

**Пространственно-временные изменения высоты
Гренландского ледникового щита по данным измерений
радиоальтиметров со спутников ERS-1 и ERS-2**

**Хворостовский К.С.
Бобылев Л.П.
Йоханнесенн О.М.**

Актуальность

В связи с глобальным изменением климата исследования Гренландского ледникового щита приобрели особую значимость, по крайней мере, по двум причинам:

- **полное таяние ледникового щита приведет к повышению глобального уровня Мирового океана на 7 метров, что произойдет в случае увеличения температуры воздуха в Гренландии на $\sim 3^{\circ}\text{C}$, которое прогнозируется до окончания этого столетия.**
- **усиление таяния Гренландского ледникового щита и стока пресной воды в северные районы Атлантического океана вызовет ослабление течения Гольфстрим в высоких широтах и может привести к разрушению глобальной термохалинной циркуляции в течение нескольких десятилетий.**

Изменение высоты Гренландского ледникового щита, характеризующее его баланс массы, связано с вышеуказанными процессами

Источники данных и методология

Источники данных измерений радиоальтиметров со спутников ERS-1 (с 1992 по 1996 гг.) и ERS-2 (с 1995 по 2003 гг.):

- Goddard Space Flight Center (NASA)
- ESRIN (ESA)

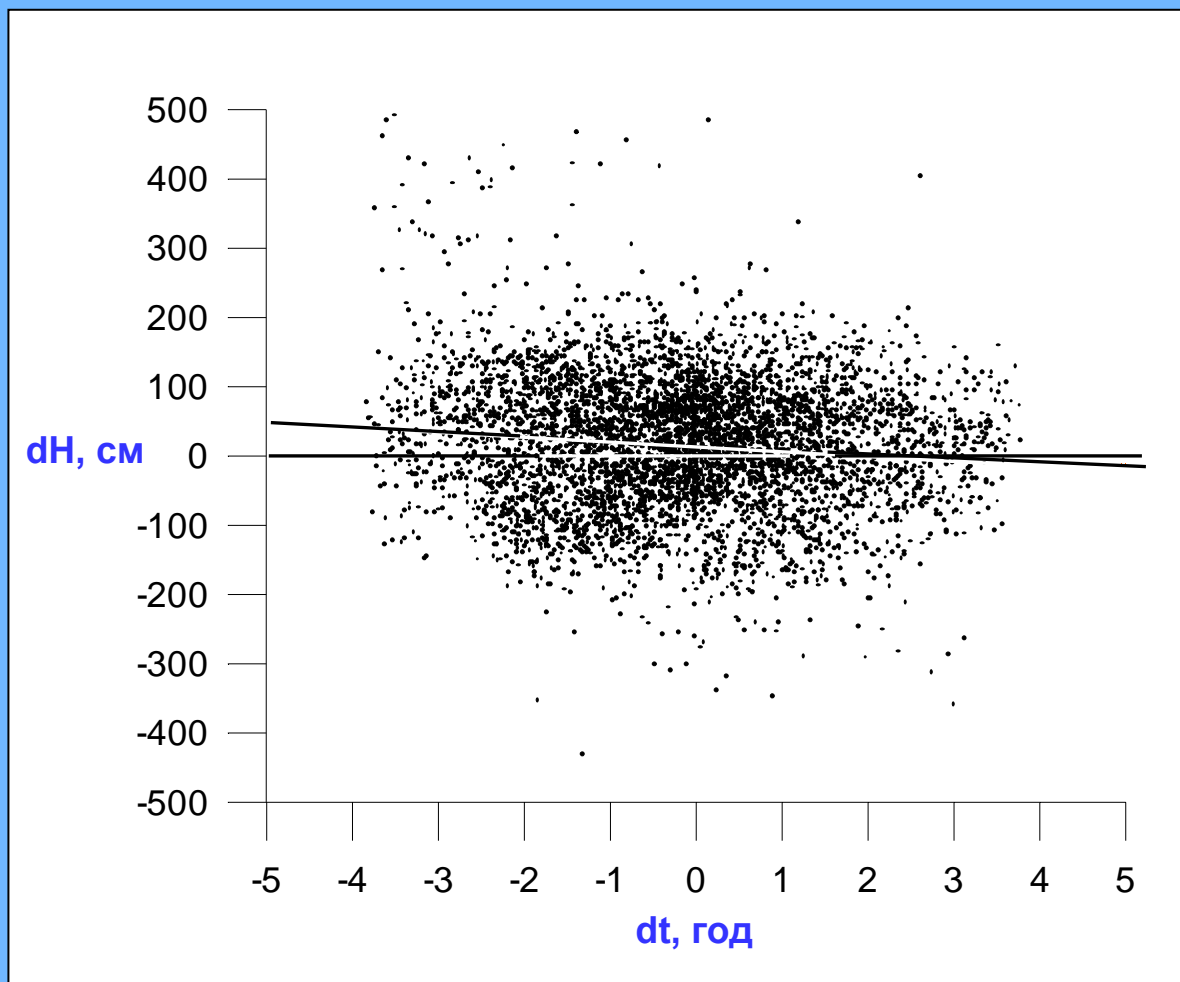
Для оценки изменения высоты были применены два метода, основанные на использовании разности измерений высоты в точках пересечения орбит спутников (использовалось 45 миллионов точек пересечения орбит):

