

**Использование данных арктических обсерваторий
IASOA и попутных судовых измерений для
валидации спутниковых данных**

Репина И.А., Артамонов А.Ю., Варенцов М.И.

*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
Институт космических исследований РАН*



IASOA – Арктические обсерватории



Данные:

International Arctic Systems for Observing the Atmosphere (IASOA)

<http://www.esrl.noaa.gov/psd/iasoa/dataataglance>

Tiksi 71.596 N 128.889 E

Barrow 71.325 N 156.625 W

Eureka 80.083 N 86.417 W

Pallas-Sodankyla 67.967 N 24.117 E

Ny-Ålesund 78.923 N 11.53 E

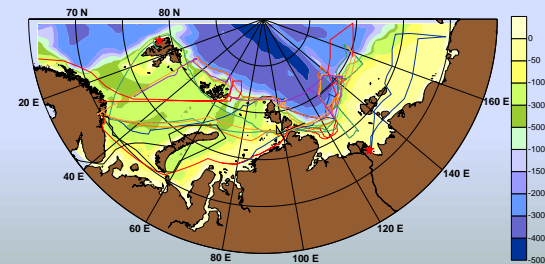
Summit 72.58 N 38.48 W

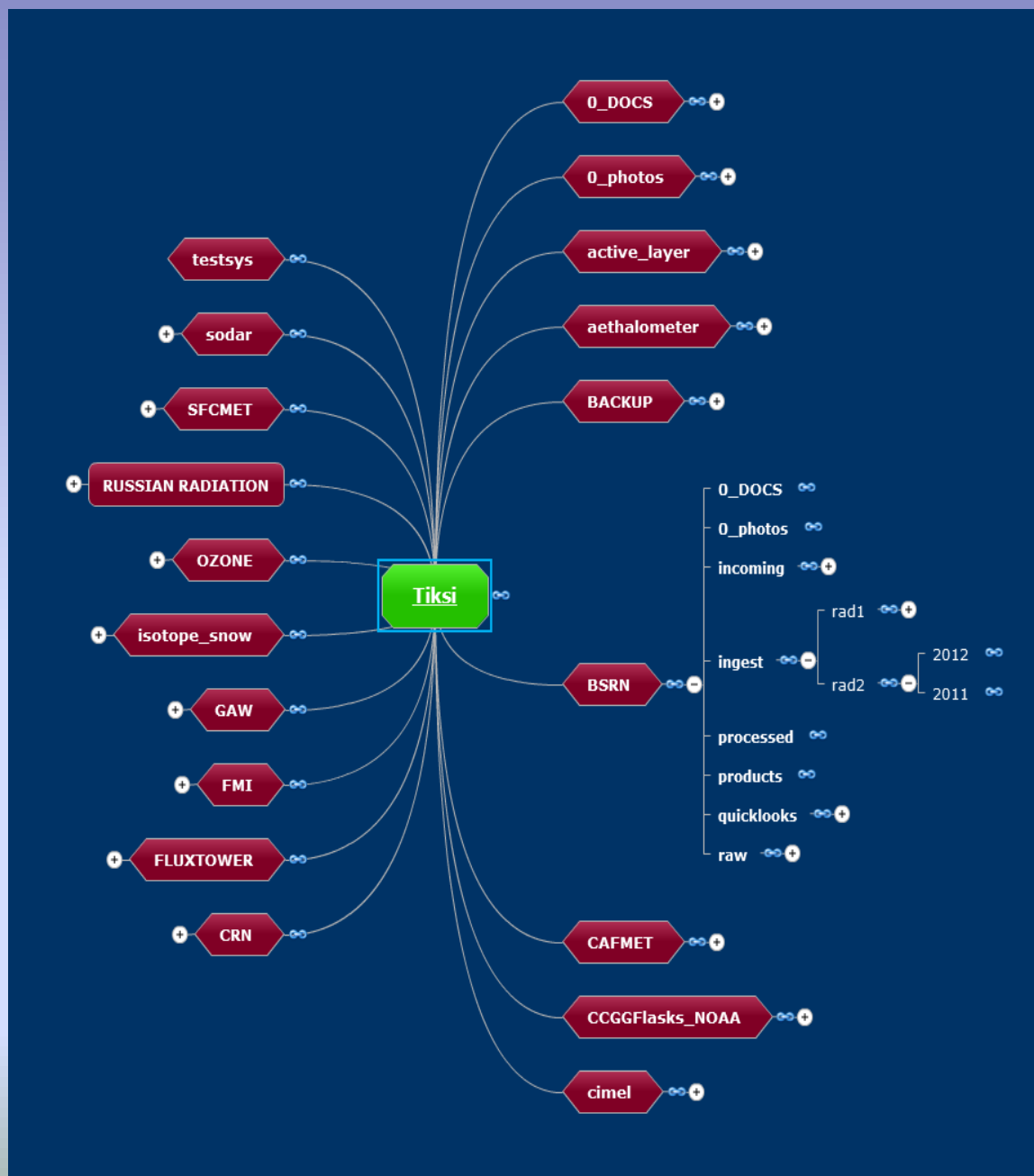


Nansen and Amundsen basins observation system (NABOS)

<http://nabos.iarc.uaf.edu/>

2004-2015







Спутниковые методы



Снег

Площадь покрова

Увлажненность снега

Высота снежного покрова

Лед

Площадь и сплоченность

Возраст и тип

Толщина

Движение

Температура поверхности

Толщина снежного покрова

Полыньи и разводья

Суша, мерзлота

Температура поверхности

Увлажненность почвы

Индекс вегетации

Атмосфера

Профили температуры и влажности

Приповерхностный ветер

Геострофический ветер

Температура приземного воздуха

Температурные инверсии

Приходящая радиация

Покрытие облаков

Микрофизика и высота облачности

Оптическая толщина облаков

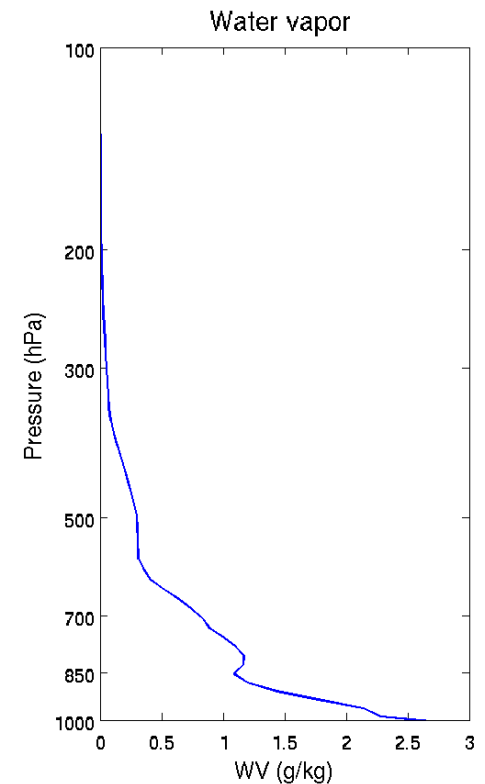
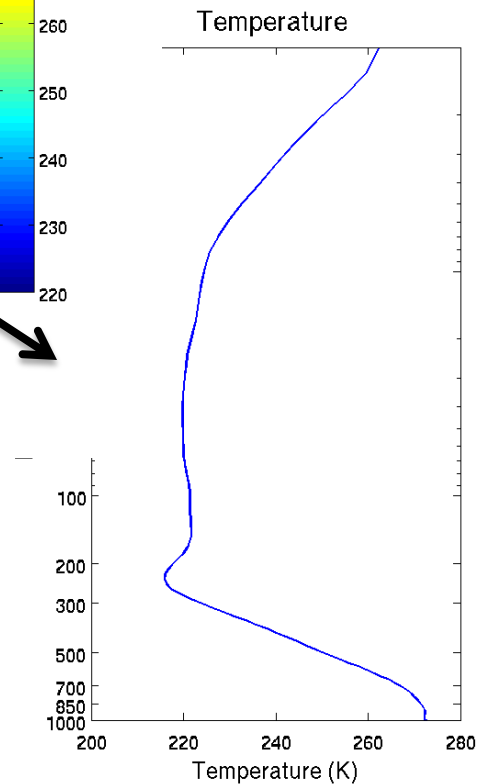
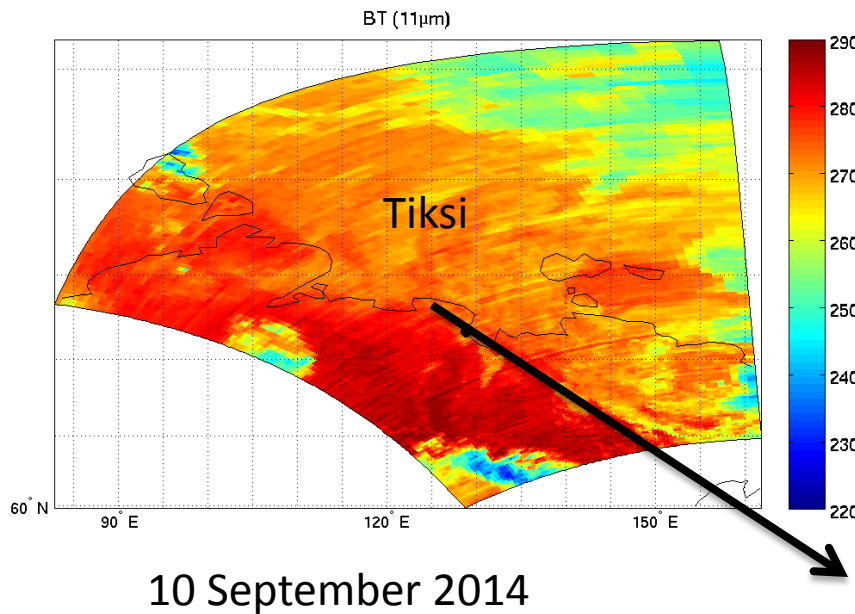
Оптическая толщина аэрозоля

Твердые осадки

(хорошо определимы; методы определения разрабатываются; плохо определимы)

Профили температуры и влажности по данным спектрометра AIRS

Профили, полученные с помощью гиперспектральных инструментов имеют хорошее вертикальное разрешение, что важно для фиксации температурных инверсий

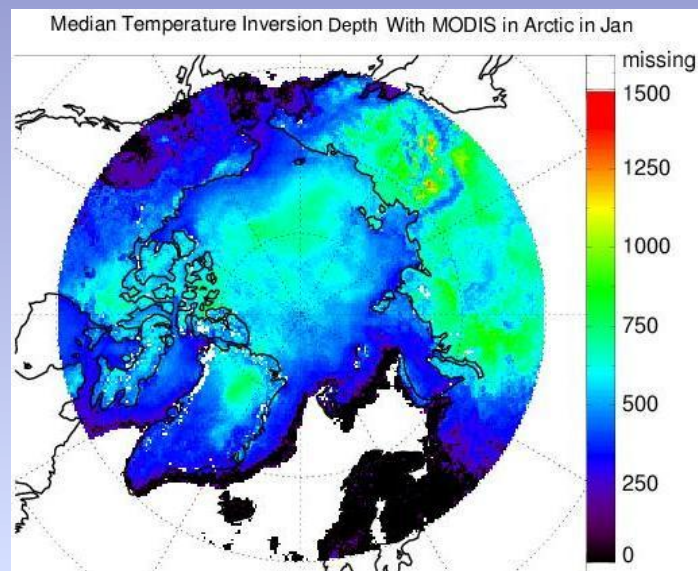
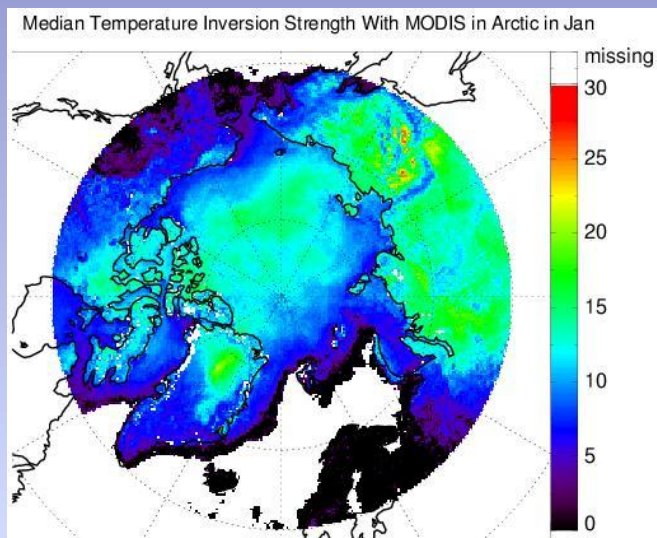


Температурные инверсии: точность оценки 2-3 °C по мощности и 150-200 м. по высоте

