

Сравнительная оценка существующих и перспективных методов исследования в области мониторинга и прогнозирования мезомасштабных циклонических вихрей, включая полярные циклоны

Заболотских Е.В.¹, Митник Л.М.²,
Бобылев Л.П.¹

¹Научный фонд "Международный Центр по Окружающей Среде и Дистанционному Зондированию имени Нансена" (фонд "Нансен-Центр")
Россия, Санкт-Петербург

²Тихоокеанский Океанологический Институт им. В.И.Ильичева, ДВО РАН,
Россия, Владивосток

Полярные циклоны

Основные характеристики:

- Полярные циклоны - короткоживущие, но интенсивные мезомасштабные погодные системы, наблюдаемые над холодными водами океана к полюсу от основной бароклинной зоны.
- Размеры - от 100 до 1000 км
- Скорость ветра > 15 м/с
- Время жизни - от 3 часов до 2 суток

Полярные циклоны

Основные характеристики:

- Типично морское явление: быстро диссипируют над сушей и надо льдом
- Характерны для зимнего времени года

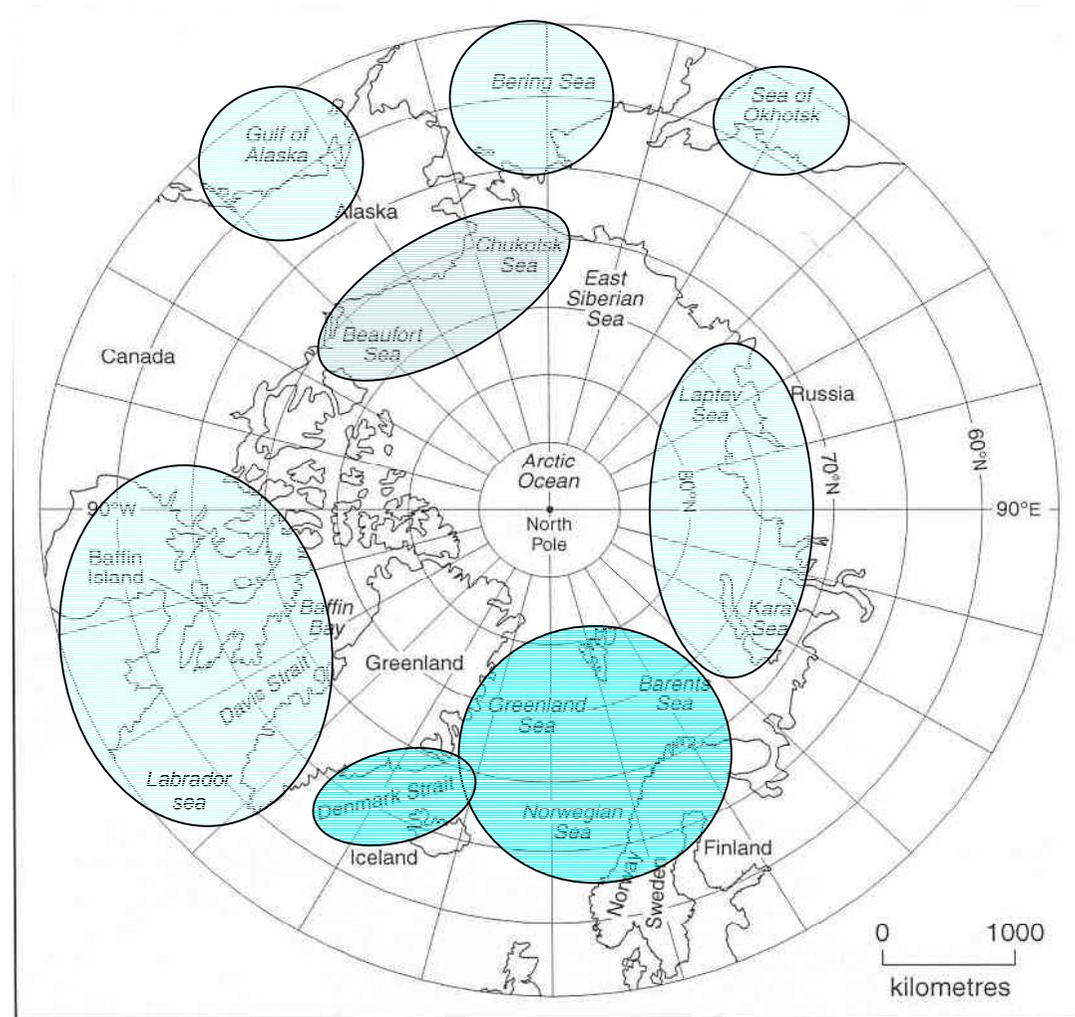
Терминология:

- Облачные запятые
- Мезомасштабные циклоны
- Мезомасштабные вихри
- Арктические ураганы
- Арктические циклоны
- Холодные депрессии

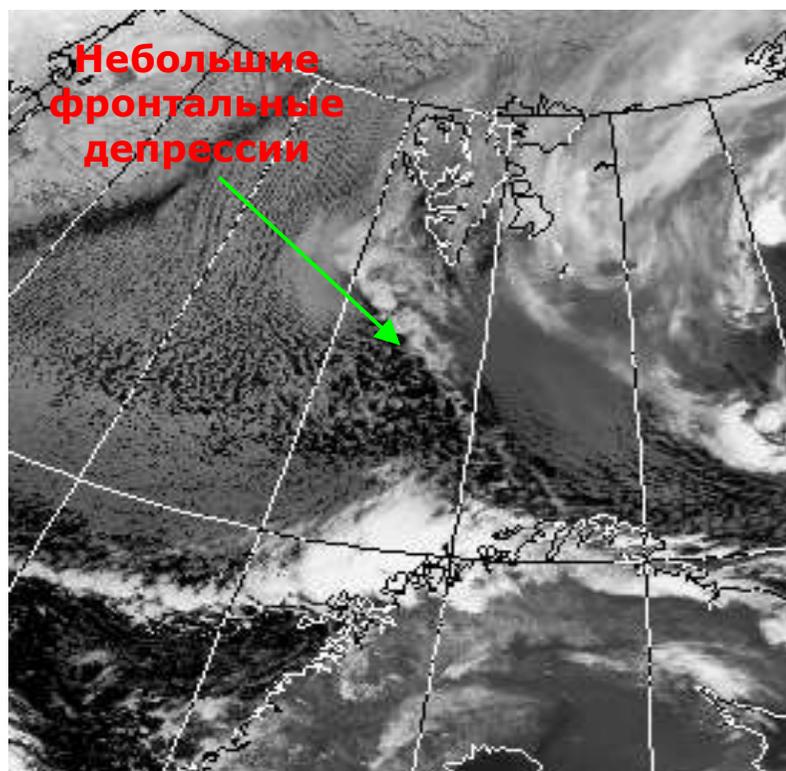
«Полярные циклоны»- наиболее интенсивные мезомасштабные вихри, характеризующиеся штормовыми значениями скоростей ветра

