



А.В. Чернокульский, И.И. Мохов

Сравнение современных глобальных климатологий облачности

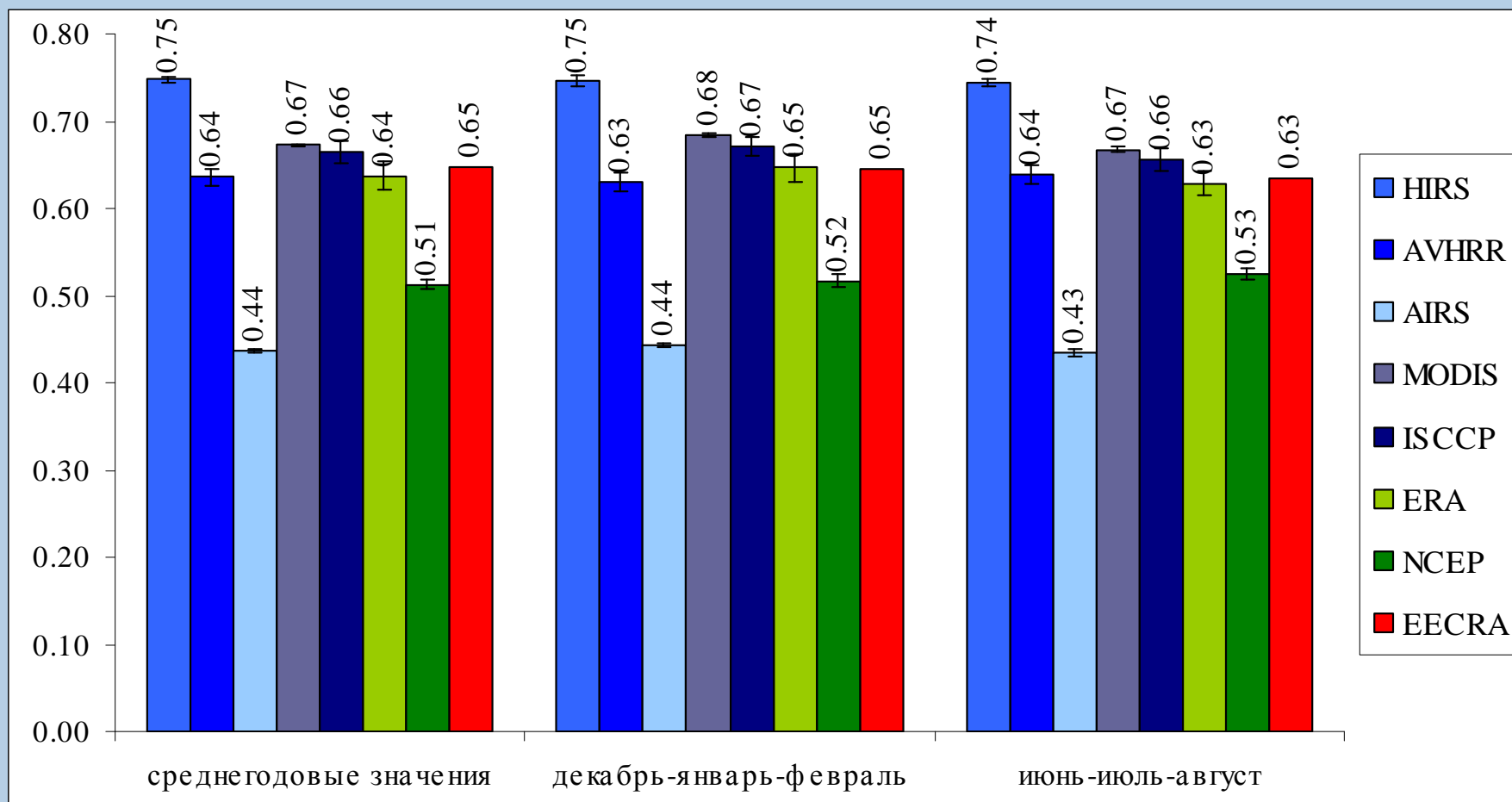
*Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова
Российская академия наук*

chern_av@ifaran.ru

Шестая Всероссийская Открытая конференция
«Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса»
Россия, Москва
Институт космических исследований РАН
10 – 14 ноября 2008 г.

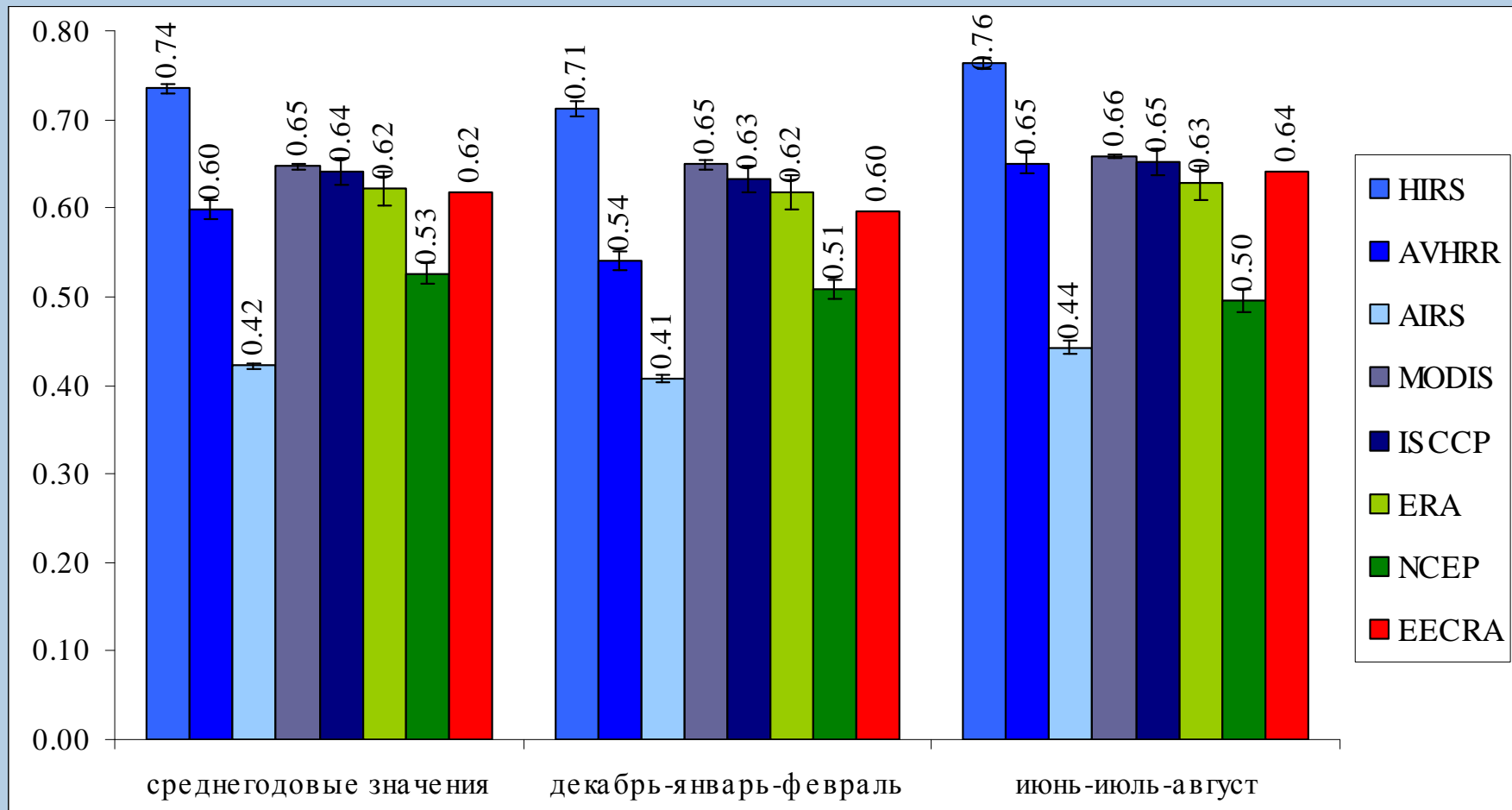
Краткое название	Период	Разрешение	Полное название
Спутниковые данные			
ISCCP	07/1983 – 06/2007	2.5° x 2.5°	International Satellite Cloud Climatology Project
HIRS	01/1979 – 12/2001	1° x 1°	The High-resolution Infrared Radiation Sounder
AVHRR	01/1981 – 12/2005	0.5° x 0.5°	Advanced Very High Resolution Radiometer
MODIS (Terra, Aqua)	01/2000 – настоящее время	1° x 1°	The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer
AIRS	09/2002 – настоящее время	1° x 1°	Atmospheric InfraRed Sounder
Данные наземных наблюдений			
EECRA	01/1971 – 12/1996 (суша) 01/1954 – 12/1997 (океан)	5° x 5° 10° x 10°	Extended Edited Synoptic Cloud Reports Archive
Данные реанализа			
ERA	09/1957-08/2002	2.5° x 2.5°	ECMWF (European Centre for Medium-Range Weather Forecasts) Re-Analysis
NCEP-NCAR	01/1948 – настоящее время	1.875° x 1.875°	National Centers for Environmental Prediction - National Center for Atmospheric Research