- dH/dt-метод – для оценки средней скорости изменения высоты за весь рассматриваемый период времени
- метод временных рядов – для построения средне-сезонных временных рядов изменения высоты

Изменение высоты оценивалось для ячеек 0.5° широты на 1° долготы

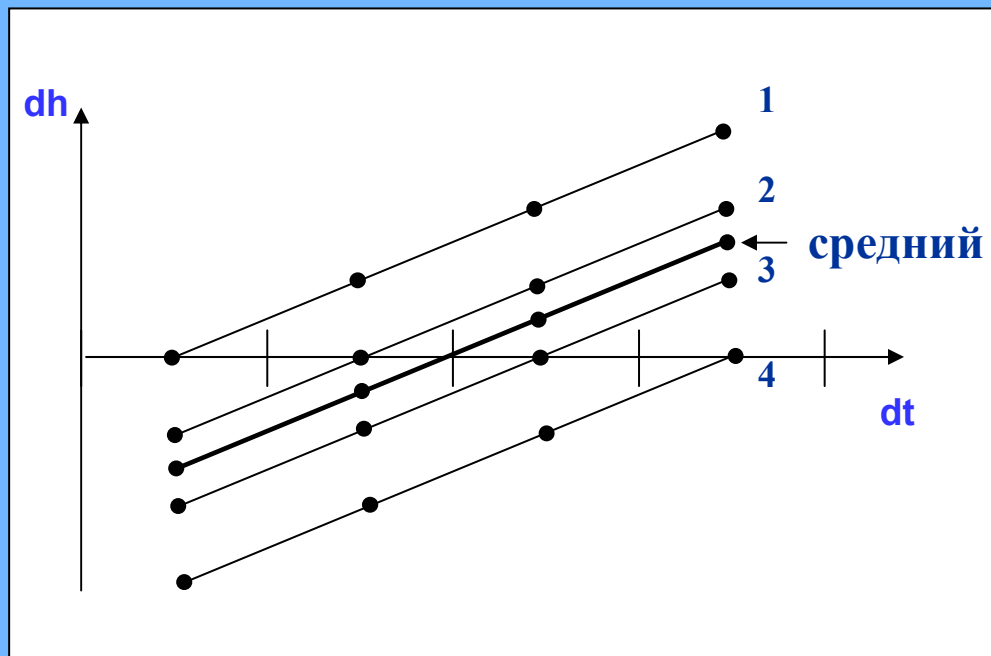
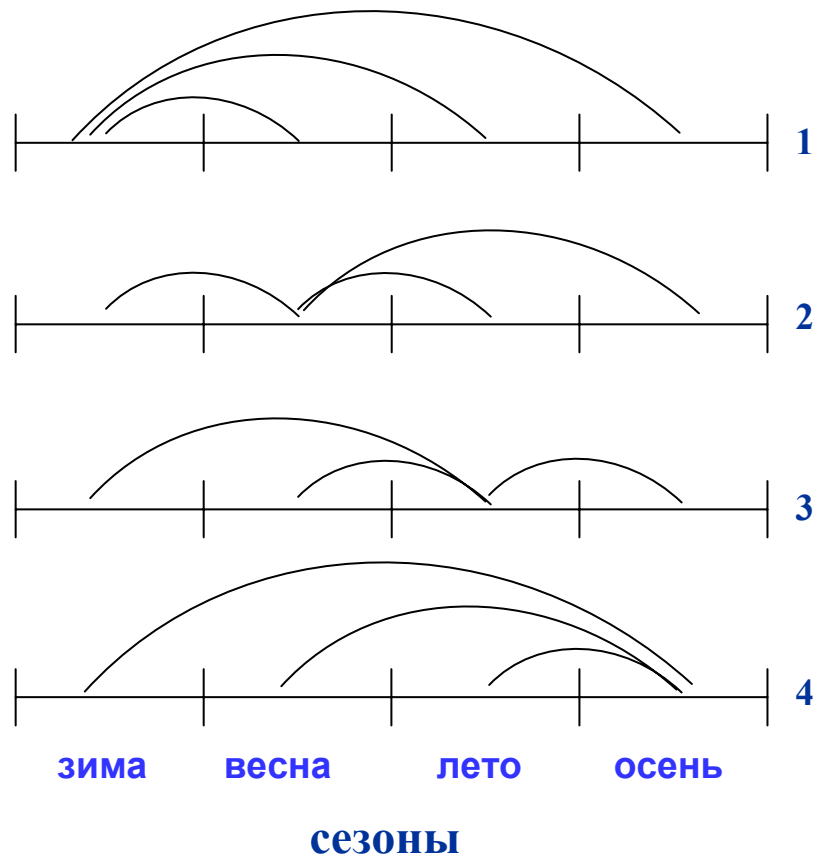
Методы расчета изменения высоты

