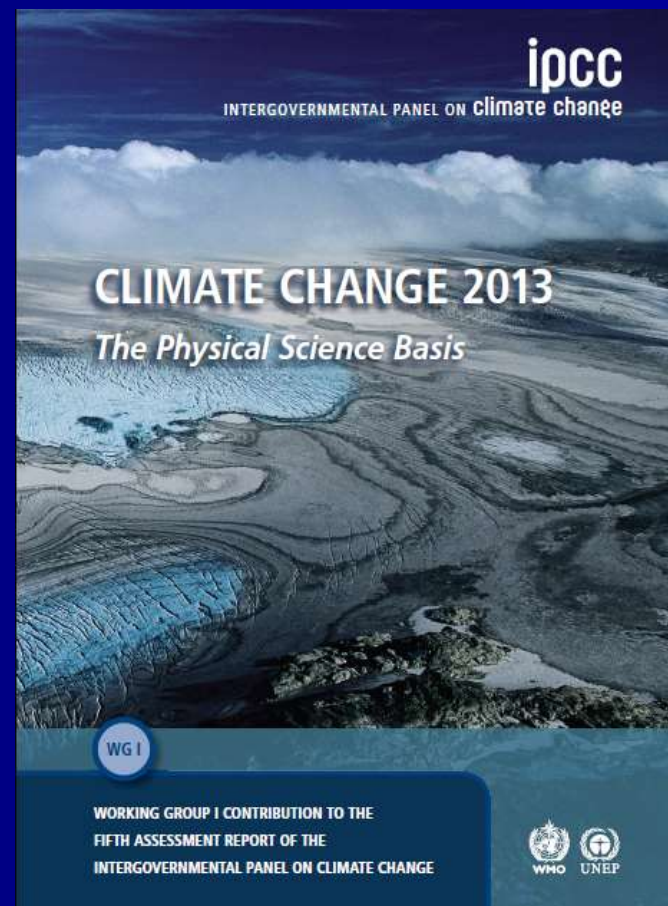


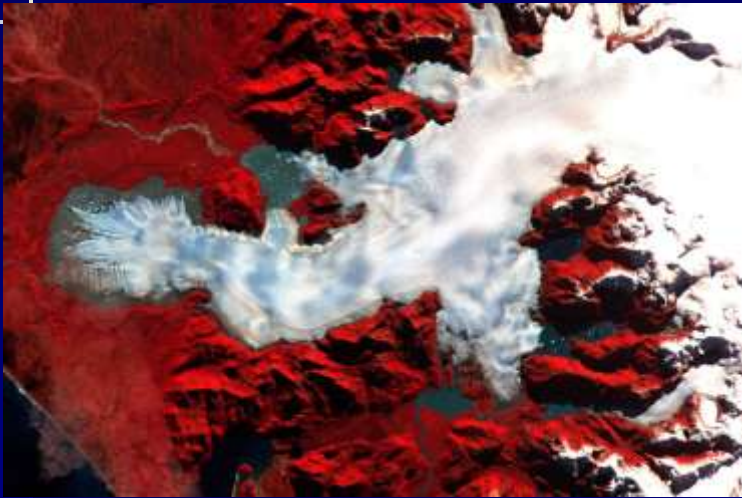
Изменения в криосфере

Ольга Соломина

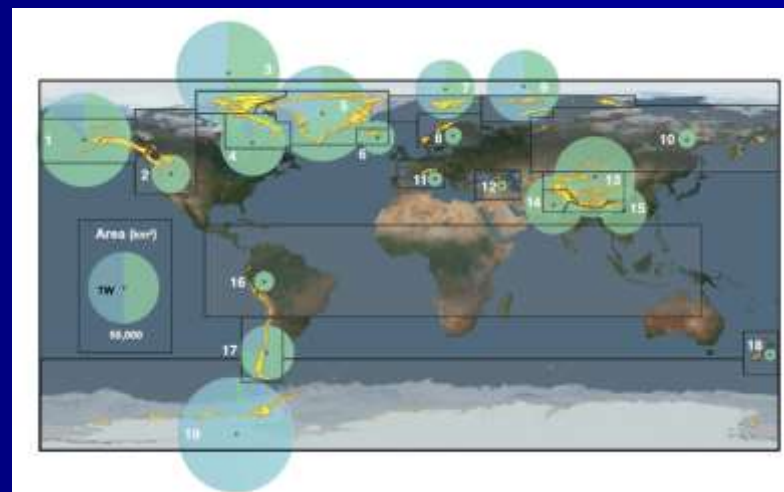
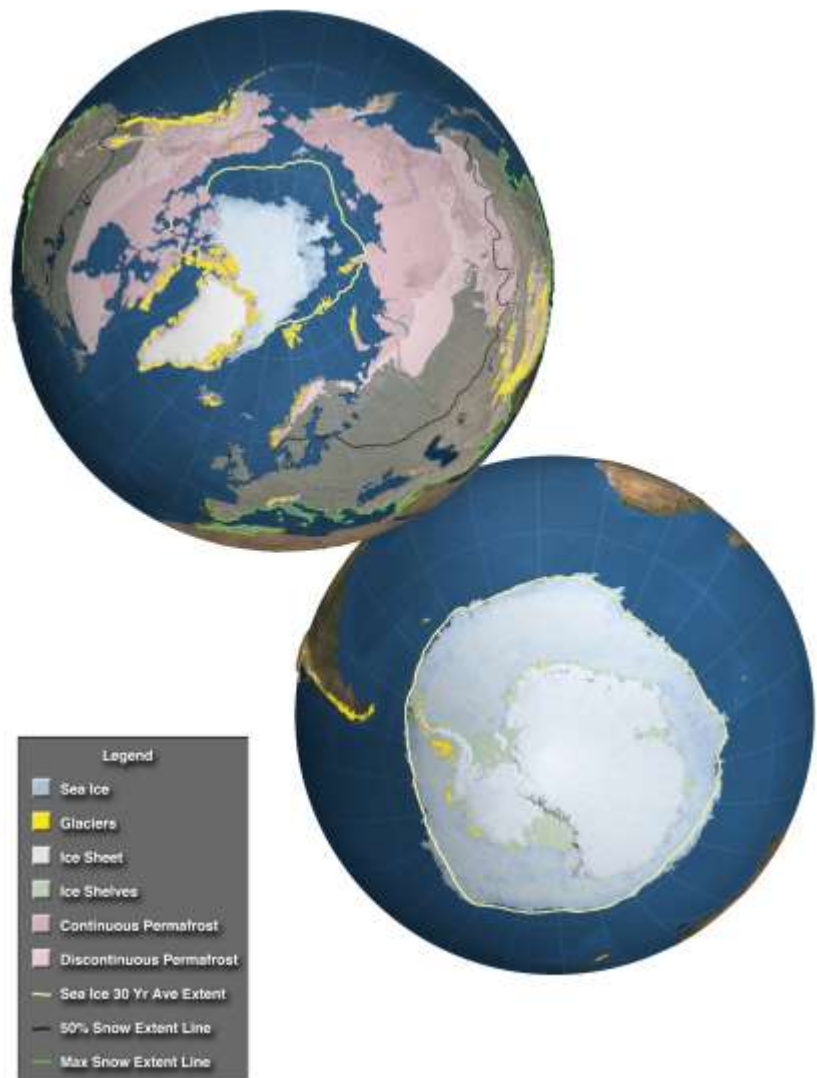
Институт географии РАН
olgasolomina@yandex.ru



Что такое криосфера?



