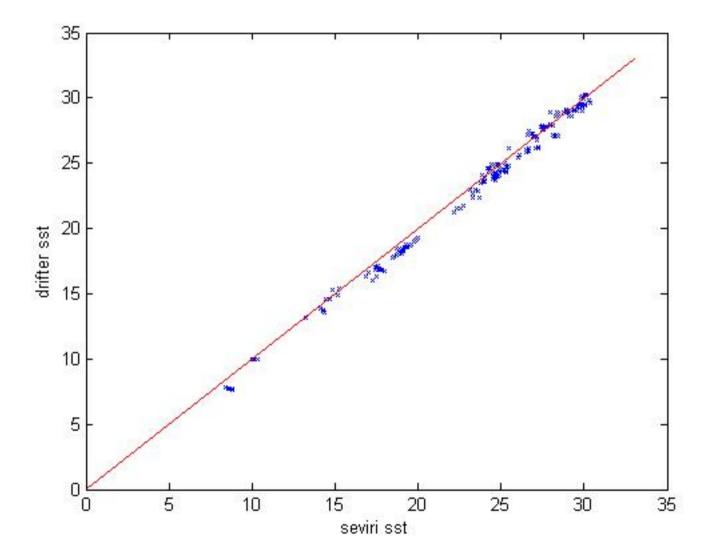
Многоканальные методы восстановления температуры, компенсации искажающего влияния атмосферы

- Методики базируются на использовании двух или трёх спектральных интервалов с различным пропусканием в атмосфере
- $T\Pi O = a*T11+b*T12 + c$
- Коэффициенты подбираются эмпирически для различных приборов при сопоставлении с контактными измерениями

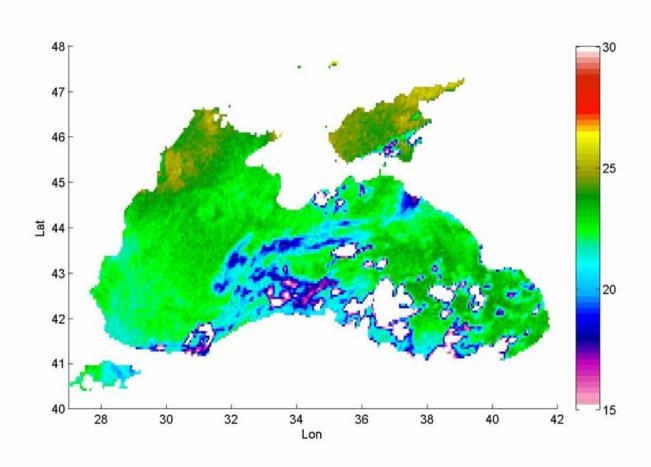
#### Профиль температуры в океане



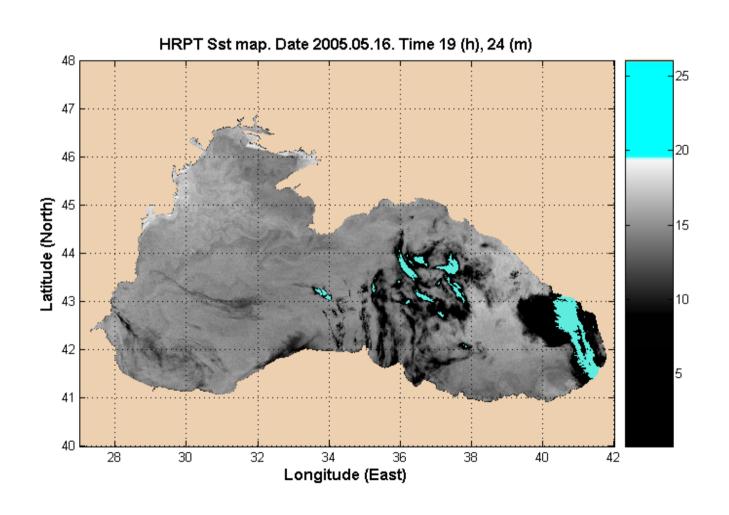
ИК излучение формируется в слое 0.1 мм Датчики температуры при контактных измерениях находятся в ВКС