dH/dt -метод

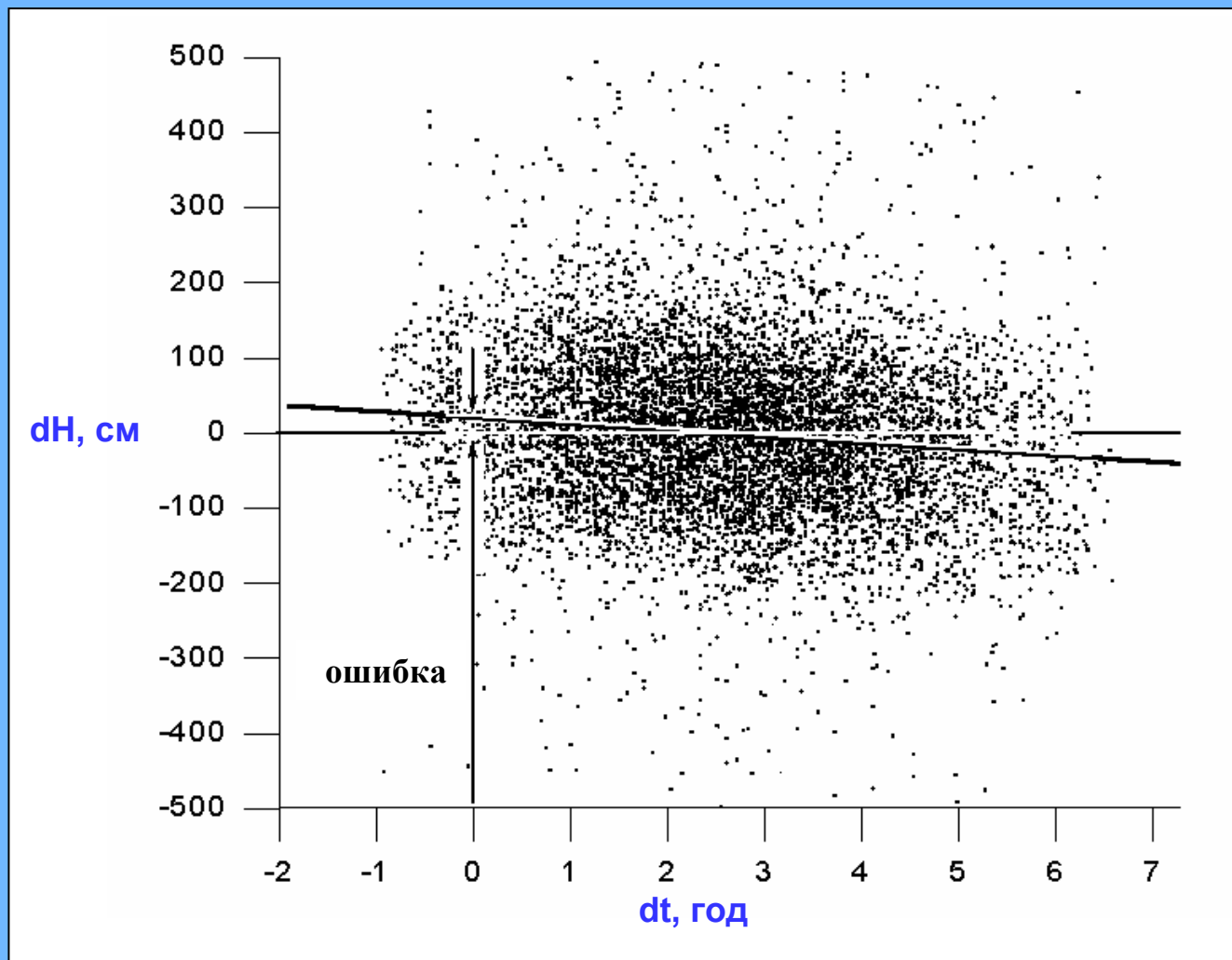


Методы расчета изменения высоты

Метод временных рядов



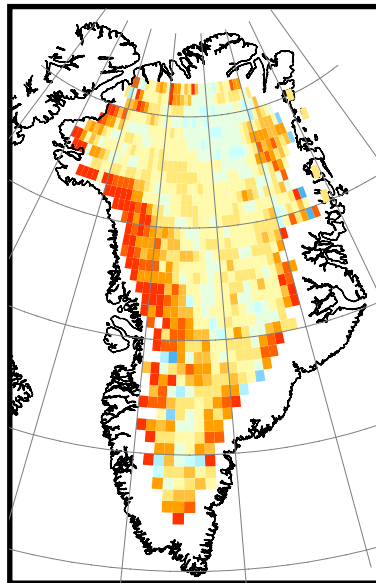
Метод определения систематической ошибки разности измерений со спутников ERS-1 и ERS-2



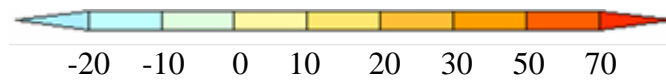
Систематическая ошибка разности измерений со спутников ERS-1 и ERS-2

Использованные данные: точки пересечения орбит ERS-1 с орбитами ERS-2
(ERS-1: 1992-1996, ERS-2: 1995-1999)

Ошибка разности



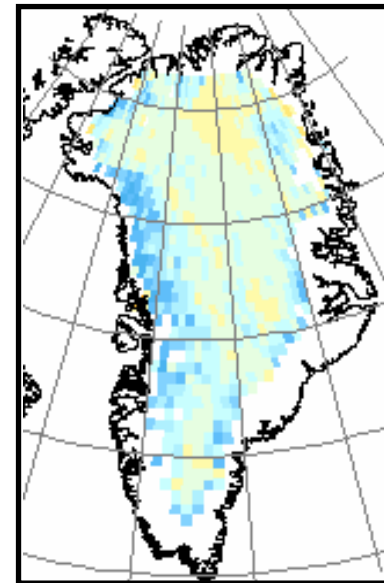
21.5 ± 1.2 см



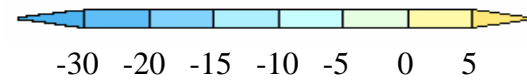
-20 -10 0 10 20 30 50 70

dH, см

Влияние ошибки разности на
оценку изменения высоты
(ERS-2 – ERS-1) – (нисх. – восх.)



