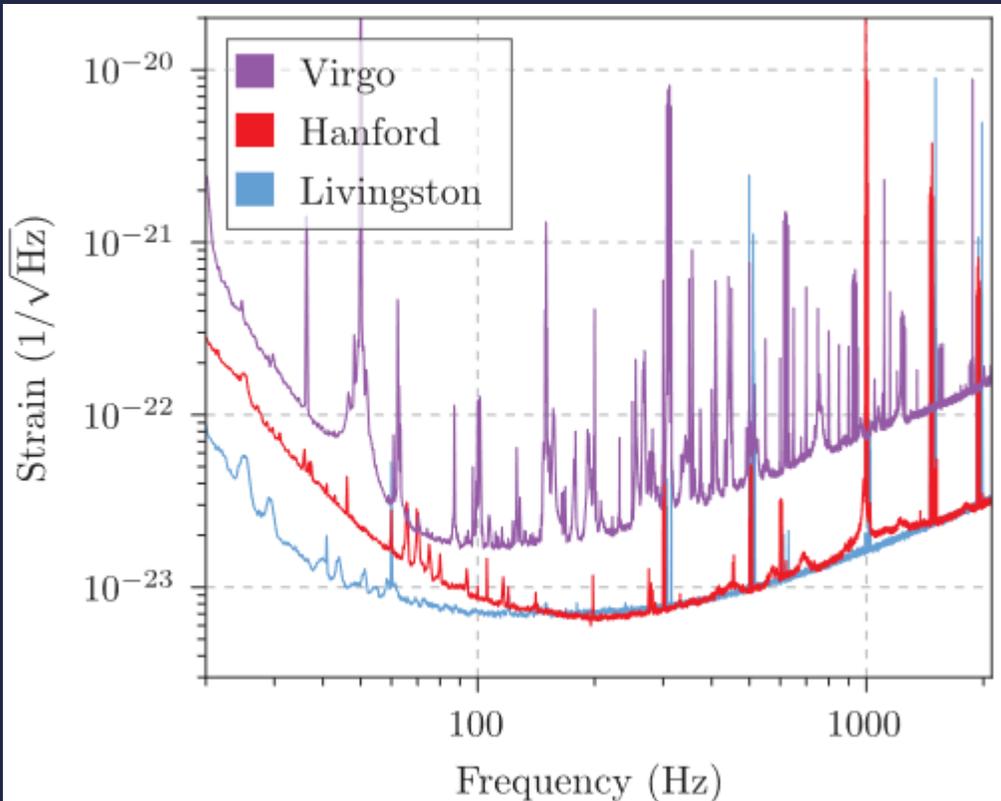


Астрофизические итоги 2017 года

СЕРГЕЙ ПОПОВ

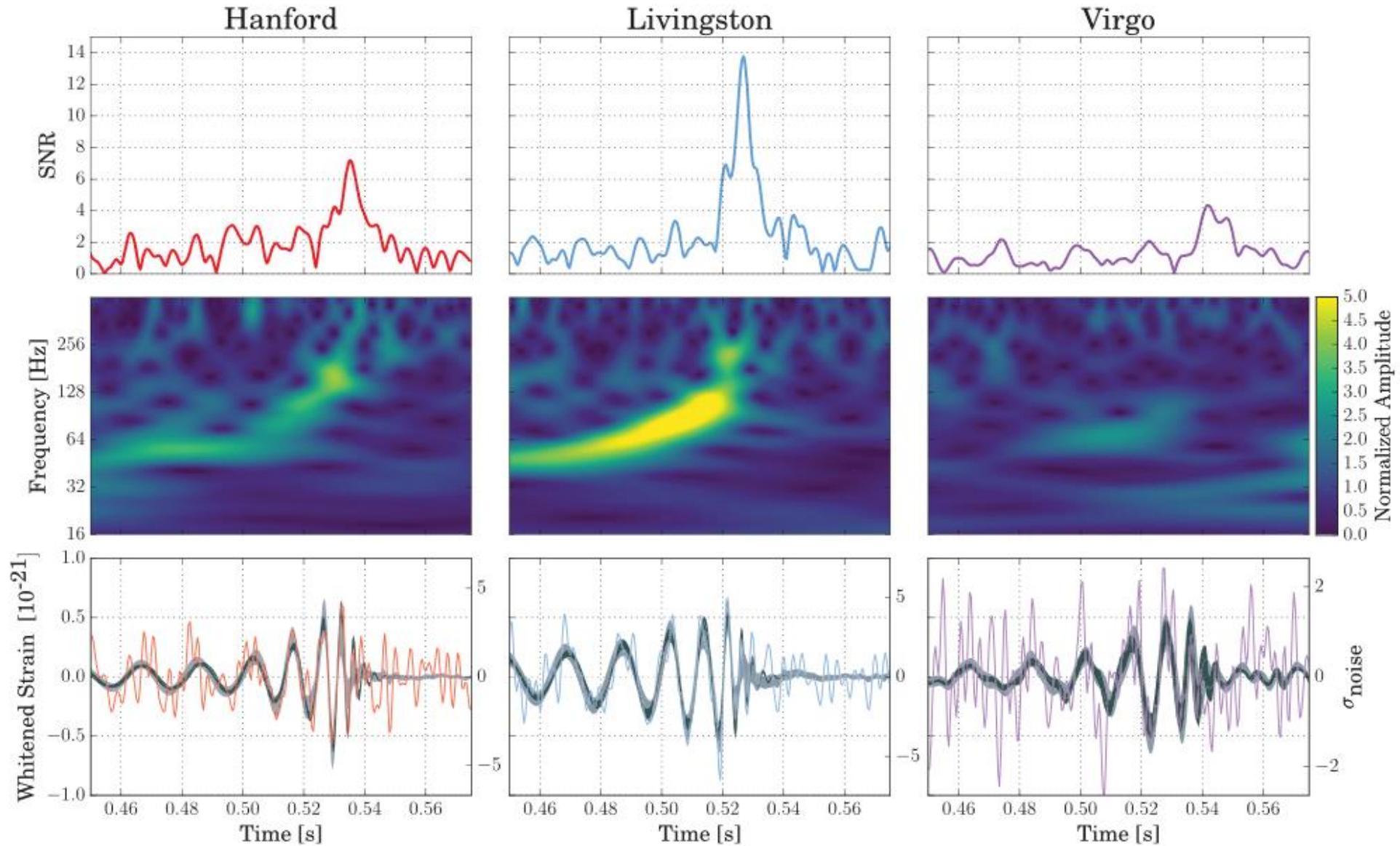
LIGO+VIRGO=.... ?



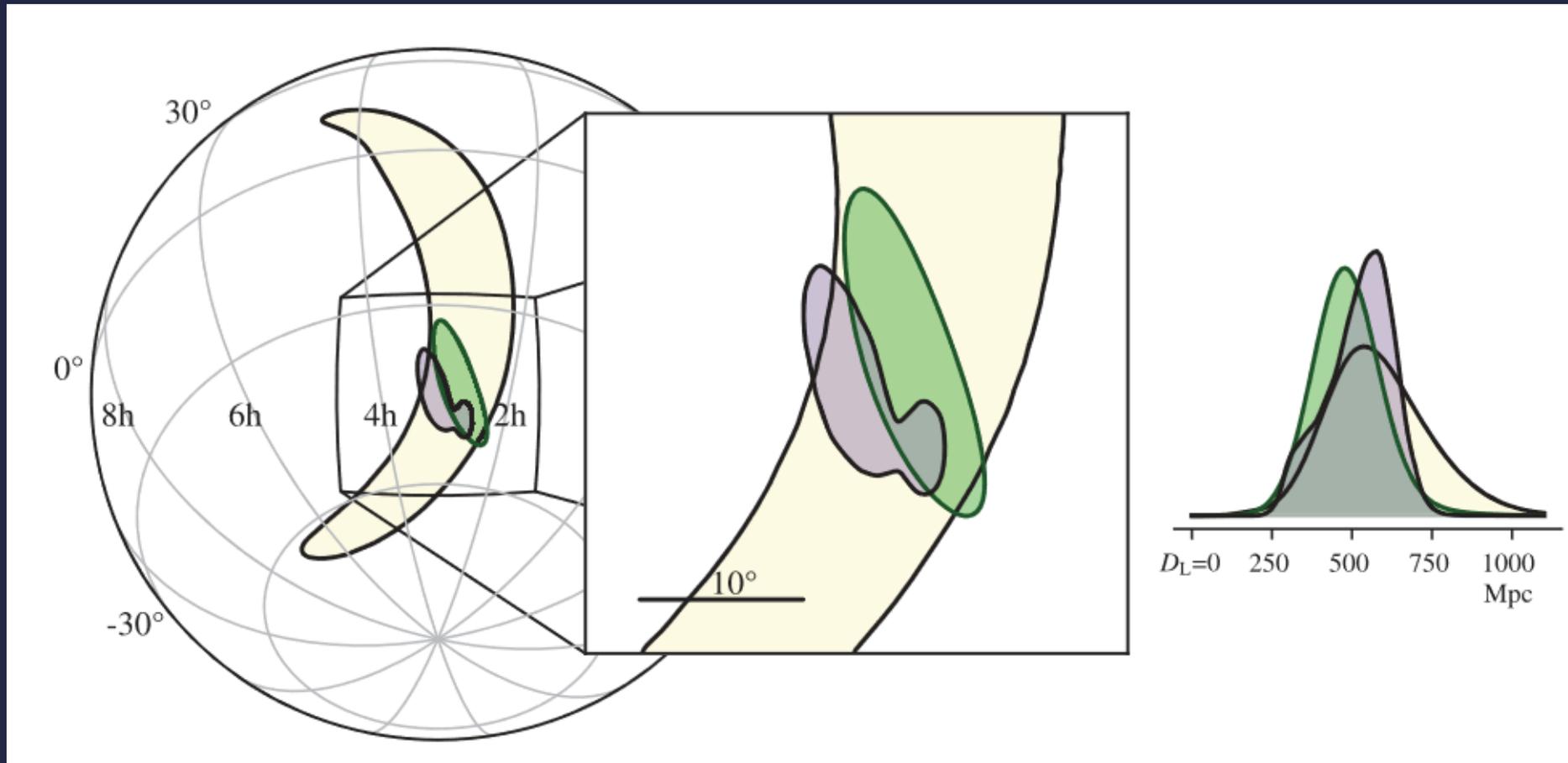
В 2017м году впервые прошли сеансы совместной (одновременной) работы двух детекторов LIGO и детектора VIRGO после серьезной модернизации (и, т.о., увеличения чувствительности) всех трех.