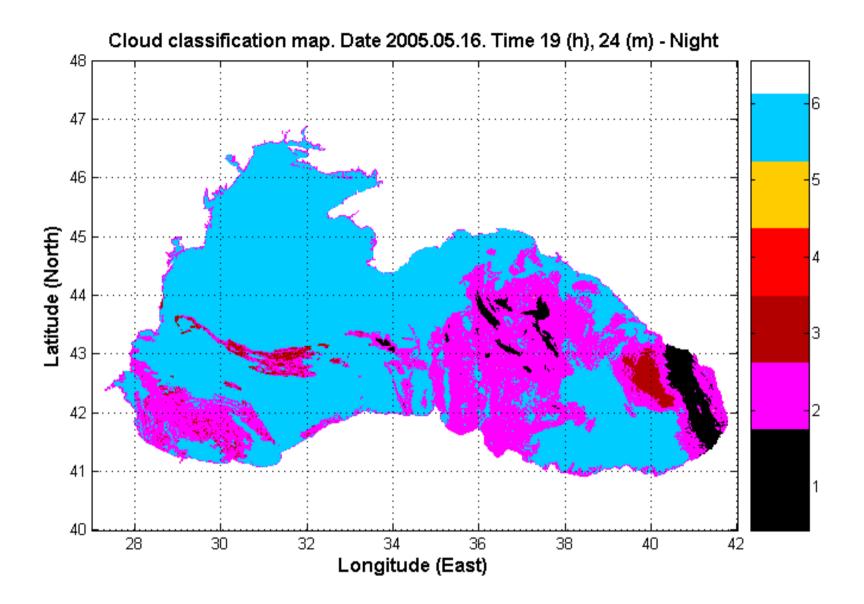


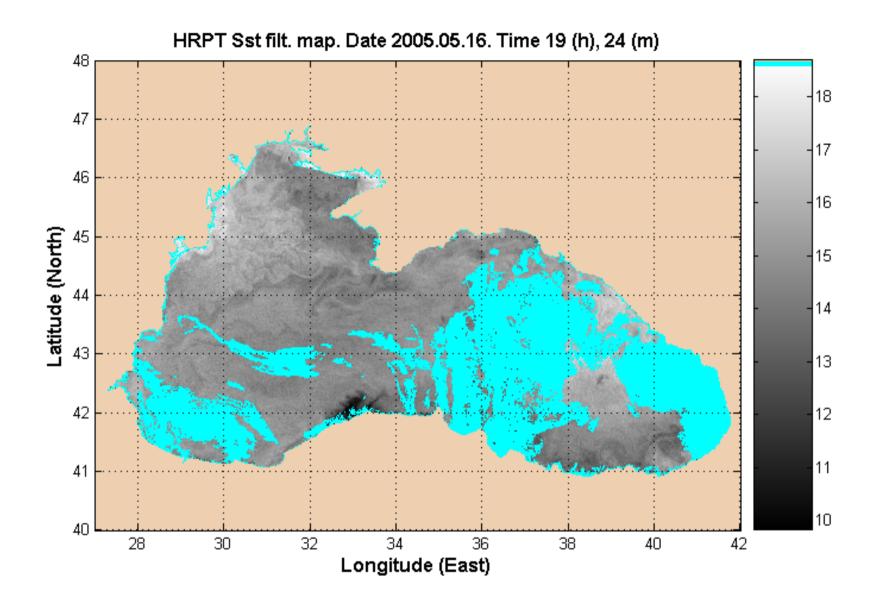
# **SEVIRI**

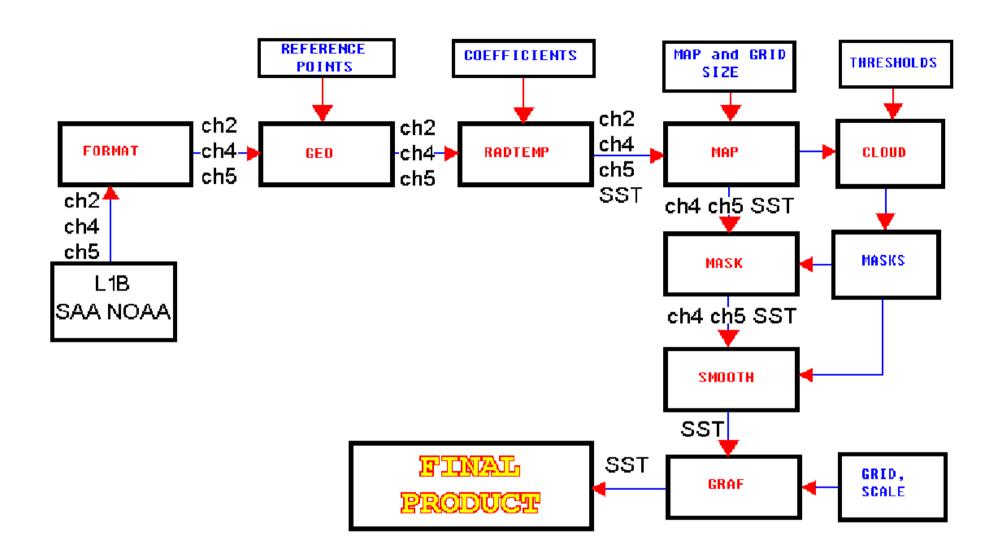