Глобальное осреднение

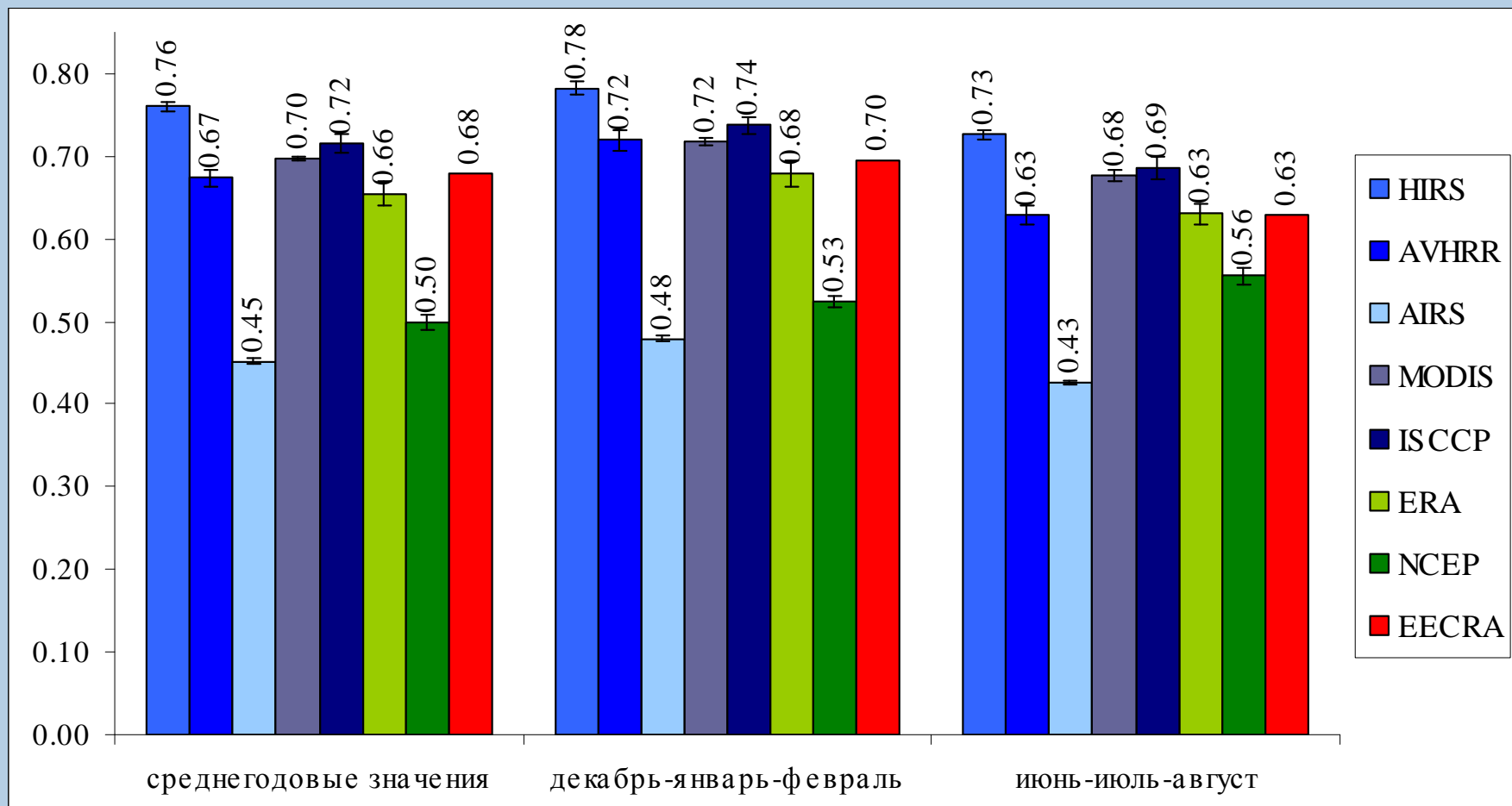


Здесь и далее осреднение проводится для разных периодов (отдельно для каждой базы данных - из таблицы 1)