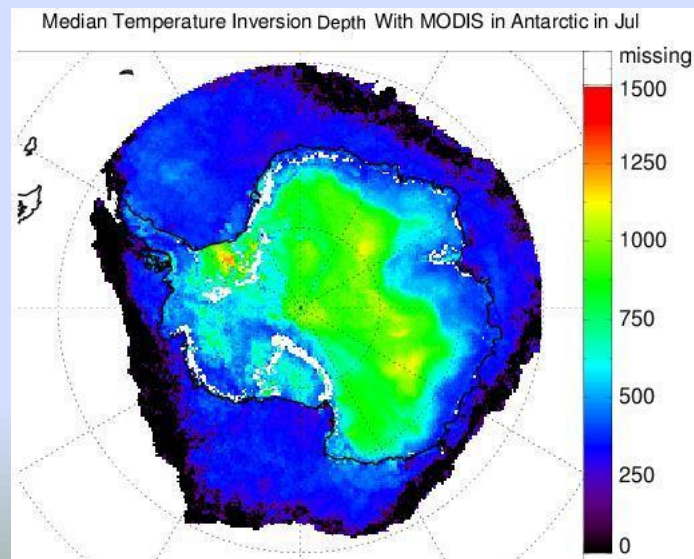
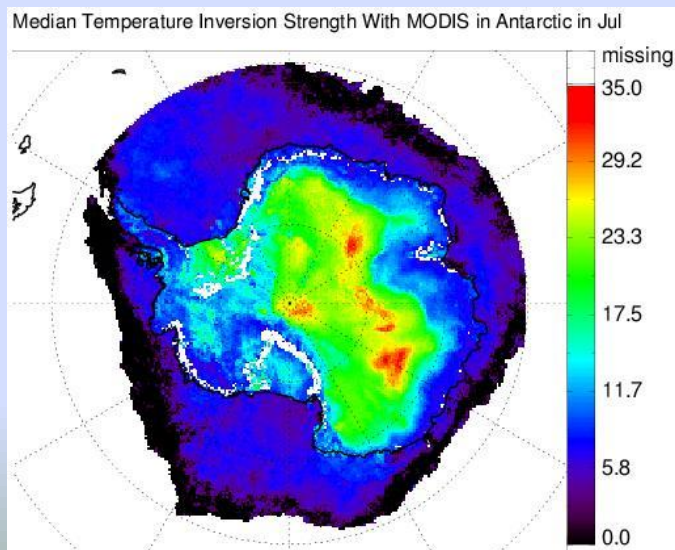
Мощность (C)

Высота (m)

Январь



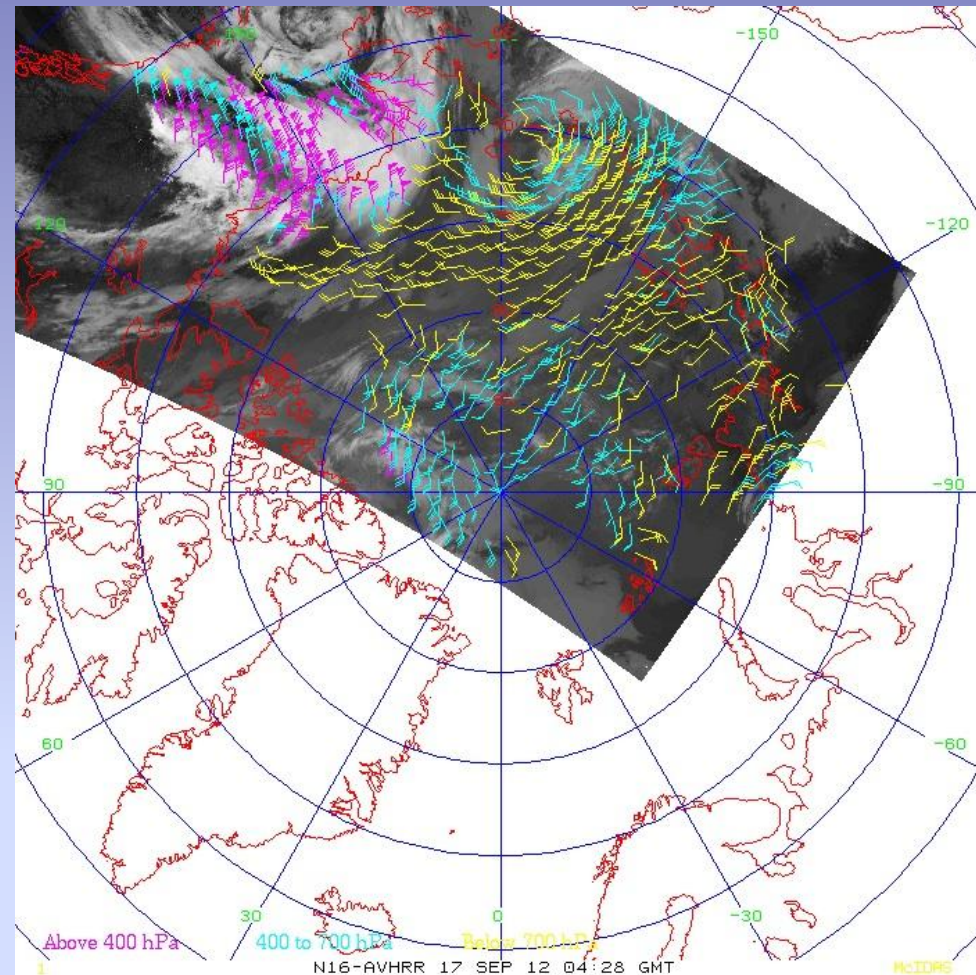
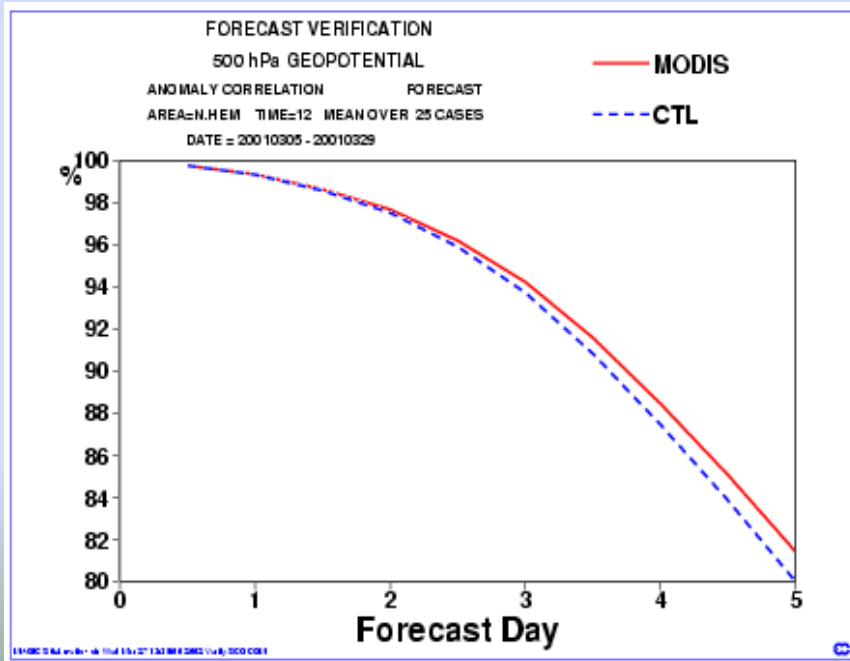
Июль



Приземный ветер

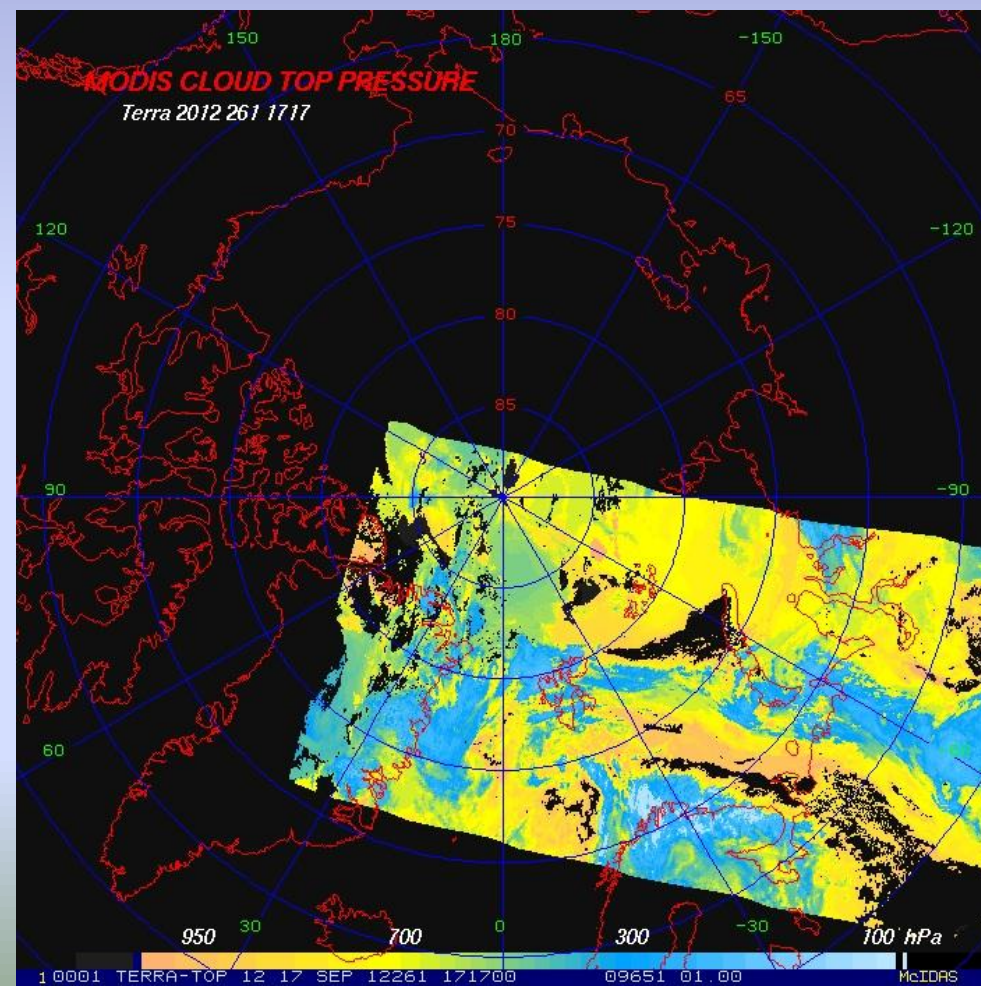
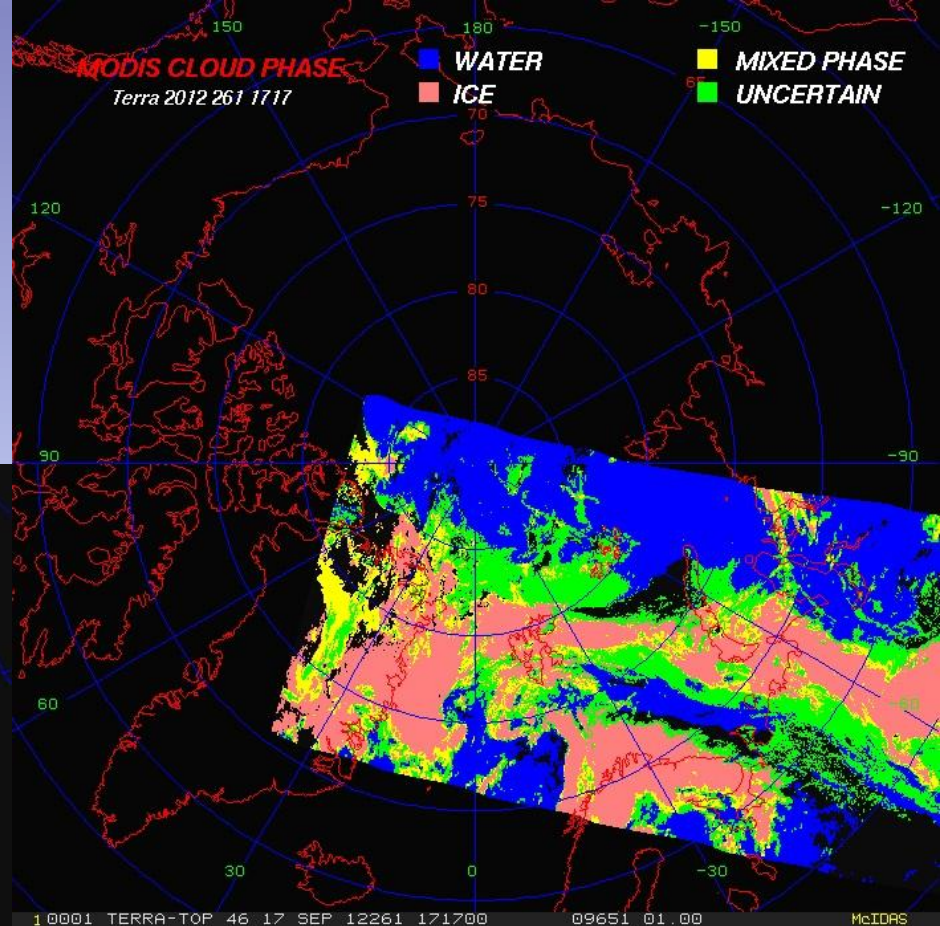
Ассимиляция спутниковых данных улучшает качество ветрового прогноза

