



**Представление неопределенности палеореконструкции климата в
последнем ледовом цикле в виде окрашенного шума при
моделировании динамики ледовых щитов Северного полушария**

Плосков А.Н., Елисеев А.В., Мохов И.И.

1. Институт физики атмосферы им. А.М. Обухова РАН
2. Московский государственный университет им. М.В.
Ломоносова, физический факультет

V Всероссийская конференция с международным участием
“Турбулентность, динамика атмосферы и климата
Посвященная памяти академика Александра Михайловича Обухова“
19–21 ноября 2024
г. Москва

Актуальность работы

- ЛЩ создают дополнительные связи внутри ЗКС
- Интенсивное таяние ЛЩ может привести к увеличению уровня и распреснению Мирового океана и изменению океанических циркуляций
- Проблема изменения ЛЩ в КМ недостаточно изучена

Цель работы

- анализ результатов проведенных численных экспериментов с моделью ИФА РАН динамики ледовых щитов для последнего ледникового цикла
- оценка влияния неопределённости палеореконструкций на динамику ледовых щитов.

Модель ледовых щитов

- Закон сохранения массы:

$$\frac{\partial h}{\partial t} = \nabla \cdot (D \nabla Z) + SMB ,$$

h - толщина льда,

SMB – среднегодовой баланс массы на поверхности,

Z – высота поверхности льда над уровнем моря,

D – коэф. диффузия льда(закон Глена)

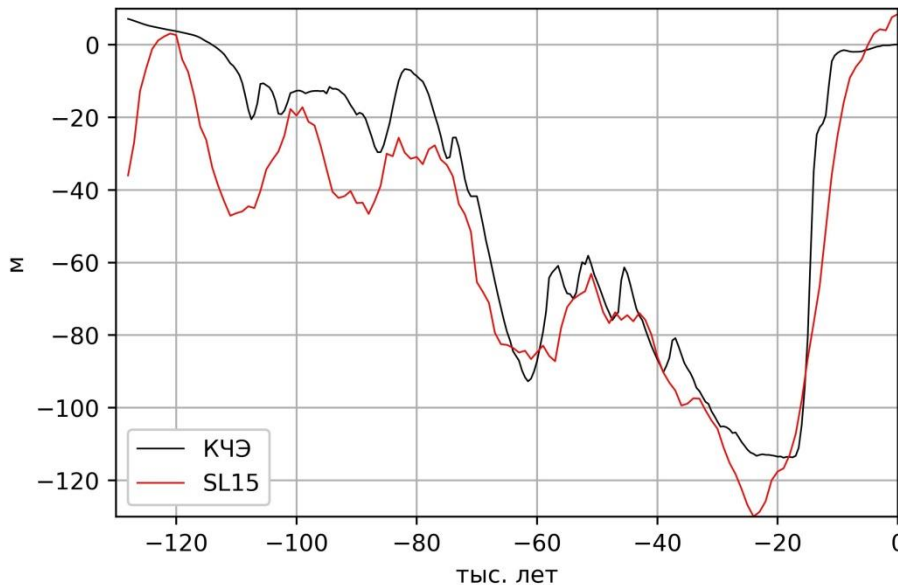
- С-сетка Аракавы, 313*313 ячеек, 40*40 км
- Шаг по времени 1 год

Контрольный численный эксперимент

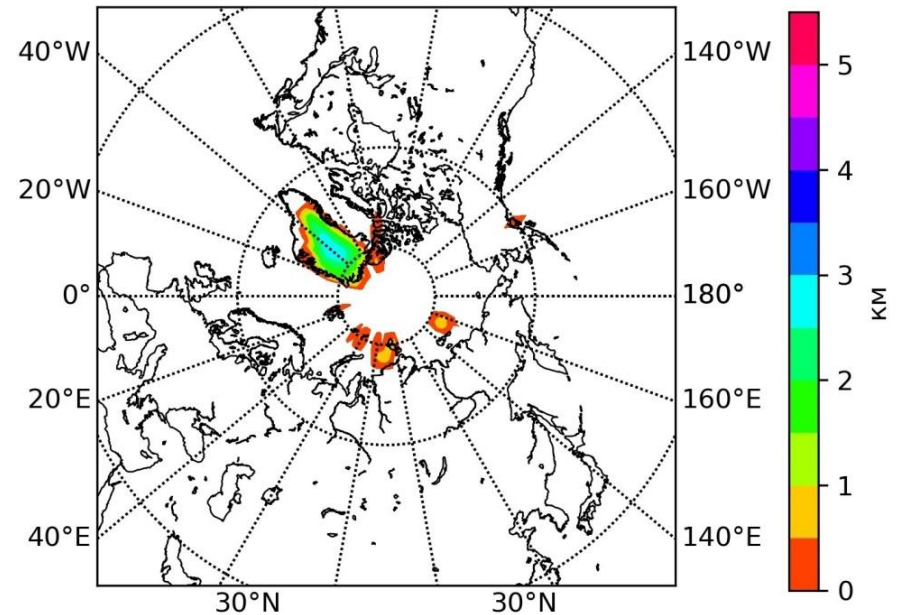
- Начало модельного расчета – 128 т.л.н., уровень моря +7 м относительно современности
- Современный режим характеризовался многолетними средними значениями по данным реанализа ERA5
- ПЛМ характеризовался данными по результатам расчета с моделью IPSL-CM4-V1-MR
- Восстановление временного хода задавалось в соответствии с данными содержания $\delta^{18}\text{O}$ в ледовых кернах станции EPICA Dome C

