

**Региональное изменение климата восточно-сибирских
и дальневосточных морей России**
**Regional climate change in the East-Siberian and Far-East
Seas of Russia**

Проф. А.Г. Костяной, гл.н.с., д.ф.-м.н.

Институт океанологии им. П.П. Ширшова РАН

**член Межправительственной группы экспертов по изменению
климата (IPCC AR5)**

Prof. A.G. Kostianoy

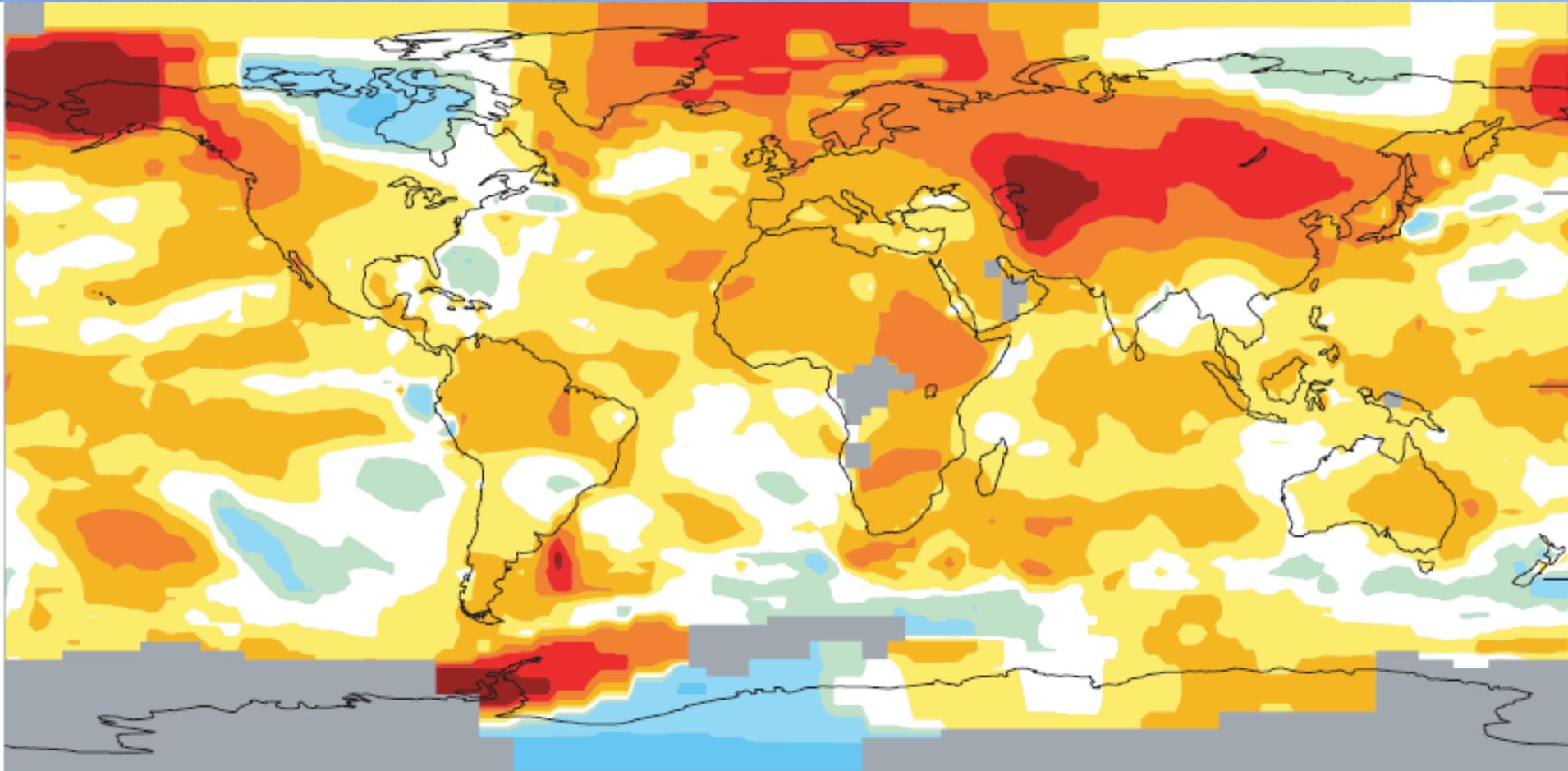
P.P. Shirshov Institute of Oceanology, Russian Academy of Sciences

Lead Author of Intergovernmental Panel on Climate Change AR5

E-mail: kostianoy@gmail.com

ANNUAL MEAN SURFACE TEMPERATURE ANOMALY

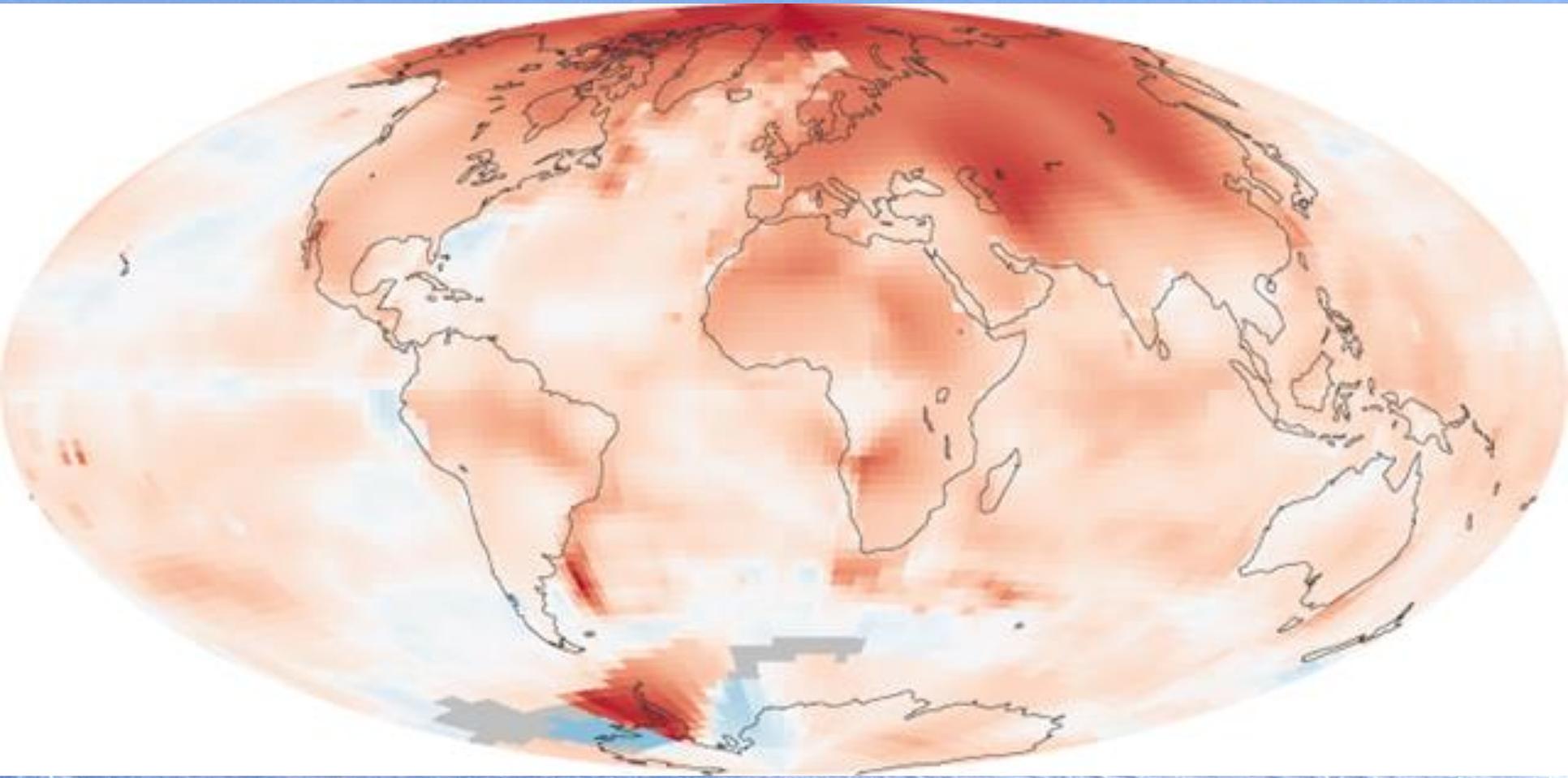
2004 vs 1880-2004



2004 Annual Mean Surface Temperature Anomalies (°C)



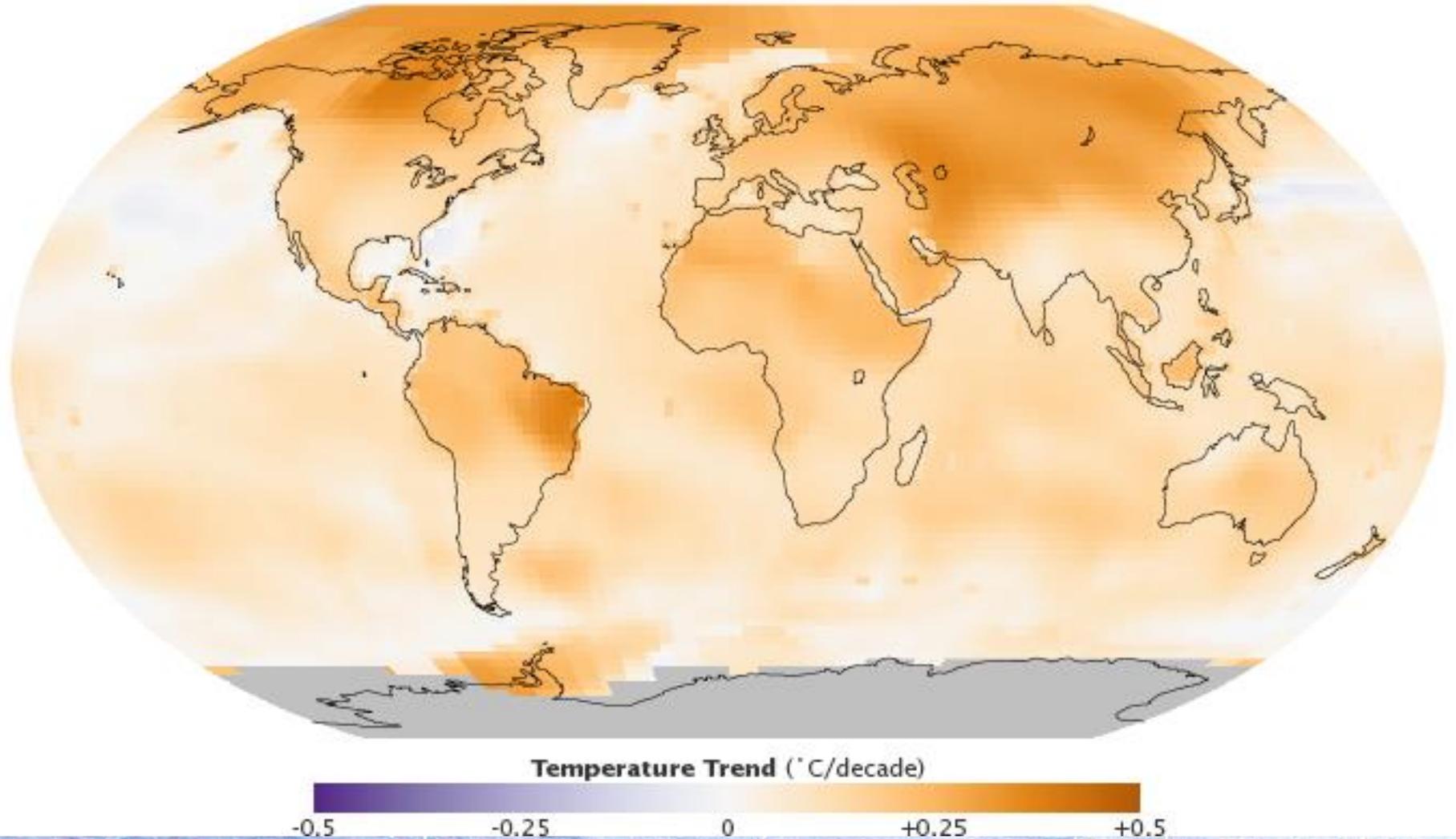
ANNUAL MEAN SURFACE TEMPERATURE ANOMALY 2000-2009 vs 1951-1980



Temperature Anomaly ($^{\circ}\text{C}$)