Это позволило точнее определять координаты всплесков на небе.

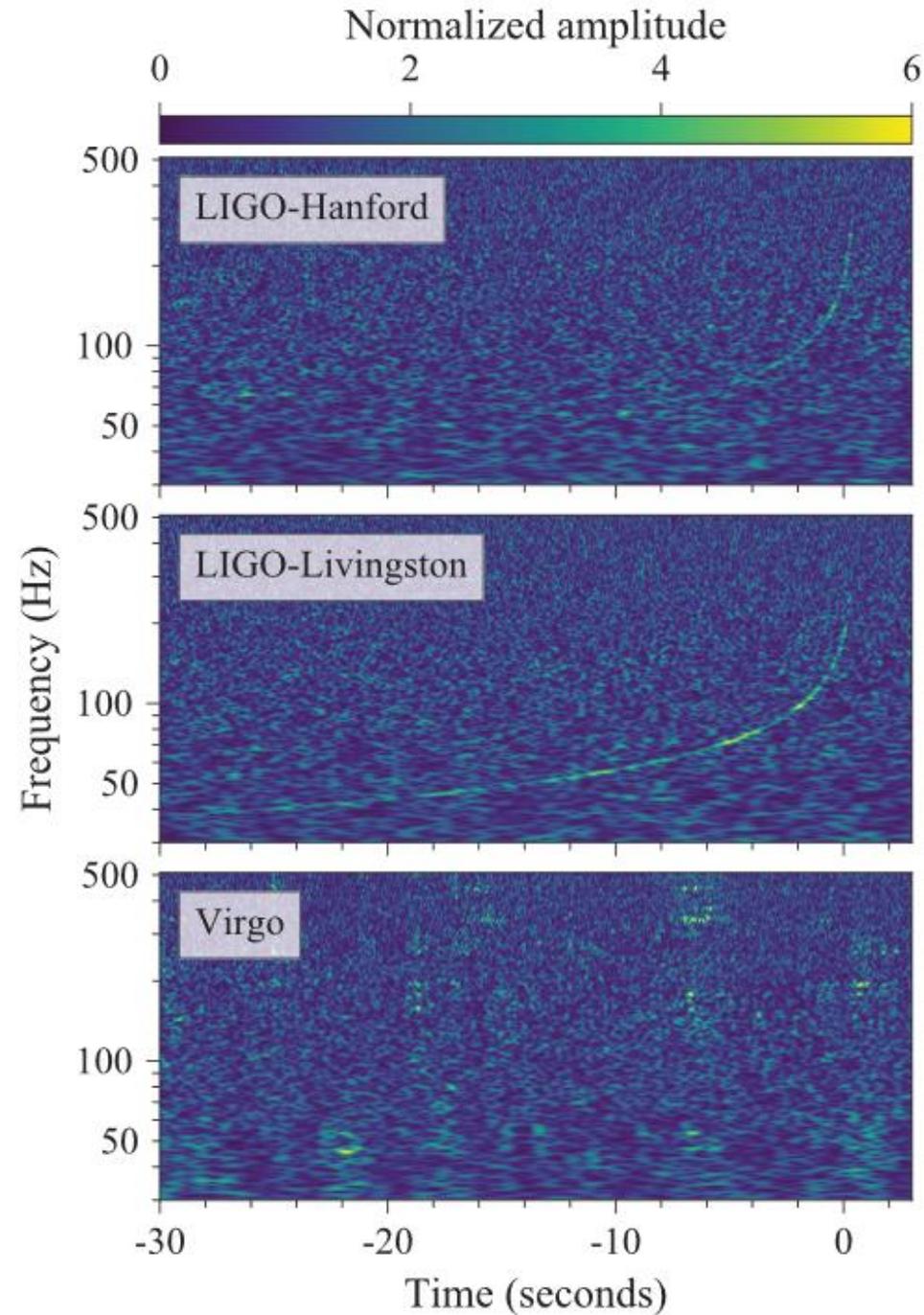
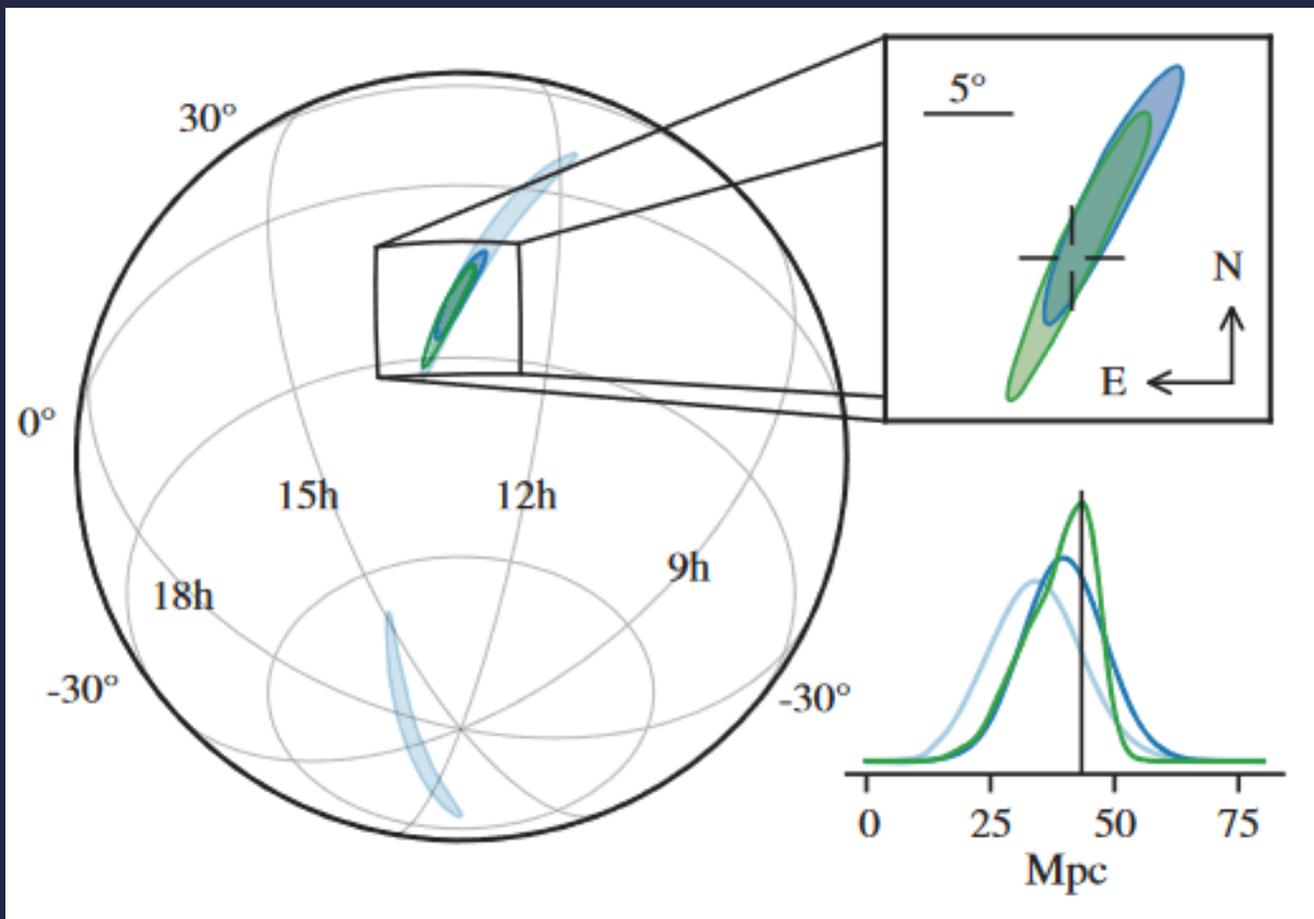




