

Верификация и настройка параметров почвенно-снежного блока климатической модели ИВМ РАН

Руководитель: д.ф.-м.н. Володин Е. М.;

Преподаватели: Воробьева В. В., Тарасевич М. А., Черненко А. Ю.;

Обучающиеся: Козлов А. В.¹, Мурзина П. А.¹, Погорелова Е. Д.², Самойлов Р. С.¹,
Сафонов С. Е.¹

¹Институт Прикладной Физики Российской Академии Наук (ИПФ РАН)

²Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова (ЧГУ)

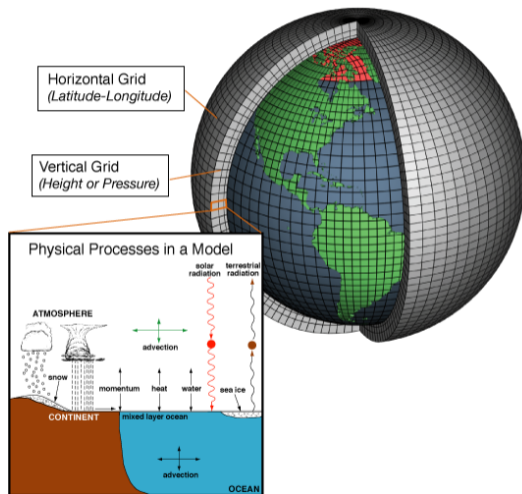
Моделирование в науках о Земле

Матричные методы и моделирование в науках о жизни и Земле

Август 2022



Общее представление о климатических моделях



Семейство климатических моделей ИВМ РАН

Грубое разрешение (INM-CM4.8):

Атмосфера: 2 x 1.5 градуса, 21 уровень до 30 км

Океан: 1 x 0.5 градуса, 40 уровней

Для расчетов на сотни лет. Оптимальное кол-во процессоров: 100-300. Скорость счета: 15-17 лет за сутки.

Базовая версия (INM-CM5):

Атмосфера: 2 x 1.5 градуса, 73 уровня до 60 км

Океан: 0.5 x 0.25 градуса, 40 уровней

Для расчетов на десятки-сотни лет. Оптимальное кол-во процессоров: 720 (320+200+200). Скорость счета 10 лет за сутки (6 при 360 ядрах).

Высокое разрешение (INM-CM5H):

Атмосфера: 0.67 x 0.5 градуса, 73 уровня до 60 км

Океан: 0.167 x 0.125 градуса, 40 уровней

Оптимальное кол-во процессоров: 1000-3000. Скорость счета 1-2 года за сутки.



д.ф.-м.н. Володин Е. М.

SnowMIP: локальные эксперименты

	lat	lon	start	finish
<i>BERM Old Aspen</i>	53.63	-106.2	01/10/1997	30/09/2010
<i>BERMS Old Black Spruce</i>	53.99	-105.12	01/10/1997	30/09/2010
<i>BERMS Old Jack Pine</i>	53.92	-104.69	01/10/1997	30/09/2010
<i>Col de Porte</i>	45.3	5.77	01/10/1994	30/09/2014
<i>Reynolds Mountain East</i>	43.19	-116.78	01/10/1988	30/09/2008
<i>Sapporo</i>	43.08	141.34	01/10/2005	30/09/2015
<i>Senator Beck</i>	37.91	-107.73	01/10/2005	30/09/2015
<i>Sodankyla</i>	67.37	26.63	01/10/2007	30/09/2014
<i>Swamp Angel</i>	37.91	-107.71	01/10/2005	30/09/2015
<i>Weissfluhjoch</i>	46.83	9.81	01/09/1996	31/08/2016



Вход:

- ▶ LWdown — surface downward longwave radiation
- ▶ Psurf — surface pressure
- ▶ Qair — near-surface specific humidity
- ▶ Rainf — rainfall rate
- ▶ Snowf — snowfall rate
- ▶ SWdown — surface downward shortwave radiation
- ▶ Tair — near-surface air temperature
- ▶ Wind — near-surface wind speed

Выход:

- ▶ TS — surface temperature
- ▶ TSL — soil temperature
- ▶ SDepth — snow depth
- ▶ SWE — water equivalent thickness of snow cover
- ▶ SFR — snow fraction ratio
- ▶ Msn — mass of snowpack
- ▶ AlbSnow — snow albedo

