

**Проект «ИНТЕГРАЛ»  
(интерферометрические исследования  
изменений и реологии ледников)**

В.П.Синило, А.И.Захаров

ФИРЭ РАН



Проект «ИНТЕГРАЛ»- это  
*STREP* проект, финансируемый Еврокомиссией в рамках  
программы FP6,

Приоритет 4: *Аэронавтика и космос. Безопасность и  
глобальный мониторинг окружающей среды.*

Номер контракта SST3-СТ-2003-502845

(2004-2007 гг.)



# Общие задачи проекта ИНТЕГРАЛ

- Продвижение современных технологий автоматизированных технологий обнаружения, точных измерений и анализа движения и деформации ледовых масс больших Европейских ледников с использованием методов радарной альтиметрии и интерферометрии в обеспечение исследований окружающей среды и экономической деятельности в нивальных регионах.
- Повышение детальности, точности, полноты и гибкости ледниковых интерферометрических моделей без привлечения сложных приемов обработки.
- Демонстрация новых преимуществ дифференциальной радарной интерферометрии для оперативной обработки при использовании как существующих, так и перспективных радарных систем типа E-SAR, ERS-1/2, SRTM, ENVISAT, RADARSAT-1, 2, 3, ALOS и CRYOSAT.

# Конкретные задачи проекта ИНТЕГРАЛ

- Критический анализ известных методов дистанционного зондирования в исследованиях ледников и пропаганда новых подходов, основанных на использовании данных самолетной и спутниковой интерферометрии.
- Создание новых и модернизация существующих алгоритмов и программных средств моделирования динамики ледников на основе дифференциальной радарной интерферометрии, включая фазоградиентные методы моделирования морфологии и реологии ледников, трансференциальные методы измерения фронтальных скоростей шельфовых ледников, корреляционные методы измерения крупномасштабных некогерентных подвижек и комбинации этих методов.
- Создание методов геометрической коррекции и объединения данных альтиметров с интерферометрическими данными с целью точного геокодирования и уточнения информационного содержания моделей ледников.

# Конкретные задачи проекта ИНТЕГРАЛ (продолжение)

- Обнаружение, измерение и интерпретация подвижек ледников и численное моделирование в региональном и локальном масштабе пространственно-временных вариаций, величины и направления смещений, скорости, флуктуаций баланса масс ледника.
- Верификация результатов и контроль точности в полевых измерениях на тестовых участках с использованием высокоточного геодезического оборудования и методов..
- Создание и распространение новых типов данных на основе данных радарной интерферометрии – реологических моделей (велограммы, флаксограммы) и морфологических моделей (карты уклонов, топограммы), карты баланса масс и др.
- Передача новых технологий конечному потребителю.

## Список участников проекта «ИНТЕГРАЛ»

**JR\_DIB** – Институт цифровой обработки сигналов – Грац, Австрия

**UCL** - Лондонский Университет – Англия

**LEGOS** - Лаборатория геофизики и океанографии – Тулуза, Франция

**GAMMA** – Институт дистанционного зондирования - Gamma – Мюри, Швейцария

**ENVEO** - Институт исследования окружающей среды - Инсбрук, Австрия

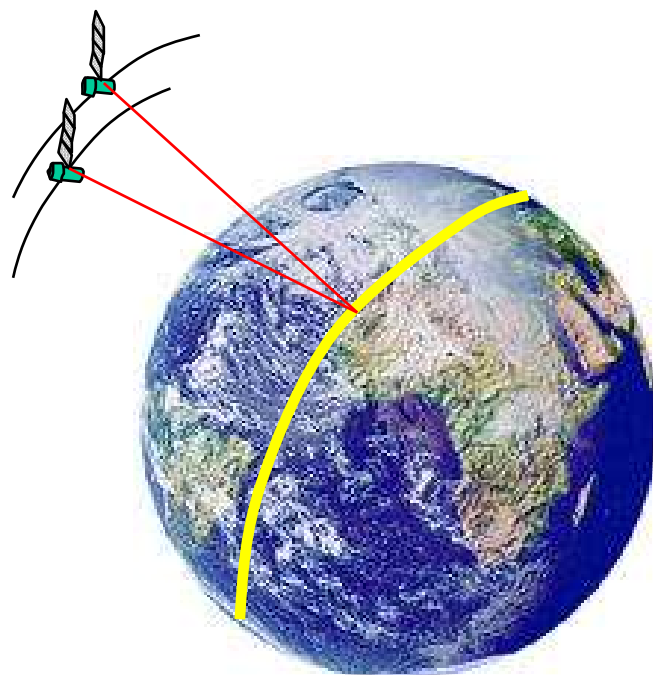
**NPI** - Норвежский полярный институт - Тромсе, Норвегия