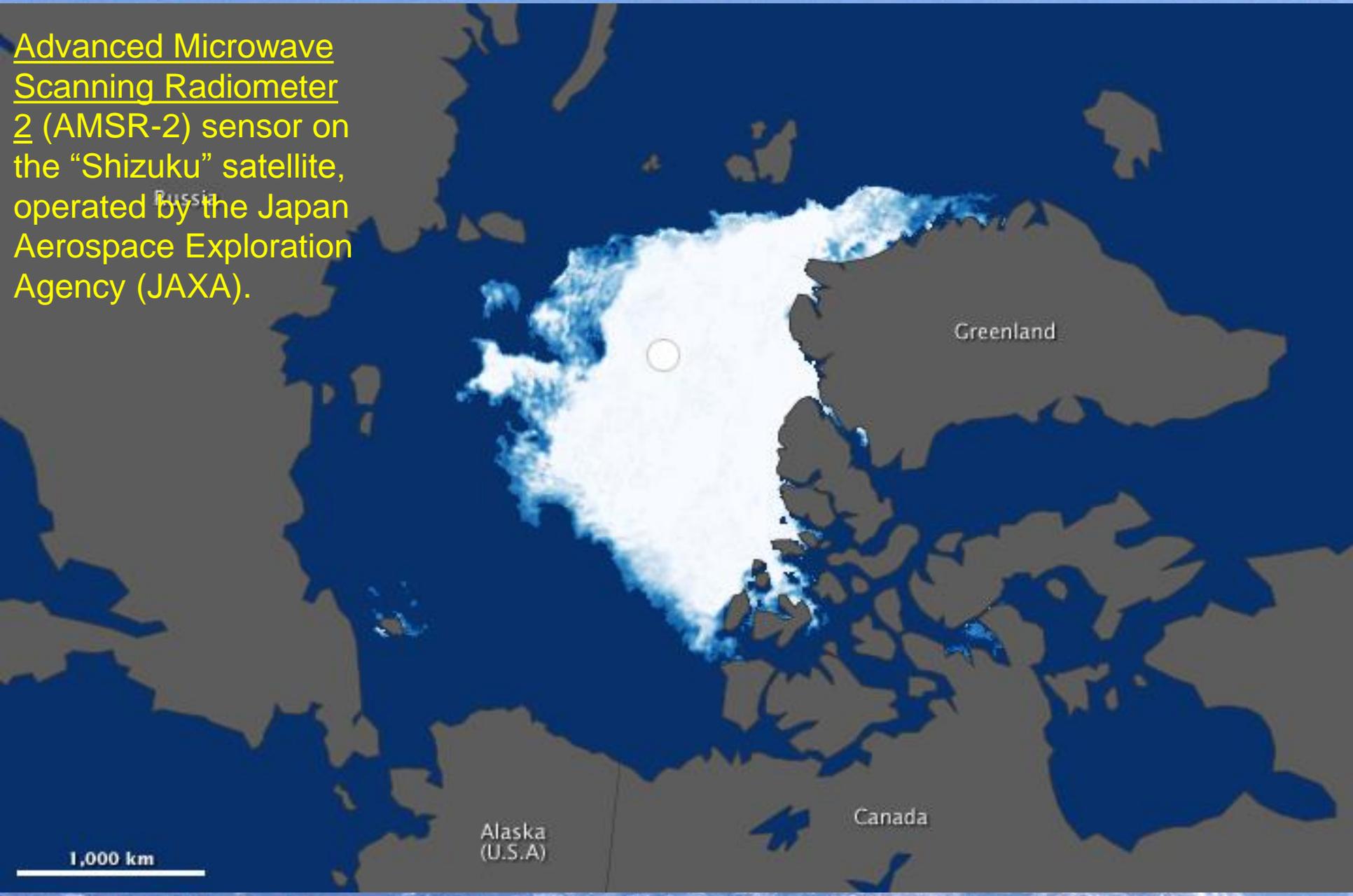
1950-2013 Temperature Trend



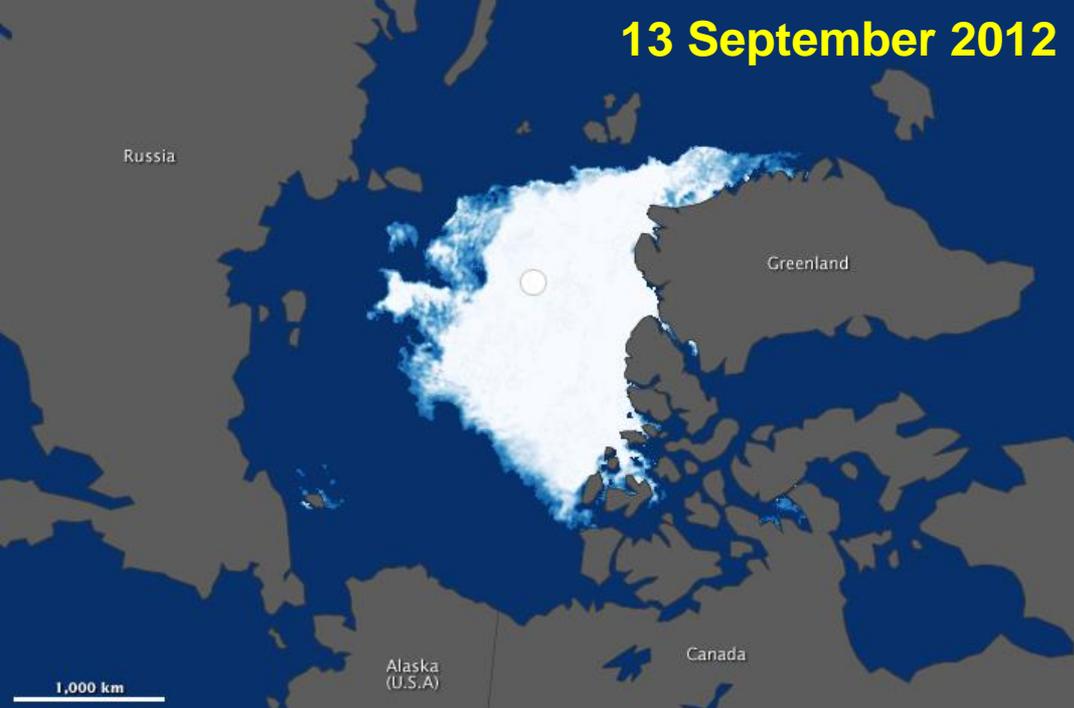
Скорость роста температуры поверхности Земли за период с 1950 по 2013 г. ($^{\circ}\text{C}/10$ лет) по данным НАСА (NASA Earth Observatory, 2014).

Arctic sea ice minimum 13 September 2012

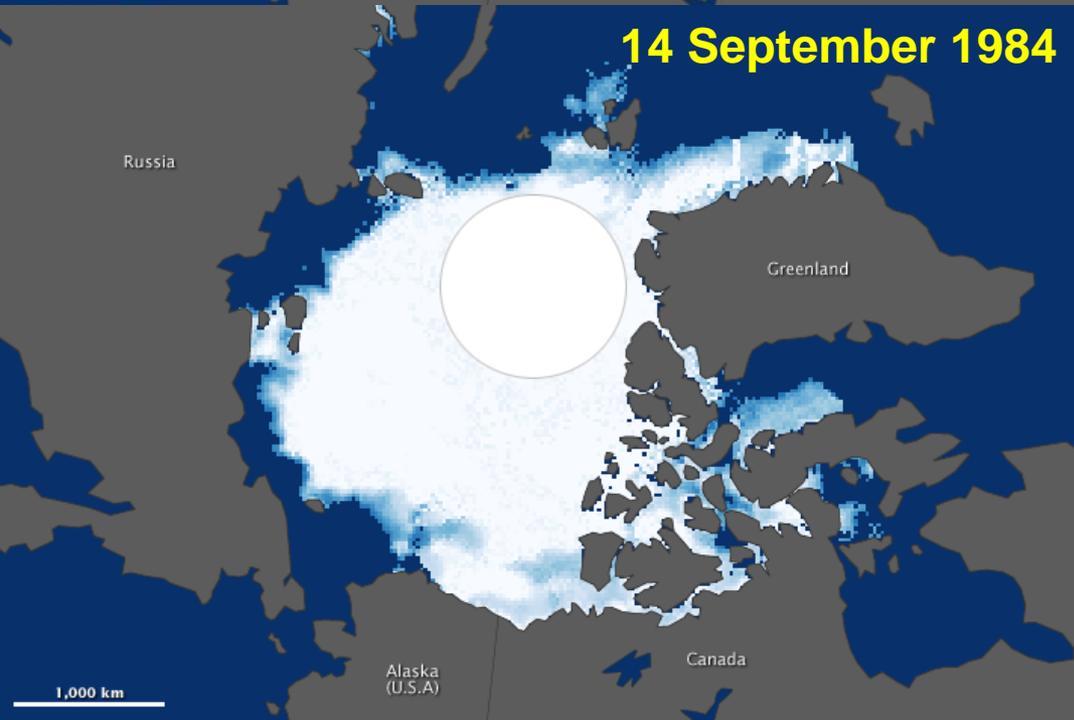
Advanced Microwave Scanning Radiometer 2 (AMSR-2) sensor on the "Shizuku" satellite, operated by the Japan Aerospace Exploration Agency (JAXA).



13 September 2012



14 September 1984



In August and September 2012, sea ice covered less of the Arctic Ocean than at any other time since at least 1979, when the first reliable satellite measurements began. The National Snow and Ice Data Center (NSIDC) and NASA announced in mid-September that the extent of Arctic sea ice had dropped to 3.41 mln sq km — well below the previous record of 4.17 mln sq km set in 2007.

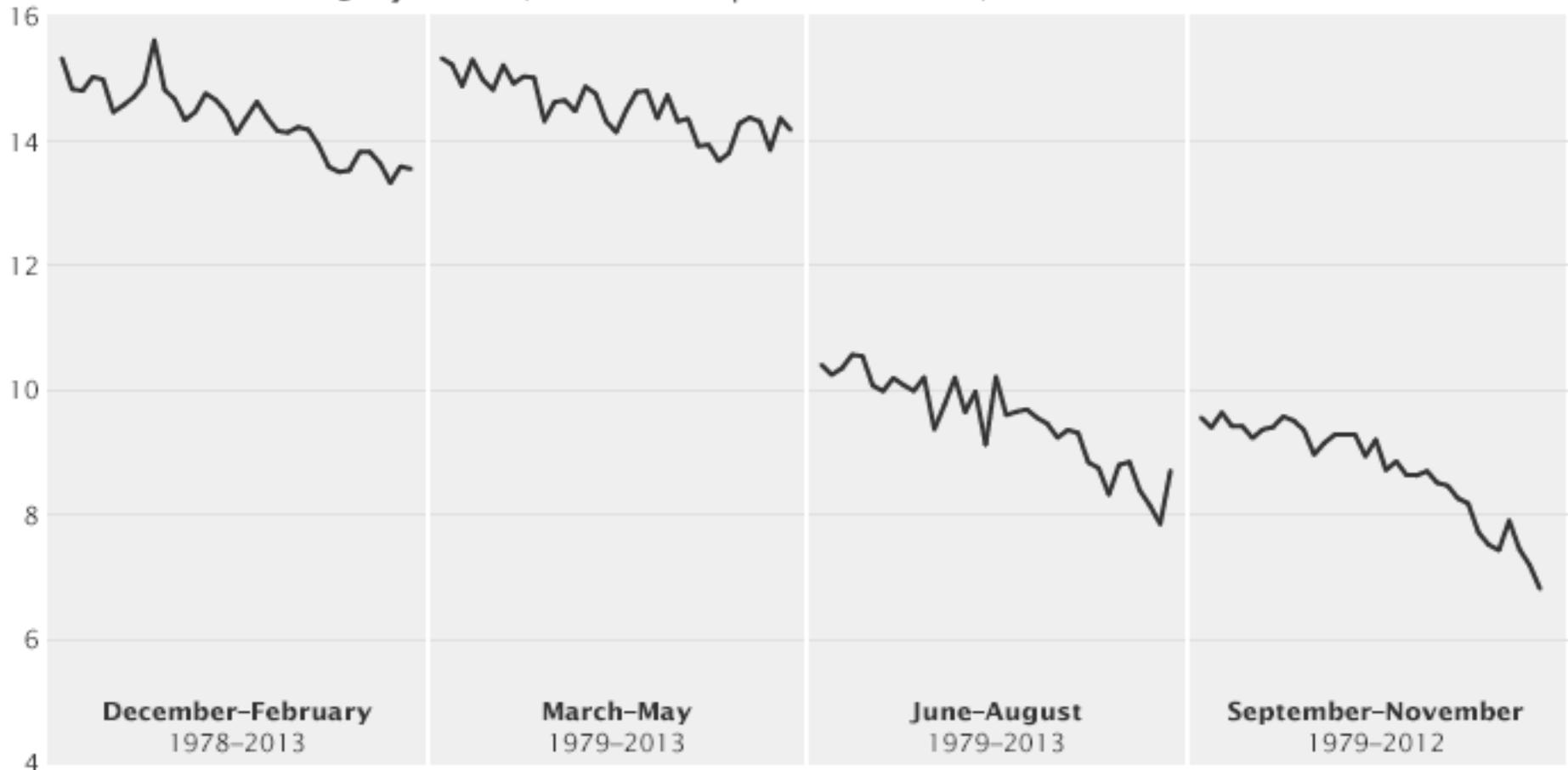
The maps compare the Arctic ice minimum extents from 2012 (top) and 1984 (bottom). The average minimum extent for 1979–2000 was 6.70 mln sq km, which is the 1984 minimum, so a comparison between 2012 and 1984 gives an idea of how much conditions this year strayed from the long-term average. The minimum ice extent in 2012 was about half the average.