Северное полушарие



Ветер по данным AVHRR для Барроу 17 сентября 2012

Свойства облаков MODIS



Фазовый состав облаков,
17 Сент 2016

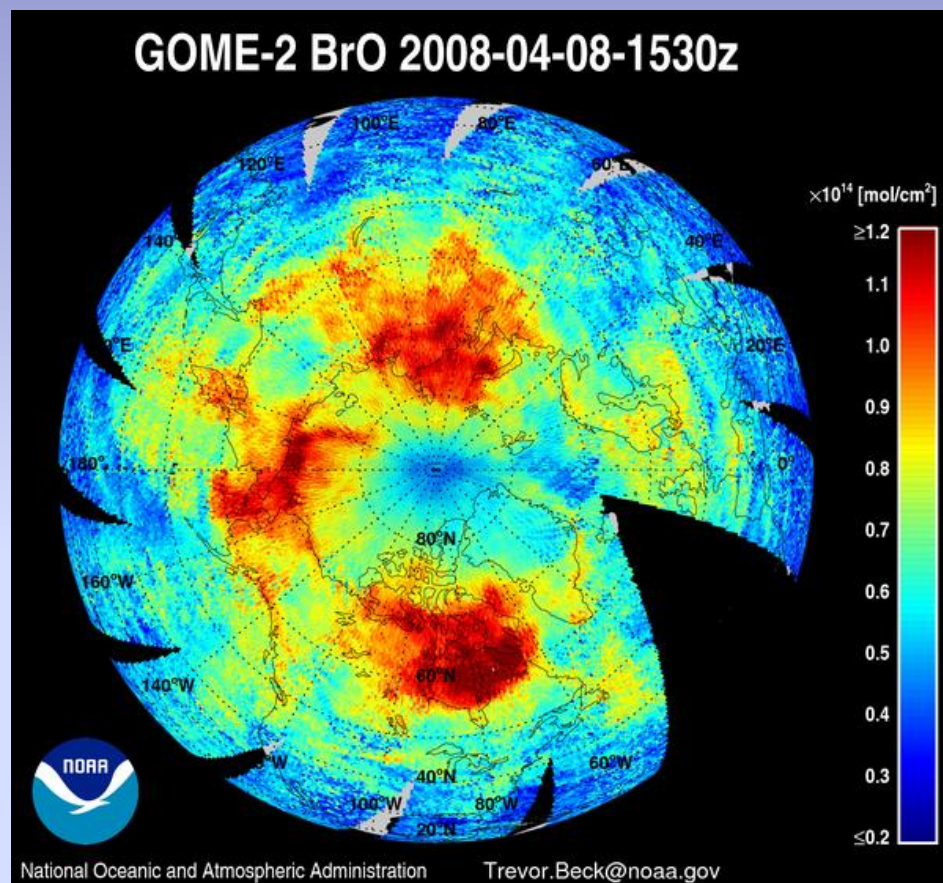
Давление на верхнем уровне облаков

(Соданкила, Финляндия)

Состав атмосферы и аэрозольные измерения

Спутниковые измерения включают:

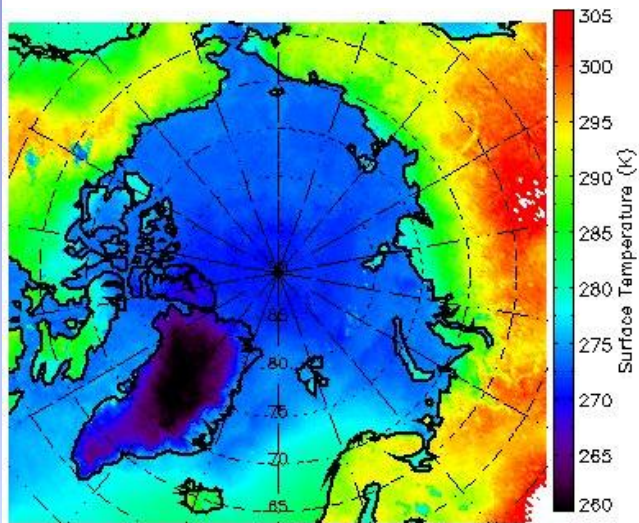
- Общее содержание O₃, NO₂, NO₂, NO, CO, BrO, HcL
- Профили O₃, CO
- Оптическую толщину аэрозоля



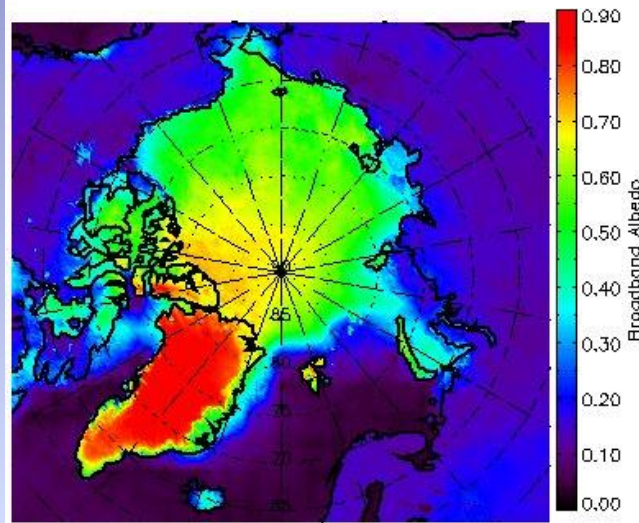
Общее содержание в столбе атмосферы брома BrO по данным GOME-2 (MetOP-A) 8 апреля 2008. Бром, содержащийся в арктическом пограничном слое, приводит к утоньшению озонового слоя.

Климат: 38 лет пассивного микроволнового зондирования

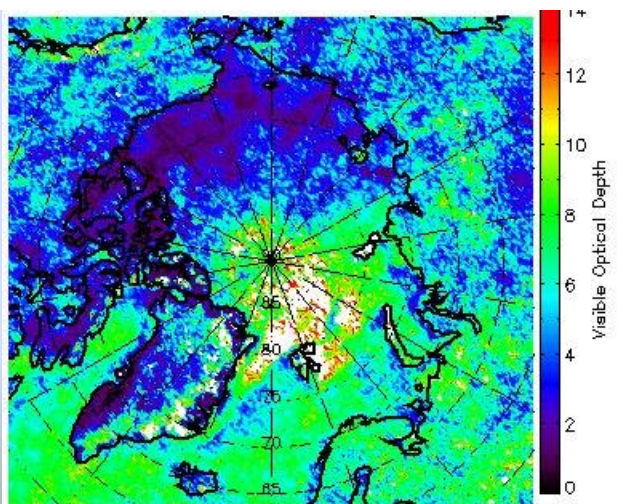
Температура поверхности, Июнь



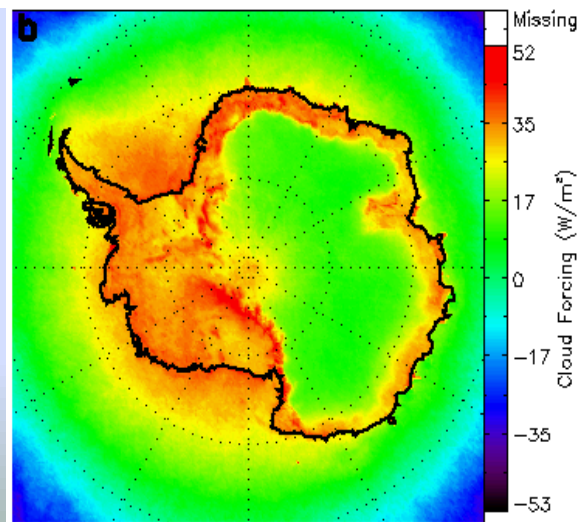
Альbedo поверхности, Июнь



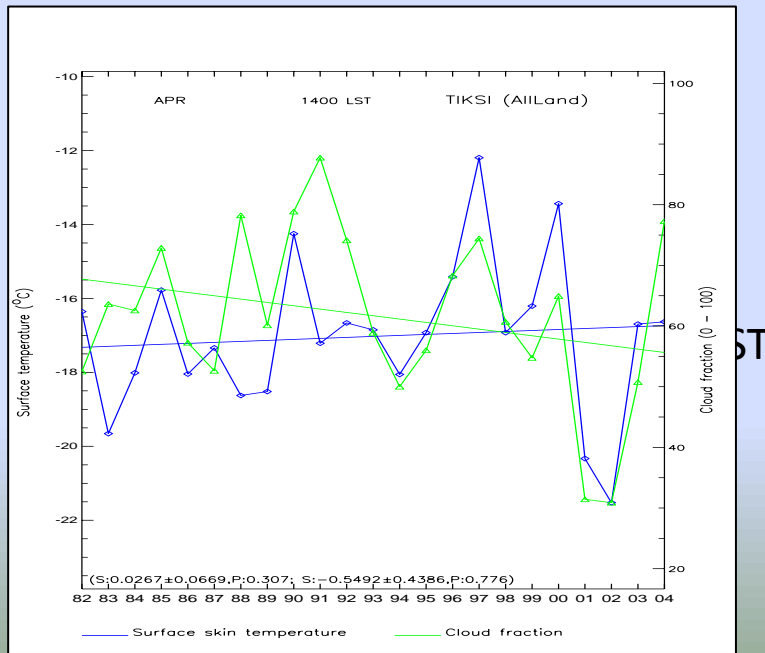
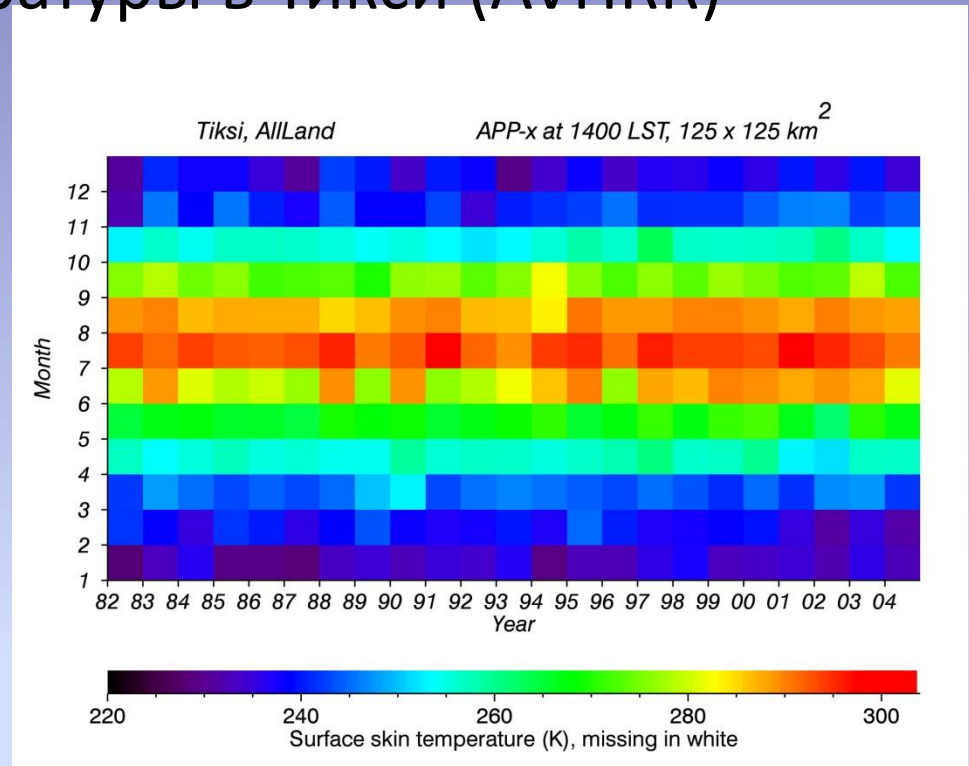
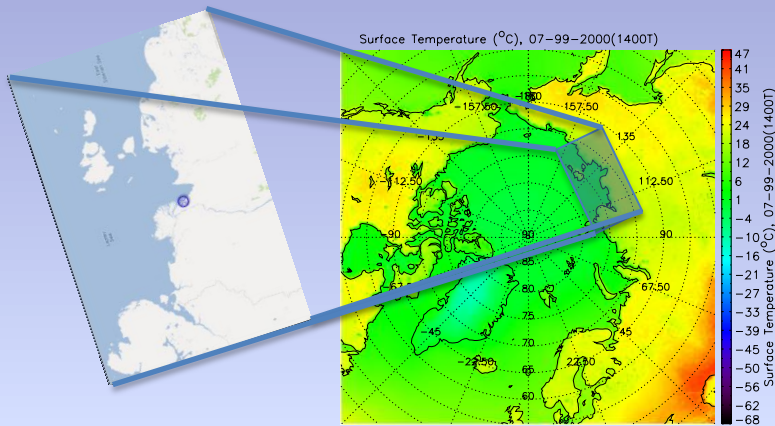
Оптическая толщина облаков, Июнь