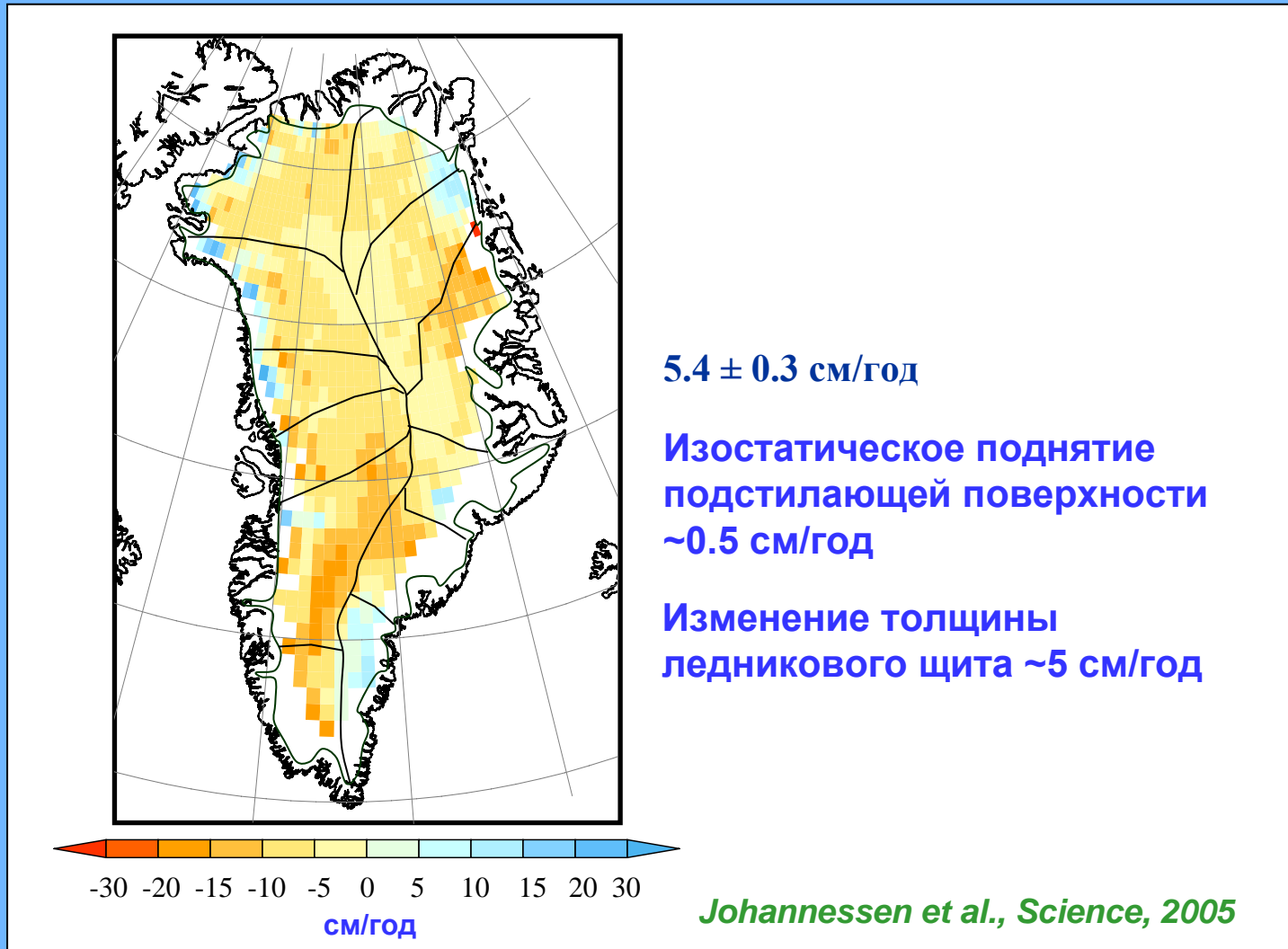
$-6,7 \pm 0,4$ см/год



-30 -20 -15 -10 -5 0 5

dH/dt, см/год