Быстрая и точная локализация



Всплеск с НЗ



Параметры двойной системы

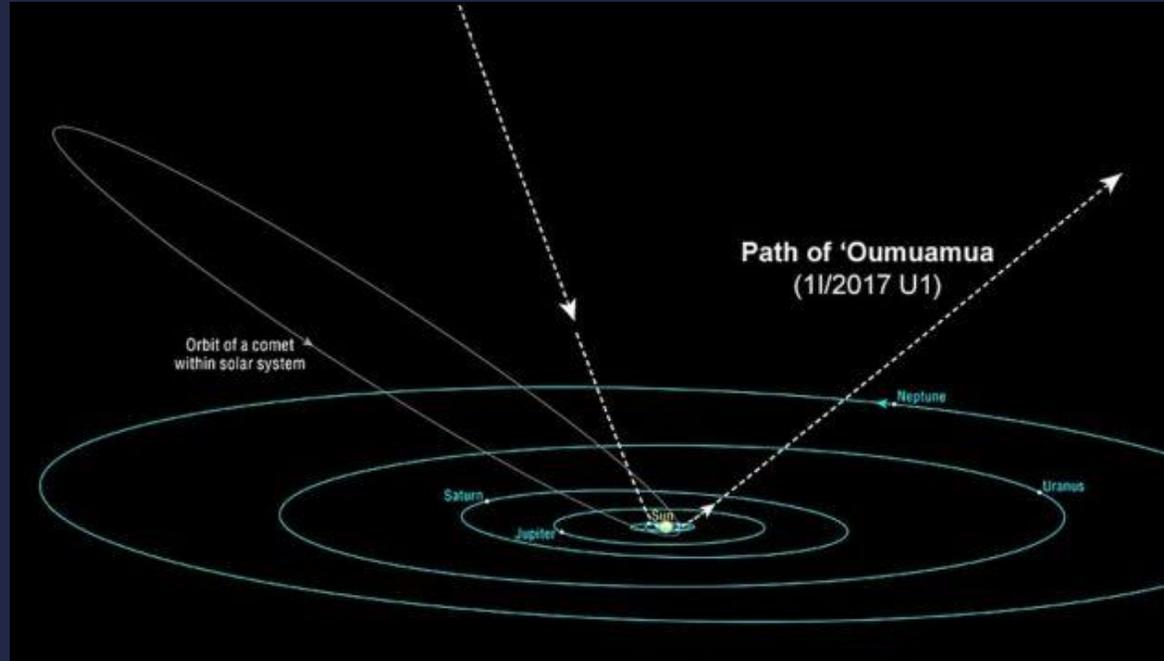
	Low-spin priors ($ \chi \leq 0.05$)	High-spin priors ($ \chi \leq 0.89$)
Primary mass m_1	1.36–1.60 M_\odot	1.36–2.26 M_\odot
Secondary mass m_2	1.17–1.36 M_\odot	0.86–1.36 M_\odot
Chirp mass \mathcal{M}	$1.188^{+0.004}_{-0.002} M_\odot$	$1.188^{+0.004}_{-0.002} M_\odot$
Mass ratio m_2/m_1	0.7–1.0	0.4–1.0
Total mass m_{tot}	$2.74^{+0.04}_{-0.01} M_\odot$	$2.82^{+0.47}_{-0.09} M_\odot$
Radiated energy E_{rad}	$> 0.025 M_\odot c^2$	$> 0.025 M_\odot c^2$
Luminosity distance D_L	40^{+8}_{-14} Mpc	40^{+8}_{-14} Mpc
Viewing angle Θ	$\leq 55^\circ$	$\leq 56^\circ$
Using NGC 4993 location	$\leq 28^\circ$	$\leq 28^\circ$
Combined dimensionless tidal deformability $\tilde{\Lambda}$	≤ 800	≤ 700
Dimensionless tidal deformability $\Lambda(1.4M_\odot)$	≤ 800	≤ 1400

Ключевые научные результаты

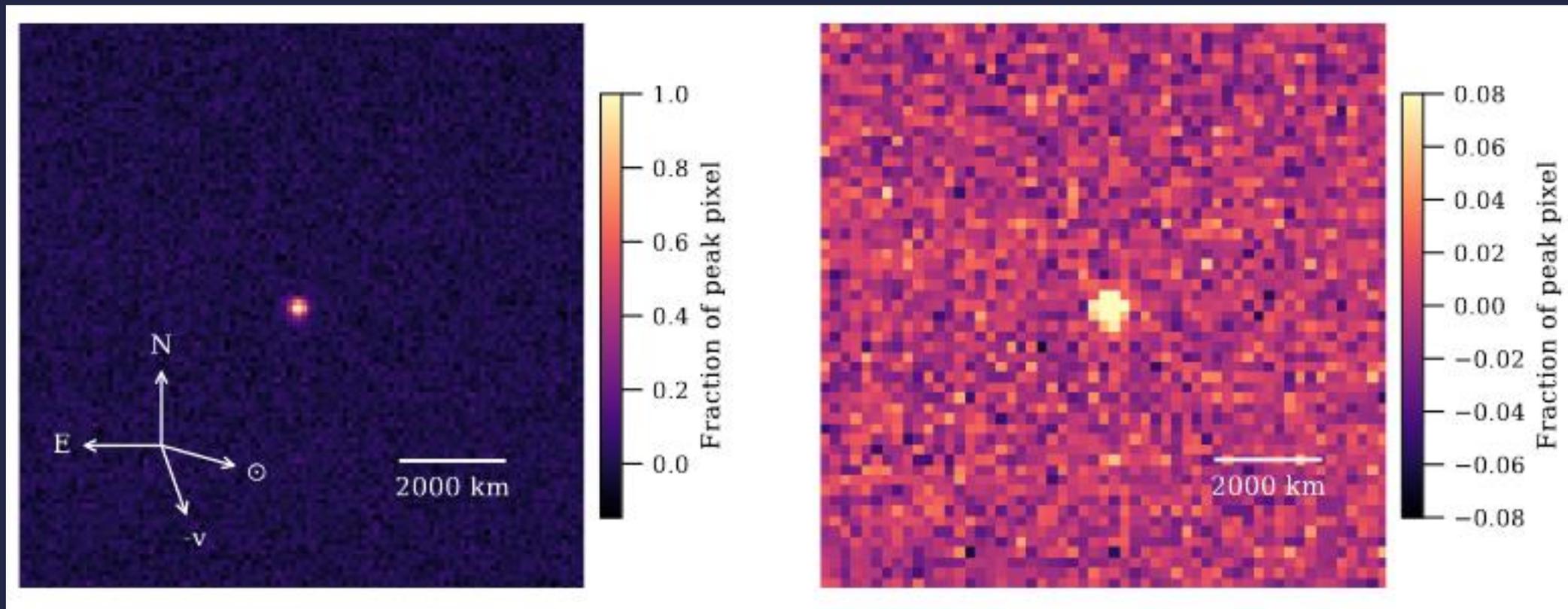
- Доказательство связи коротких гамма-всплесков со слияниями нейтронных звезд
- Прямые наблюдения, позволяющие изучать нуклеосинтез при слияниях нейтронных звезд
- Данные по уравнению состояния нейтронных звезд
- Измерение постоянной Хаббла
- Тест принципа эквивалентности
- Тест лоренц-инвариантности
- Измерение скорости распространения гравитационных волн

Оумуамуа – первый межзвездный

<http://www.skyandtelescope.com>

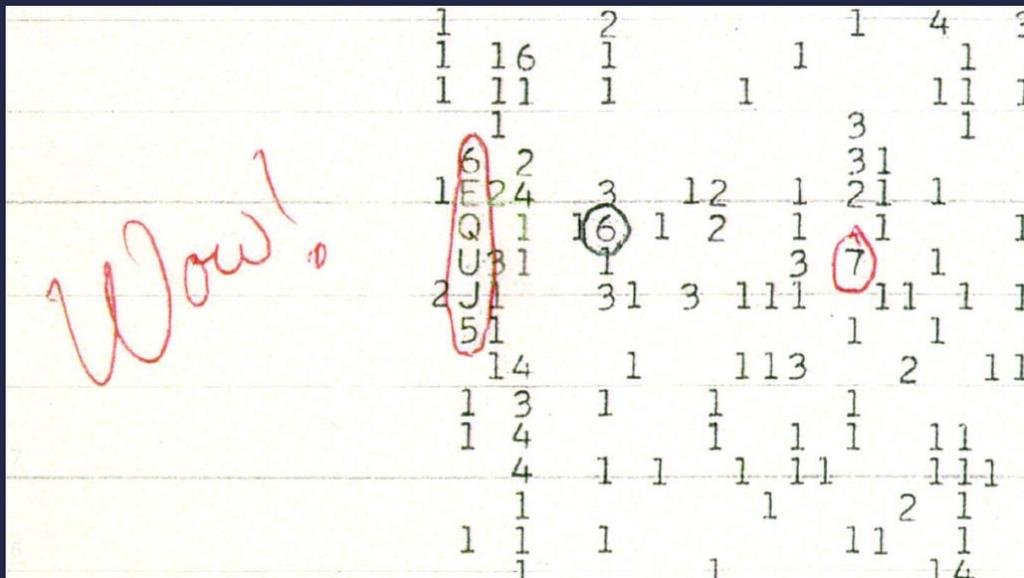


Параметры



Вытянутый, без льда на поверхности, медленно вращающийся. Примерно 35 на 230 метров.

Wow-сигнал и кометы



Телескоп системы Крауса.

103 на 33 метра.

