

Вычисление частоты молний по статистическим характеристикам атмосферной конвекции

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

МЕЖДУНАРОДНАЯ БАЙКАЛЬСКАЯ МОЛОДЕЖНАЯ НАУЧНАЯ
ШКОЛА ПО ФУНДАМЕНТАЛЬНОЙ ФИЗИКЕ

2019

Схема Прайса – Ринда

$$f = C h^{\alpha}$$

f - частота молний (ЧМ) на единицу площади

h – высота верхней границы конвективных облаков

Показатель степени α и коэффициент C различны для облаков континентального и морского происхождения ($\alpha = 4.9$ и $\alpha = 1.7$ соответственно)

Проблемы параметризации молниевой активности в КМПС

- Шаг по времени в КМПС 10^5 - 10^6 с
- Шаг вычислительной сетки $\sim 10^8$ м
- Характерное время жизни конвективных облачных систем 10^3 - 10^4 с
- Характерный пространственный масштаб $\sim 10^4$ м

Вывод: невозможно разрешить явно отдельные конвективные облака или даже отдельные системы таких облаков, необходим переход к статистическим ансамблям таких систем.

Модификация схемы

1. $h \sim$ гамма-распределение
с параметром формы $a > 1$
и параметром масштаба b

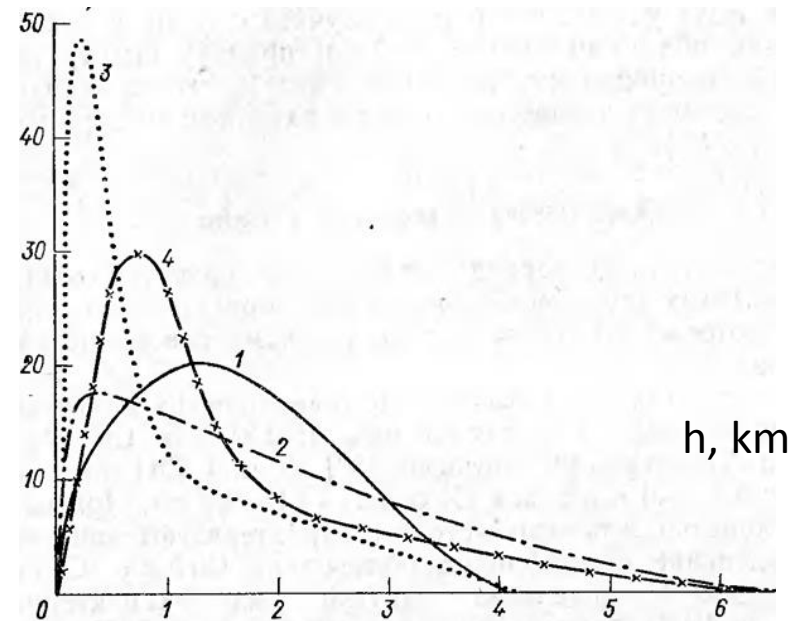
- средняя высота облаков

$$H = a b$$

- стандартное отклонение
высоты облаков $\sigma = a^{1/2} b$

- коэффициент вариации

$$k = \sigma / H = a^{-1/2} (k < 1)$$



Гистограмма распределения
верхних границ облаков
[Мазин, Хргиан, 1989]

Модификация схемы

2. При построении статистической выборки для различных $1 \text{ км} \leq H \leq 20 \text{ км}$ и $0 \leq k \leq 1$ дополнительно предполагалось, что $h \leq h_{max} = 20 \text{ км}$

3. $\langle f \rangle = C \langle h^\alpha \rangle$

4. При каждом значении k показатель степени α определялся с использованием линейной регрессии $\ln \langle f \rangle$ на $\ln H$.

Полученная зависимость показателя степени α от коэффициента вариации k для функции распределения вероятности высоты конвективных облаков.