Районы распространения

- Моря Северо-Европейского бассейна;
- Море Лабрадор, Гудзонов залив, пролив Дэйвиса, море Баффина
- Моря Бофорта и Чукотское;
- Северо-восточная часть Тихого океана и моря Беринга и Охотское;
- Северо-западная часть Тихого океана и Японское море;
- Антарктика

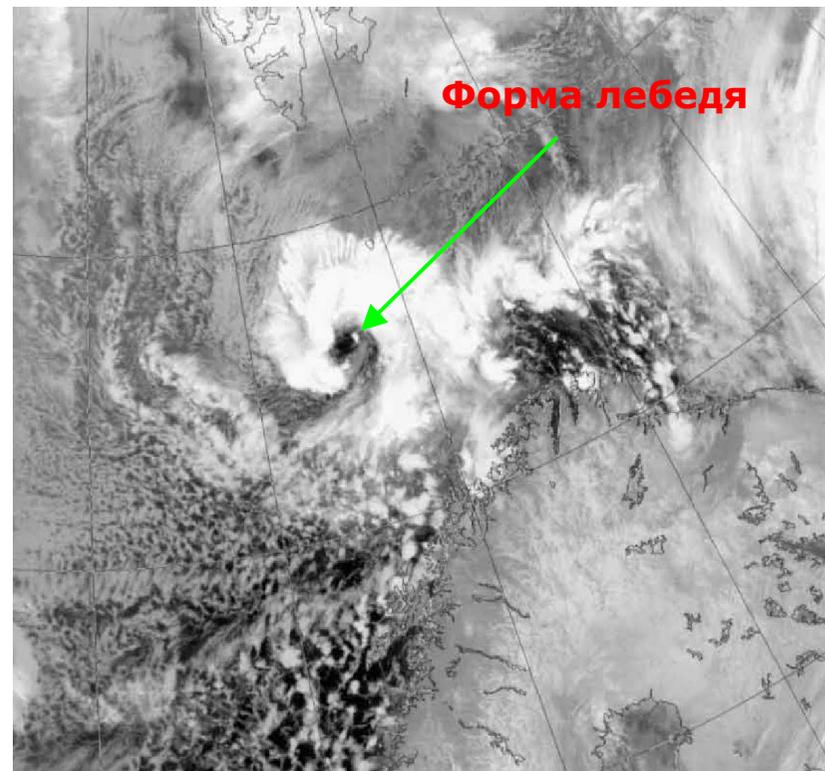


Типичные проявления мезомасштабных циклонов на спутниковых снимках



**Небольшие
фронтальные
депрессии**

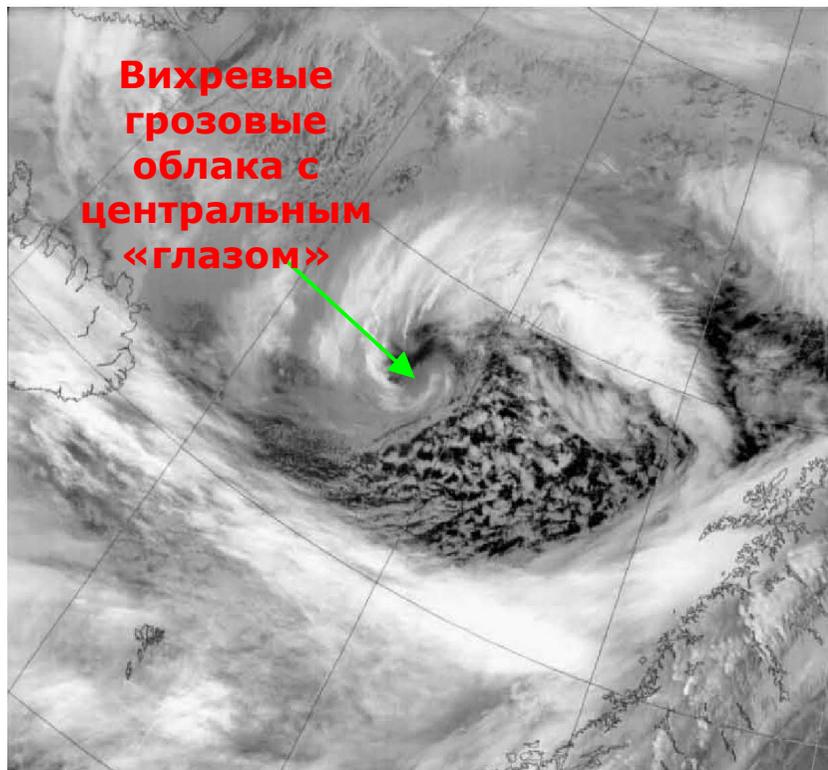
**инфракрасное изображение радиометра
AVHRR Норвежского и Баренцева морей
30 января 2008, 20:24 UTC**



