

Изменения климата и криосферы в прошлом

Современная криосфера в цифрах

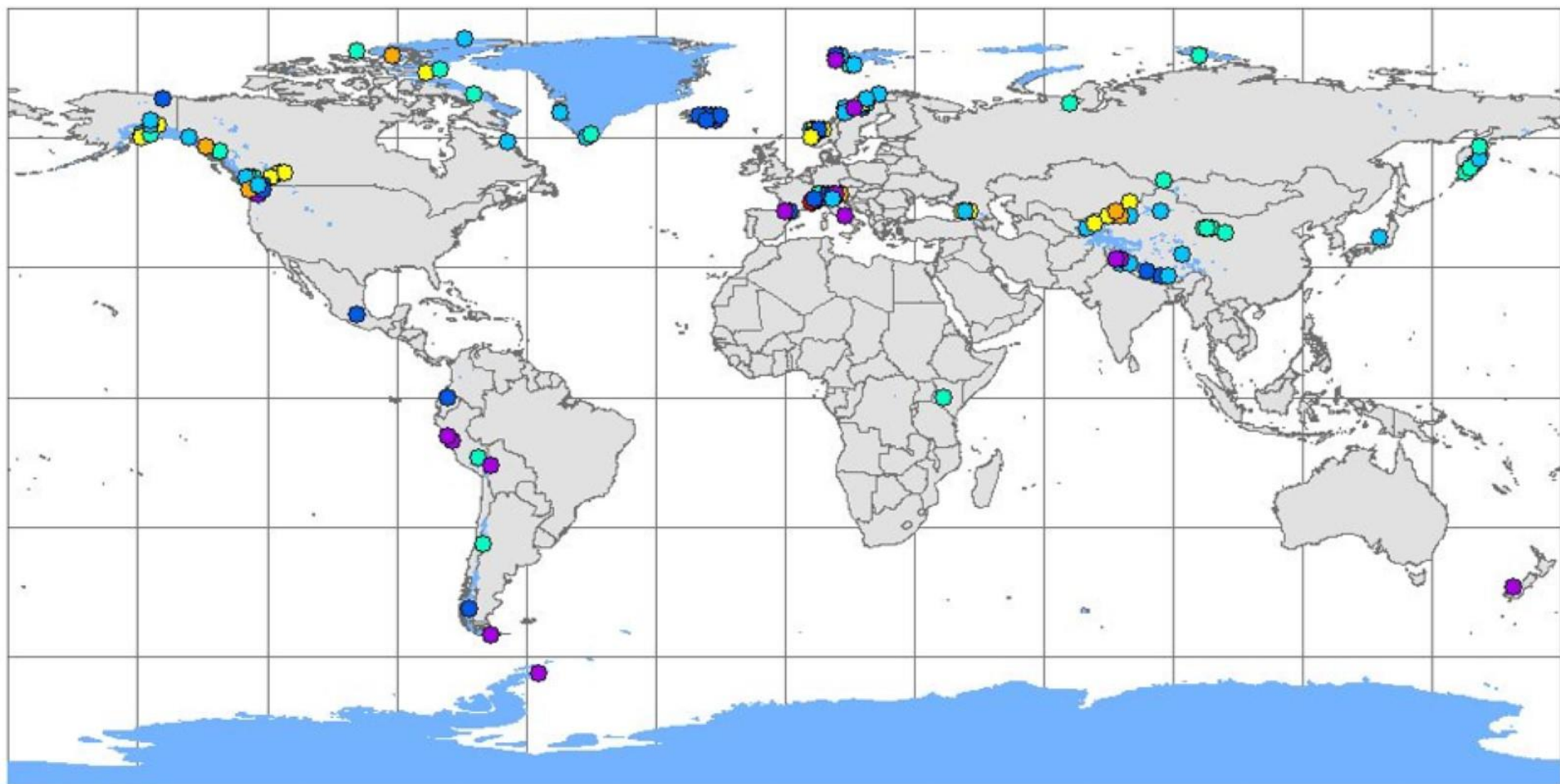
- В наземной части криосферы содержится 75% всех запасов пресной воды;
- Ежегодному оттаиванию подвержено менее 1% всего льда;
- 10% суши постоянно покрыто льдом, прежде всего в Антарктике и Гренландии;
- 7% площади океана в среднем за год покрыты льдом;
- 49% Северного полушария зимой покрыты снегом;
- Таяние льдов Гренландии и Антарктиды увеличит уровень моря на 7 и 57 м;
- Вечная мерзлота - самый большой по площади компонент криосферы.

Cryospheric Component	Area (10 ⁶ km ²)	Ice Volume (10 ⁶ km ³)	Potential Sea Level Rise (SLE) (m) ^g
Snow on land (NH)	1.9–45.2	0.0005–0.005	0.001–0.01
Sea ice	19–27	0.019–0.025	~0
Glaciers and ice caps			
Smallest estimate ^a	0.51	0.05	0.15
Largest estimate ^b	0.54	0.13	0.37
Ice shelves ^c	1.5	0.7	~0
Ice sheets	14.0	27.6	63.9
Greenland ^d	1.7	2.9	7.3
Antarctica ^e	12.3	24.7	56.6
Seasonally frozen ground (NH) ^g	5.9–48.1	0.006–0.065	~0
Permafrost (NH) ^f	22.8	0.011–0.037	0.03–0.10