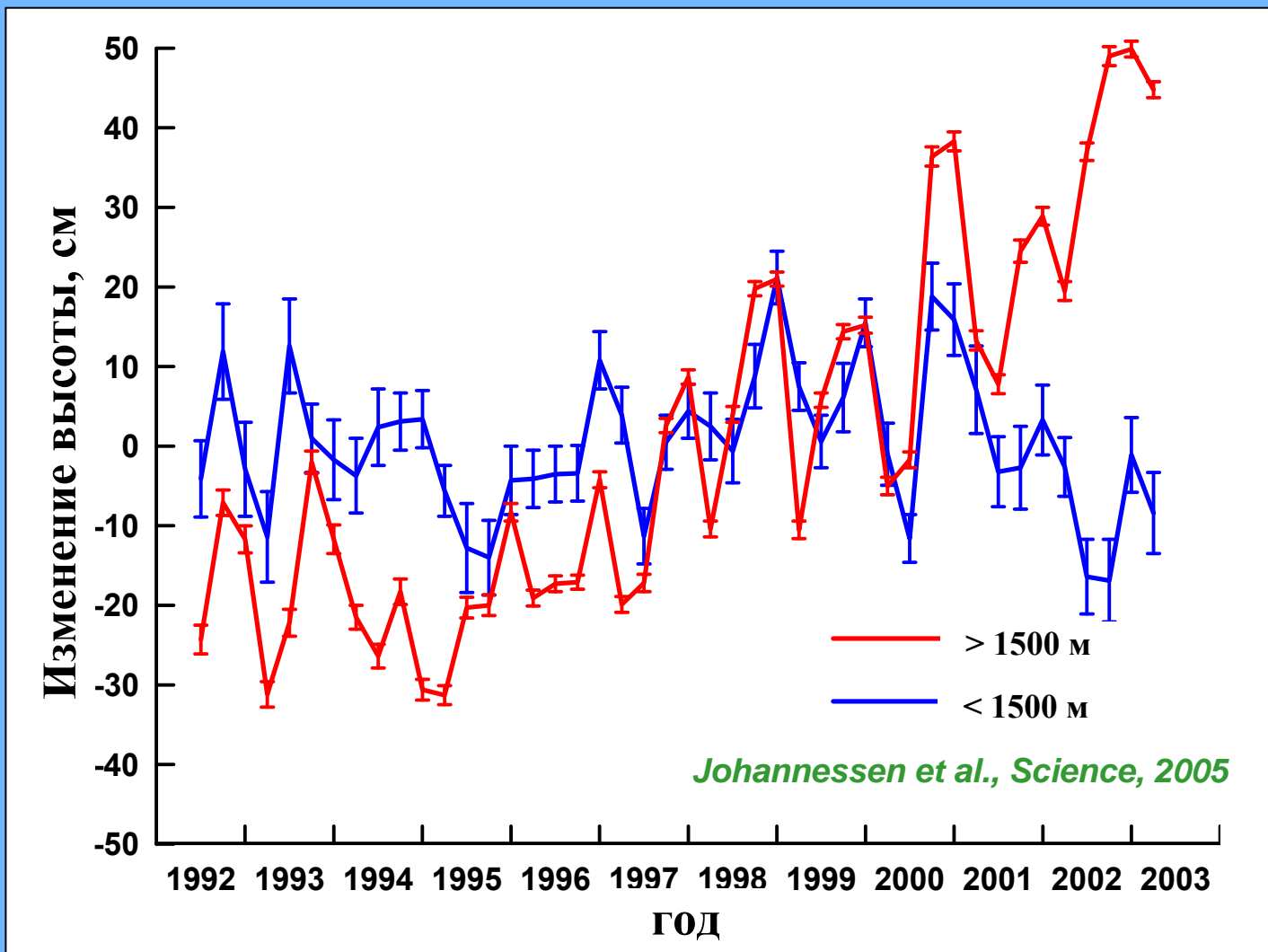
Изменение высоты поверхности с 1992 по 2003 гг. по данным измерений спутников ERS - 1 и ERS - 2



