

Телескопы XXI века

Александр Плавин
Астрокосмический центр ФИАН

<https://plav.in>

От железа и софта



К данным и результатам

* в том числе, непосредственно прикладным

Про меня

<https://plav.in>

- МФТИ, Факультет прикладной математики – 2011-2017
- к.ф.-м.н., н.с. в астрокосмическом центре ФИАН
- Ищу нейтрино в космосе, ощупываю хвосты квазаров, слежу за космической модой



13 МАЯ 2020, 11:51

Астрономы нашли источник космических нейтрино сверхвысоких энергий

Они рождаются рядом с квазарами – сверхмассивными черными дырами в ядрах далеких галактик



07.09.2017)

Российские астрономы смогли "поймать" черную дыру за "хвост"



НАУКА / АСТРОНОМИЯ

08.06.2020, 17:37

Черные дыры носят клеш: неожиданное открытие

Ученые из России, Германии, Финляндии и США изучили больше 300 квазаров – вращающихся черных дыр, из которых «бьют» горячие струи плазмы, – и обнаружили, что эти выбросы меняют свою форму при удалении от черной дыры с параболы на конус. Это напоминает знаменитые брюки клеш. Сняв размеры «брюк», ученые смогут разобраться, как разгоняется вещество в центральных машинах далеких активных галактик.



Василий Макаров

Про меня

<https://plav.in>

- МФТИ, Факультет прикладной математики – 2011-2017
- к.ф.-м.н., н.с. в астрокосмическом центре ФИАН
- Ищу нейтрино в космосе, ощупываю хвосты квазаров, слежу за космической модой
- Использую и участвую в создании телескопов размером с Землю
- ... и больше!



Астрономия

20 век до н.э.



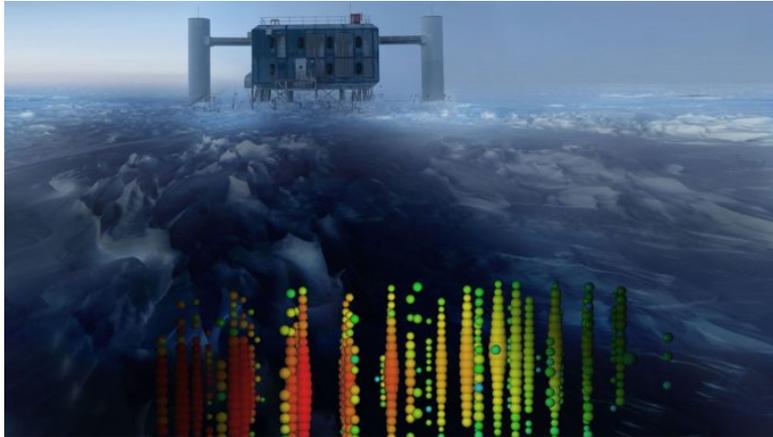
16 век



20 век

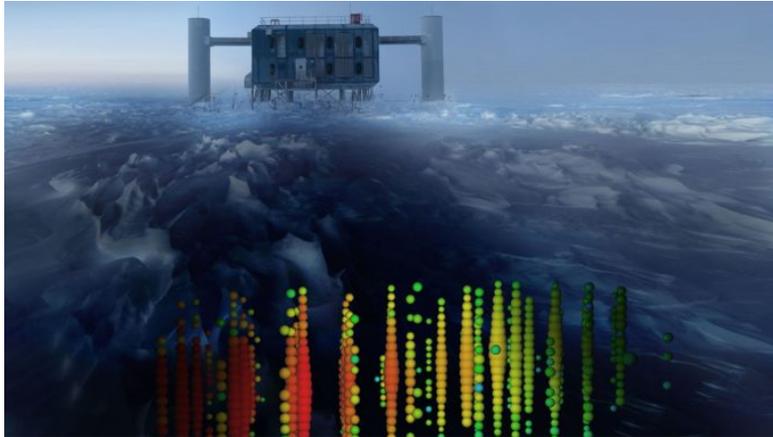


Астрономия 21 века



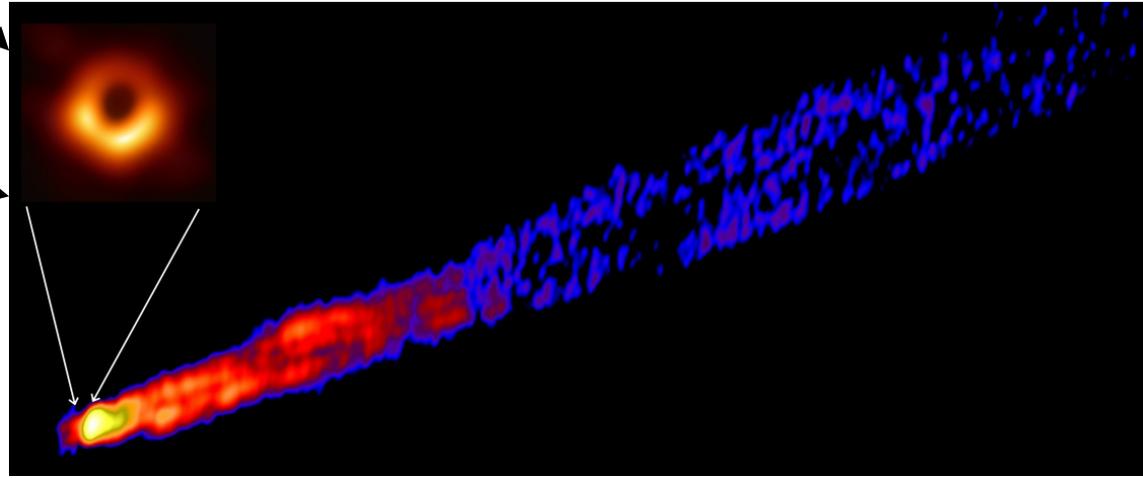
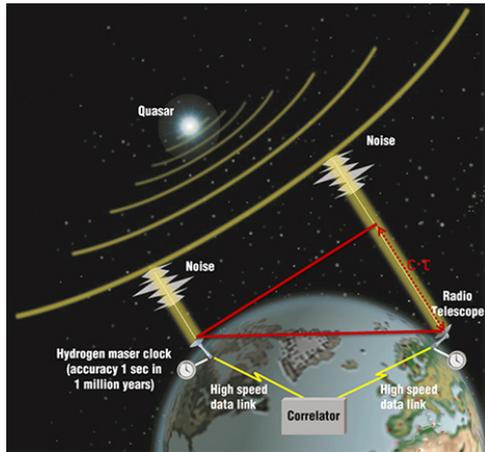
Телескопы?..