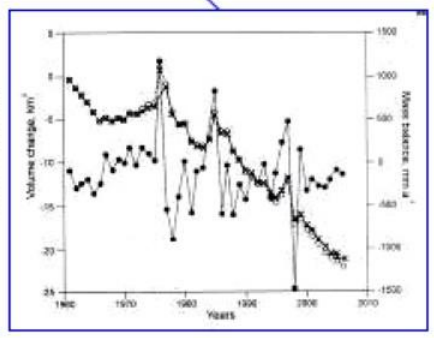
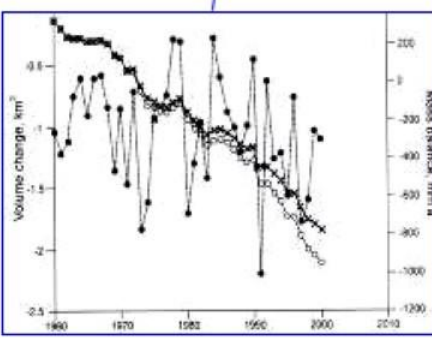
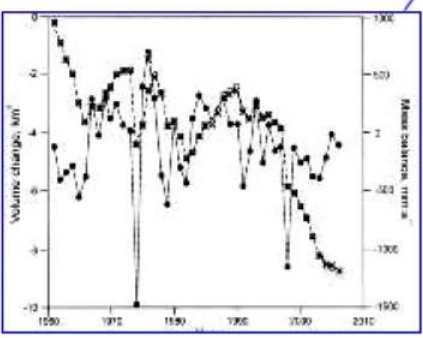
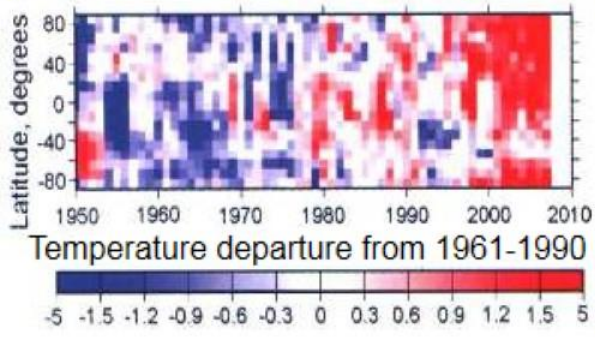
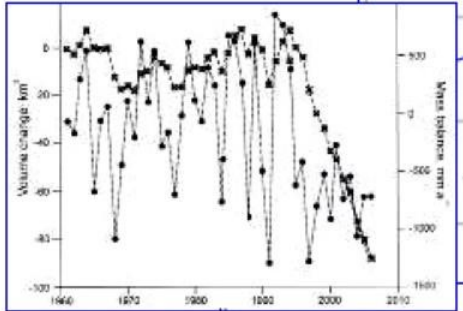
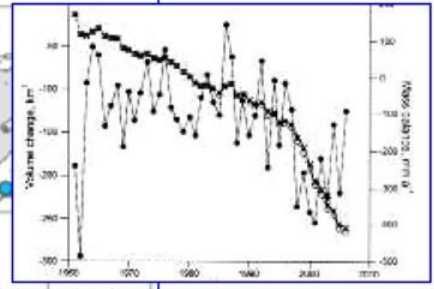
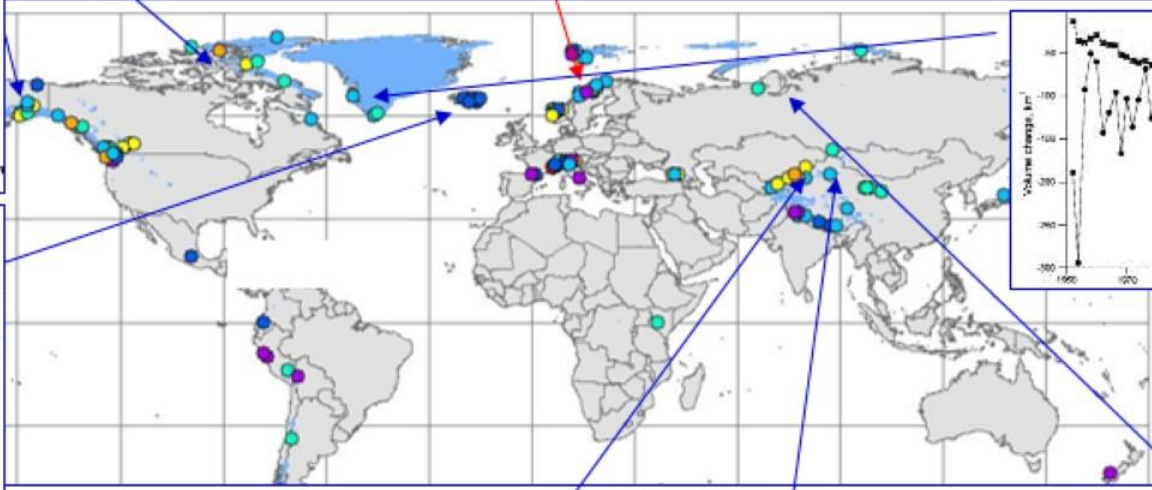
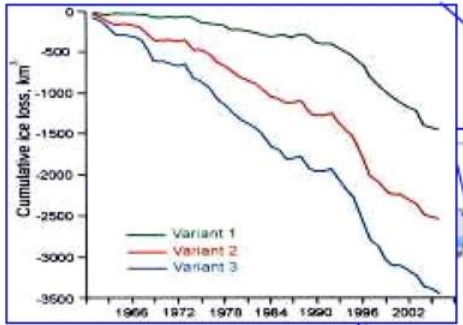
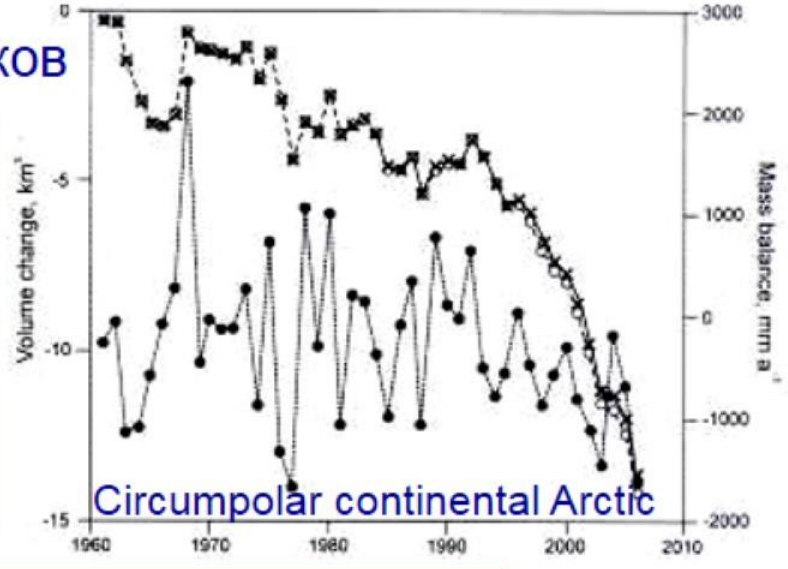
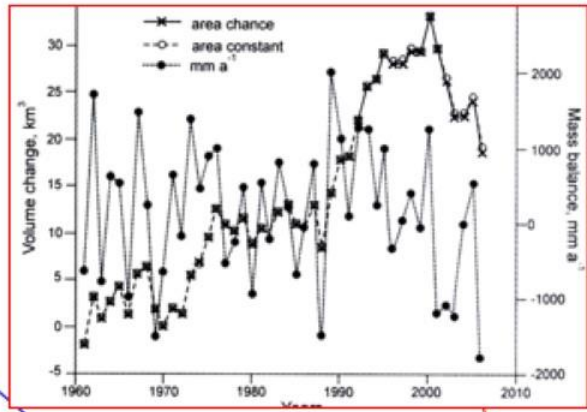
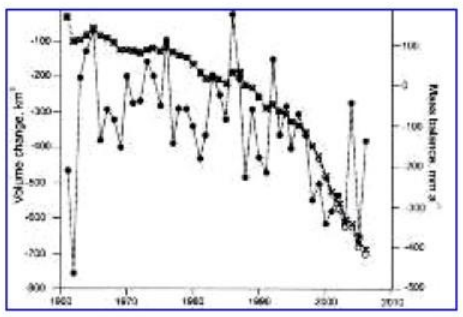
Глобальная сеть наблюдений за балансом ледников

