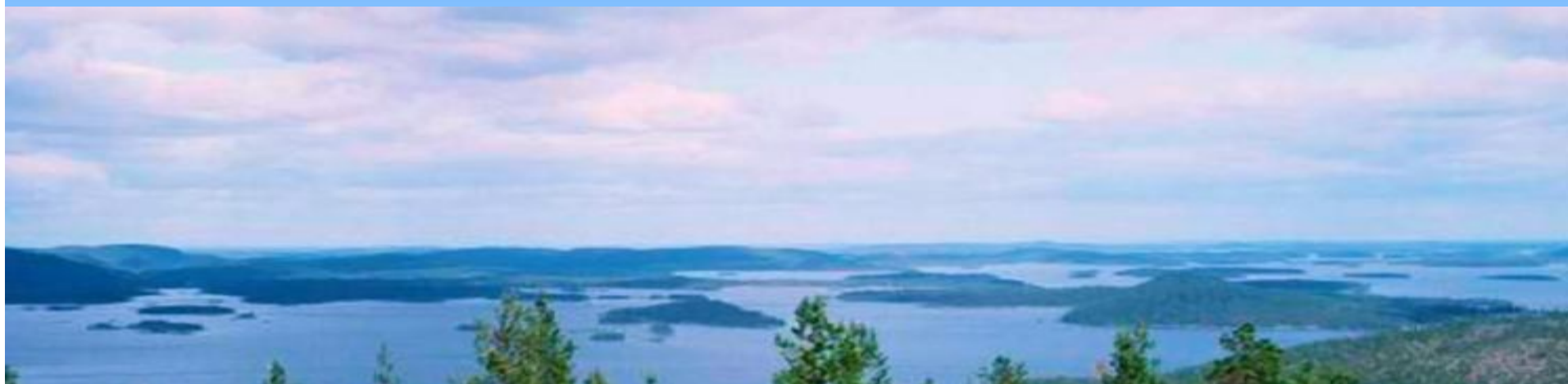


Атмосферные реанализы



Ирина Репина

Институт физики атмосферы

им. А.М. Обухова РАН

Атмосферные реанализы

Национальный центр прогнозов окружающей среды (NCEP) и
Национальный центр атмосферных исследований США (NCAR).
Национальное агентство по исследованию атмосферы и океана (NOAA)

Реанализы	Горизонтальное разрешение	Время	Дата основания	ссылка
NCEP/NCAR R1	2,5°×2,5°	1948-н.в.	1995	http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis.html
NCEP-DOE R2	2,5°×2,5°	1979-н.в.	2001	http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/gridded/data.ncep.reanalysis2.html
CFSR (NCEP)	0,5°×0,5°	1979-31.03.2011	2009	http://rda.ucar.edu/datasets/ds093.1/
C20r (NOAA)	2,0°×2,0°	1871-2011	2009	http://rda.ucar.edu/datasets/ds131.1/
ASR	30 км	2000-2012	2012	http://rda.ucar.edu/datasets/ds631.0/

Европейский центр среднесрочных прогнозов погоды (ECMWF)
Японское метеорологическое агентство

Реанализы	Горизонтальное разрешение	даты	Дата основания	ссылка
ERA-20C	0.25x0.25	1900-2010	2004	http://apps.ecmwf.int/datasets/data/era20c-daily/levtype=sfc/type=an/
ERA-40	2.5x2.5 / 1.125x1.125	1957-2002	2004	http://www.ecmwf.int/en/forecasts/datasets/era-40-dataset-sep-1957-aug-2002
ERA-Interim	0.75x0.75	1989-н.в.	2009	http://apps.ecmwf.int/datasets/data/interim-full-daily/levtype=sfc/
JRA-25	1.25 x 1.25 2.5 x 2.5	1979-н.в.	2006	http://jra.kishou.go.jp/JRA-25/index_en.html
JRA-55	1.25 x 1.25	1958-2012	2009	http://jra.kishou.go.jp/JRA-55/index_en.html
MERRA (NASA)	0.5°x0.667°	1979-н.в.	2009	http://disc.sci.gsfc.nasa.gov/daac-bin/FTPSubset.pl

1) Основные ссылки:

Trenberth, K. E., and J. G. Olson, 1988: An evaluation and intercomparison of global analyses from NMC and ECMWF.

Bull. Amer. Meteor. Soc., 69, 1047-1057.

Bengtsson, L. and J. Shukla, 1988: Integration of space and in situ observations to study global climate change. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 69, 1130-1143.

2) Первые реанализы

Schubert, S.D., R. B. Rood and J. Pfaendtner, 1993: An Assimilated Data Set for Earth Science Applications *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 74, 2331-2342.

Gibson, J.K., P. Kallberg, A. Nomura, and S. Uppala, 1994: The **ECMWF re-analysis** (ERA) project- Plans and current status. 10th Int. Conf. Interactive Inf. and Proc. Syst. Meteor., Oceanogr. and Hydrol., Nashville, TN, AMS, 164-167.

Kalnay, E., et al, 1996: The NMC/NCAR 40-year Reanalysis Project. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 77, 437-471.

Kanamitsu, M, W. Ebisuzaki, J. Woollen, S-K Yang, J. J. Hnilo, M. Fiorino, and G. L. Potter, 2002: **NCEP-DOE** AMIP-II Reanalysis (R-2), *Bull. Amer. Met. Soc.*, 83, 1631-1643.

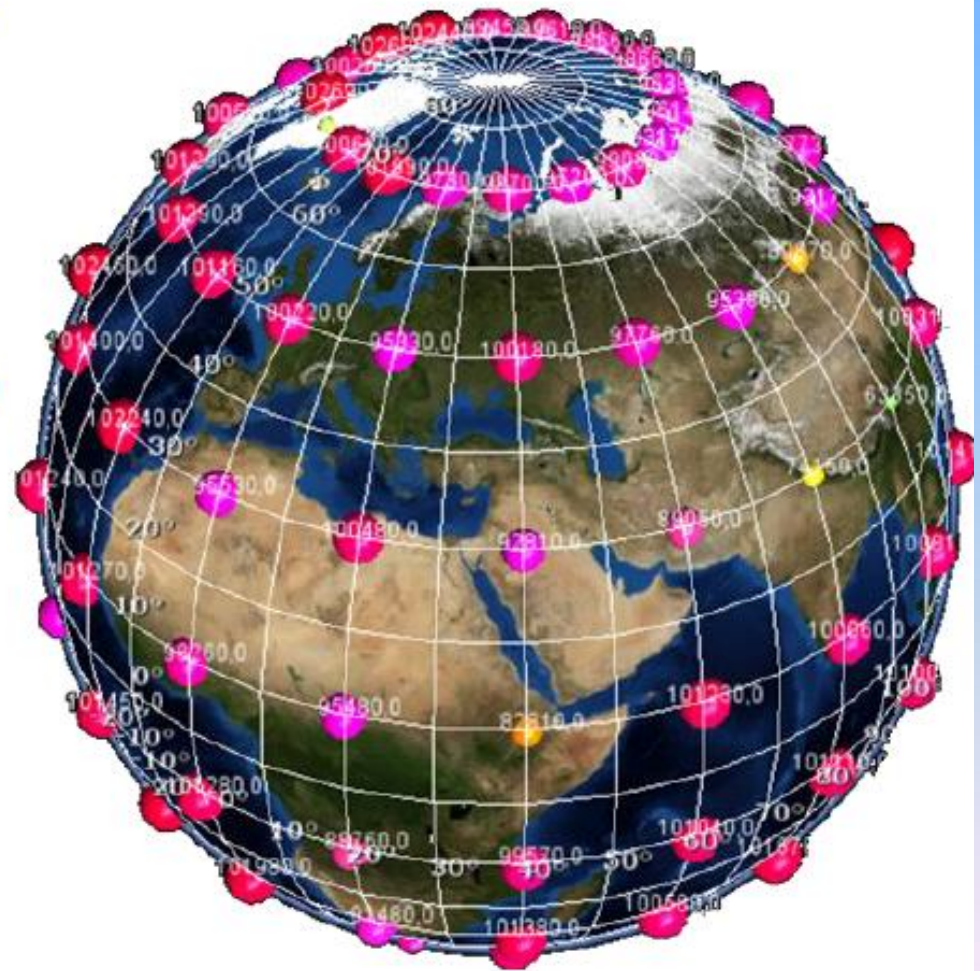
3) Вторичные реанализы ERA40, JRA

4) Следующие итерации: MERRA, ERA-interim, CFSR

Реанализ: концепция

Ассимилировать все доступные данные на регулярную широтно-долготную решетку

- Мгновенный «снимок»
- В каждом узле решетки находится значение
- Наиболее точная метео картина, собранная из всех данных
- Удобное представление для использования (матрица)



Данные метеорологической сети

Более 20 000 стационарных метеостанций, мобильные метеостанции, корабли, буи, спутники



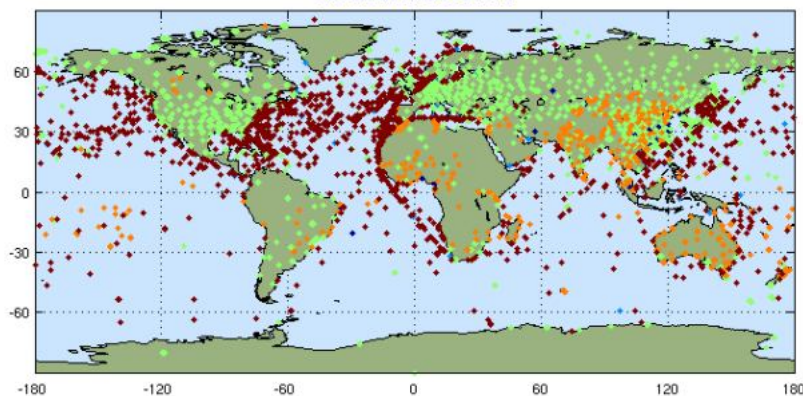
имеют разные форматы, пространственное и временное разрешение, пропуски, погрешности

Изменение системы наблюдений

07-Jan-1973 12UTC All data: 77098 observations

all lat; all lon; all lev; all kt; all kc; all qc; all qch
/data/austin/b500_swp_73/all_ods_workdir/SAVE_ODS/b500_swp_73.ana.obs.19730107_12z.ods

Observation Locations

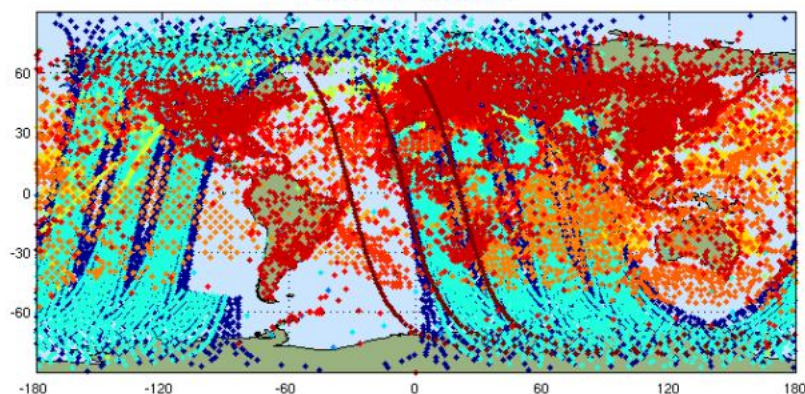


1973 – 77K Obs every 6hrs

07-Jan-1979 12UTC All data: 325765 observations

all lat; all lon; all lev; all kt; all kc; all qc; all qch
/data/austin/b500_swp_73/all_ods_workdir/SAVE_ODS/b500_swp_73.ana.obs.19790107_12z.ods

Observation Locations

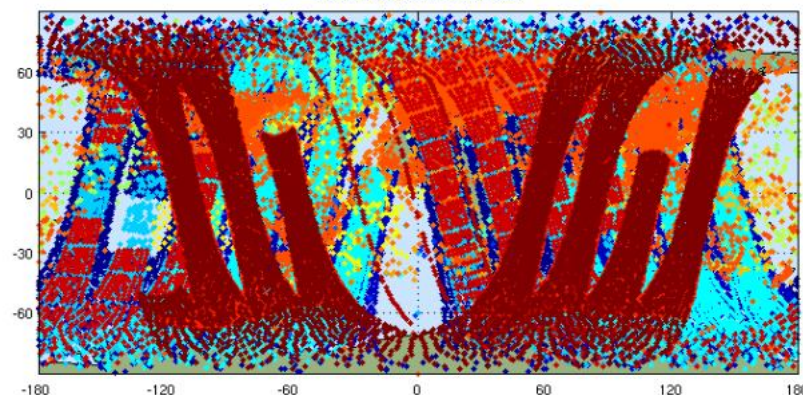


1979 – 325K Obs every 6hrs

02-Aug-1987 12UTC All data: 550602 observations

all lat; all lon; all lev; all kt; all kc; all qc; all qch
/data/austin/b500_b10p9_84/all_ods_workdir/b500_b10p9_84.ana.obs.19870802_12z.ods

Observation Locations

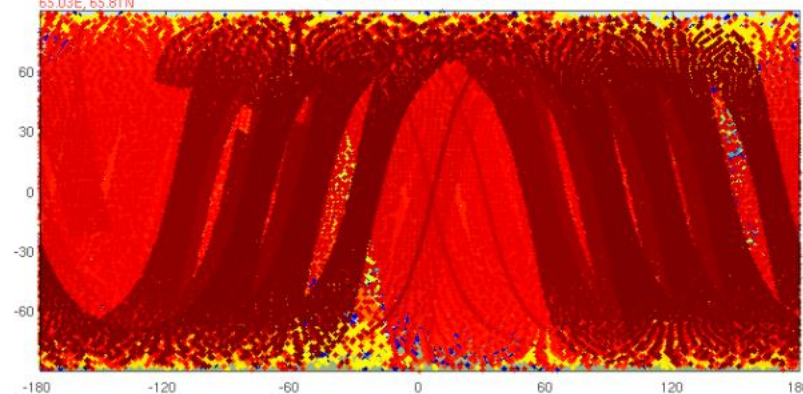


1987 – 550K Obs every 6hrs

07-Jan-2006 12UTC All data: 4217655 observations

all lat; all lon; all lev; all kt; all kc; all qc; all qch
/data/austin/d5_b10p9stab12_jan06/all_ods_workdir/d5_b10p9stab12_jan06.ana.obs.20060107_12z.ods

Observation Locations



2006 – 4.2M Obs every 6hrs

Базы данных наземных наблюдений

The Global Surface Network ([GSN](#)): Сеть наземных наблюдений для фиксации климатических изменений.

The Integrated Surface Database ([ISD](#)): Все метеорологические наблюдения с наземных станций.

The International Comprehensive Ocean Atmosphere Data Set ([ICOADS](#)) 1662-н.в.: содержит все метеорологические наблюдений и наблюдения за состоянием морской поверхности с судов и морских буев.

The International Best Track Archive for Climate Stewardship ([IBTrACS](#)) 1851-н.в.: сведения о тропических циклонах.

The International Surface Pressure Databank ([ISPD](#)) 1755-2010: содержит данные об атмосферном давлении на уровне моря.