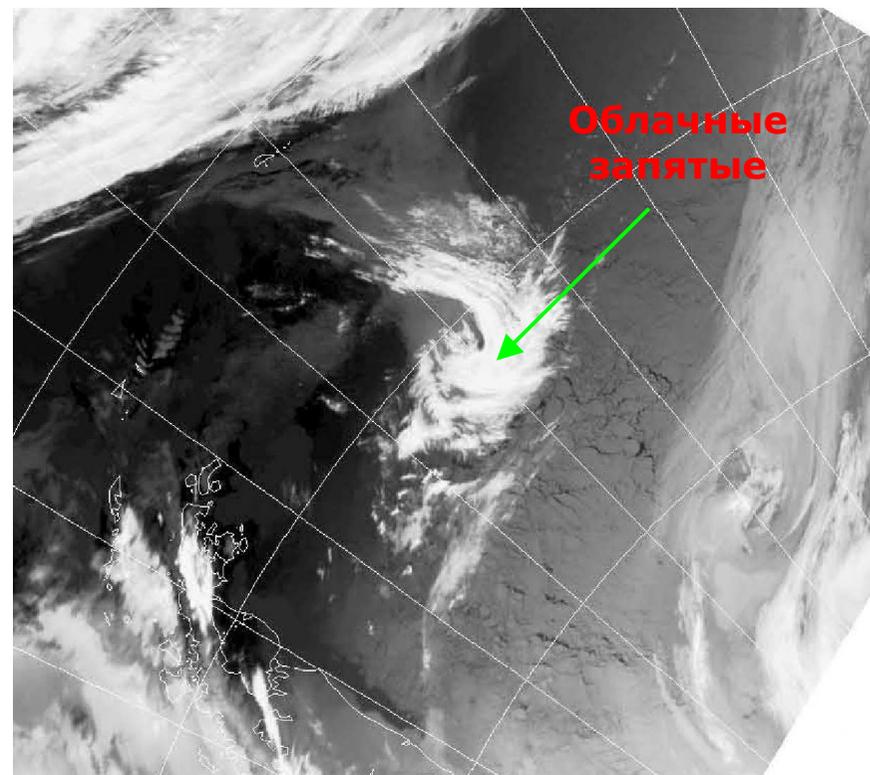
Форма лебедя

**инфракрасное изображение радиометра
AVHRR Баренцева моря
13 декабря 1982, 02:40 UTC**

Типичные проявления мезомасштабных циклонов на спутниковых снимках

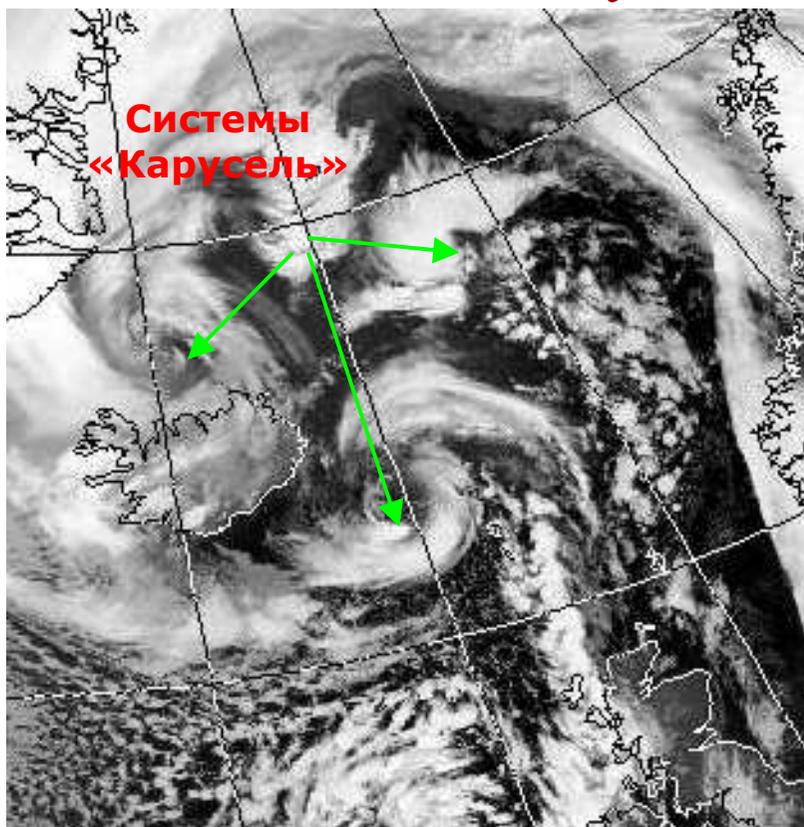


инфракрасное изображение радиометра
AVHRR Норвежского моря
27 февраля 1984, 13:40 UTC

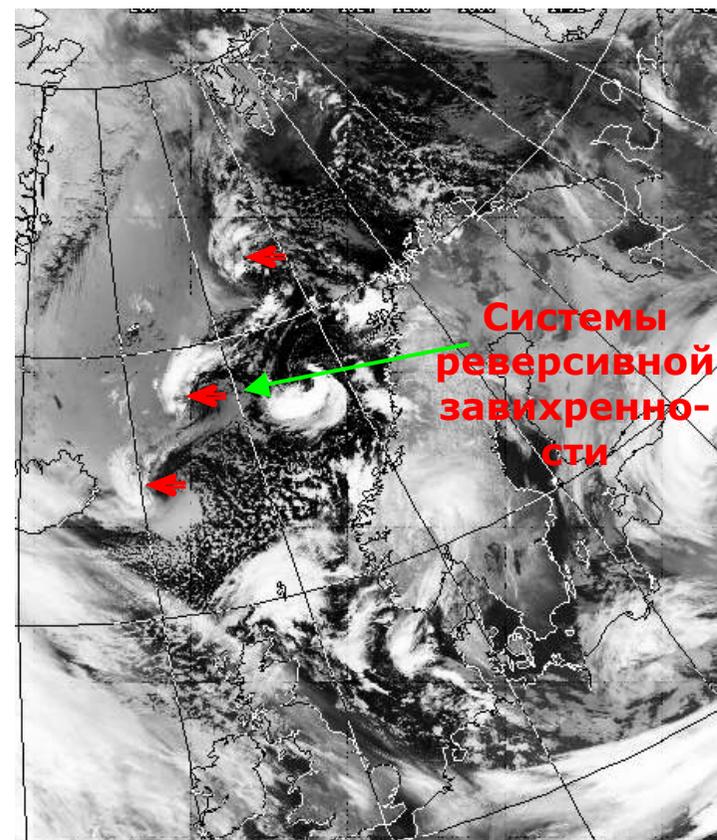


инфракрасное изображение радиометра AVHRR
моря Уэддела
6 октября 1995, 17:30 UTC

Типичные проявления мезомасштабных циклонов на спутниковых снимках



инфракрасное изображение радиометра AVHRR Гренландского и Норвежского морей
18 декабря 1994, 08:53 UTC



инфракрасное изображение радиометра AVHRR Гренландского и Норвежского морей
20 марта 1994, 05:26 UTC