**SPRI** - Институт полярных исследований им. Скотта – Кембридж, Англия

**ИРЭ РАН** – Фрязино, Россия

**NVE** - Норвежский директорат водных ресурсов и энергетики – Осло, Норвегия

## Идея метода радарной интерферометрии



- Съёмка с близких параллельных орбит
- Разность фаз полученных сигналов зависит от разности расстояний до цели
- Карта разности фаз называется интерферограммой
- Разность фаз зависит от вариаций высот рельефа и динамики подстилающей поверхности

$$\Delta\varphi = \frac{4\pi}{\lambda} \Delta R$$

# Используемые данные дистанционного зондирования

## **Радиолокационная информация :**

ERS 1/2 SAR  
ENVISAT ASAR  
RADARSAT  
Shuttle SRTM  
ESAR, JERS-1

## **Высотомерная информация :**

ERS RA1  
ENVISAT RA2  
ICESat GLAS

## **Оптическая информация :**

CORONA-KH-4A  
LANDSAT  
ASTER-VNIR  
MODIS  
NOAA-A VHRR



## Тестовые участки

1. Северная часть Новой Земли	NNZ
2. Ледник Шокальского	SHO
3. Ледниковый щит Аустфонна	AID
4. Ледники Конгсвеген и Кронебреен	K&K
5. Земля Франца Иосифа	FJL
6. Остров Жана Маена	JMI
7. Ледяные купола острова Свартизен	SV
8. Ледник Пастерце	PA
9. Ледник Унтераа	UA

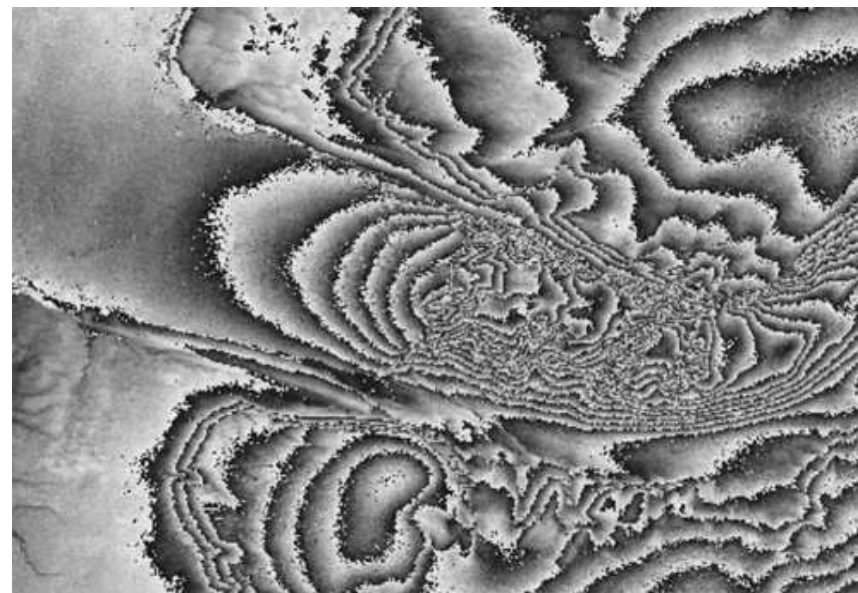
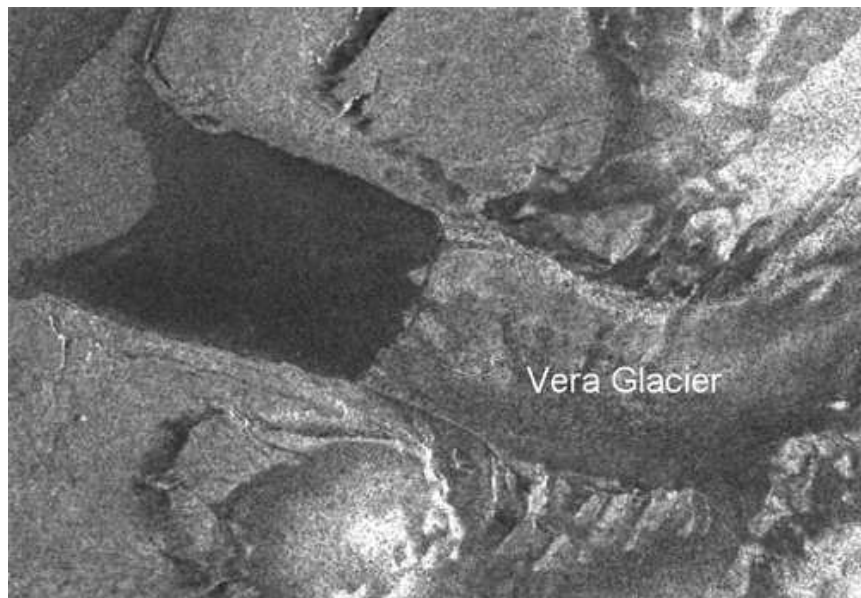
## Экспедиции