Arctic sea ice minimum 13 September 2013
NSIDC showed that sea ice extent shrunk to 5.10 mln sq km

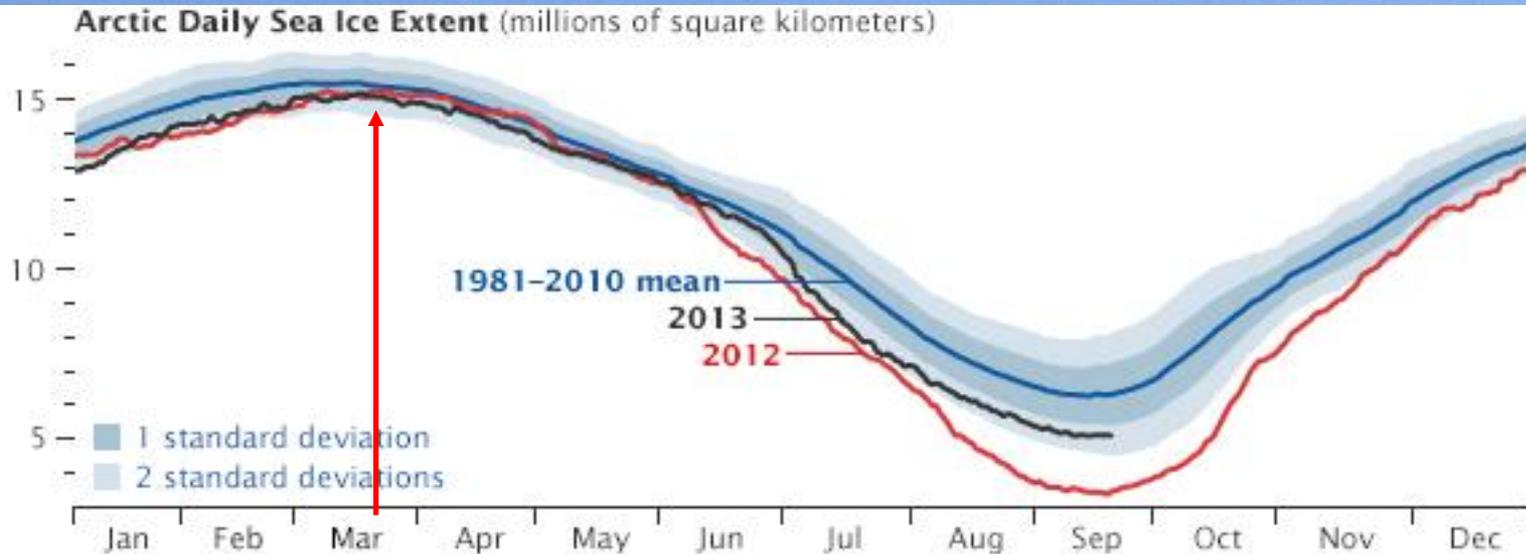


Year 2013 was the sixth lowest in the satellite record. This year continues a long-term downward trend of about 12 percent Arctic sea ice loss per decade since the late 1970s—a decline that accelerated after 2007.

Seasonal Average Arctic Sea Ice Extent
November 1978–July 2013 (millions of square kilometers)



Arctic sea ice seasonal variability

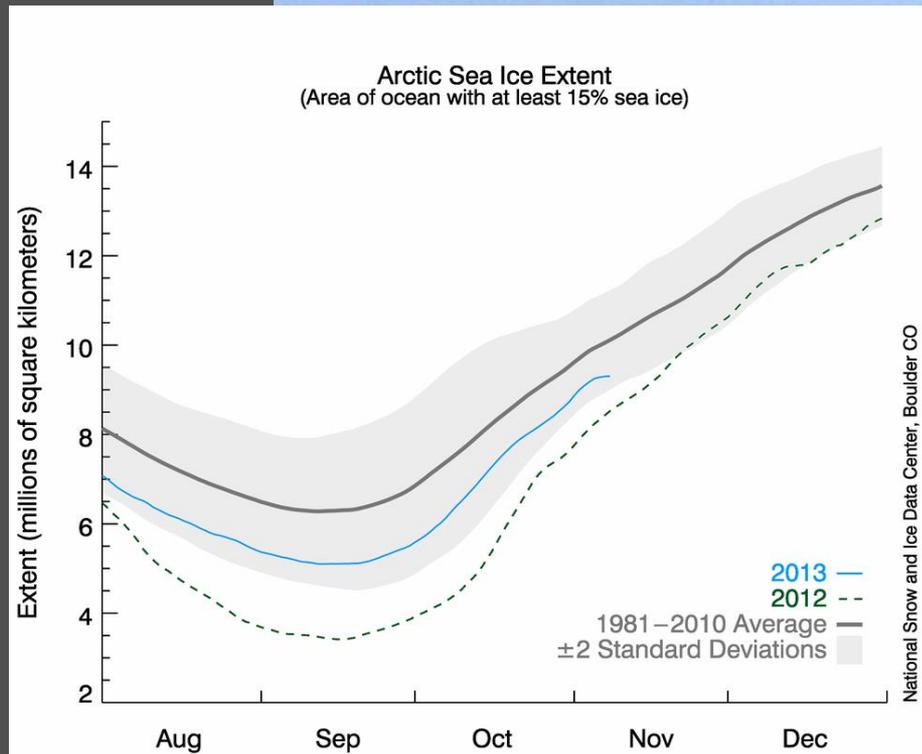
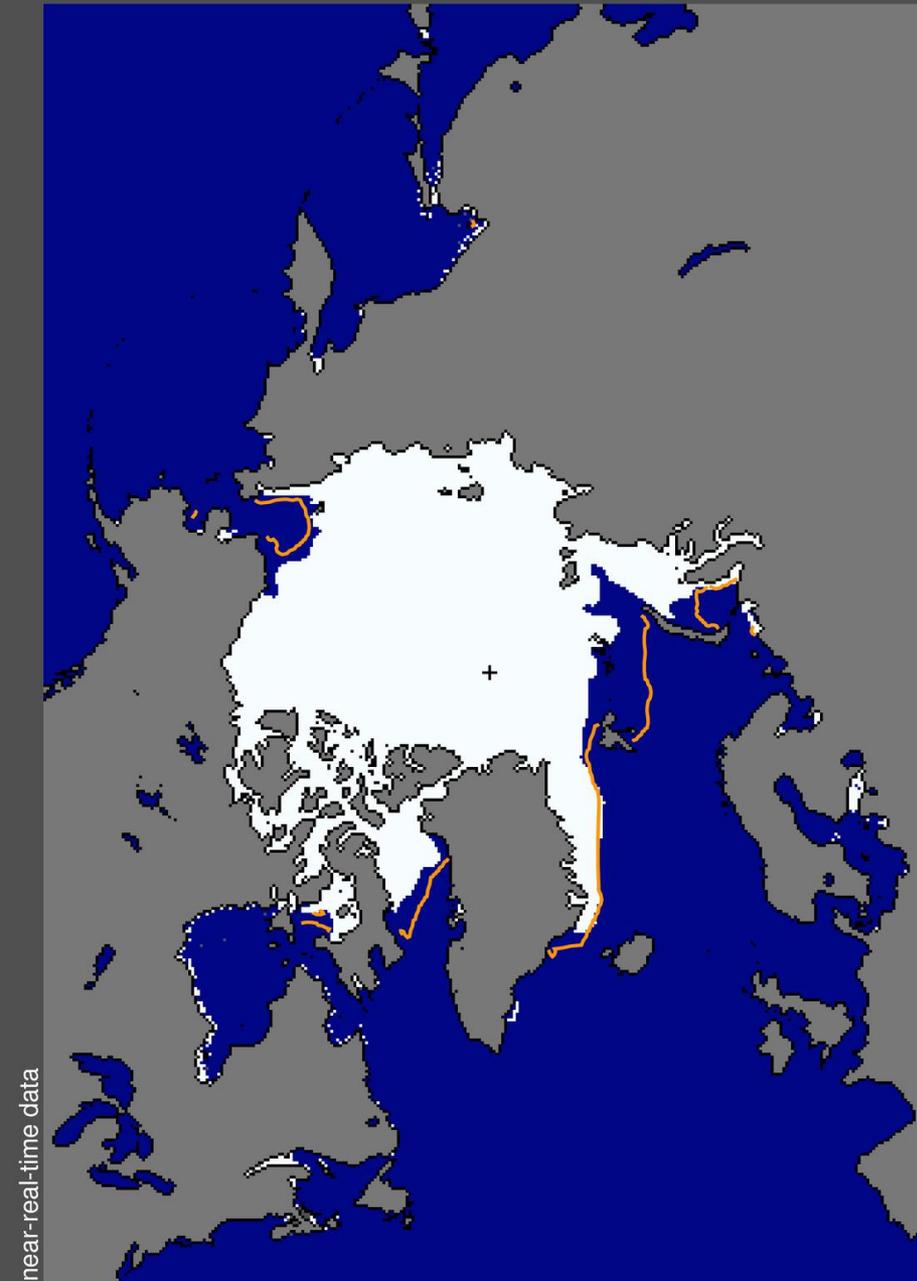


Arctic sea ice reached its annual maximum on March 21, 2014. And while the year was not extraordinary—the fifth lowest extent in 36 years of satellite records—the trend continues to be. The seven smallest ice extents in the Arctic have all occurred during the past seven years. There is strong evidence that the trend will continue.

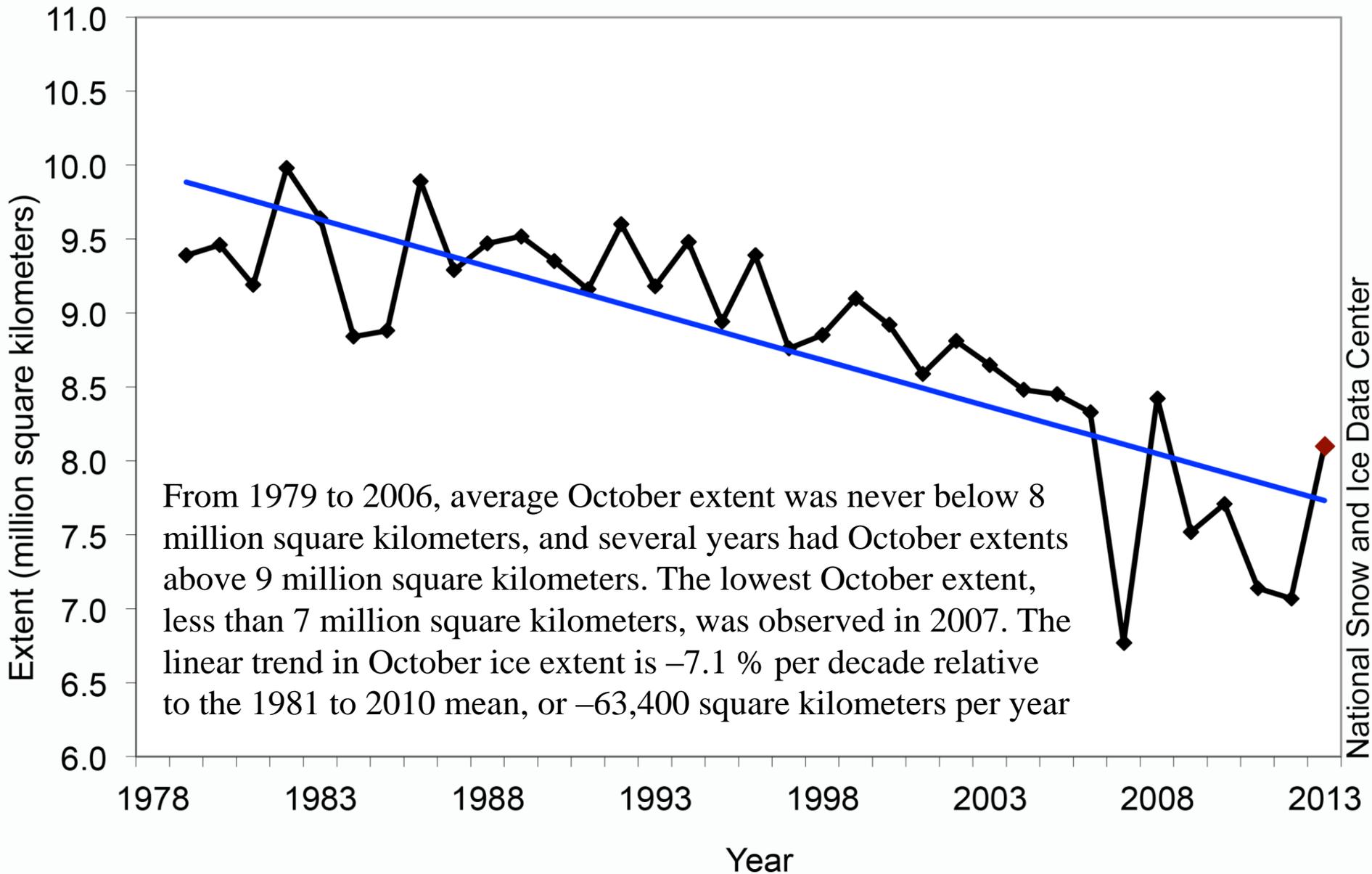
According to the National Snow and Ice Data Center (NSIDC), Arctic sea ice extent reached 14.91 million square kilometers on March 21, 2014.

8 November 2013

National Snow and Ice Data Center, Boulder, CO



Average Monthly Arctic Sea Ice Extent October 1979 - 2013



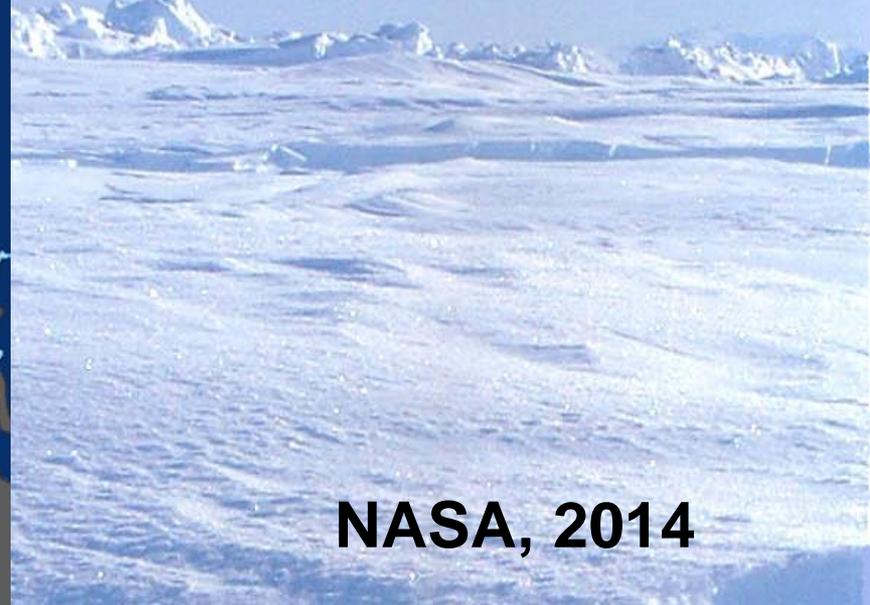


Ice cover

14 March 1983



21 March 2014



NASA, 2014

Площадь льда в Арктике с 1900 г. по 2100 г.