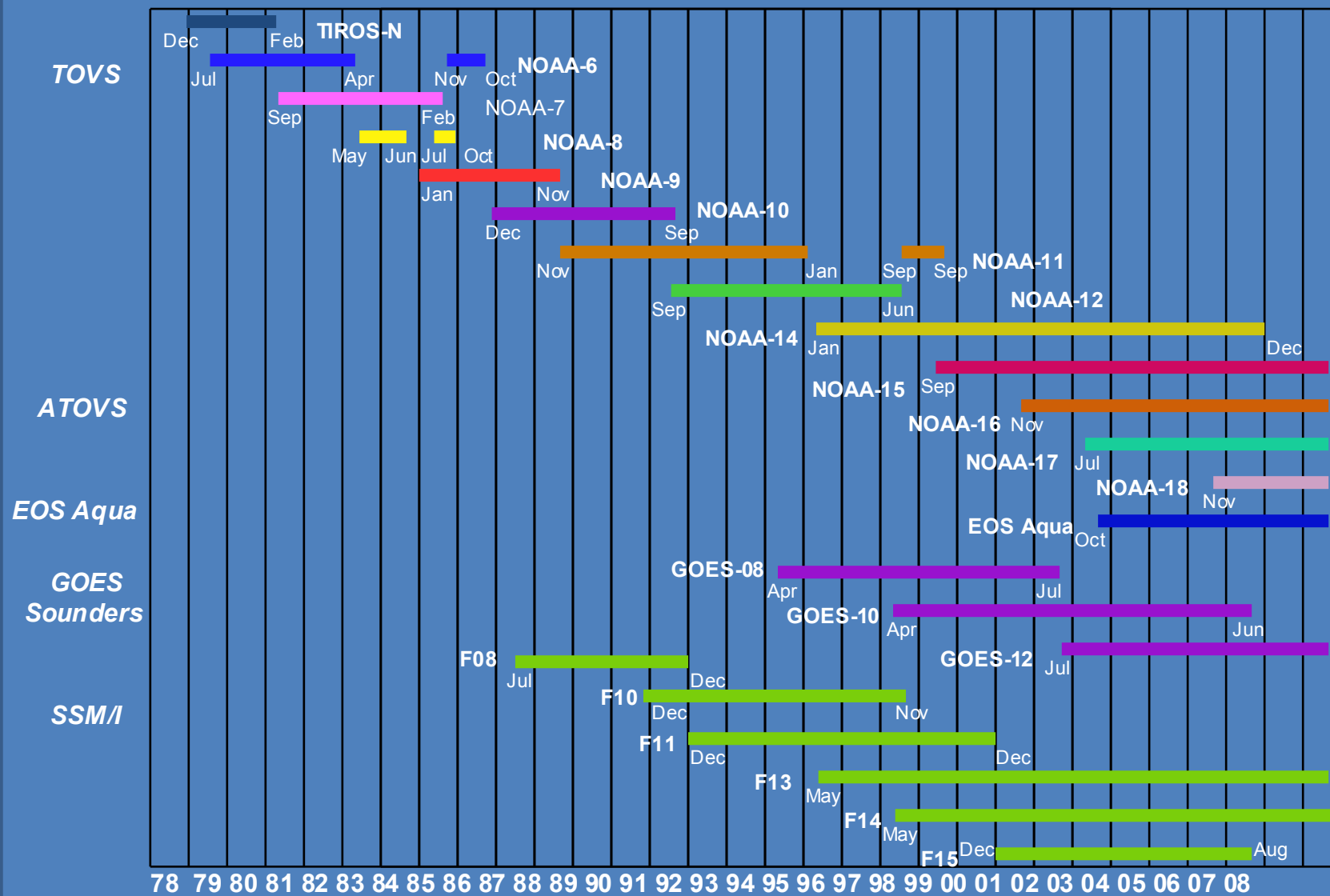
The International Surface Temperature Initiative surfacetemperatures.org данные о температуре и других метеорологических параметрах из всех возможных источников..

The Hadley Integrated Surface Dataset (HadISD) 1973-н.в.: Содержит выборочную метеорологическую информацию с повышенным контролем качества данных ([UK Met Office Hadley Centre](#))

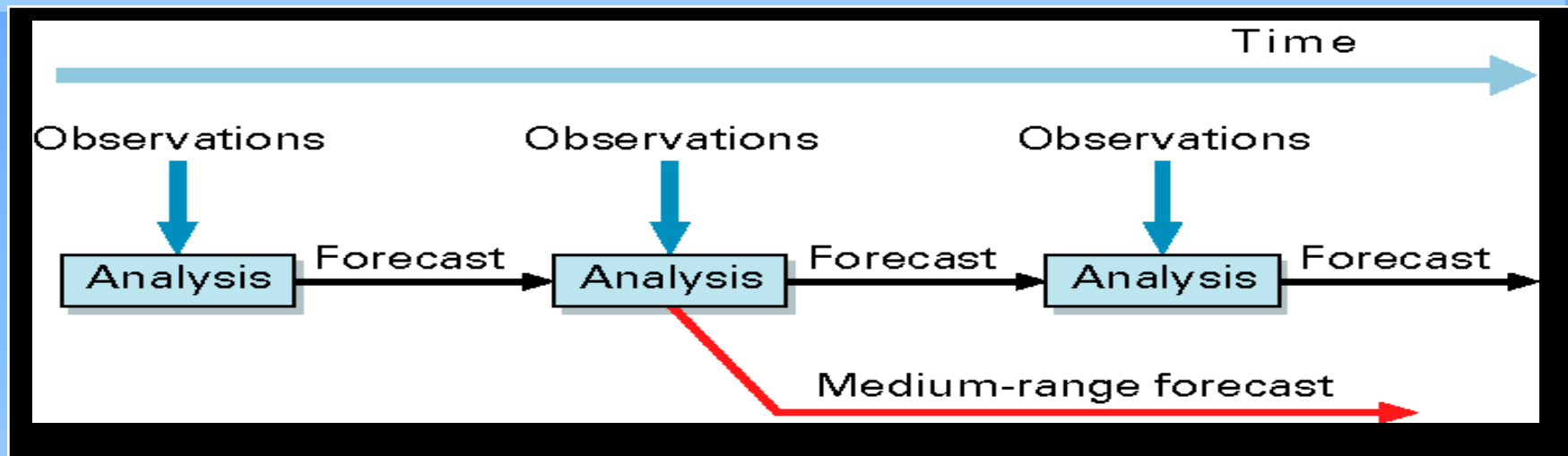
The European Climate Assessment & Dataset ([ECA&D](#)) ~1900-н.в.: содержит метеорологические наблюдения наземных станций (>7500) Европы и Средиземноморья stations throughout Europe and the Mediterranean. Доступна версия, интерполированная на широтную сетку. ([E-OBS](#)).

The Southeast Asian Climate Assessment & Dataset ([SACA&D](#)): содержит данные метеорологических наблюдений станций Юго-восточной Азии.

Satellite Data Streams assimilated



Система ассимиляции данных



- ◆ Наблюдения используются чтобы скорректировать ошибки в краткосрочных прогнозах из предыдущего анализа.
- ◆ Каждые 12 часов модель ассимилирует 7 – 9,000,000 наблюдений чтобы скорректировать 80,000,000 величин, которые определяют модель виртуальной атмосферы.

Схема сравнения данных

Данные
метеорологических
моделей

Данные
метеорологических
моделей

1. Выбор метода интерполяции для восстановления значений моделированных данных в узлах нерегулярной сетки метеорологических станций

Метод 1.

Метод 2.

Метод 3.

Ошибка интерполяции $\Rightarrow \min$

2. Восстановление значений моделированных данных в узлах сетки станций

Набор данных 1.

Набор данных 2.

Набор данных 3.

Отклонение от данных наблюдений $\Rightarrow \min$

3. Проверка критериев однородности и статистической значимости различий рядов метеорологических величин, восстановленных по данным моделирования, и инструментальных наблюдений

Набор данных
моделирования



Данные
наблюдений
метеостанций

Восстановление значений Реанализа в узлах регулярной сетки (тест)

	ERA-40		AMIP II		JRA-25		INTERIM	
	MAE	MRSE	MAE	MRSE	MAE	MRSE	MAE	MRSE
<i>Linear interpolation</i>	0,253	0,527	0,164	0,313	0,152	0,261	0,053	0,082
<i>Cubic polynomial</i>	0,853	1,144	0,503	0,686	0,507	0,676	0,106	0,132
<i>Inverse-distance interpolation</i>	0,864	1,176	0,746	0,991	0,493	0,674	0,252	0,335
<i>Modified Shepard's method</i>	0,201	0,405	0,157	0,315	0,156	0,296	0,056	0,087
<i>Kriging method</i>	0,242	0,48	0,169	0,316	0,153	0,259	0,059	0,091

Средняя абсолютная ошибка:

$$MAE = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N |p_i - o_i|$$

Среднеквадратическое отклонение:

$$RMSE = \left[\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (p_i - o_i)^2 \right]^{1/2}$$

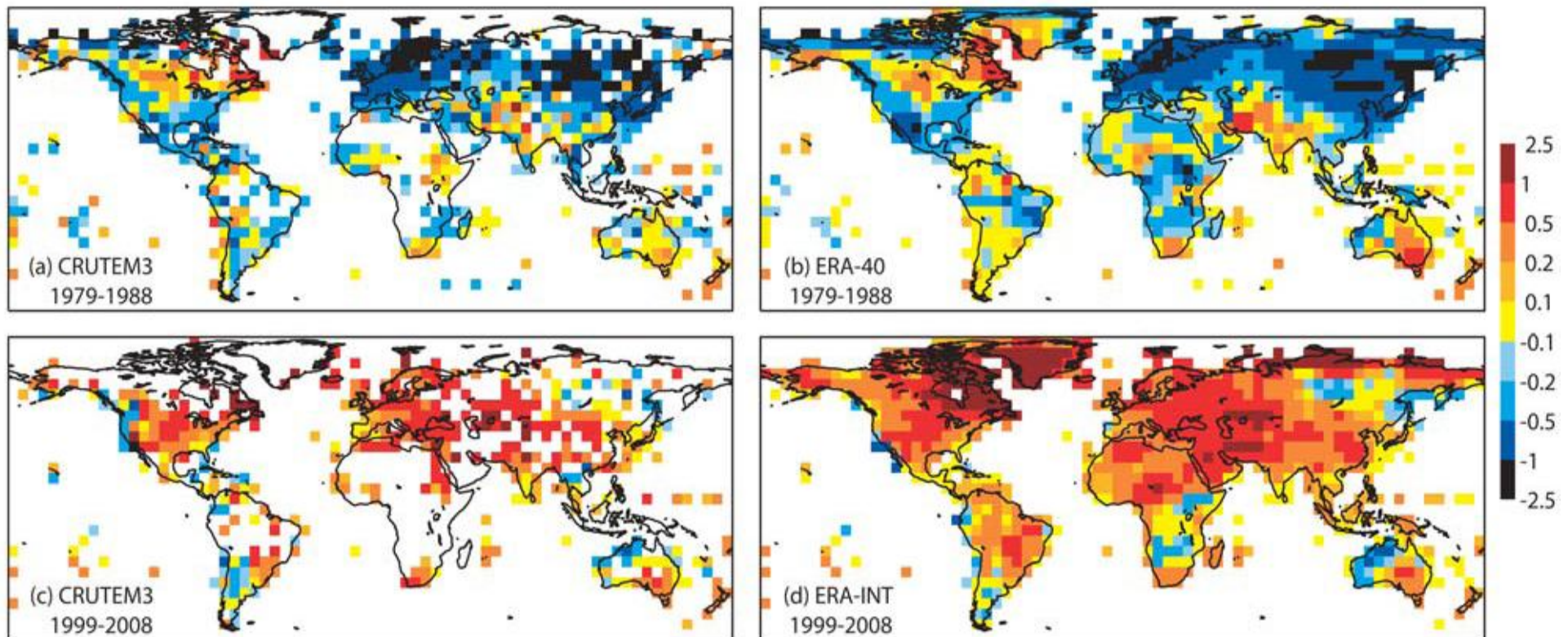
Что же нам дают реанализы?

До создания реанализов было практически невозможно проследить изменения климата из-за разрывов в системах ассимиляций данных

Использование стабильной системы усвоения данных позволило::

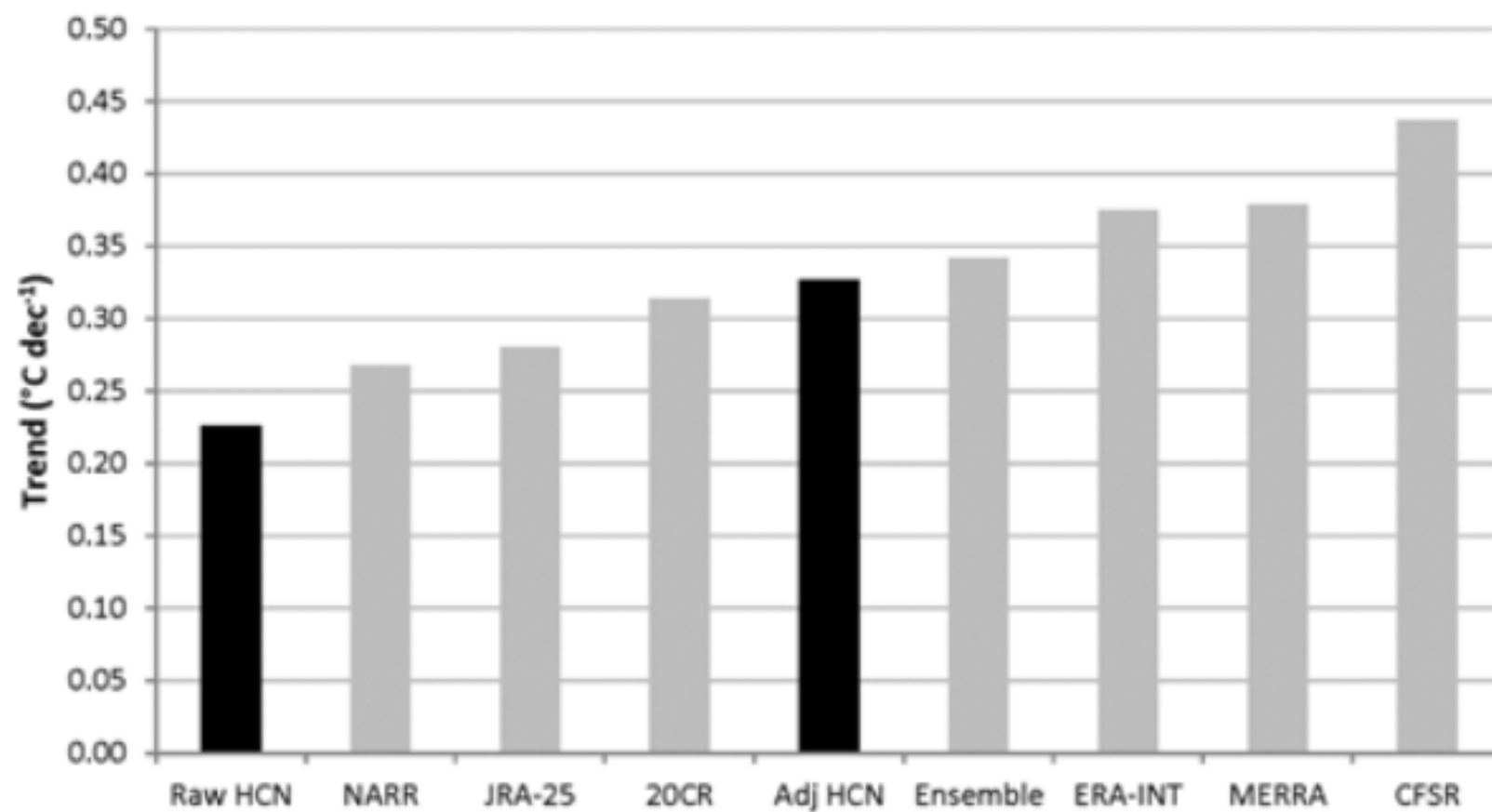
- Создать климатологию
- Надежно установить аномалии
- Создать временные ряды метеорологических параметров
- улучшить системы прогнозов
- Создать надежные архивы данных и усовершенствовать системы наблюдений

Приземная температура

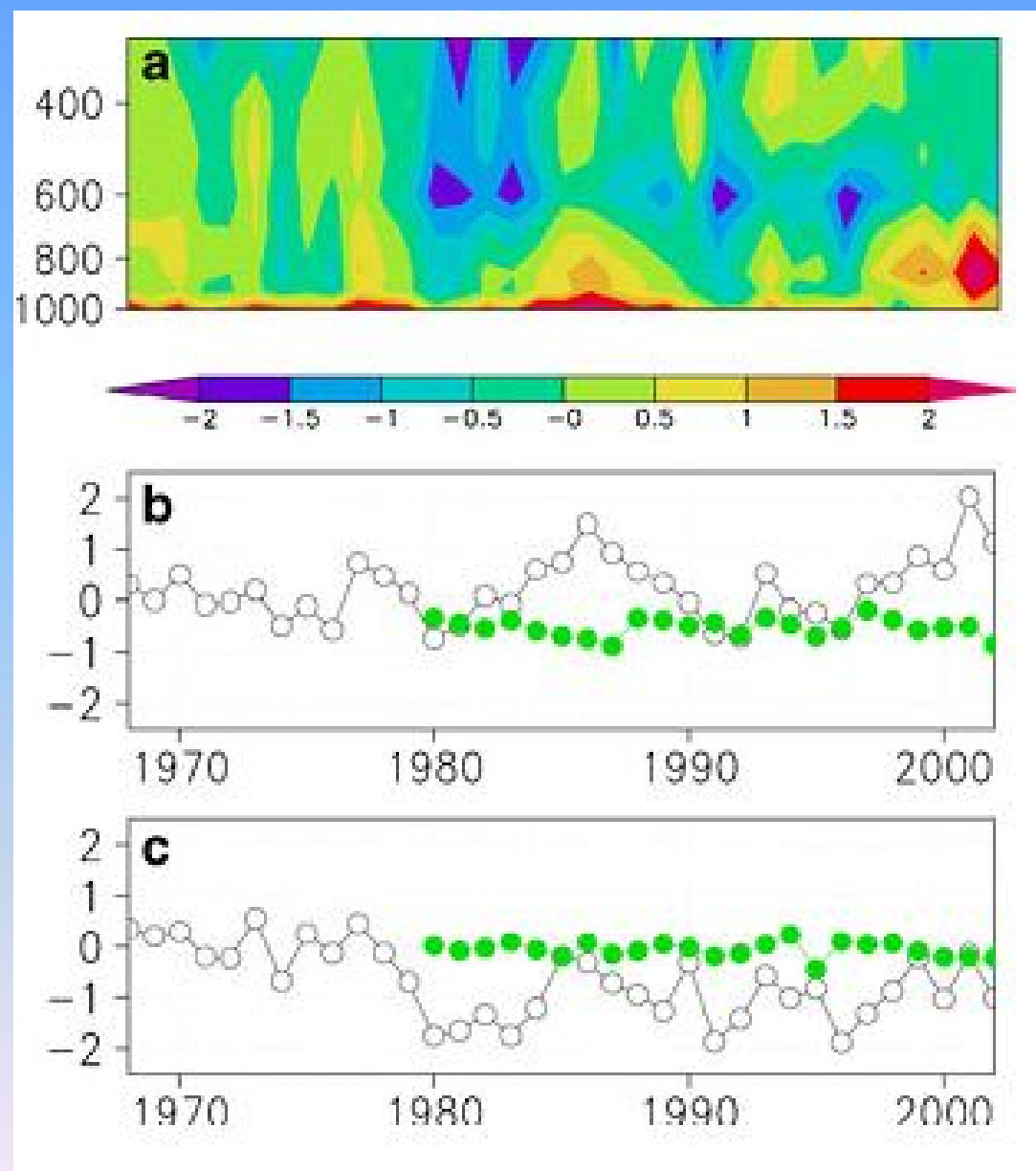


Десятилетняя средняя аномалия (K) относительно к периоду 1989–1998 (a) CRUTEM3 для 1979–1988, (b) ERA-40 для 1979–1988, (c) CRUTEM3 для 1999–2008, для (d) ERA Interim for 1999–2008.