Аустфона	апрель-май 2004	NPI
	апрель-май 2005	NPI
	апрель-май 2006	NPI
Консвеген	апрель-май 2004	NPI
Свартизен	май 2004	NVE
	май / сентябрь 2005	NVE
Пастерце	август / сентябрь 2004	JR_DIB
	июль 2005	JR_DIB
Юг Шпицбергена	март / апрель 2006	JR_DIB

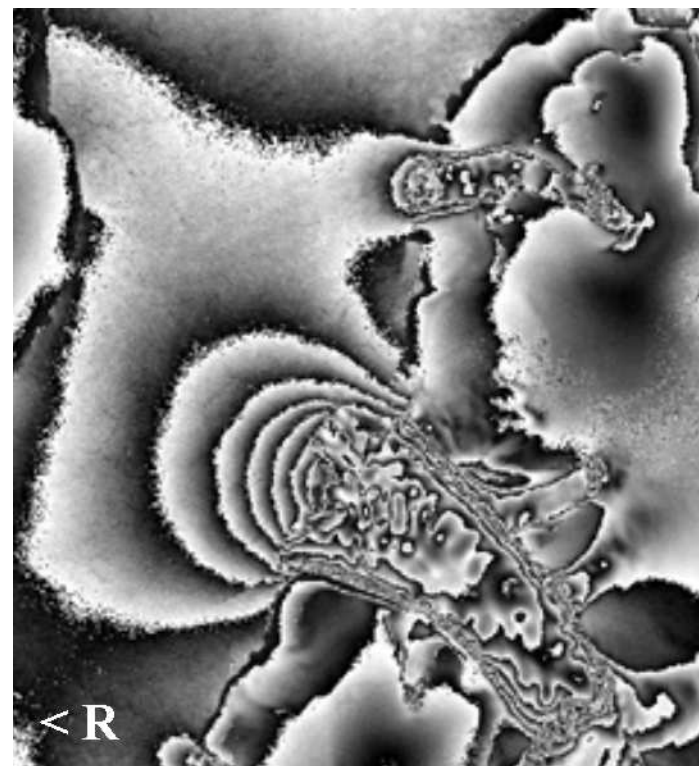
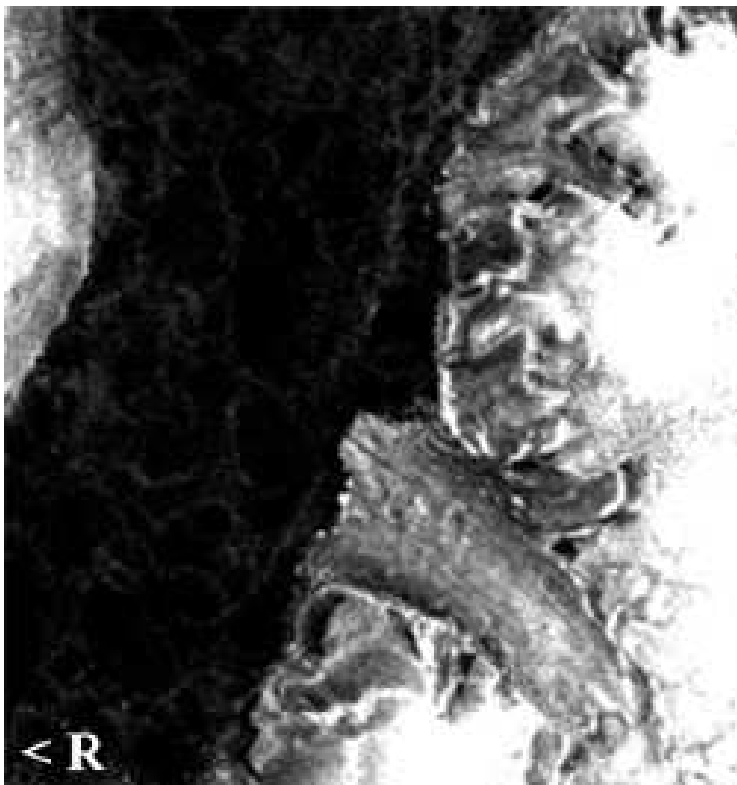
# Новая Земля. Ледник Вера.