Воспроизведение последнего ледового цикла

Изменение уровня мирового океана (м)



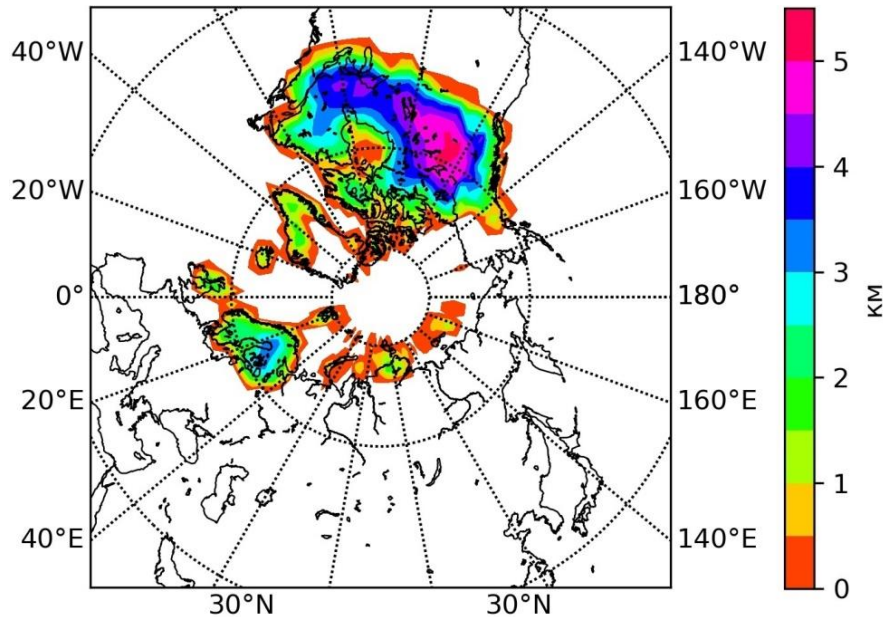
Современная толщина льда (км)



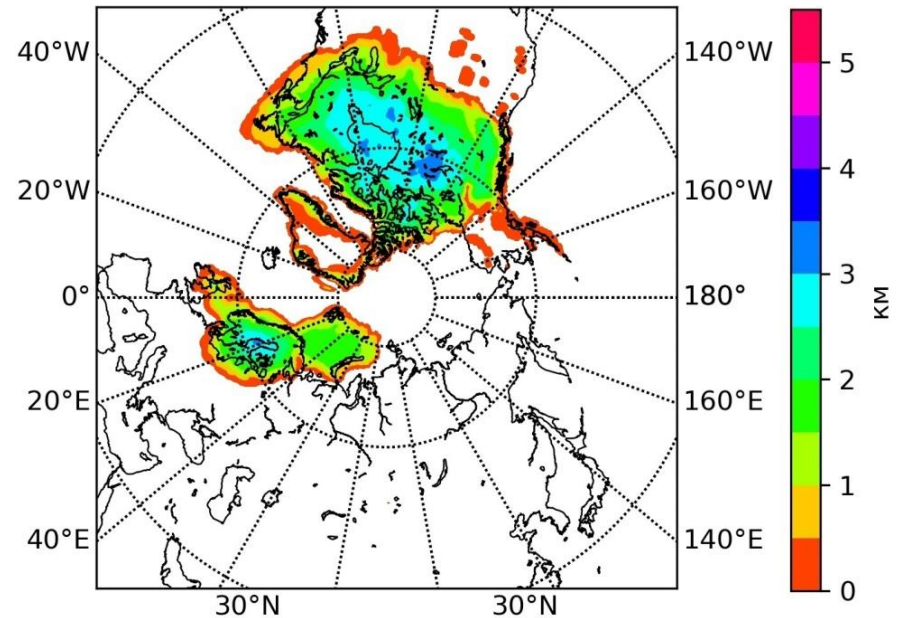
SL15 - *Spratt R.M., Lisiecki L.E. A Late Pleistocene sea level stack // Clim. Past. 2016. V. 12 (4). P. 1079–1092.*