Красная линия – наблюдения.

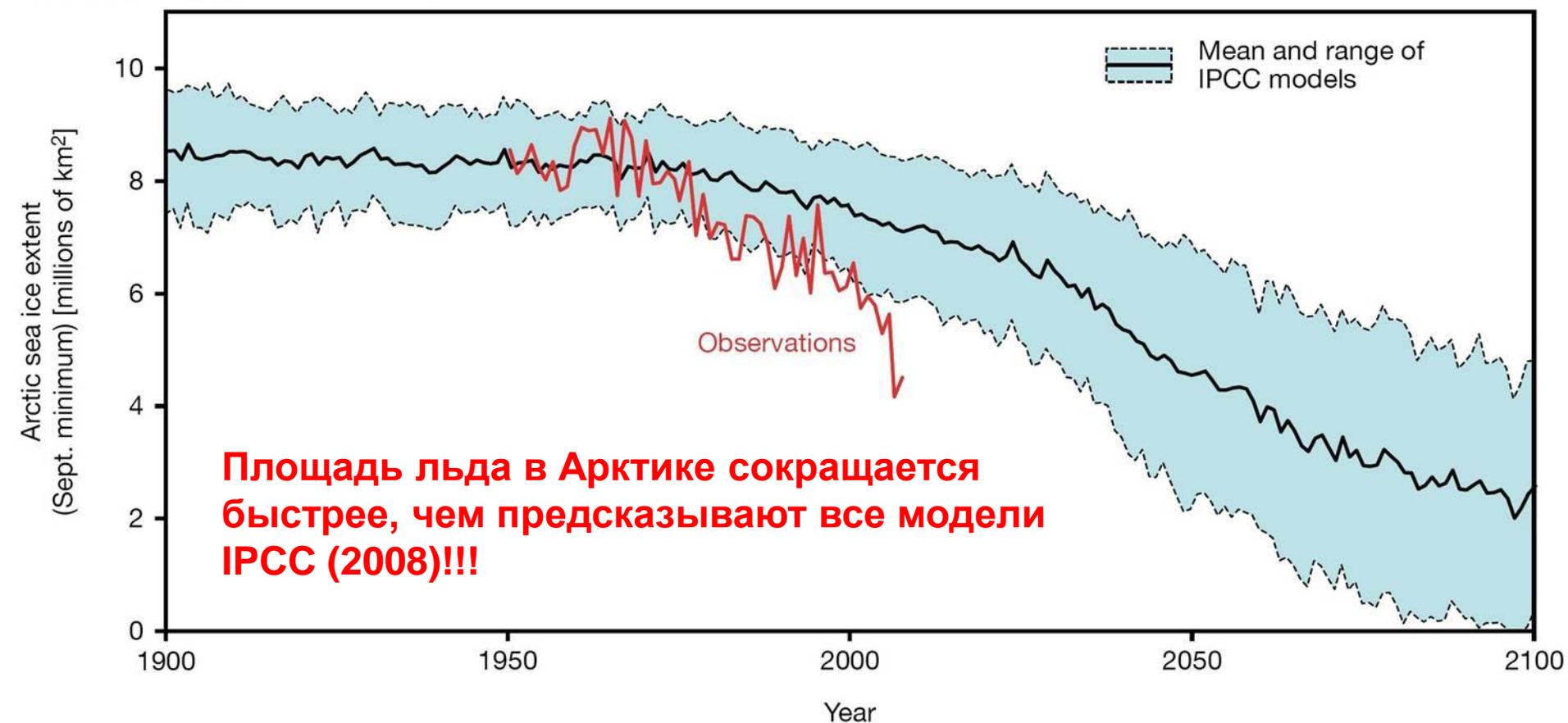
Черная линия – средний прогноз по ансамблю моделей

Межправительственной группы экспертов по изменению климата (IPCC)

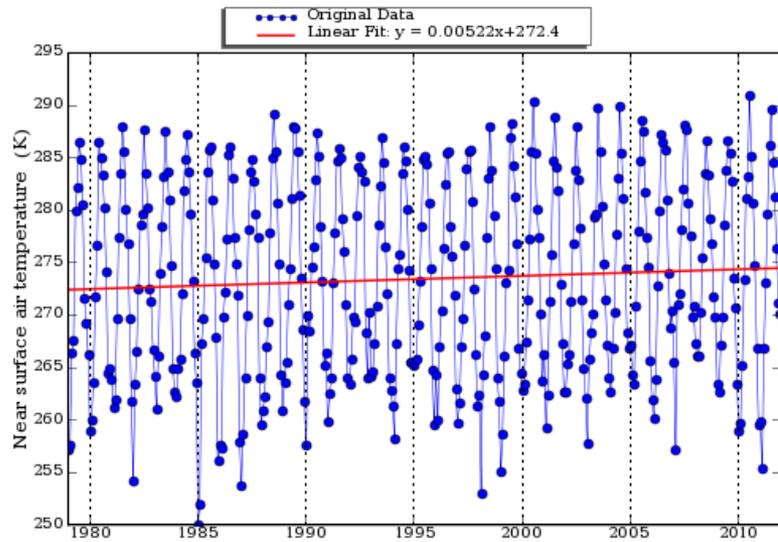
Голубая полоса – разброс по ансамблю моделей.

Толщина льда уменьшается на 0.6 м за 10 лет.

Скорость дрейфа льда увеличивается на 0.5-1.0 км/день/10 лет



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 33E-44E, 64N-68N)



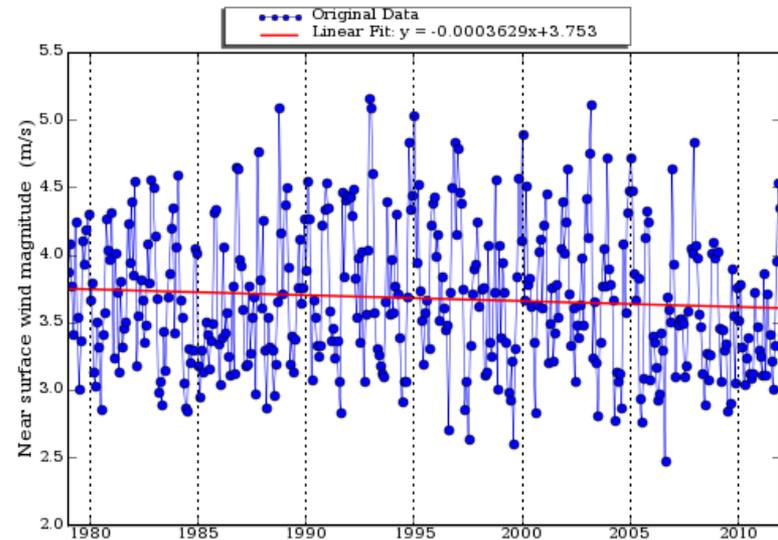
White Sea 1979-2011

Air temperature (K)

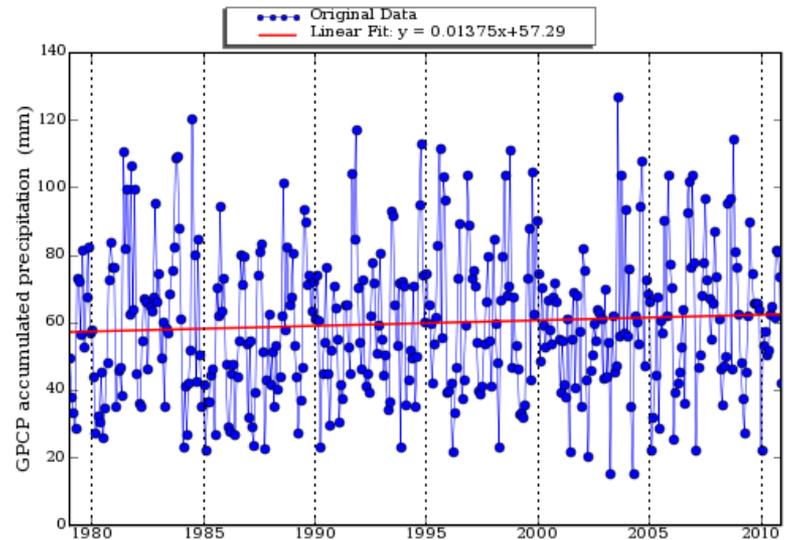
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

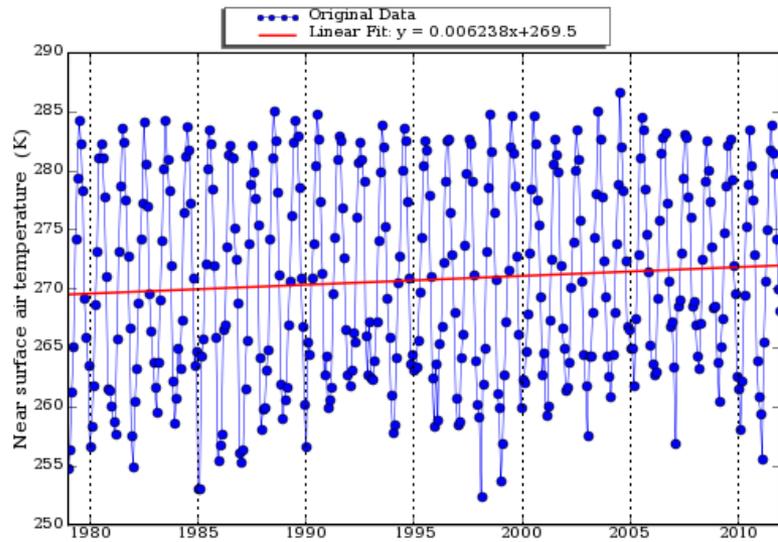
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 33E-44E, 64N-68N)



Area-Averaged Time Series (GPCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 33E-44E, 64N-68N)



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 25E-55E, 69N-80N)



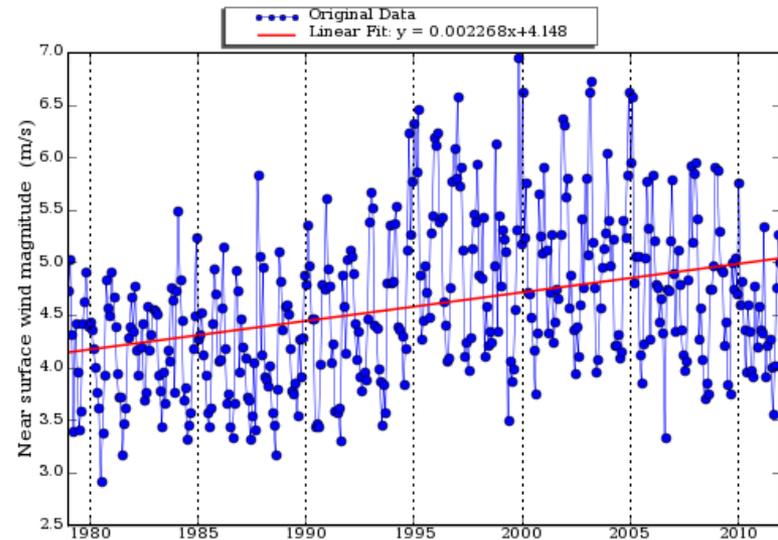
Barents Sea 1979-2011

Air temperature (K)

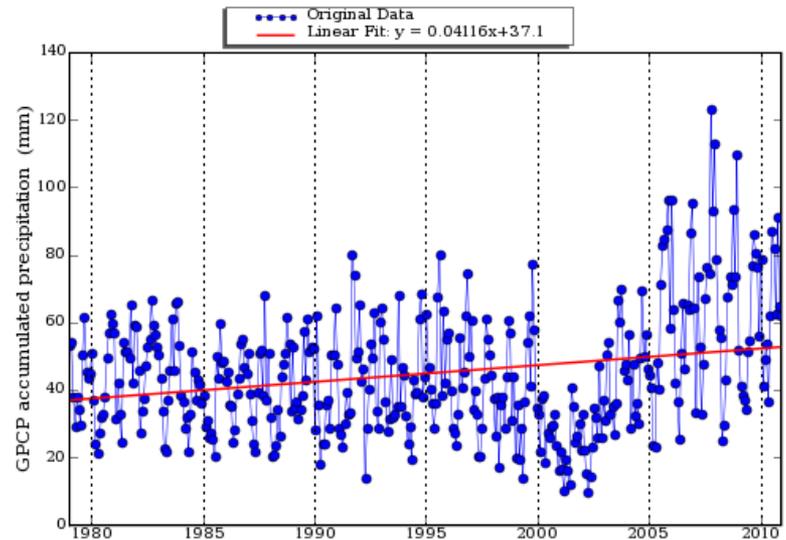
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