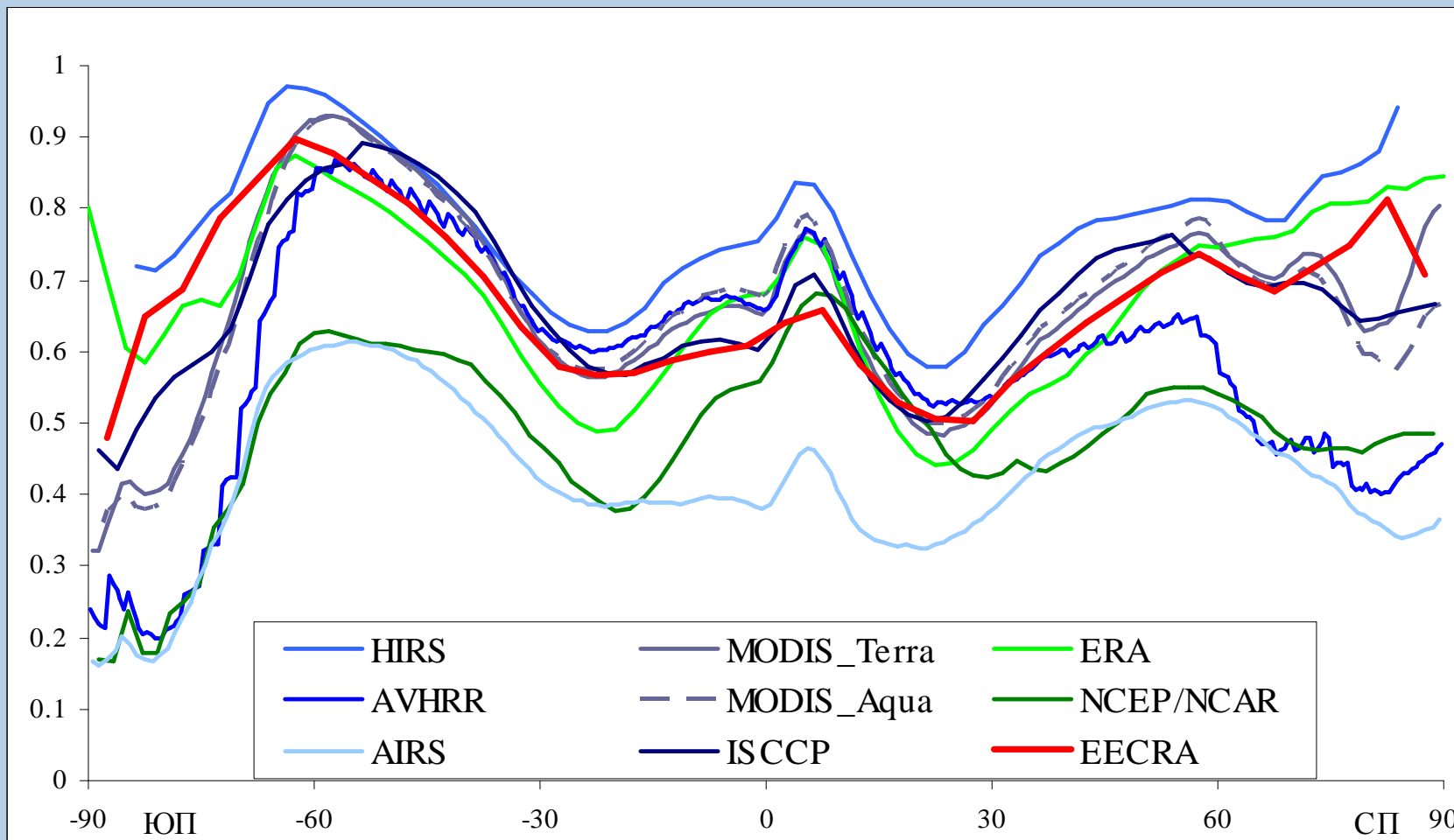
Осреднение по северному полушарию



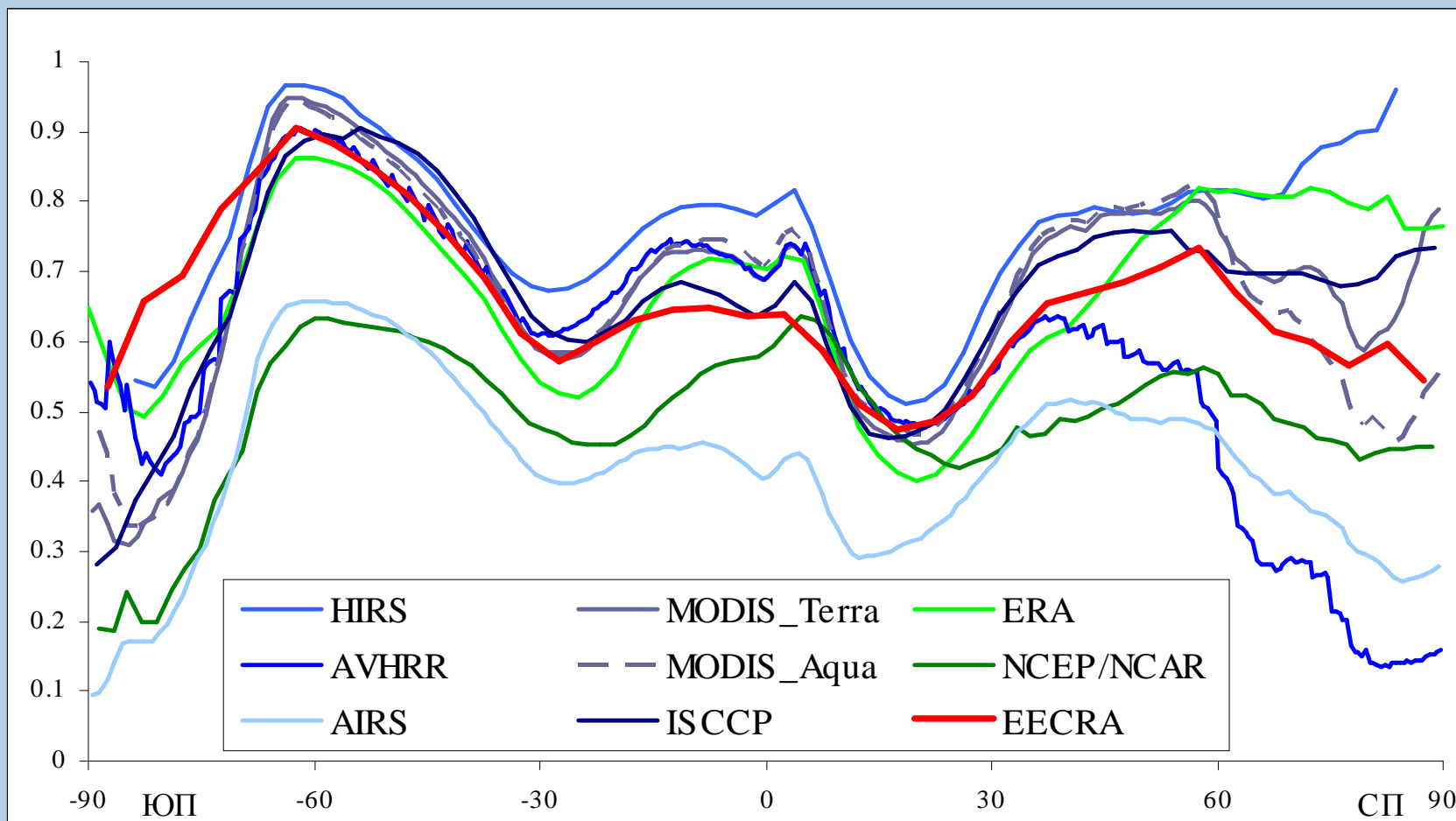
Осреднение по южному полушарию



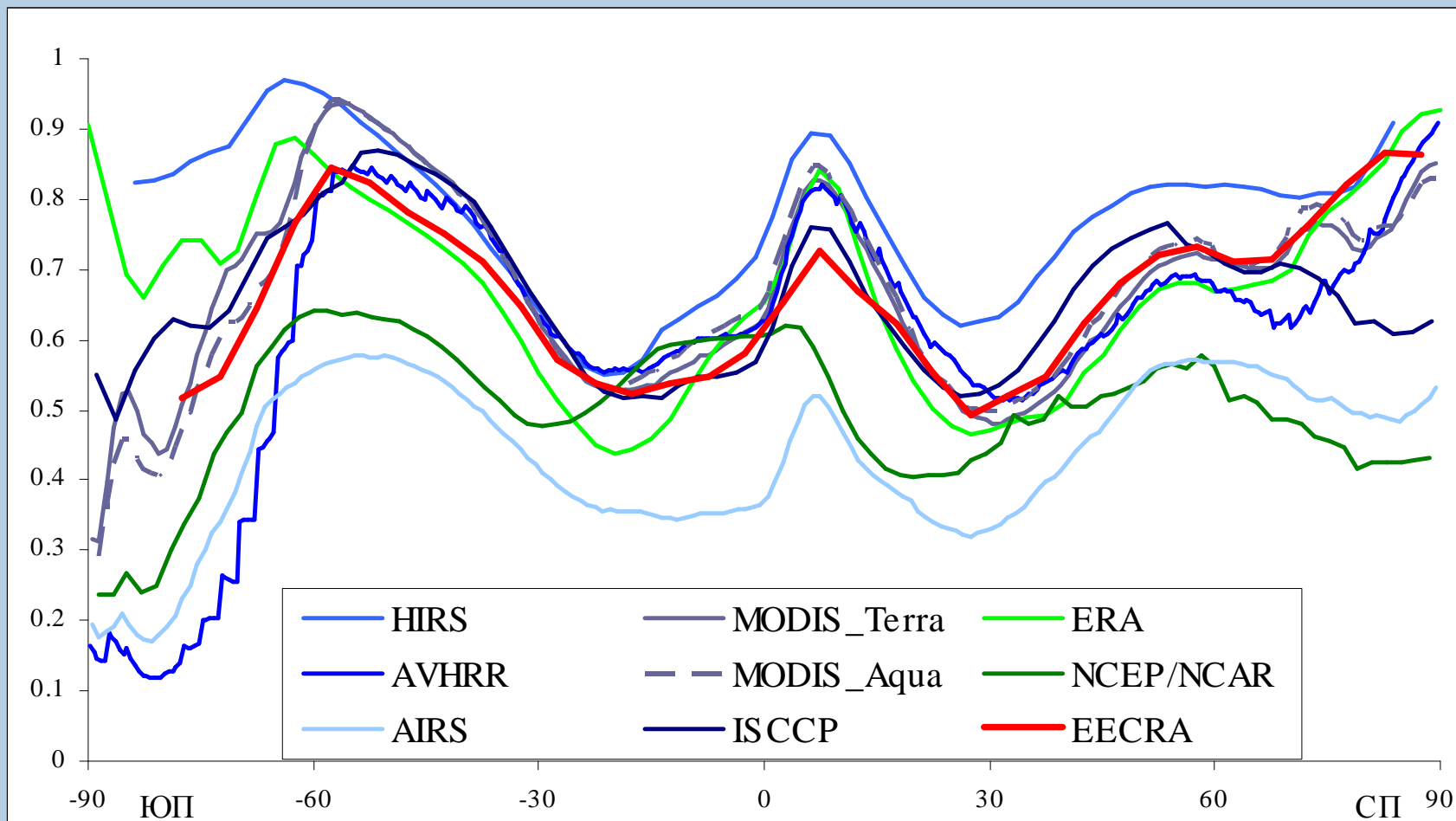
Среднегодовые значения



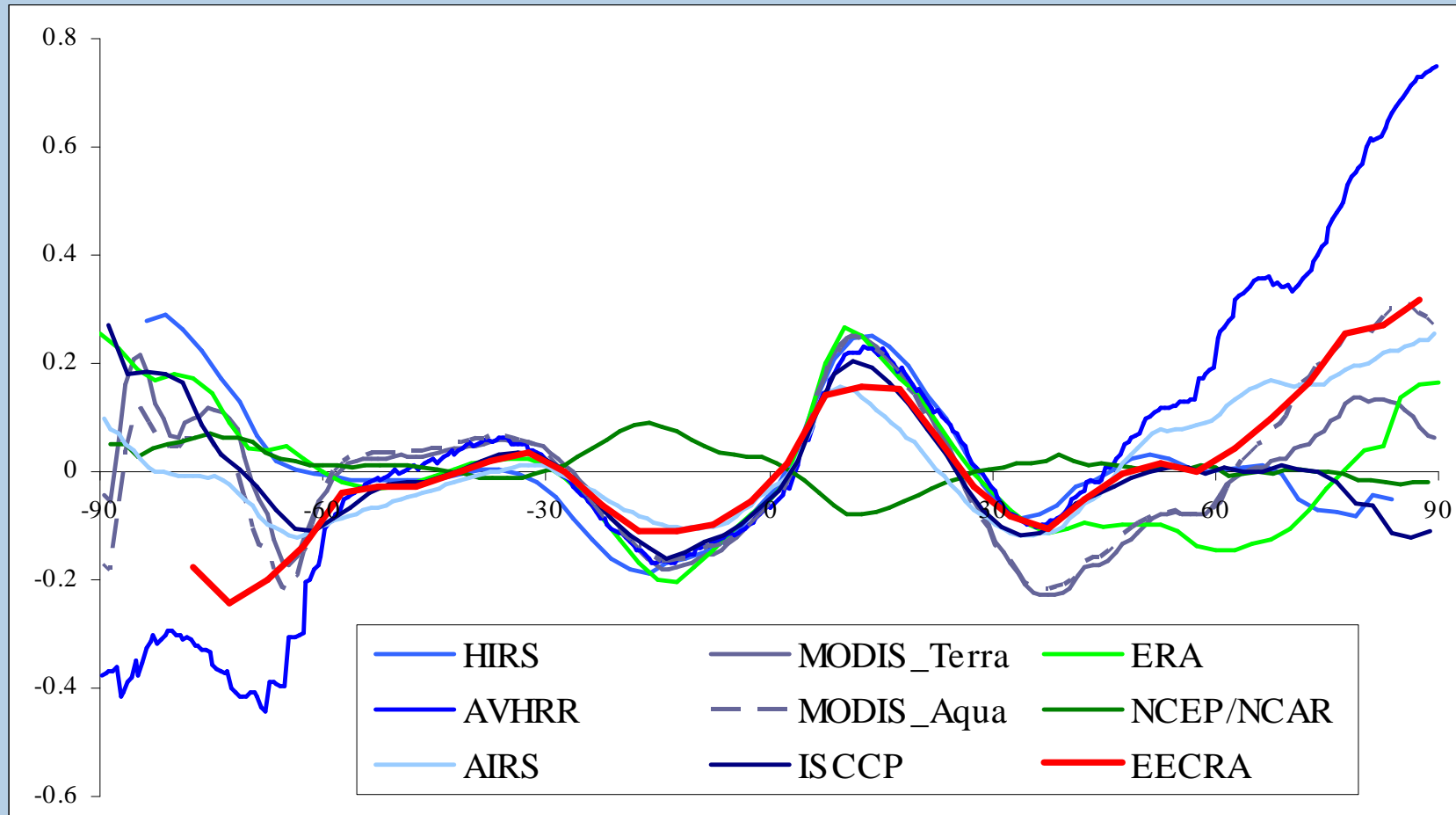