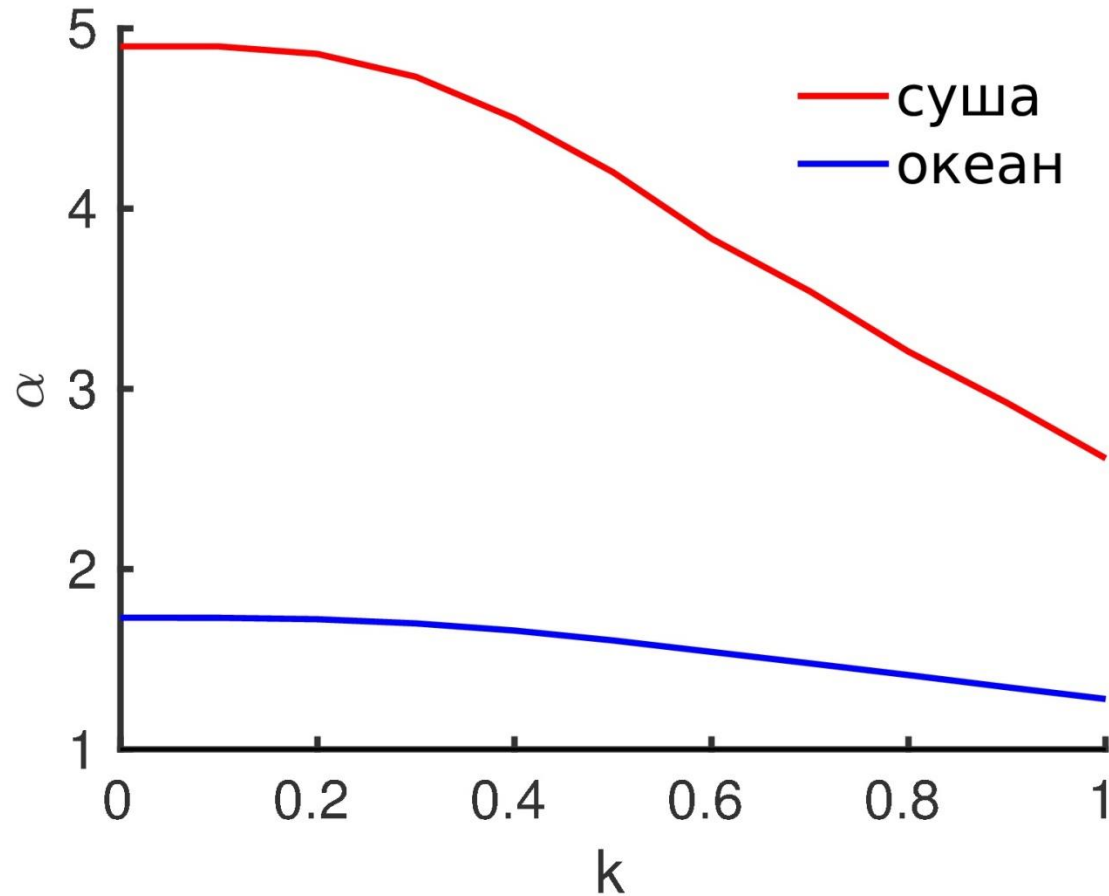


Схема используемая в КМ ИФА РАН

$$f = C h^\alpha n_{co}$$

n_{co} - количество конвективных облаков в вычислительной ячейке

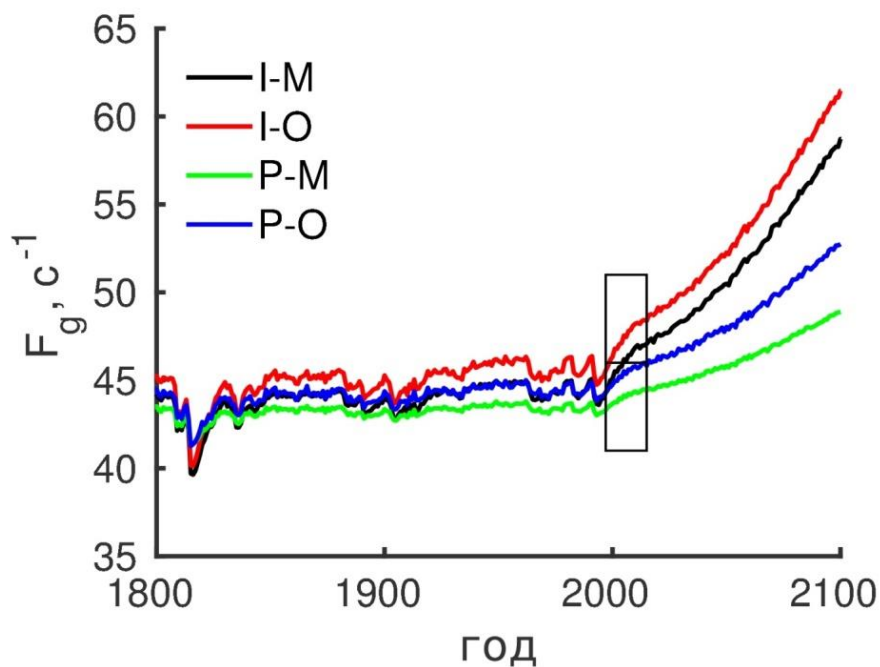
$\alpha=2.6$ над сушей

$\alpha=1.3$ над океаном

} случай $k=1$

Константа C подбирается для глобальной корректной частоты молний

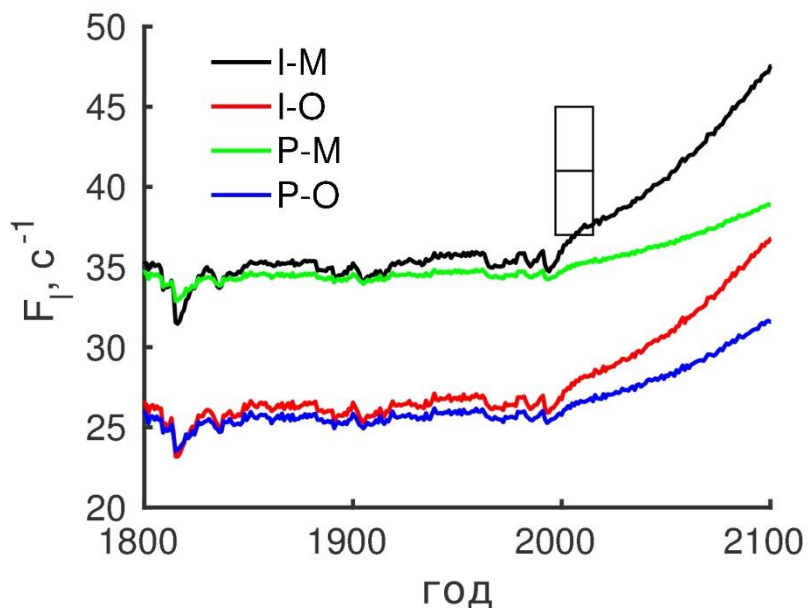