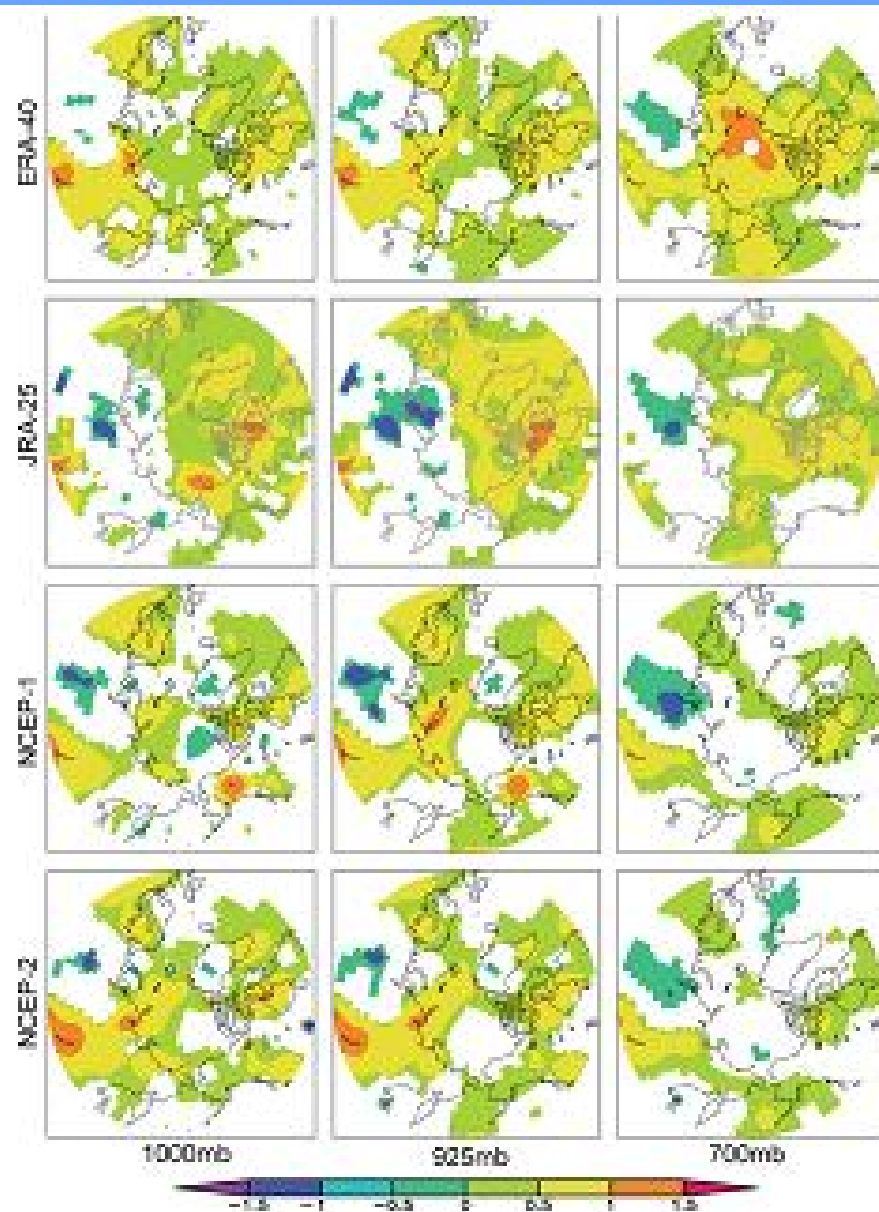
Температурный тренд (1989-2010) из наблюдений и реанализов



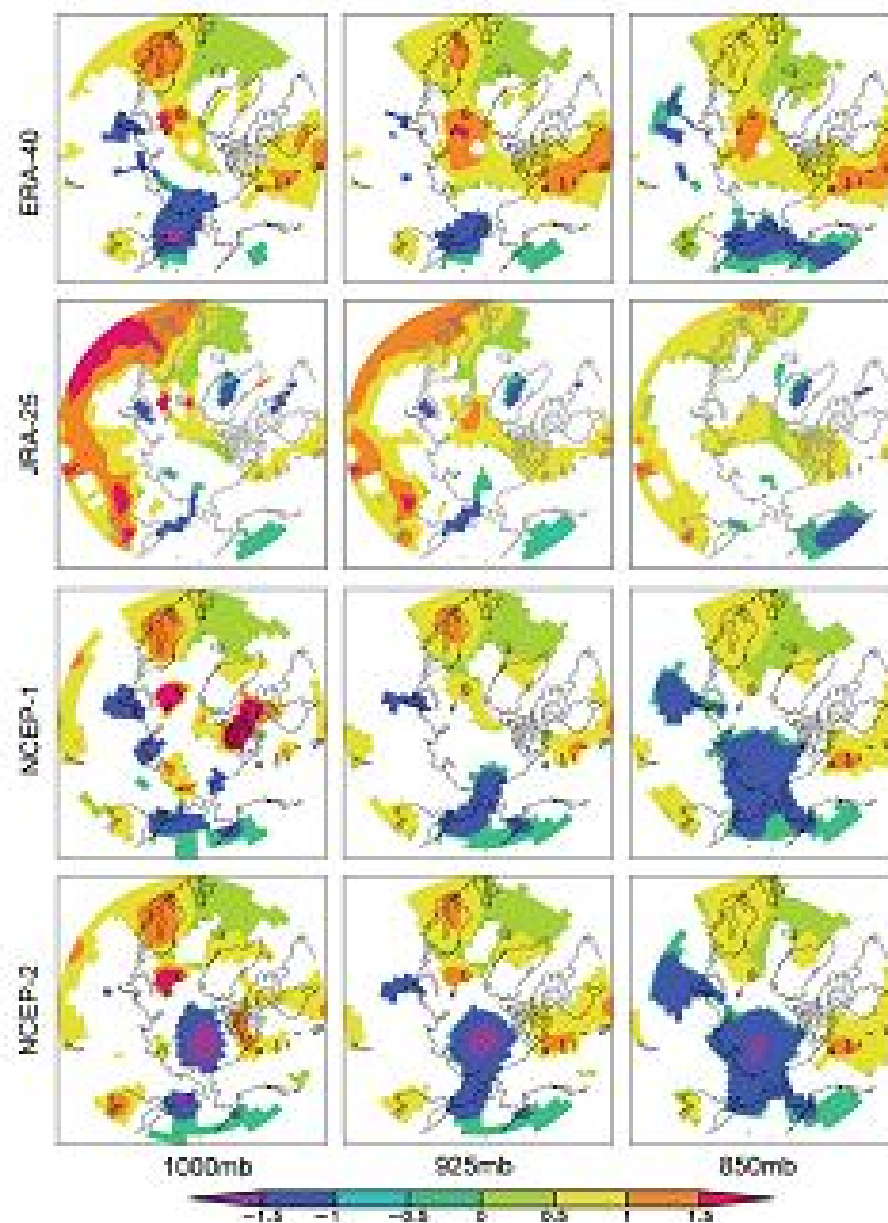
Аномалии температуры в Арктике по данным различных реанализов