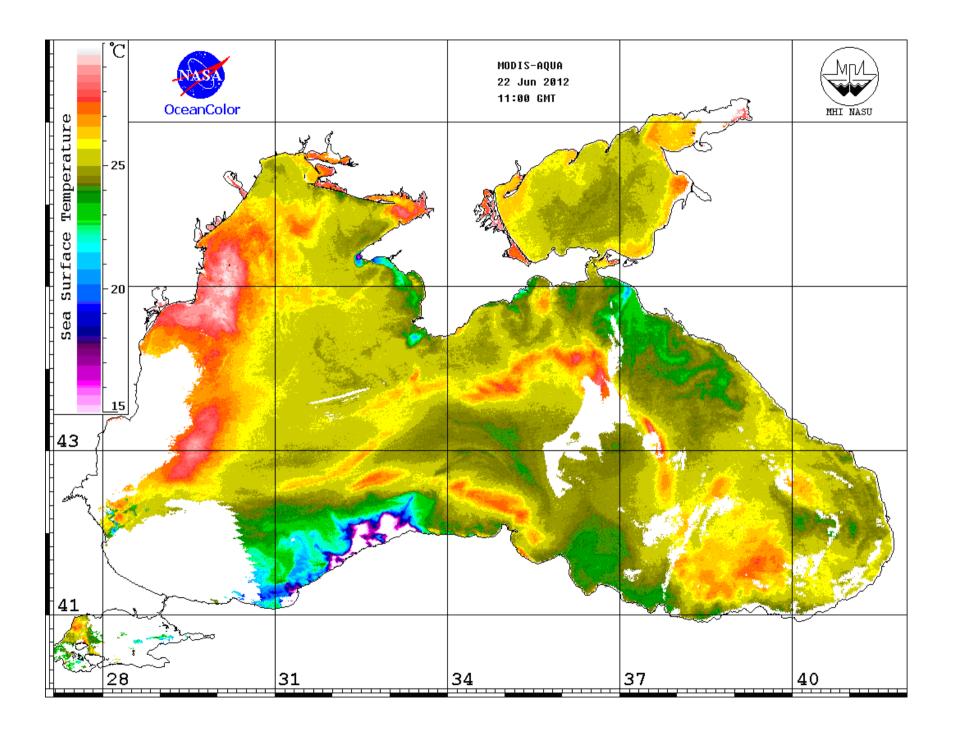
# Фильтрация облаков

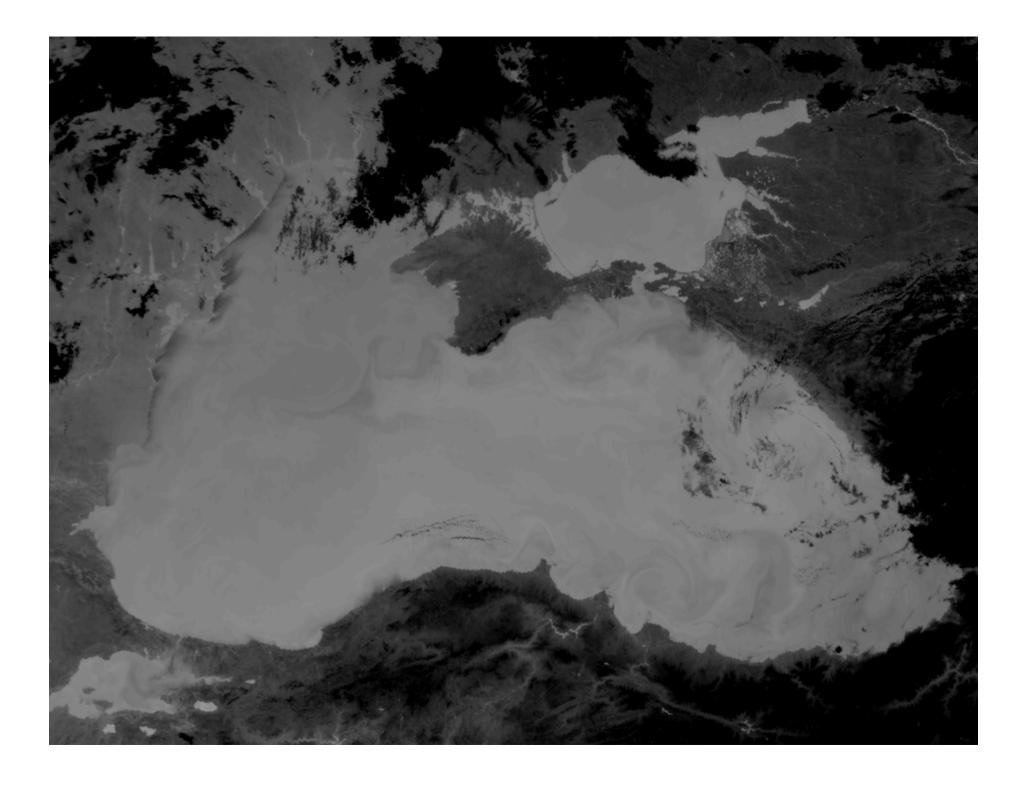


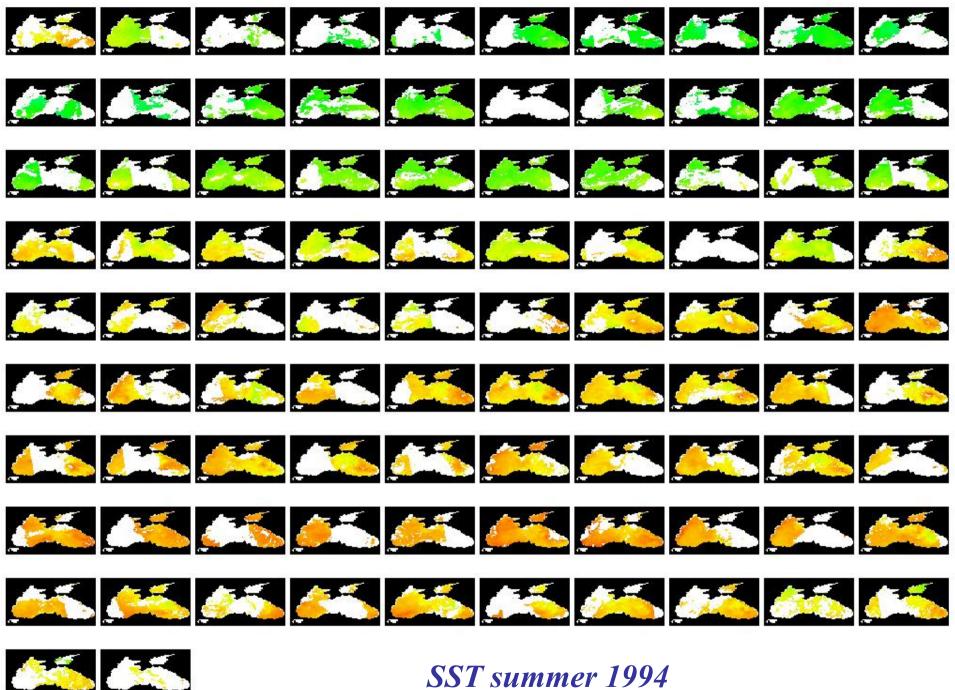




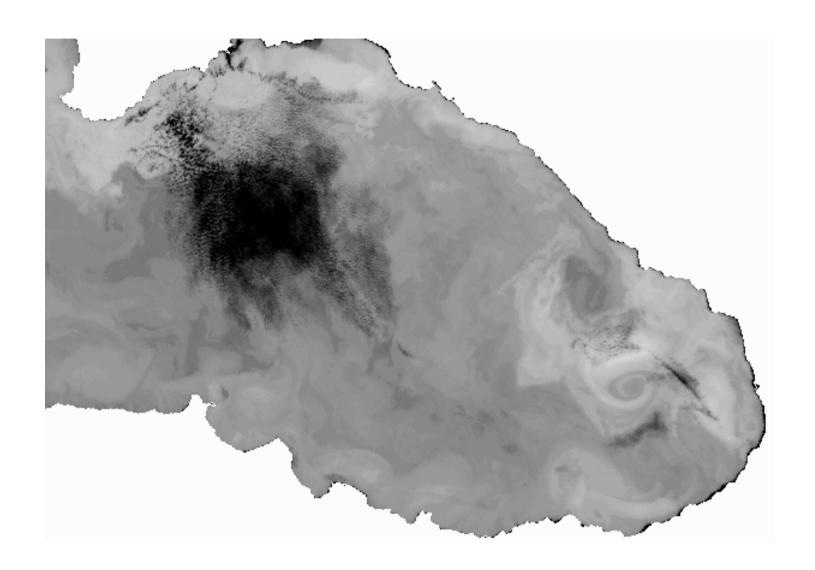