Среднегодовая частота молний в численных экспериментах с КМ ИФА РАН.



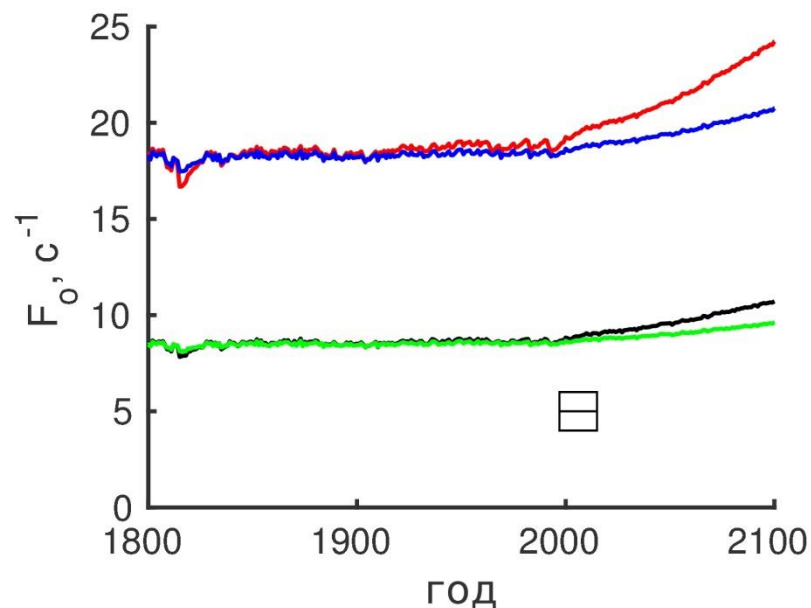
- Версия I-M: полная модель
- Версия I-O: полная модель с показателями степени из [Price, Rind; 1992]
- Версии P-M и P-O - расчеты с многолетним средним n_{CO} для доиндустриального периода

Среднегодовая частота молниевых вспышек в численных экспериментах с КМ ИФА РАН.