Астрономия 21 века

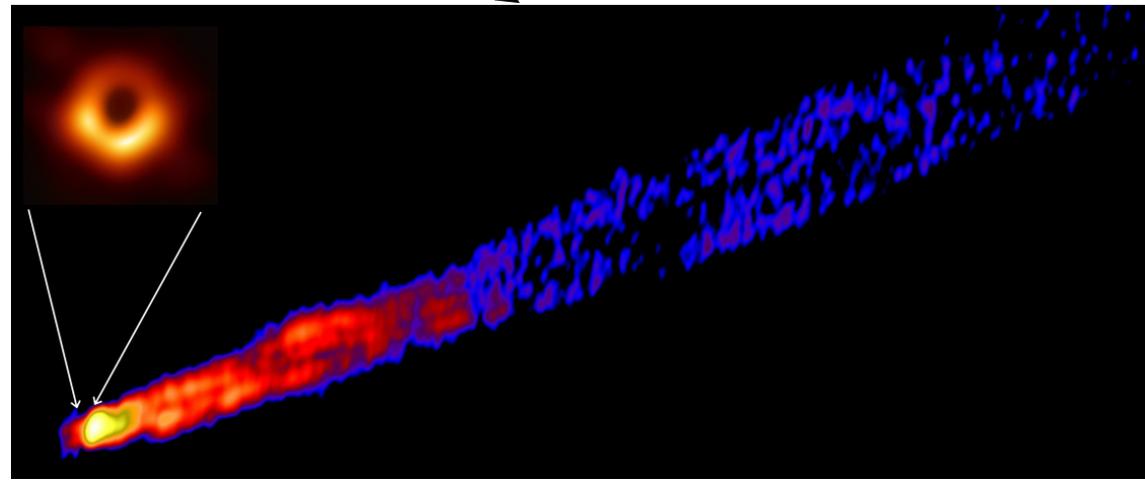
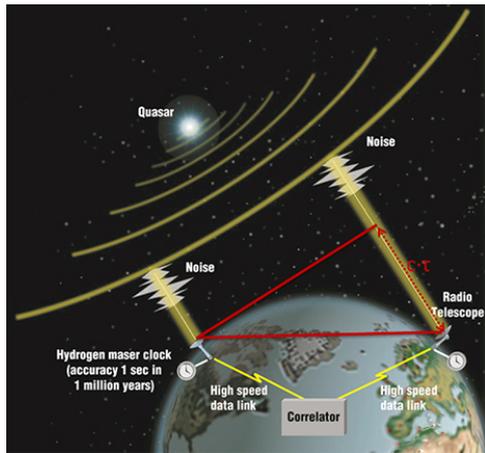


Телескопы?..
Это только часть!