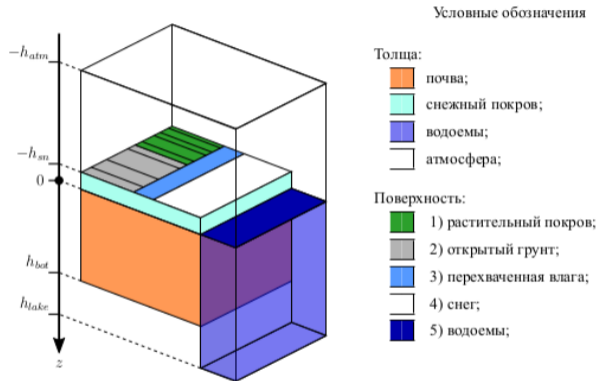
Почвенно-снежный блок климатической модели ИВМ РАН

Мы моделируем:

- ▶ Почва (27 уровней, 11 типов)
- ▶ Растительность (13 типов)
- ▶ Снег (таяние, замерзание)
- ▶ Альbedo

На какие процессы это влияет:

- ▶ Гидрологический цикл
- ▶ Поток тепла в атмосферу
- ▶ Радиационный баланс на поверхности



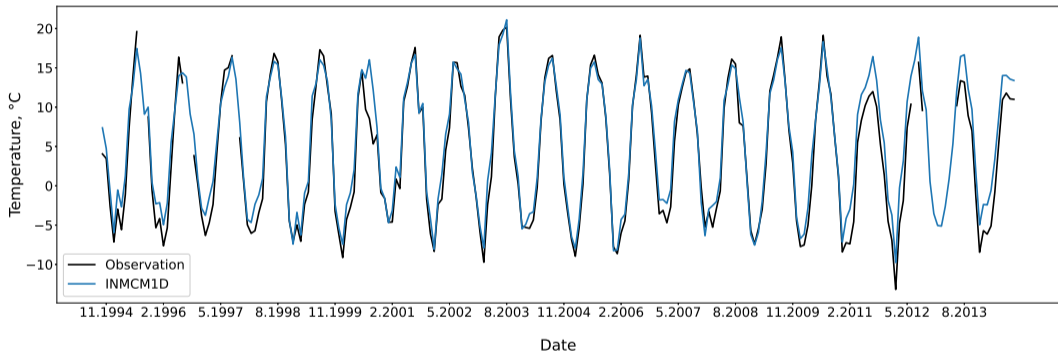
Структура ячейки пространственной сетки

Цели нашего проекта

- ▶ Верификация снежно-почвенного блока климатической модели ИВМ РАН
- ▶ Настройка параметров блока
- ▶ Выделение ключевых параметров для улучшения глобальной версии модели
- ▶ Исследование отклика климатической модели на изменение её параметров