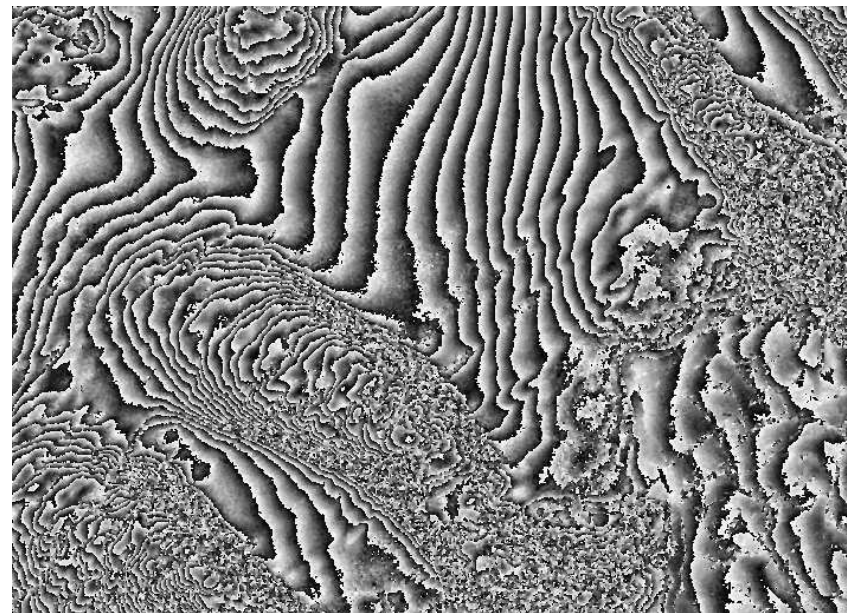
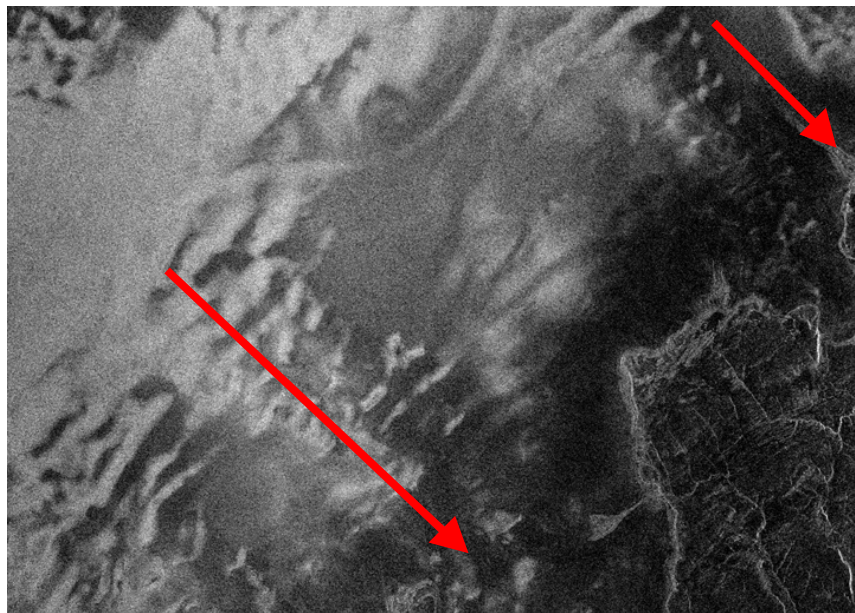
Новая Земля. Ледник Вера.  
Амплитудное изображение и интерферограмма  
по данным ERS-1/2