Распространение льда на Земле и его роль в глобальной климатической системе

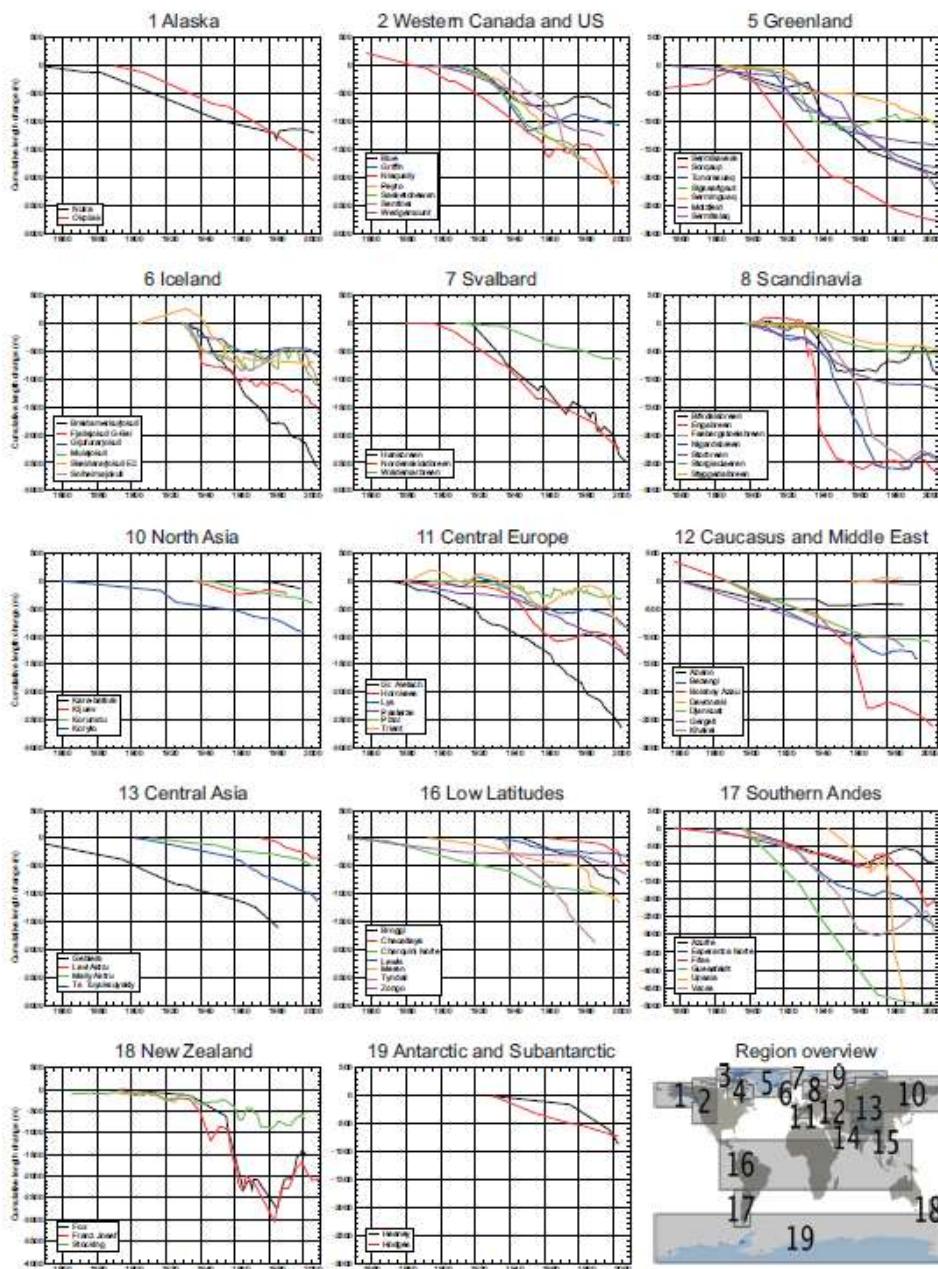


Площади ледников в разных районах Земли

Изменения горных ледников



Сокращение размеров ледников (1860-2000 гг.)



Патагония



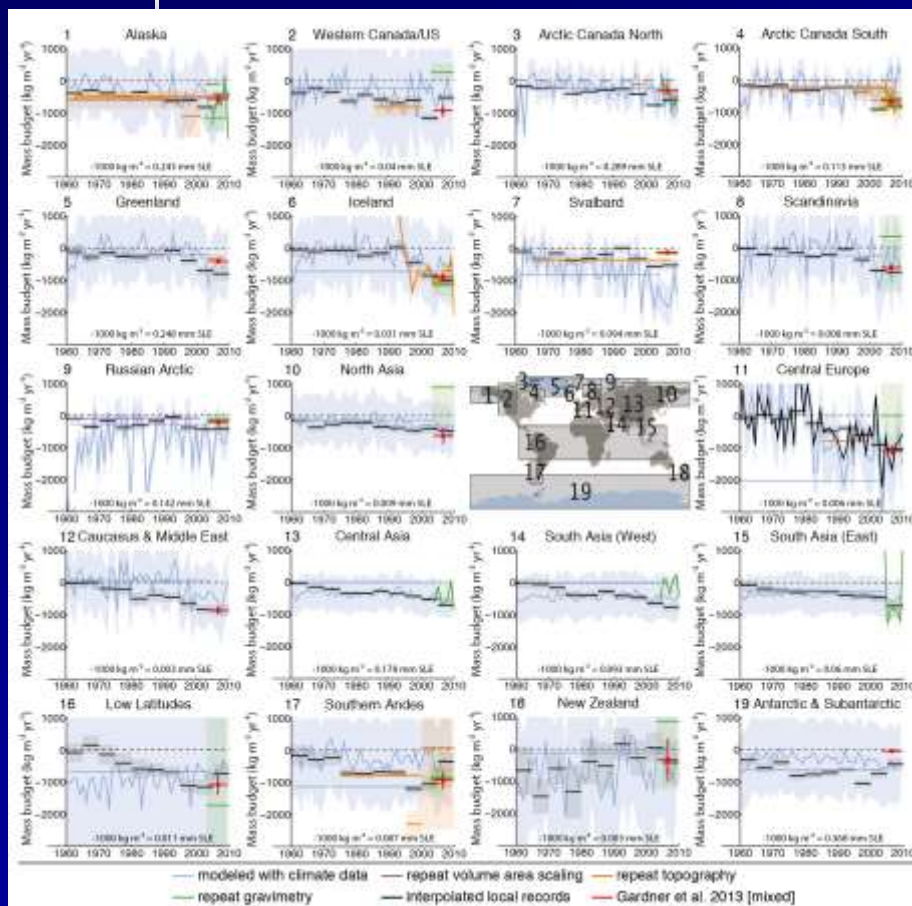
Кавказ



Африка

Баланс массы ледников (1960–2010 гг.)

2003–2009 гг.