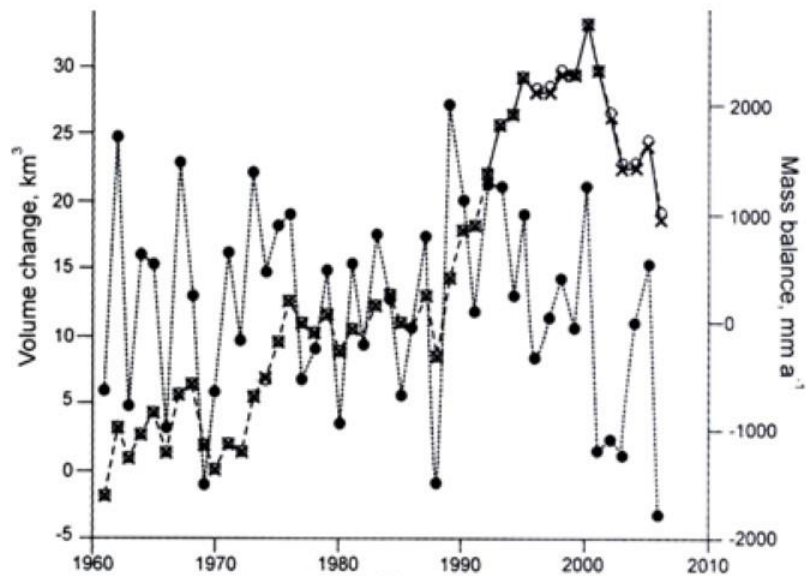
<http://www.wgms.ch>

http://nsidc.org/data/glacier_inventory/

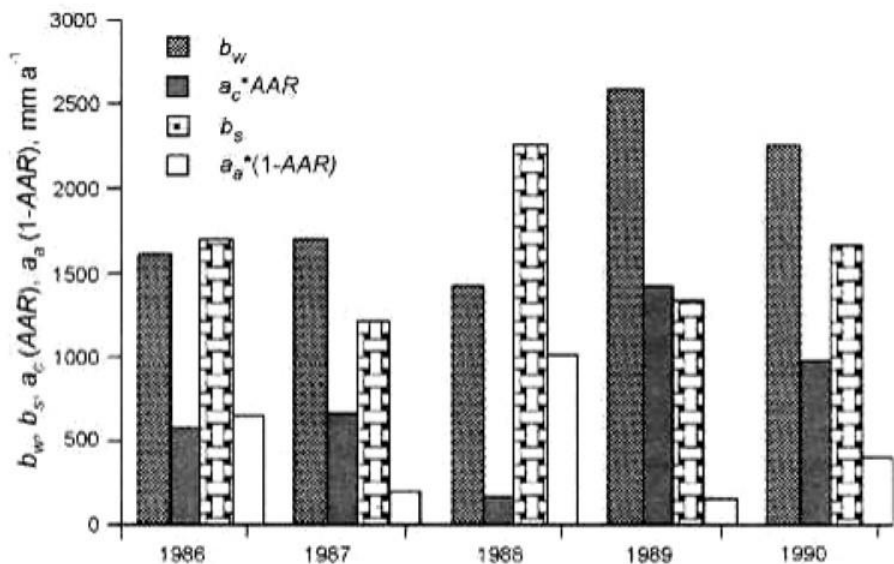


Изменения баланса массы и объема ледников





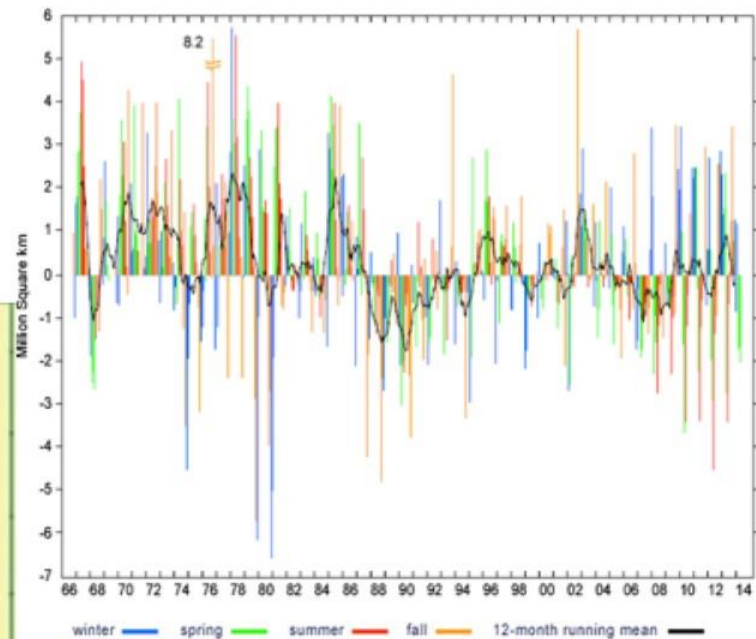
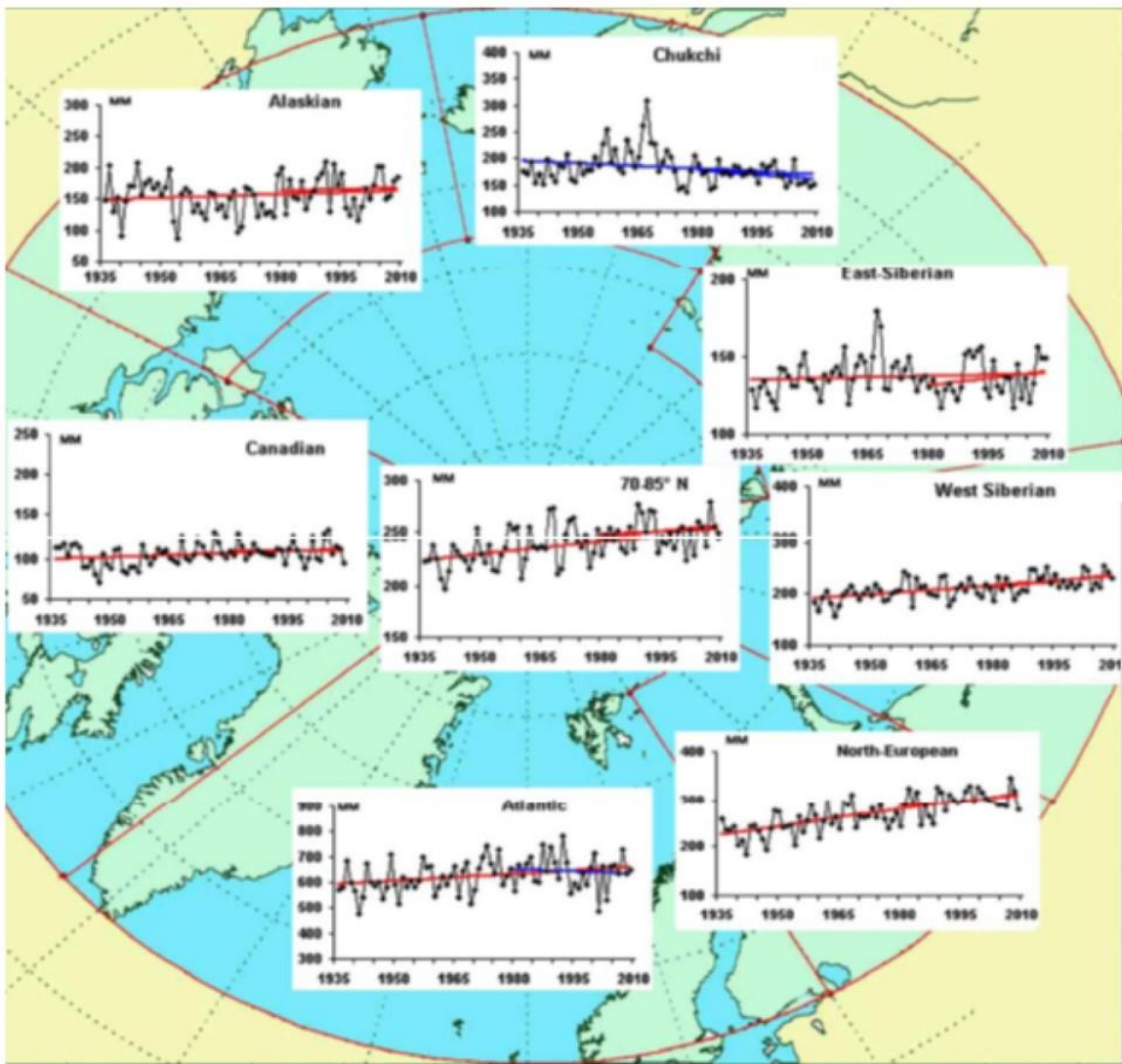
Изменения объема и баланса массы скандинавских ледников



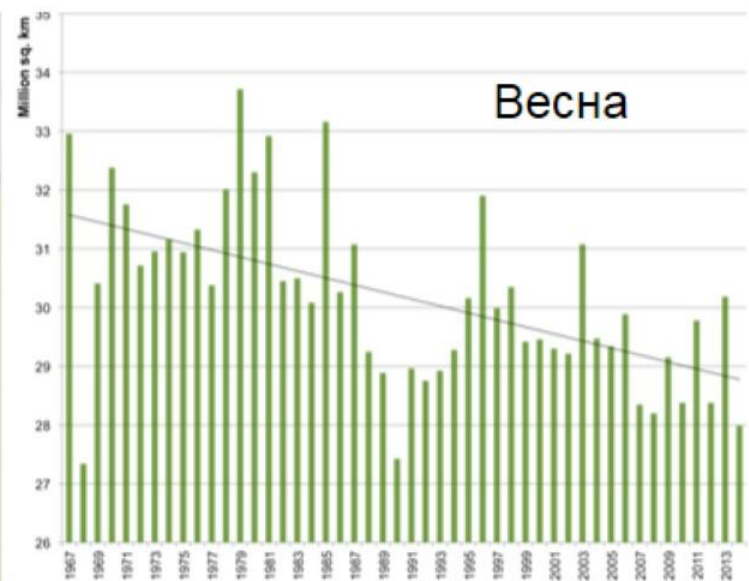
Компоненты сезонного баланса массы ледника Сторгласиарен (Швеция): зимний (b_w) и летний (b_s) баланс, аккумуляция (a_c) и абляция (a_a)