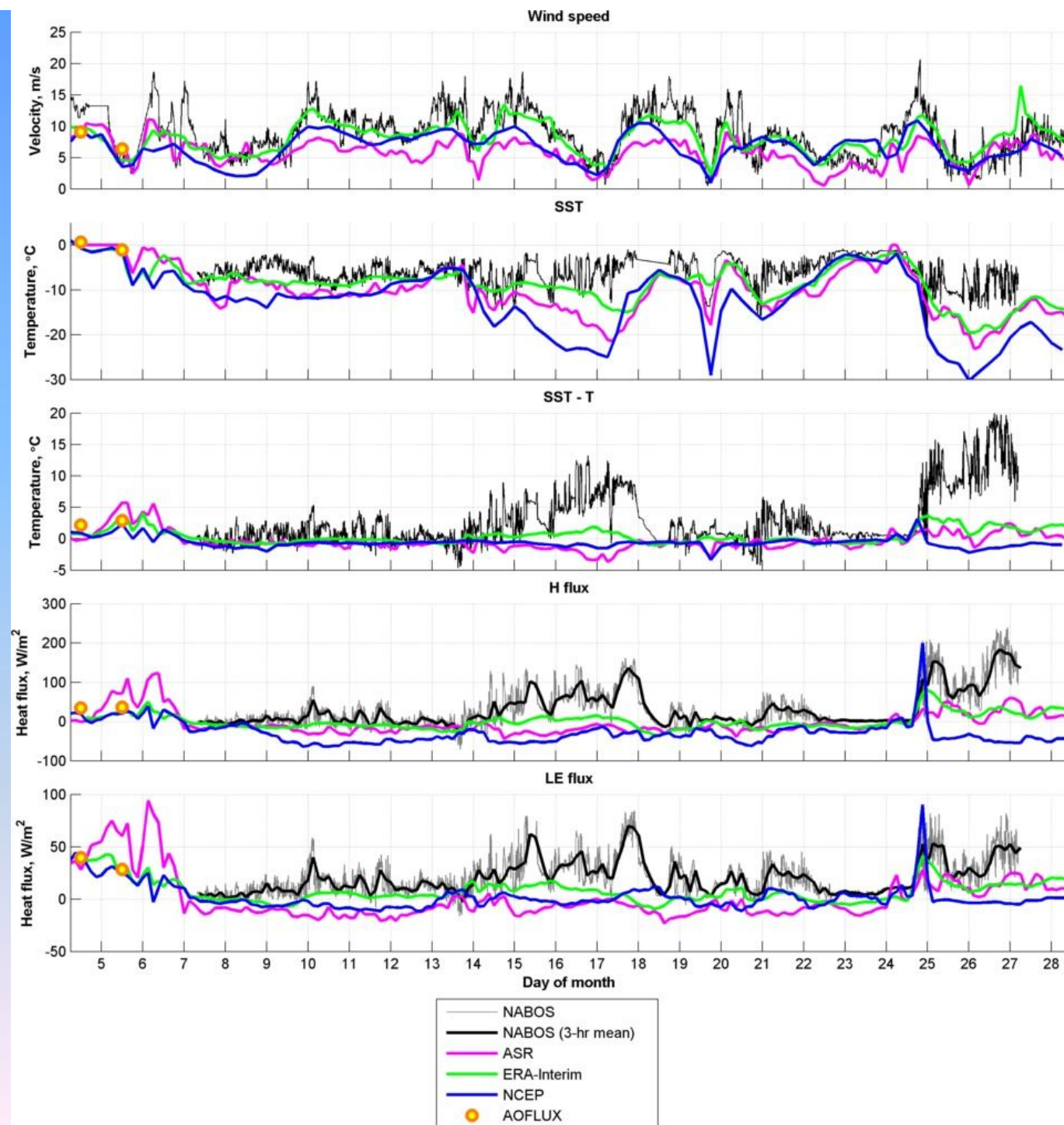
Лето



Зима

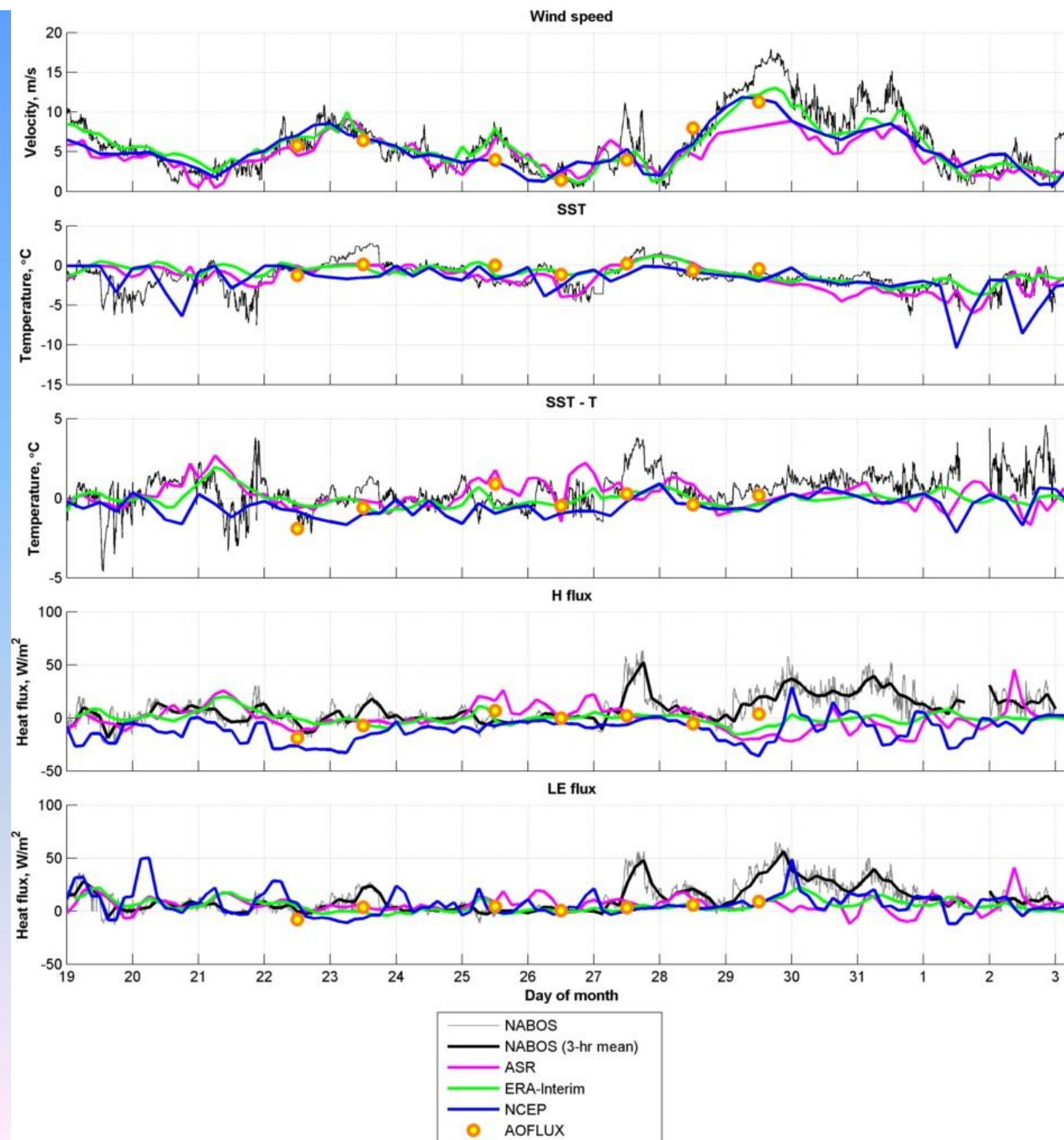


2008
октябрь



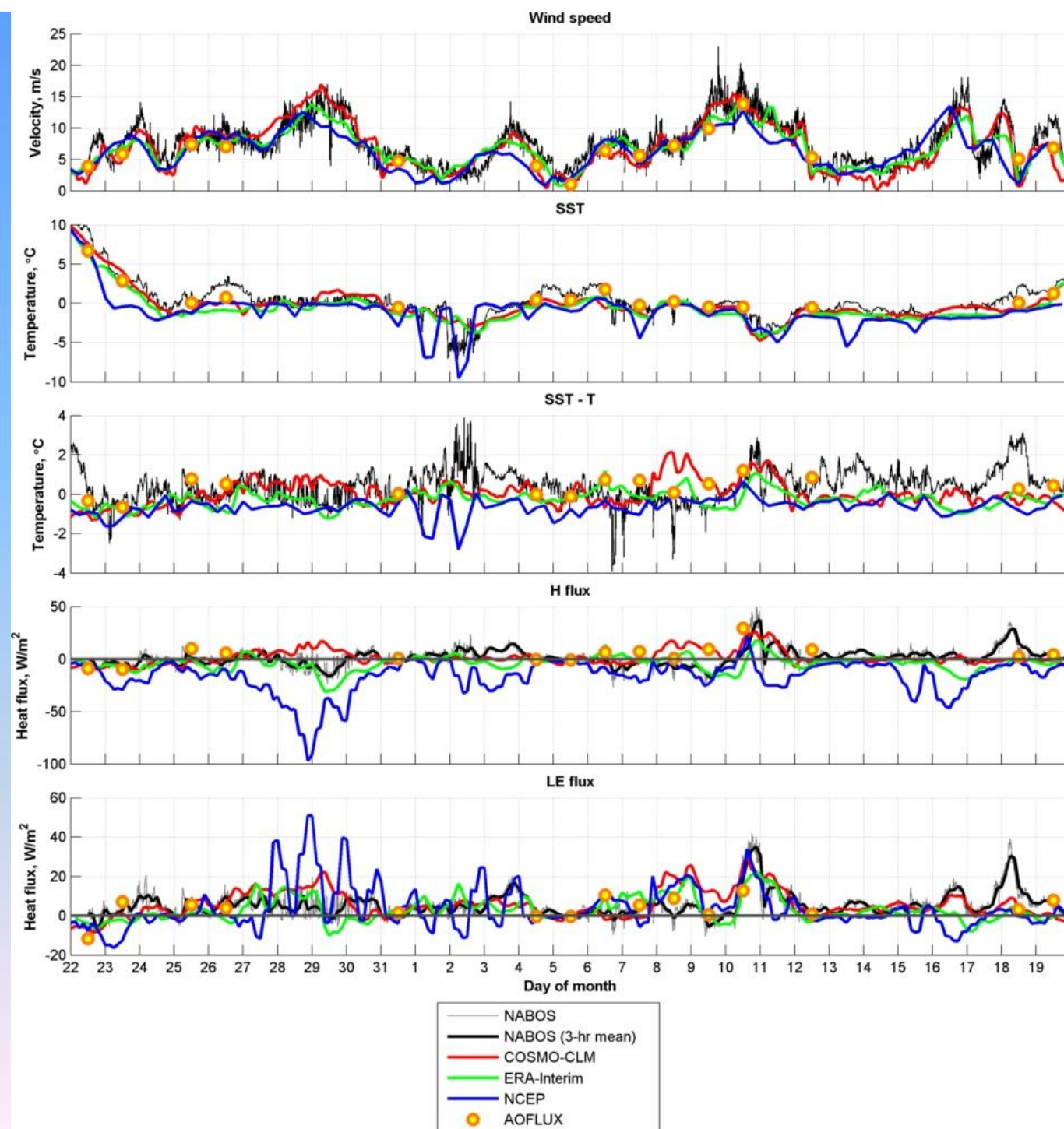
3/10/2016

2009,
август

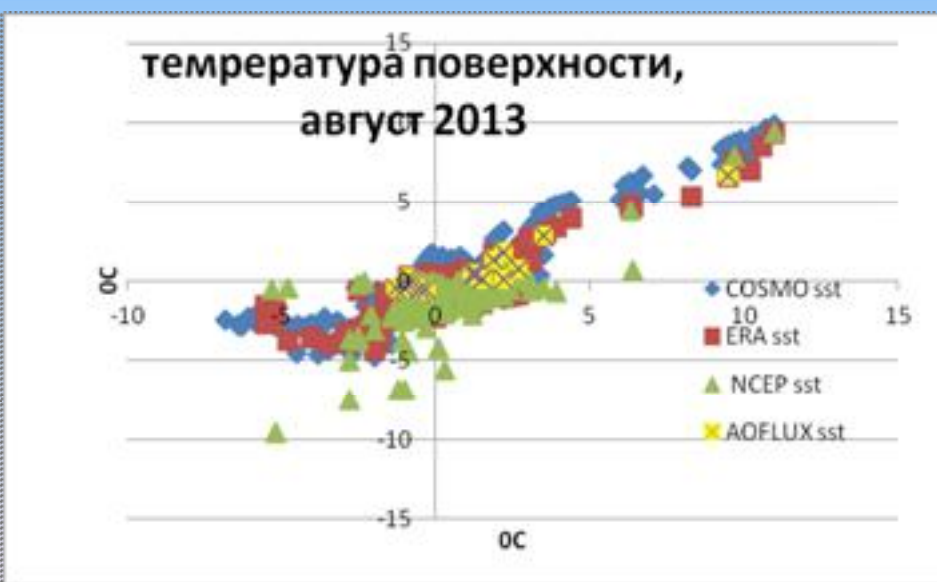
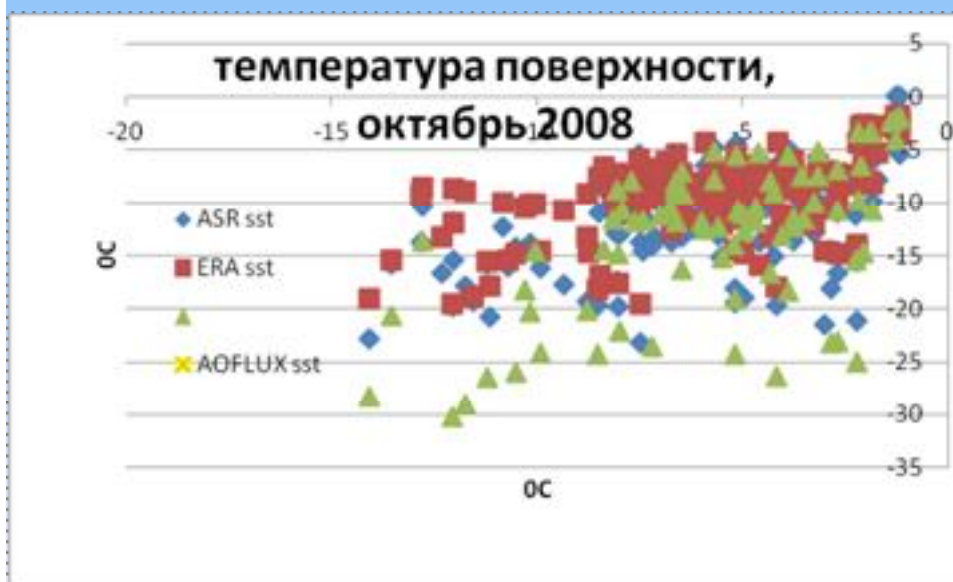
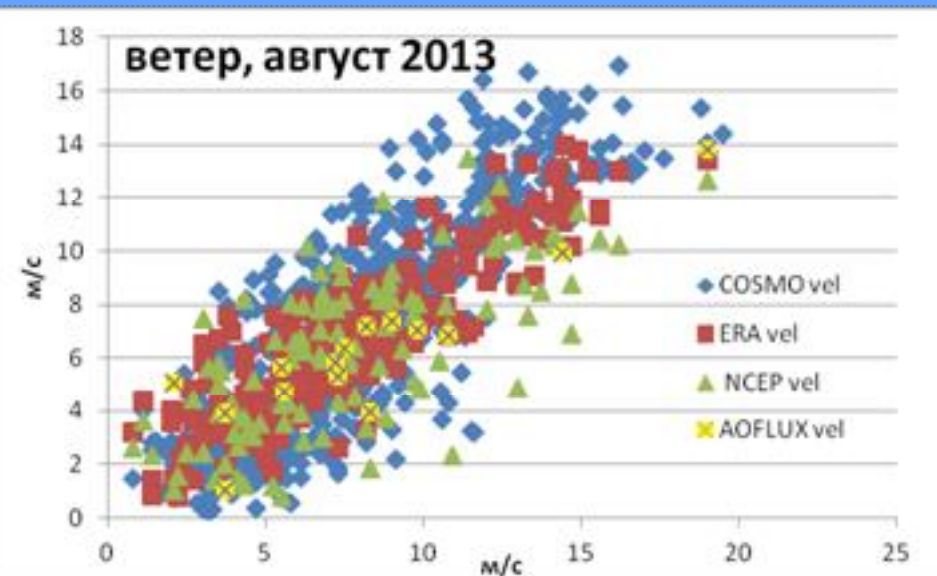
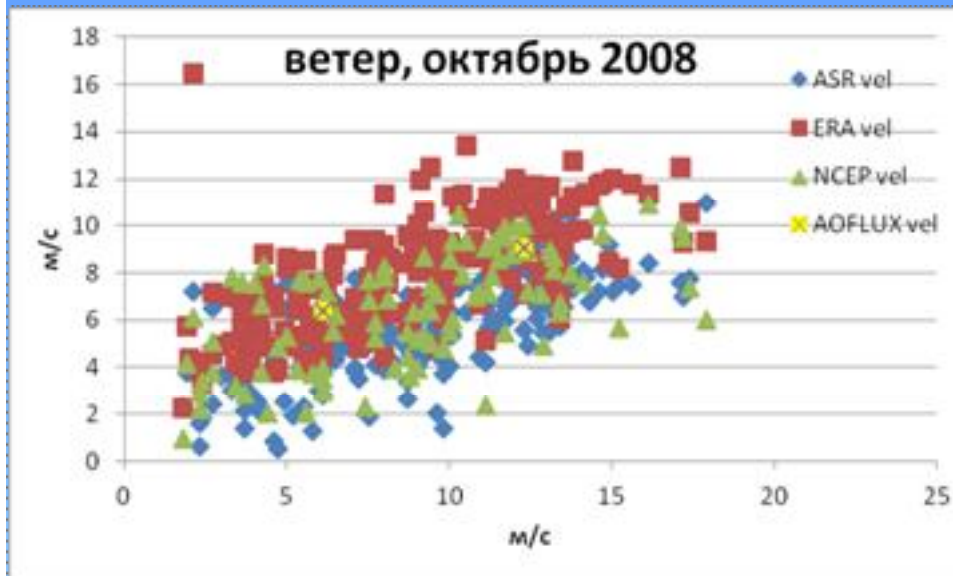


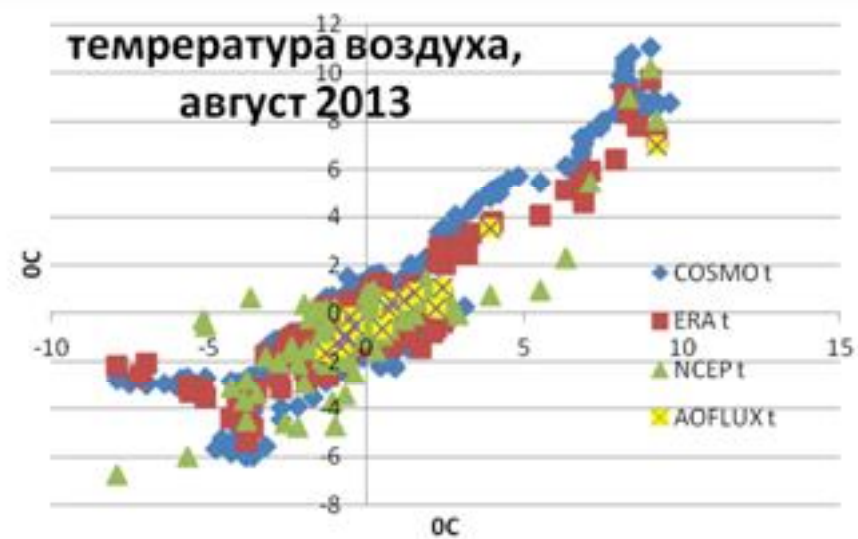
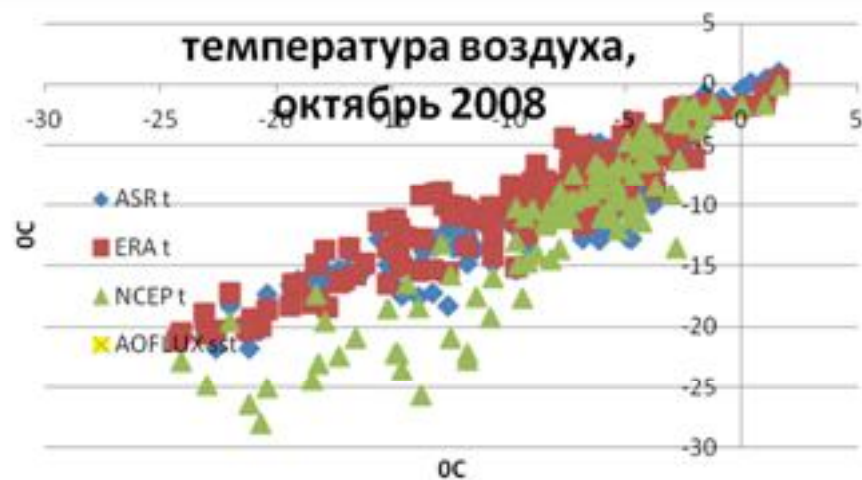
3/10/2016