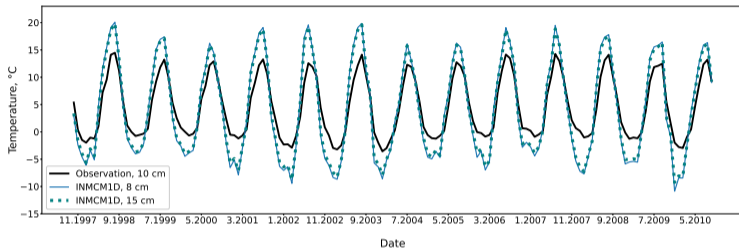
Верификация 1D-модели

Верификация 1D-модели. Температура поверхности

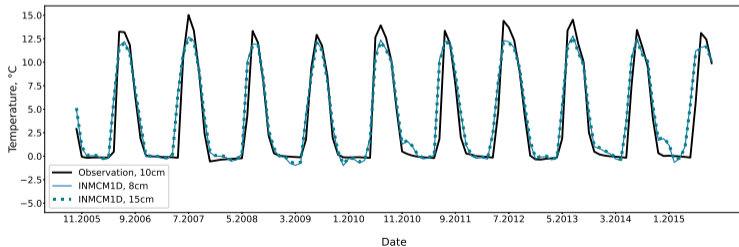


Col de Porte, Франция

Верификация 1D-модели. Температура почвы

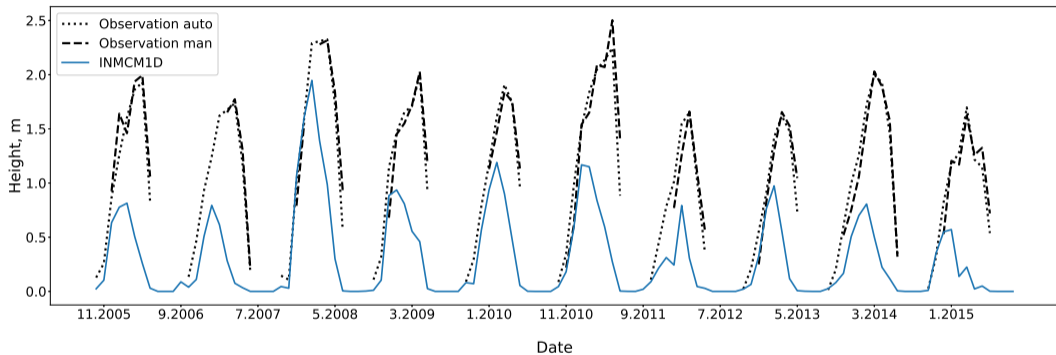


BERM Old Aspen,
США



Swamp Angel,
США

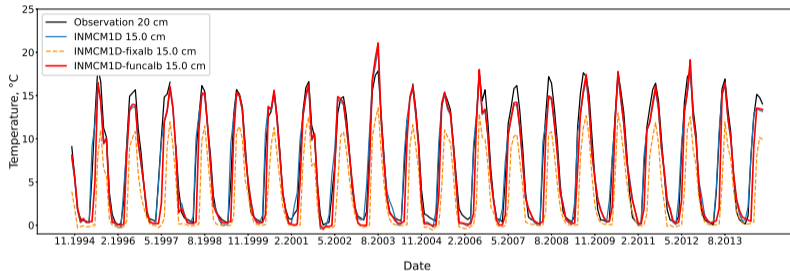
Верификация 1D-модели. Высота снежного покрова



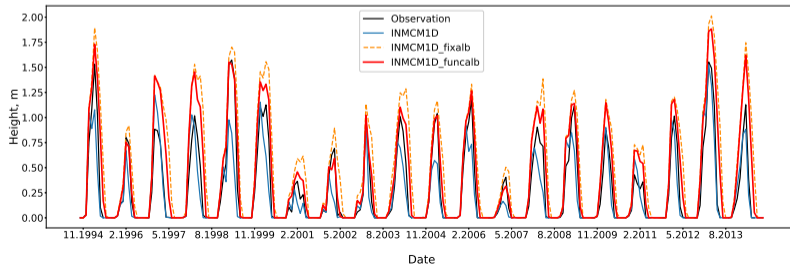
Swamp Angel, США

Настройка 1D-модели

Настройка 1D-модели. Альbedo. Пример хорошего соответствия наблюдениям. Температура почвы и глубина снежного покрова