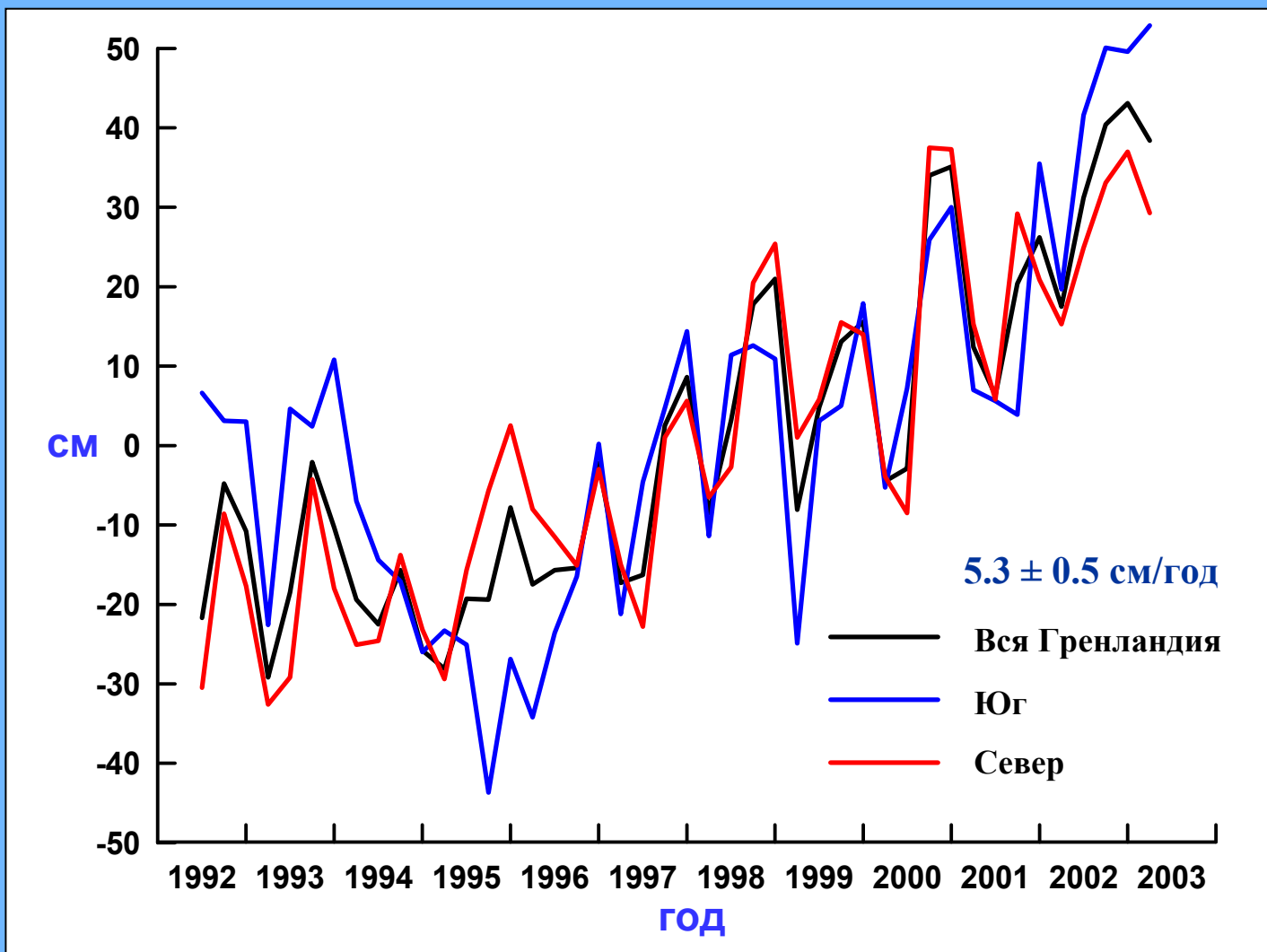
Скорость изменения высоты поверхности для различных диапазонов высот