Тренды сумм зимних осадков

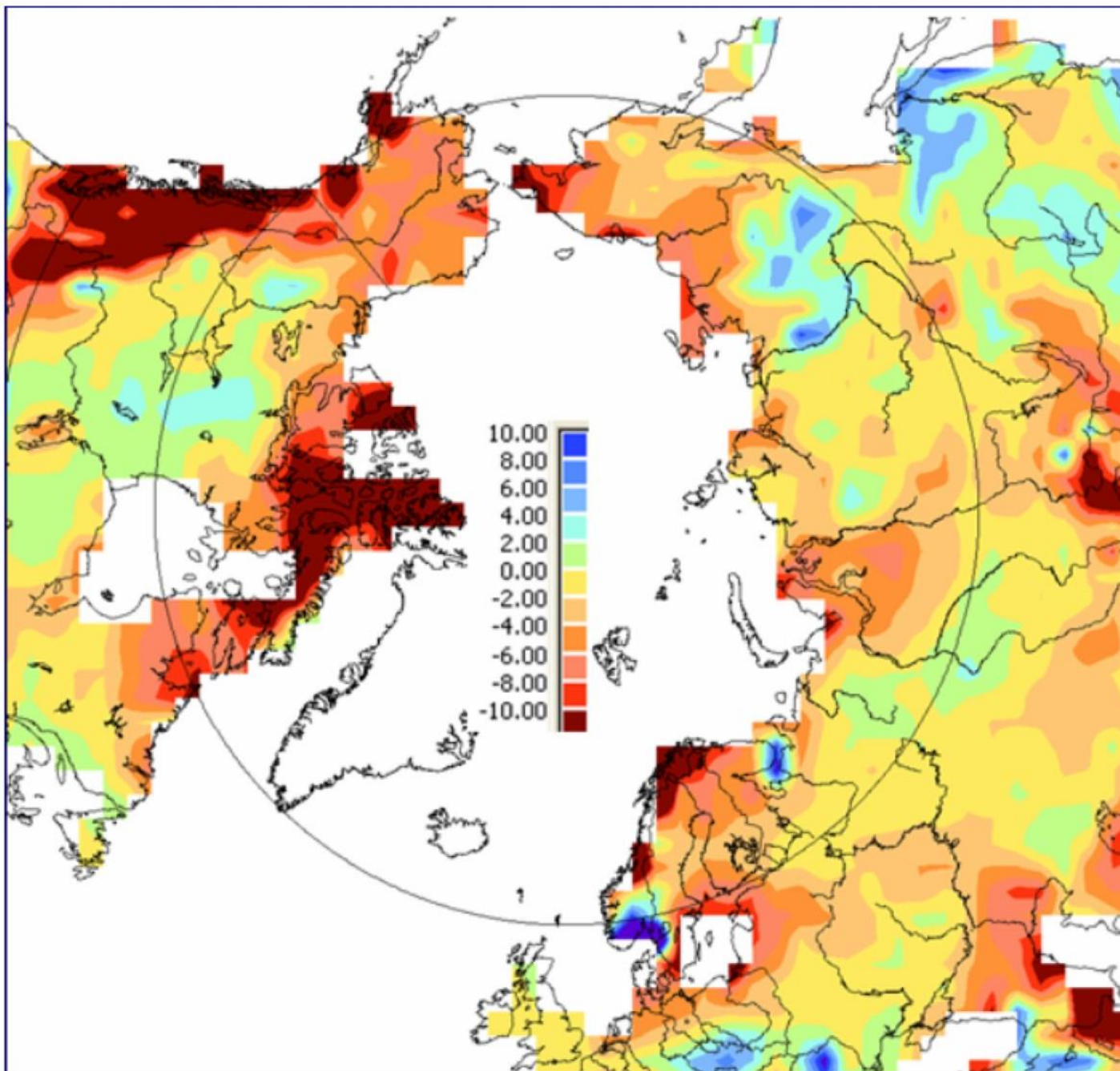
<http://climate.rutgers.edu/snowcover/>



Тренды площади снежного покрова, 1967-2014

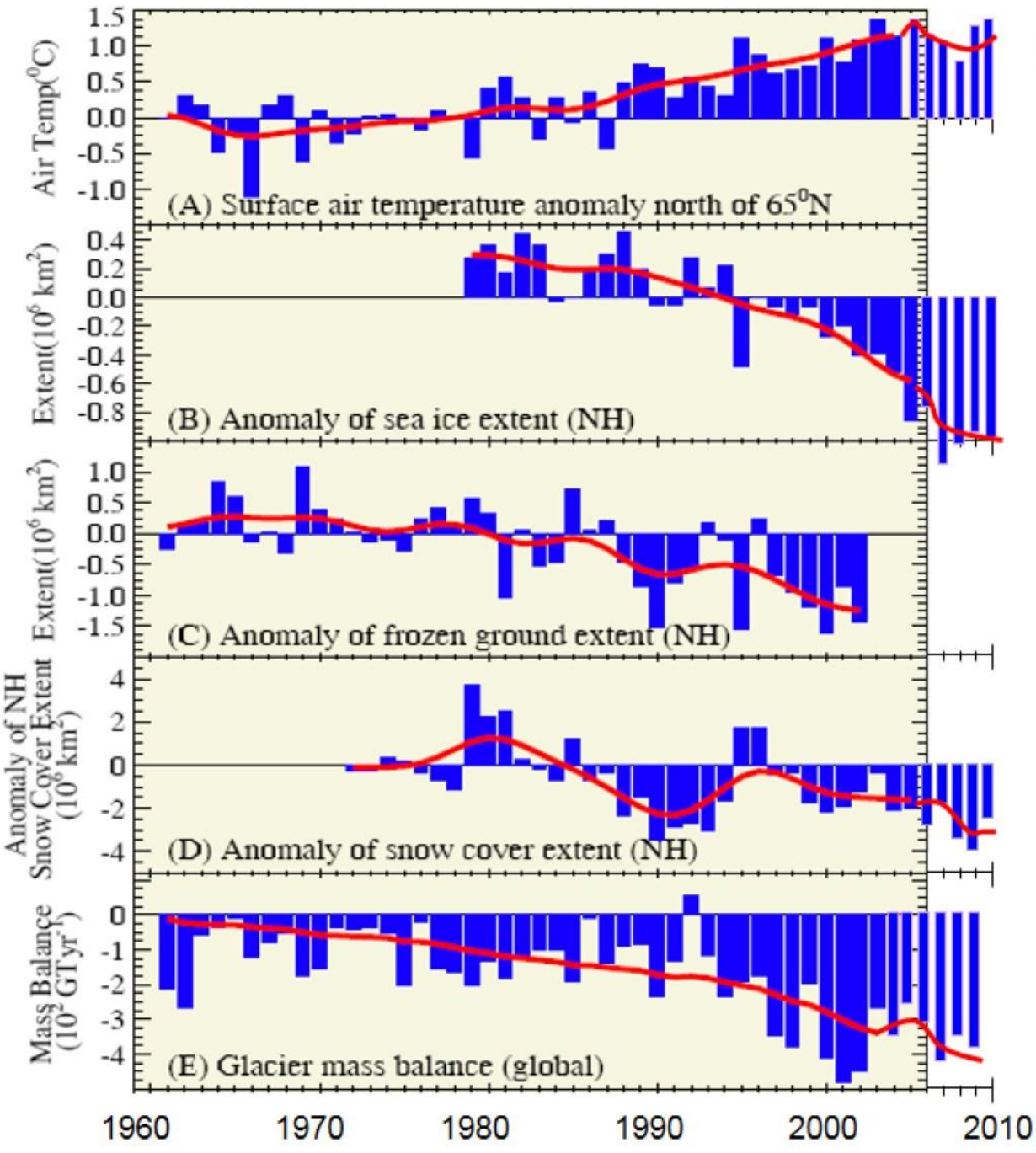


Тренд длительности снежного периода, д/10 лет, 1972-2014

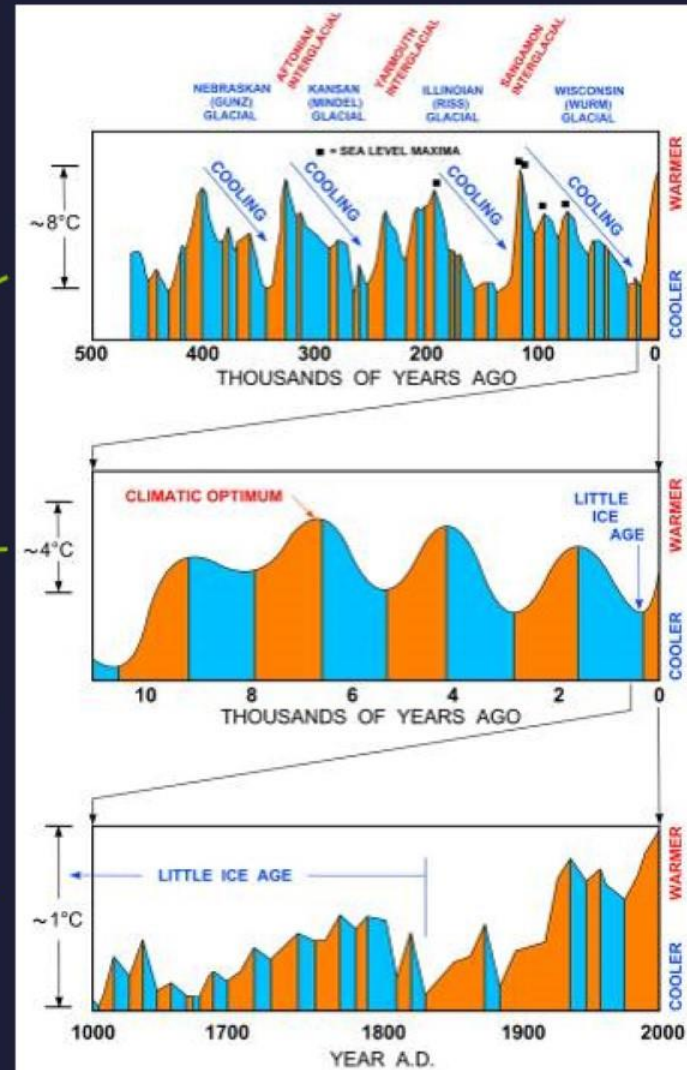
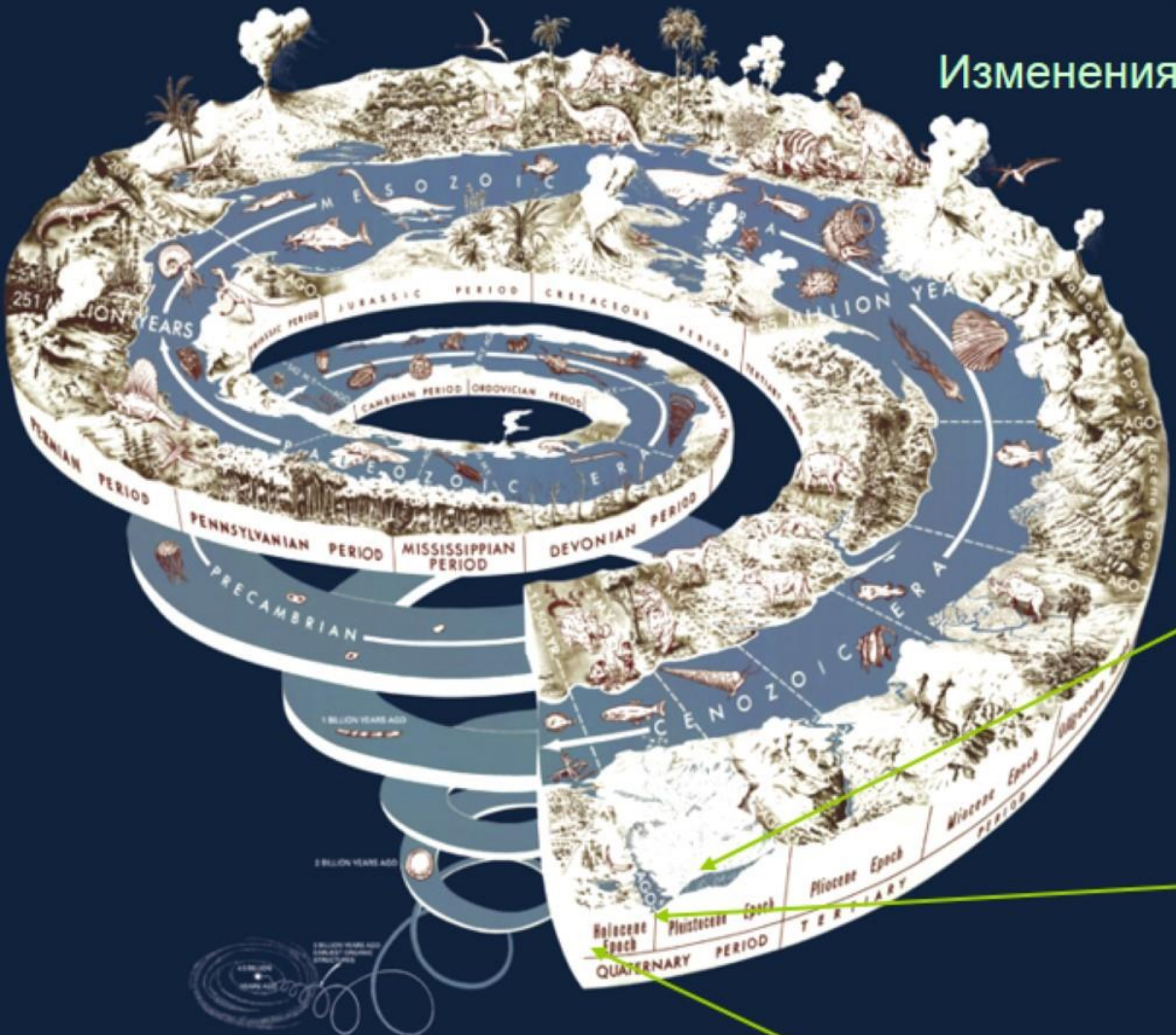