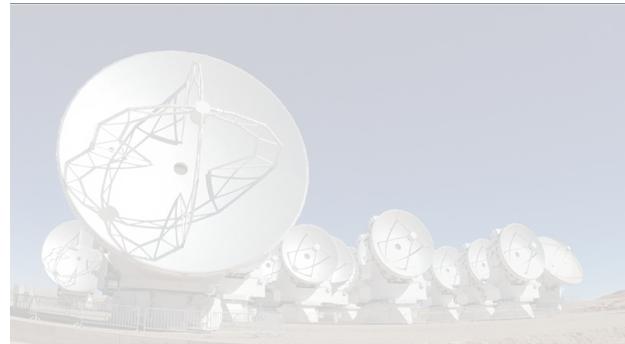
Астрономия 21 века



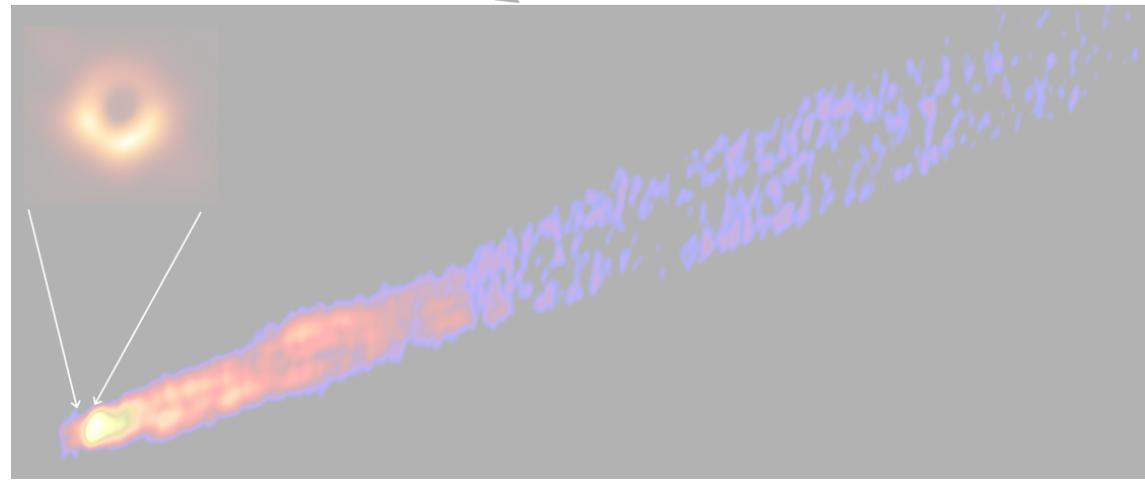
Астрономия 21 века



Астрономия 21 века



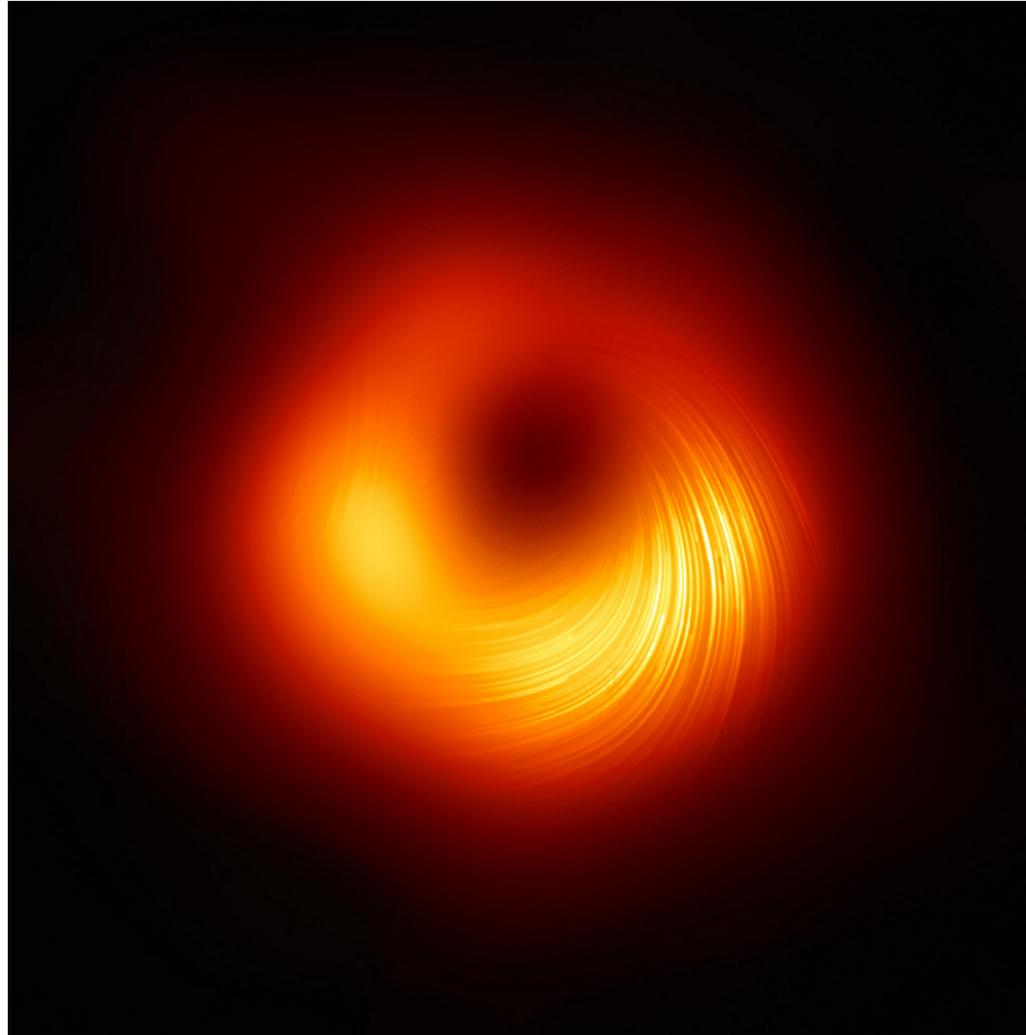
Роль вычислений
всё больше –
“computational
astronomy”



Большие данные в астрономии:
зачем и откуда?