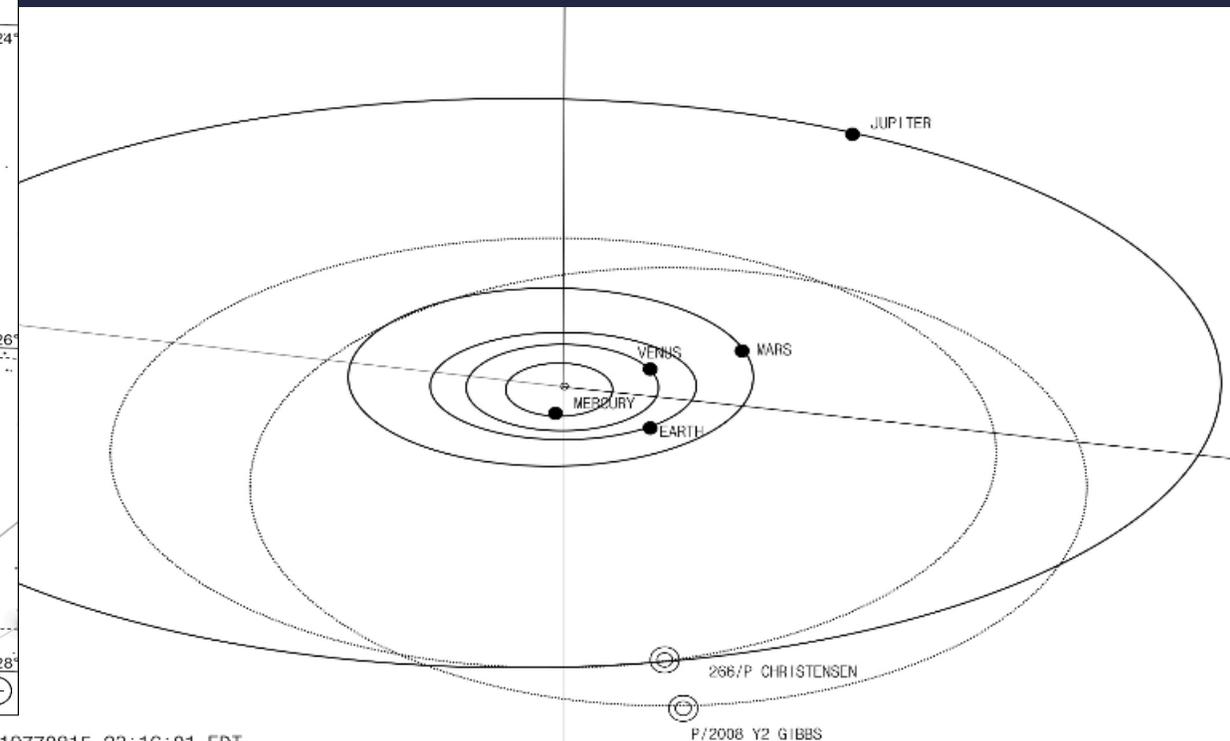
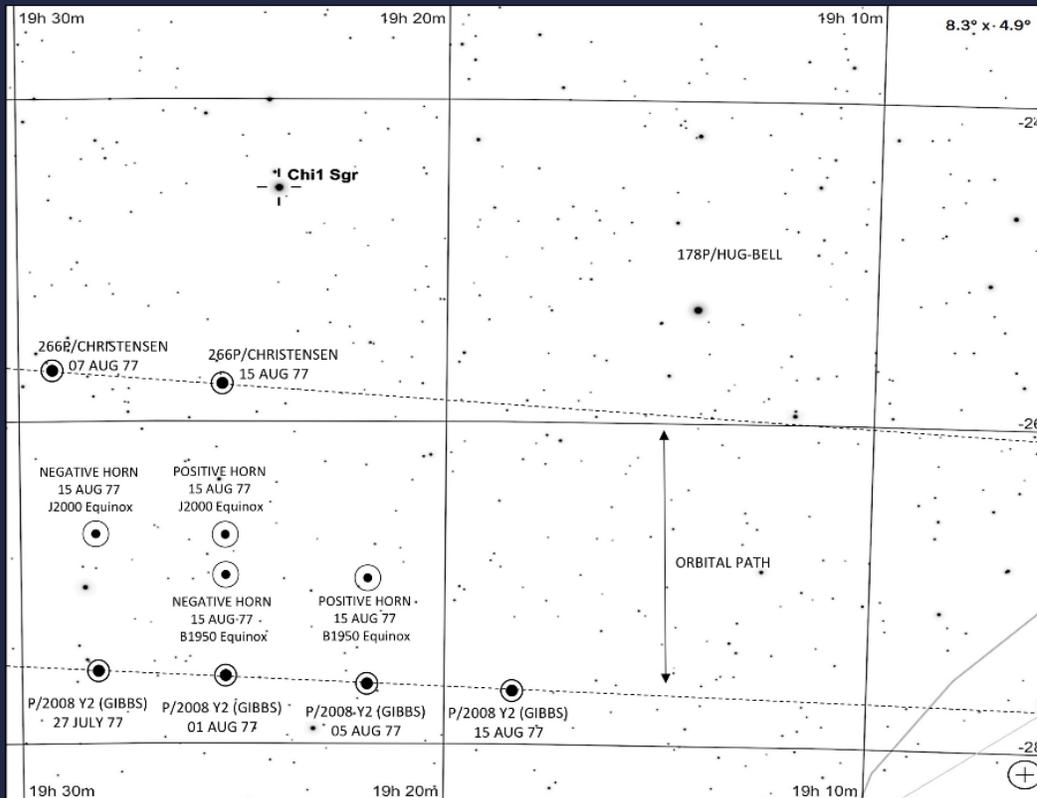
Эквивалентен антенне с диаметров 53 метра

15 августа 1977 года, ближе к полуночи

Сигнал на 1.4 ГГц в узкой полосе (<10 кГц)
в направлении примерно на
шаровое скопление M55 в Стрельце.



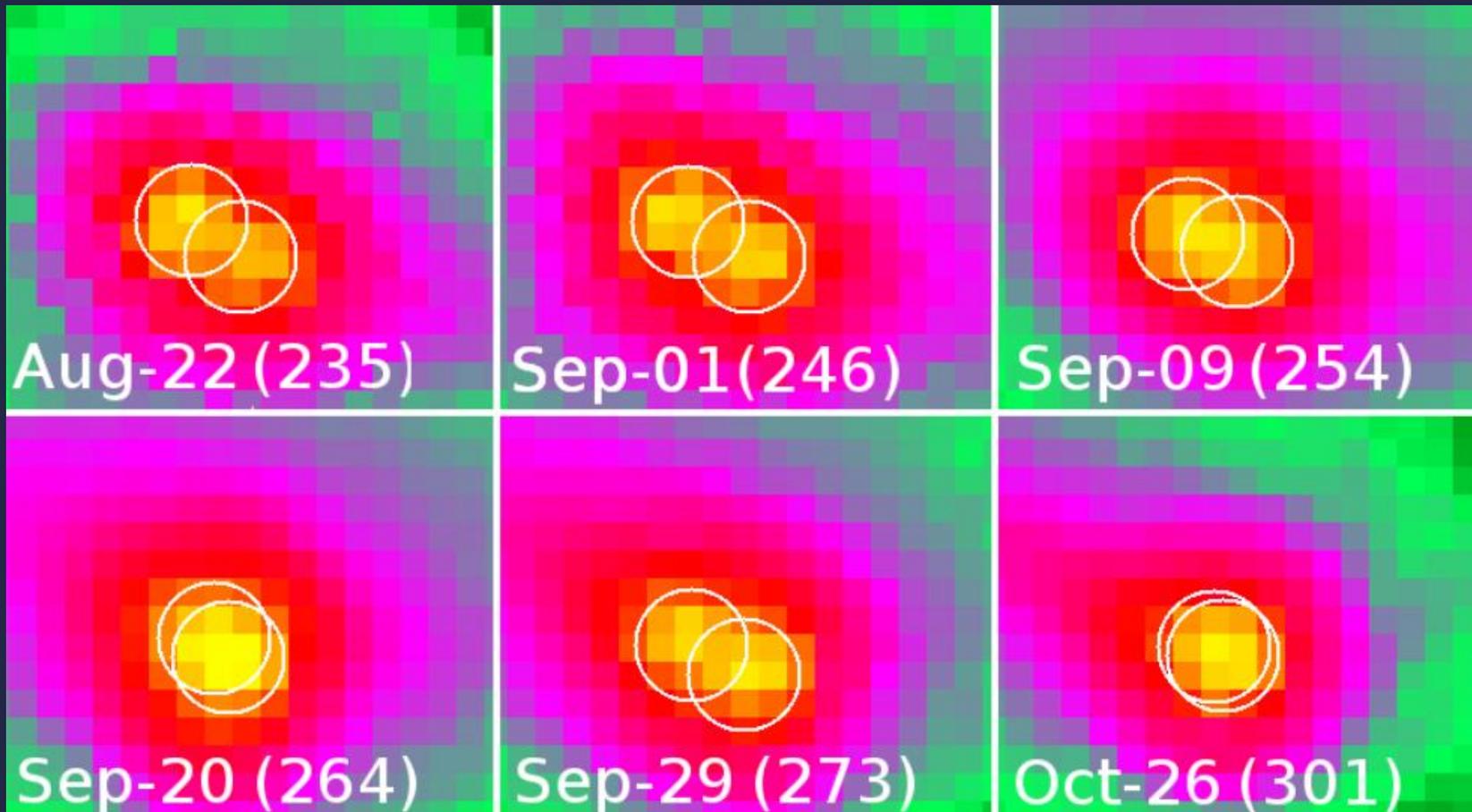
266P/Christensen и P/2008 Y2 (Gibbs)



Существенно, что обе кометы были открыты недавно, уже в 21м веке (2006 и 2008 гг.).

19770815 23:16:01 EDT
SOURCE: NASA/JPL
PREPARED BY PROF. PARIS
ST PETERSBURG COLLEGE

Двойная комета Главного пояса



288P (300163)

Большой эксцентриситет двойной $e > 0.6$
Орбитальный период 100-175 дней.
Расстояние между телами ~ 100 км.

Очень нетипичный двойной астероид.
Значит, особый механизм формирования

Возможно, активность астероида
запущена столкновением с телом
размером около метра.

Эволюция орбиты двойной может
быть связана с истечением вещества.