Изменение толщины ледовых щитов (км) в ПЛМ относительно современности

Модель



Палеореконструкция GLAC-1



Численные эксперименты с возмущением температуры и осадков

1. $Y'(t) = Y_{ctrl}(t) + A * X_k$

$$X_{k+1} = r * X_k + \varepsilon_k$$

r – коэффициент автокорреляции $0 \leq r \leq 1$

ε – нормально распределенный белый шум с нулевым средним и единичным стандартным отклонением

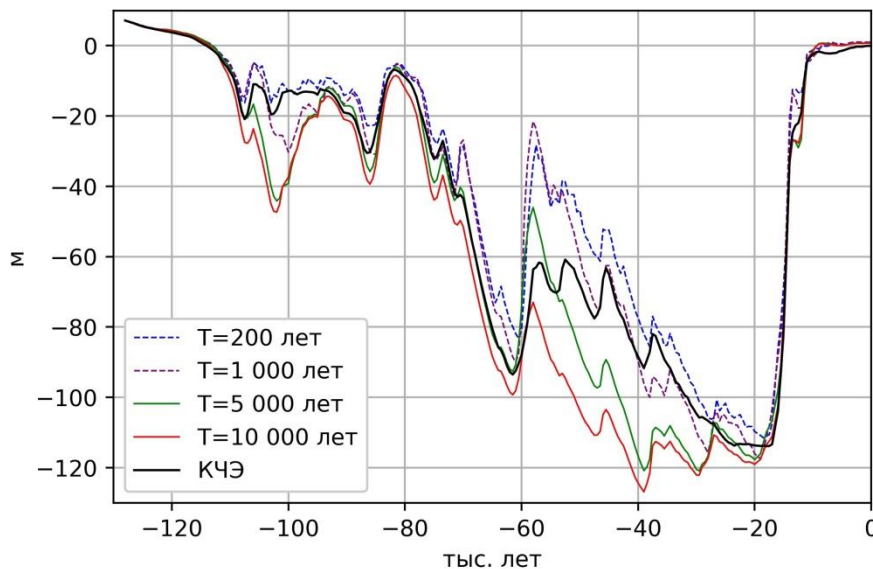
A - 20% от $(Y_0 - Y_{LGM})$ среднеглобальной