Среднее для декабря-января-февраля



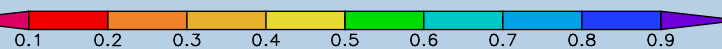
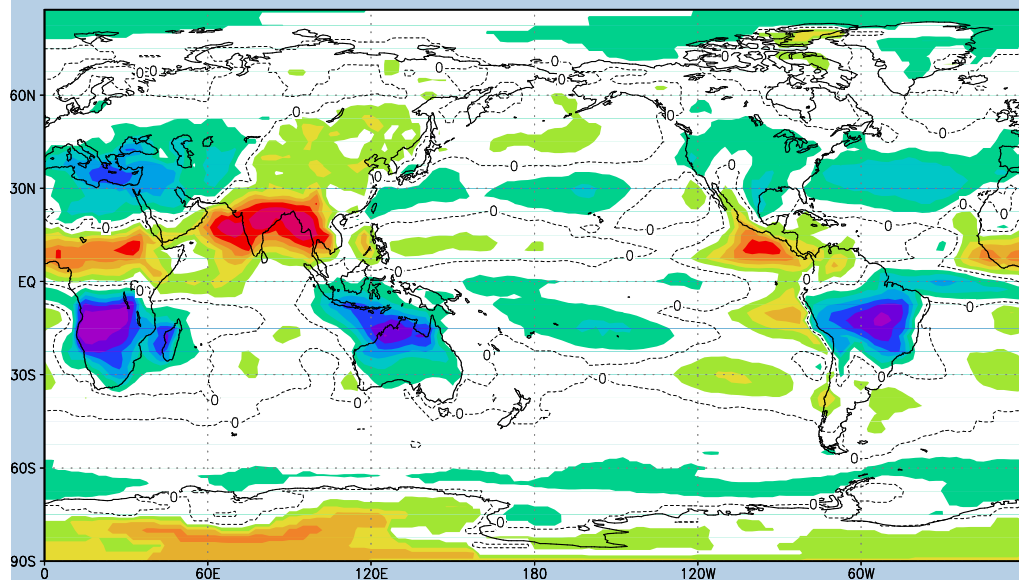
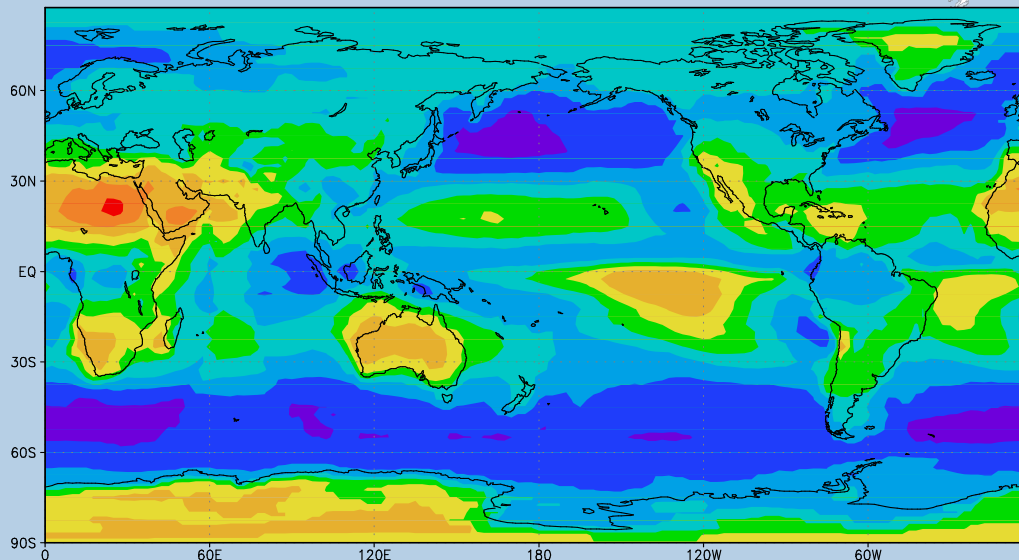
Среднее для июня-июля-августа



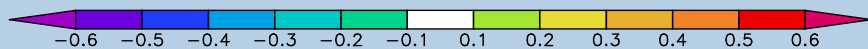