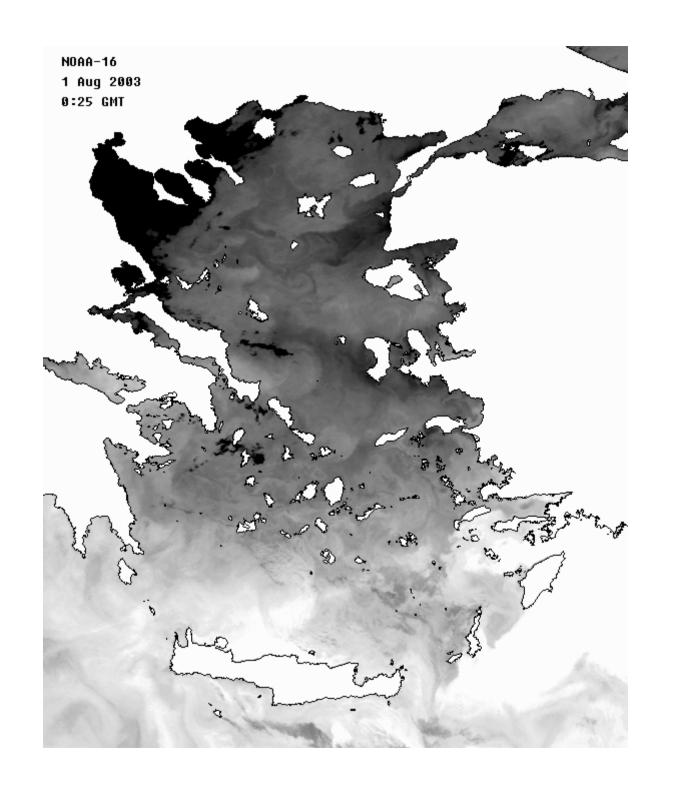


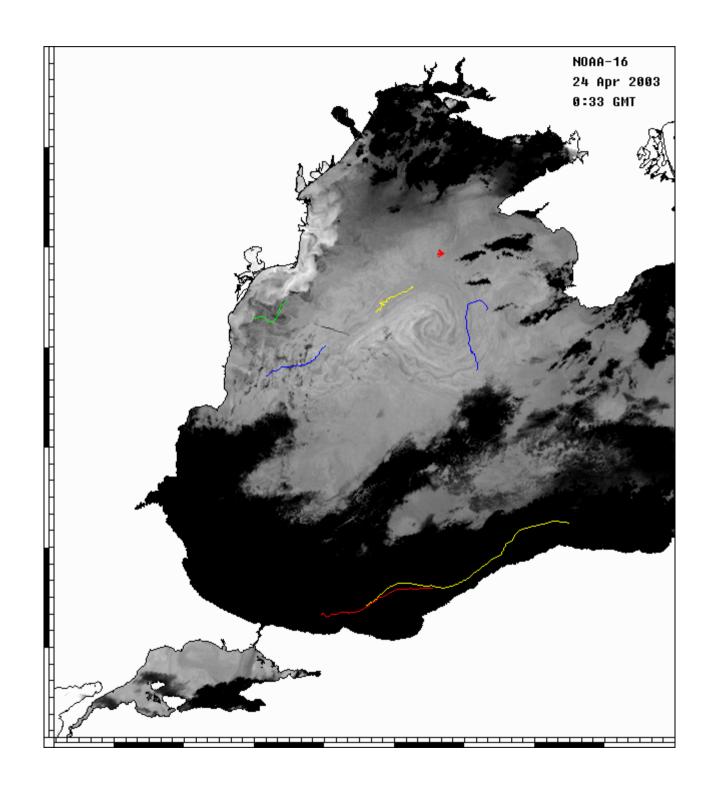


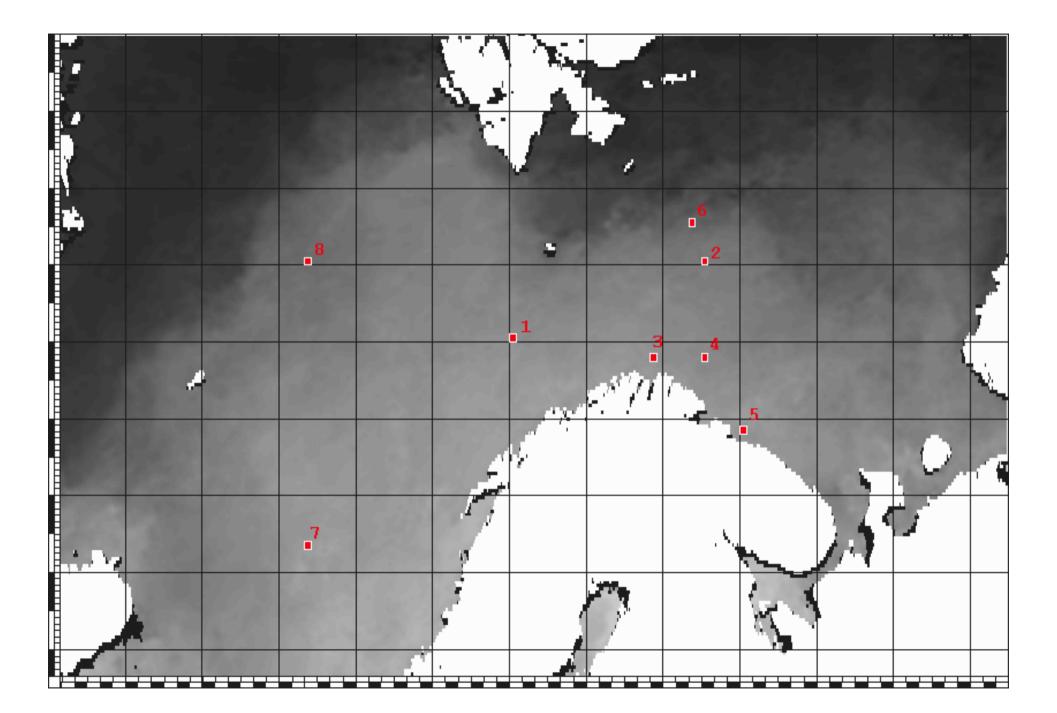