No.	Region Name	(kg m ⁻² yr ⁻¹)	(Gt yr ⁻¹)
1	Alaska	-570 ± 200	-50 ± 17
2	Western Canada and USA	-930 ± 230	-14 ± 3
3	Arctic Canada North	-310 ± 40	-33 ± 4
4	Arctic Canada South	-660 ± 110	-27 ± 4
5	Greenland periphery	-420 ± 70	-38 ± 7
6	Iceland	-910 ± 150	-10 ± 2
7	Svalbard	-130 ± 60	-5 ± 2
8	Scandinavia	-610 ± 140	-2 ± 0
9	Russian Arctic	-210 ± 80	-11 ± 4
10	North Asia	-630 ± 310	-2 ± 1
11	Central Europe	-1060 ± 170	-2 ± 0
12	Caucasus and Middle East	-900 ± 160	-1 ± 0
13–15	High Mountain Asia	-220 ± 100	-26 ± 12
16	Low Latitudes	-1080 ± 360	-4 ± 1
17	Southern Andes	-990 ± 360	-29 ± 10
18	New Zealand	-320 ± 780	0 ± 1
19	Antarctic and Sub-Antarctic	-50 ± 70	-6 ± 10
	Total	-350 ± 40	-259 ± 28

Прогноз:

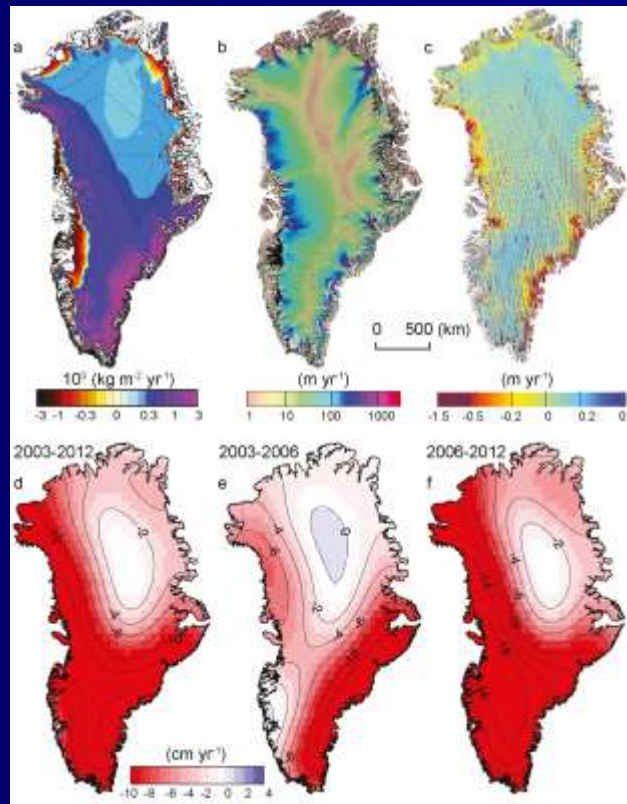
- К концу 21-го века, объем льда в ледниках, сократится на 15-55% (RCP2.6), или на 35-85% (RCP8.5).



(Schluechter, Joerin, 2004)

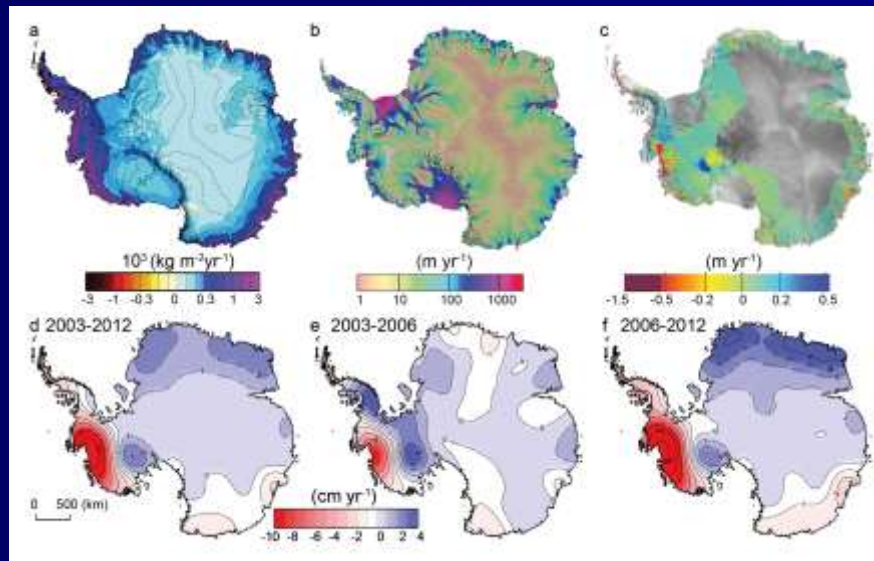
Изменения Гренландского ледникового щита

- (a) Баланс массы 1989–2004 гг.
 - (b) Поверхностная скорость 2007–2009 гг.
 - (c) Изменения высоты поверхности 2003–2008 гг.
-
- Потери массы (водный эквивалент)
 - (a) 2003–2012 гг.
 - (b) 2003–2006 гг.
 - (c) 2006–2012 гг.



- Потеря массы льда в Гренландии увеличилась с 34 гигатонн в год (0.09 мм) в 1992–2001гг. до 215 гигатонн в год (0.59 мм) в 2002–2011.
- Обе составляющих расхода массы (поверхностное таяние и расход через выводные ледники) увеличились примерно в равной пропорции.

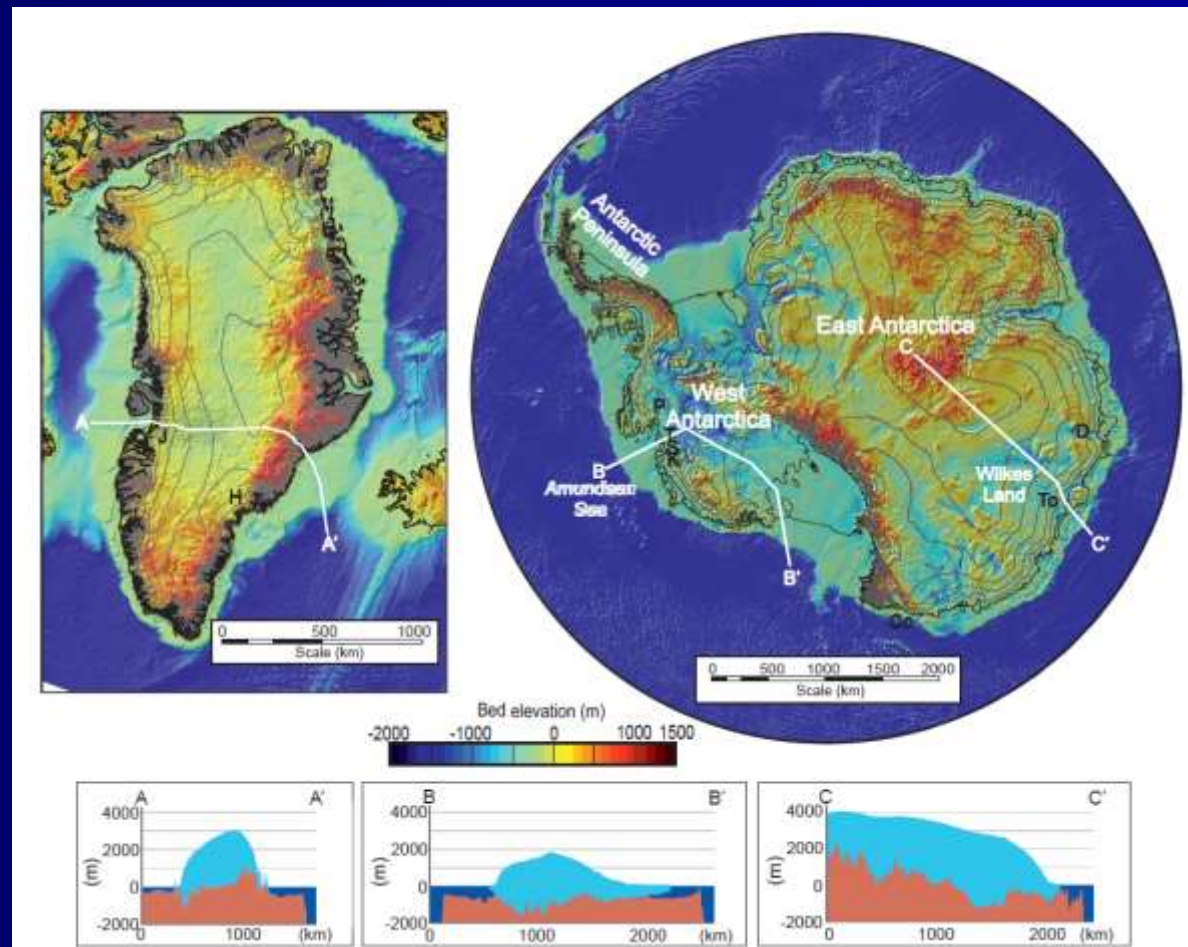
Изменения Антарктического ледникового щита