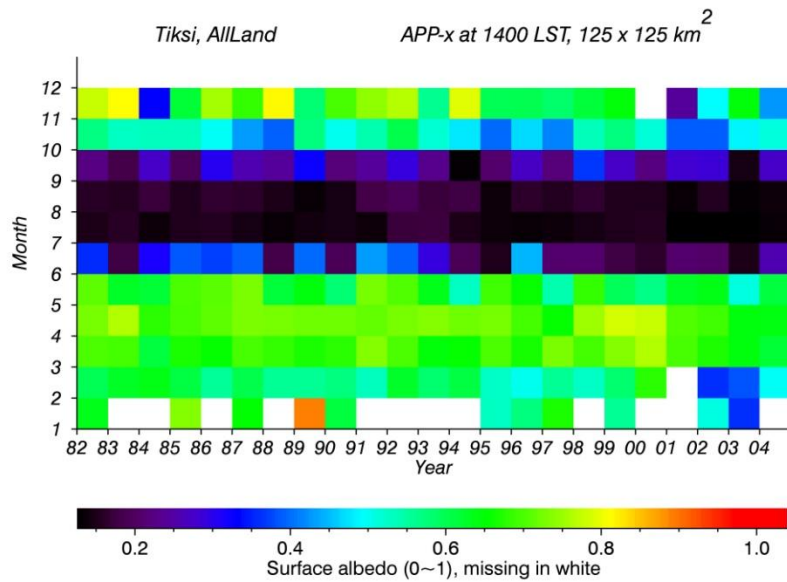
Воздействие облаков на радиацию, июнь



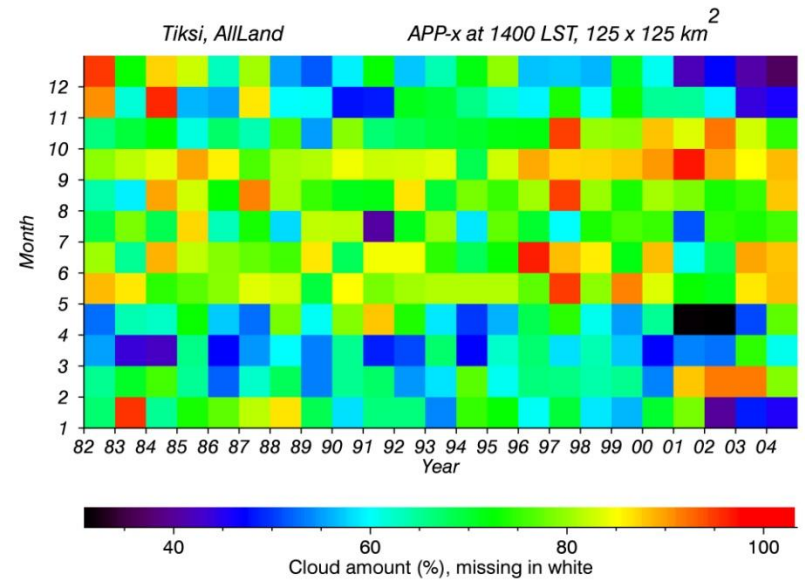
Тренд приземной температуры в Тикси (AVHRR)



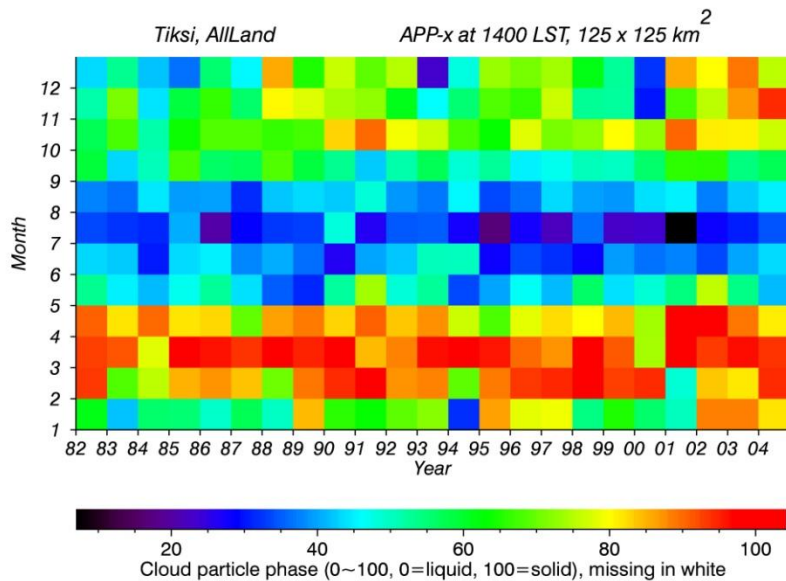
Альbedo поверхности



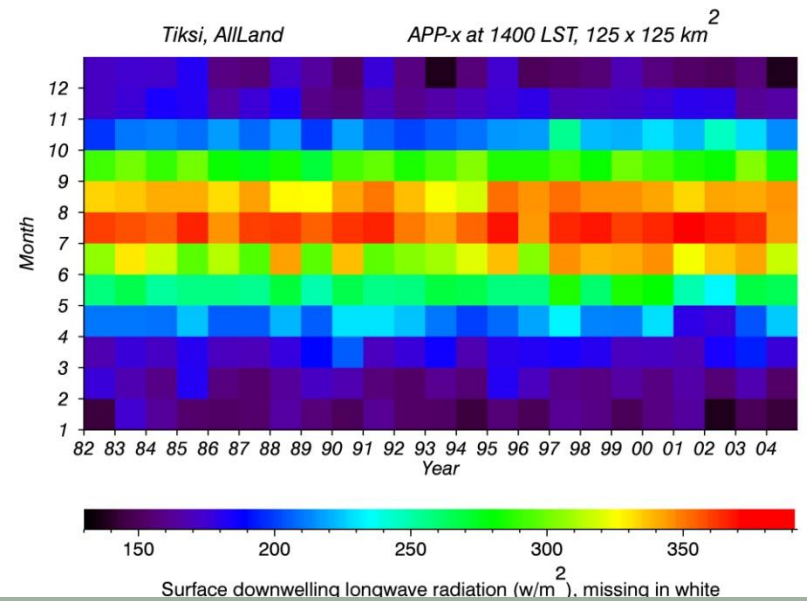
Количество облаков

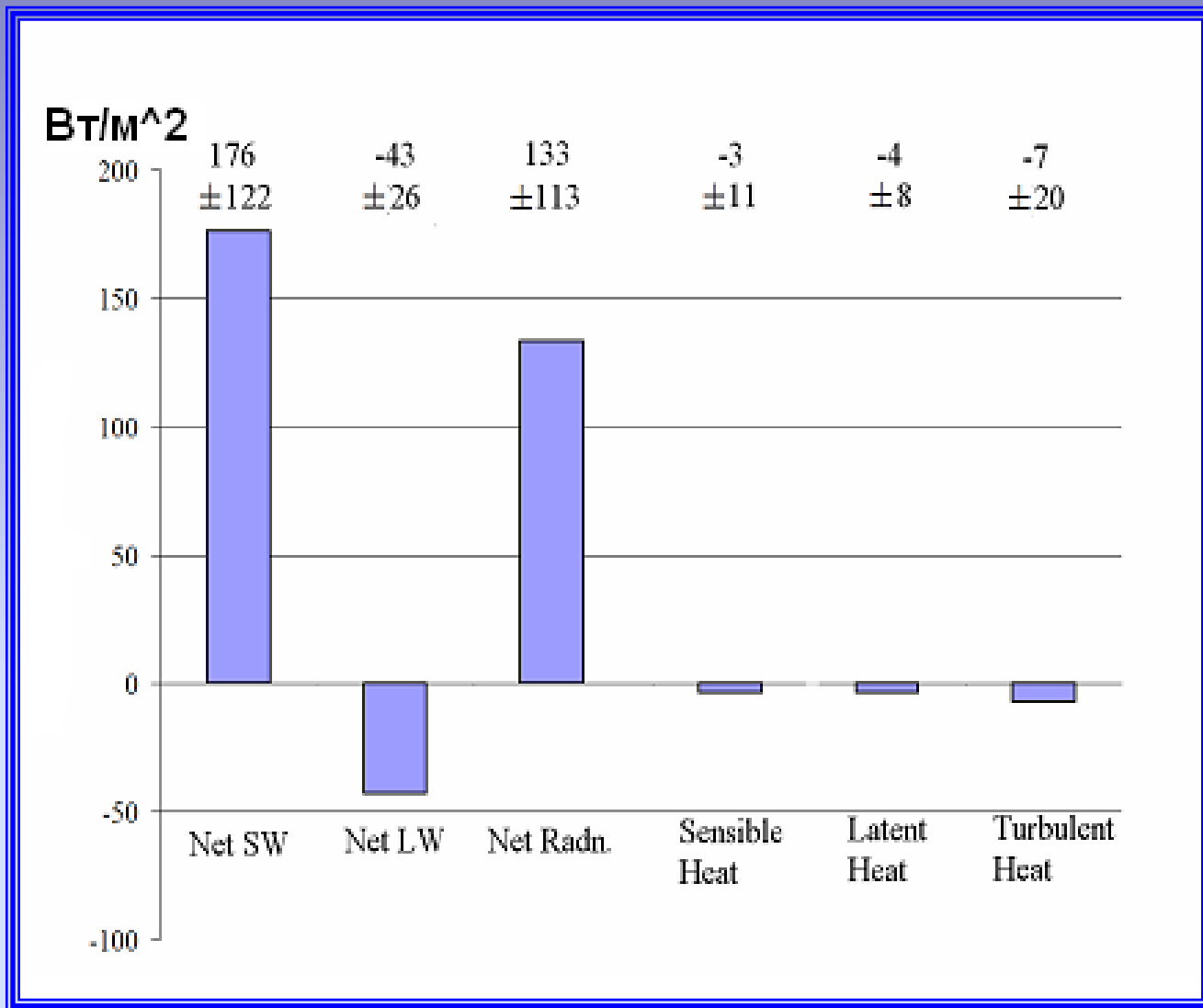


Фазовый состав облаков



Приходящая длинноволновая радиация



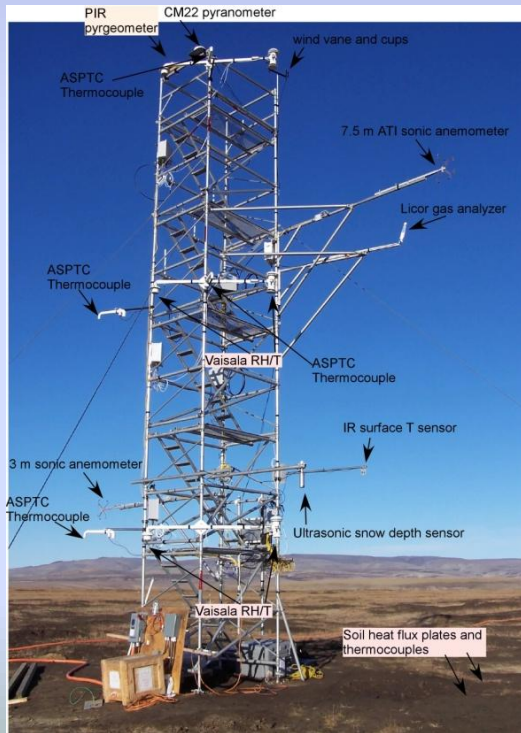


Вклад суммарной солнечной радиации (SW), тепловой радиации (LW) и турбулентных потоков тепла (sensible heat) и влаги (Latent heat) в энергообмен в летний период. (Здесь знак минус означает, что поток направлен вверх)