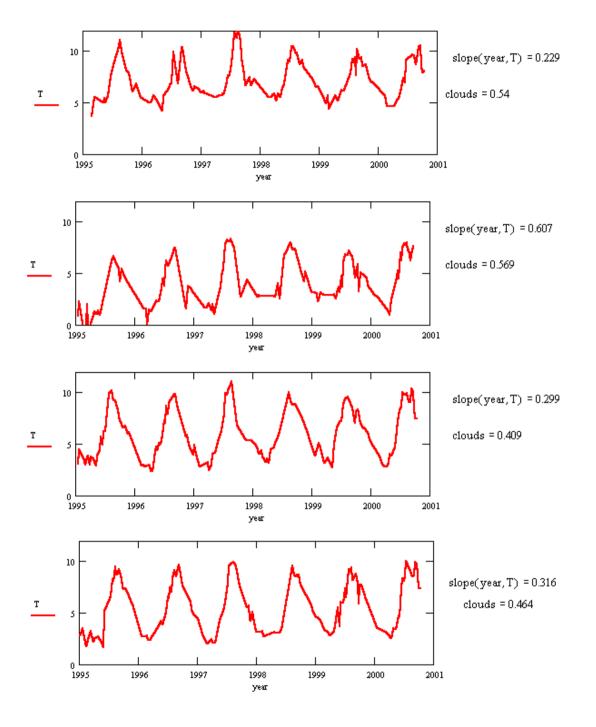
SST summer 1994

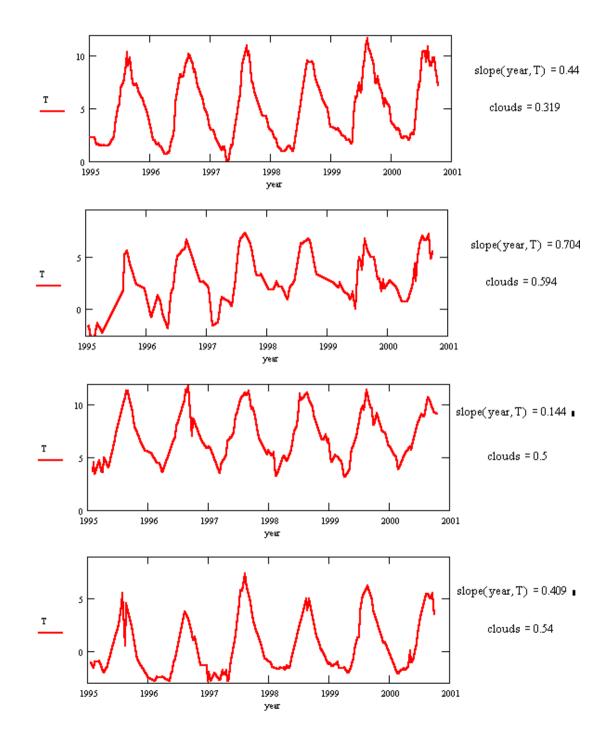




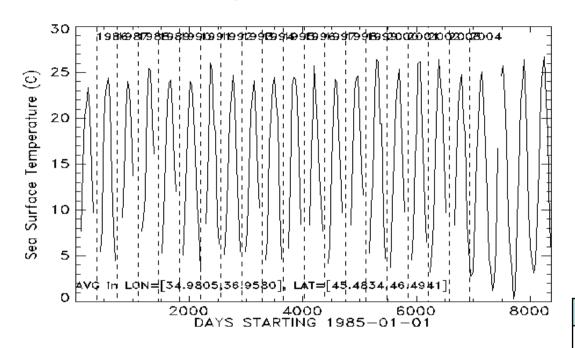