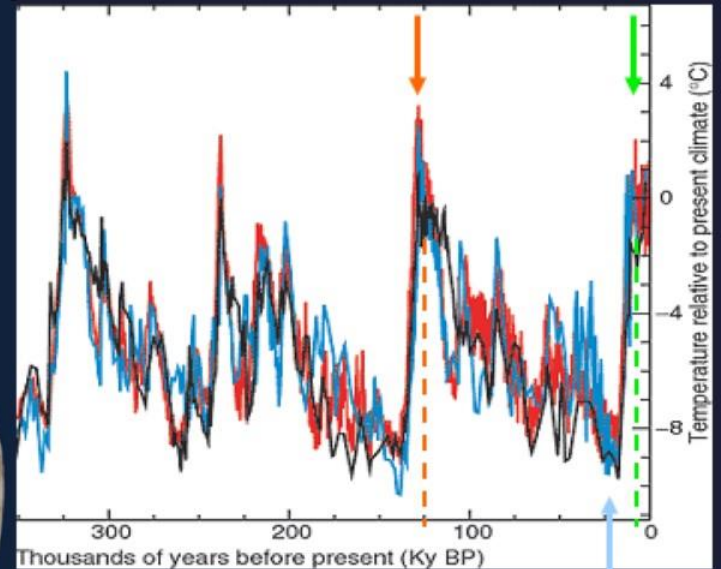
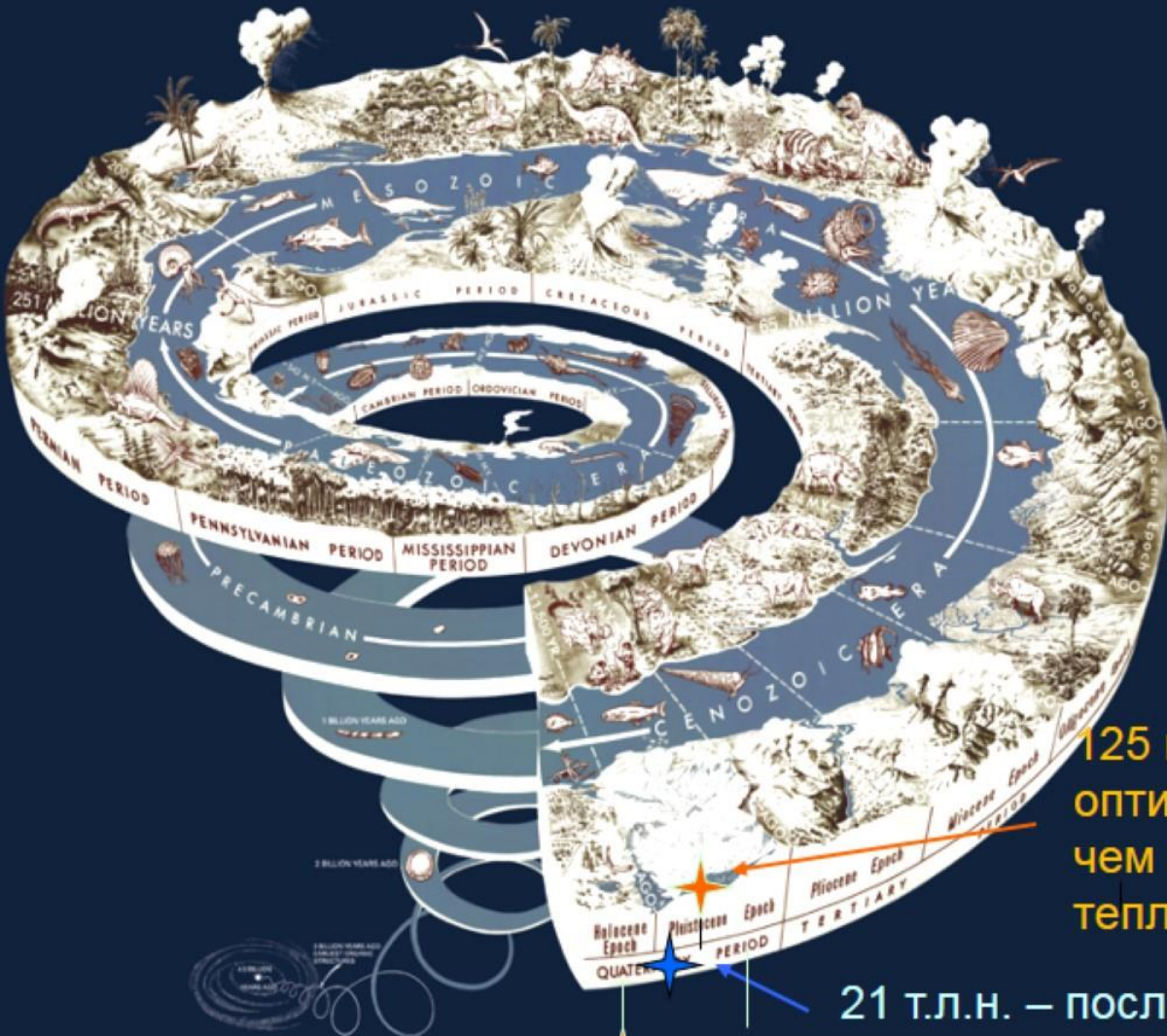
<http://climate.rutgers.edu/snowcover/>

Сводные показатели
современных
изменений
криосферы



Изменения климата в последние 500 т.л.