Астрономия и данные

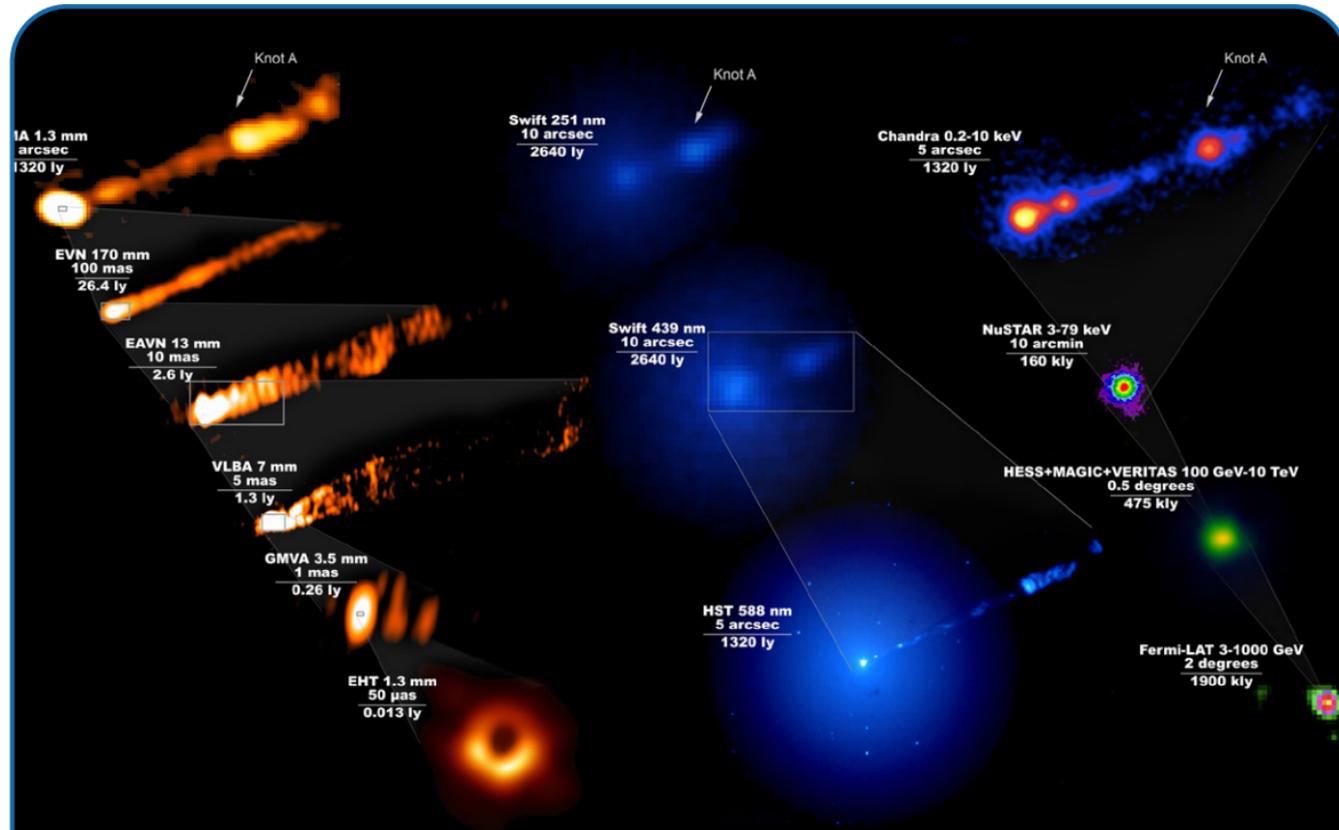
Тень чёрной дыры –
красиво, но без контекста
понять сложно



Астрономия и данные

Наблюдения массивных чёрных дыр и их окрестностей:
масштабы, частоты, энергии
отличаются
на много порядков

В каждом диапазоне
свои технологии,
свои сложности
с получением и
обработкой данных



Телескоп размером с Землю

Больше телескоп – больше
деталей видит



Телескоп размером с Землю

Больше телескоп – больше
деталей видит



Сделать один такой
телескоп нельзя 😞

Телескоп размером с Землю



Больше телескоп – больше
деталей видит

Сделать один такой
телескоп нельзя ☹️

Можно поставить несколько
и свести данные с них!

Телескоп размером с Землю

Несколько телескопов и объединение данных с них

Сложности:

- Передача многих Гб/с в реальном времени



Телескоп размером с Землю

Несколько телескопов и объединение данных с них

Сложности:

- Передача многих Гб/с в реальном времени
 - Астрономы изобрели WiFi



Телескоп размером с Землю



Несколько телескопов и объединение данных с них

Сложности:

- Передача многих Гб/с в реальном времени
 - Астрономы изобрели WiFi
 - Иногда возим дискпаки – когда можно подождать

Телескоп размером с Землю



Несколько телескопов и объединение данных с них

Сложности:

- Передача многих Гб/с в реальном времени
 - Астрономы изобрели WiFi
 - Иногда возим дискпаки – когда можно подождать

Телескоп размером с Землю

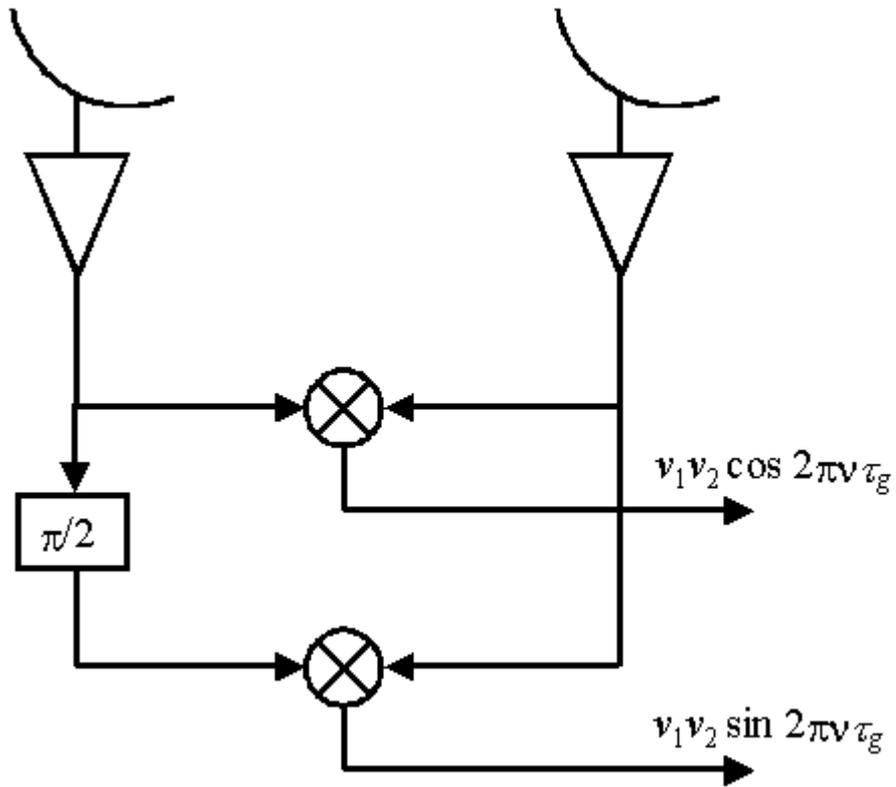


Несколько телескопов и объединение данных с них

Сложности:

- Передача многих Гб/с в реальном времени
- Синхронизация до долей нс

Телескоп размером с Землю



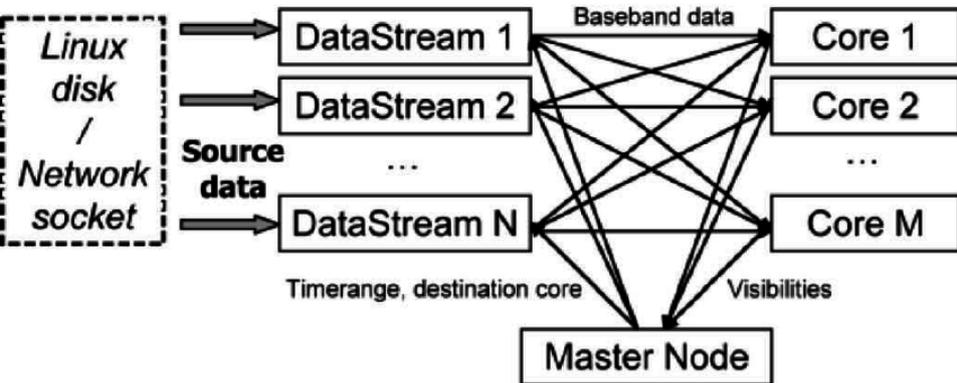
Несколько телескопов и объединение данных с них

Сложности:

- Передача десятков Гб/с в реальном времени
- Синхронизация до долей нс

Телескоп размером с Землю

Несколько телескопов и объединение данных с них



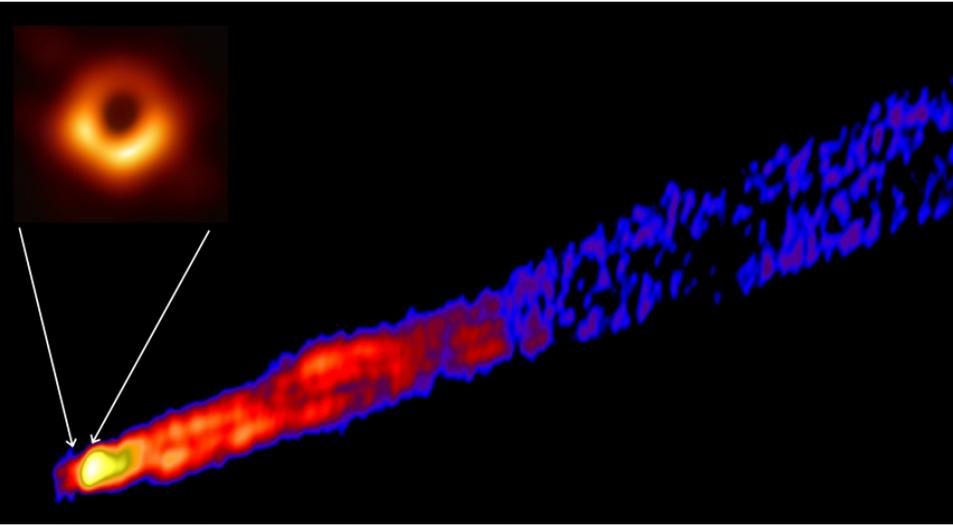
Сложности:

- Передача десятков Гб/с в реальном времени
- Синхронизация до долей нс
 - Поточковая корреляция, легко параллелится – GPU (cuFFT, ...) и FPGA

	GPU	CPU (3.6 GHz Pentium 4)
Perf.	~ 200 Gflops (unoptimized)	12 Gflops (based on best FFTW score)
Cost	~ 0.5 Gflops/\$	~ 0.1 Gflops/\$
Energy	~ 0.8 Gflops/Watt	~ 0.2 Gflops/Watt