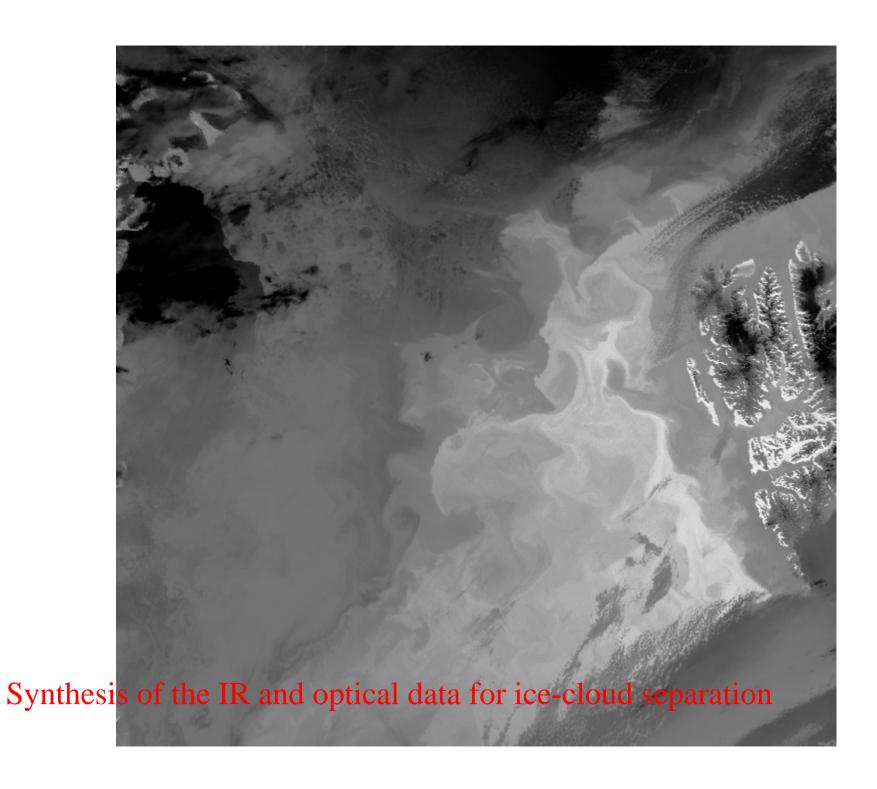


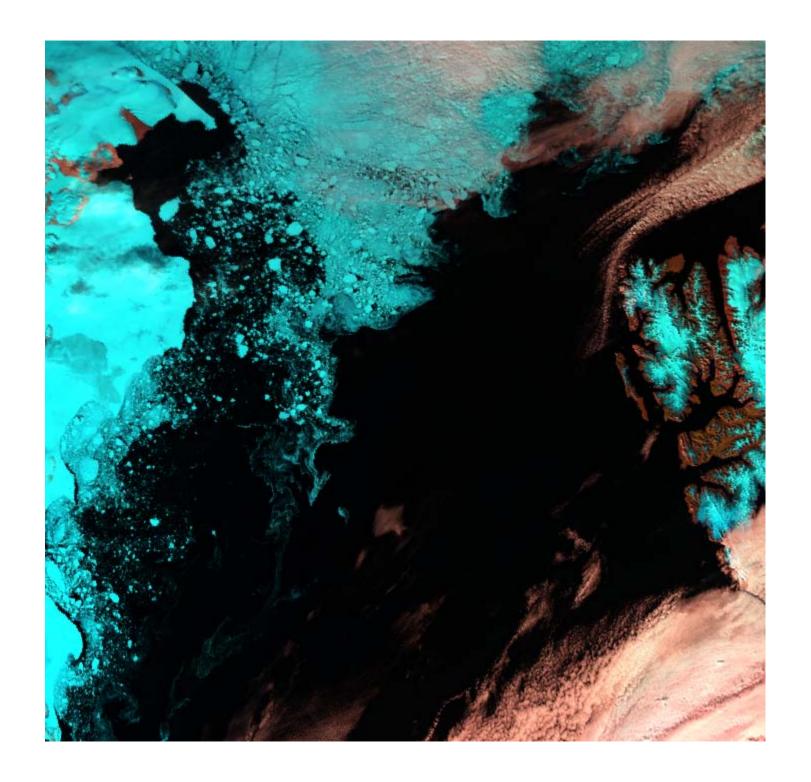
# Временные ряды за период с 1985 по 2008 года для центральной части Азовского моря.