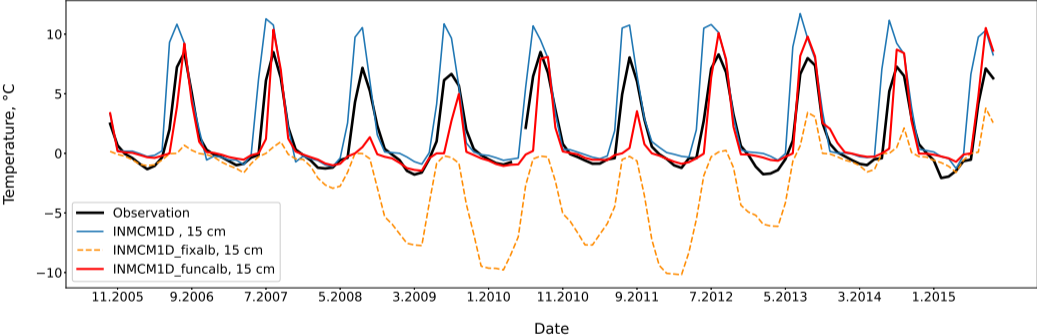


Col de Porte,
Франция



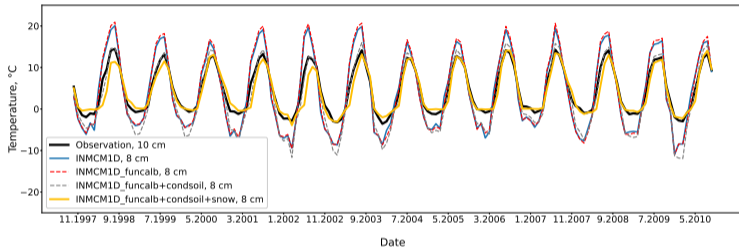
Col de Porte,
Франция

Настройка 1D-модели. Альbedo. Пример плохого соответствия.
Температура почвы

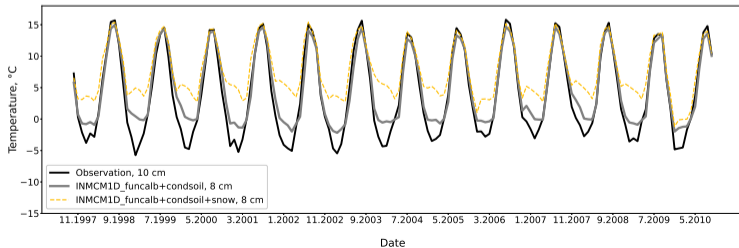


Senator Beck, США

Настройка 1D-модели. Теплопроводность почвы и снега. Температура почвы

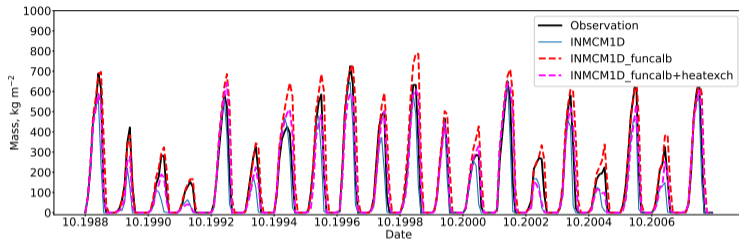


BERM Old Aspen,
США

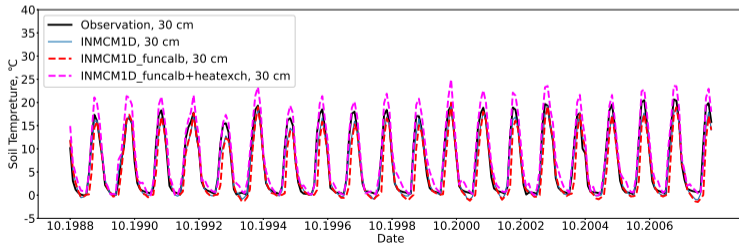


Old Jack Pine,
США

Настройка 1D-модели. Теплообмен почвы с воздухом ($CT=0.0085$). Масса снега и температура почвы

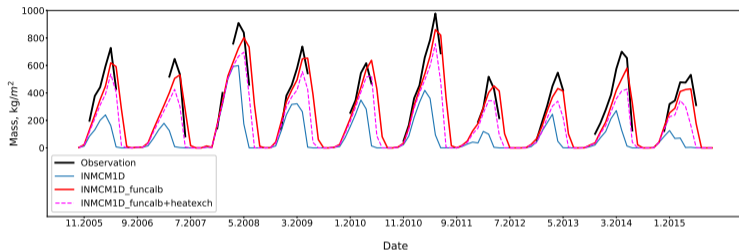


Reynolds Mountain
East, США

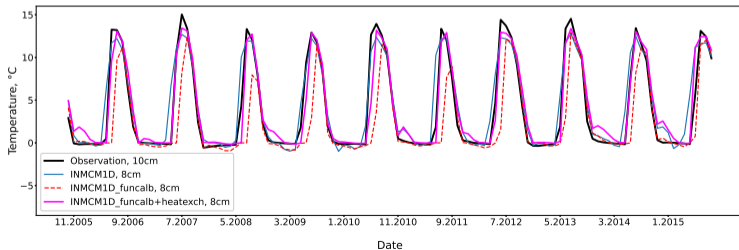


Reynolds Mountain
East, США

Настройка 1D-модели. Теплообмен почвы с воздухом ($CT=0.01$). Масса снега и температура почвы