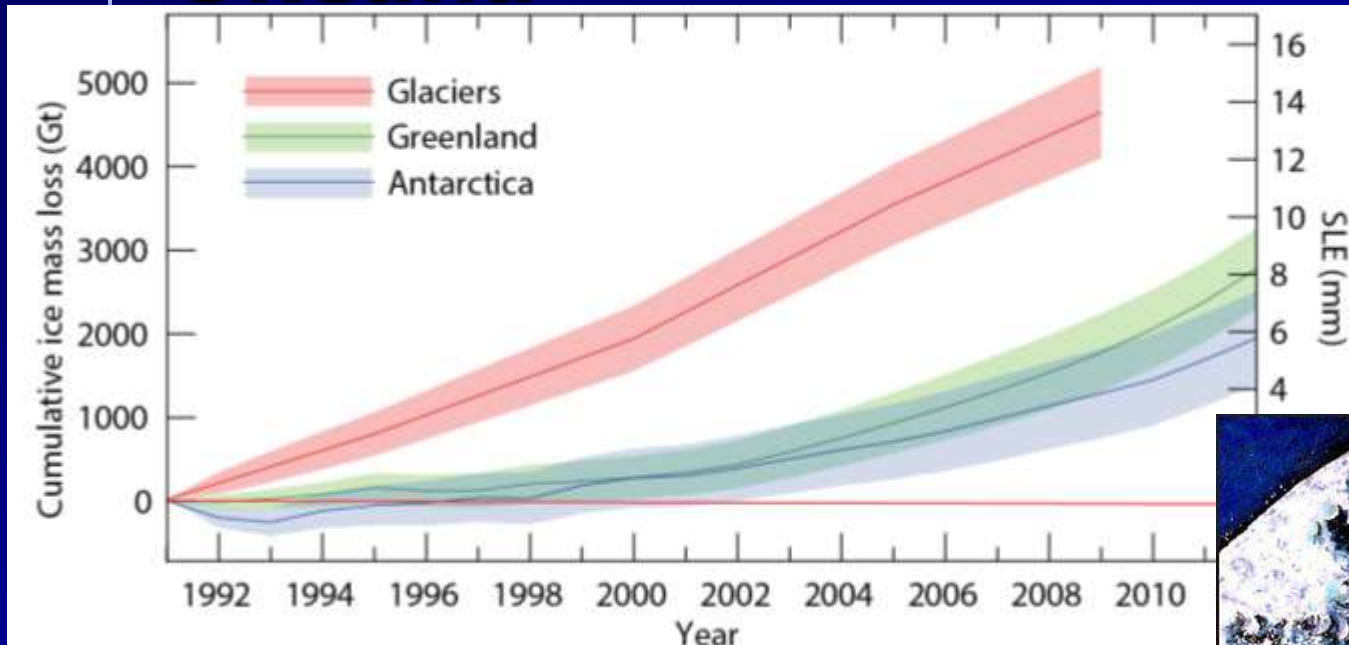
- (a) Баланс массы 1989–2004 гг.
- (b) Поверхностные скорости 2007–2009 гг.
- (c) Изменения высоты поверхности 2003–2008 гг.
- Потеря массы льда (водный эквивалент)
- (a) 2003–2012 гг.
- (b) 2003–2006 гг.
- (c) 2006–2012 гг.

Объем льда в Антарктиде сокращается главным образом за счет потери массы ледников Антарктического полуострова и района моря Амундсена в западной Антарктике. Основной расход – за счет выноса льда в море выводными ледниками. У некоторых шельфовых ледников Антарктики наблюдаются существенные изменения (например, скорость движения льда).

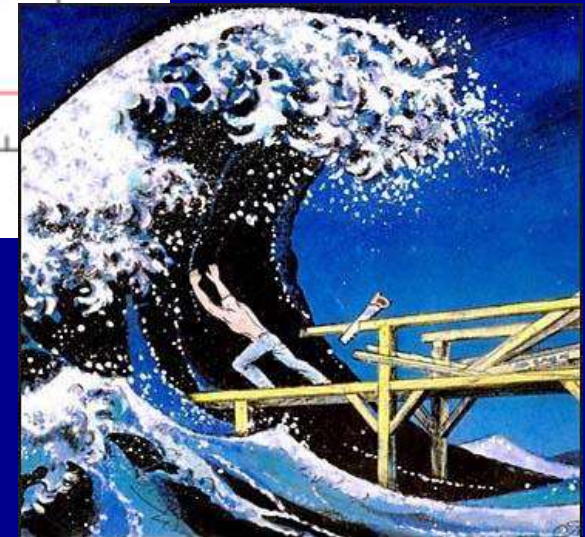
Нестабильность ледниковых покровов Гренландии и Антарктиды?