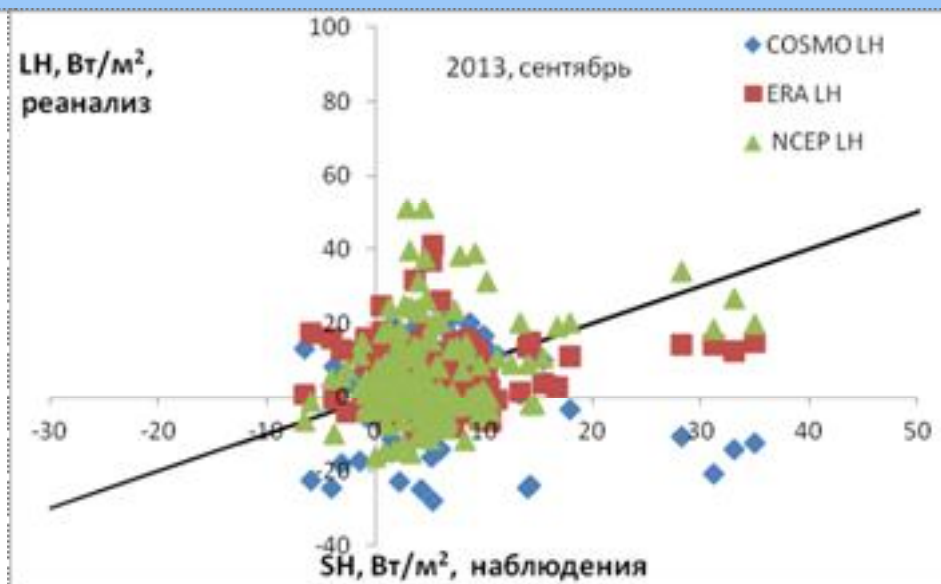
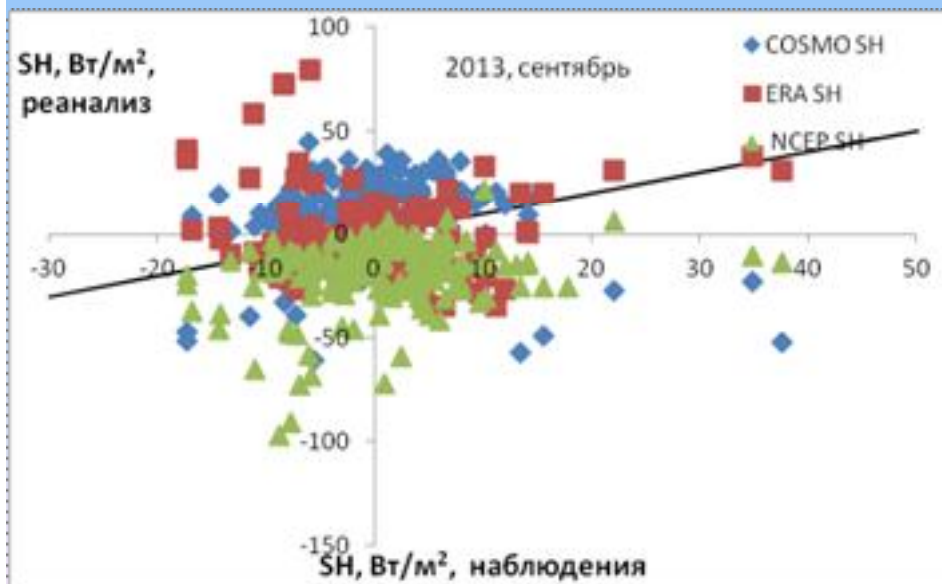
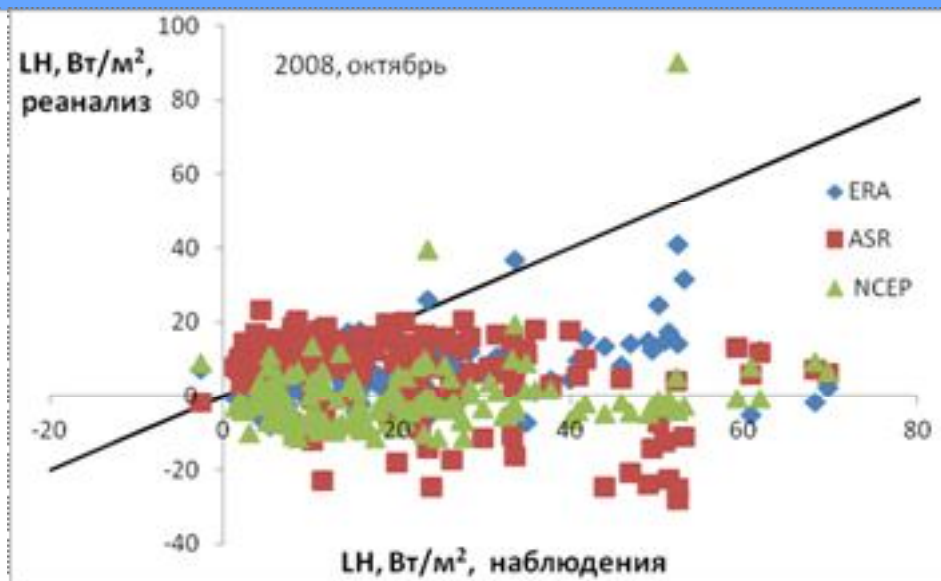
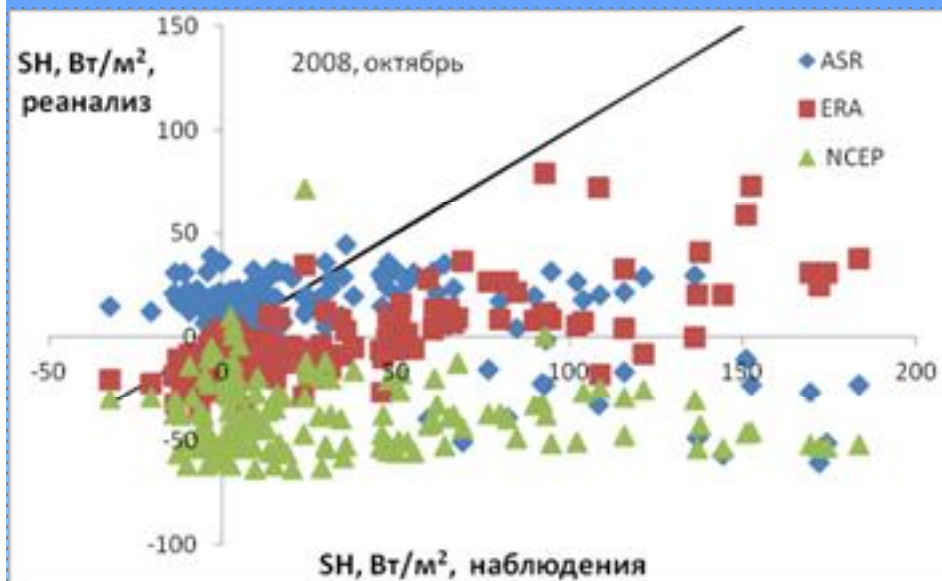
2013,
сентябрь



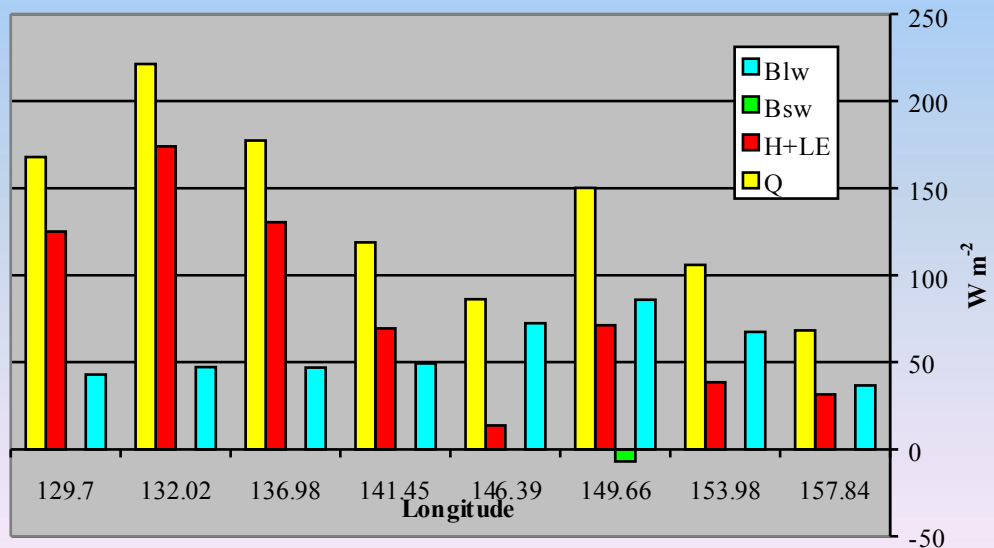
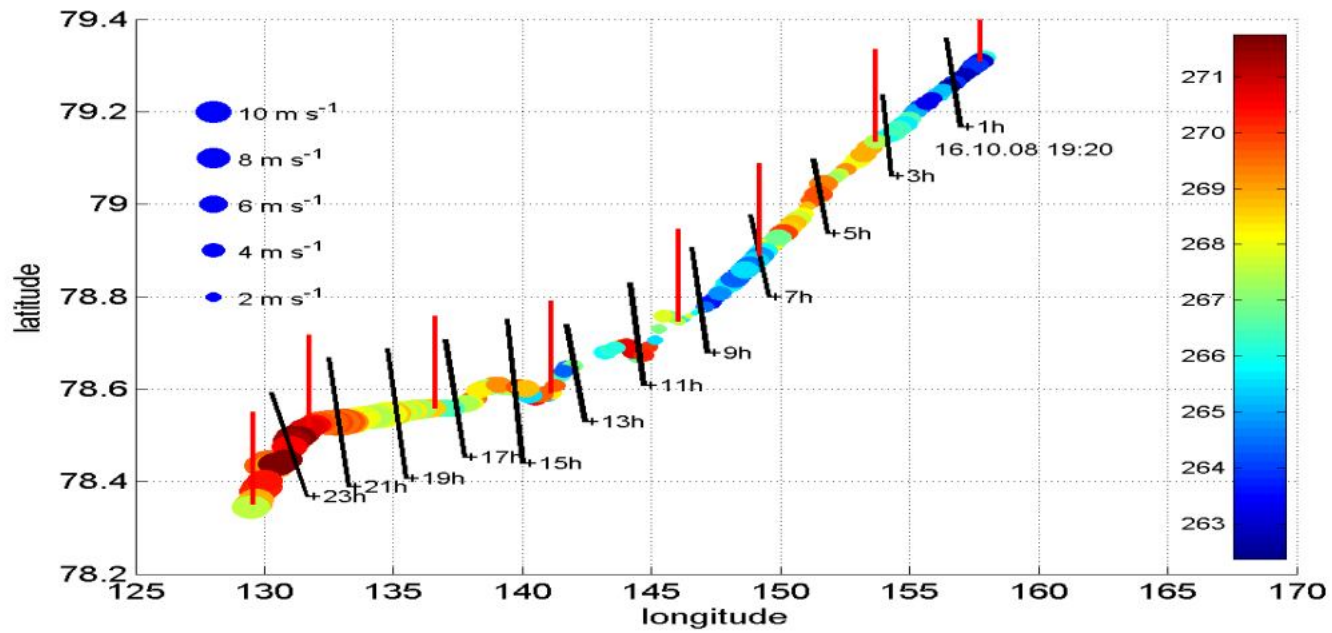
3/10/2016