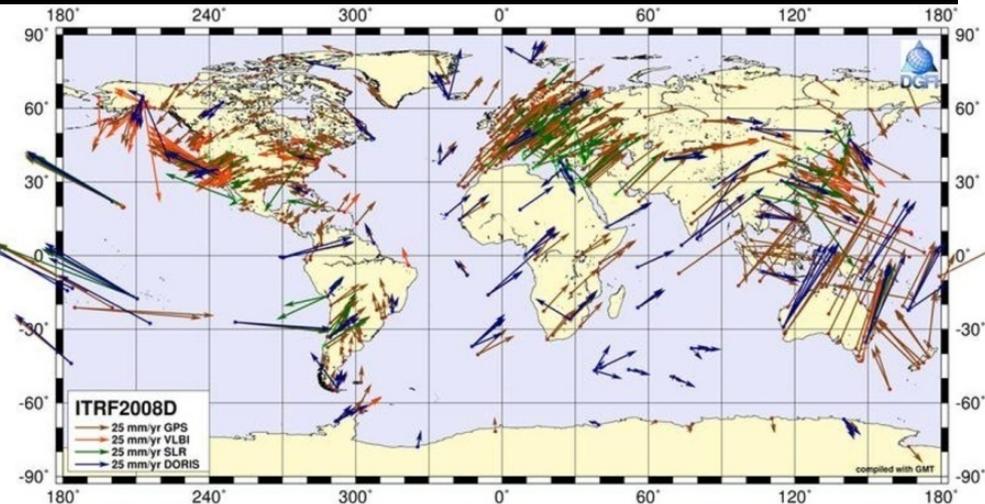
2009 год

Телескоп размером с Землю



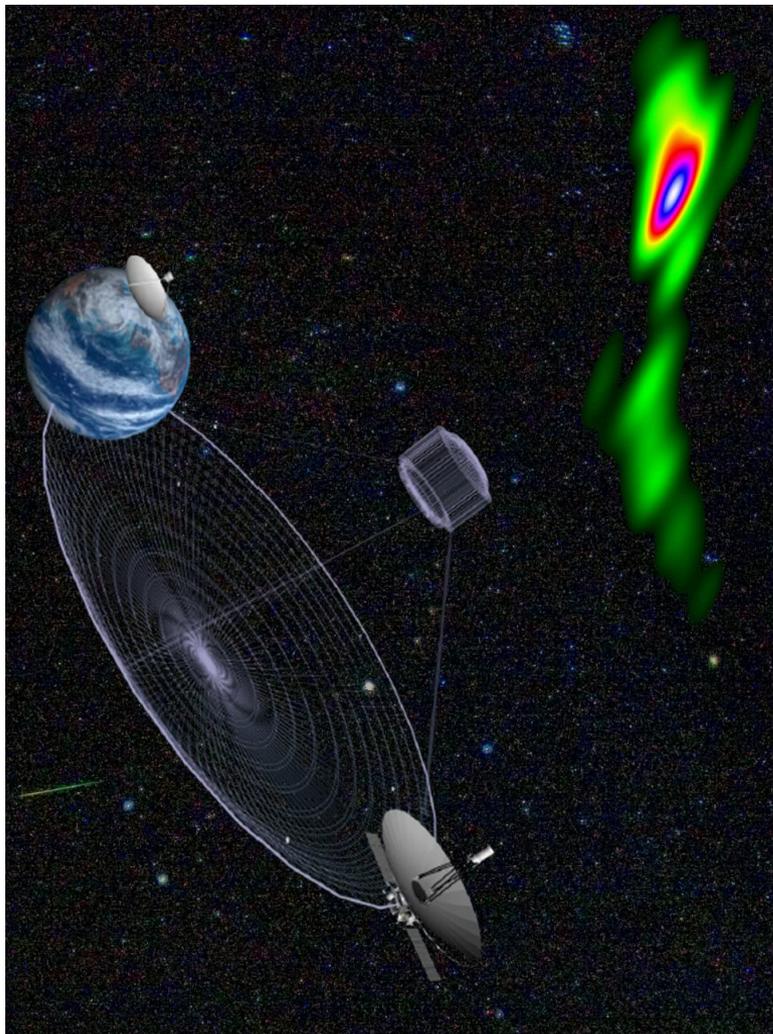
Несколько телескопов и объединение данных с них

Результат – изображения чёрных дыр, окружающей плазмы, ...



А также самые точные измерения координат на Земле

Телескоп размером *больше* Земли



Запускаем одну из антенн в космос – увеличиваем детализацию ещё выше, но и сложности растут

Проекты АКЦ ФИАН:

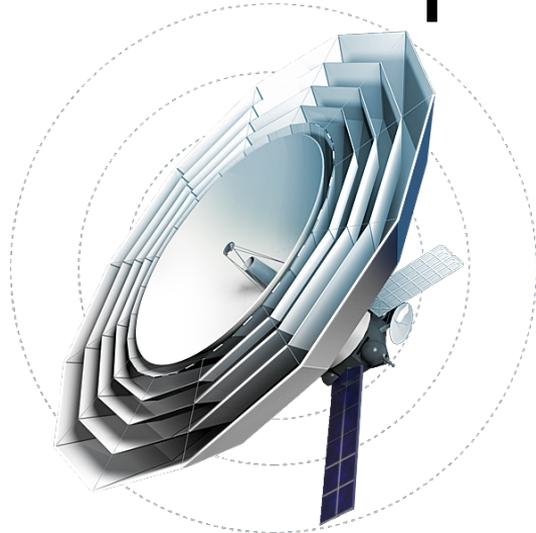
РадиоАстрон – наблюдения 2011-2019

- Десятки Мб/с из космоса

Миллиметрон – запуск ~2030

- Несколько Гб/с из космоса

Телескоп размером *больше* Земли



Запускаем одну из антенн в космос – увеличиваем детализацию ещё выше, но и сложности растут

Проекты АКЦ ФИАН:

РадиоАстрон – наблюдения 2011-2019

- Десятки Мб/с из космоса

Миллиметрон – запуск ~2030

- Несколько Гб/с из космоса



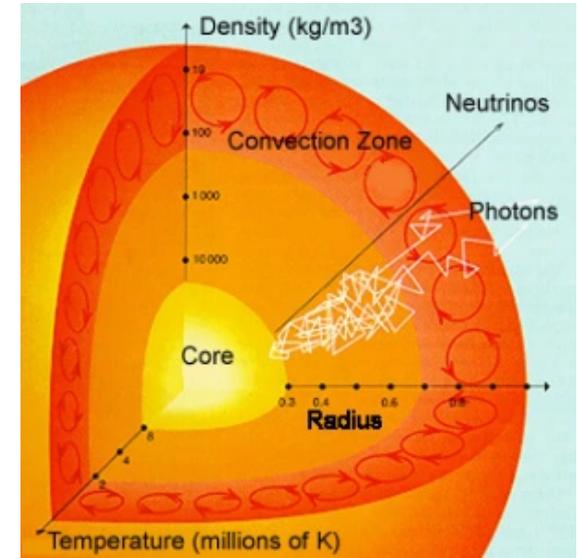
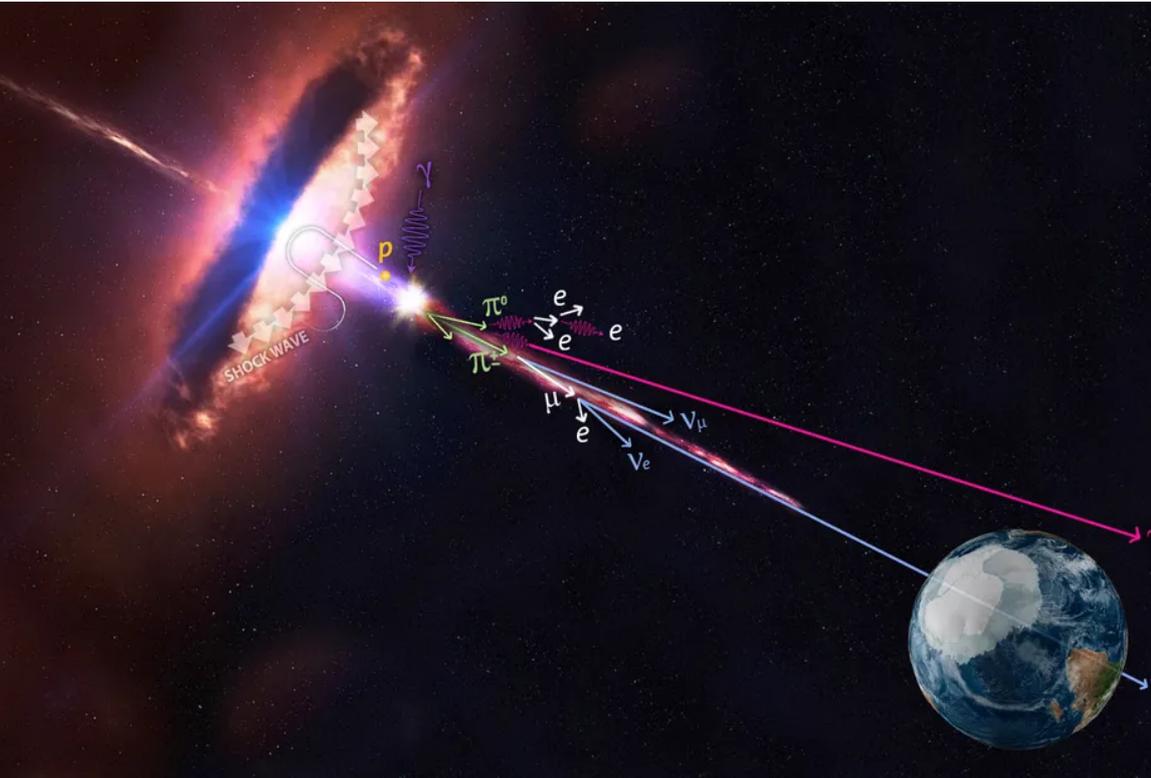
Телескопы под водой

Зачем?

Ловим нейтрино из космоса!

Нейтрино – наш самый ценный разведчик во Вселенной

Пролетает через любую среду, доносит информацию из самого центра



Телескопы под водой



В любом агрегатном состоянии

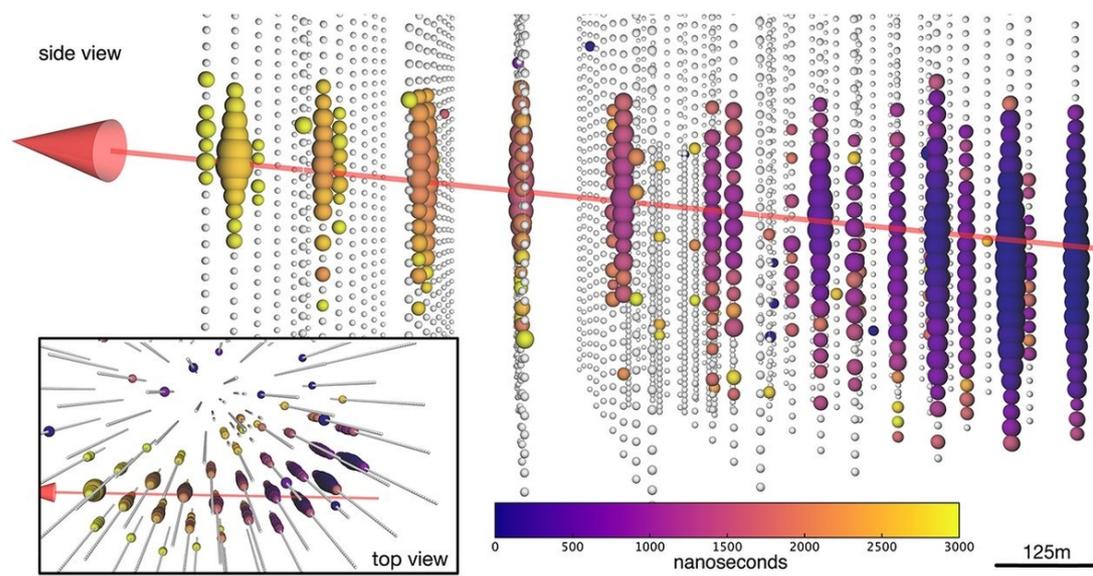


Телескопы под водой

Больше чистой воды – лучше!

Сложности:

- Распознать сигнал от нейтрино среди других вспышек
 - Локальные CPU/GPU, суперкомпьютеры, ...