2. С изменением коэф. потока массы льда

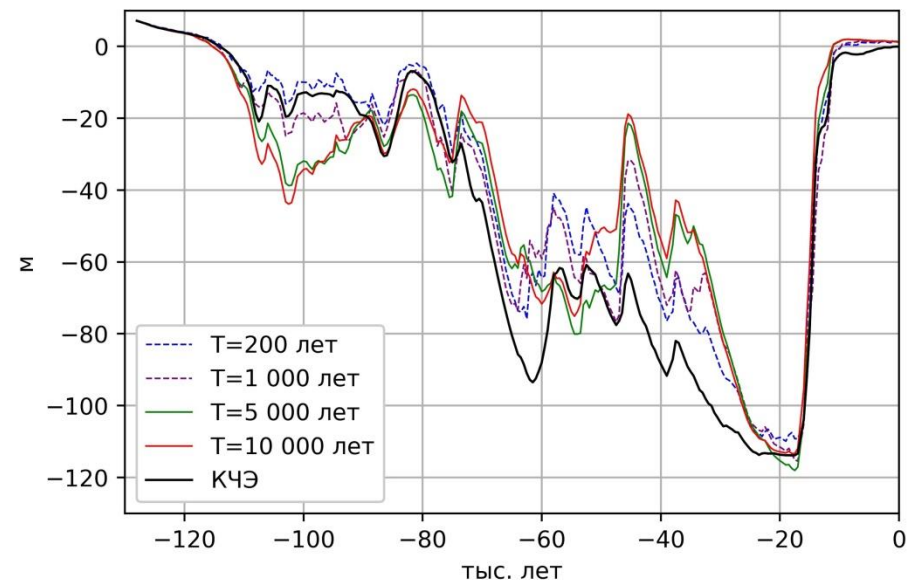
$$IF = \{80\% ; 120\%\}$$

Изменение уровня Мирового океана для различных реализаций случайного шума

Реализация 1

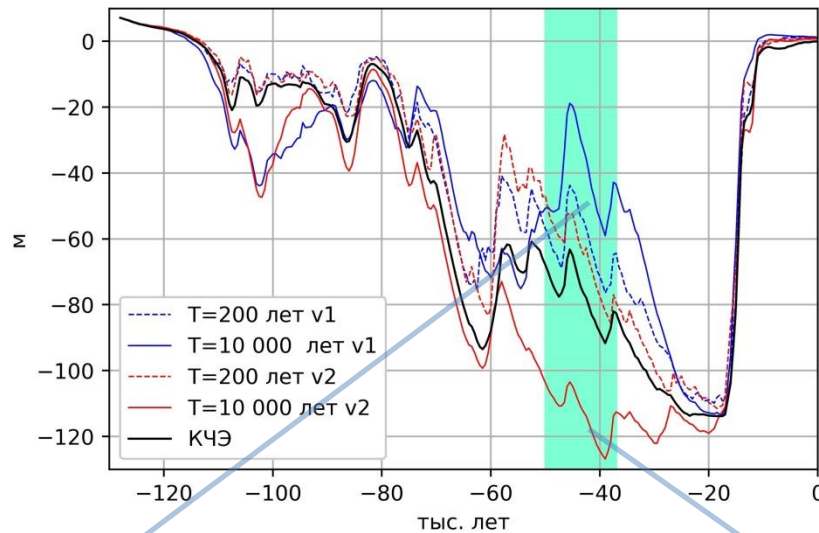


Реализация 2

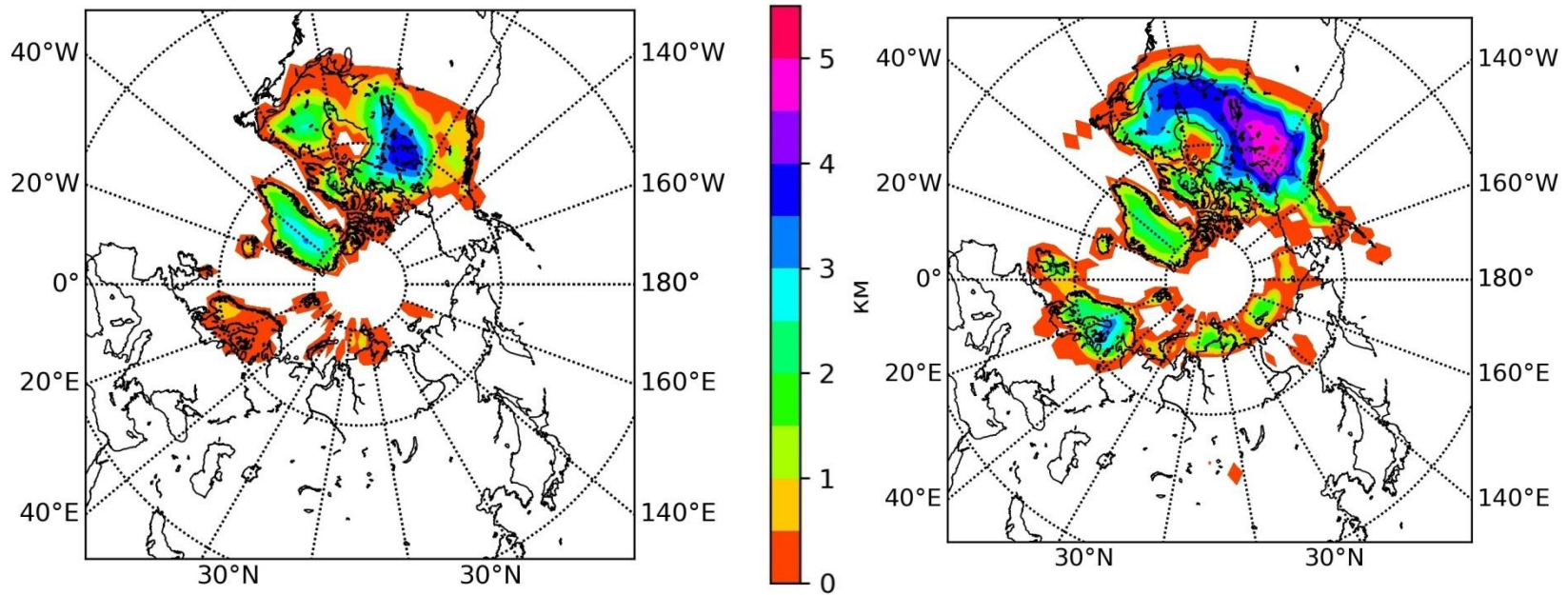


Зависимость от реализации

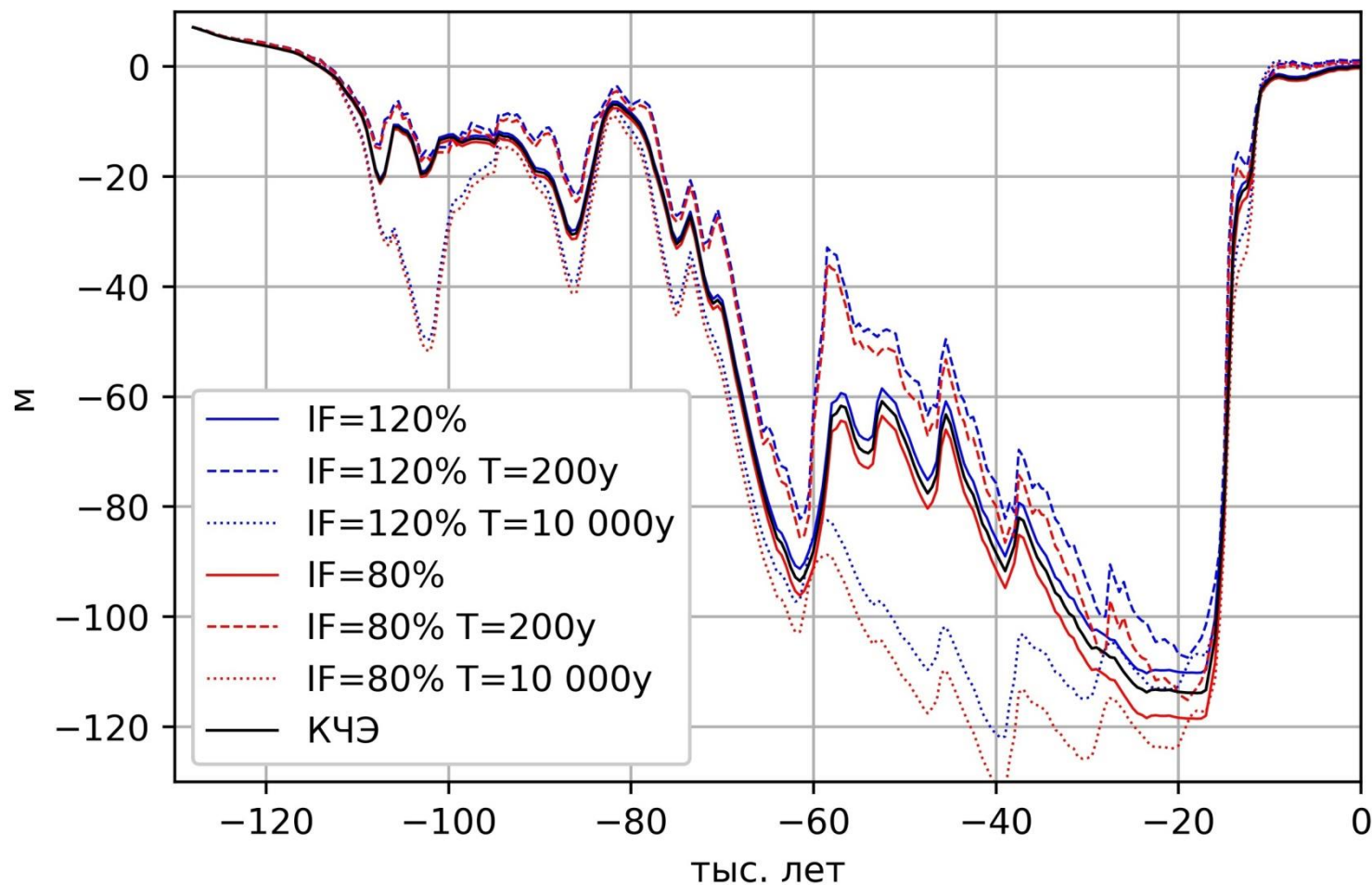
Уровень моря



Толщина щитов



Изменение уровня Мирового океана в зависимости от коэф. потока массы



Выводы

- Модель удовлетворительно воспроизводит последний ледниковый цикл - как пространственное распределение ледовых щитов, так и изменение уровня Мирового океана.
- Неопределённость глобальных реконструкций для последнего ледникового цикла не превышает 2°C , что согласуется с независимыми оценками.
- На временных масштабах $\sim 10^2$ - 10^3 лет ледовые щиты более чувствительны к потеплению, чем к похолоданию.