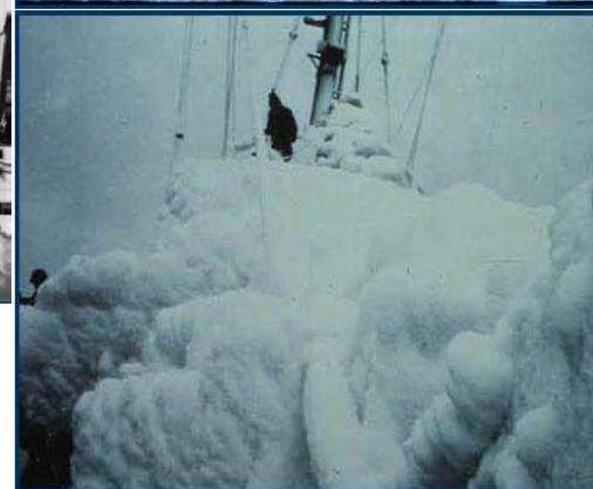
Необходимость исследований

➤ Огромная разрушительная сила: сильные ветры создают угрозу безопасности судов и затрудняют проведение производственных операций;

➤ Обледенение, вероятность и интенсивность которого увеличивают сильные и штормовые ветры, высокие волны

своевременное обнаружение, изучение характеристик, отслеживание движения и предсказание - одна из важнейших, до сих пор не решенных задач современной науки

Эрик Колстад: "The bad news is that as the sea ice retreats you open up a lot of new areas to this kind of extreme weather"



Проблемы при изучении Полярных Циклонов

- Редкая сеть наблюдений в удаленных районах = недостаток данных
- Численные модели прогнозов погоды не обладают достаточным временным и пространственным разрешением для изучения мезомасштабных вихрей
- На фактических картах приземного анализа многие из полярных циклонов не фиксируются
- Полярные циклоны крайне трудно предсказать



Методы исследований

- Изучение теории процессов формирования и развития полярных циклонов
- Моделирование

Сложности: недостаточное пространственно-временное разрешение данных

- Анализ данных наблюдений

Преимущества: совместный анализ данных различных приборов с разных спутников совместно с синоптическим анализом позволяет получить наиболее полную информацию о циклоне

- Климатологические работы

Изучение полярных циклонов по спутниковым данным

➤ Анализ инфракрасных и видимых изображений начиная с 1960-х ;

- традиционный инструмент мониторинга полярных циклонов;
- субъективный характер визуального анализа изображений;
- обеспечивают ценнейшей информацией о форме и структуре облачности, сопровождающей развитие мезомасштабных вихрей;
- позволяют судить о расположении циклонов и температуре верхних слоев облачности;
- ✓ радиометры [AVHRR](#) на спутниках NOAA
- ✓ спектрорадиометры [MODIS](#) на спутниках Terra и Aqua

Изучение полярных циклонов по спутниковым данным

➤ Построение полей приводного ветра по данным активных микроволновых приборов – **скаттерометров и радиолокаторов, начиная с 1978;**

- Данные активных микроволновых приборов позволяют получать количественную информацию о приводном ветре независимо от облачности и времени суток;
- Высокое пространственное разрешение данных РСА позволяет диагностировать вихревые структуры таких размеров, которые оказываются за рамками возможностей пространственного разрешения любых других приборов;
- Большинство микро- и мезомасштабных проявлений атмосферных процессов на РСА-изображениях поверхности океана коррелируют с облачными сигнатурами соответствующих явлений на снимках видимого и ИК-диапазонов;
 - ✓ QuikSCAT SeaWinds – поля ветра низкого разрешения
 - ✓ Envisat ASAR – поля ветра высокого разрешения

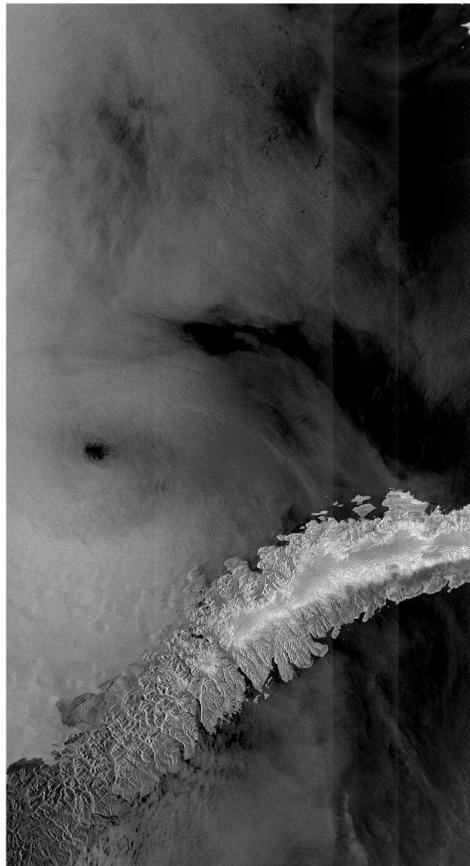
Изучение полярных циклонов по спутниковым данным

➤ **Данные спутниковых микроволновых радиометров, начиная с 1987: Special Sensor Microwave Imager SSM/I на борту спутников DMSP**

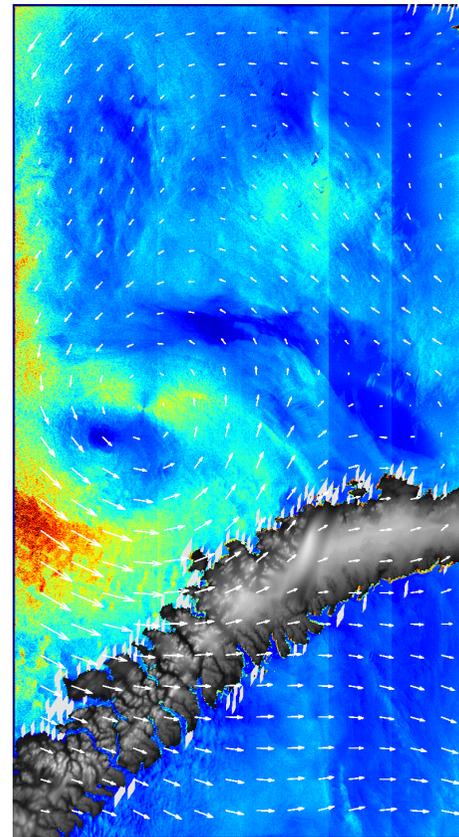
- Независимость от времени суток;
 - Независимость от облачности;
 - Регулярность и высокое временное разрешение в полярных областях;
 - Возможность получения количественной информации о полярных циклонах путем восстановления полей геофизических параметров
- ✓ SSM/I на борту спутников DMSP;
 - ✓ AMSR-E на борту Aqua;
 - ✓ МТВЗА-ГЯ на борту КА «Метеор-М» №1;