Над сушей

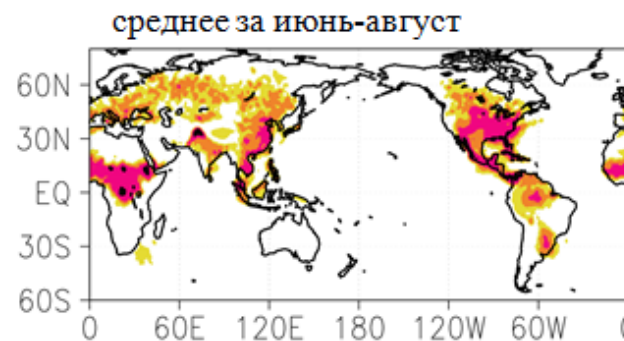
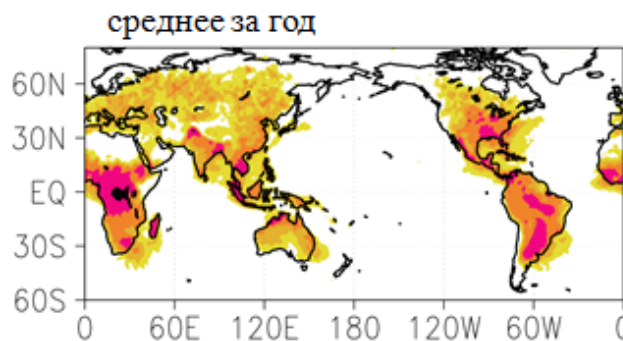


Над океаном

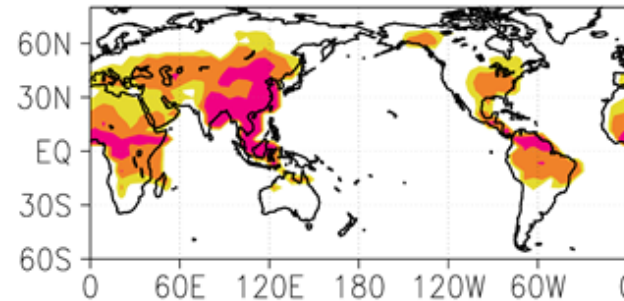
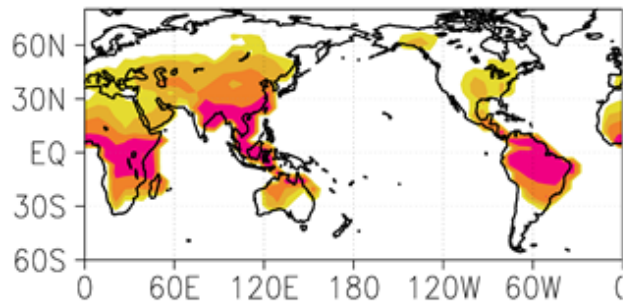


Частота молний в 1995-2014 гг.

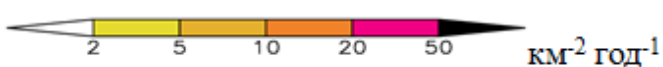
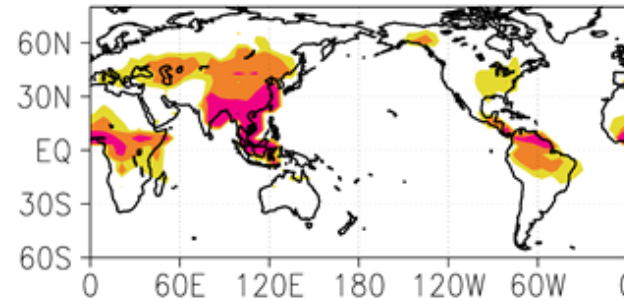
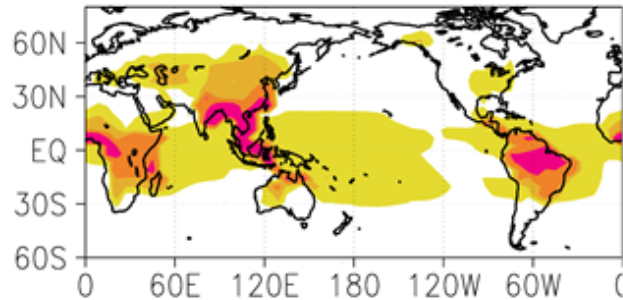
LIS/OTD