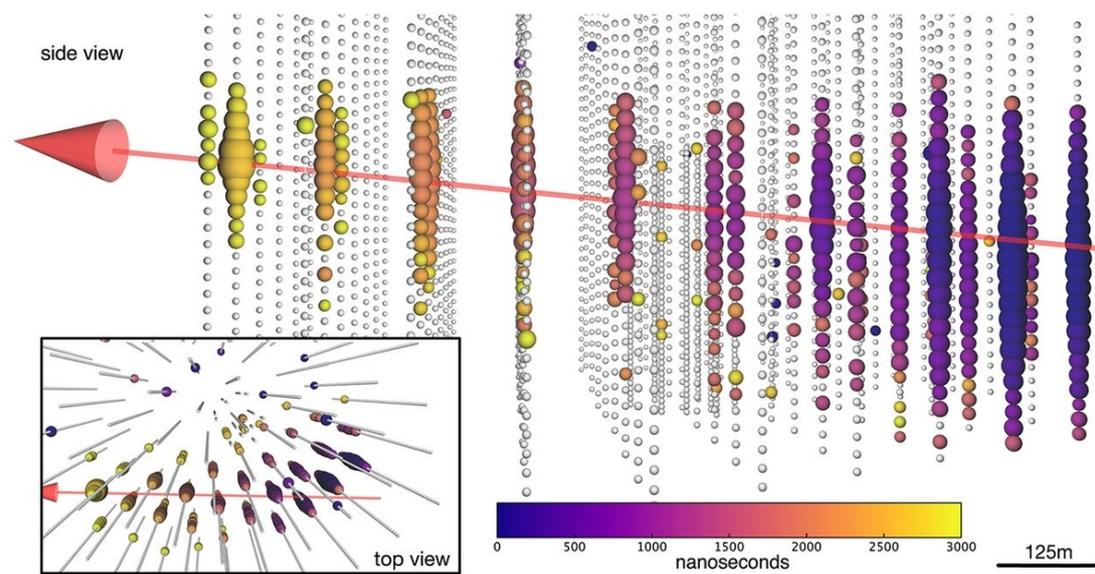


Телескопы под водой

Больше чистой воды – лучше!

Сложности:

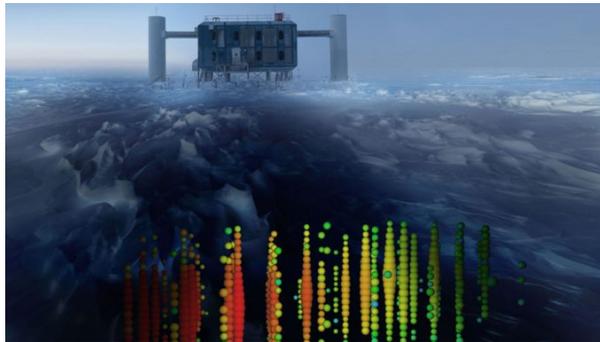
- Распознать сигнал от нейтрино среди других вспышек
 - Локальные CPU/GPU, суперкомпьютеры, ...
- Передать эти сигналы из труднодоступных мест в реальном времени
 - 100 Гб/день с южного полюса



XXI век:

телескопы на Земле, в воде, и в космосе

Продвижения в астрофизике требуют всё новых, инструментов: каждый уникален, повторять нет смысла



XXI век:

телескопы на Земле, в воде, и в космосе

Продвижения в астрофизике требуют всё новых, инструментов: каждый уникален, повторять нет смысла

Результаты применимы намного шире! WiFi, навигация, восстановление изображений по бедным данным, ...

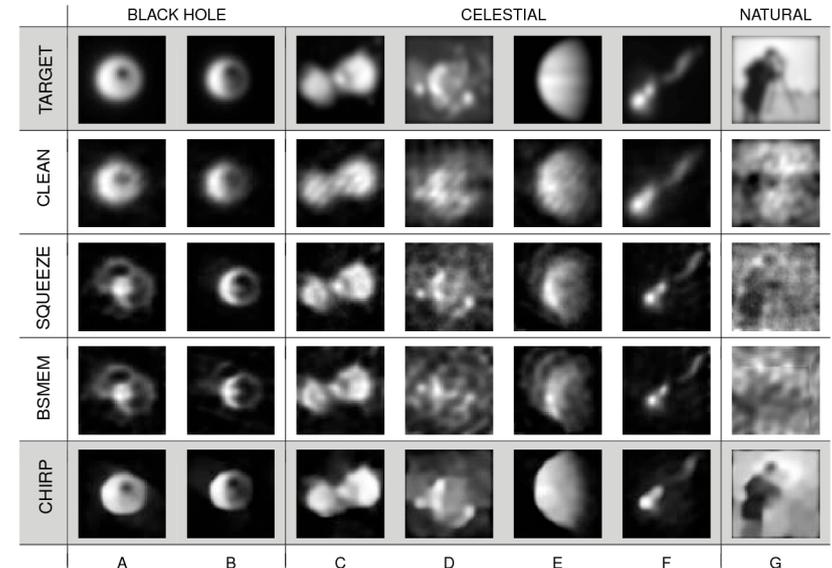
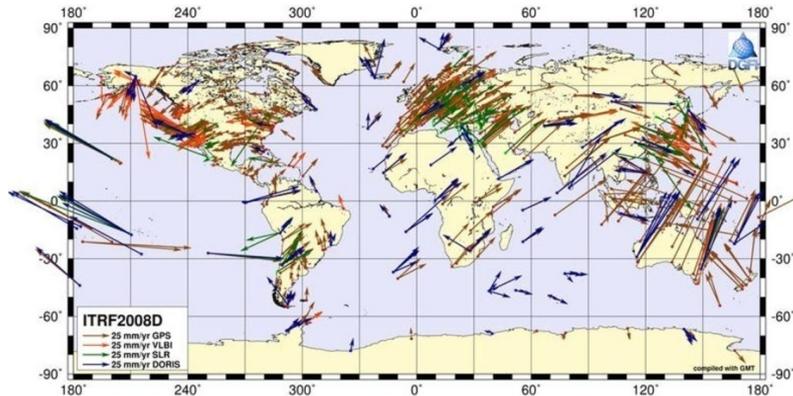


figure 5. Method Comparison: Comparison of our algorithm, 'CHIRP' to three state-of-the-art methods: 'CLEAN', 'SQUEEZE', and 'BSMEM

XXI век:

телескопы на Земле, в воде, и в космосе

Продвижения в астрофизике требуют всё новых, инструментов: каждый уникален, повторять нет смысла

Результаты применимы намного шире! WiFi, навигация, восстановление изображений по бедным данным, ...

Развитие практик работы с астрономическими данными: открытый доступ, передовые методы передачи, обработки, анализа

... но многое можно улучшить! Новые решения для хранения и обработки, базы данных вместо наборов файлов, использование решений из других индустрий?