Полярный циклон над Новой Землей 5 октября 2009 года

Envisat ASAR
5 октября 17:00 UTC



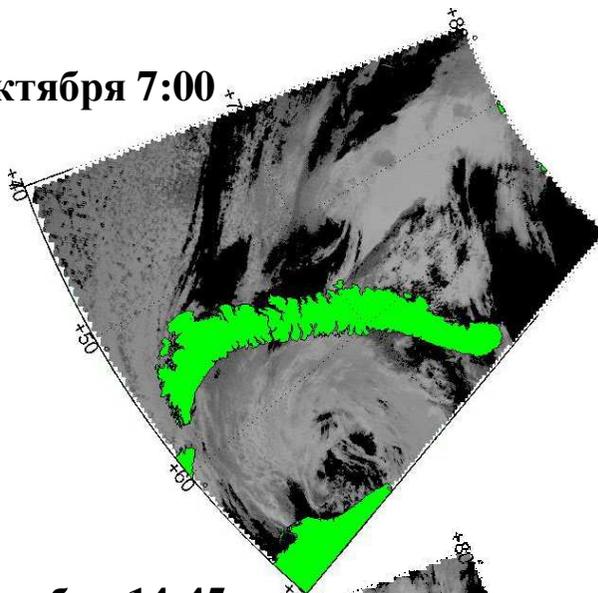
Envisat ASAR WSM H/H ASCENDING 05-OCT-2009



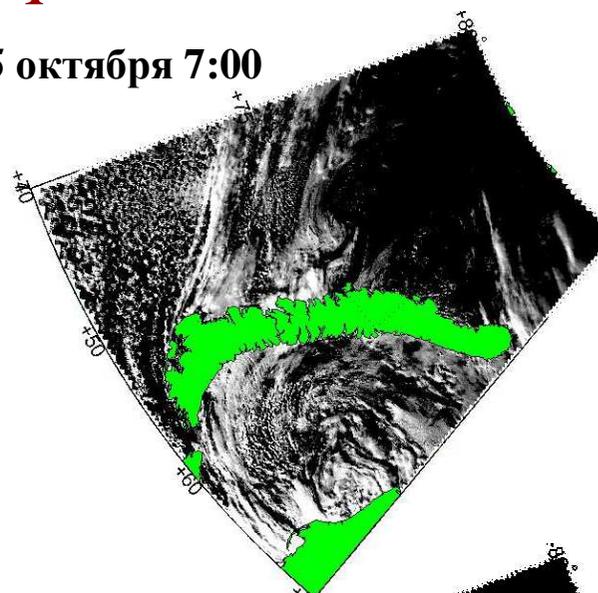
SAF Wind Speed 05-OCT-2009 16:57:58 Wind dir: NCEP 0.5 degree (+) [m/s]