Земля Франца-Иосифа. Ледник Стремительный.  
Данные ERS-1/2

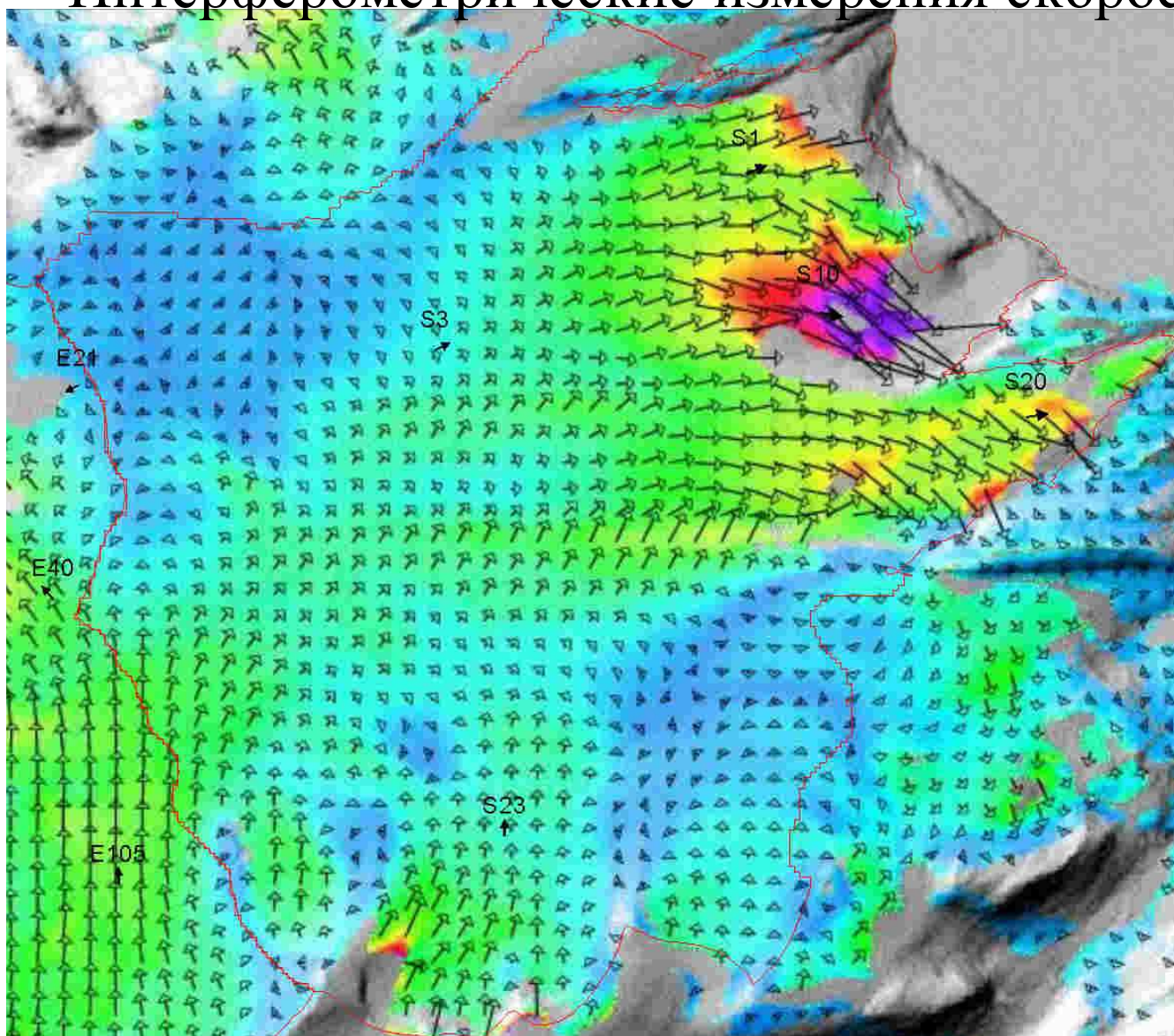


Восточное побережье Новой Земли.  
Данные JERS-1.



# Восточный Шпицберген.

## Интерферометрические измерения скорости.



28/29 Mar.

1996

ВОСХ

10 m

1/2 Apr.