Вклад таяния горных ледников и ледниковых покровов в изменения уровня Океана



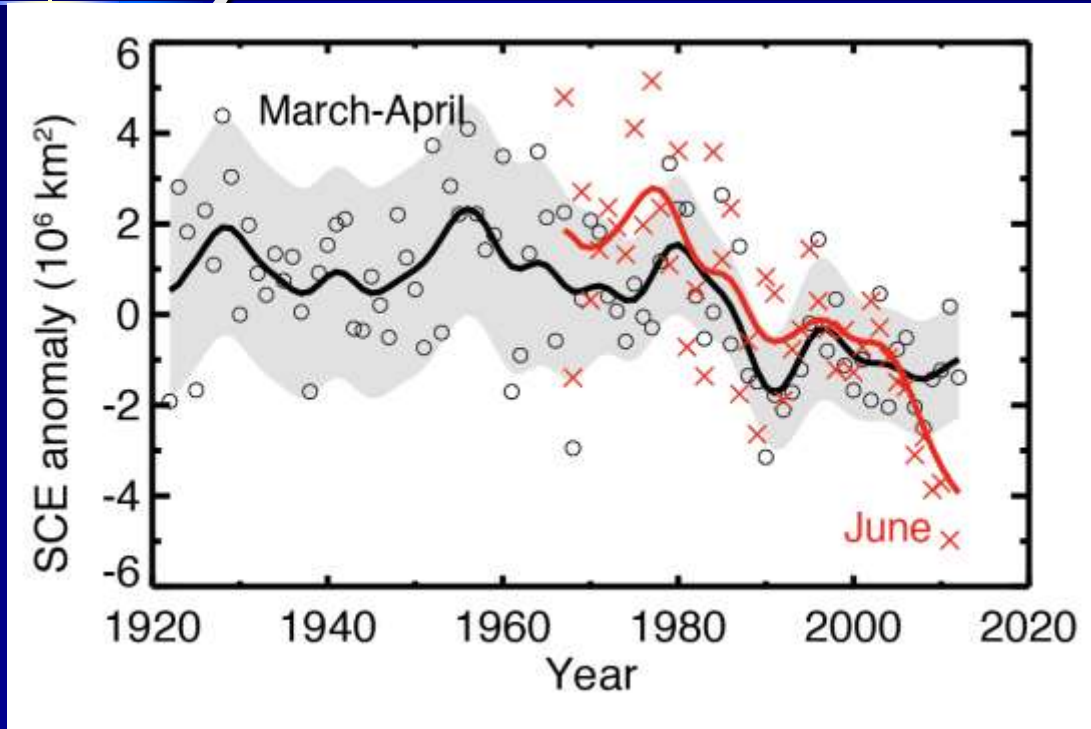
- Общий вклад ледников и ледниковых покровов:
- 1.0-1.4 мм в год (1993-2009 гг.)
- 1.2-2.2 мм в год (2005-2009 гг.)



Прогноз:

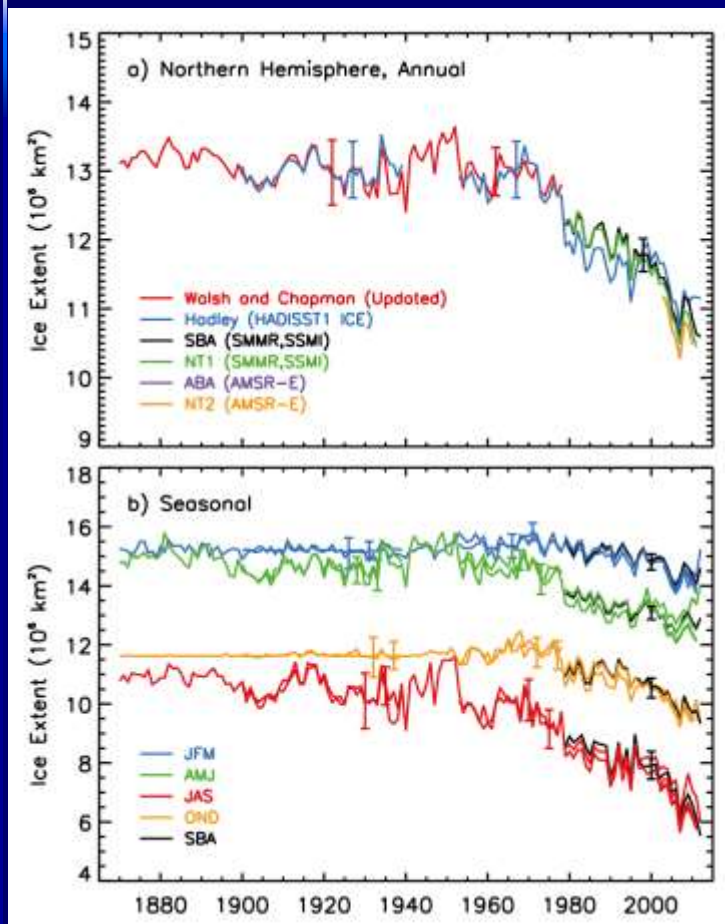
- Вклад Антарктического и Гренландского ледникового щитов в подъем уровня Океана к 2081–2100 гг. составит от 0.03 до 0.20 м.
- Существенно увеличить этот вклад может разрушение шельфовых ледников Антарктиды.

Площадь снежного покрова в северном полушарии в марте-апреле (отклонения от среднего за 1971-2000 гг.)



- В северном полушарии к концу 21-го века площадь снежного покрова весной сократится от 7% (RCP2.6) до 25% (RCP8.5).

Уменьшение площади морского льда в Арктике

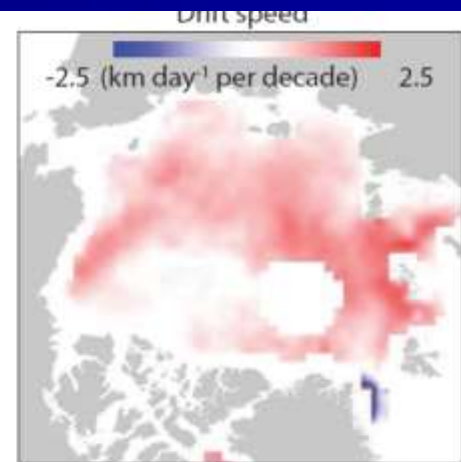
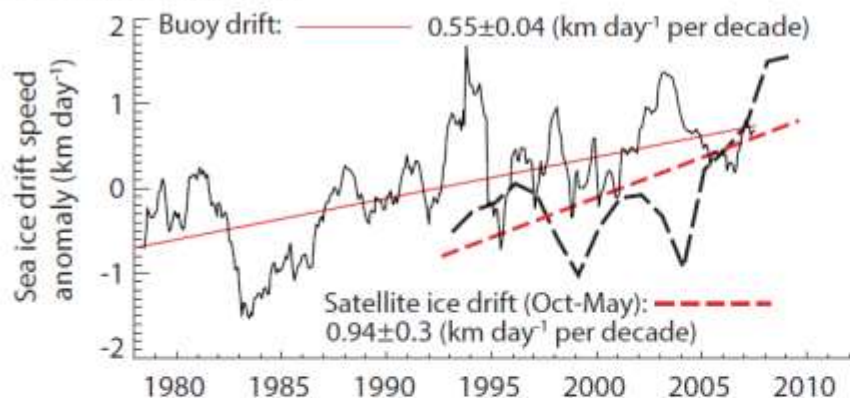


- Сокращение площади в 1979–2012 гг. - на 3.5 - 4.1% (0.45 - 0.51 млн км²) в десятилетие. Количество морского льда сокращается во все сезоны, самое большое сокращение - летом. Толщина зимнего льда в Арктике уменьшилась в 1980-2008 на 1.3 -2.3 м.