Он же 288P, он же 300163,
он же 2006 VW₁₃₉, он же P/2006 VW₁₃₉

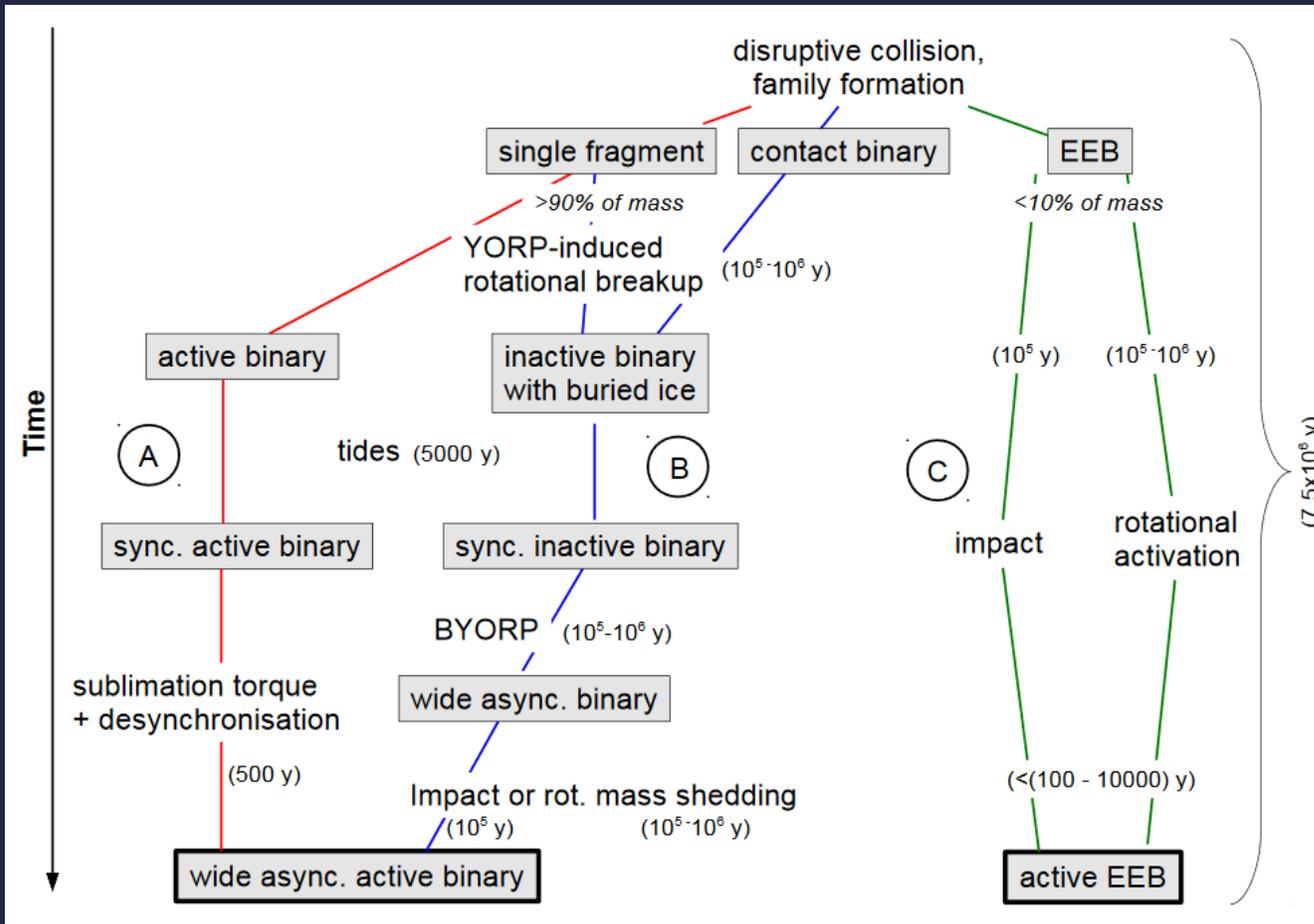


Открыт Spacewatch в 2006 г.

Кометная активность открыта
в 2011 г. на Pan-STARRS.

Размеры компонент 1-2 км.

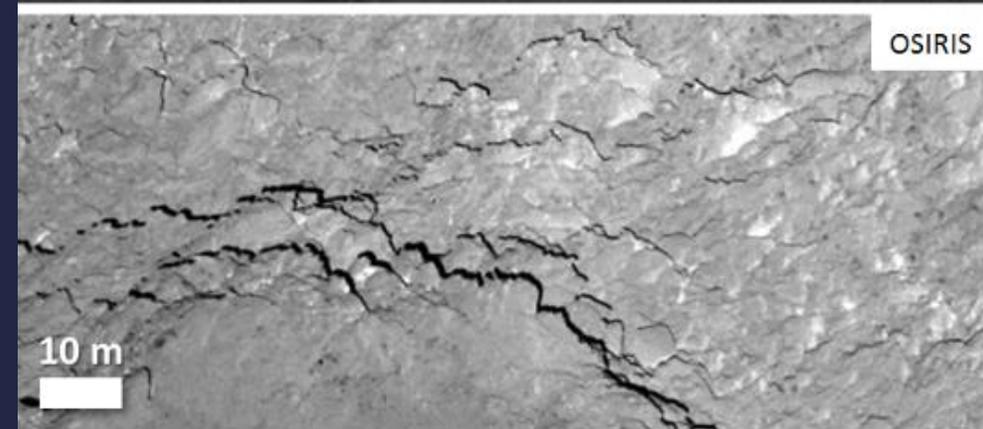
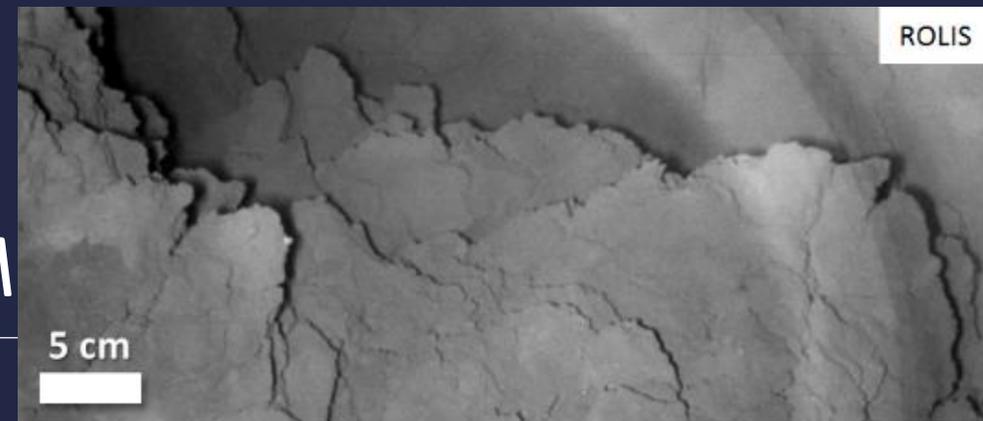
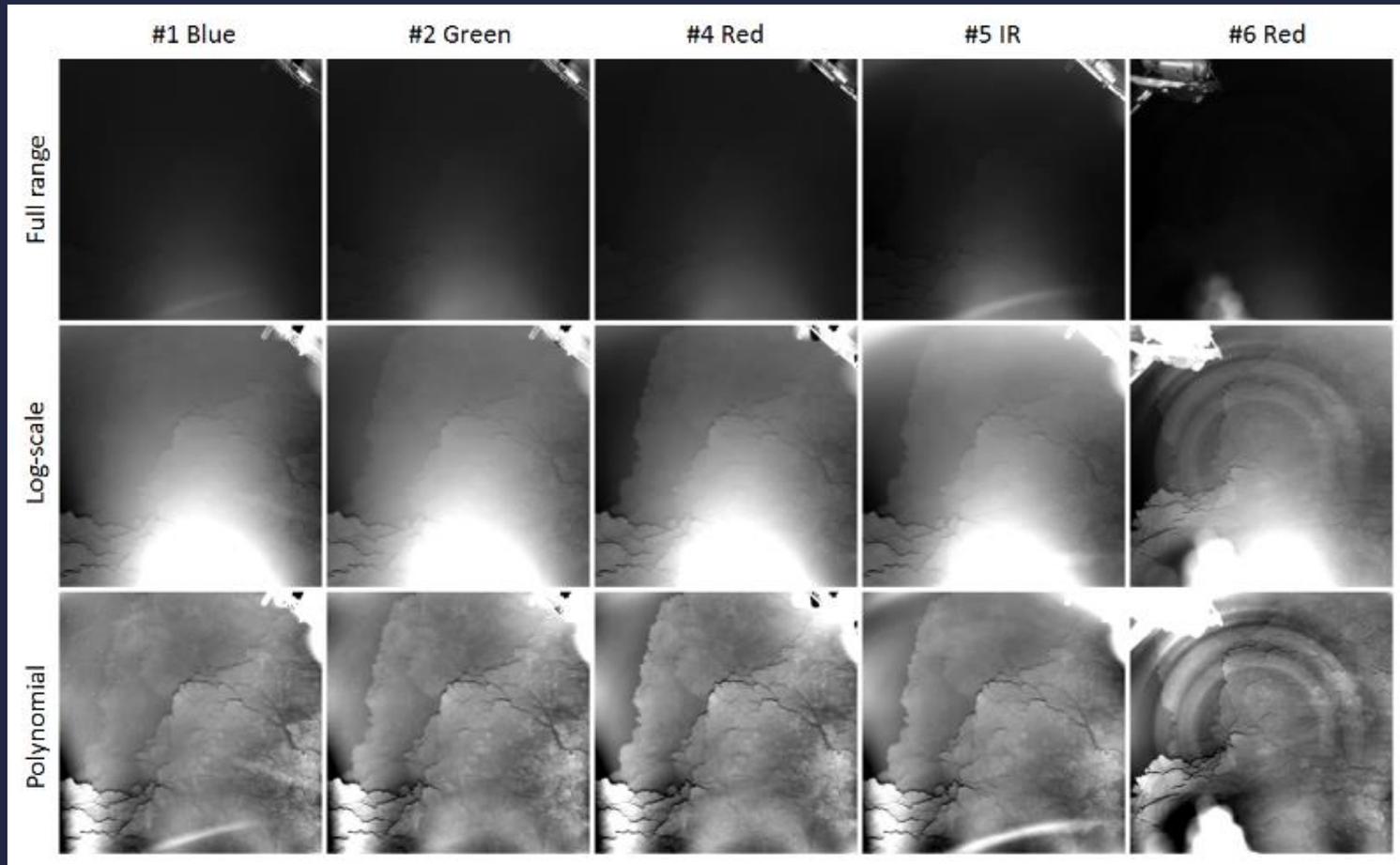
Эволюция P288