1996

НИСХ

-57 m

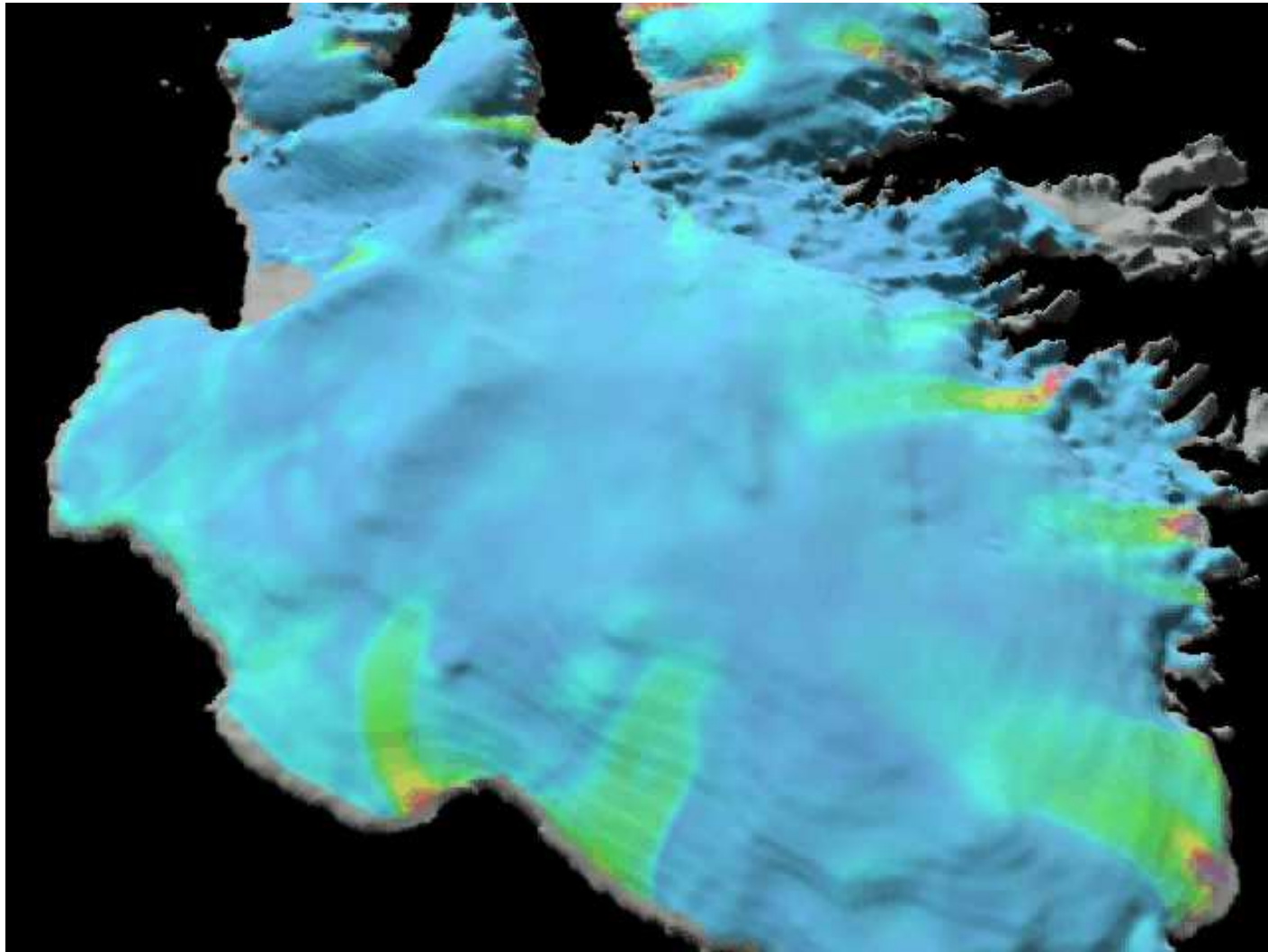


0

cm

30

# Корреляционные измерения смещений на Шпицбергене по данным ERS-1/2



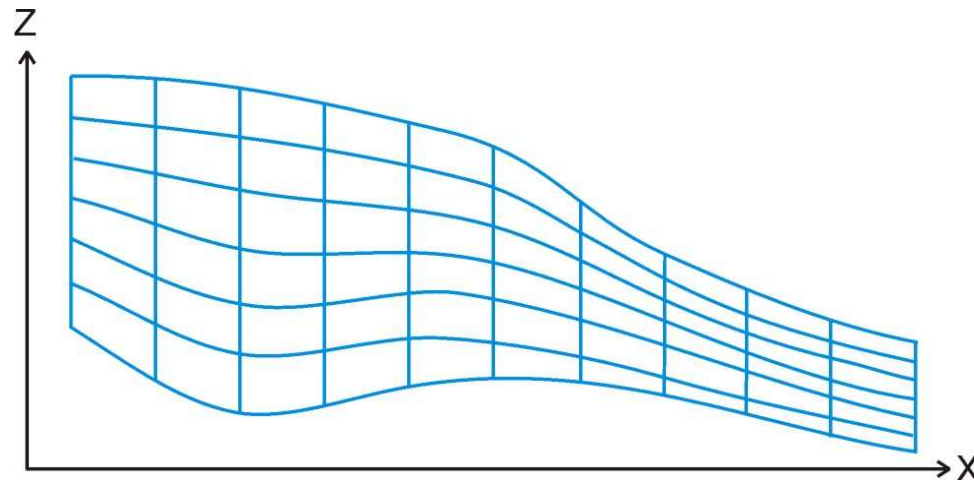
0

m/year

300



- **Melting (ablation)** is based on a degree day model, requiring daily values of temperature and DDF.
    - temperature is extrapolated from climate stations / numerical weather models (not critical)
    - DDFs have been investigated by several authors for glaciers in different environment. DDF depend on snow facies, snow age etc.
  - **Accumulation**
    - depends on precipitation and wind drift and may spatially be highly variable
    - interpolation / extrapolation of precipitation is the main error source
    - errors in estimation of precipitation may accumulate to large differences between the model and the „truth“ over the winter period (a couple of months to half a year)
- **Snow accumulation is the dominant source of error in glacier mass balance modeling. A model is proposed to combine spatially detailed information on snow / ice extent in combination with a SWE balance model for an improved estimation of winter snow accumulation.**





# Создание региональной базы данных (Новая Земля)