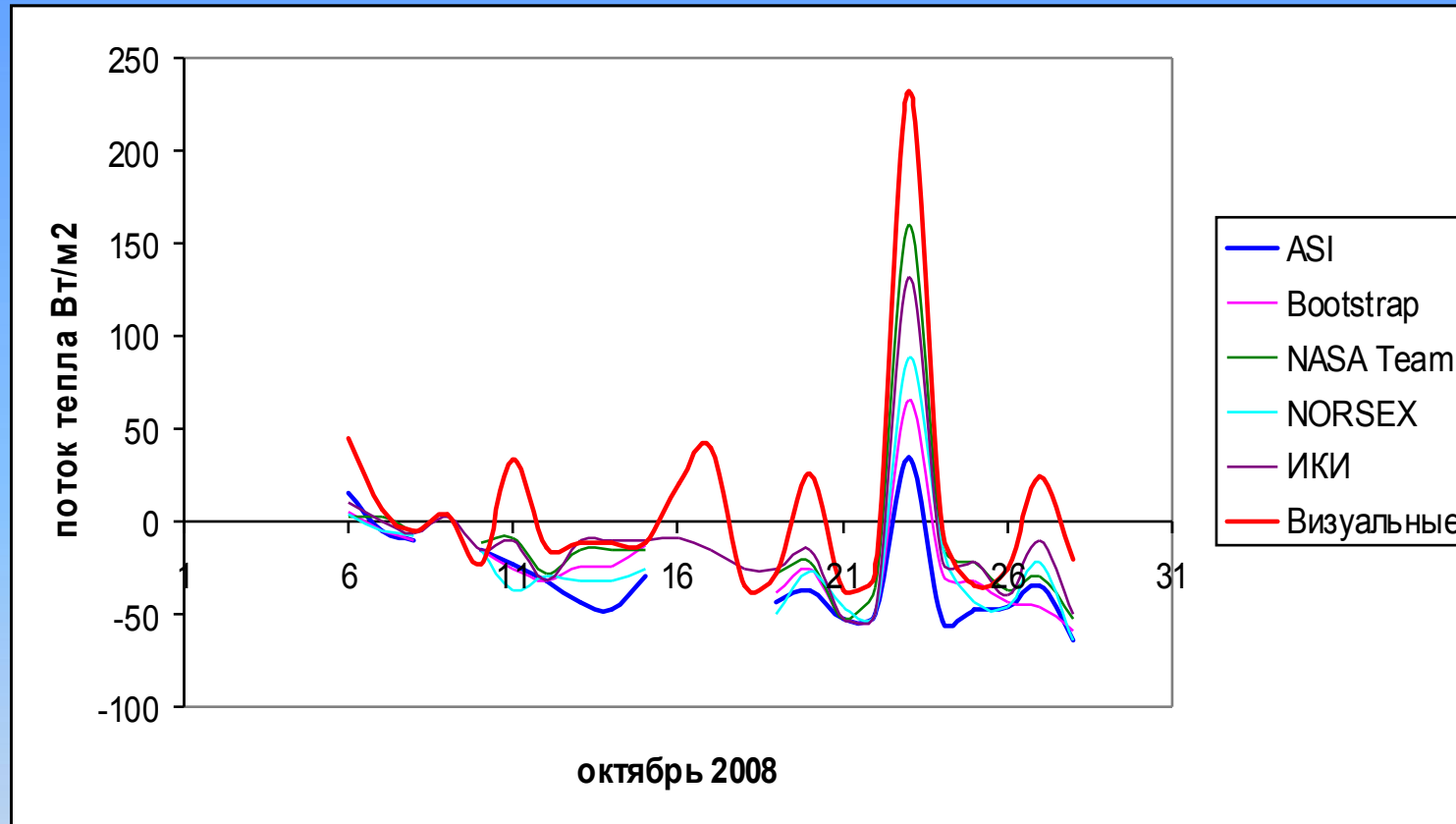




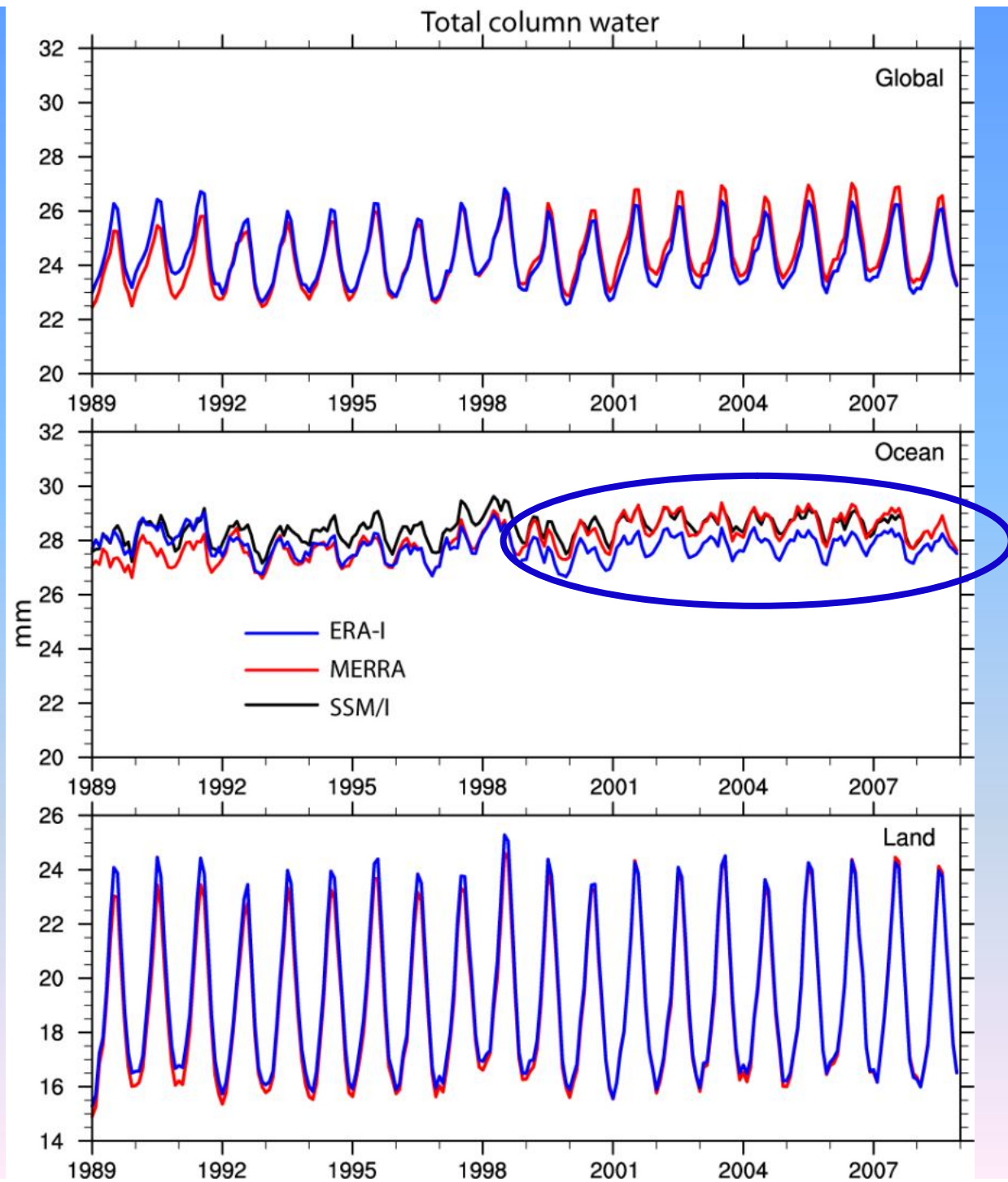


Осень 2008 года



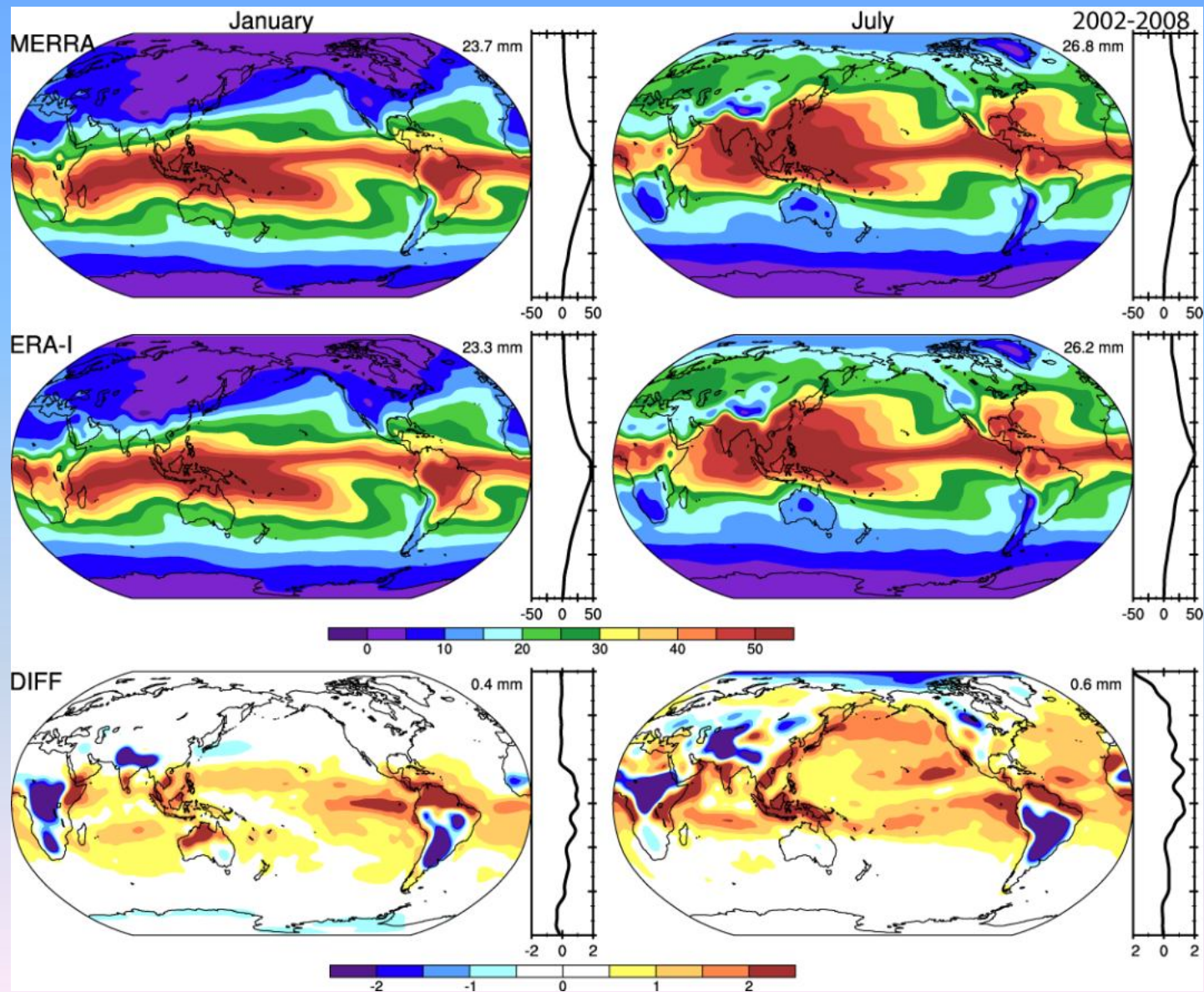


**Сравнение потоков тепла, рассчитанных с использованием данных о
сплоченности льда из различных алгоритмов**



MERRA и
ERA-I

осадки



Ошибки реанализов в оценке осадков

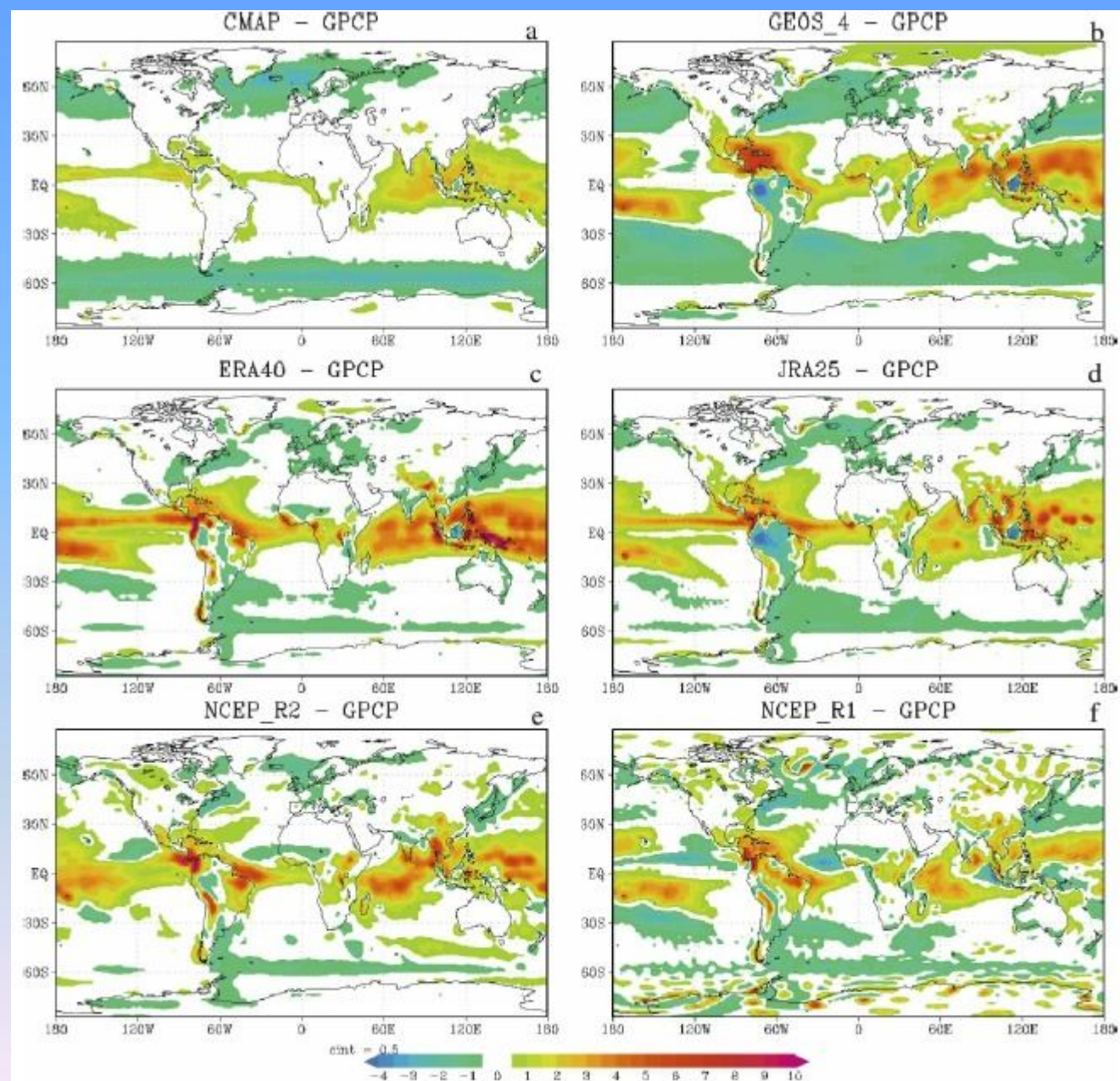
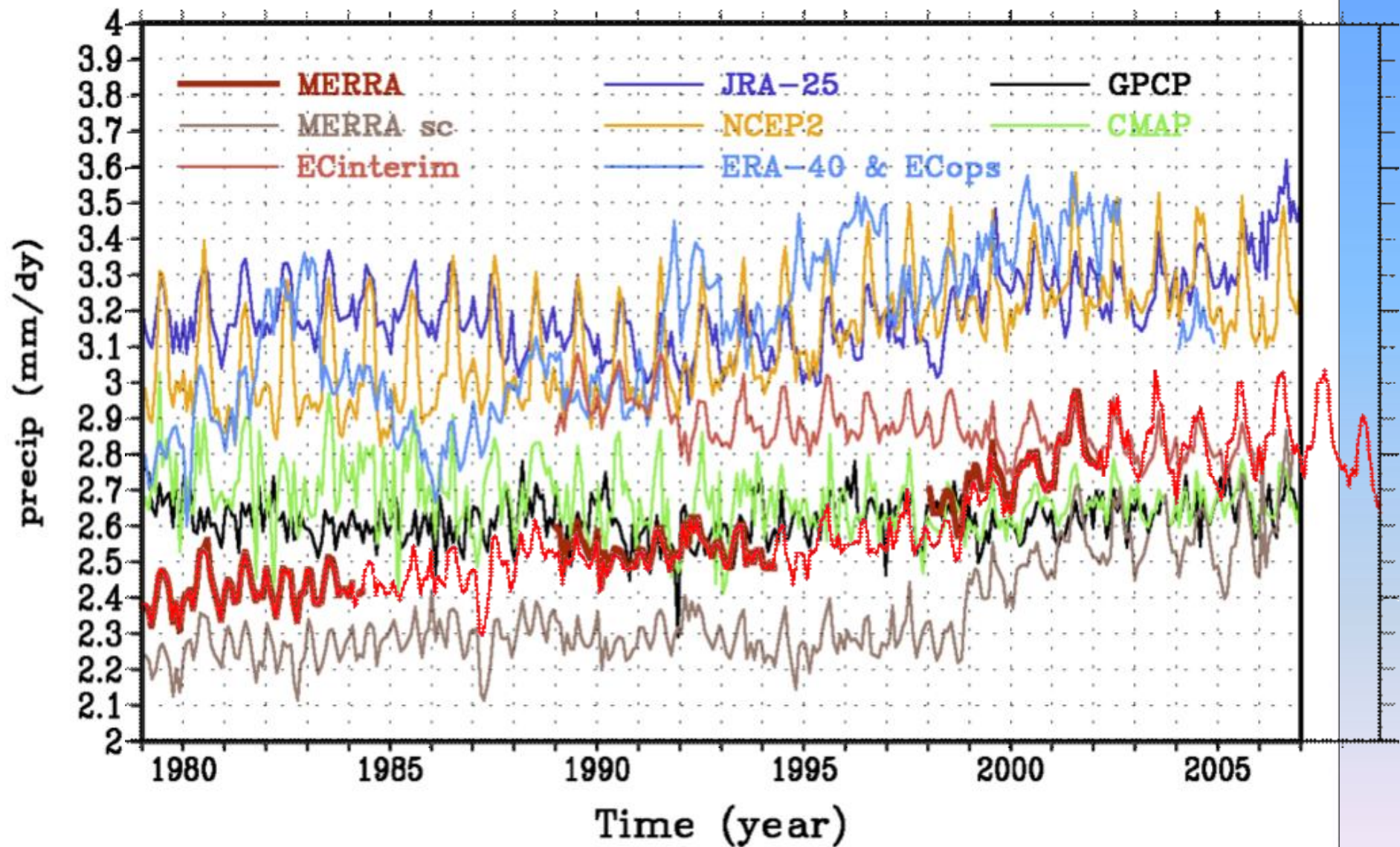
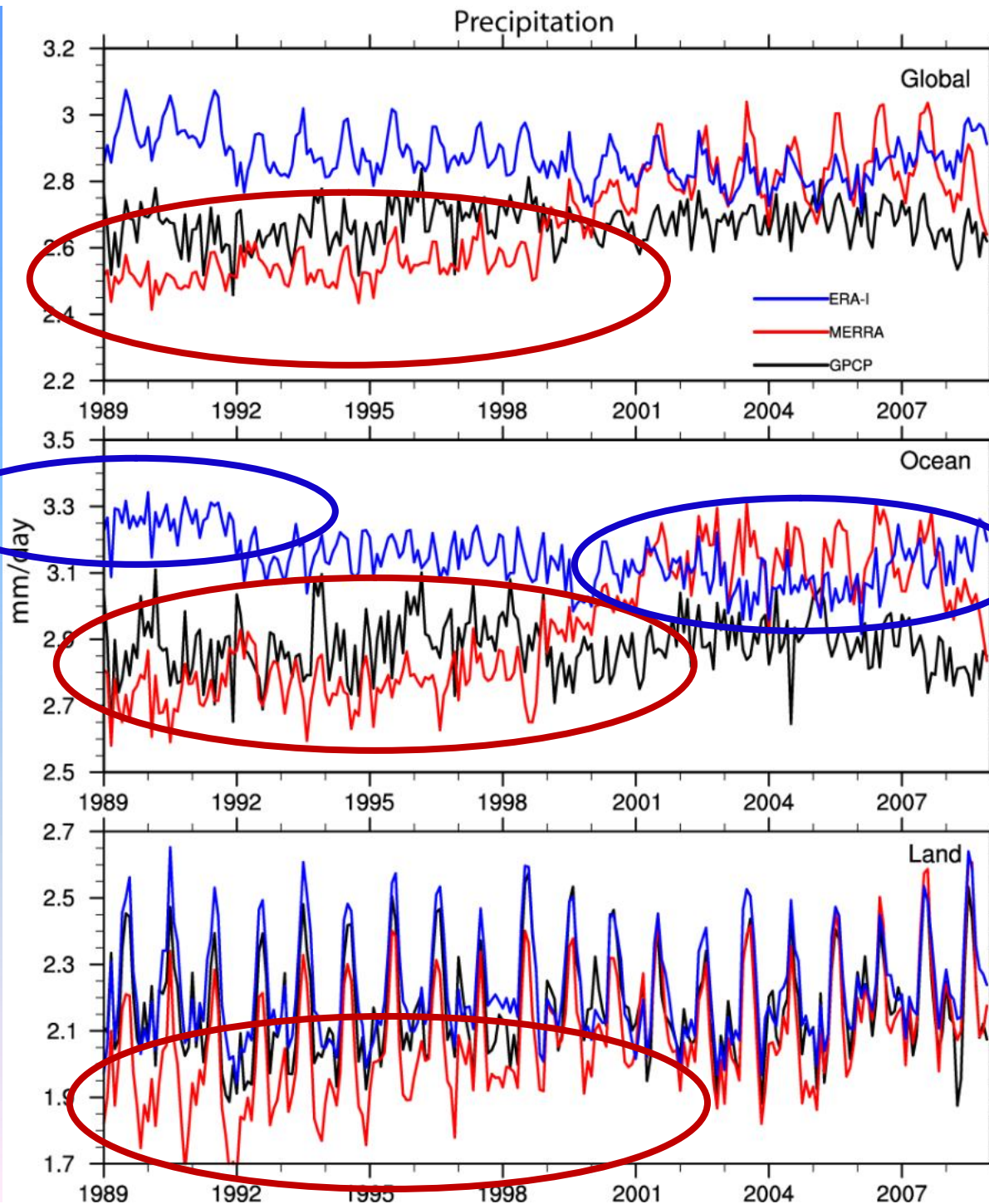


FIG. 2. Climate average (Jan 1979–Dec 2001) precipitation differences (mm day^{-1}) for the CMAP merged product and the