Катастрофическое столкновение
~7.5 млн. лет назад

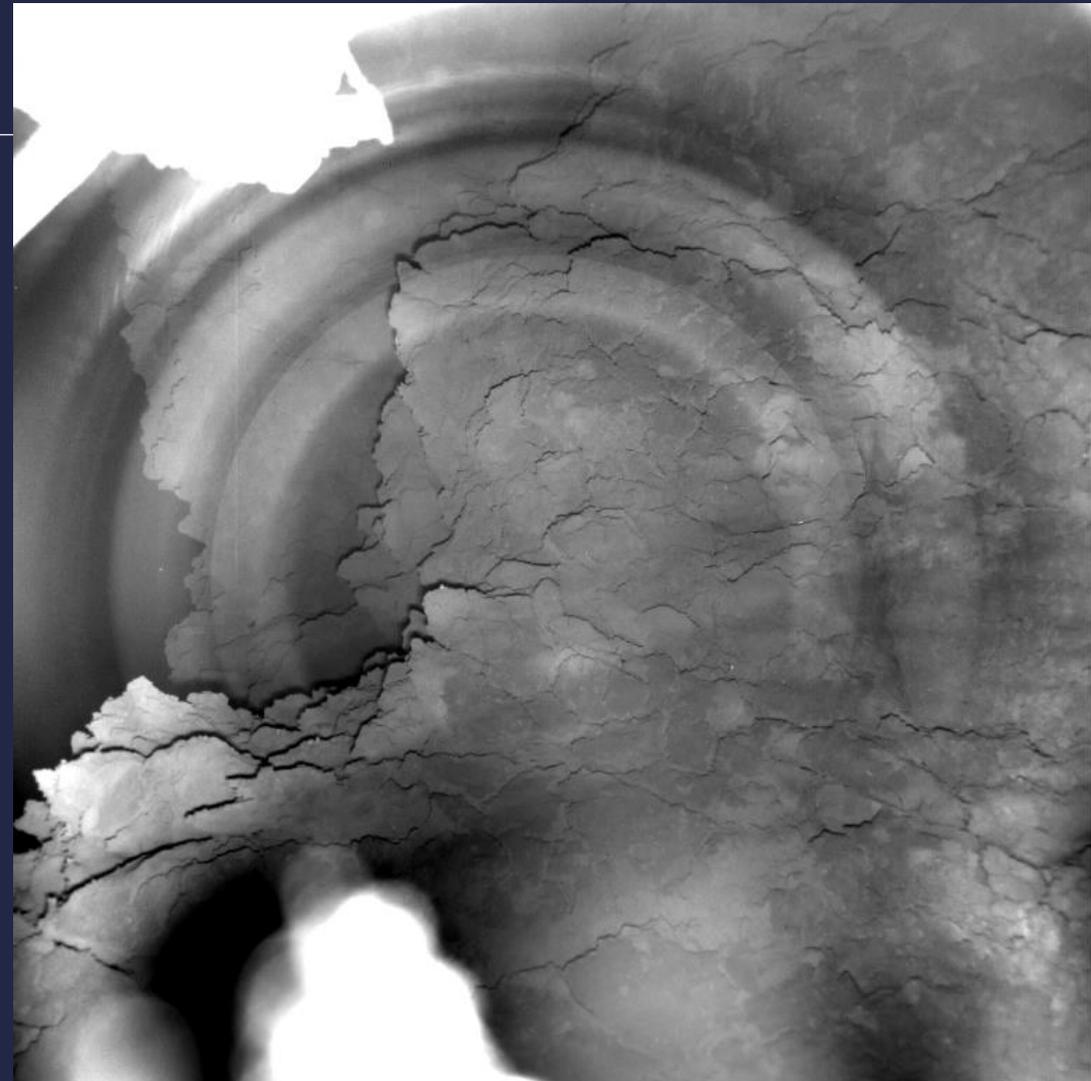
Известно >10 молодых астероидов,
видимо, порожденных в этом событии,
в котором было разрушено тело
размером около 10 км.

Комета крупным планом



Последний кадр ROLIS

После окончательного «упокоения» камера ROLIS на борту зонда Philae сделала 5 снимков. Из них 4 – с подсветкой светодиодами. Наконец, два земных дня на поверхности был сделан последний снимок. Его передача закончилась за секунды до исчерпания запасов батарей.



Еще одна карликовая планета?

Pan-STARRS Outer Solar System Survey

2010 JO₁₇₉

600-900 км

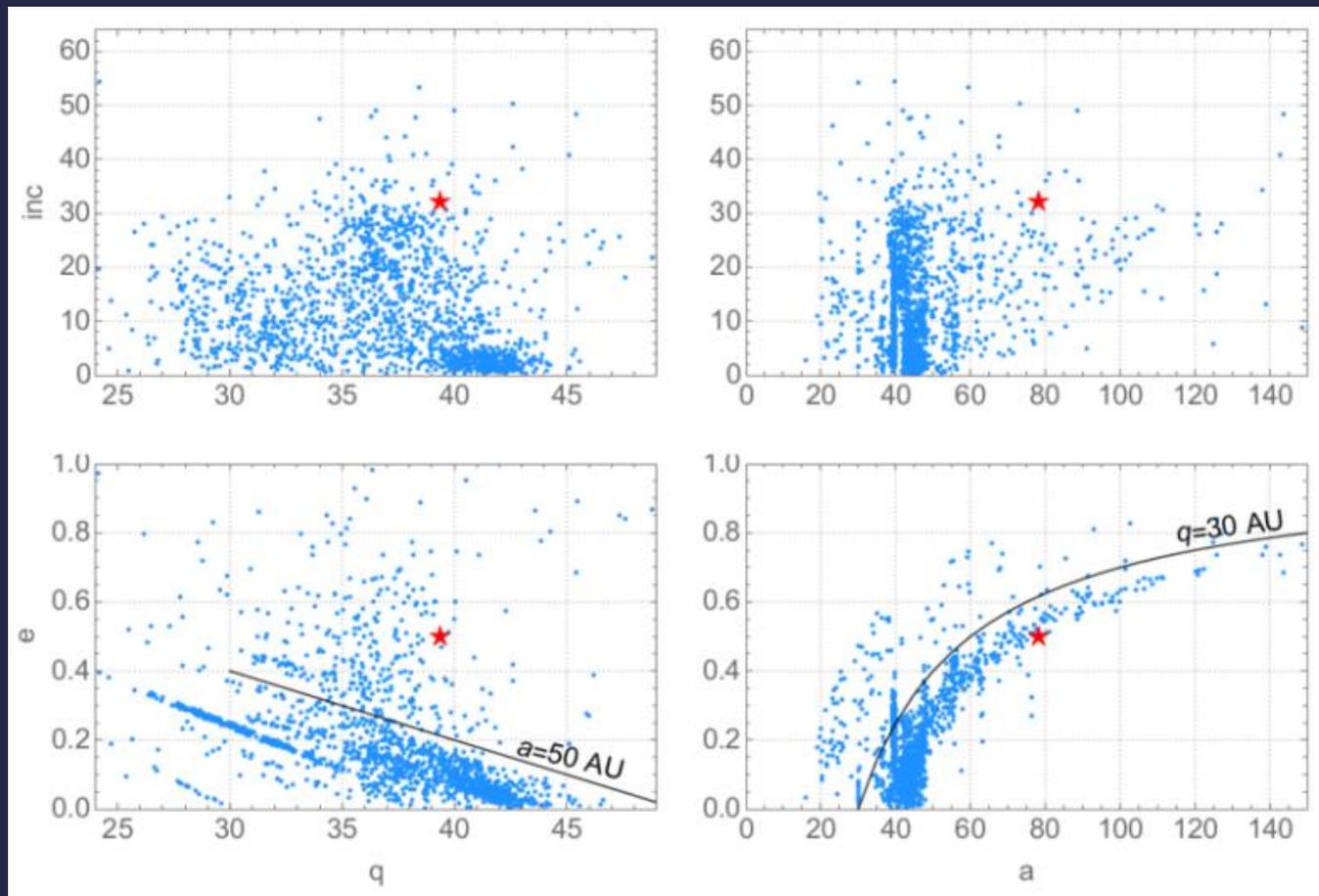
Период вращения 30.6 часа

Большая полуось ~78 а.е.