Разница (июнь-июль-август) - (декабрь-январь-февраль)



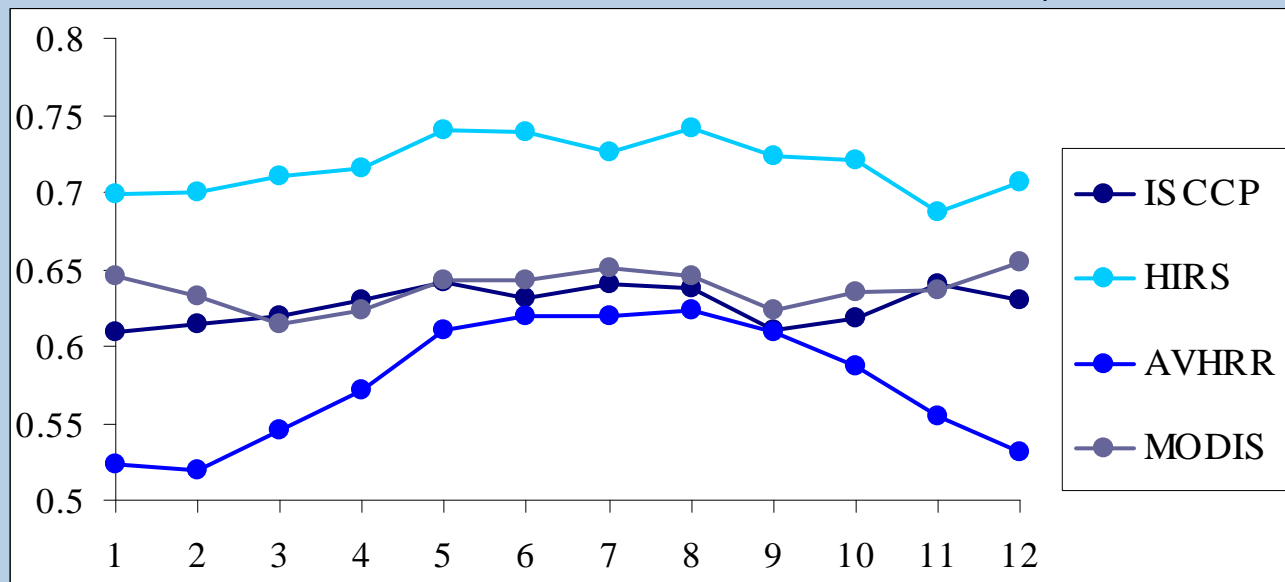
Глобальное поле облачности
по данным ISCCP
(среднегодовые значения)



Глобальное поле облачности
по данным ISCCP
((июнь-июль-август) –
(декабрь-январь-февраль))