Потоковая башня в Тикси

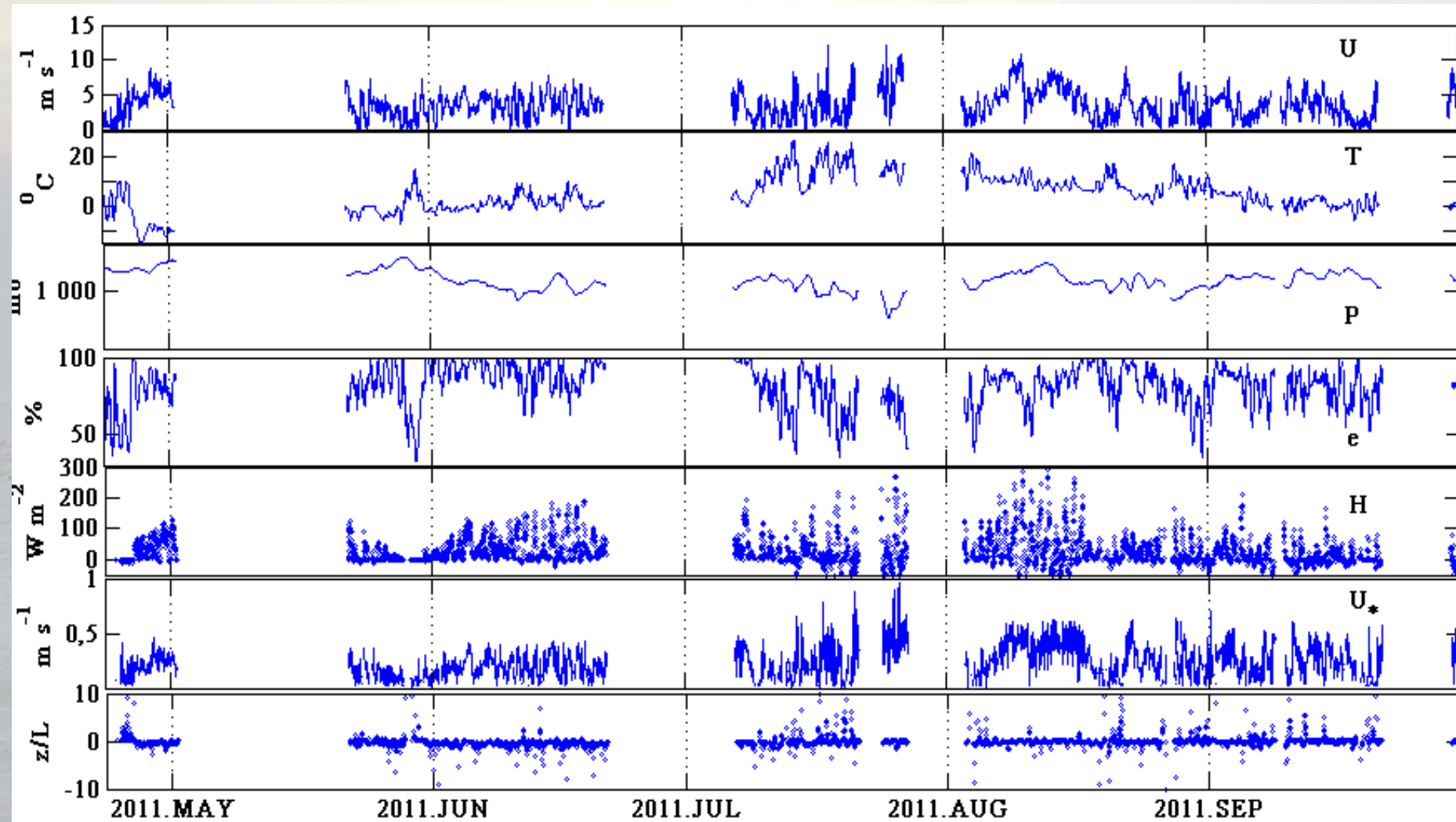


Потоковая башня на ст. Эврика, Канада

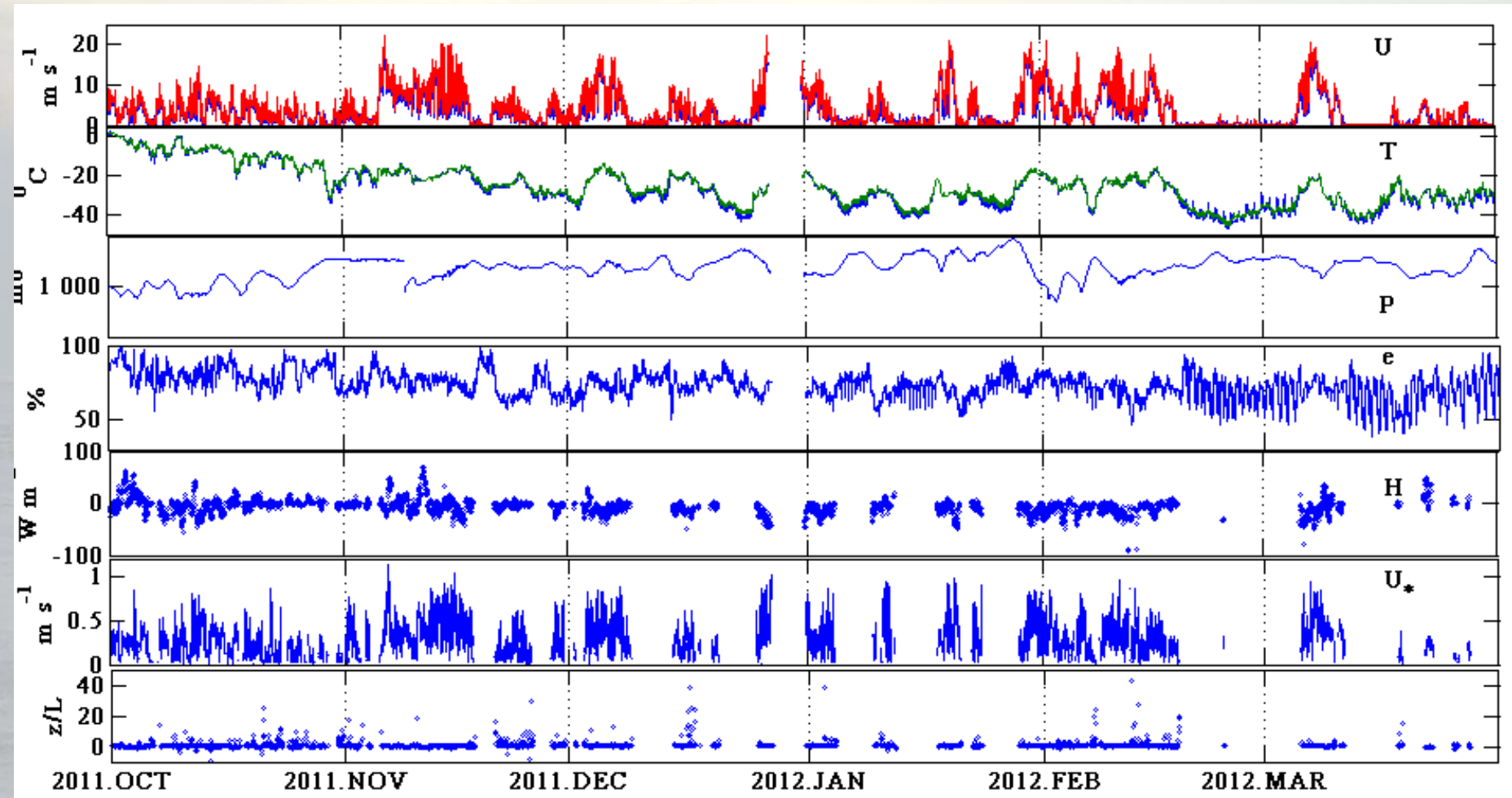




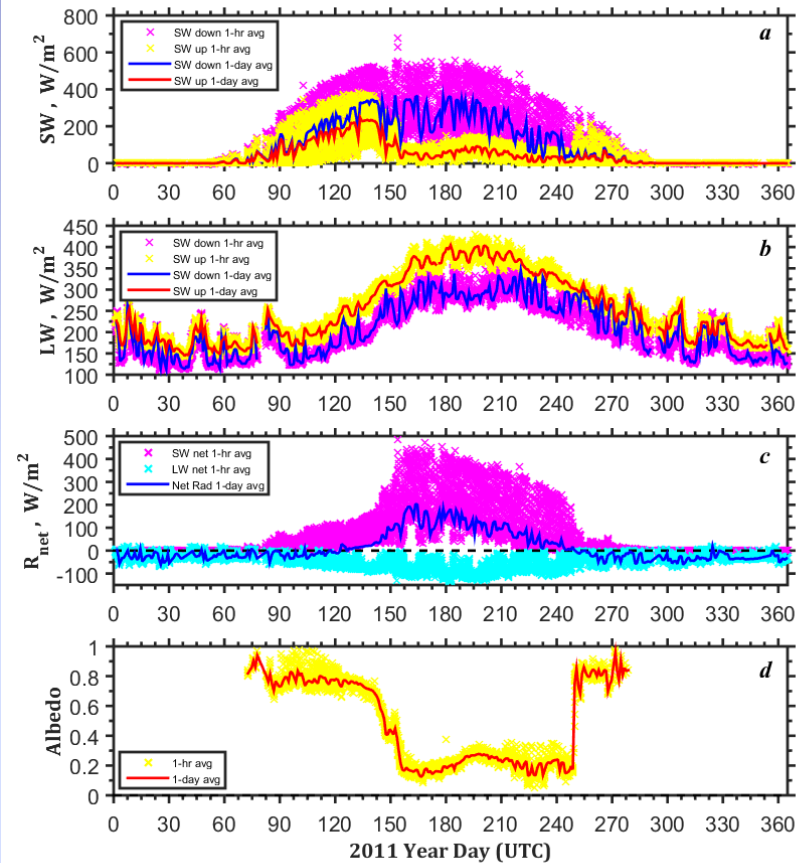
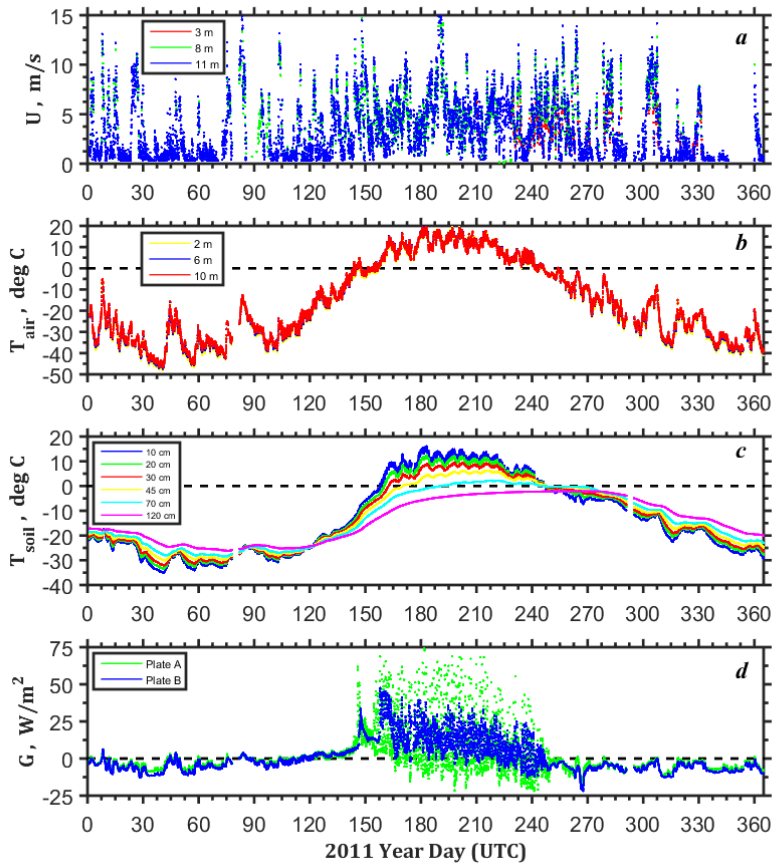
Турбулентные потоки тепла и импульса в летний сезон, Тикси