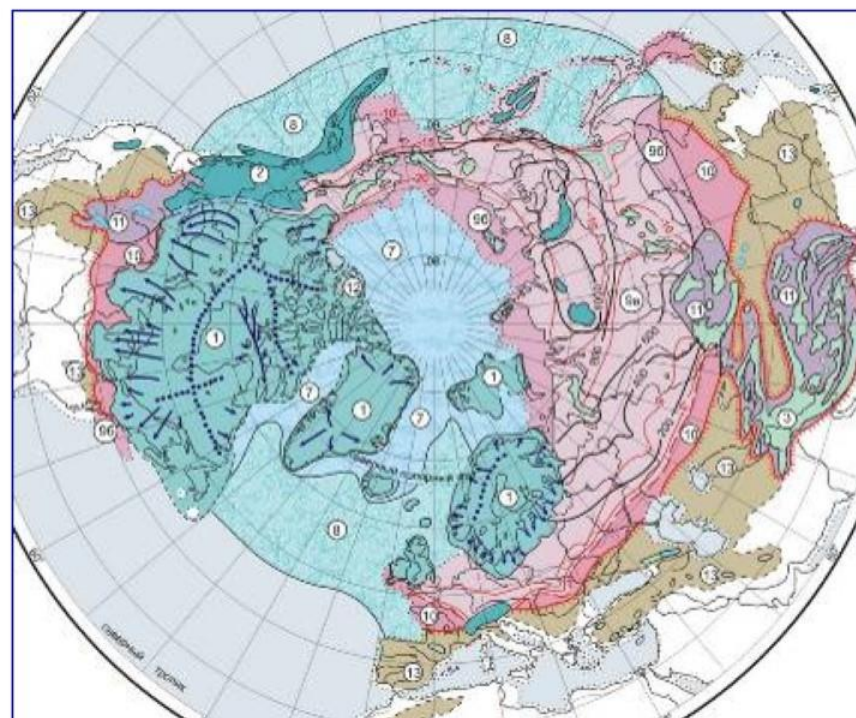
125 млн.л.н. Климатический оптимум плейстоцена, 2 °С теплее, чем сейчас, в Арктике до 5 °С теплее. Земля почти без ледников.

21 т.л.н. – последний гляциальный максимум с температурой в Арктике до 20 °С ниже современной

6-8 т.л.н. – оптимум голоцена, температура в Арктике летом на 1-3 °С выше современной

Палеоклиматические реконструкции криолитозоны Северного полушария

(Величко, Фаустова, 2009; Величко, Нечаев, 2009)



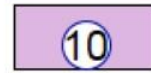
Гляциальный максимум позднего плейстоцена (20-18 тыс. лет назад)



Ледники



Сплошные ММП



Прерывистые ММП

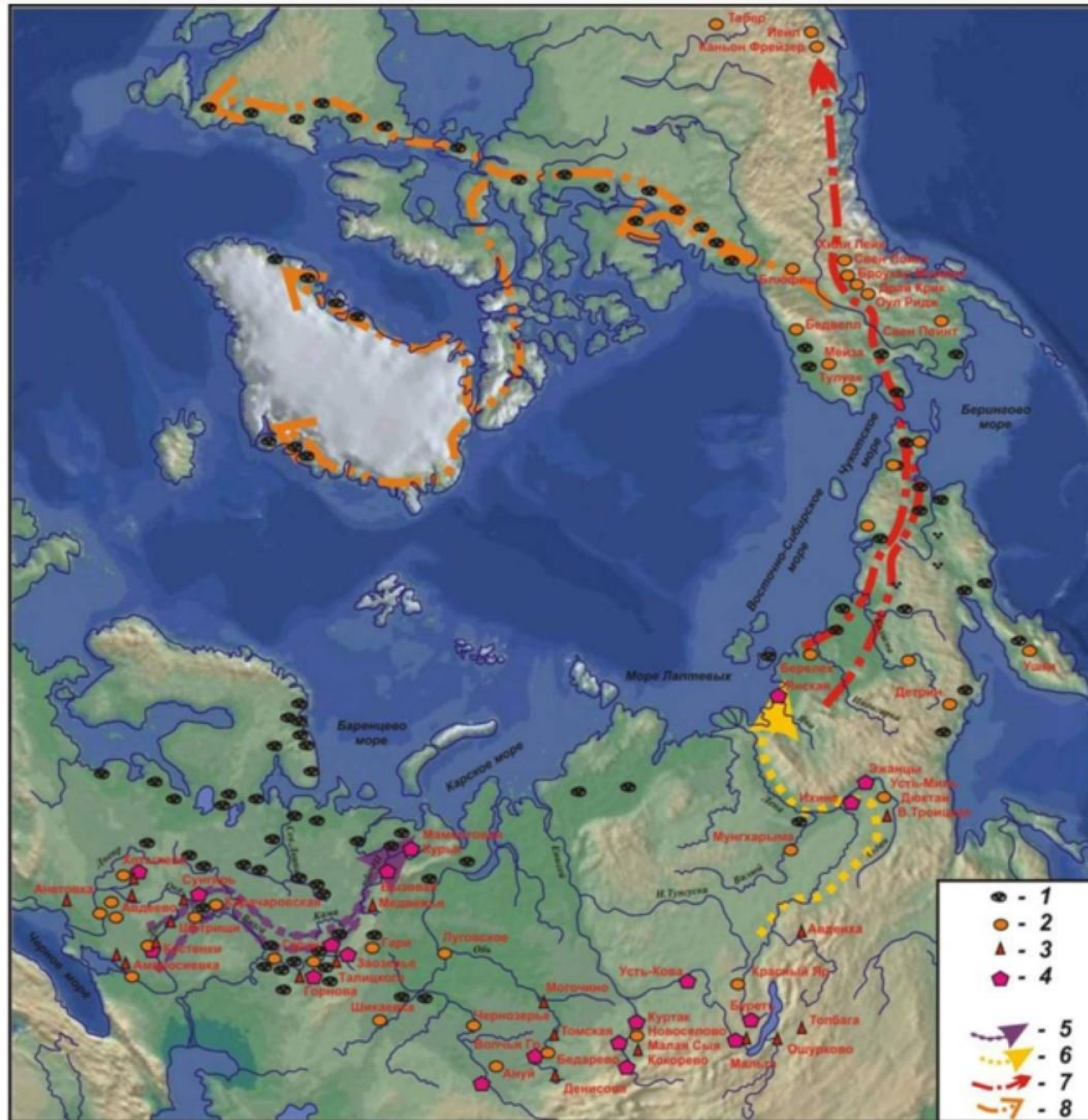


Горные ММП



Зона сезонного промерзания

Инициальное заселение человеком Арктики



Древние стоянки:

1 – более 40 т.л.н.

2 – 16-12 т.л.н.

3 – 22-17 т.л.н.

4 – 36-23 т.л.н.

Пути колонизации

5 – 36-23 т.л.н.

6 – 20-18 т.л.н.

7 – 16-12 т.л.н.

8 - < 10 т.л.н.

Изменения климата в последние 400 т.л.