Swamp Angel,
США



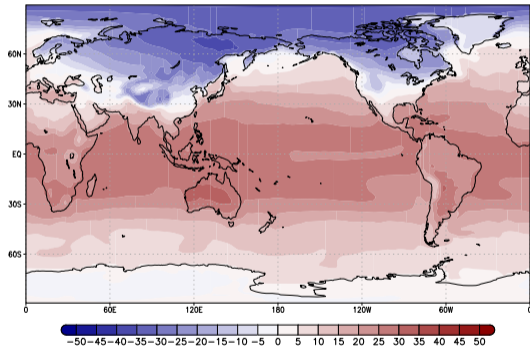
Swamp Angel,
США

Настройка 1D-модели. Результаты

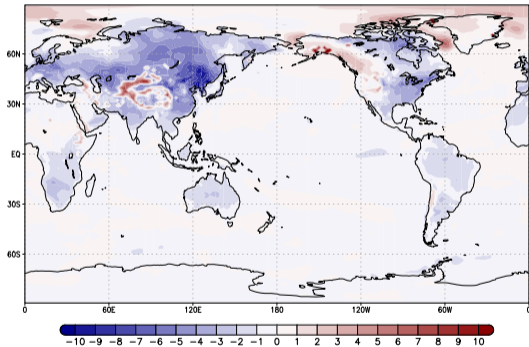
- ▶ Выбрали параметризацию альbedo, учитывающую наличие снега в ячейке
- ▶ Уменьшили теплопроводность верхних слоёв почвы
- ▶ Скорректировали коэффициент теплообмена почвы с атмосферой для горных районов

Глобальная модель

Глобальная модель. Температура поверхности за январь 1997–2002 годов

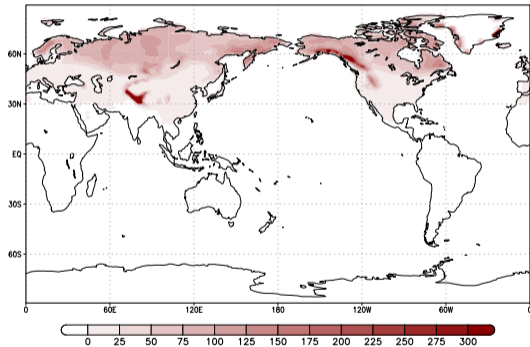


°C (старая модель)

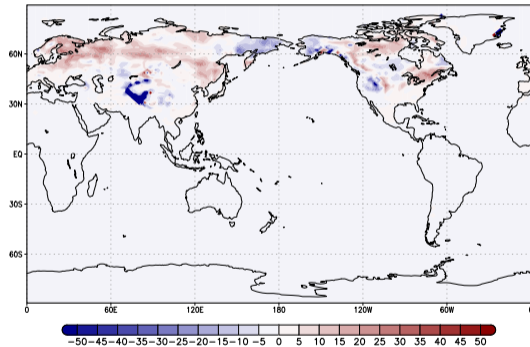


°C (новая модель vs старая модель)

Глобальная модель. Водно-эквивалентная толщина снега за январь 1997–2002 годов

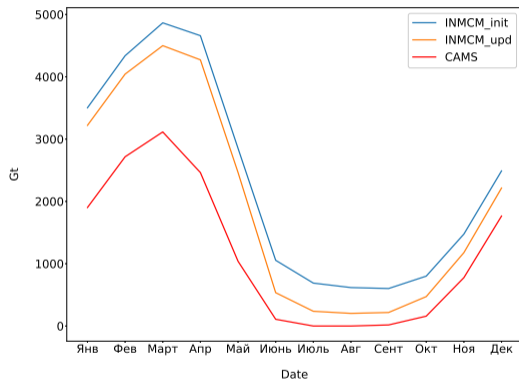


мм (старая модель)

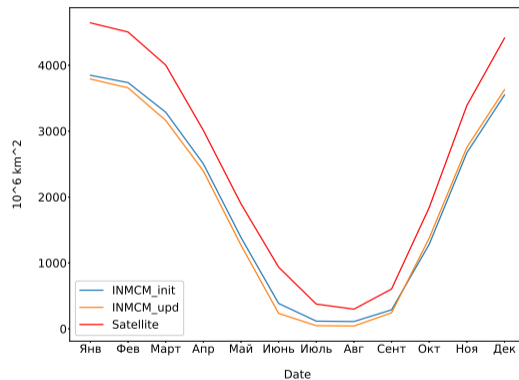


мм (новая модель vs старая модель)

Глобальная модель. Снег



Суммарная масса снега для северного полушария



Суммарная площадь покрытая снегом для северного полушария

Выводы

- ▶ Провели серию аналогичных SnowMIP экспериментов с INM-CM 1D
- ▶ Сравнили результаты работы 1D-модели с данными измерений, выявили ключевые параметры:
 - ▶ альbedo поверхности
 - ▶ теплопроводность верхних слоёв почвы
 - ▶ коэффициент теплообмена почвы с воздухом в горных районах
- ▶ Провели сравнение результатов расчётов двух версий климатической модели (старой и новой с изменениями в параметризациях):
 - ▶ улучшилась оценка суммарной массы снега для северного полушария
 - ▶ климат в зимние месяцы в северном полушарии стал холоднее
 - ▶ уменьшилась водно-эквивалентная толщина снега в горных регионах



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!