Турбулентные потоки тепла и импульса в зимний сезон, Тикси



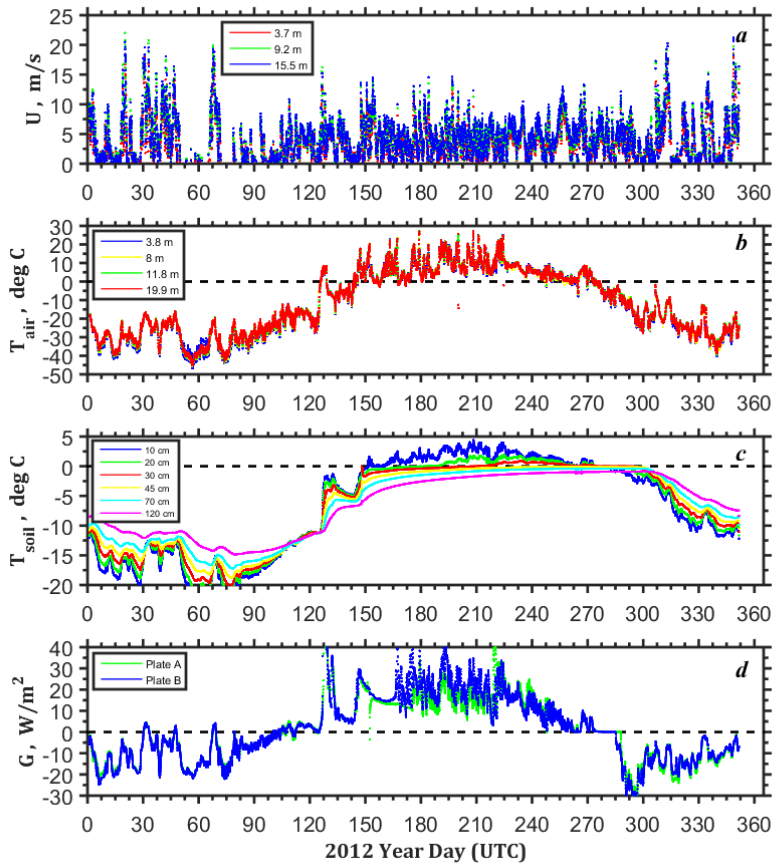
Годовая изменчивость метеорологических параметров, Эврика



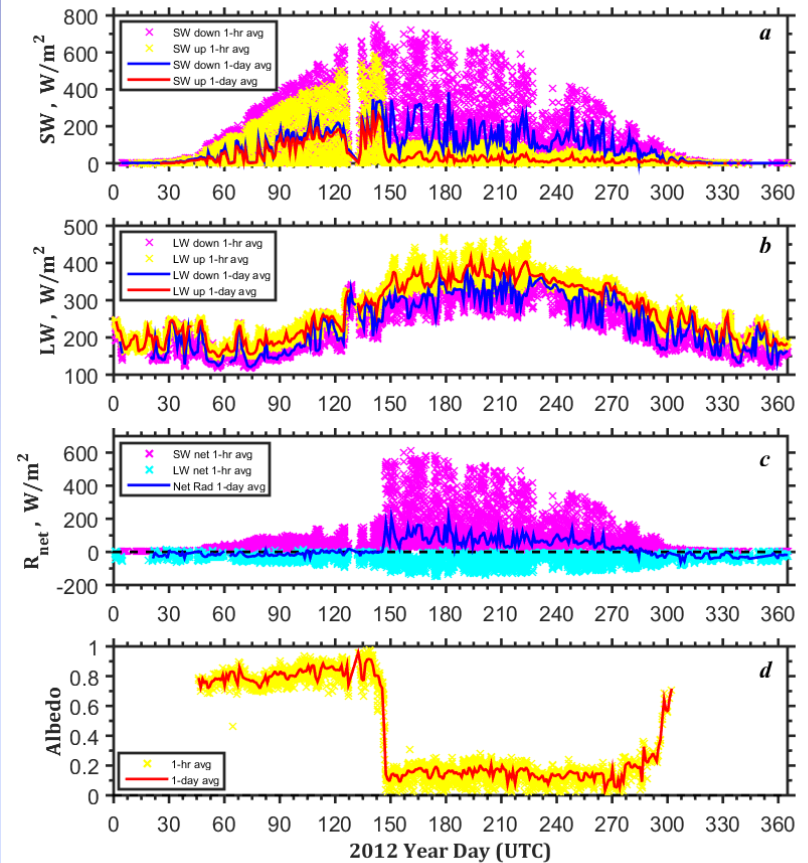
Annual cycle of (a) wind speed at 3, 8 (sonic anemometers), and 11 m (wind vane), (b) air temperature at 2, 6, and 10 m (RTD sensors), (c) soil temperature at 10, 20, 30, 45, 70, and 120 cm, and (d) soil heat flux (plates A and B) observed at Eureka in 2011. The data are based on 1-hour averaging.

Annual cycle of (a) short-wave (SW) downwelling and upwelling radiation, (b) long-wave (LW) downwelling and upwelling radiation, (c) SW balance, LW balance, and net radiation, and (d) albedo (reflectivity of a surface) observed at Eureka in 2011.

Годовая изменчивость метеорологических параметров, Эврика



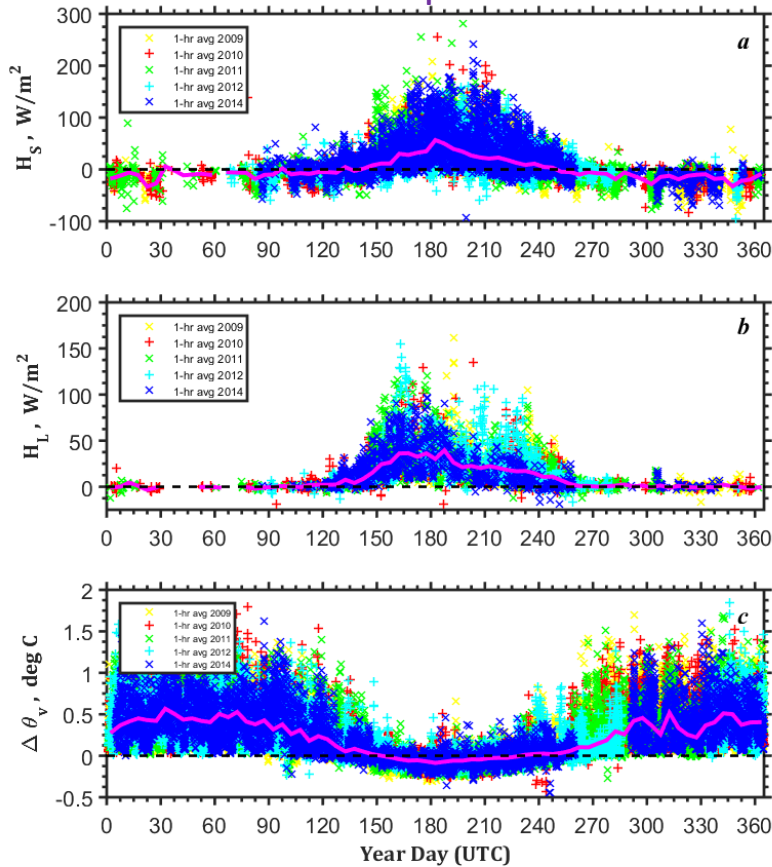
Annual cycle of (a) wind speed at 3.7, 9.2, 15.5 m (wind vanes), (b) air temperature at 3.8, 8, 11.8, 19.9 m (RTD sensors), (c) soil temperature at 10, 20, 30, 45, 70, and 120 cm, (d) soil heat flux (plates A and B) observed at Tiksi in 2012. The data are based on 1-hour averaging.



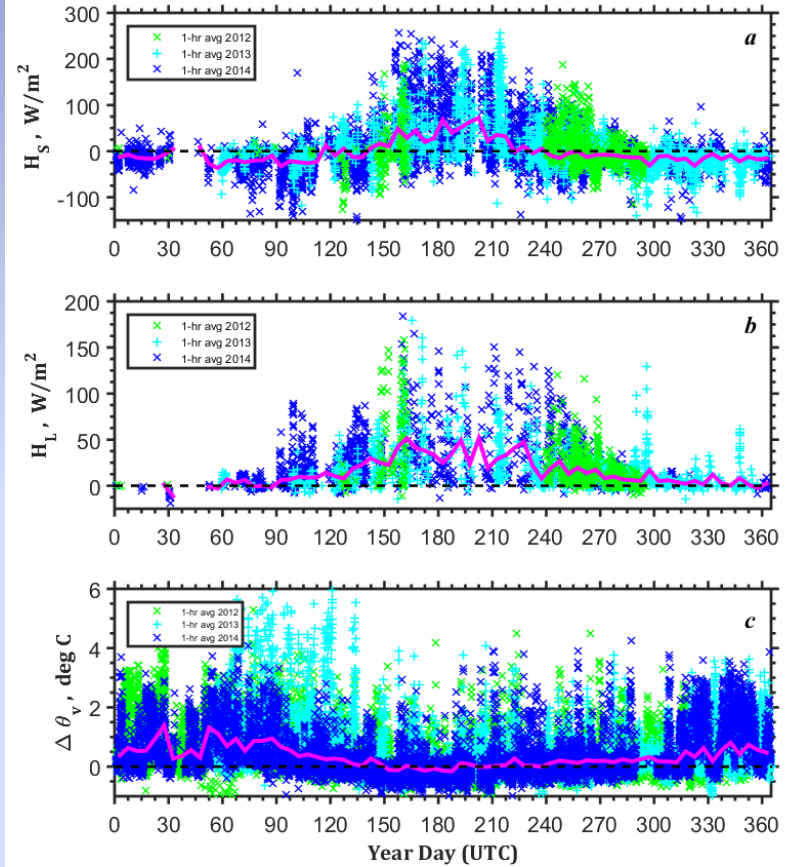
Annual cycle of (a) short-wave (SW) downwelling and upwelling radiation, (b) long-wave (LW) downwelling and upwelling radiation, (c) SW balance, LW balance, and net radiation, and (d) albedo (reflectivity of a surface) observed at Tiksi in 2012.

Турбулентные потоки

Эврика



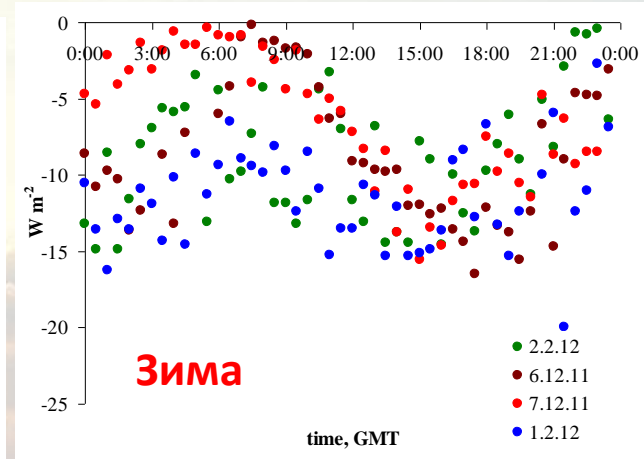
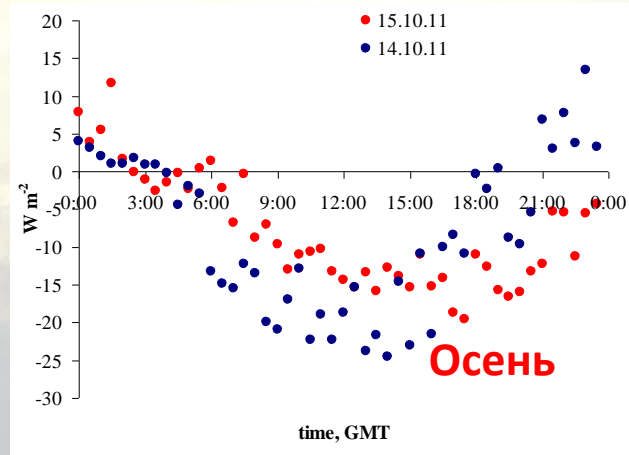
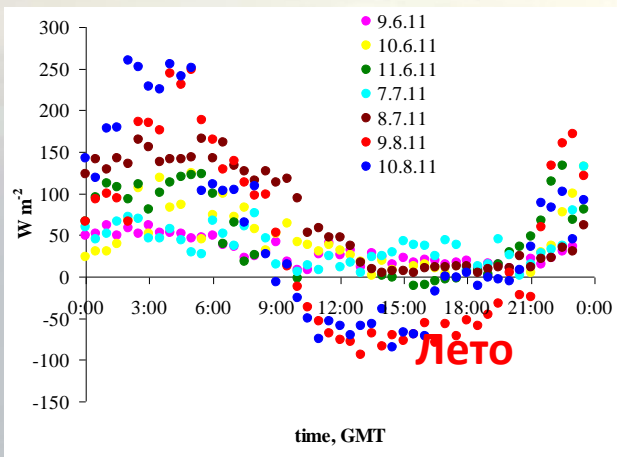
Тикси



Seasonal cycles of turbulent fluxes of (a) sensible heat, (b) latent heat, and (c) difference of air virtual potential temperature between 10 m and 6 m levels observed at Eureka in 2009-2012, 2014. The data are based on 1-hour (symbols) and 5-day (solid lines) averaging of measurements made at the Flux Tower.