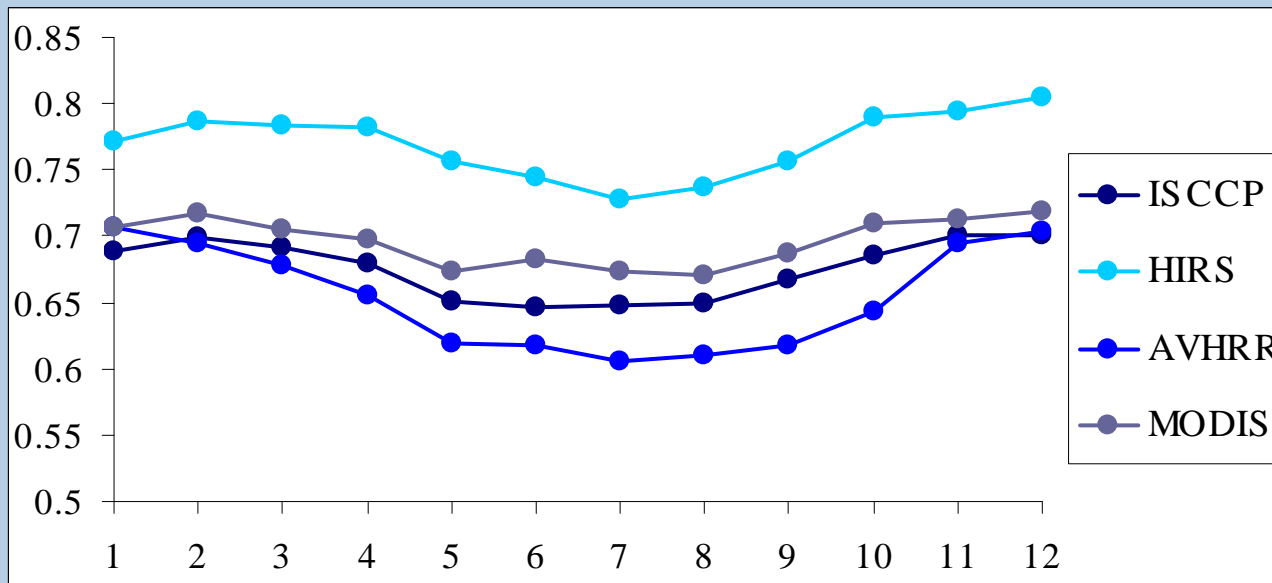


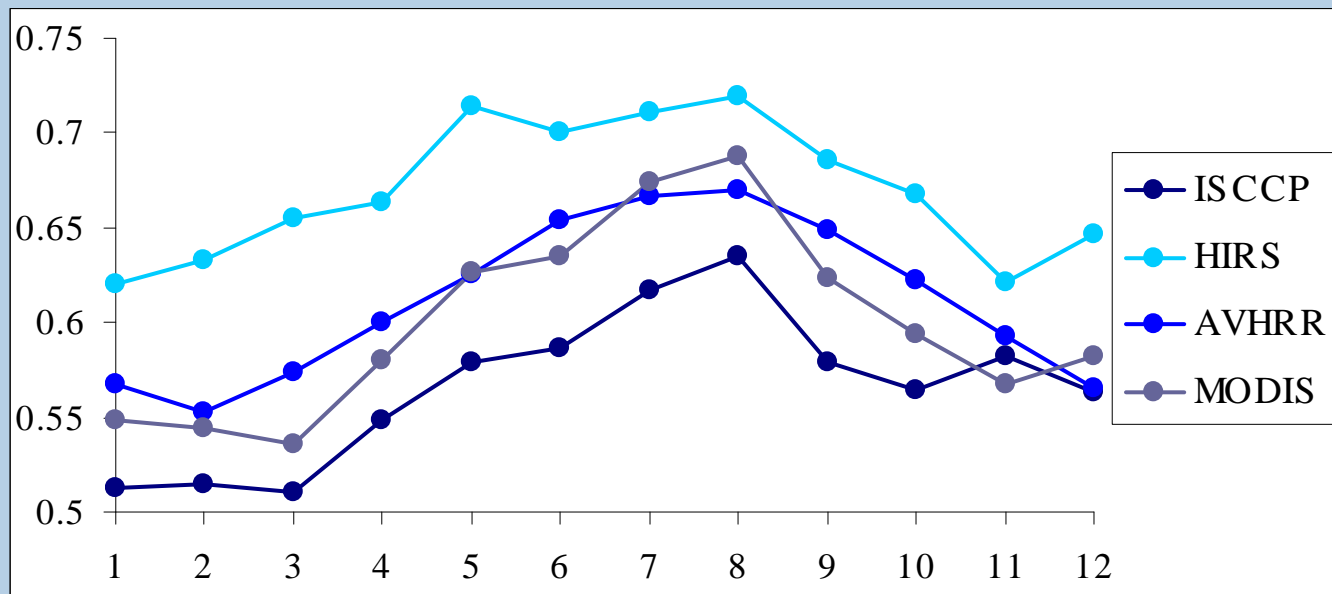
Годовой ход облачности (для 2001 года)