Terra и Aqua MODIS

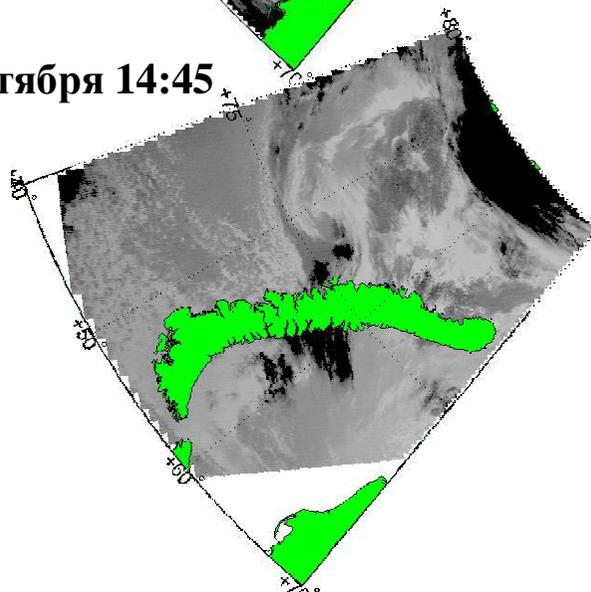
5 октября 7:00



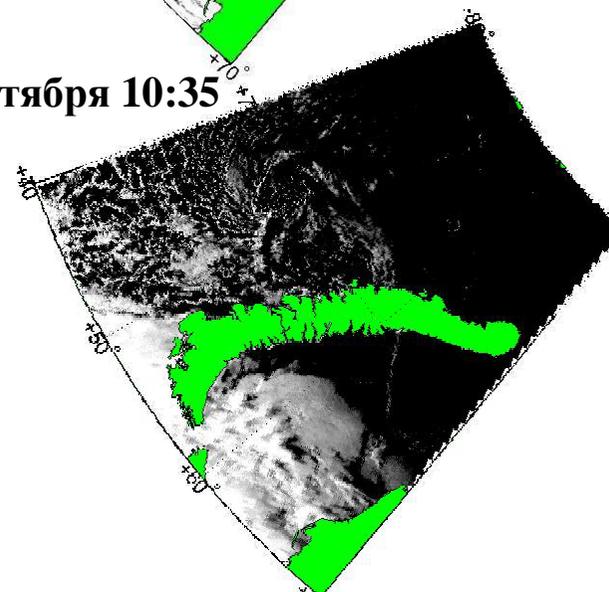
5 октября 7:00



5 октября 14:45



6 октября 10:35

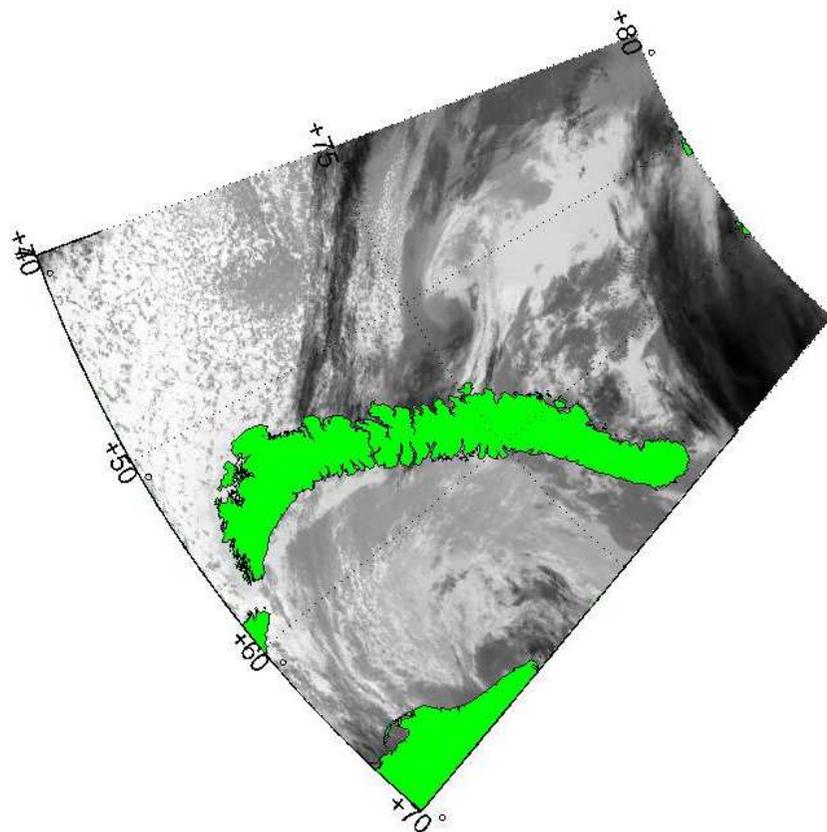


MODIS ИК (3.75 мкм)

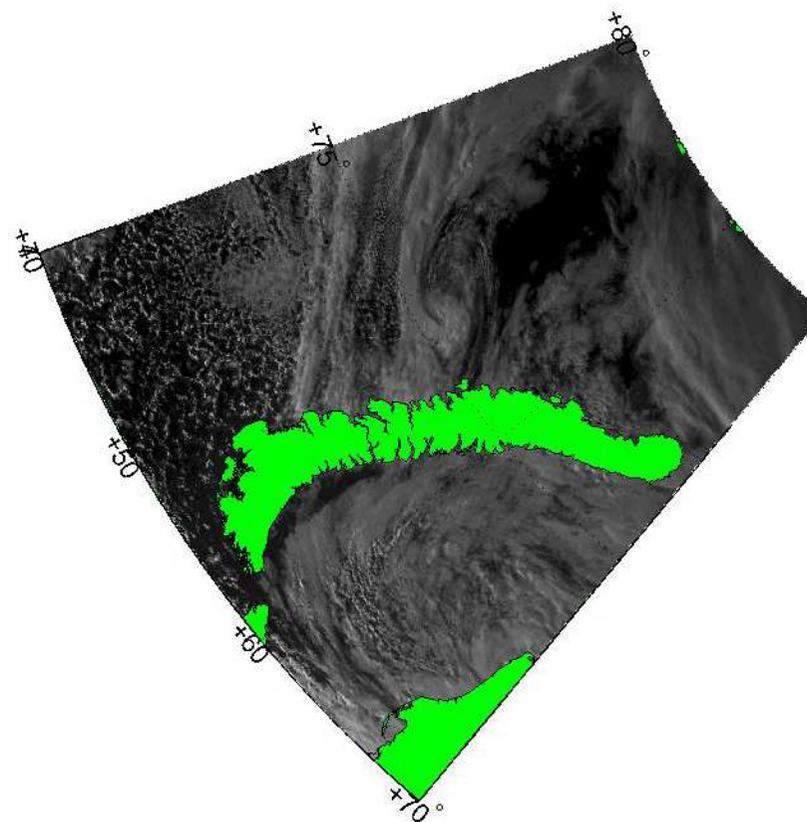
MODIS видимый (0.659 мкм)