Диапазон высот, км	dh/dt , см/год	Станд. ошибка, см/год	Площадь, $10^3 * km^2$
<1.5	-2.0 ± 0.9	0.4 ± 0.04	155.1
1.5-2	5.6 ± 0.5	0.3 ± 0.03	228.2
2-2.5	7.0 ± 0.4	0.2 ± 0.02	398.9
2.5-3	6.4 ± 0.3	0.2 ± 0.01	458.3
>3	5.5 ± 0.3	0.1 ± 0.01	140.3
Все диапазоны	5.4 ± 0.3	0.2 ± 0.01	1380.7

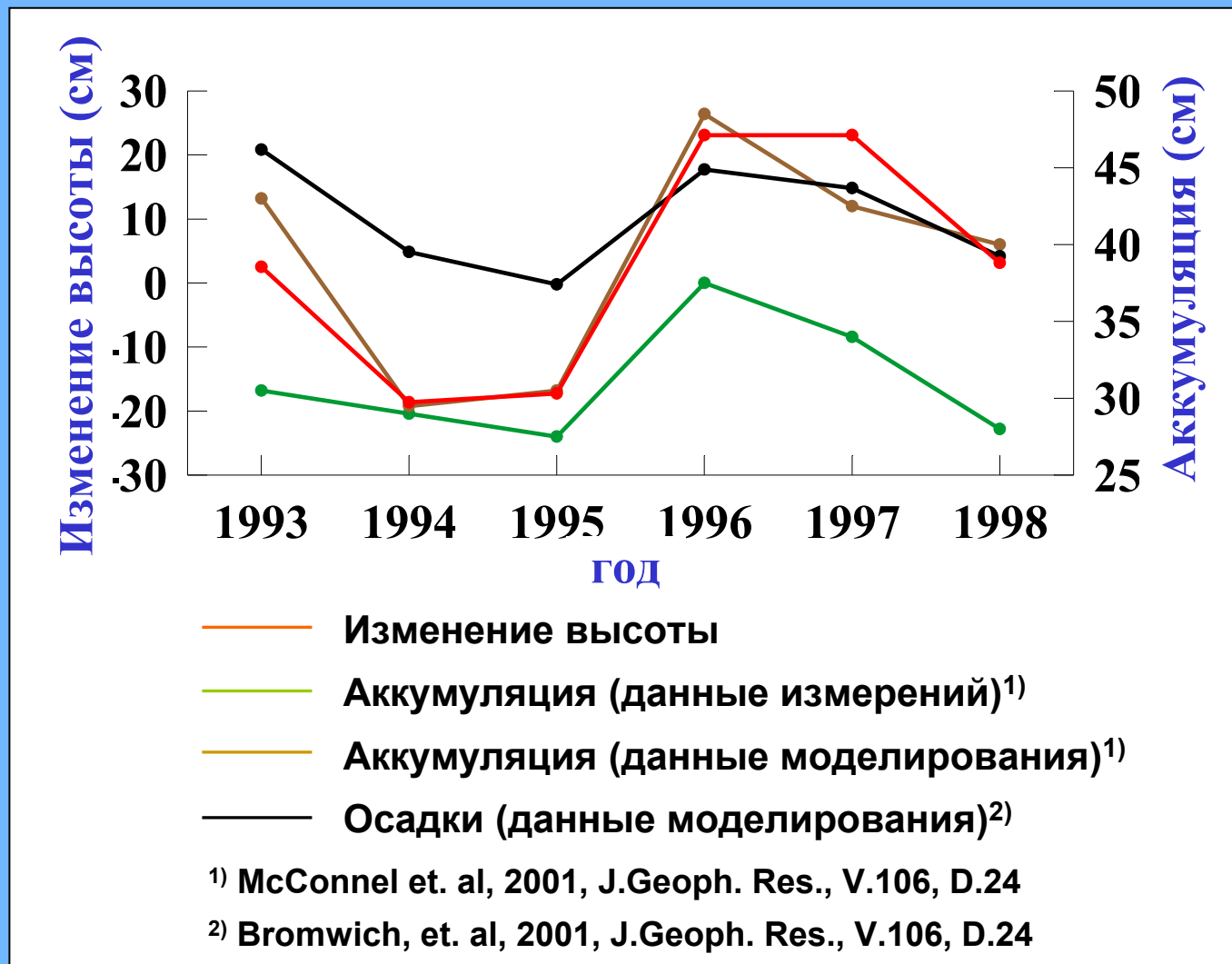
Временные ряды средне-сезонного изменения высоты