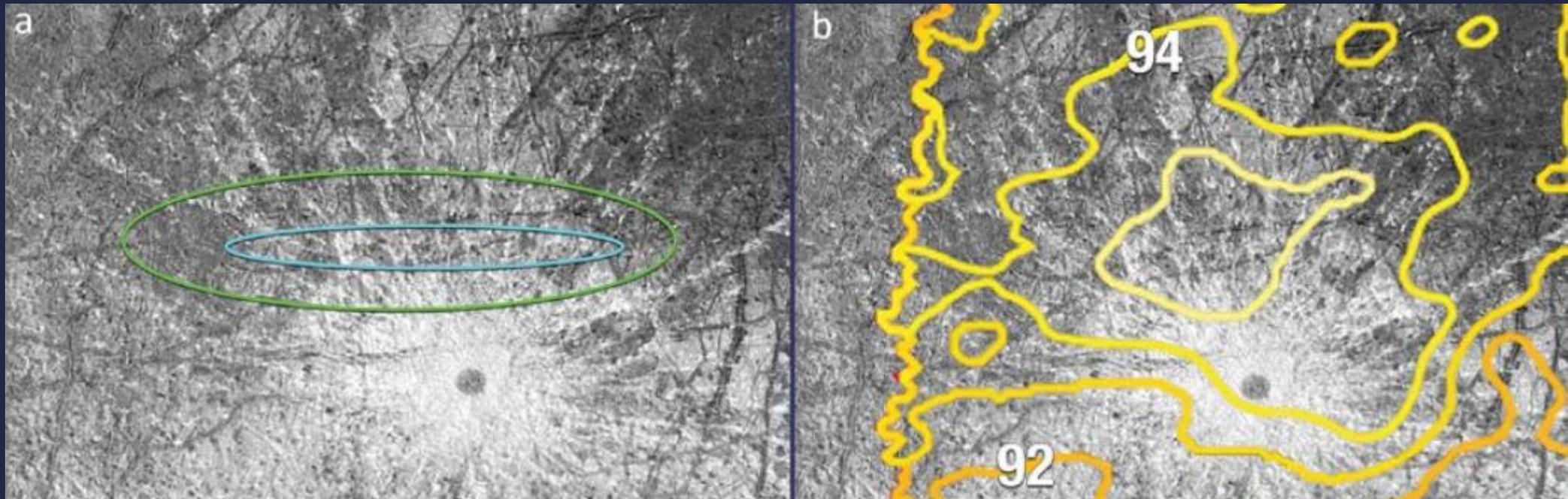
В резонансе 21:5 с Нептуном

Большой эксцентриситет 0.5

Большое наклонение орбиты 32 градуса



Криовулканизм на Европе

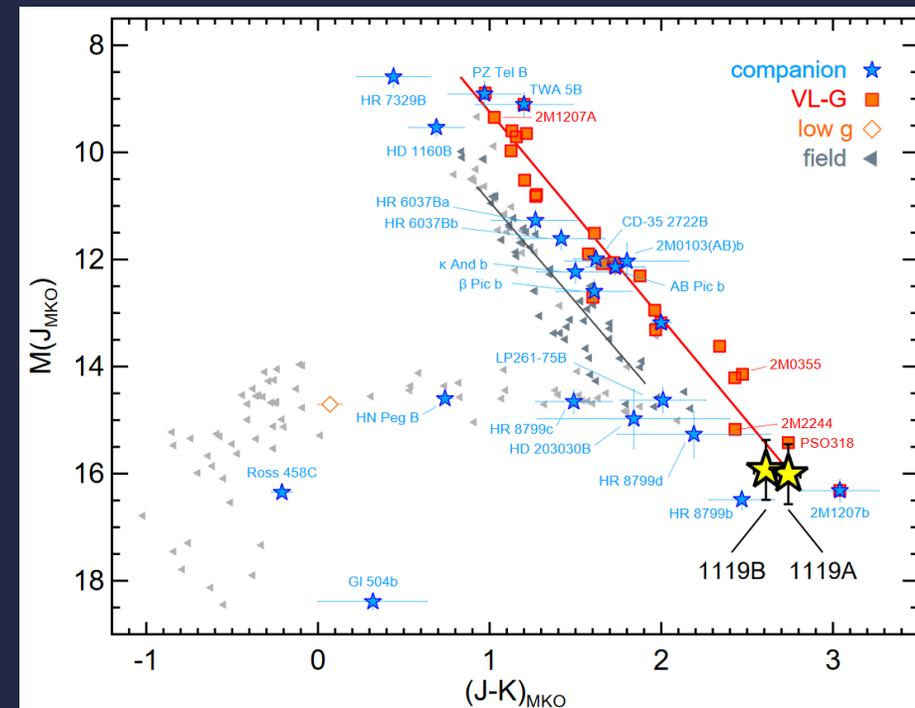
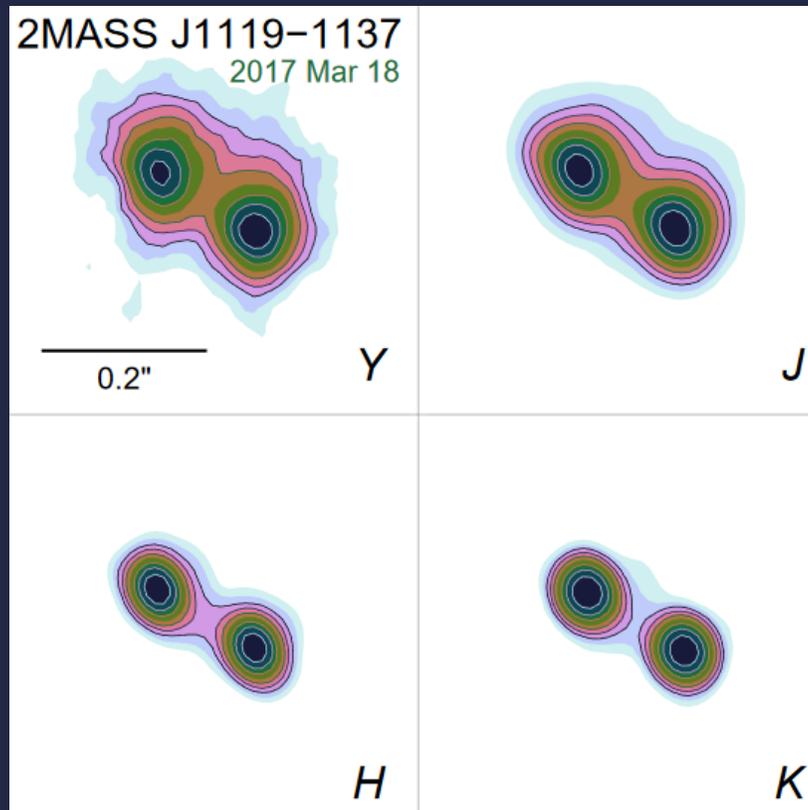
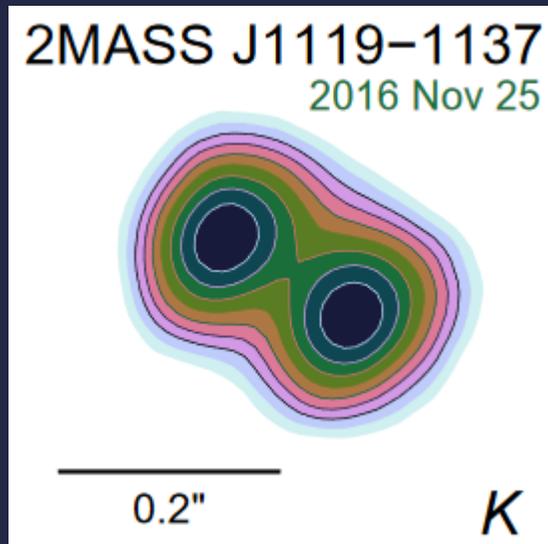


Наблюдения на Хаббле в феврале 2016 г.
Предыдущие – в марте 2014.

Бурый карлик превращается.....

... превращается бурый карлик

В ПАРУ ПЛАНЕТ!

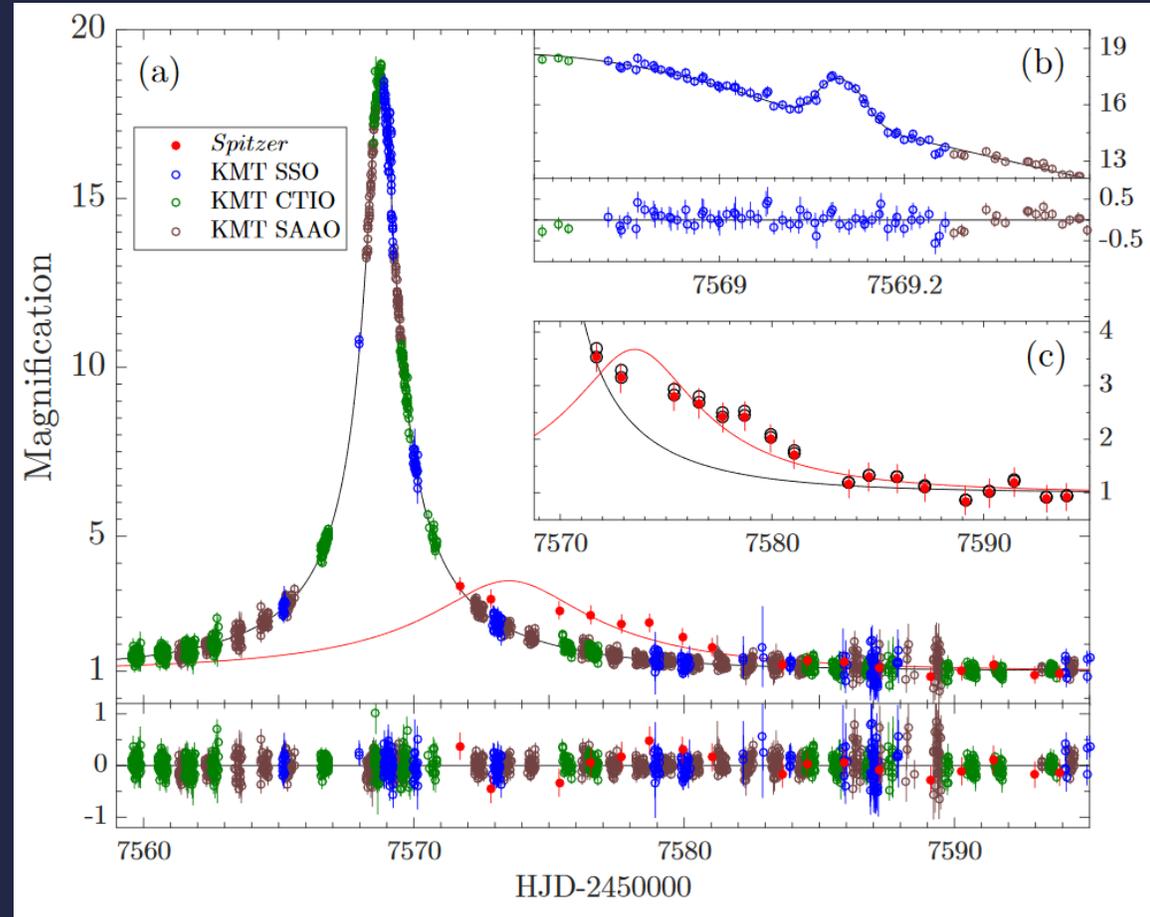


Наблюдения на Кеке.
Между планетами 3.6 а.е.
Массы планет по 3-5 масс Юпитера.

Землеподобная планета бурого карлика

OGLE-2016-BLG-1195Lb

По наблюдениям микролинзирования на наземных установках и на космическом телескопе Спитцер обнаружена планеты массой 1.1-1.9 земной на орбите вокруг бурого карлика (масса 0.06-0.09). Размер орбиты 1-1.3 а.е. Это самая легкая планета среди всех, обнаруженных методом микролинзирования. Система находится в 4 с небольшим кпк от нас.