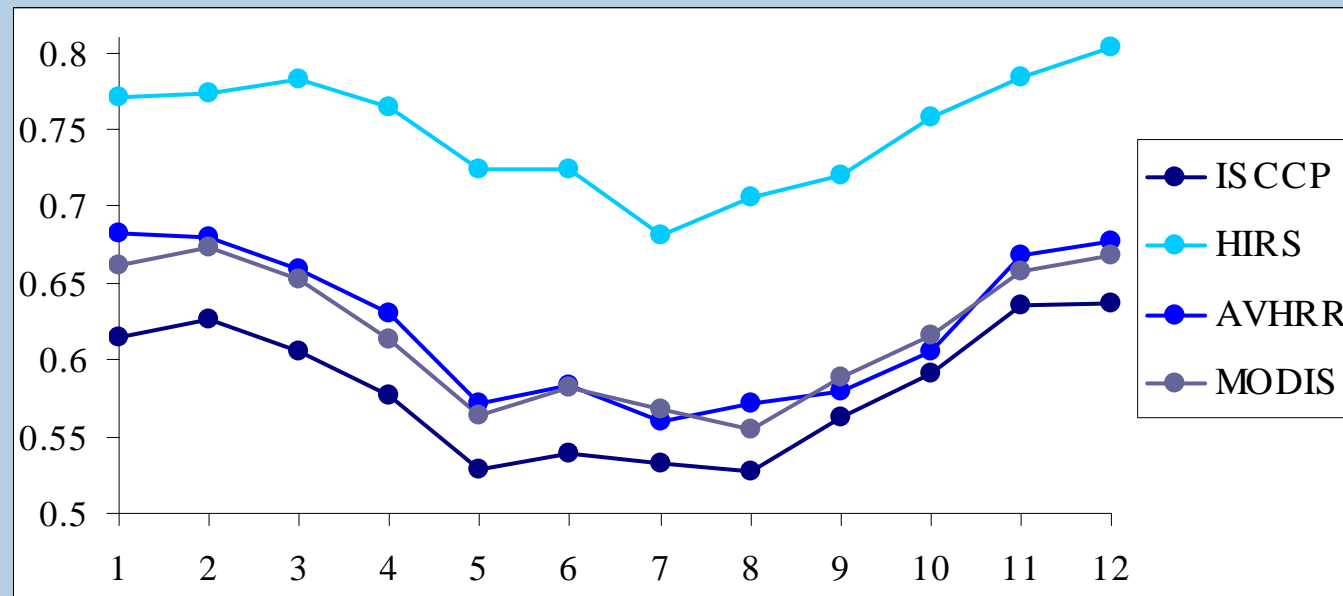
Северное
полушарие

Южное
полушарие

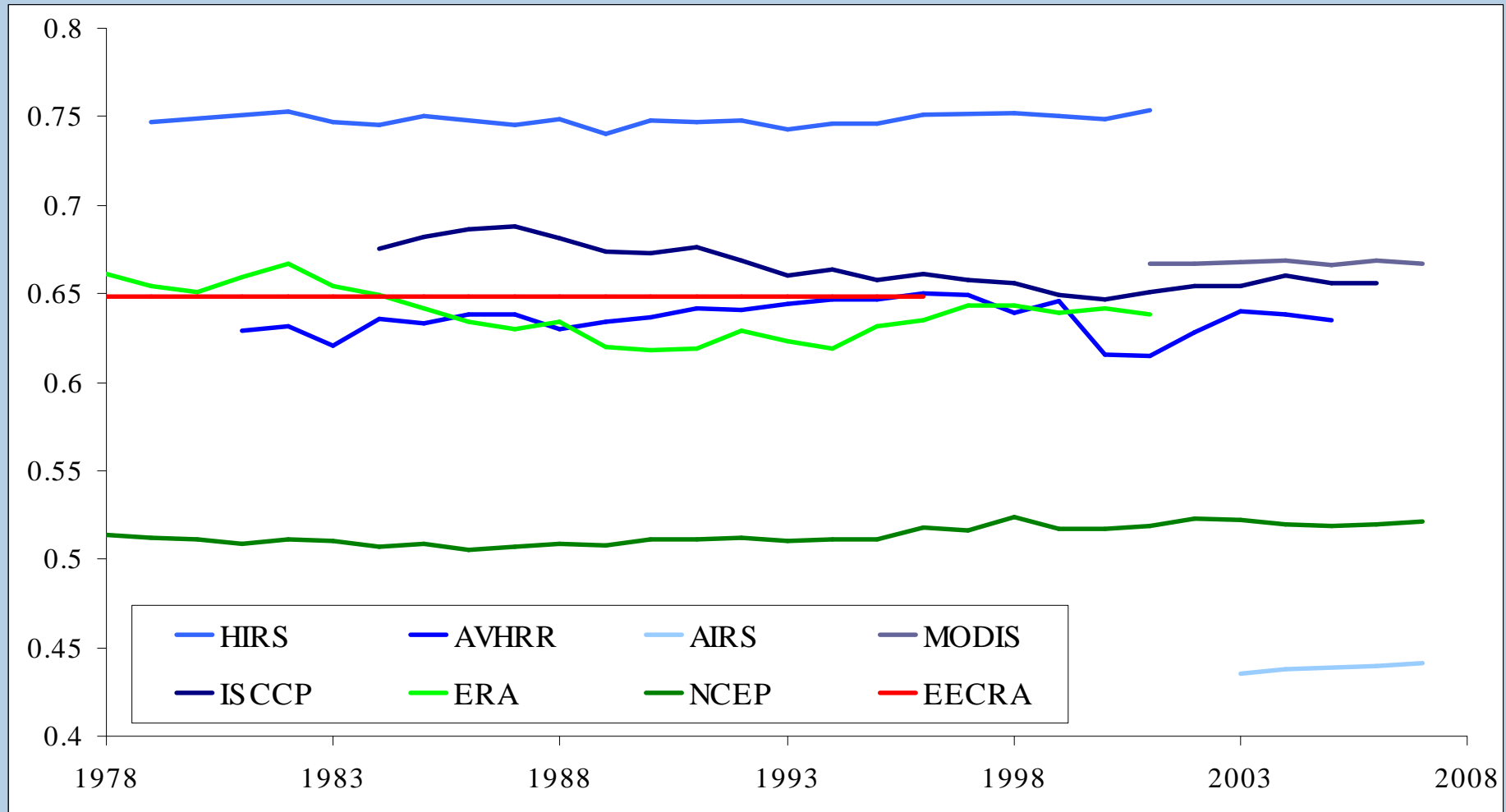




Тропики южного полушария (30°ю.ш. - экватор)



Изменение глобальной среднегодовой облачности



Основные выводы:

Отмечены существенные различия между разными климатологиями облачности, как на уровне глобальных, так и на уровне региональных значений. Глобальное значение облачности по наземным данным составляет 0.65, по данным ISCCP - 0.66, по другим данным находится в диапазоне от 0.45 (AIRS) до 0.75 (HIRS).

Наибольшие различия наблюдаются в полярных широтах в зимнее время, разница может достигать 0.7 - 0.85 по данным HIRS и 0.15 по данным AVHRR

Отмечаются существенные различия в годовом ходе облачности для полушарий вплоть до противоположных изменений (в частности для зимних месяцев северного полушария по данным ISCCP и MODIS наблюдается максимум облачности, по данным HIRS и AVHRR – минимум)

По разным данным не отмечено значимых изменений облачности во времени за исключением ISCCP (небольшое уменьшение)

AVHRR

Advanced Very High Resolution Radiometer

Данные AVHRR (Patos: AVHRR Pathfinder Atmospheres) – данные, полученные с приборов AVHRR, установленных на спутниках, работающих на околополярной орбите.

Измерения проводятся по 5 спектральным полосам (облачность – по 3 полосам, дневная – в видимом диапазоне, ночная – в 2 полосах ИК).

Спутники	Дата запуска	Пересечение с экватором при восходящем витке	Пересечение с экватором при нисходящем витке	Данные за период
TIROS-N	13/10/1978	15:00	03:00	11/1978 – 01/1980
NOAA-6	27/06/1979	19:30	07:30	07/1979 – 10/1986
NOAA-7	23/06/1981	14:30	02:30	09/1981 – 05/1986
NOAA-8	28/03/1983	19:30	07:30	05/1983 – 10/1985
NOAA-9	12/12/1984	14:20	02:20	03/1985 – 04/1994
NOAA-10	17/09/1986	19:30	07:30	12/1986 – 09/1991
NOAA-11	24/09/1988	13:40	01:40	11/1988 – 08/1994
NOAA-12	13/05/1991	19:30	07:30	06/1991 – 11/1994
NOAA-14	30/12/1994	13:40	01:40	01/1995 – 09/2001
NOAA-15	13/05/1998	19:30	07:30	06/1998 – 07/2000
NOAA-16	21/09/2000	14:00	02:00	10/2000 – по наст. время
NOAA-17	24/0/2002	22:00	10:00	07/2002 – по наст. время

Полоса	Спектральный диапазон для спутников (мкм)			Разрешение в надире (км)	Что определяется
	NOAA: 6, 8, 10	NOAA: 7, 9, 11,12,14	NOAA: 15, 16, 17		
1	0.58 - 0.68	0.58 - 0.68	0.58 - 0.68	1.09	Дневная облачность
2	0.725 - 1.10	0.725 - 1.10	0.725 - 1.10	1.09	Граница суша-океан
3 (А)			1.58 - 1.64	1.09	Снег и лед
3 (В)	3.55 - 3.93	3.55 - 3.93	3.55 - 3.93	1.09	Ночная облачность, ТПО
4	10.50 - 11.50	10.30 - 11.30	10.30 - 11.30	1.09	Ночная облачность, ТПО
5	10.50 - 11.50	11.50 - 12.50	11.50 - 12.50	1.09	ТПО

Данные с января 2001 по декабрь 2005 года. Пространственное разрешение: 0.5°x0.5°. Измерения ночные и дневные.

HIRS

The High Resolution Infrared Radiation Sounder

Установлены на спутниках на околополярных орбитах.

Каналы 1-19 работают в ИК-диапазоне, 20-й – в видимом диапазоне. Каналы 1-7 работают в диапазоне, где происходит поглощение CO₂ – позволяет лучше учесть полупрозрачные облака. Метод получил название «CO₂-slicing» (CO₂ расслоение).

Спутники	Дата запуска	Пересечение с экватором при восходящем витке	Пересечение с экватором при нисходящем витке	Данные за период
TIROS-N	13/10/1978	15:00	03:00	11/1978 – 01/1980
NOAA-6	27/06/1979	19:30	07:30	07/1979 – 10/1986
NOAA-7	23/06/1981	14:30	02:30	09/1981 – 05/1986
NOAA-8	28/03/1983	19:30	07:30	05/1983 – 10/1985
NOAA-9	12/12/1984	14:20	02:20	03/1985 – 04/1994
NOAA-10	17/09/1986	19:30	07:30	12/1986 – 09/1991
NOAA-11	24/09/1988	13:40	01:40	11/1988 – 08/1994
NOAA-12	13/05/1991	19:30	07:30	06/1991 – 11/1994
NOAA-14	30/12/1994	13:40	01:40	01/1995 – 09/2001

Канал	Длина волны (мкм)
1	14.95
2	14.71
3	14.49
4	14.22
5	13.97
6	13.64
7	13.35
8	11.11
9	9.71
10	12.47
11	7.33
12	6.52
13	4.57
14	4.52
15	4.47
16	4.45
17	4.13
18	4.00
19	3.76
20	0.690

Данные с января 1979 по декабрь 2001 (отсутствуют данные за январь 1980, сентябрь 1980, февраль-июнь 1981, апрель 1986, сентябрь 1997). Пространственное разрешение 1°x1° (нет полярных широт – выше 84°). Измерения ночные и дневные.

ISCCP

International Satellite Cloud Climatology Project

Используются данные, полученные со спутников на околополярных орбитах и геостационарных спутников. Съемка происходит каждые три часа, в двух каналах – видимом (с длиной волны около 0.6 мкм) и инфракрасном (~11 мкм).

Спутники на околополярной орбите	
NOAA-7	07/1983 – 05/1986
NOAA-8	07/1983 – 10/1985
NOAA-9	03/1985 – 04/1994
NOAA-10	12/1986 – 09/1991
NOAA-11	11/1988 – 08/1994
NOAA-12	06/1991 – 11/1994
NOAA-14	01/1995 – 09/2001
NOAA-15	06/1998 – 07/2000
NOAA-16	10/2000 – по наст. время
NOAA-17	07/2002 – по наст. время
NOAA-18	06/2005 - по наст. время

Данные с июля 1983 по июнь 2007 гг. Пространственное разрешение 2.5°x2.5°.