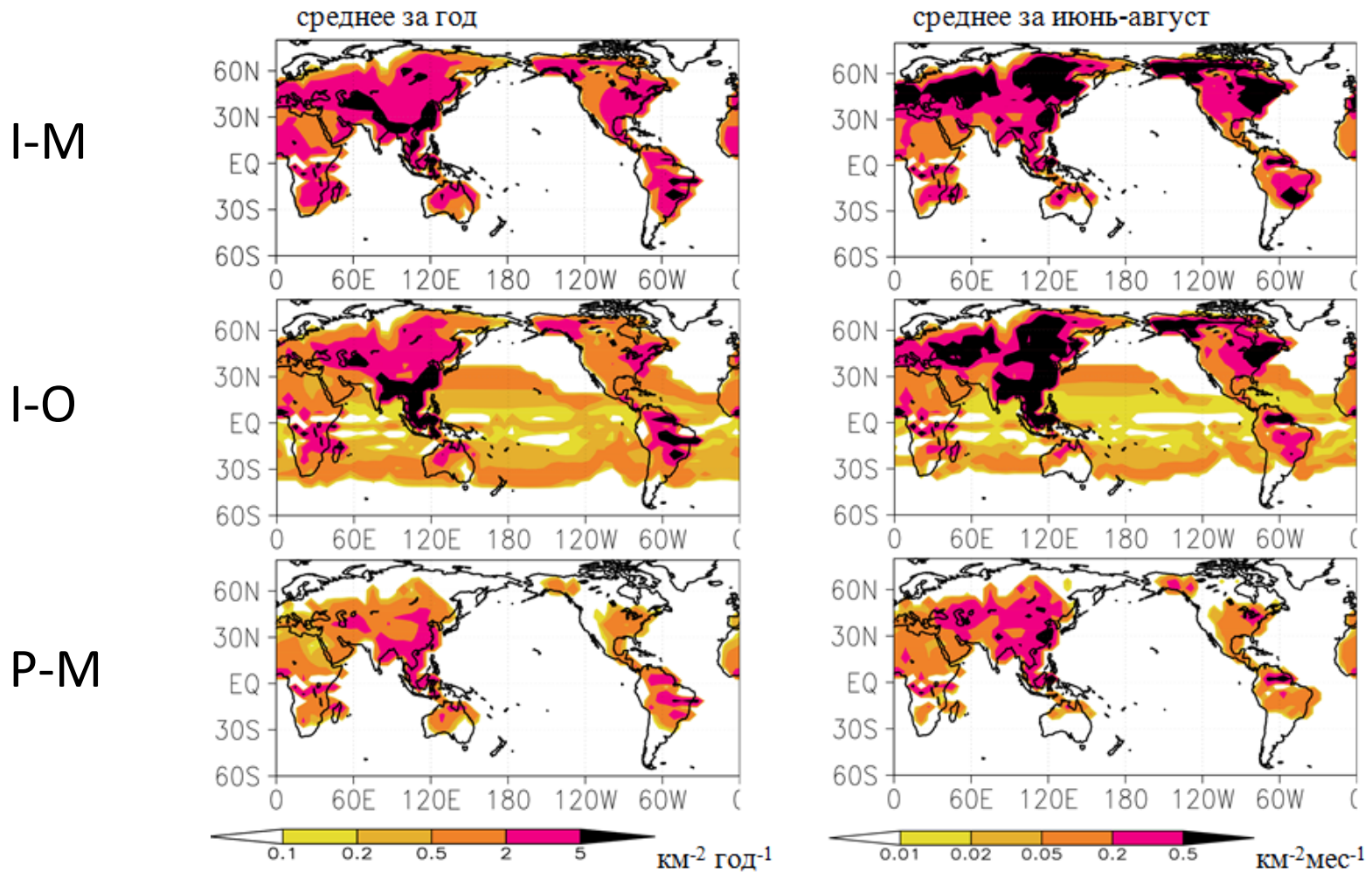
I-M



I-O



Изменение частоты молний от 2014 г. до 2100 г.



Выводы

- Разработана модификация распространённой схемы [Price,Rind;1992] для вычисления частоты молний.
- Пространственно-временное осреднение приводит к понижению показателя степени в зависимости частоты молний от высоты верхней границы грозовых облаков.
- Модифицированная версия схемы внедрена в КМ ИФА РАН, с которой проведены численные эксперименты в соответствии с CMIP5 и RCP8.5.
- Результаты расчётов характеристик молниевой активности с модифицированной схемой лучше согласуются со спутниковыми данными для ЧМ, чем с исходной версией.
- Чувствительность частоты молний к изменению приповерхностной температуры атмосферы на глобальном уровне получена равной 10%/К.