NOAA AVHRR

5 октября 9:00

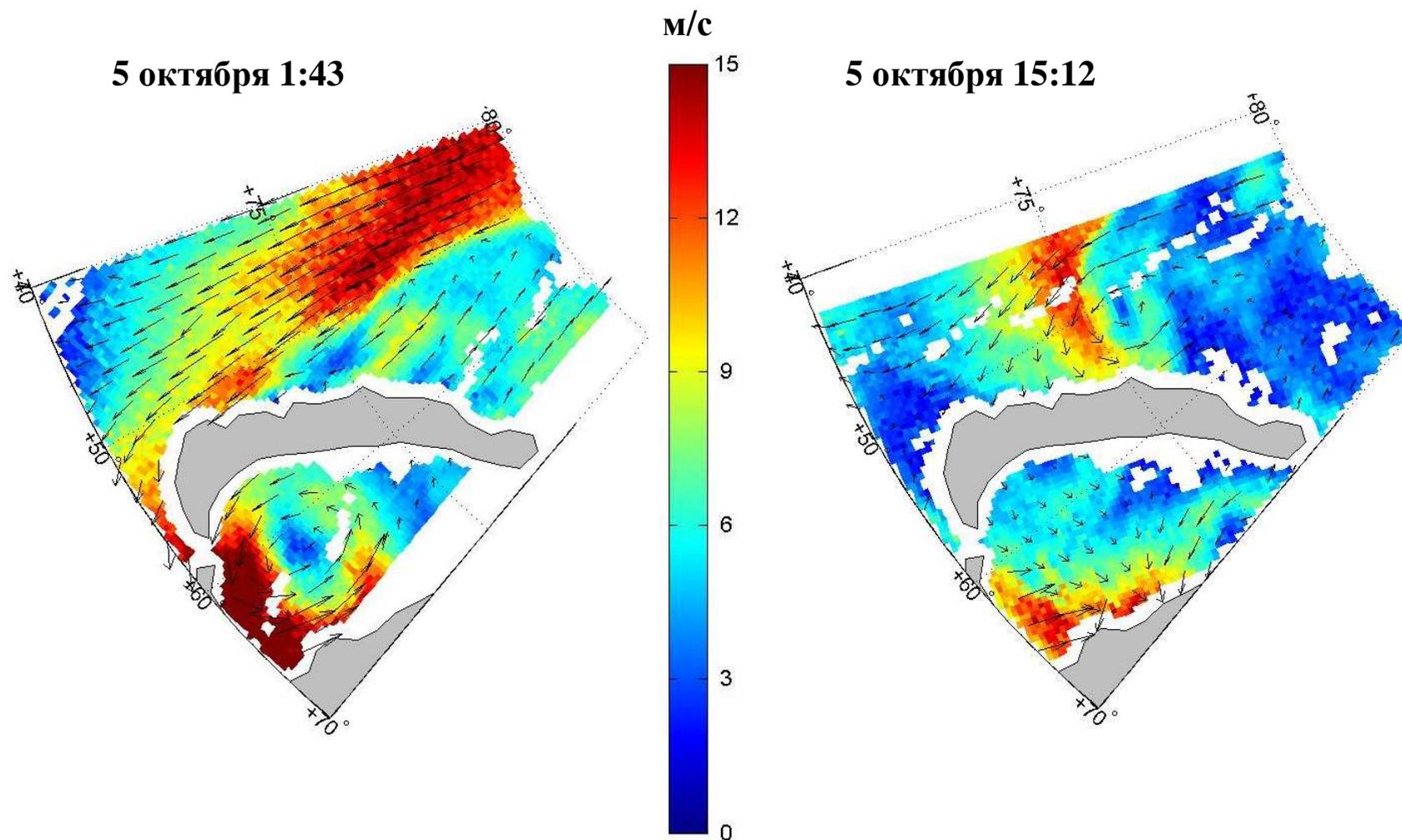


AVHRR ИК (10.3-11.3 мкм)

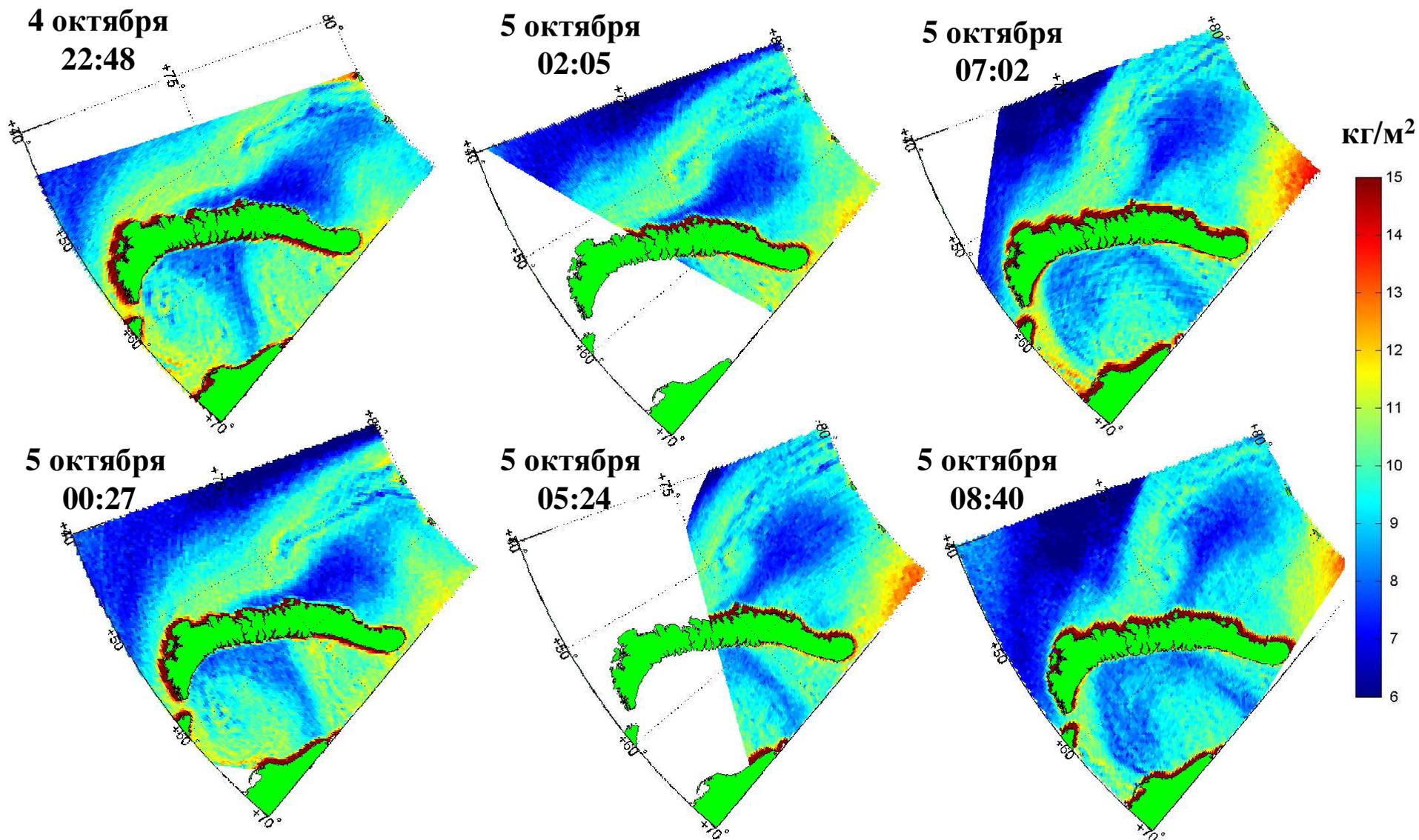


AVHRR видимый (0.58-0.68 мкм)