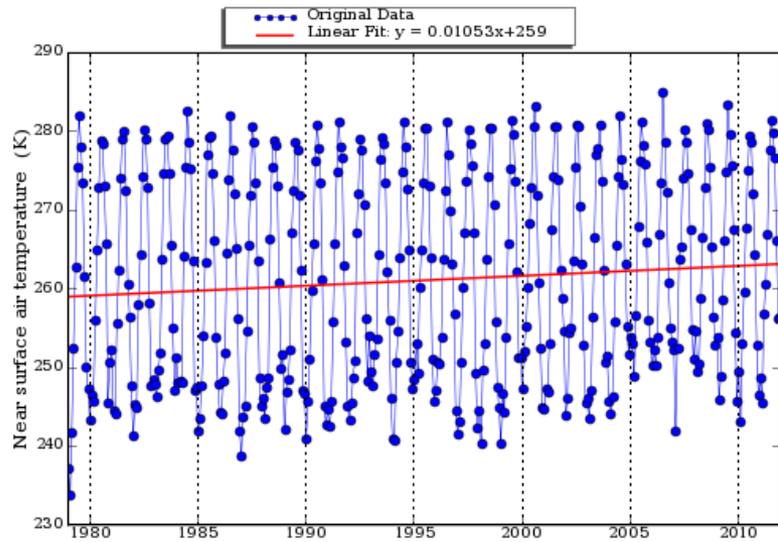
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 25E-55E, 69N-80N)



Area-Averaged Time Series (GPCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 25E-55E, 69N-80N)



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 65E-95E, 73N-81N)



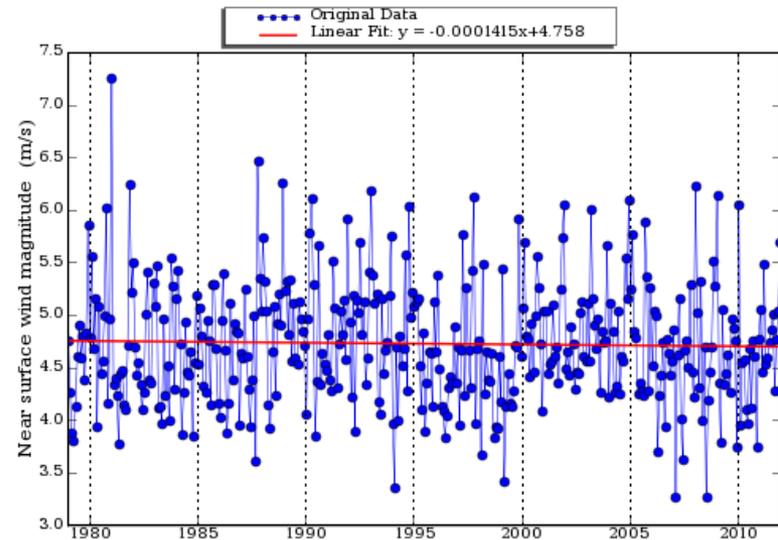
Kara Sea 1979-2011

Air temperature (K)

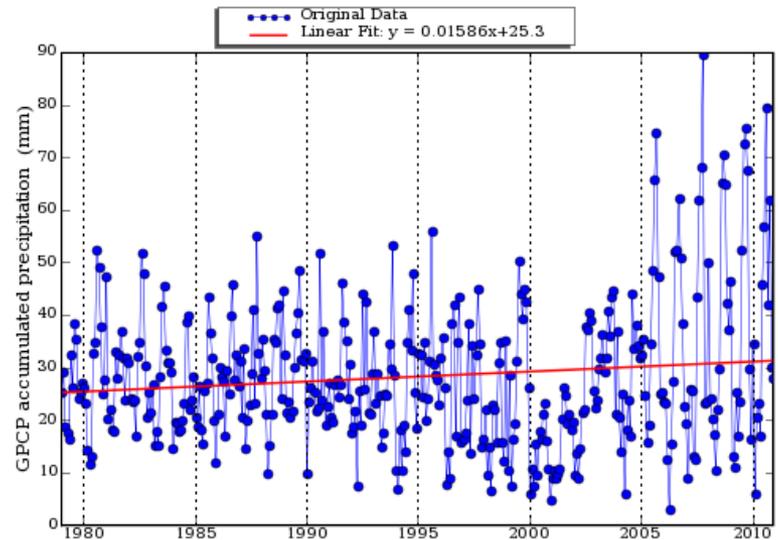
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

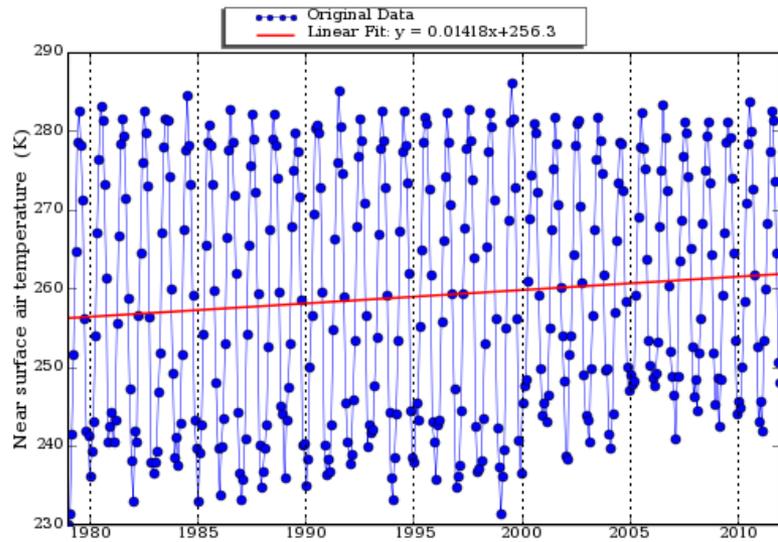
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 65E-95E, 73N-81N)



Area-Averaged Time Series (GPCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 65E-95E, 73N-81N)



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 110E-140E, 73N-79N)



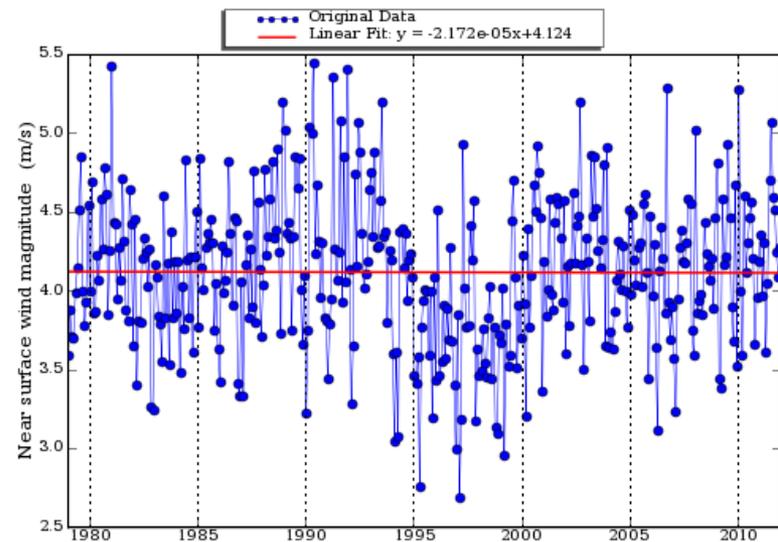
Laptev Sea 1979-2011

Air temperature (K)

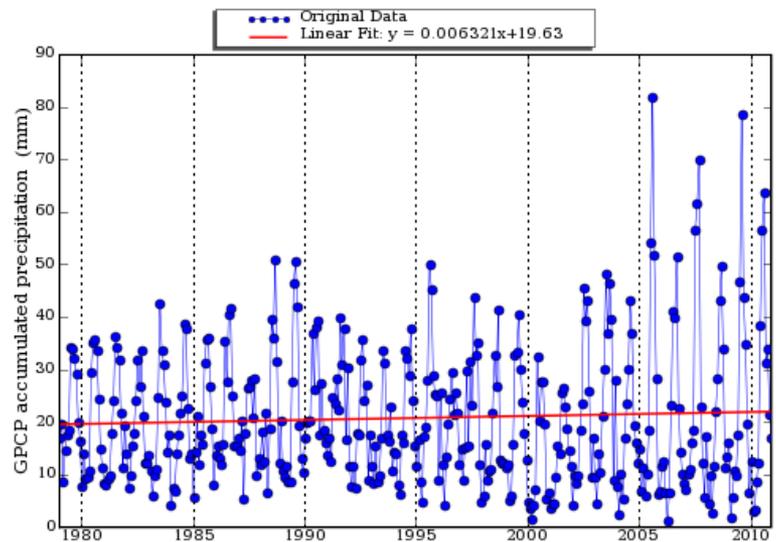
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

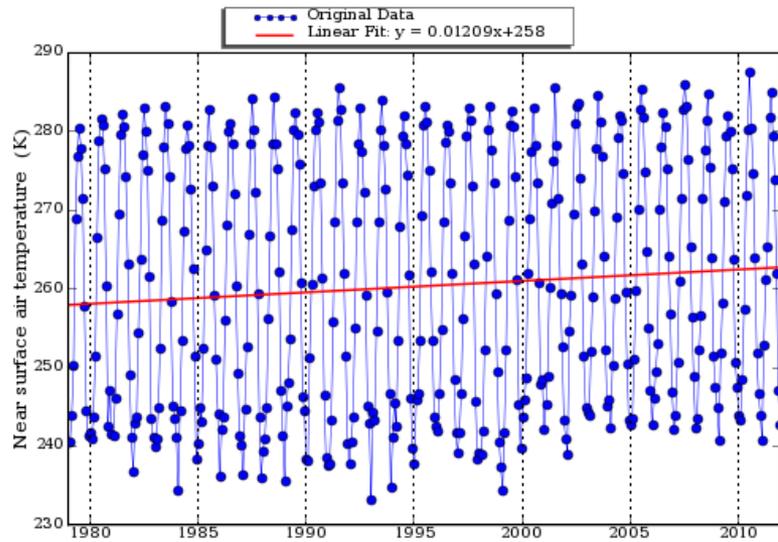
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 110E-140E, 73N-79N)



Area-Averaged Time Series (GPCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 110E-140E, 73N-79N)



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 145E-175E, 70N-77N)



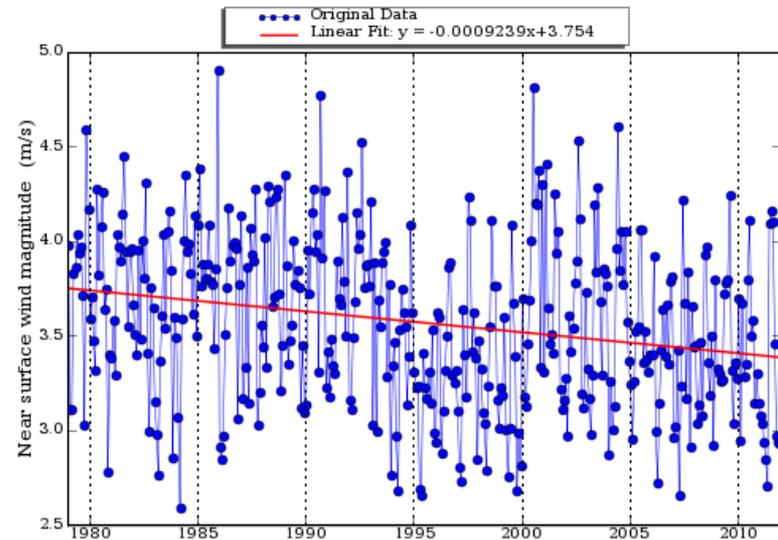
East-Siberian Sea 1979-2011

Air temperature (K)

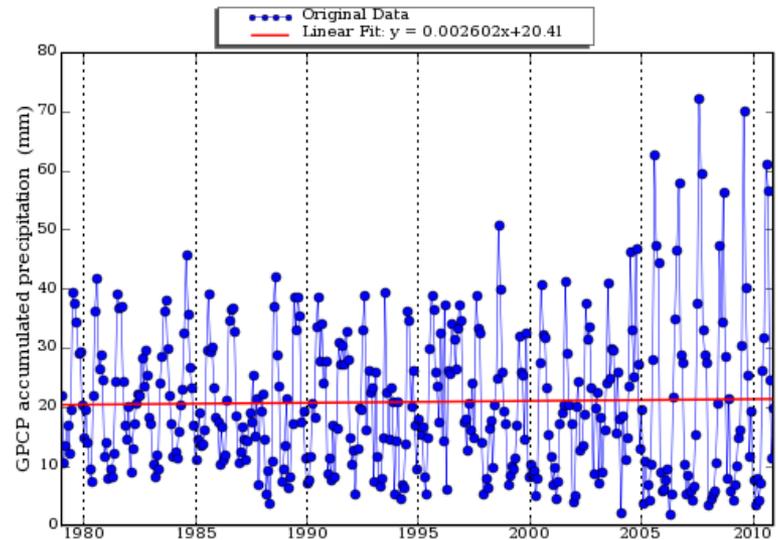
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

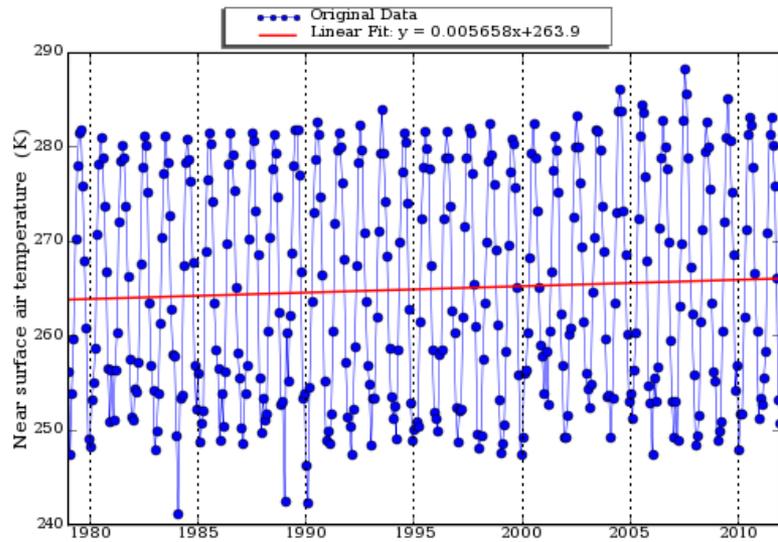
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 145E-175E, 70N-77N)