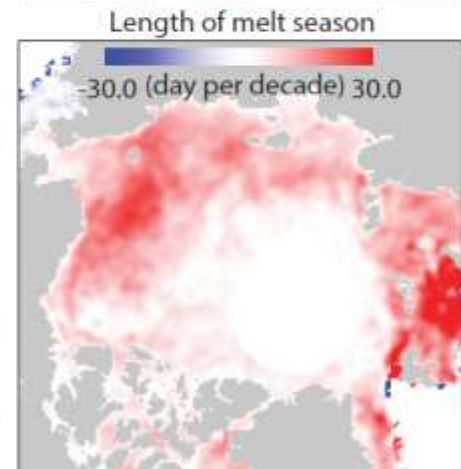
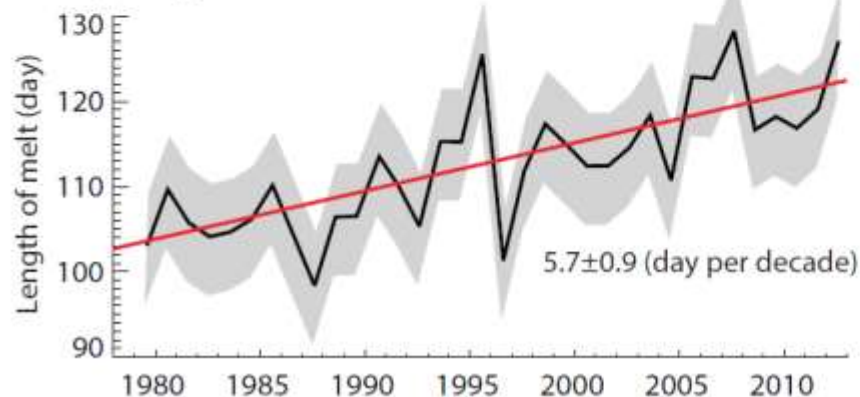


Увеличение скорости движения и продолжительности периода таяния льдов в Арктике

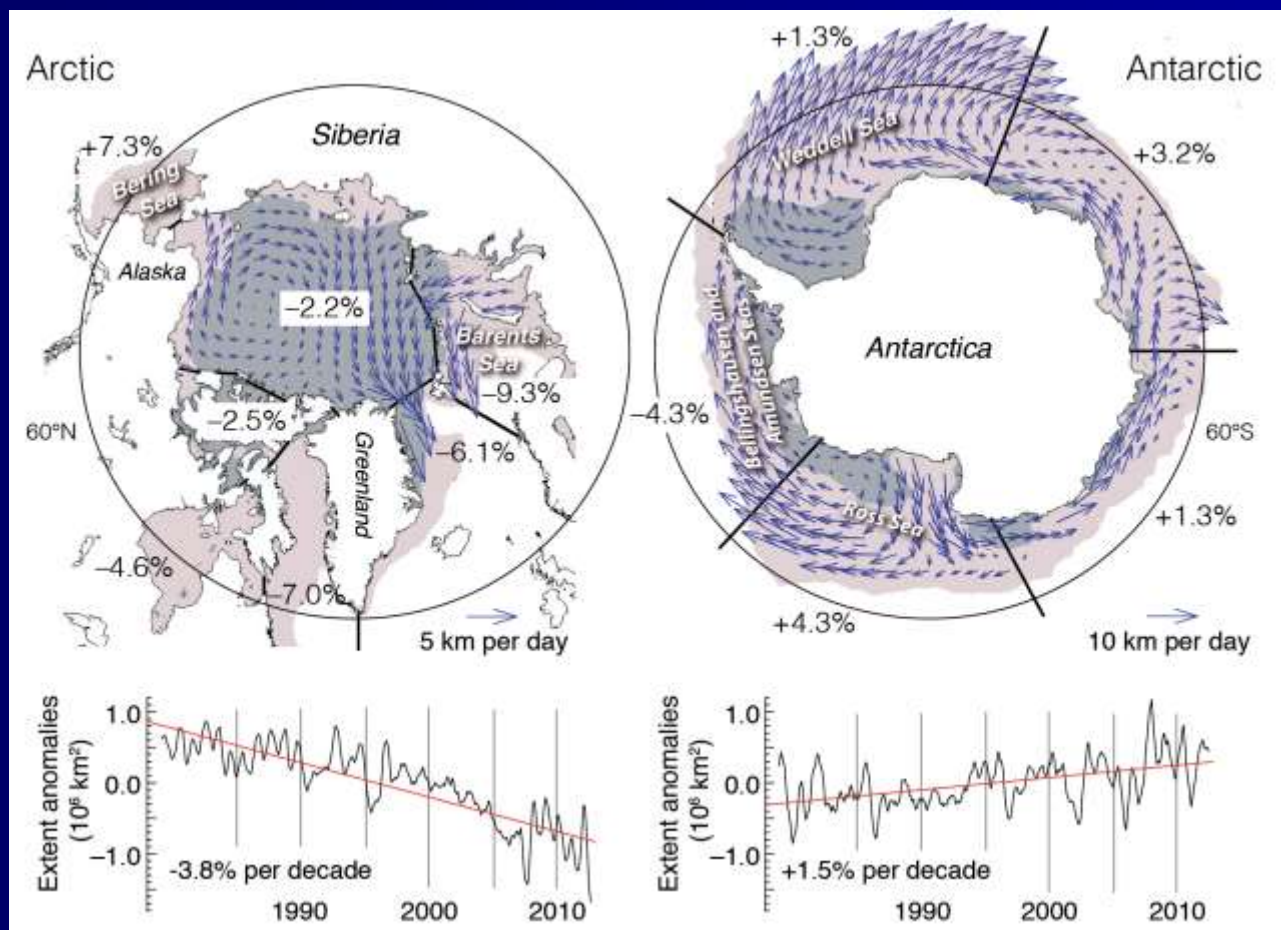
d) Sea ice drift speed



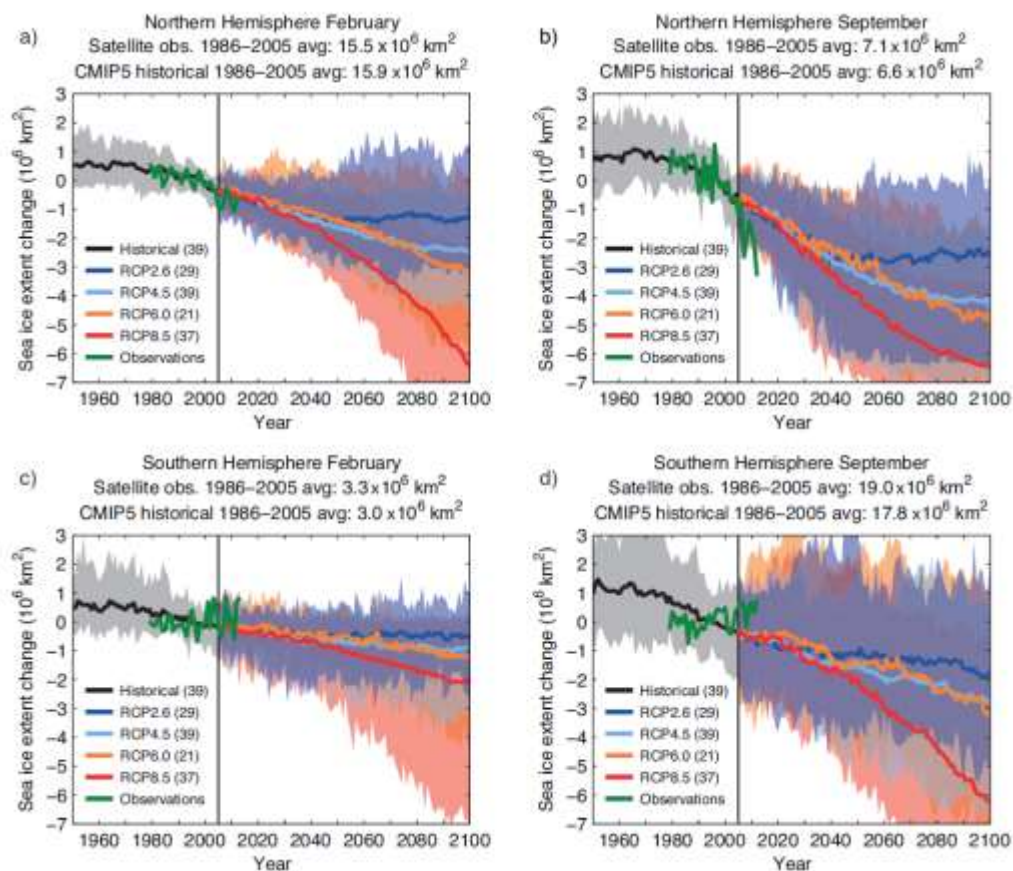
e) Average length of melt season



Морской лед в северном и южном полушарии (1979 – 2012 гг.)