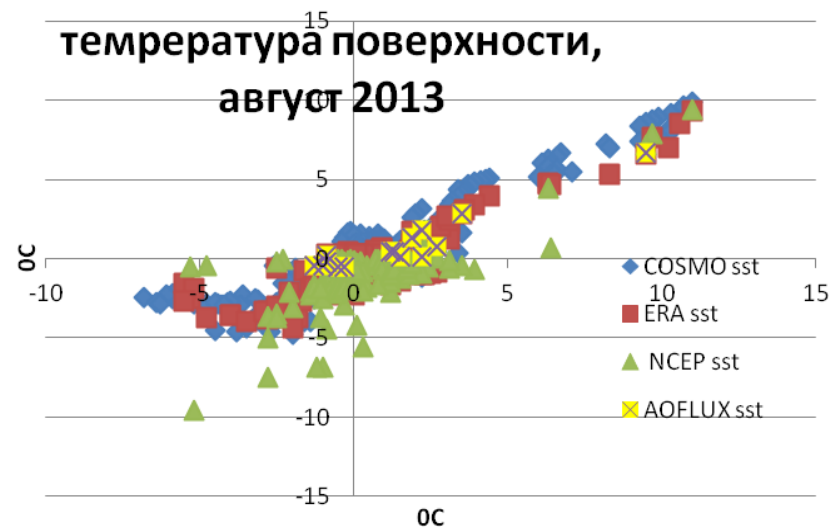
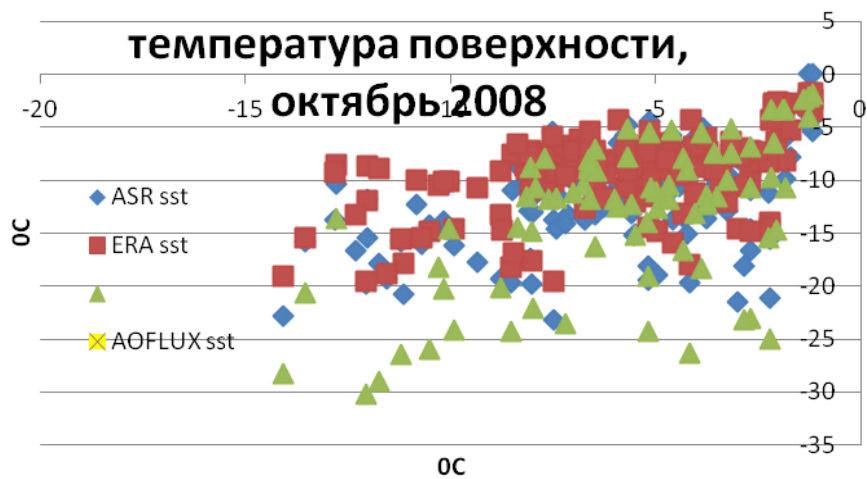
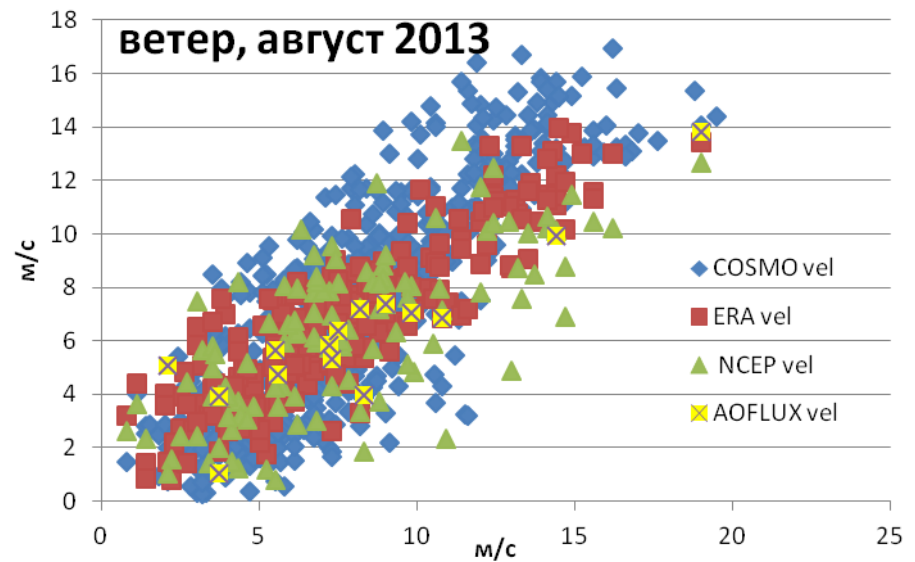
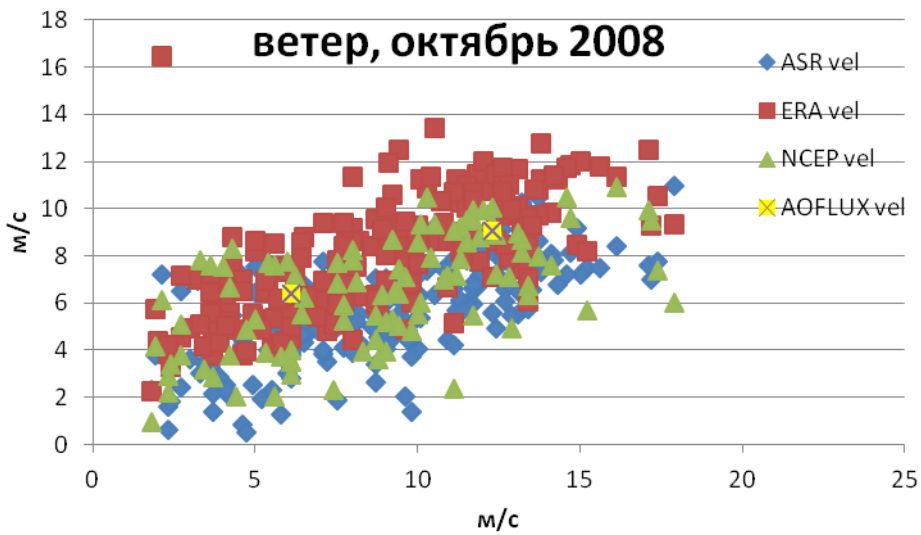
Seasonal cycles of turbulent fluxes of (a) sensible heat, (b) latent heat, and (c) difference of air virtual potential temperature between 16 m and 3.8 m levels observed at Tiksi in 2012-2014. The data are based on 1-hour (symbols) and 5-day (solid lines) averaging of measurements made at the Flux Tower.

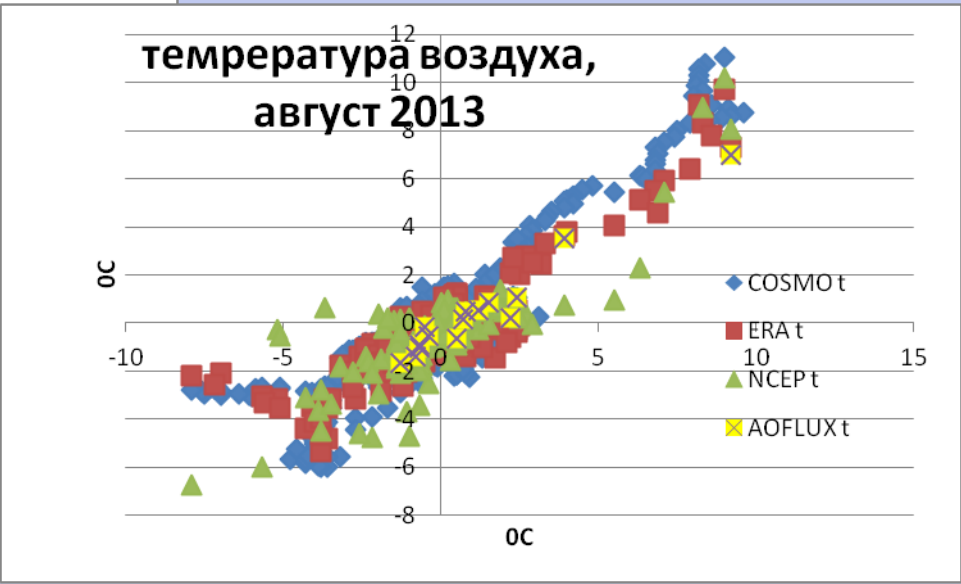
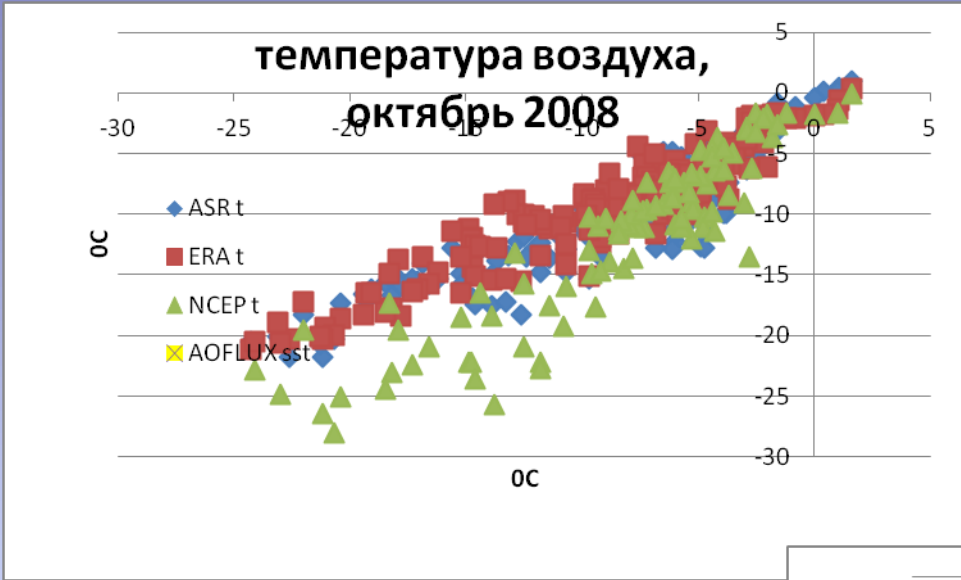
Суточный ход потока тепла для различных сезонов