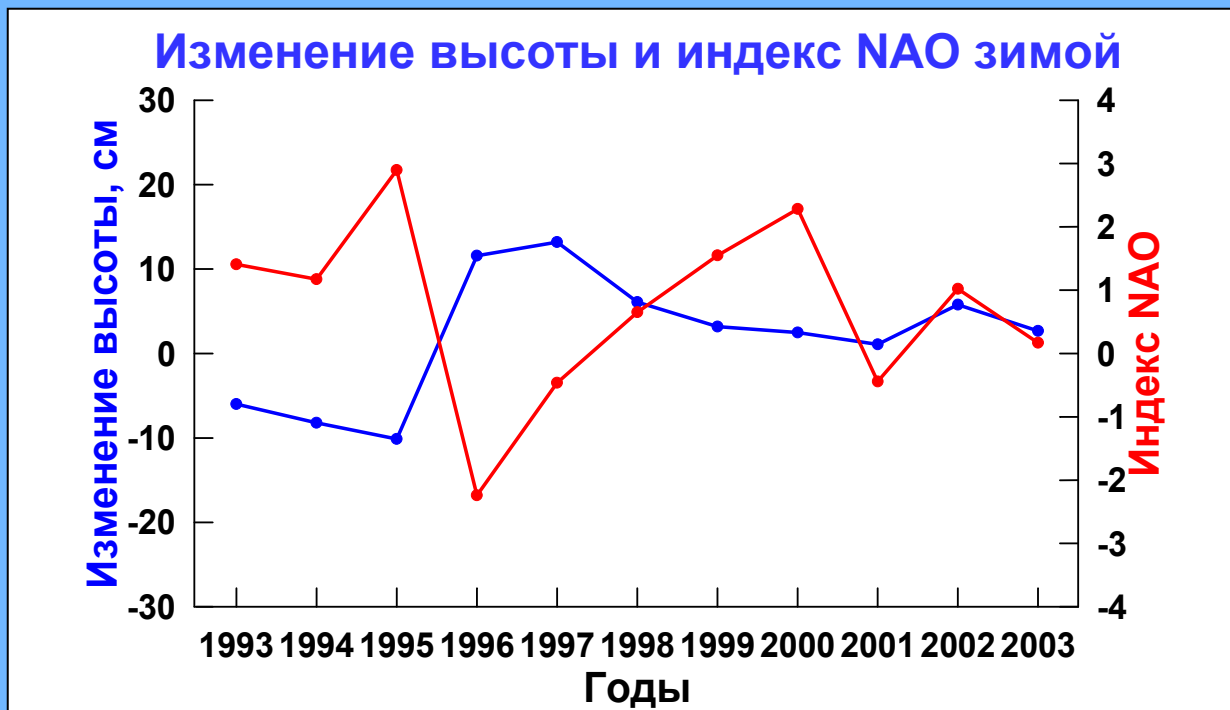
Временные ряды средне-сезонного изменения высоты



Годовые изменения высоты поверхности и аккумуляции снега в возвышенных районах южной части Гренландии



Изменение высоты Гренландского ледникового щита зимой и его связь с атмосферной циркуляцией



Выводы

- ➔ Выявлен рост высоты поверхности Гренландского ледникового щита с 1992 по 2003 гг. со скоростью 5.4 см/год
- ➔ Увеличение высоты поверхности наблюдается во внутренних районах ледника, тогда как в приграничной зоне выявлено ее уменьшение
- ➔ Показано важность значения Северо-Атлантического колебания (NAO) и Исландского барического минимума для баланса массы Гренландии в зимние месяцы