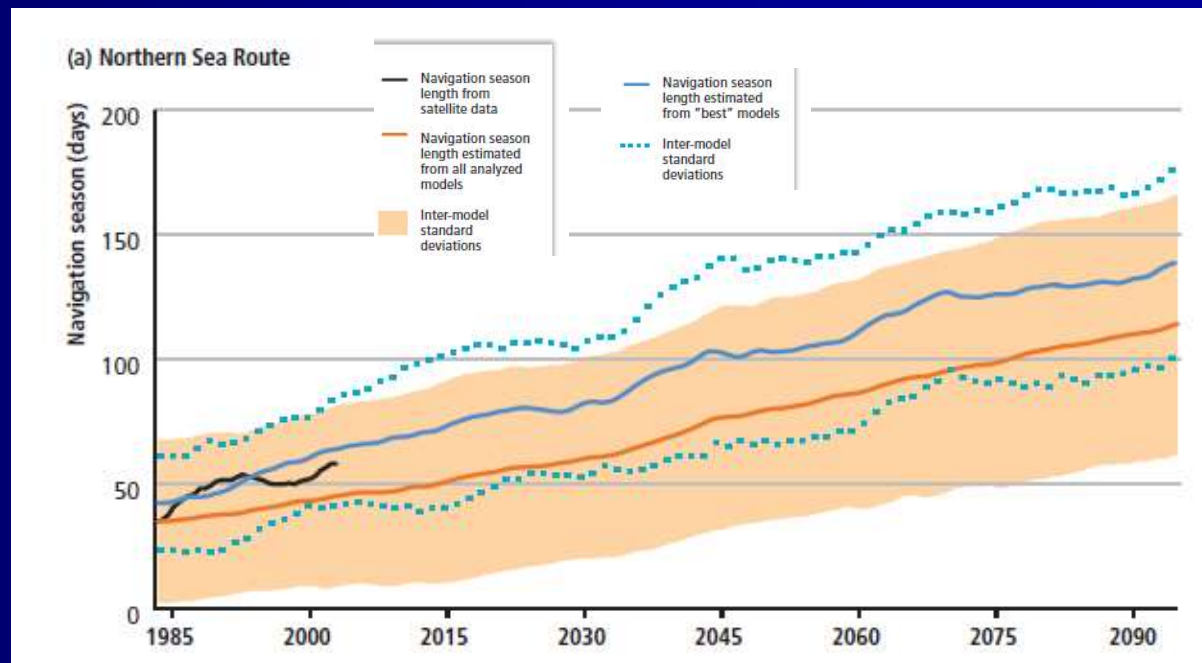


Прогноз:



- Уменьшение количества морского льда в Арктике к 2100 г. В сентябре оно сократится на 43%(RCP2.6) - 94%(RCP8.5), в феврале – на 8% (RCP2.6)-34% (RCP8.5).
- Модели пока плохо воспроизводят динамику морского льда в Антарктике

Прогноз продолжительности навигации по северному морскому пути

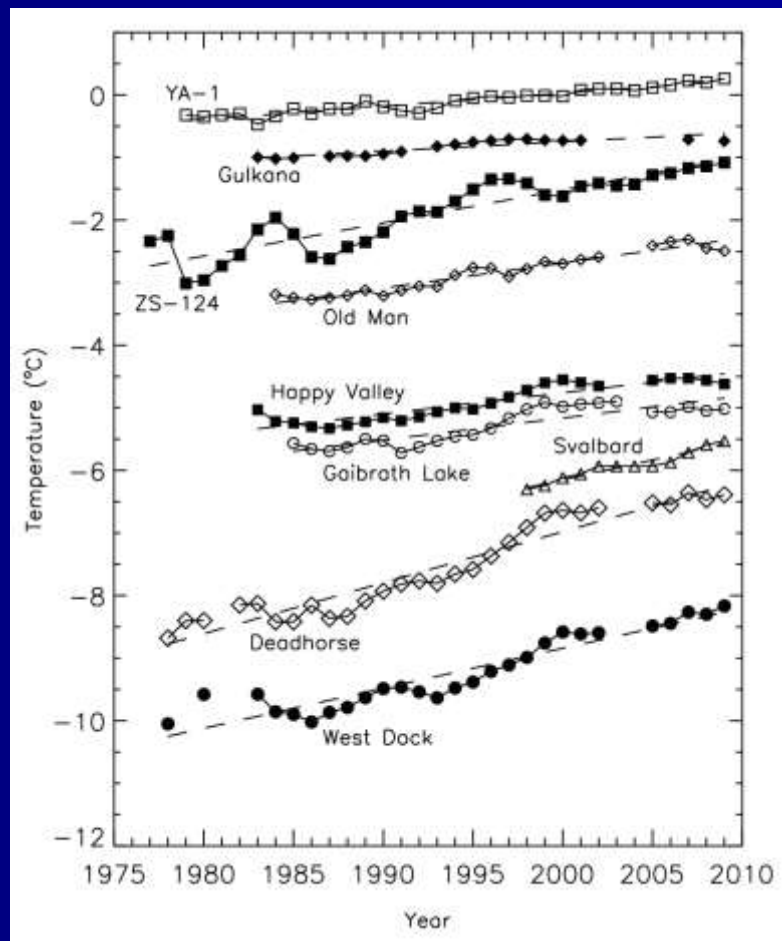


Влияние динамики морского льда на биоту

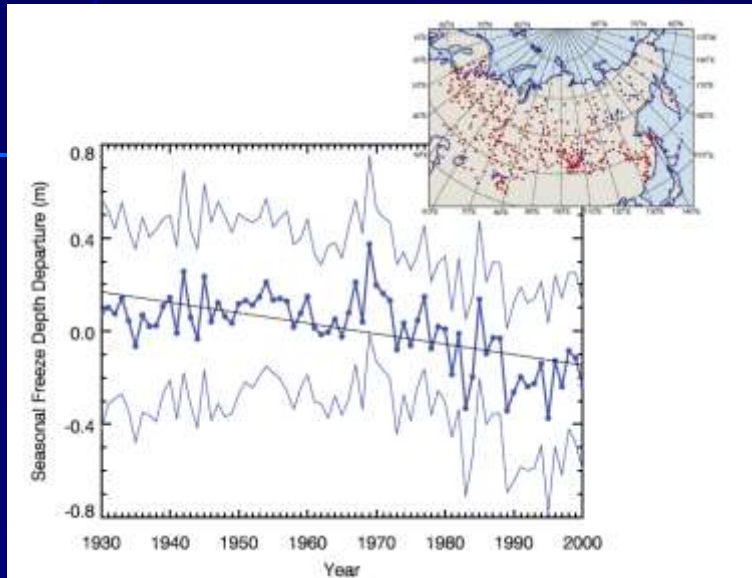


Средняя температура на глубине 10-20 м в районах вечной мерзлоты, северное полушарие