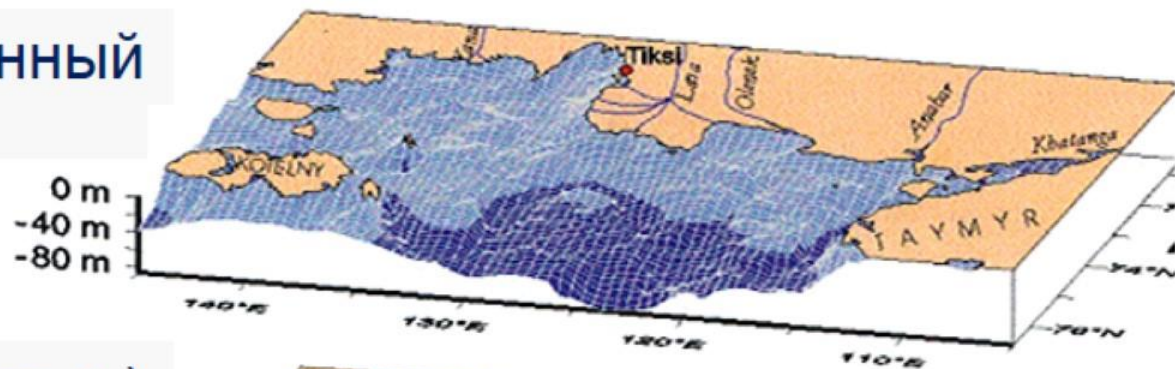
Homo heidelbergensis

Homo neanderthalensis

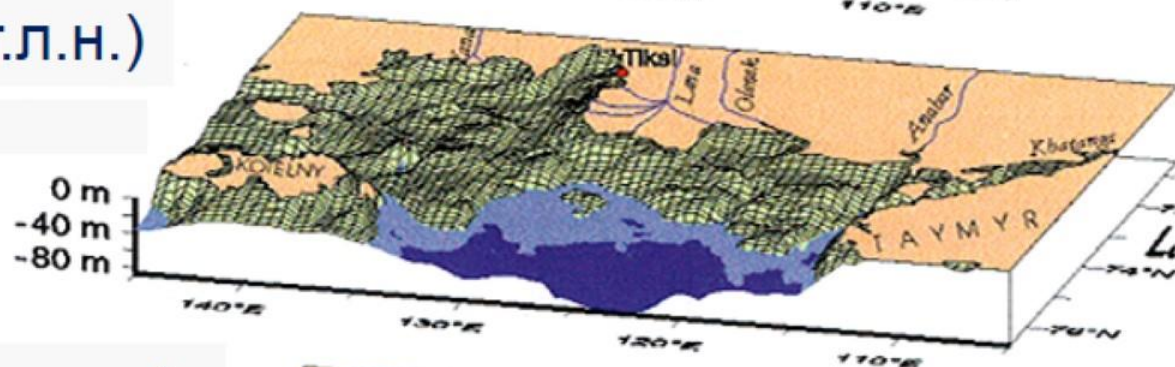
<http://humanorigins.si.edu/>



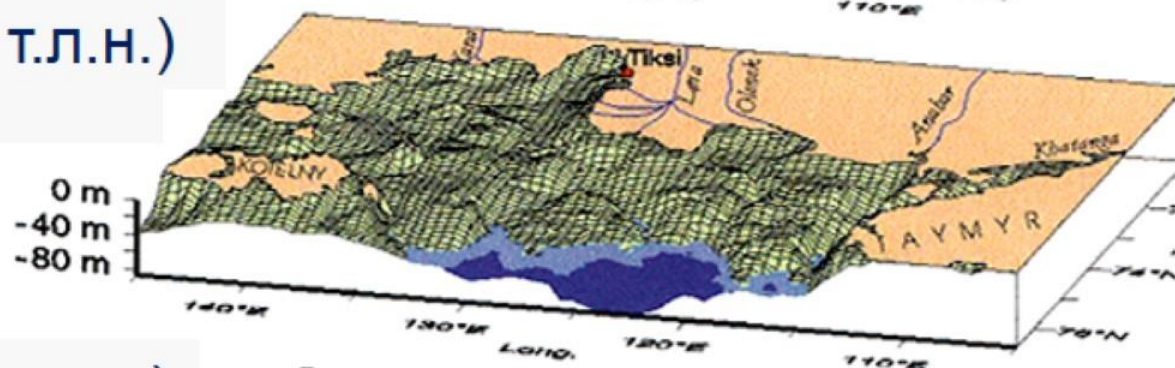
Уровень моря: современный



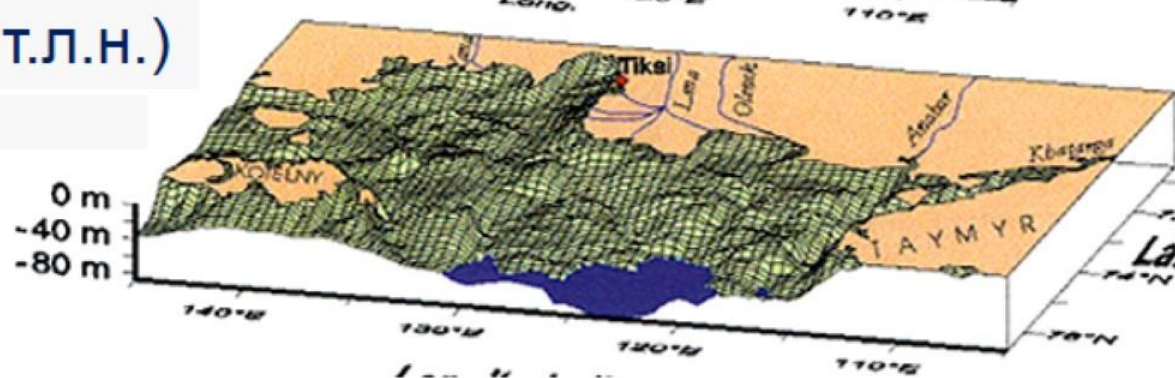
Уровень моря: -31 м (9 т.л.н.)



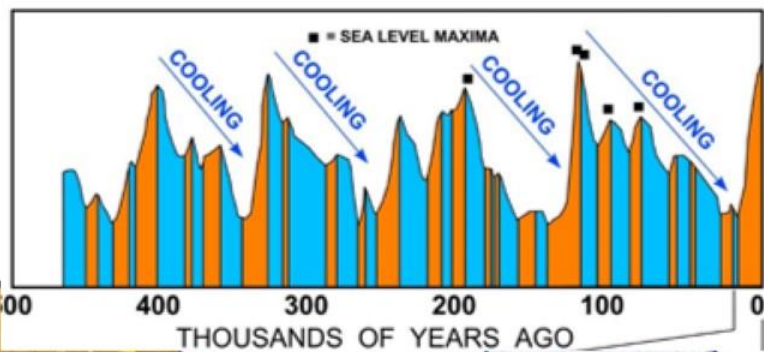
Уровень моря: -43 м (10 т.л.н.)



Уровень моря: -50 м (11 т.л.н.)



Мамонтовые степи



20,000 - 18,000 Years BP



Мамонтовая степь позднего
плейстоцена

М. Будыко, 1971, С. Зимов, 2006

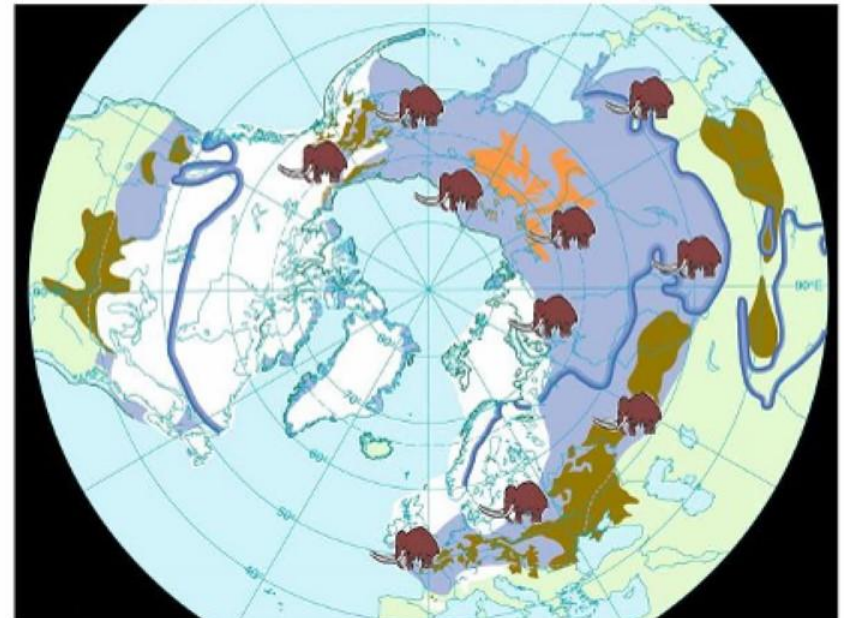
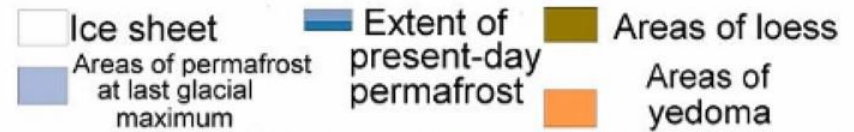


Реконструкция численности животных на 1 км² в биомах Восточно-сибирской низменности в позднем плейстоцене

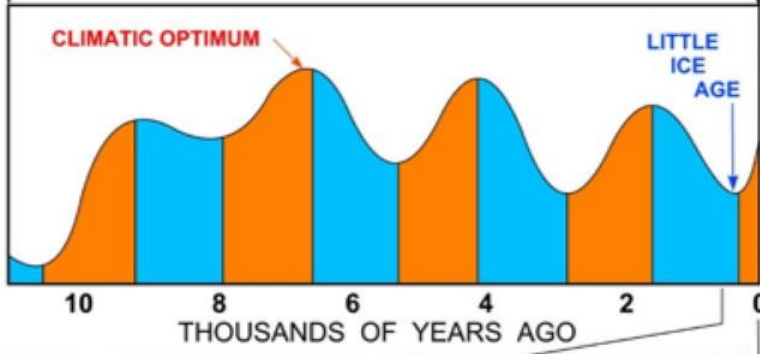


Современная едома содержит большое количество органических осадков, свидетельствующих о высокой продуктивности биомов Восточно-сибирской низменности в позднем плейстоцене.