Поля ветра по данным QuikSCAT Seawinds

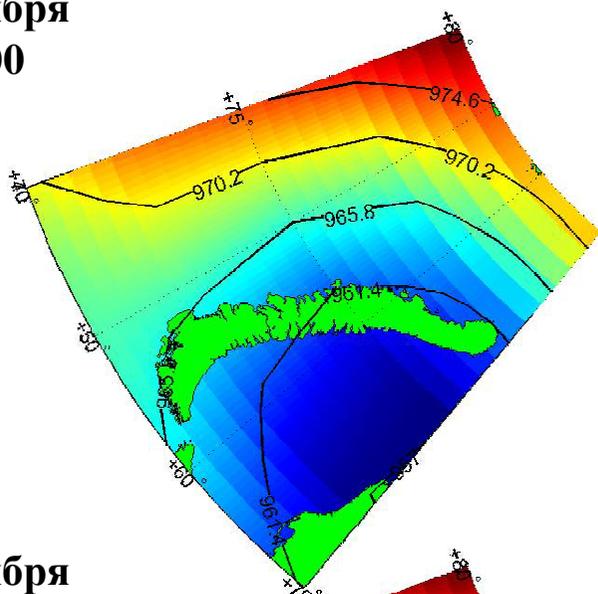


Поля водяного пара по данным AMSR-E

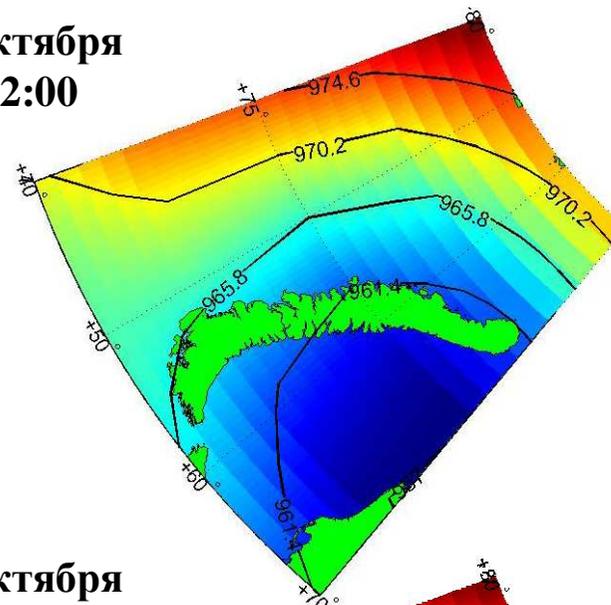


Поля давления по данным реанализа NCEP/NSAR

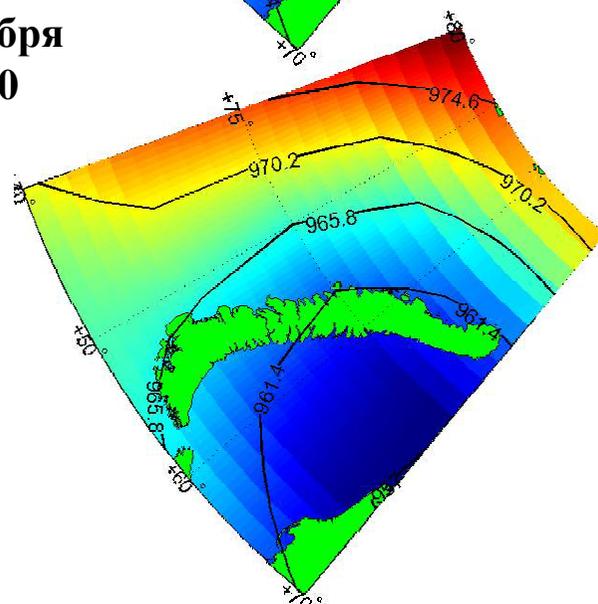
5 октября
00:00



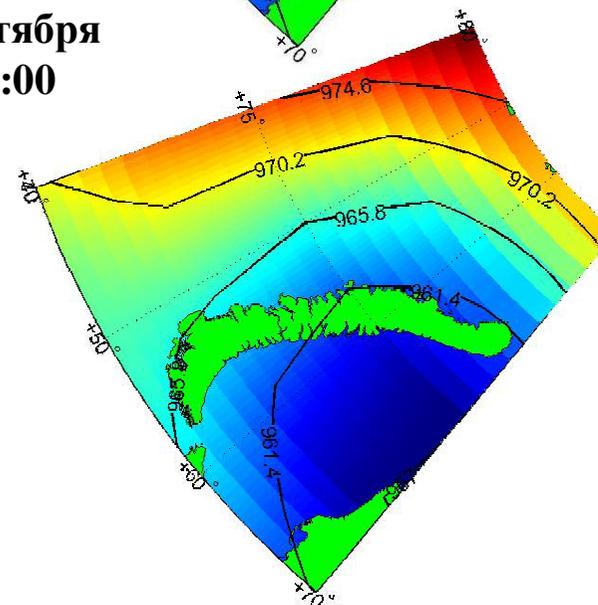
5 октября
12:00



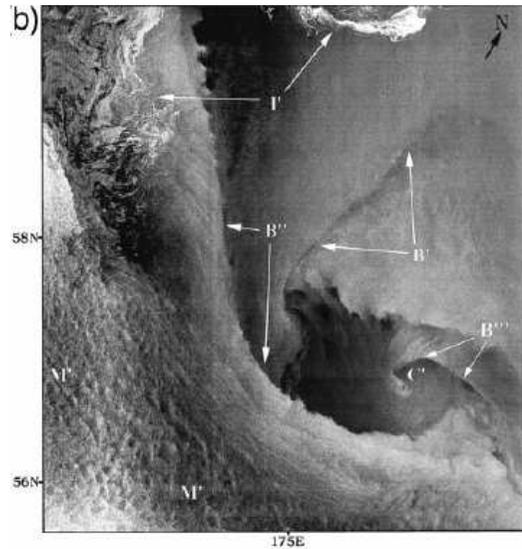
5 октября
06:00



5 октября
18:00



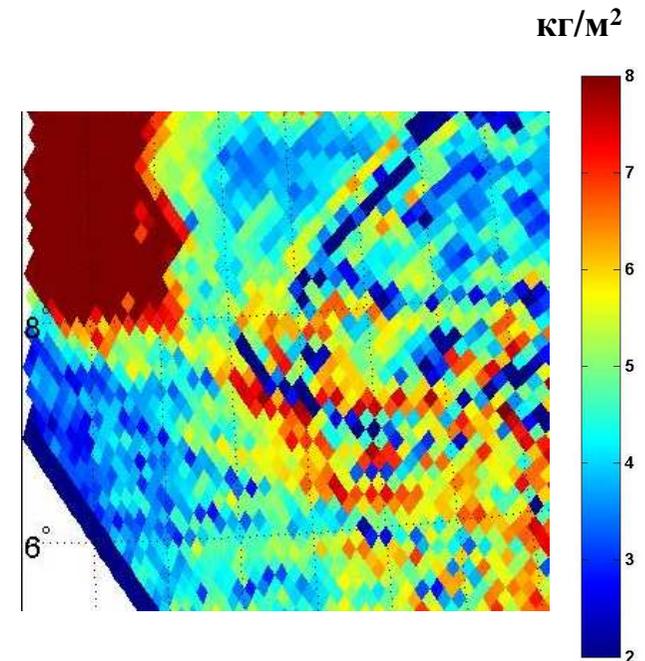
Полярный циклон в Беринговом море 25 марта 1998 года



RADARSAT SAR
25 марта 1998 06:02 UTC



NOAA 6 AVHRR
25 марта 1998 06:02 UTC



DMSP SSM/I водяной пар
25 марта 1998 04:44 UTC