Area-Averaged Time Series (GPCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 145E-175E, 70N-77N)



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 180W-156W, 67N-74N)



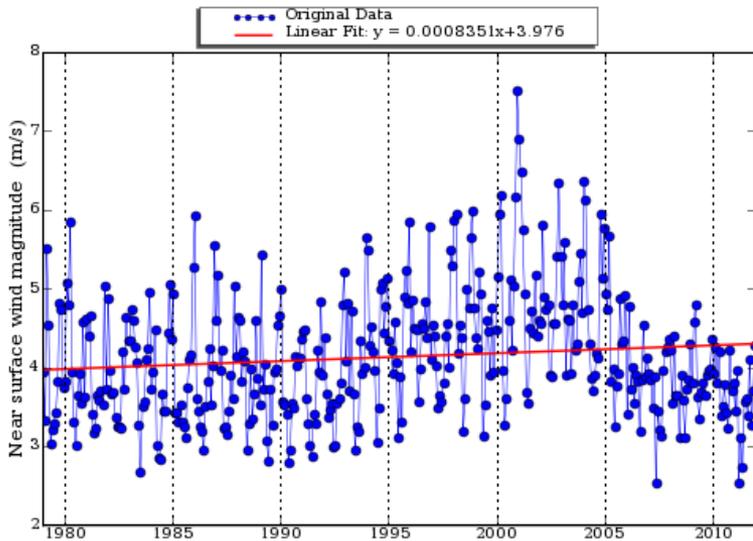
Chukchi Sea 1979-2011

Air temperature (K)

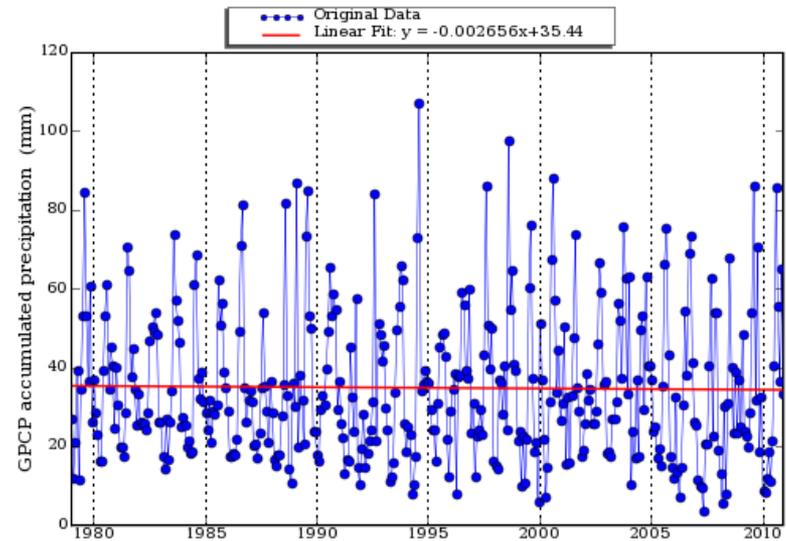
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

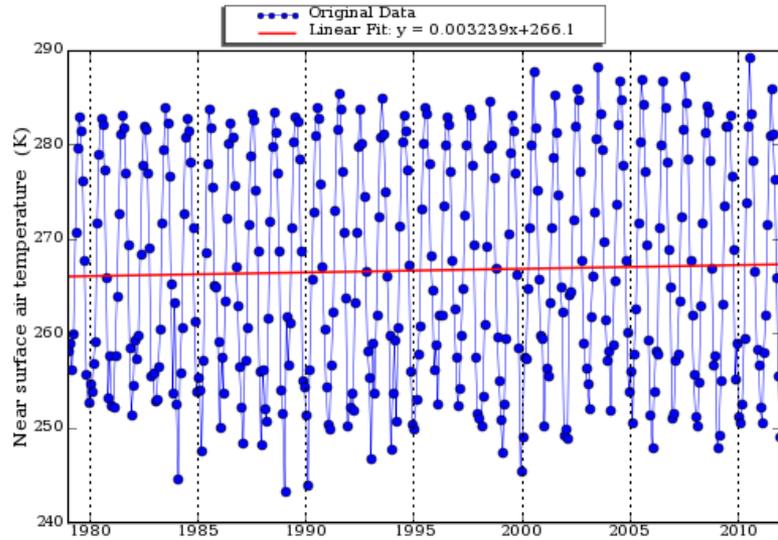
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 180W-156W, 67N-74N)



Area-Averaged Time Series (GPCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 180W-156W, 67N-74N)



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 165E-165W, 55N-65N)



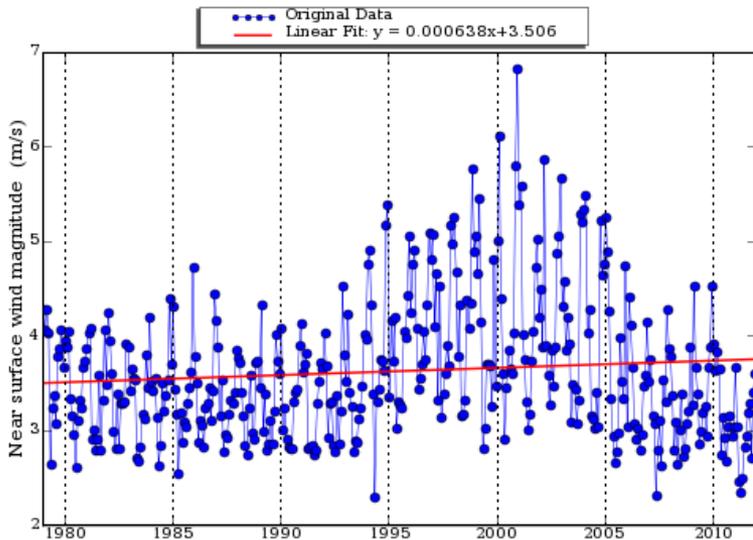
Bering Sea 1979-2011

Air temperature (K)

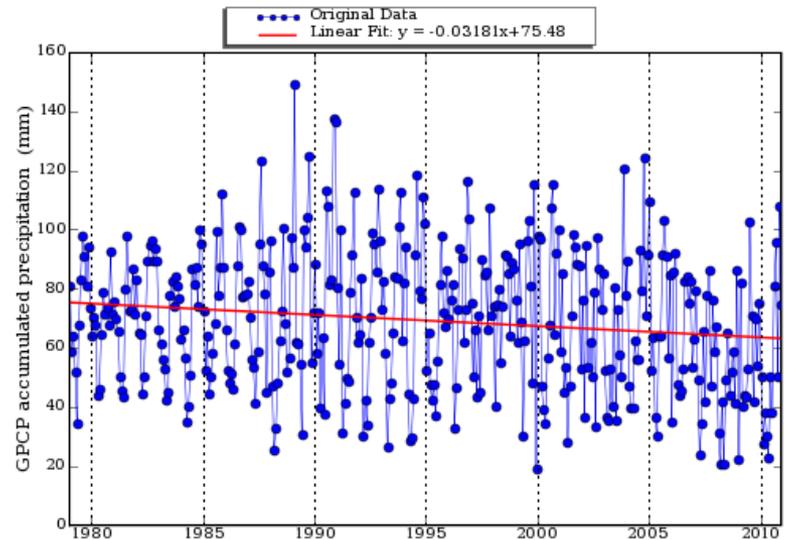
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

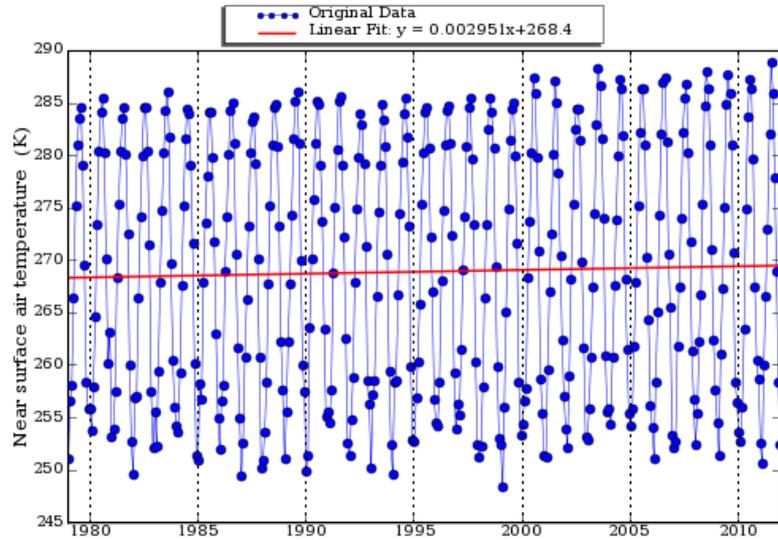
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 165E-165W, 55N-65N)



Area-Averaged Time Series (GPCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 165E-165W, 55N-65N)



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 143E-155E, 48N-60N)



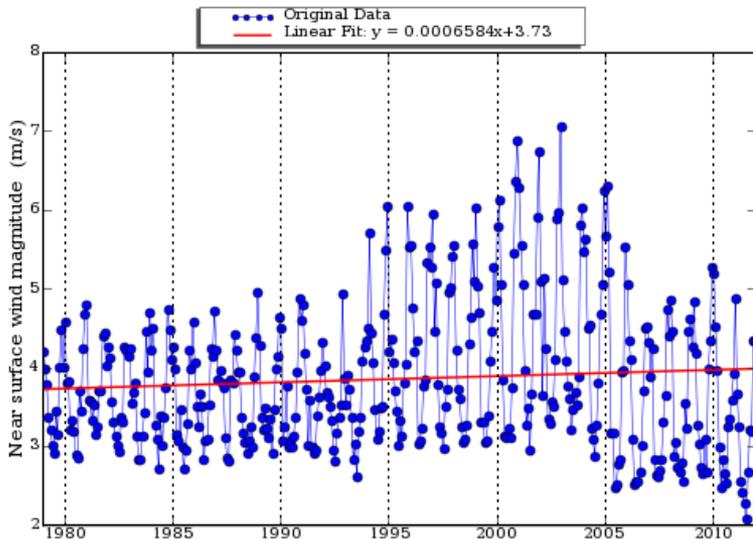
Okhotsk Sea 1979-2011

Air temperature (K)

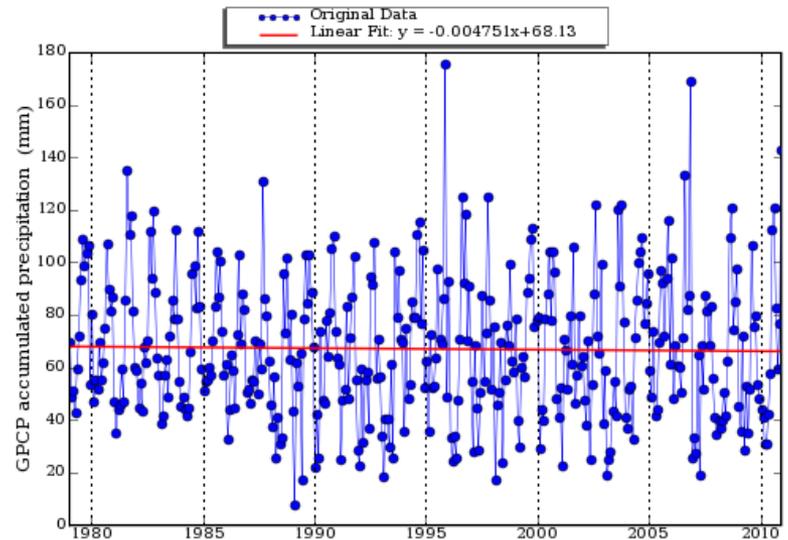
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

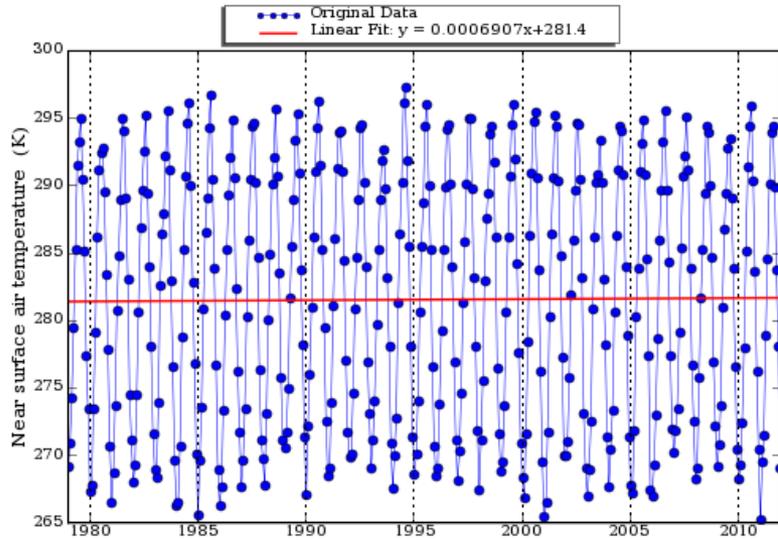
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 143E-155E, 48N-60N)



Area-Averaged Time Series (GPCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 143E-155E, 48N-60N)



Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 130E-140E, 36N-43N)



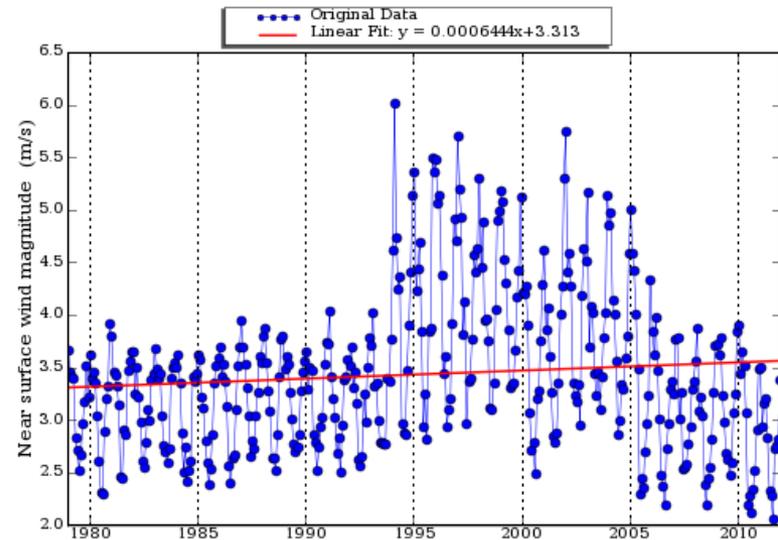
Japan Sea 1979-2011

Air temperature (K)

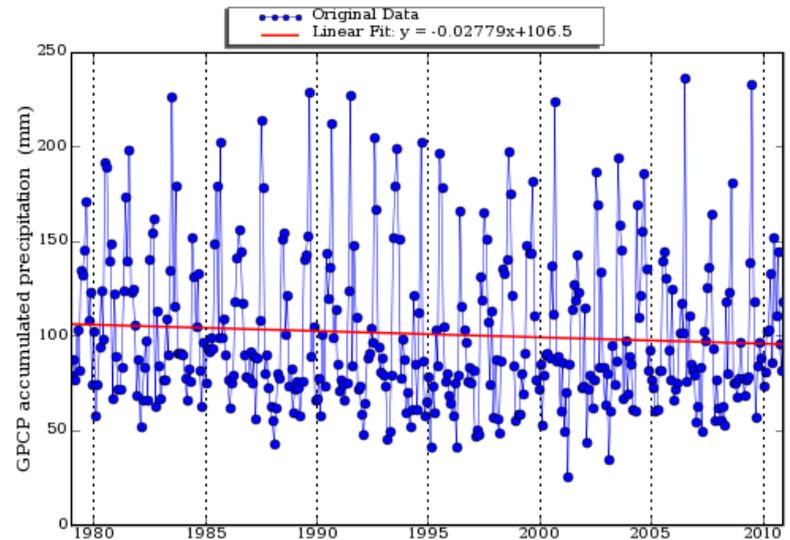
Wind speed (m/s)

Precipitation (mm/month)

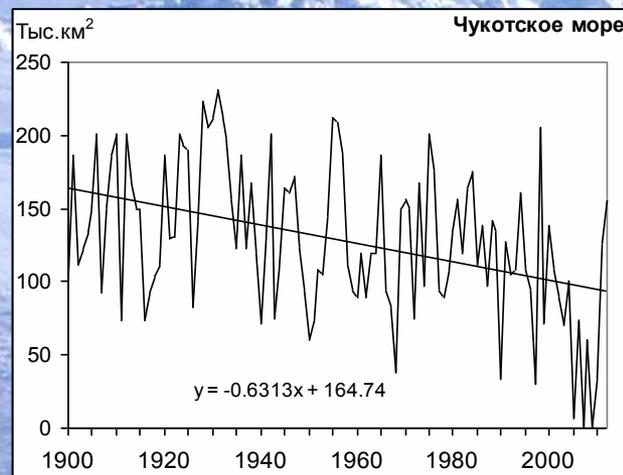
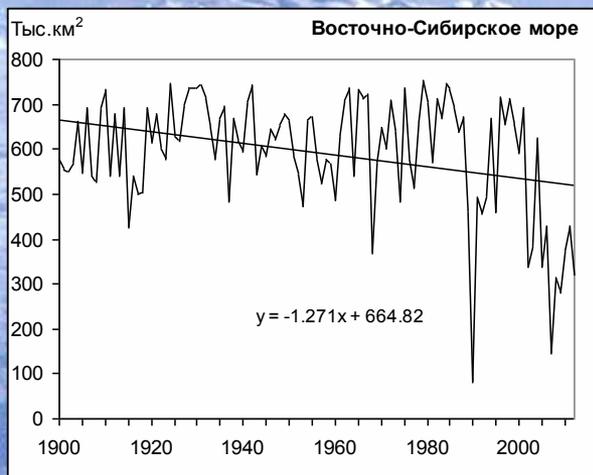
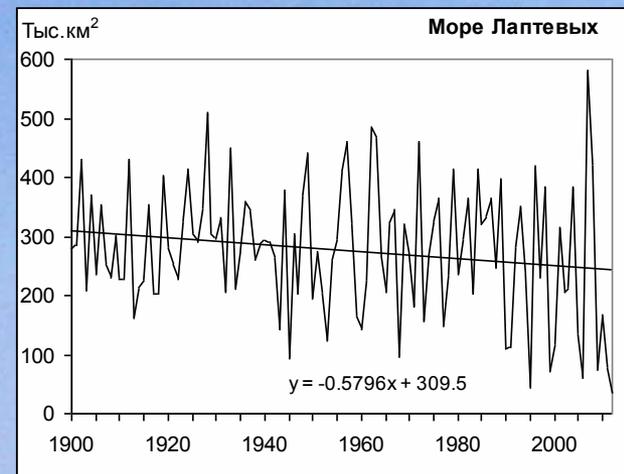
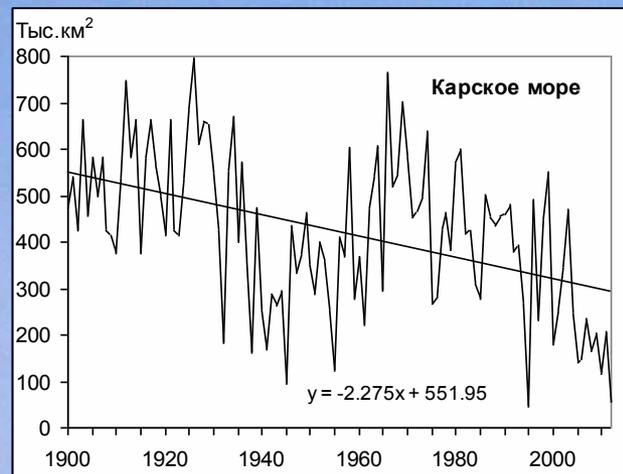
Area-Averaged Time Series (GLDAS_CLM10_M.001)
(Region: 130E-140E, 36N-43N)



Area-Averaged Time Series (GCP_RAIN_ACC.2.2)
(Region: 130E-140E, 36N-43N)



Изменения ледовитости в каждом из арктических морей суммарной ледовитости в западных морях (Баренцевом и Карском) и в восточных морях (Лаптевых, Восточно-Сибирском и Чукотском) в августе за период 1900–2012 гг. (прямые линии – линейные тренды) по данным ААНИИ



Толщина льда (ААНИИ)

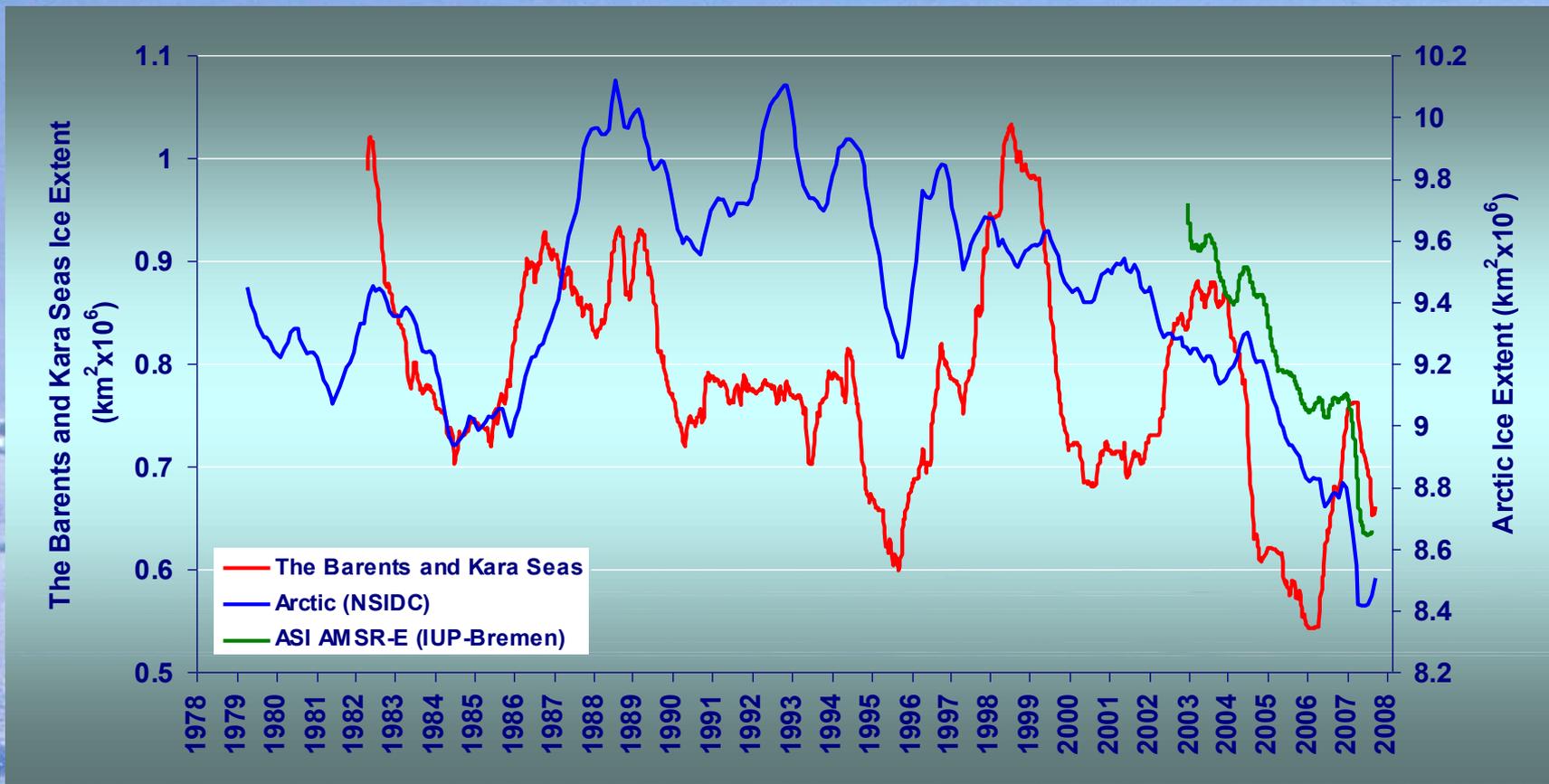
Периоды	Карское море		Море Лаптевых		Восточно-Сибирское море		Чукотское море	
	Амдерма	Диксон	Тикси	Кигилях	Айон	Валькаркай	Врангель	Ванкарем
1965-1975	129	176	228	215	191	191	180	181
2001-2011	116	152	224	214	178	190	172	185
Разность	13	24	4	1	13	1	8	-4

Продолжительность ледового периода (ААНИИ)