Bosilovich et al 2008

Global mean precipitation



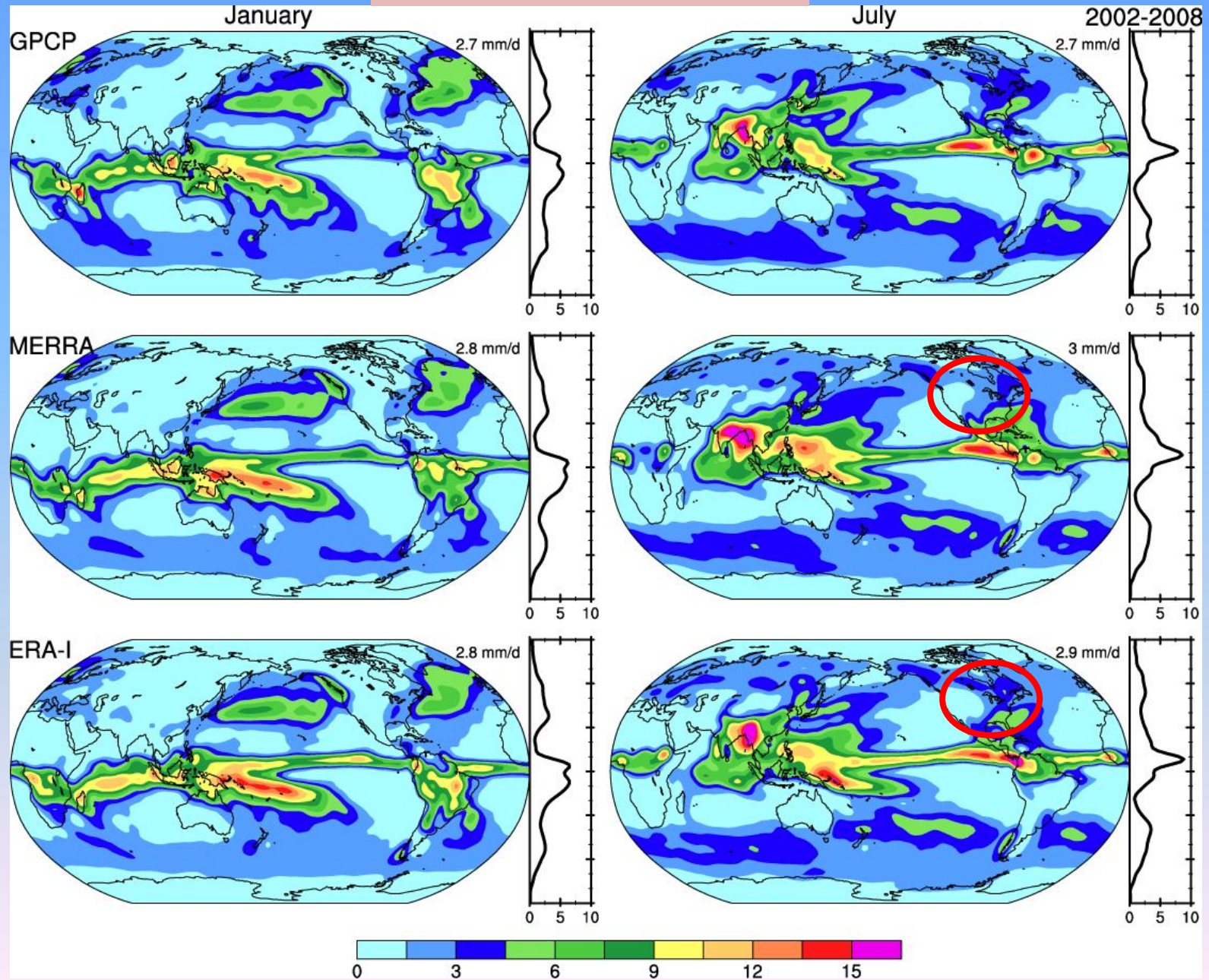


Identifiable discons:

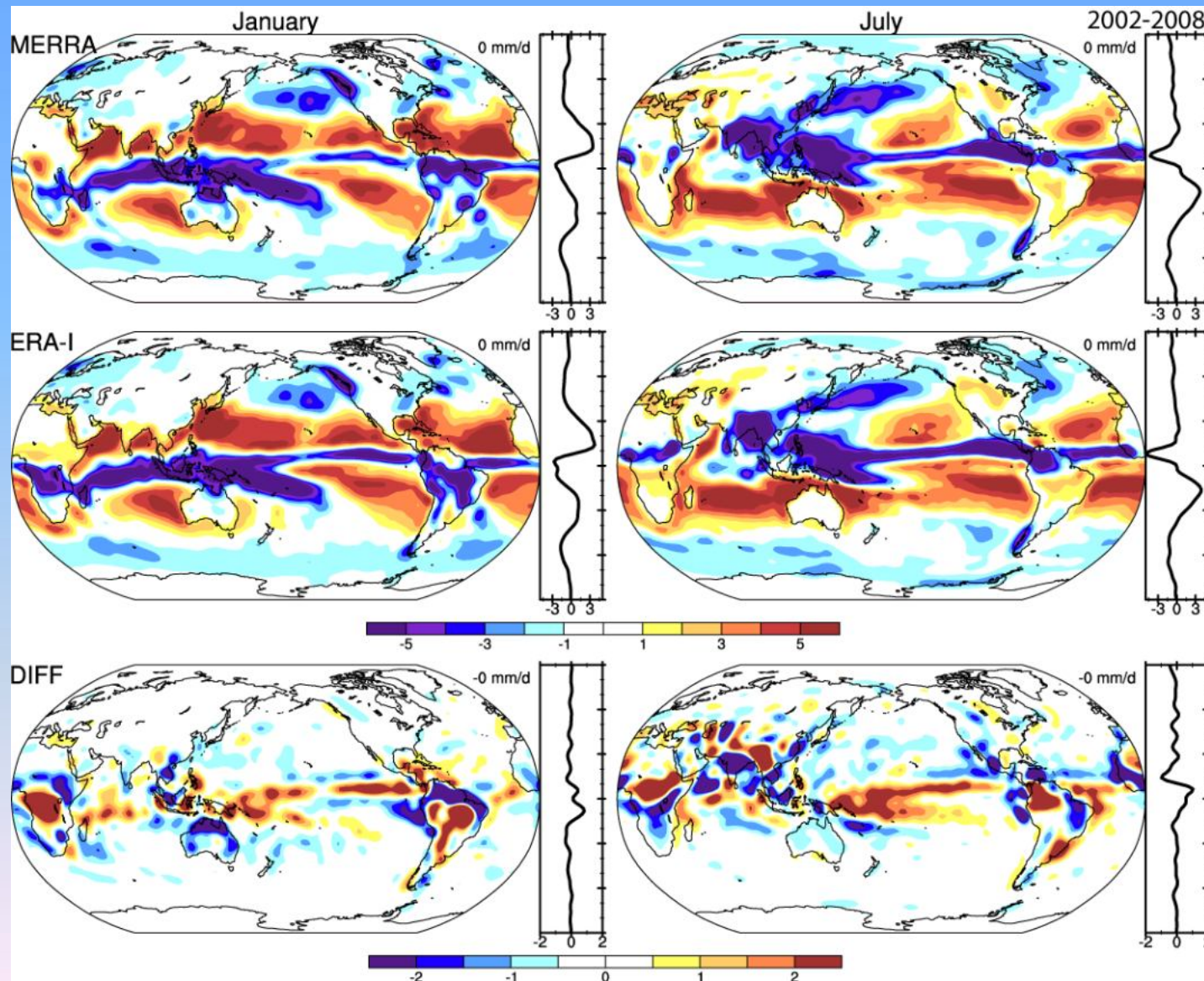
- SSM/I mid-1987,
- TOVS to ATOVS:
AMSU-A,AMSU-B
late 1998 to 2001
(NOAA 15 =>NOAA 12
NOAA 16 => NOAA 14, March 20,
2001),

AIRS late 2002,
GPS RO 2002 on,
COSMIC April 2006.

Precipitation

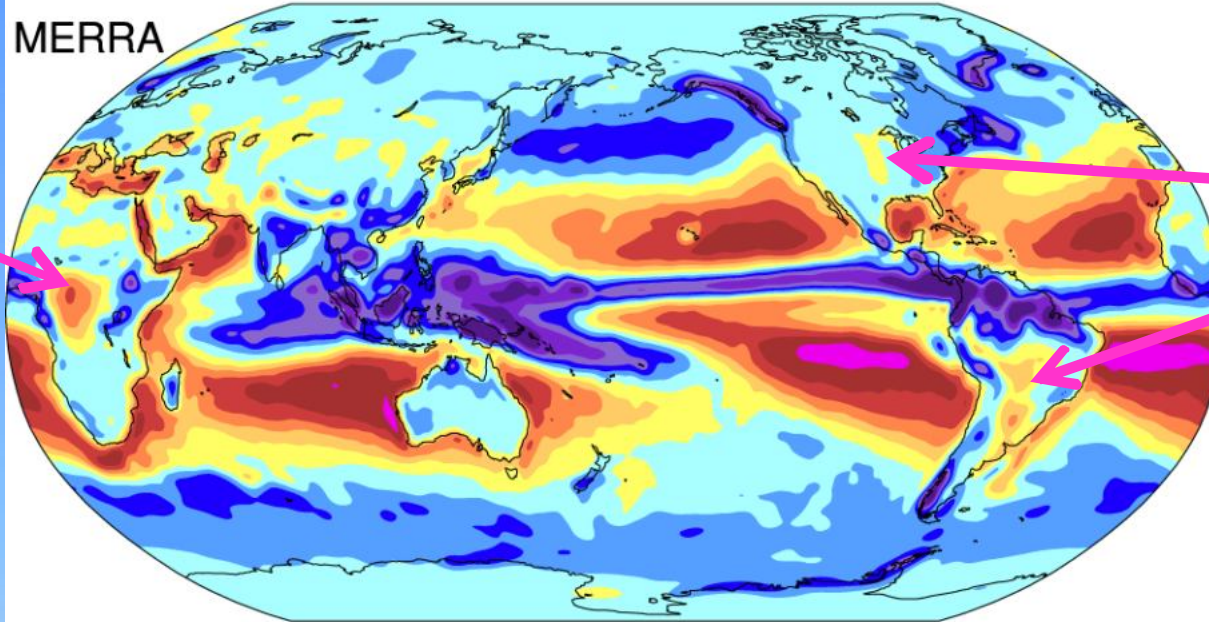


Freshwater flux E-P From moisture budget

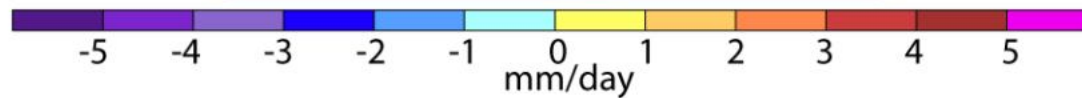
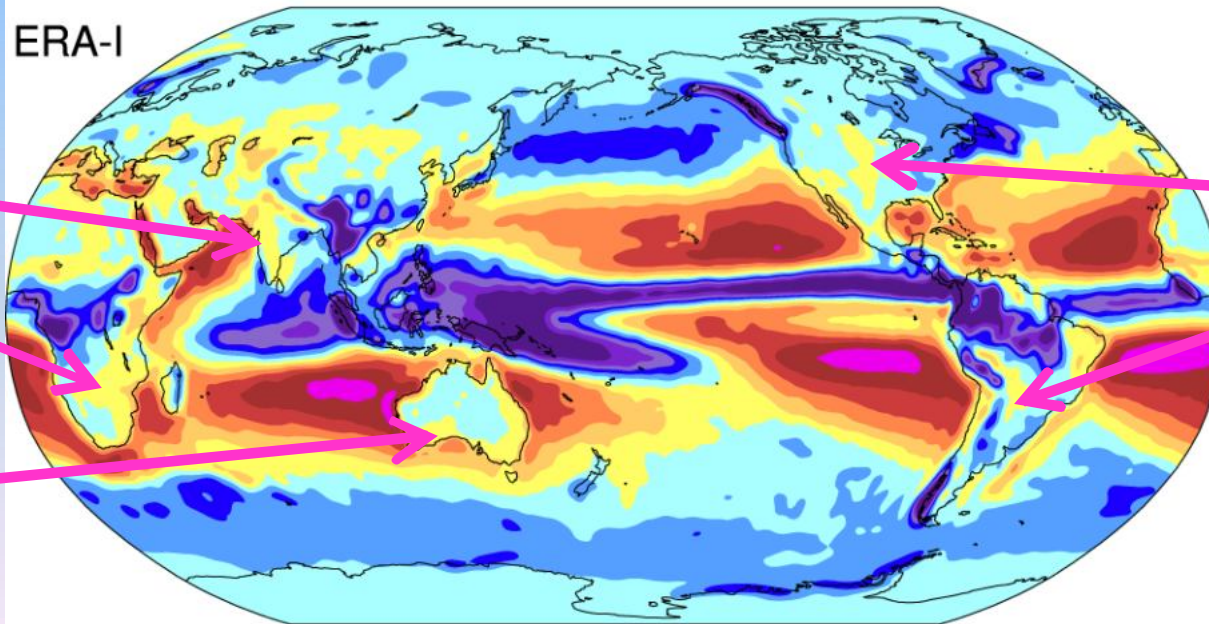