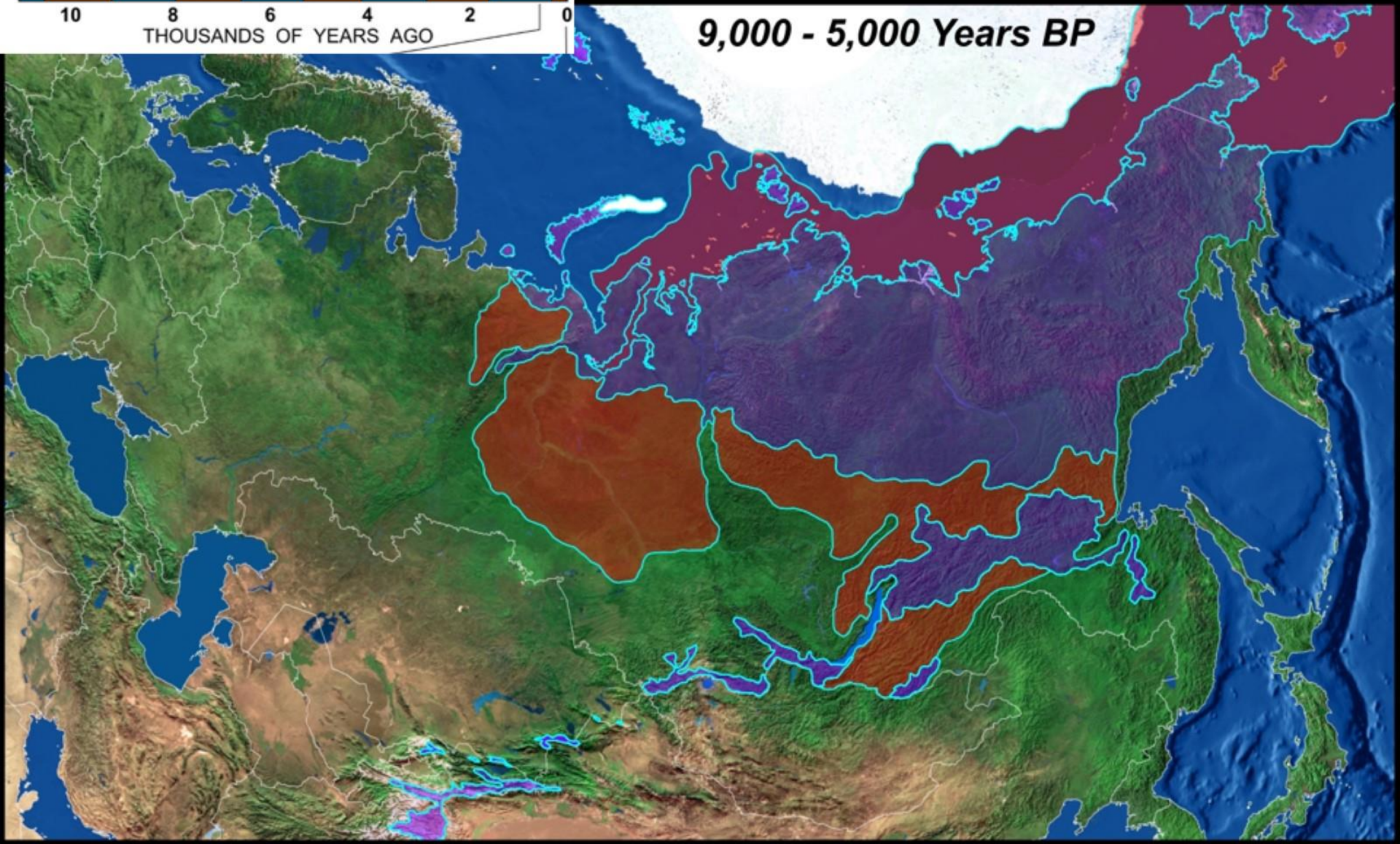
(Zimov, 2010; Walter et al, 2006)

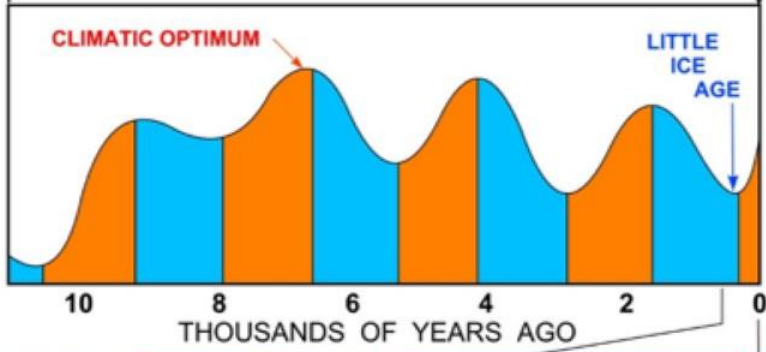


Вечная мерзлота



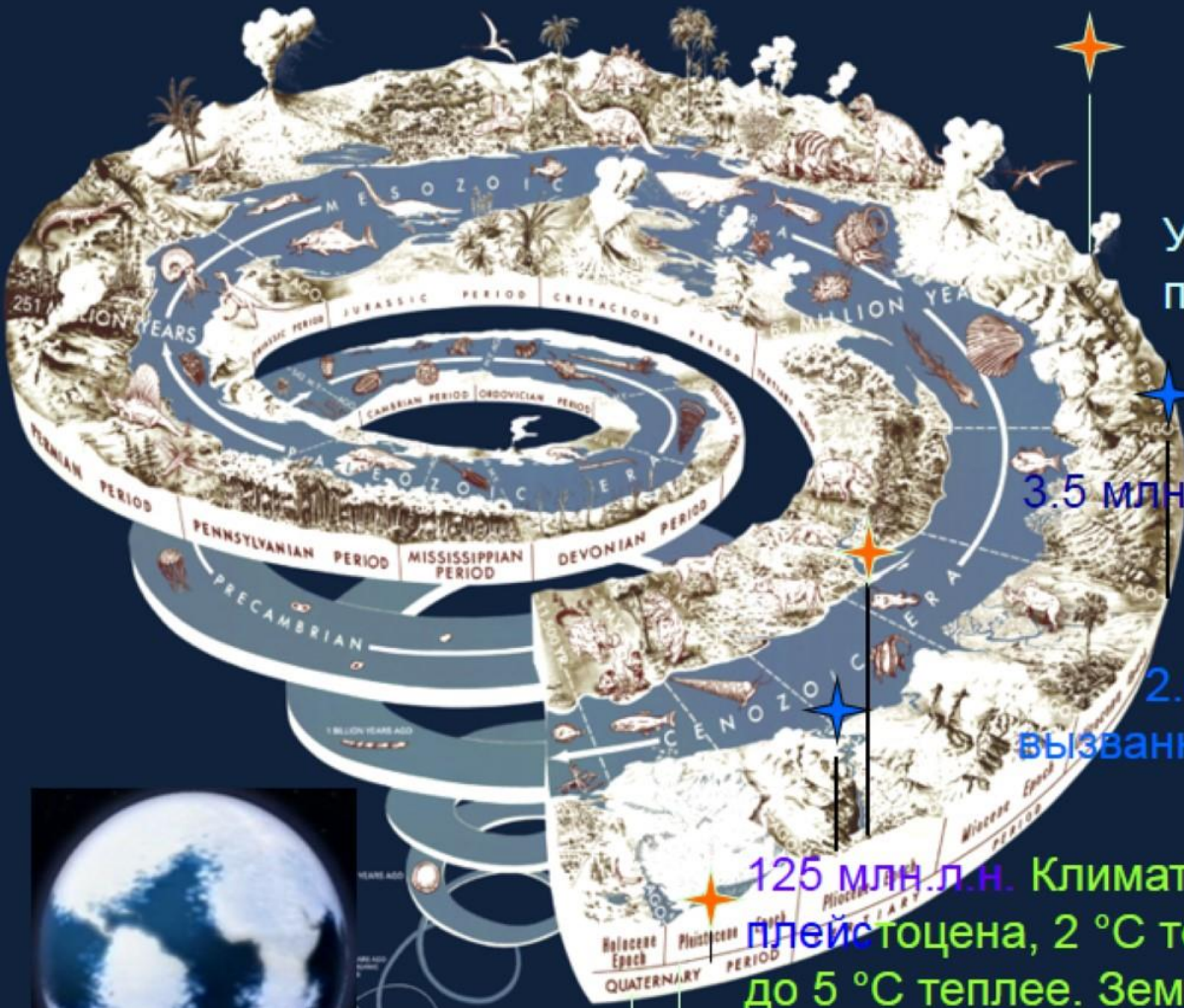
9,000 - 5,000 Years BP





Современный период





Ценозой (65 млн.л.н.)
Отсутствует лед в Арктике, Гренландии и Антарктике

Уменьшение содержания CO₂ привело к похолоданию

33 млн.л.н. – оледенение Антарктики

3.5 млн л.н. – потепление Плиоцена, лиственные леса в районах современной тундры

2.6 млн. лет назад похолодание, вызванное орбитальными факторами, начало гляциальных циклов

125 млн.л.н. Климатический оптимум плейстоцена, 2 °С теплее, чем сейчас, в Арктике до 5 °С теплее. Земля почти без ледников.

21 т.л.н. – последний гляциальный максимум с температурами в Арктике до 20 °С ниже современных



650 млн.л.н – снежок?

6-8 т.л.н. – оптимум голоцена, температуры в Арктике летом на 1-3 °С выше современных



В начале 1960х годов М.И. Будыко показал, что если оледенение распространится от полюсов далее широты 50° , Земля будет отражать так много солнечной энергии, что оледенение будет уже не остановить и она превратится в снежок.



В 1990-х американский геолог Пол Хофман обнаружил следы ледников в Намибии, которые указывали на то, что ледники достигали тропиков 650 млн. лет назад.