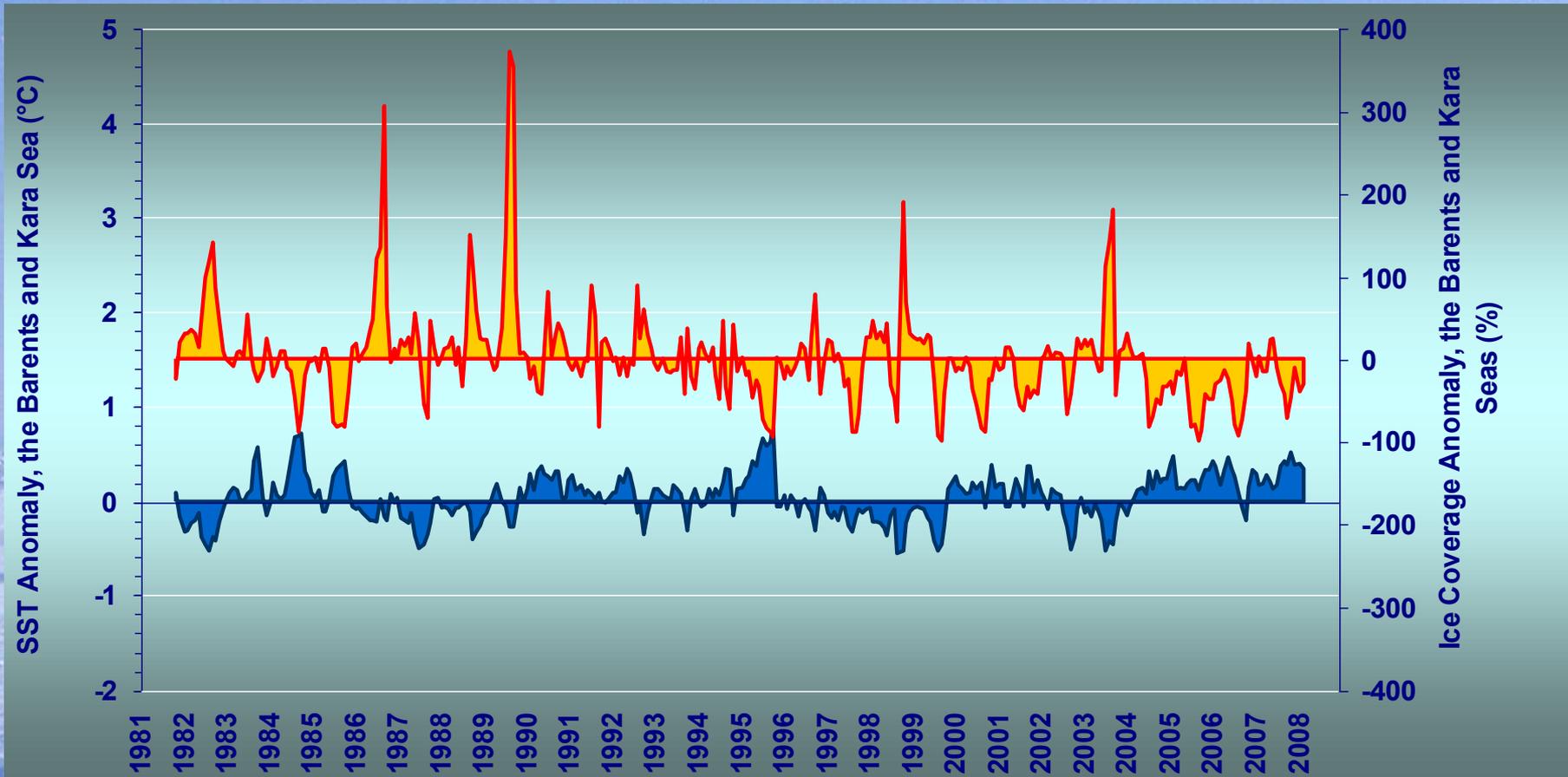
Периоды	Карское море		Море Лаптевых		Восточно-Сибирское море		Чукотское море		Средняя
	Амдерма	Диксон	Тикси	Кигилях	Айон	Валькаркай	Врангель	Ванкарем	
1965-1975	287	316	298	330	341	338	345	335	324
2001-2011	247	280	291	294	294	300	276	286	284
Разность	40	36	7	36	47	38	69	49	40

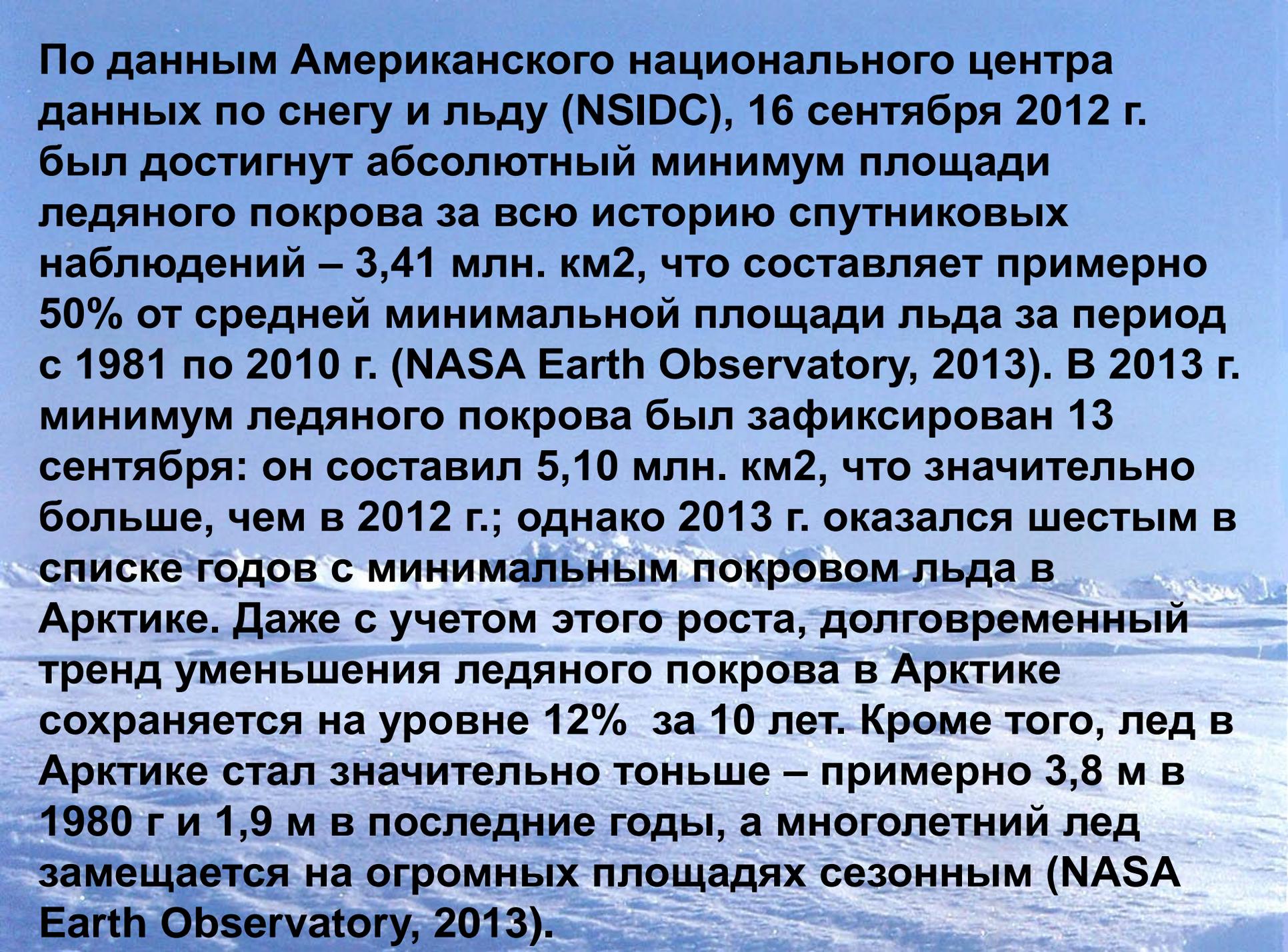
Sea Ice Index comparison (1979-2008)

NSIDC Sea Ice Index and ASI AMSR-E Sea Ice Index for the Arctic Ocean,
and the Barents and Kara Seas ice coverage
(all the time series are smoothed by moving averaging)



Monthly SST anomaly of the Barents and Kara Seas (blue) and ice coverage anomaly of the Barents and Kara Seas (red)

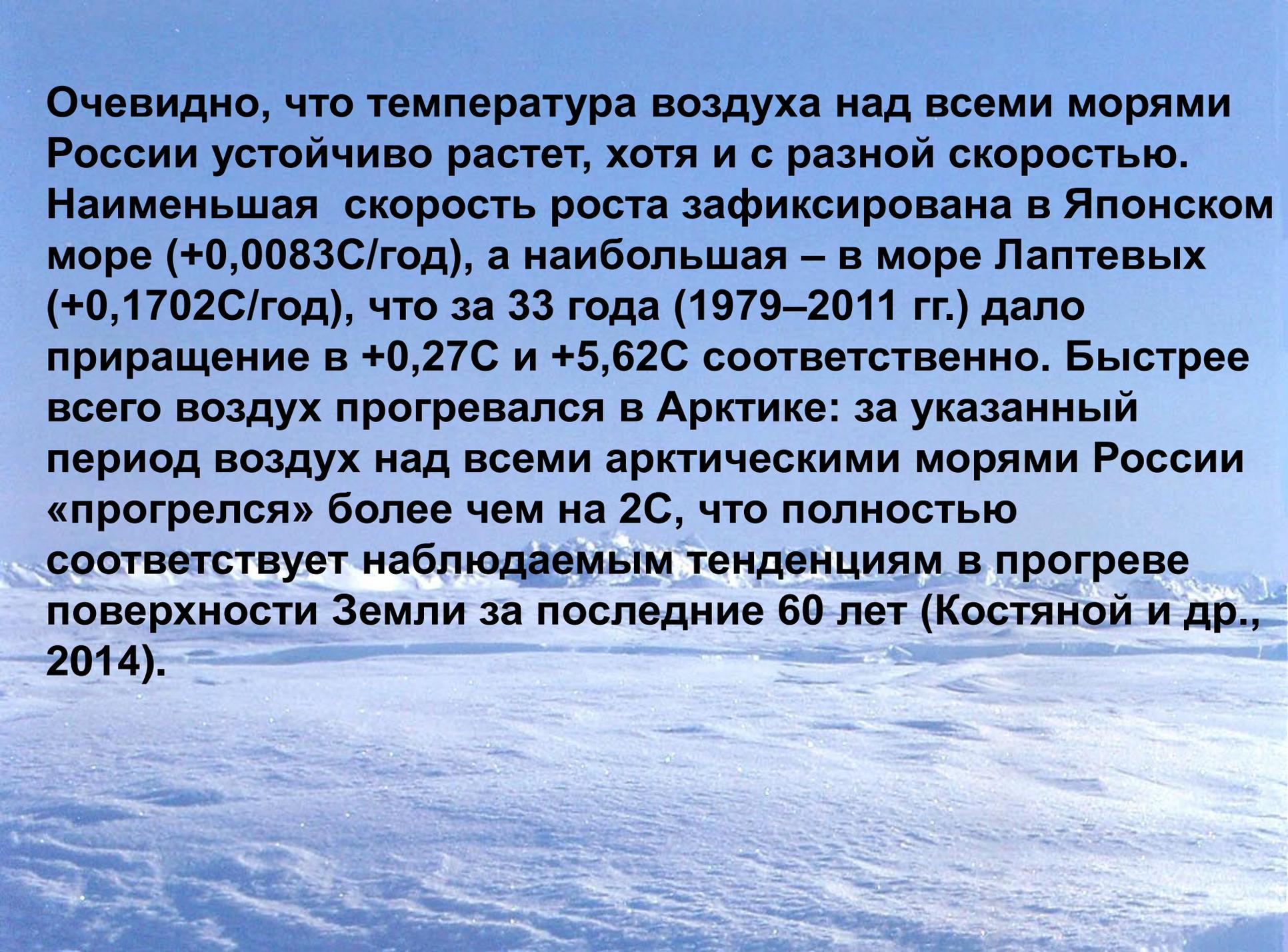




По данным Американского национального центра данных по снегу и льду (NSIDC), 16 сентября 2012 г. был достигнут абсолютный минимум площади ледяного покрова за всю историю спутниковых наблюдений – 3,41 млн. км², что составляет примерно 50% от средней минимальной площади льда за период с 1981 по 2010 г. (NASA Earth Observatory, 2013). В 2013 г. минимум ледяного покрова был зафиксирован 13 сентября: он составил 5,10 млн. км², что значительно больше, чем в 2012 г.; однако 2013 г. оказался шестым в списке годов с минимальным покровом льда в Арктике. Даже с учетом этого роста, долговременный тренд уменьшения ледяного покрова в Арктике сохраняется на уровне 12% за 10 лет. Кроме того, лед в Арктике стал значительно тоньше – примерно 3,8 м в 1980 г и 1,9 м в последние годы, а многолетний лед замещается на огромных площадях сезонным (NASA Earth Observatory, 2013).

Площадь льда во всех восточно-сибирских и дальневосточных морях сокращается, но с разной скоростью. Одновременно с этим отмечалось и уменьшение толщины дрейфующих льдов. Замерзание в арктических морях в настоящее время происходит позже, чем в 1965–1975 гг. в среднем на 12 суток. Позже других районов арктических морей в среднем на 21–22 суток ледообразование наступало в юго-западных частях Карского и Чукотского морей. В результате во всех арктических морях в 2001-2011 гг. продолжительность ледового периода уменьшилась на 40 суток по сравнению с периодом 1965–1975 гг., и в среднем составила 284 суток (Ашик и др., 2014). Площадь льда в дальневосточных морях уменьшается медленно, наибольшая скорость – 4% от площади моря за десятилетие зафиксирована в Охотском море в период 1957-2012 гг. (Лобанов и др., 2014).

Очевидно, что температура воздуха над всеми морями России устойчиво растет, хотя и с разной скоростью. Наименьшая скорость роста зафиксирована в Японском море (+0,0083С/год), а наибольшая – в море Лаптевых (+0,1702С/год), что за 33 года (1979–2011 гг.) дало приращение в +0,27С и +5,62С соответственно. Быстрее всего воздух прогревался в Арктике: за указанный период воздух над всеми арктическими морями России «прогрелся» более чем на 2С, что полностью соответствует наблюдаемым тенденциям в прогреве поверхности Земли за последние 60 лет (Костяной и др., 2014).



Количество атмосферных осадков над акваториями морей России с 1979 по 2010 г. изменялось разнонаправлено – от -16% в Беринговом море до $+43\%$ в Баренцевом море. Можно выделить следующие тенденции – в дальневосточных морях и в Чукотском море осадки незначительно уменьшились ($-3\ldots-16\%$), в арктических морях они увеличились (причем, с востока на запад приращение осадков значительно растет – с $+5\%$ в Восточно-Сибирском до $+43\%$ в Баренцевом море) (Костяной и др., 2014).

В Баренцевом море фактический прирост скорости ветра составил $+0,1$ м/с, хотя по линейному тренду – почти на порядок больше. В морях Карском, Лаптевых и Восточно-Сибирском скорость ветра уменьшилась. В дальневосточных морях и в Чукотском море скорость ветра в среднем за 1979–2011 гг. росла, но в конце исследуемого периода она фактически уменьшилась на $0,5-0,7$ м/с.

E-mail: kostianoy@gmail.com

Thank you for your attention