Геостационарные спутники	
GMS-1	01/1984 – 06/1984
GMS-2a	07/1983 – 01/1984
GMS-2b	06/1984 – 09/1984
GMS-3	09/1984 – 11/1989
GMS-4	12/1989 – 06/1995
GMS-5	06/1995 – 04/2003
GOES-5	07/1983 – 07/1984
GOES-6	07/1983 – 01/1989
GOES-7	04/1987 – 12/1995
GOES-8	03/1995 – 03/2003
GOES-9A	01/1996 – 07/1998
GOES-9B	03/2003 – по наст. время
GOES-10	08/1998 – по наст. время
GOES-12	03/2003 – по наст. время
INSAT-1b	04/1988 – 05/1989
METEOSAT-2	06/1983 – 08/1988
METEOSAT-3a	08/1988 – 01/1991
METEOSAT-3b	08/1991 – 04/1995
METEOSAT-4	06/1989 – 02/1994
METEOSAT-5a	02/1994 – 02/1997
METEOSAT-5b	07/1998 – 01/2007
METEOSAT-6	03/1997 – 05/1998
METEOSAT-7	06/1998 – по настоящее время
METEOSAT-8	09/2002 – по настоящее время
METEOSAT-9	12/2005 – по настоящее время

MODIS

The Moderate Resolution Imaging Spectroradiometer

Прибор установлен на двух спутниках на околополярных орбитах – Terra и Aqua.

Прибор MODIS работает в 36 спектральных каналах, из них 7 (4 видимых и 3 инфракрасных) используются для определения общей облачности, еще три ИК канала используются для определения перистых облаков (в приборе MODIS на спутнике Aqua практически сразу после запуска сломались детекторы для 6 полосы).

Спутник	Дата запуска	Высота (км)	Пересечение с экватором
Terra	18.12.1999	705	10:30 (нисходящий виток)
Aqua	04.05.2002	705	13:30 (восходящий виток)

Данные с февраля 2000 (для Terra) и с июля 2002 (для Aqua) по настоящее время.
Пространственное разрешение 1°x1°.

Номер канала	Частотная полоса (1-19: нм, 20-30: мкм)	Разрешение(м)	Что определяется
1	620 - 670	250	Границы облаков/суши/аэрозоля
2	841 - 876	250	
3	459 - 479	500	Свойства облаков/суши/аэрозоля
4	545 - 565	500	
5	1230 - 1250	500	
6	1628 - 1652	500	
7	2105 - 2155	500	
8	405 - 420	1000	Цвет океана, фитопланктон, биогеохимия океана
9	438 - 448	1000	
10	483 - 493	1000	
11	526 - 536	1000	
12	546 - 556	1000	
13	662 - 672	1000	
14	673 - 683	1000	
15	743 - 753	1000	
16	862 - 877	1000	Водяной пар в атмосфере
17	890 - 920	1000	
18	931 - 941	1000	
19	915 - 965	1000	Температура подстилающей поверхности, температура облаков
20	3.660 - 3.840	1000	
21	3.929 - 3.989	1000	
22	3.929 - 3.989	1000	Температура воздуха
23	4.020 - 4.080	1000	
24	4.433 - 4.498	1000	
25	4.482 - 4.549	1000	Перистые облака, водяной пар
26	1.360 - 1.390	1000	
27	6.535 - 6.895	1000	
28	7.175 - 7.475	1000	Свойства облаков
29	8.400 - 8.700	1000	
30	9.580 - 9.880	1000	Озон
31	10.780 - 11.280	1000	Температура подстилающей поверхности, температура облаков
32	11.770 - 12.270	1000	
33	13.185 - 13.485	1000	Высота верхней границы облаков
34	13.485 - 13.785	1000	
35	13.785 - 14.085	1000	
36	14.085 - 14.385	1000	

AIRS

Atmospheric Infrared Sounder

Прибор AIRS установлен на спутнике Aqua, запущенном 4 мая 2002 года. Прибор измеряет различные параметры атмосферы, облаков и подстилающей поверхности в 2378 спектральных каналах (ИК).

Данные с сентября 2002 года по настоящее время.

Пространственное разрешение $1^\circ \times 1^\circ$.

Тренды по данным ISCCP

Region		mean	max	min	Trend (n) \pm STD (yr ⁻¹)	r	
Global	NH+SH (90S-90N)	Ocean+Land	0.67	0.69 (1987)	0.65 (2000)	-0.0017 \pm 0.0002	-0.88
		Ocean	0.70	0.73 (1986)	0.68 (2000)	-0.0018 \pm 0.0002	-0.86
		Land	0.57	0.59 (1987)	0.55 (2002)	-0.0014 \pm 0.0002	-0.86
	NH (EQ-90N)	Ocean+Land	0.64	0.67 (1987)	0.62 (2000)	-0.0019 \pm 0.0003	-0.86
		Ocean	0.68	0.71 (1986)	0.66 (1998)	-0.0023 \pm 0.0003	-0.86
		Land	0.58	0.61 (1987)	0.56 (2000)	-0.0014 \pm 0.0003	-0.77
	SH (90S-EQ)	Ocean+Land	0.69	0.71 (1987)	0.67 (1999)	-0.0014 \pm 0.0002	-0.85
		Ocean	0.72	0.74 (1987)	0.70 (1999)	-0.0014 \pm 0.0002	-0.79
		Land	0.54	0.56 (1986)	0.51 (2002)	-0.0016 \pm 0.0003	-0.75
Tropical zone	NH+SH (30S-30N)	Ocean+Land	0.60	0.63 (1985)	0.57 (2000)	-0.0026 \pm 0.0003	-0.89
		Ocean	0.62	0.66 (1985)	0.59 (2000)	-0.0028 \pm 0.0003	-0.88
		Land	0.52	0.55 (1988)	0.50 (2001)	-0.0020 \pm 0.0003	-0.85
	NH (EQ-30N)	Ocean+Land	0.59	0.62 (1986)	0.56 (2000)	-0.0028 \pm 0.0004	-0.86
		Ocean	0.62	0.66 (1985)	0.59 (1998)	-0.0031 \pm 0.0004	-0.85
		Land	0.50	0.53 (1988)	0.46 (2000)	-0.0021 \pm 0.0004	-0.73
	SH (30S-EQ)	Ocean+Land	0.60	0.63 (1985)	0.58 (1999)	-0.0024 \pm 0.0003	-0.88
		Ocean	0.62	0.65 (1987)	0.59 (1999)	-0.0026 \pm 0.0004	-0.84
		Land	0.55	0.58 (1986)	0.53 (1994)	-0.0019 \pm 0.0003	-0.81
Mid-latitude zone	NH (30N -60N)	Ocean+Land	0.69	0.72 (1987)	0.67 (2000)	-0.0015 \pm 0.0003	-0.77
		Ocean	0.77	0.80 (1986)	0.75 (2000)	-0.0018 \pm 0.0003	-0.81
		Land	0.60	0.63 (1987)	0.58 (2000)	-0.0012 \pm 0.0003	-0.66
	SH (60S-30S)	Ocean+Land	0.81	0.83 (1986)	0.80 (1993)	-0.0004 \pm 0.0002	-0.45
		Ocean	0.83	0.84 (1986)	0.82 (1993)	-0.0004 \pm 0.0002	-0.44
		Land	0.55	0.58 (1992)	0.53 (1996)	-0.0006 \pm 0.0004	-0.30