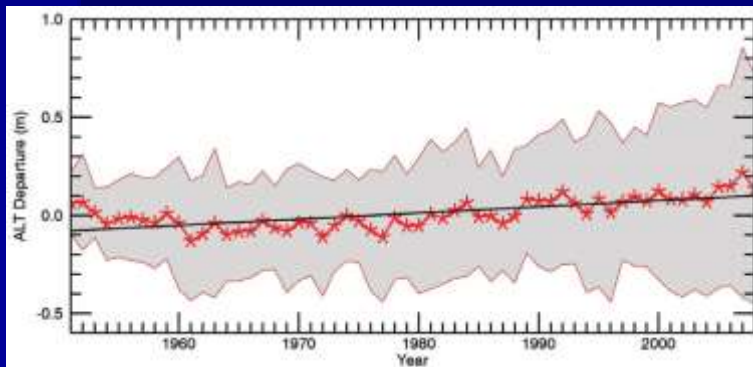
Температура грунтов в районах вечной мерзлоты выросла с начала 1980-х гг. Она увеличилась на 3°C в северной Аляске и на 2°C в некоторых районах российского севера.



Аномалии глубины сезонного промерзания грунтов в России (1930-2000 гг.)

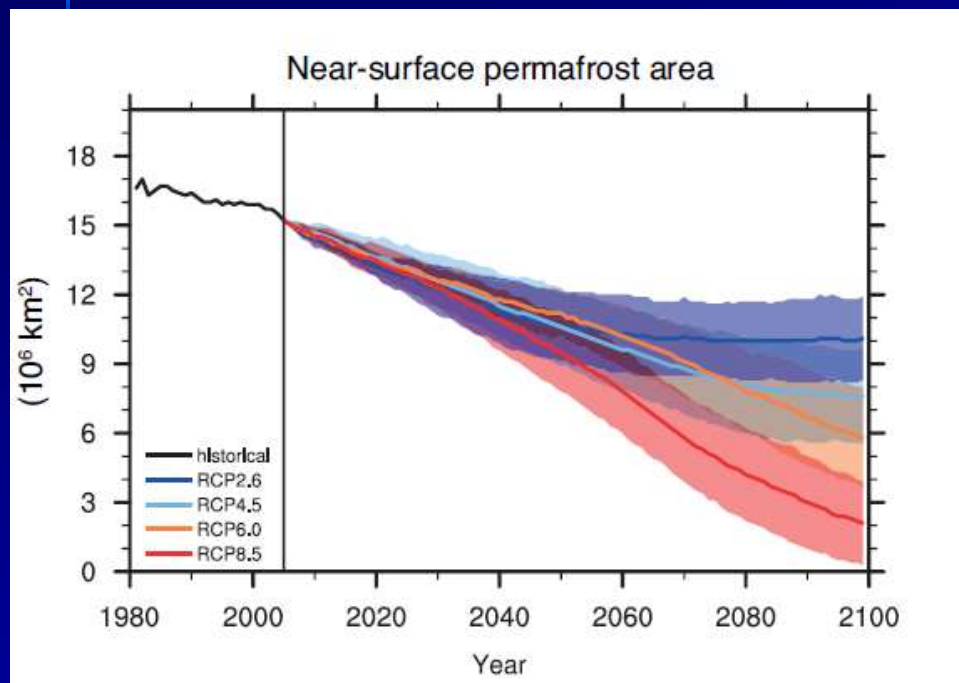


Толщина деятельного слоя
(отклонение от среднего) в
Сибири 1950-2008 гг.



- На территории России наблюдается сокращение мощности и площадного распространения вечной мерзлоты с 1975 по 2005 гг.

Прогноз:

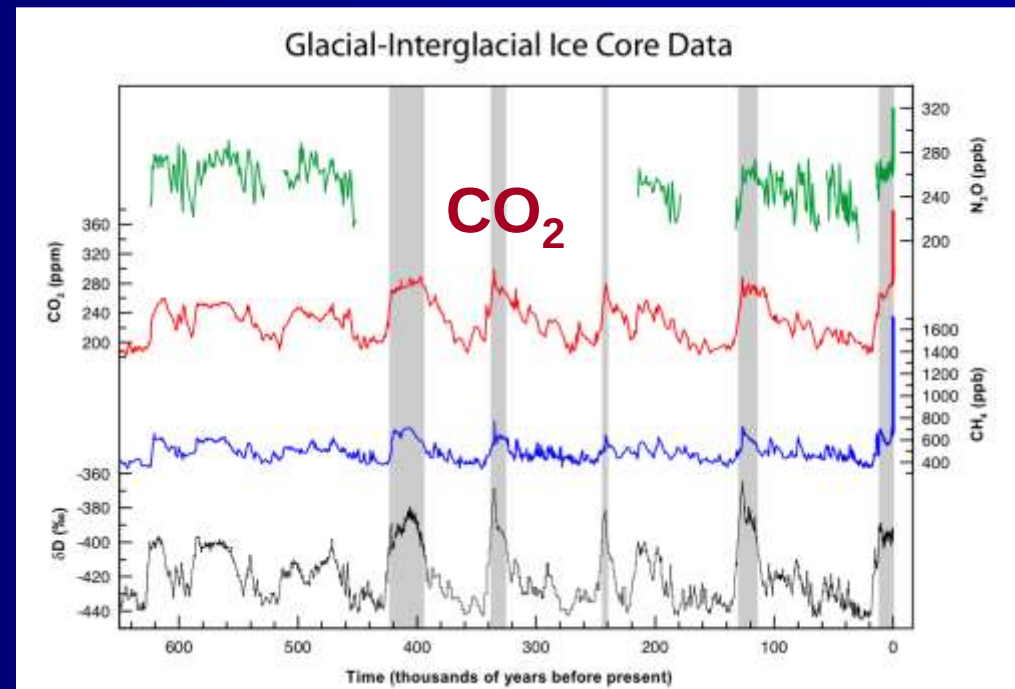


- По мере потепления в высоких широтах северного полушария мерзлота будет деградировать. К концу 21-го века площадь приповерхностной вечной мерзлоты (на глубинах до 3.5 м) сократится от 37% (RCP2.6) до 81% (RCP8.5).

Разрушения инфраструктуры, связанные с деградацией вечной мерзлоты



Криосфера как индикатор климата прошлого



Современный уровень концентрации парниковых газов в атмосфере (CO₂, CH₄, N₂O) – самый высокий за последние 800000 тыс. лет.

Выводы



- Основные тенденции последних десятилетий – сокращение объема льда в горных и покровных ледниках, уменьшение площади морских льдов в Арктике, деградация вечной мерзлоты.
- Эти тренды согласуются с инструментальными наблюдениями за изменениями климата на Земле, с результатами моделирования и палеореконструкциями.
- Эти изменения уже оказывают существенное негативное влияние на биоту и человека, и это воздействие будет усиливаться в будущем.