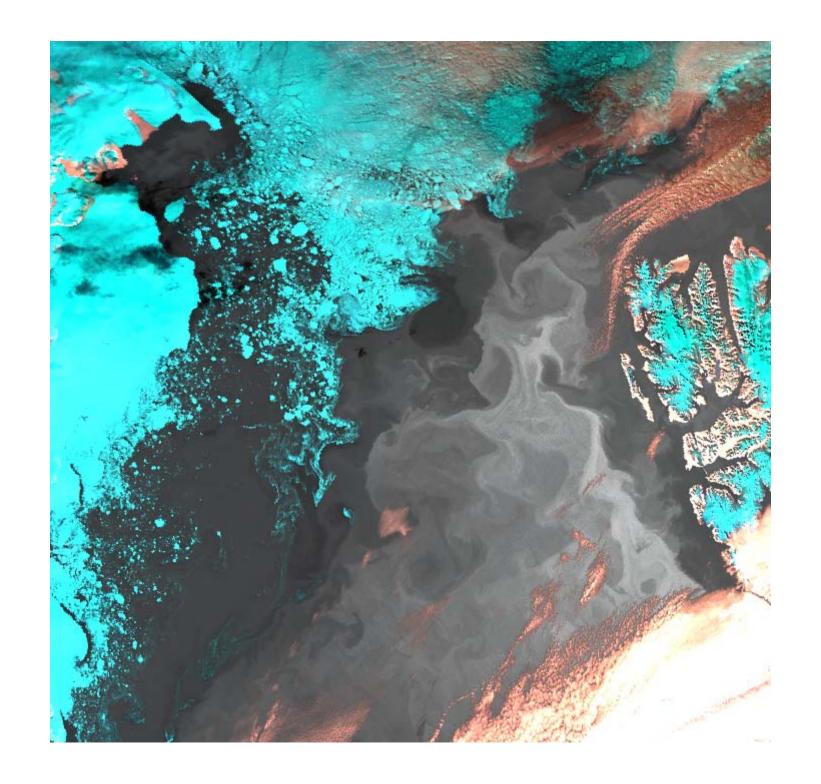


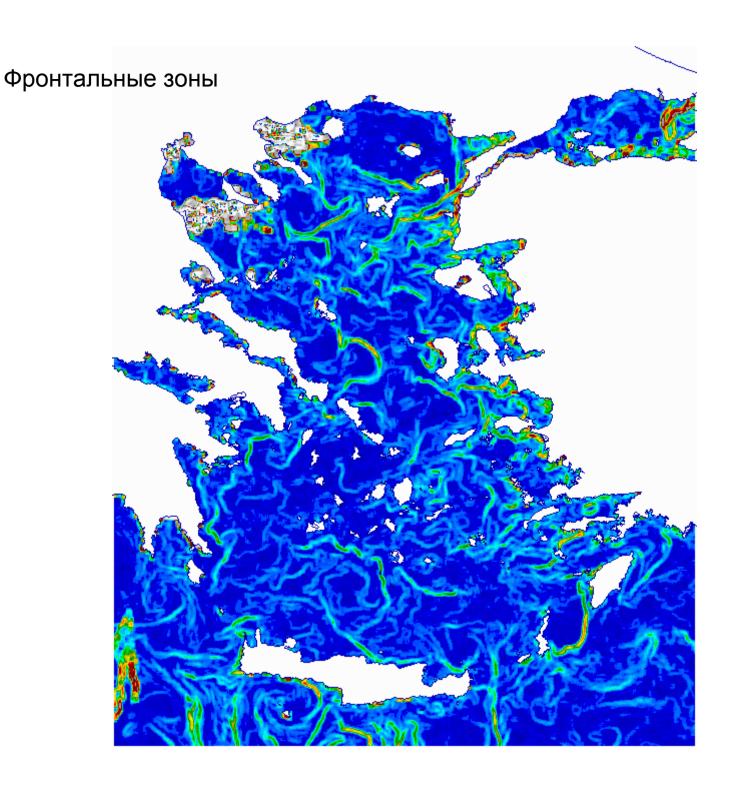
Межгодовая изменчивость

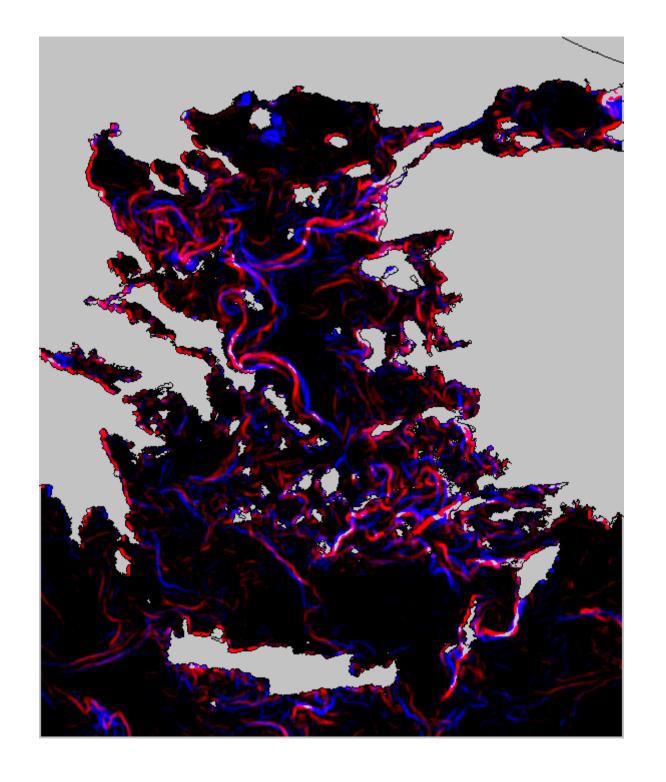
Месяц	Тренд
Март	-0.149
Апрель	-9.881*10 <sup>5</sup>
Май	0.063
Июнь	0.032
Июль	0.07
Август	0.098
Сентябрь	0.054
Октябрь	0.153