E-P Annual mean 2002-2008

MERRA

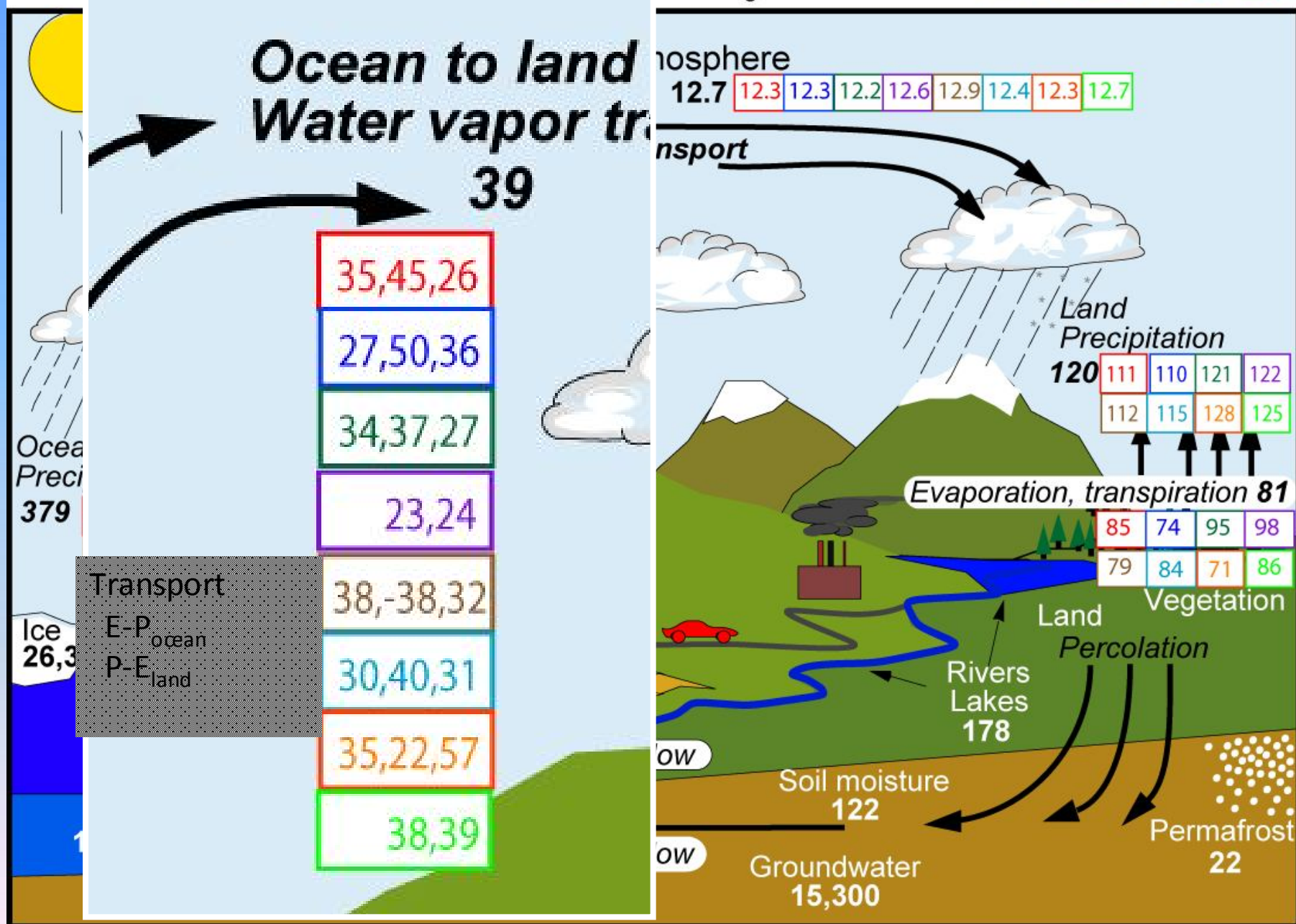


ERA-I

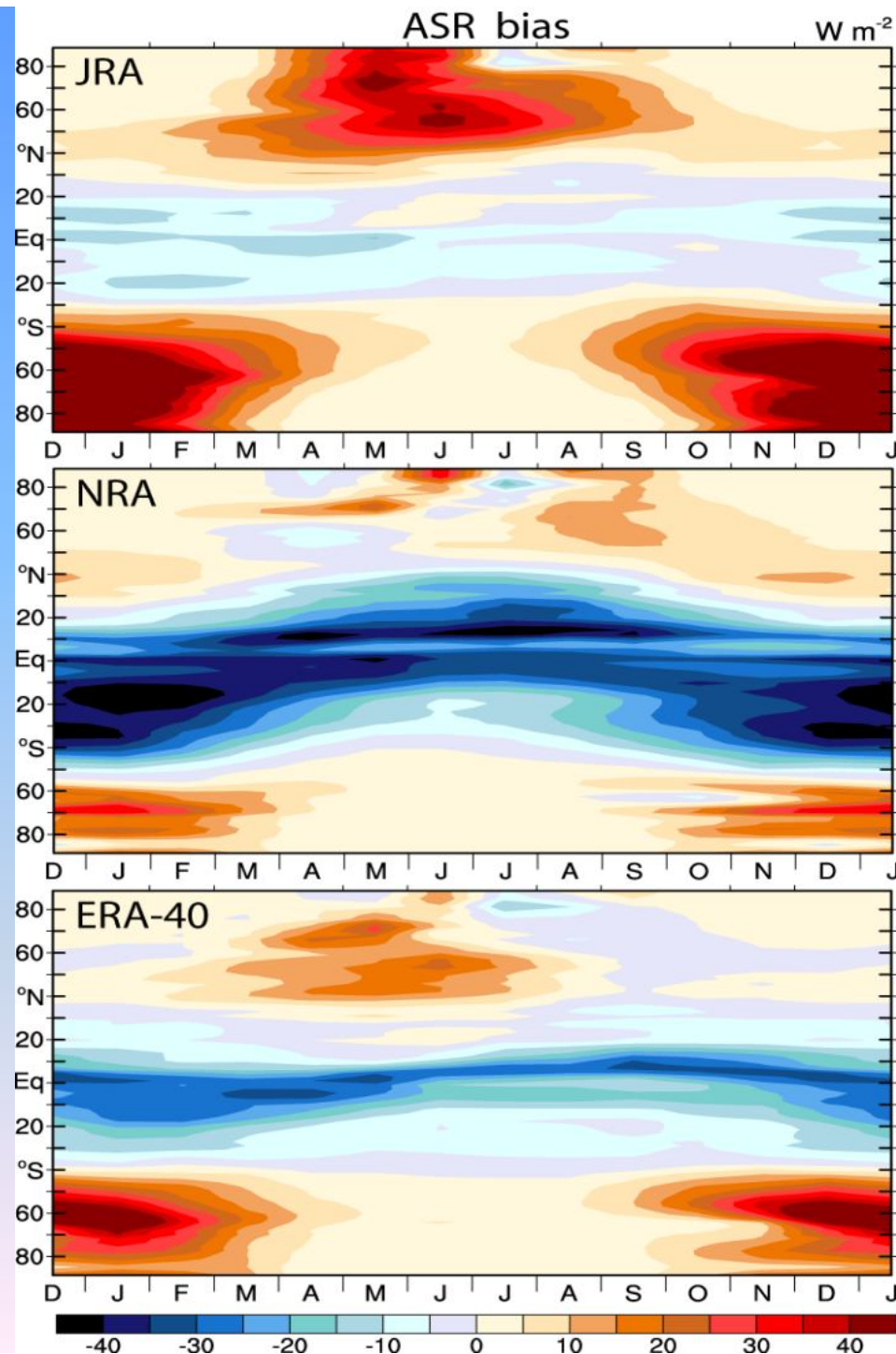


Hydrological Cycle: 1990s

MERRA JRA R1 R2
ERA-40 ERA-I CFSR C20r



Units: Thousand cubic km for storage, and *thousand cubic km/yr* for exchanges

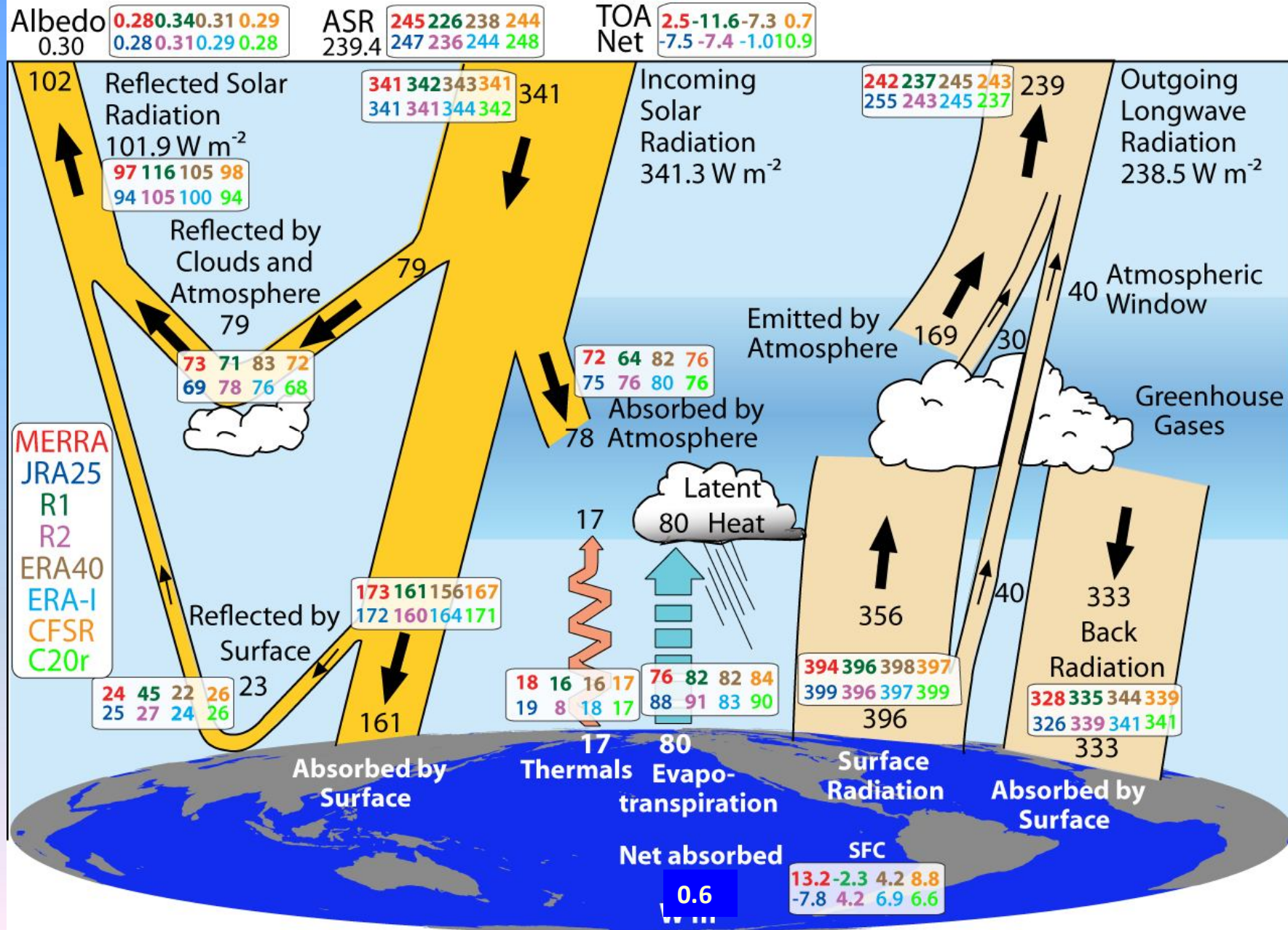


Энергетический баланс

Лето

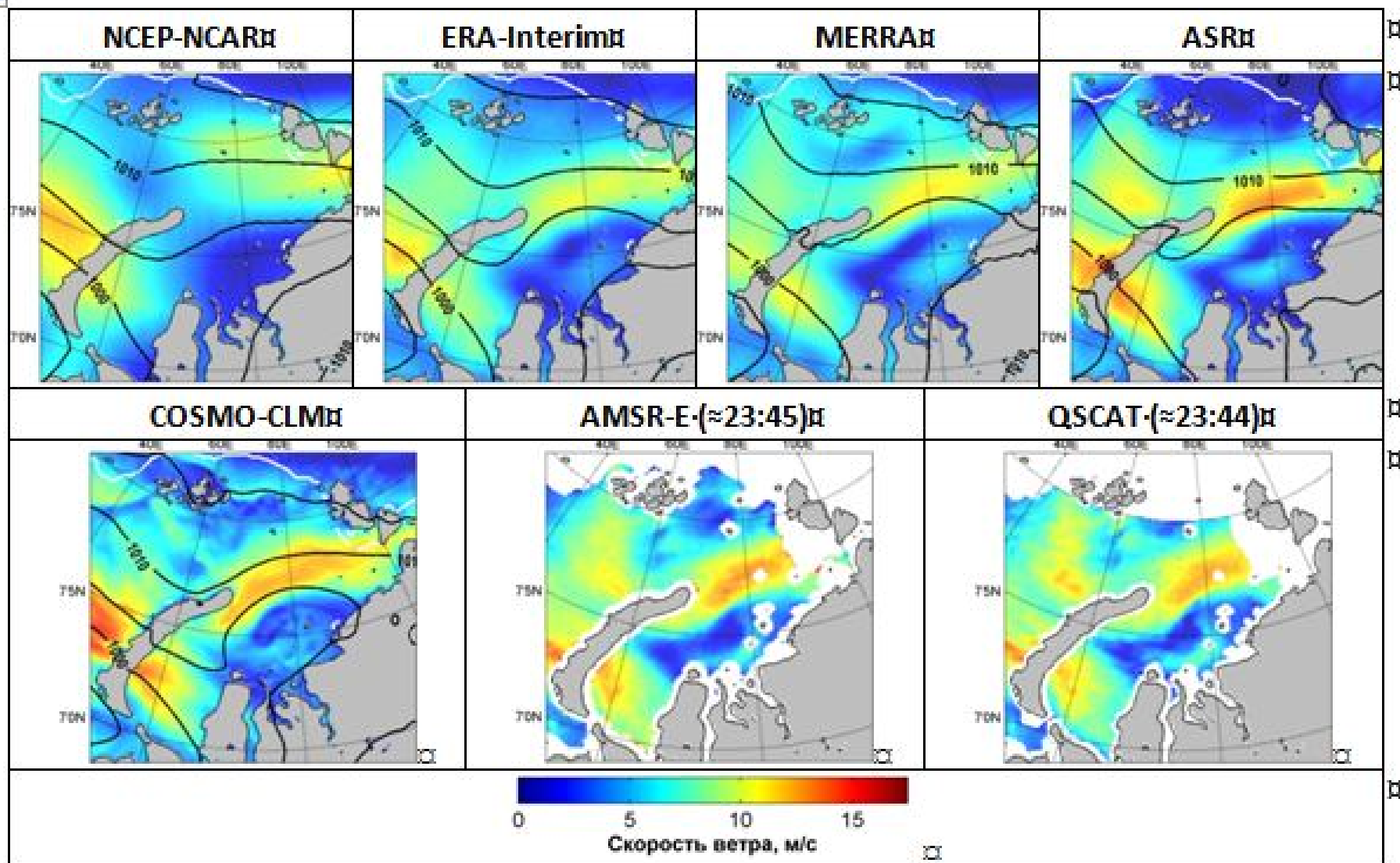
- ☛ Все реанализы дают завышенные значения приходящей солнечной радиации в южном полушарии.
- ☛ Причина – занижение количества облаков
- ☛ Переоценивают поступление тепла в океан
- ☛ Смещают штормтеки.

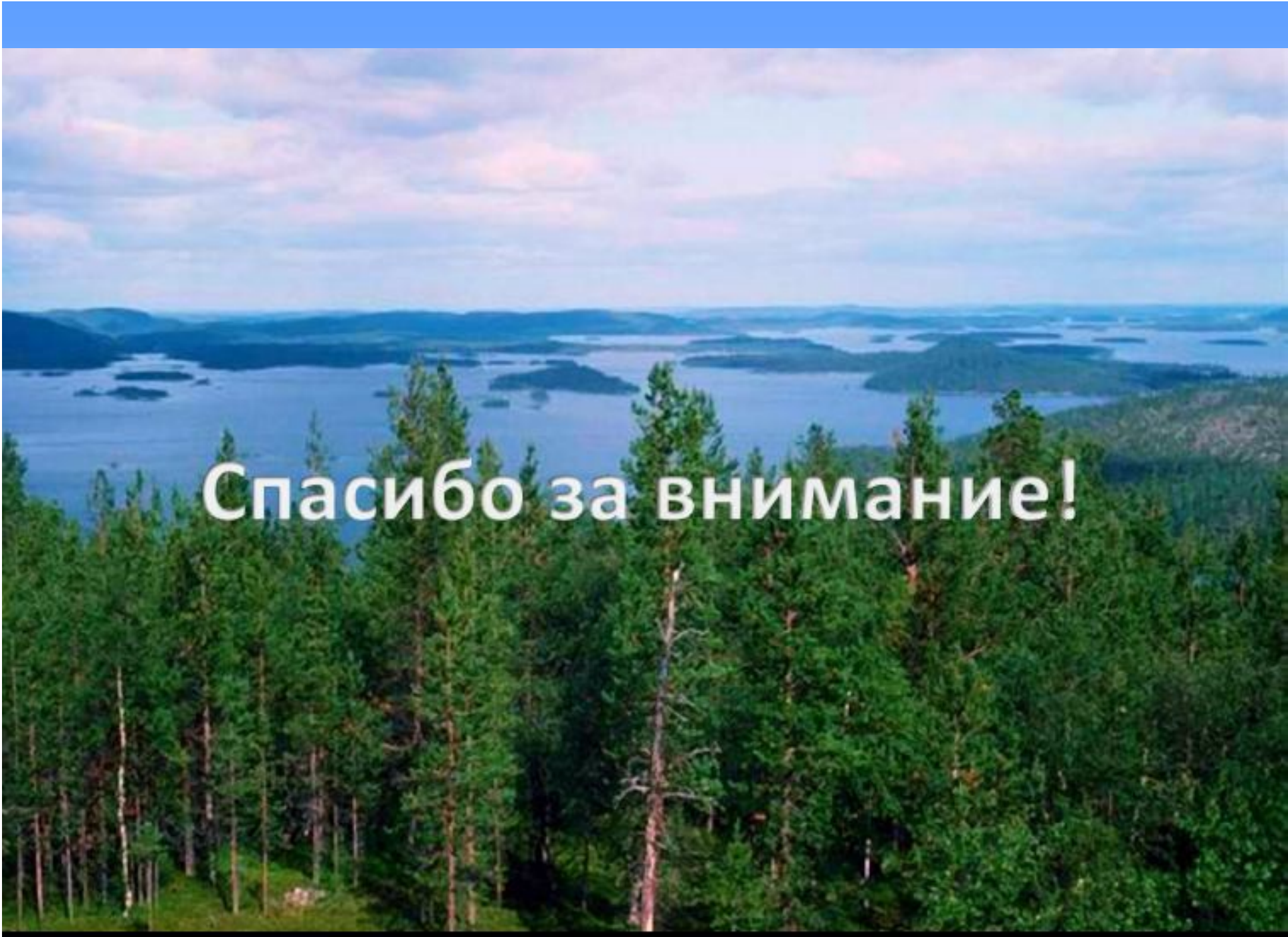
Global Energy Flows W m^{-2} : 1990s



Энергетический баланс: Реанализы

	R1	ERA-40	ERA-I	JRA	MERRA	CFSR	
Разрешение	1.9°	0.8°	0.5°	1.1°	0.5°	0.5°	
ASR	-13	-1	+5	+8	+6	+5	W m ⁻²
OLR	-2	+6	+6	+16	+3	+4	
Net(TOA)	-12	-8	-2	-8	+2	0	
Net (sfc)	-3	+4	+6	-8	+13	+8	





Спасибо за внимание!