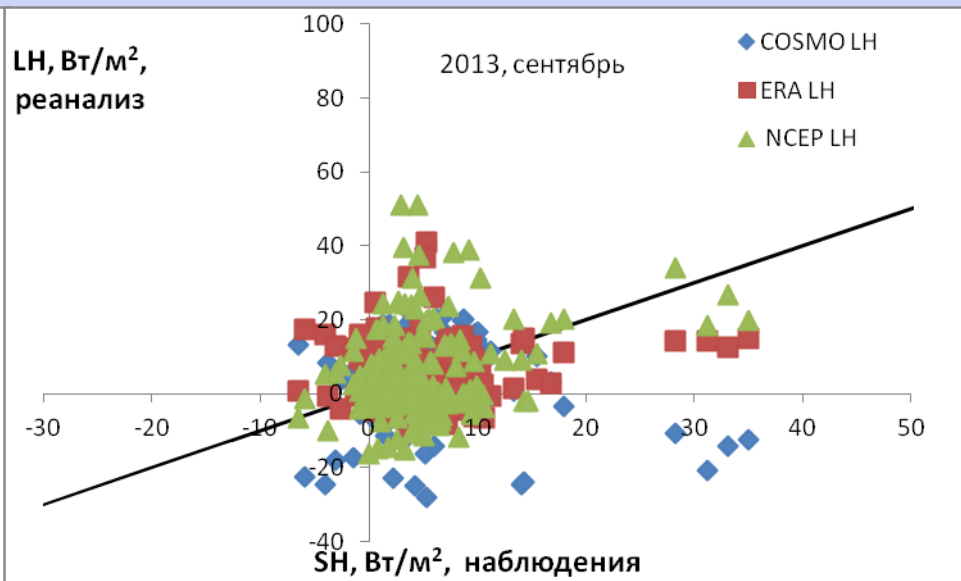
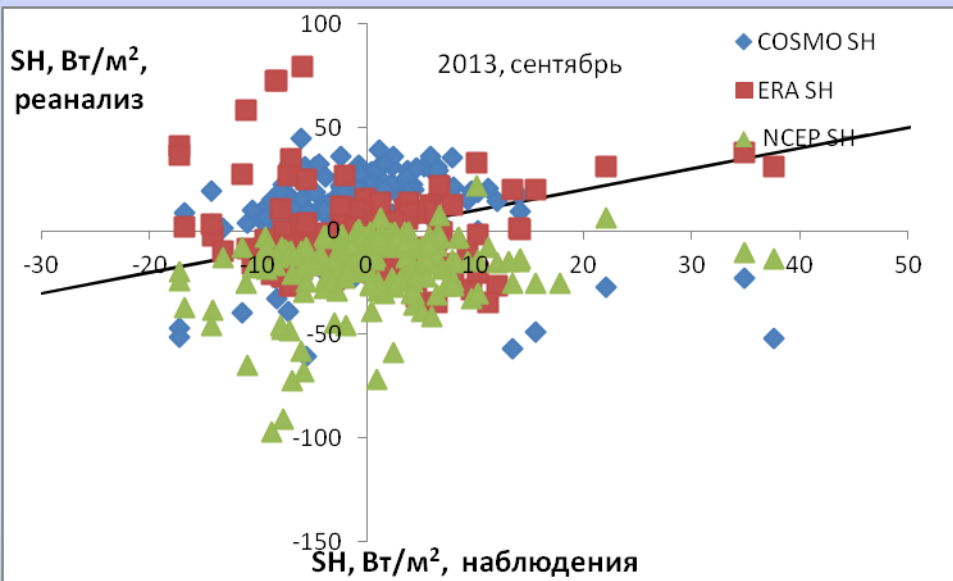
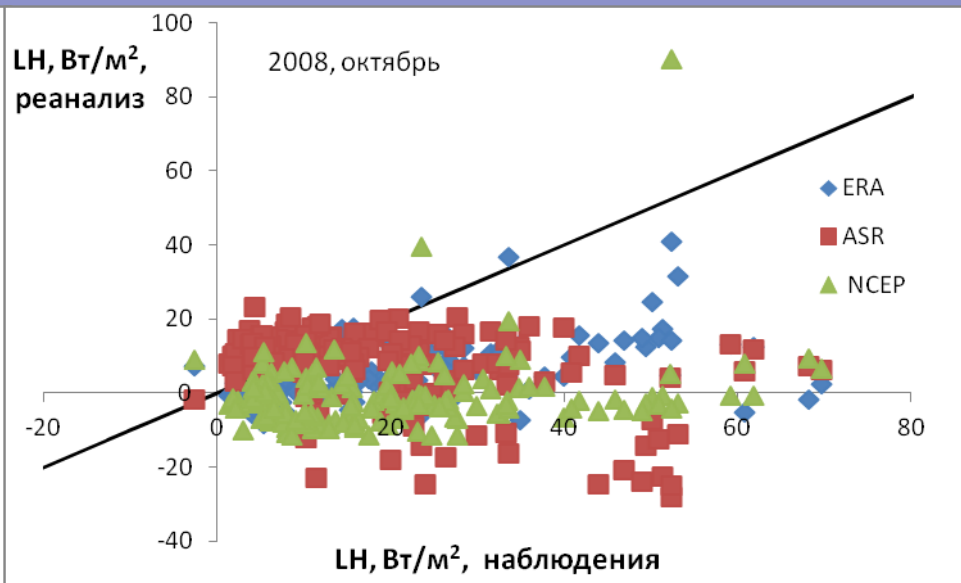
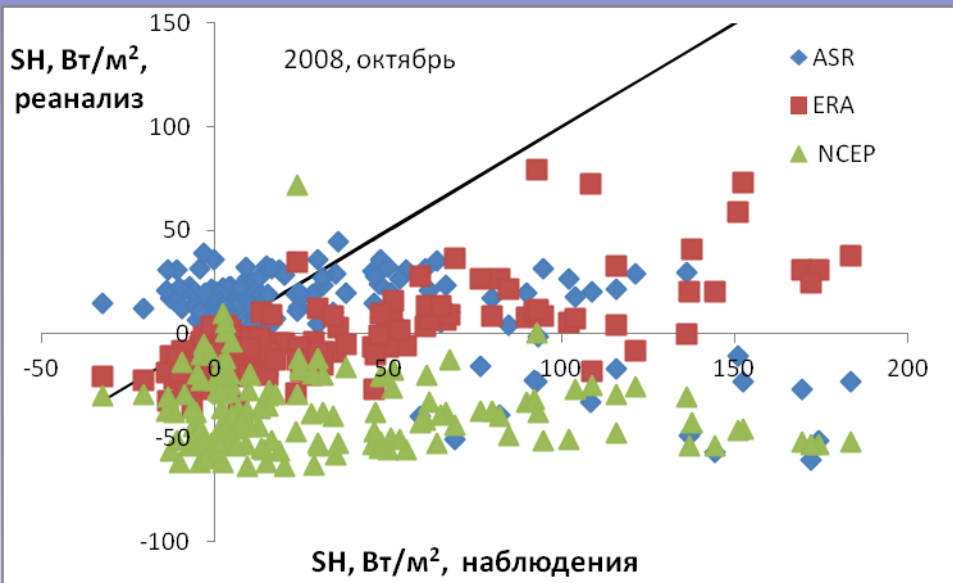


Источники информации о турбулентном теплообмене

1. Прямые наблюдения
3. Реанализы (ERA-Interim, NCEP, ASR и т.д.)
4. Спутниковые данные (AOFlux, HOAPS)
5. Данные регионального моделирования (WRF, COSMO)







Ice condition	Поток явного тепла, H			Поток скрытого тепла, L		
	NSEP	ERA	AOFLUX	NSEP	ERA	AOFLUX
Открыта я вода	0.32	0.36	0.63	0.39	0.32	0.6
Лед	0.47	0.53		0.45	0.5	
Прикром очные зоны	0.24	0.28		0.22	0.28	

Коэффициенты корреляции.

.

Приходящая коротковолновая радиация

Спутник

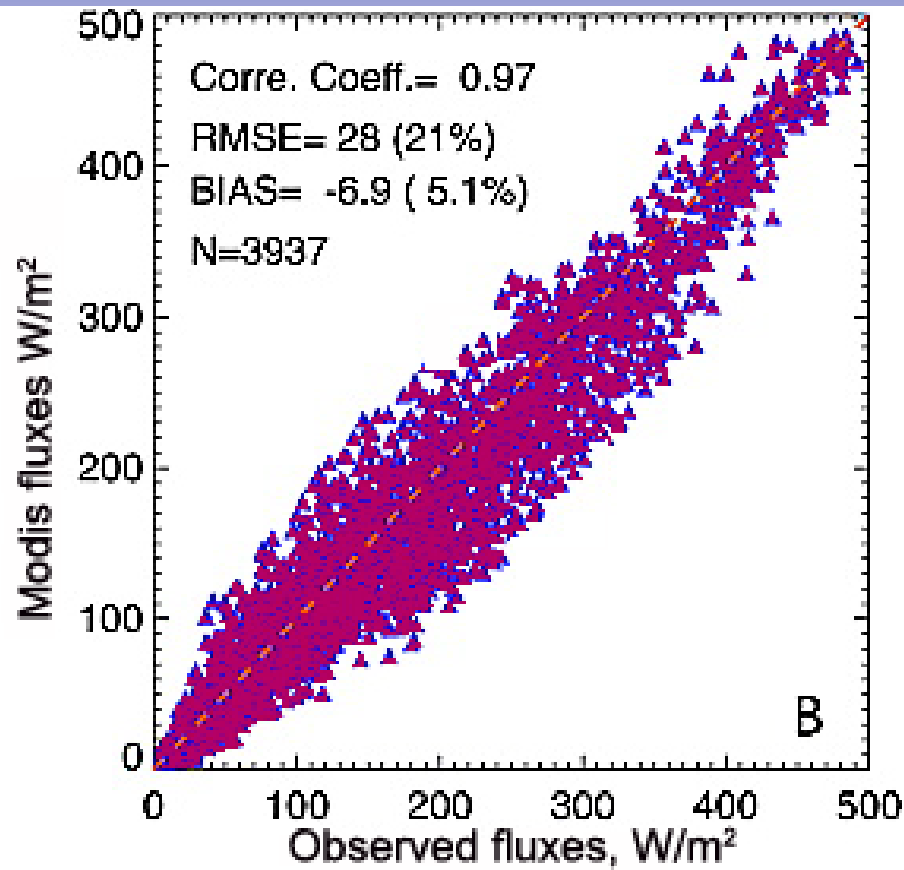
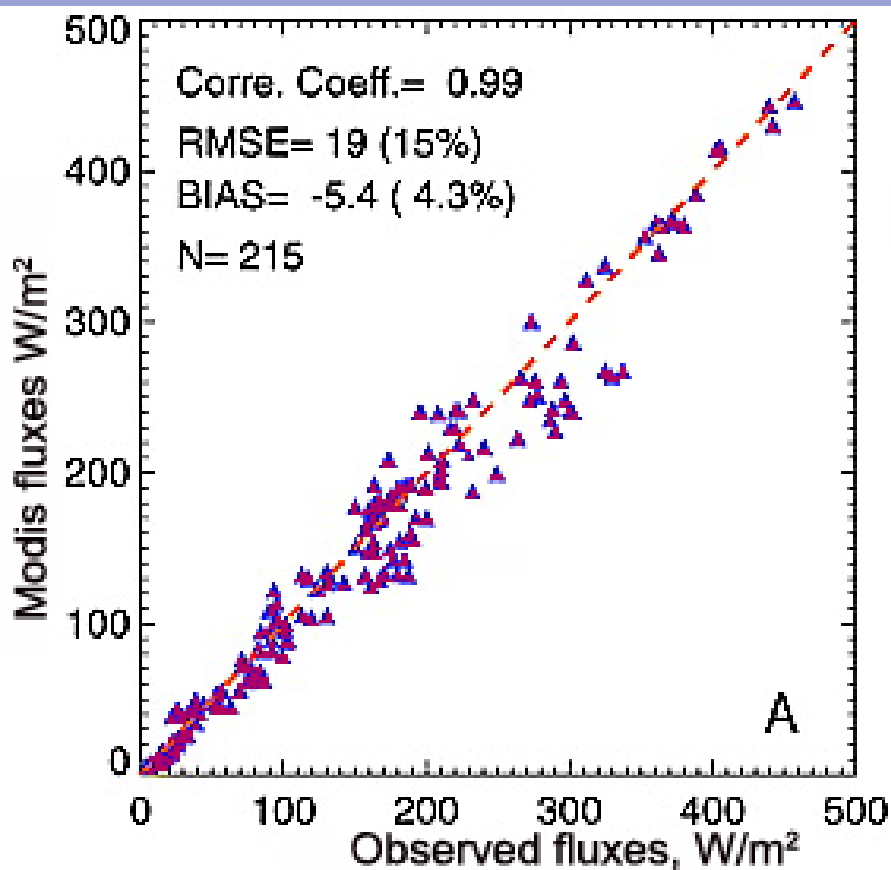
The Moderate Resolution Imaging Spectro-radiometer (MODIS) instrument onboard the Terra and Aqua satellites.

Приходящая коротковолновая радиация рассчитывалась с использованием модели радиационного переноса, с учетом поглощения озоном и рассеяния аэрозолями и облаками.

data	Shortwave radiation		
	MODIS	NCEP-NCAR	ERA INTERIM
IOSOA			
Bias	13.5	32.9	-6.9
Std	136.2	113.9	113
Corr	0.95	0.84	0.81
NABOS			
Bias	23.1	40.7	14.8
Std	72.3	53.3	76.1
Corr	0.74	0.51	0.54

RMS меньше чем 20 W/m^2 для безоблачных условий и 35 W/m^2 для облачной атмосферы (приземные измерения).

ТИКСИ

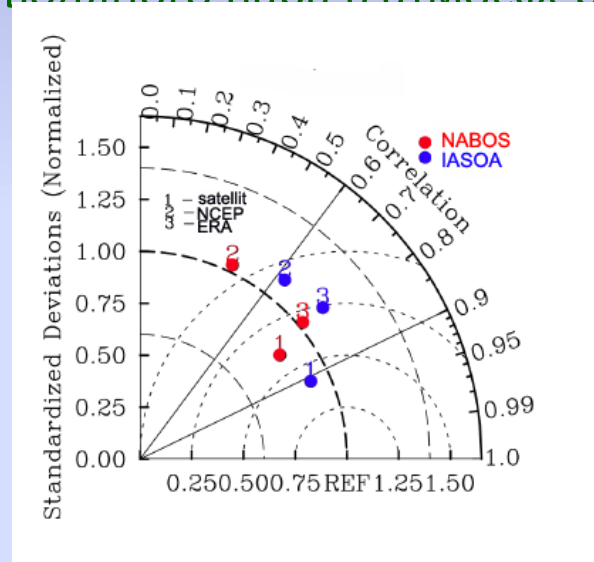


Приходящая длинноволновая радиация

Спутник

Advanced Very High Resolution Radiometer (AVHRR)
instrument onboard the NOAA satellites.

Приходящая длинноволновая радиация рассчитывалась по данным приходящей радиации для ясного неба и данным уходящей длинноволновой радиации и содержанию водяного пара в атмосфере.



RMS ошибка 22.4 W/m^2 , BIAS 2.1 W/m^2 для приземных измерений и 45.3 W/m^2 , 32.4 W/m^2 для океана

Заключение

Спутниковые продукты дают лучшее сходжение с данными, чем реанализы.

Основная причина ошибок в определении потоков тепла в Арктике - температурные и структурные неоднородности поверхности

Потоки зависят не только от площади неоднородностей, но и от их конфигурации.

Спутниковые методы наиболее перспективны, но требуют дополнительной валидации и разработки новых параметризаций.

Спасибо за внимание!