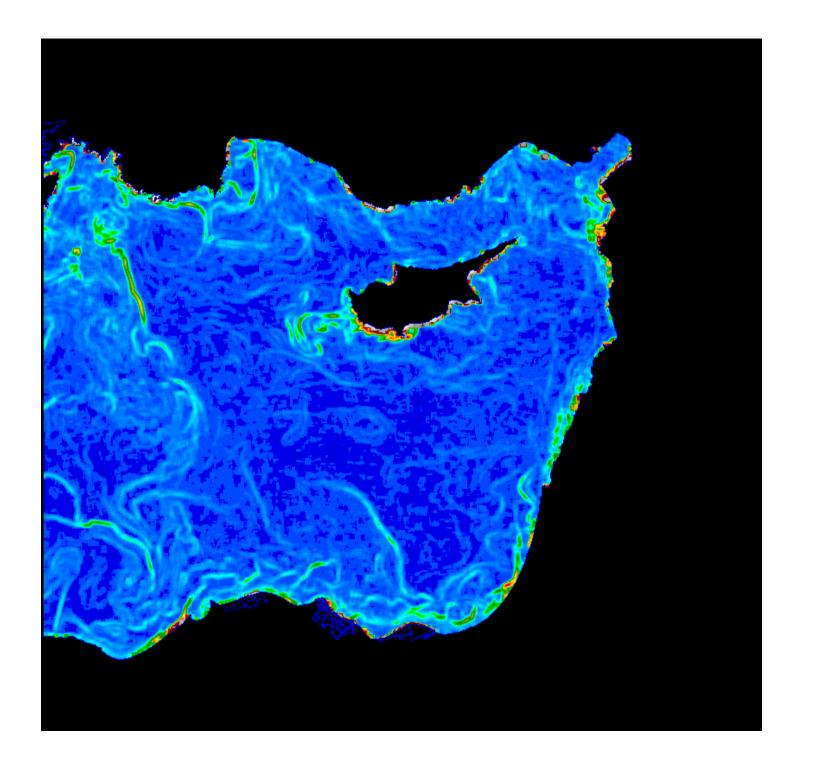


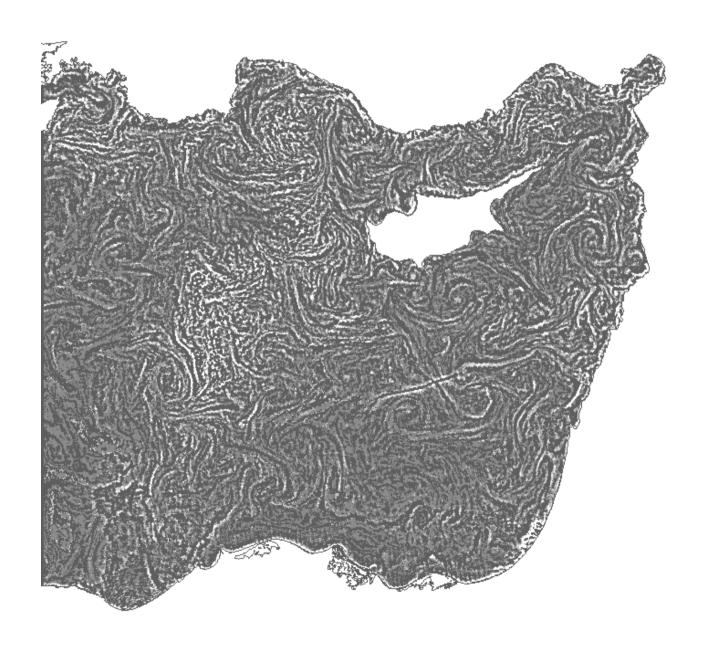


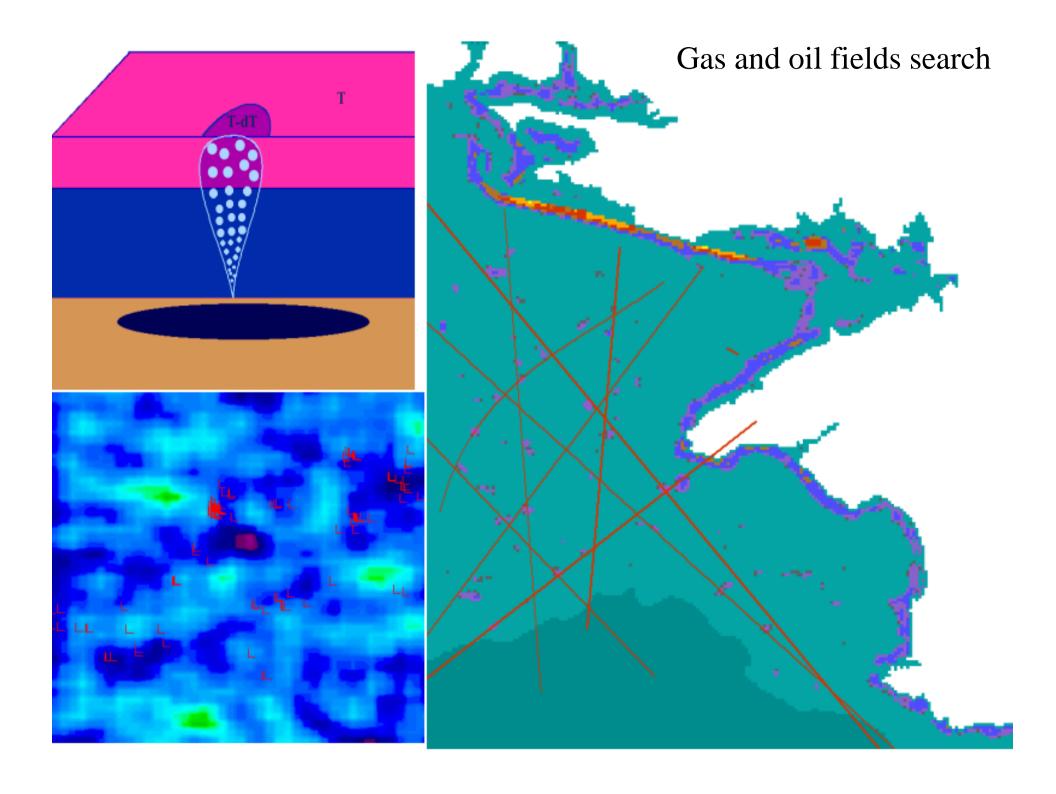












# Thank You

#### SSTANICHNY@MAIL.RU