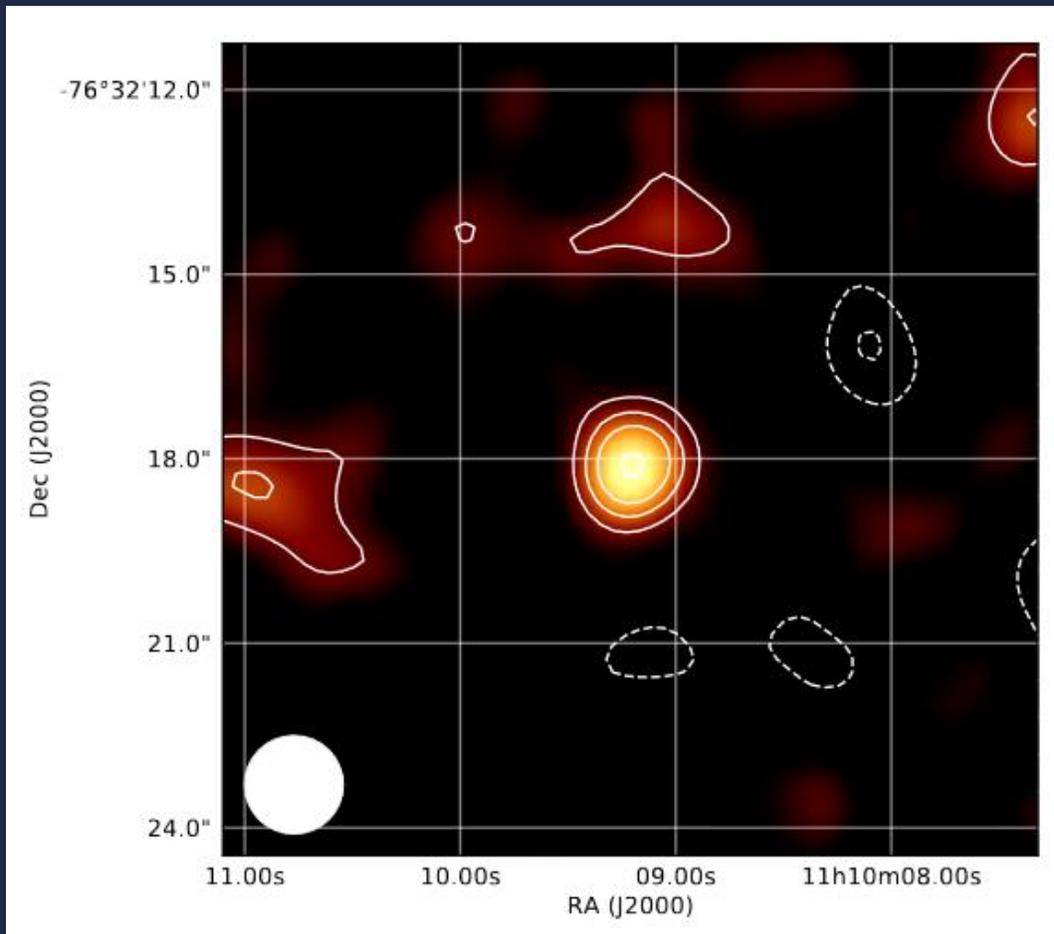


Диск вокруг одиночной планеты

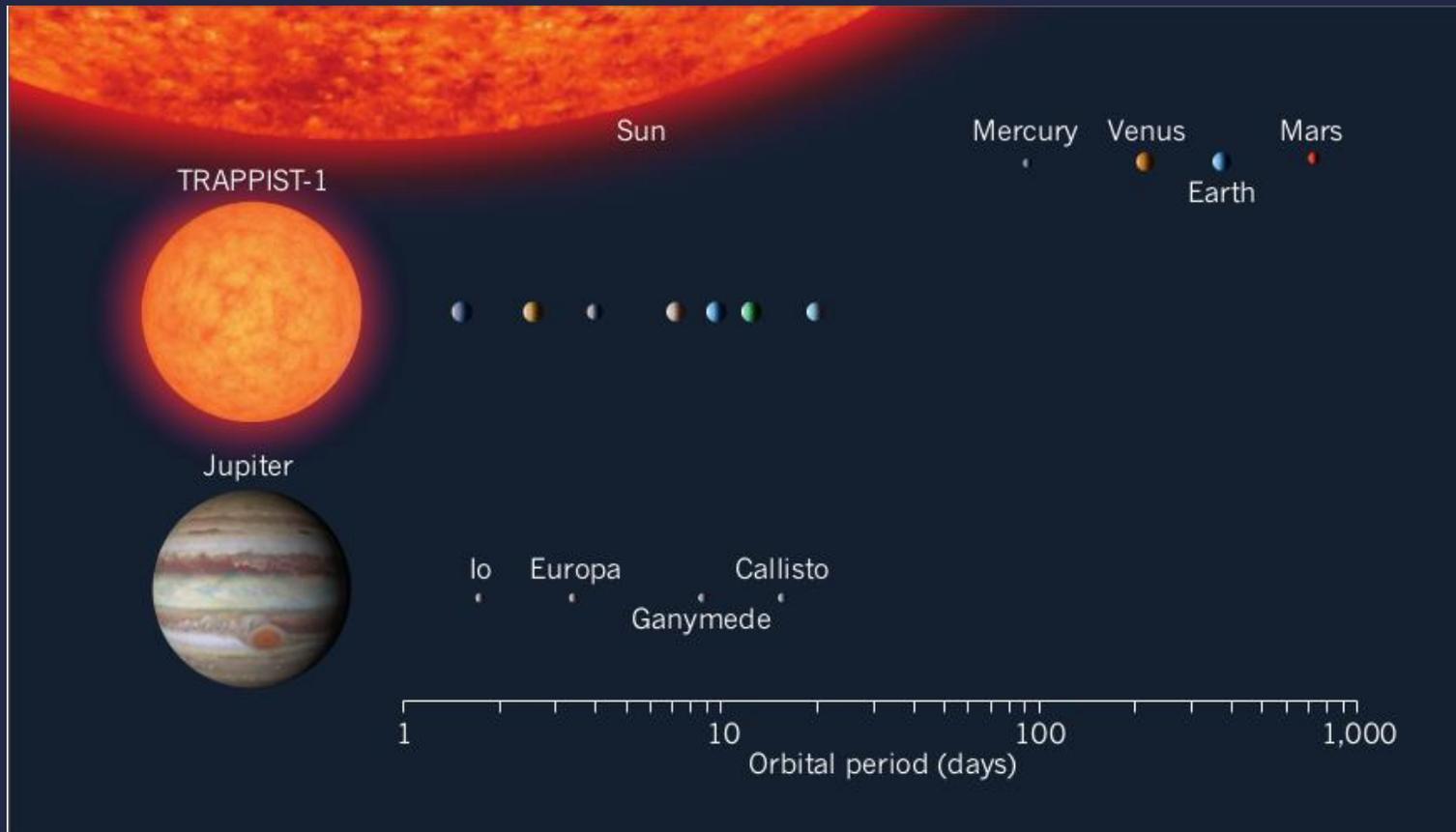
OTS44 – одна из четырех одиночных планет с диском.

С помощью ALMA диск впервые удалось разглядеть.

Масса планеты ~12 масс Юпитера.
Масса пыли в диске 0.1-0.6 масс Земли.



Система TRAPPIST-1: семь землеподобных планет



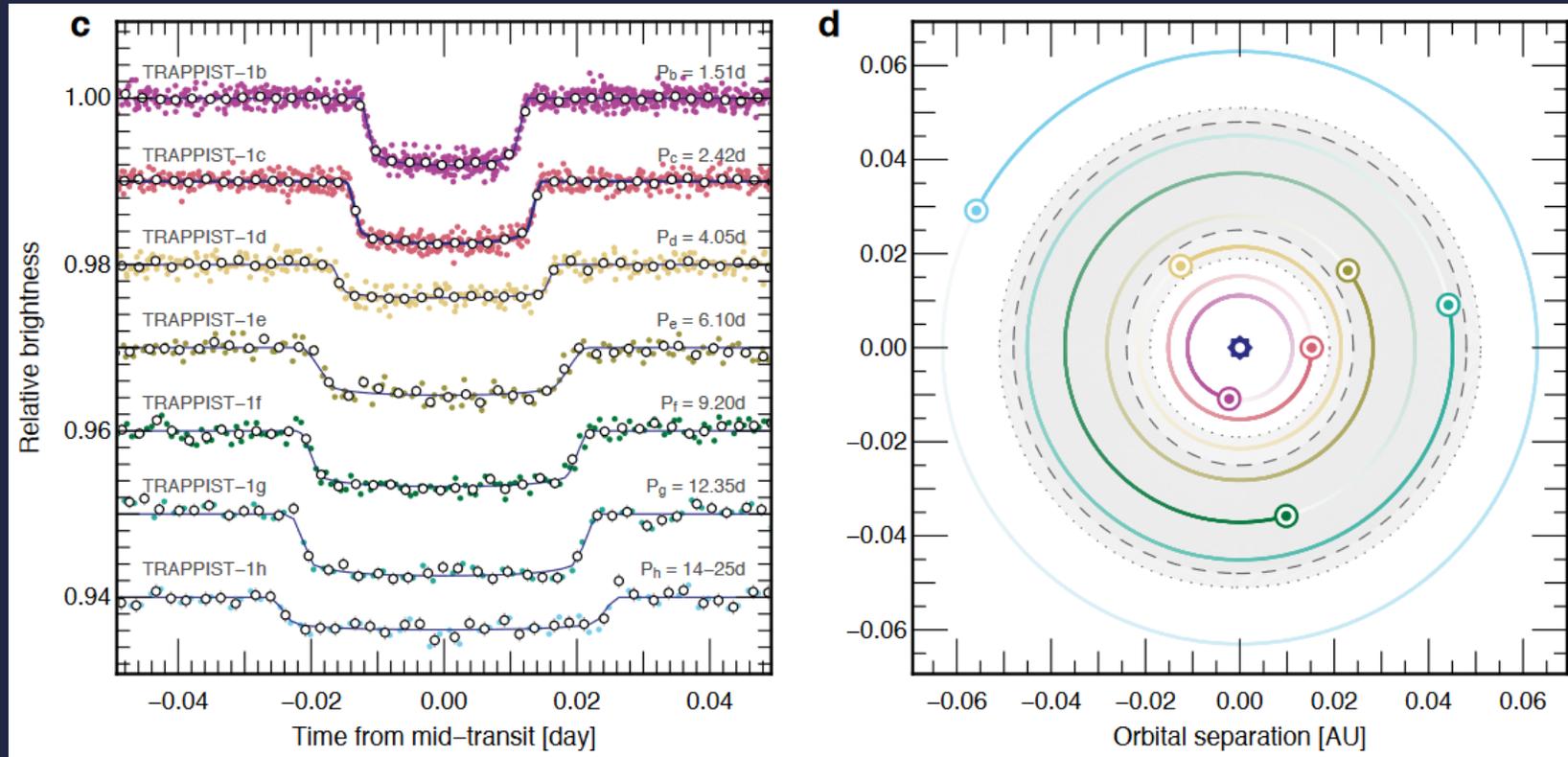
Радиусы планет в радиусах Земли:
1.09, 1.06, 0.77, 0.92, 1.04, 1.13, 0.76

Звезда – красный карлик.

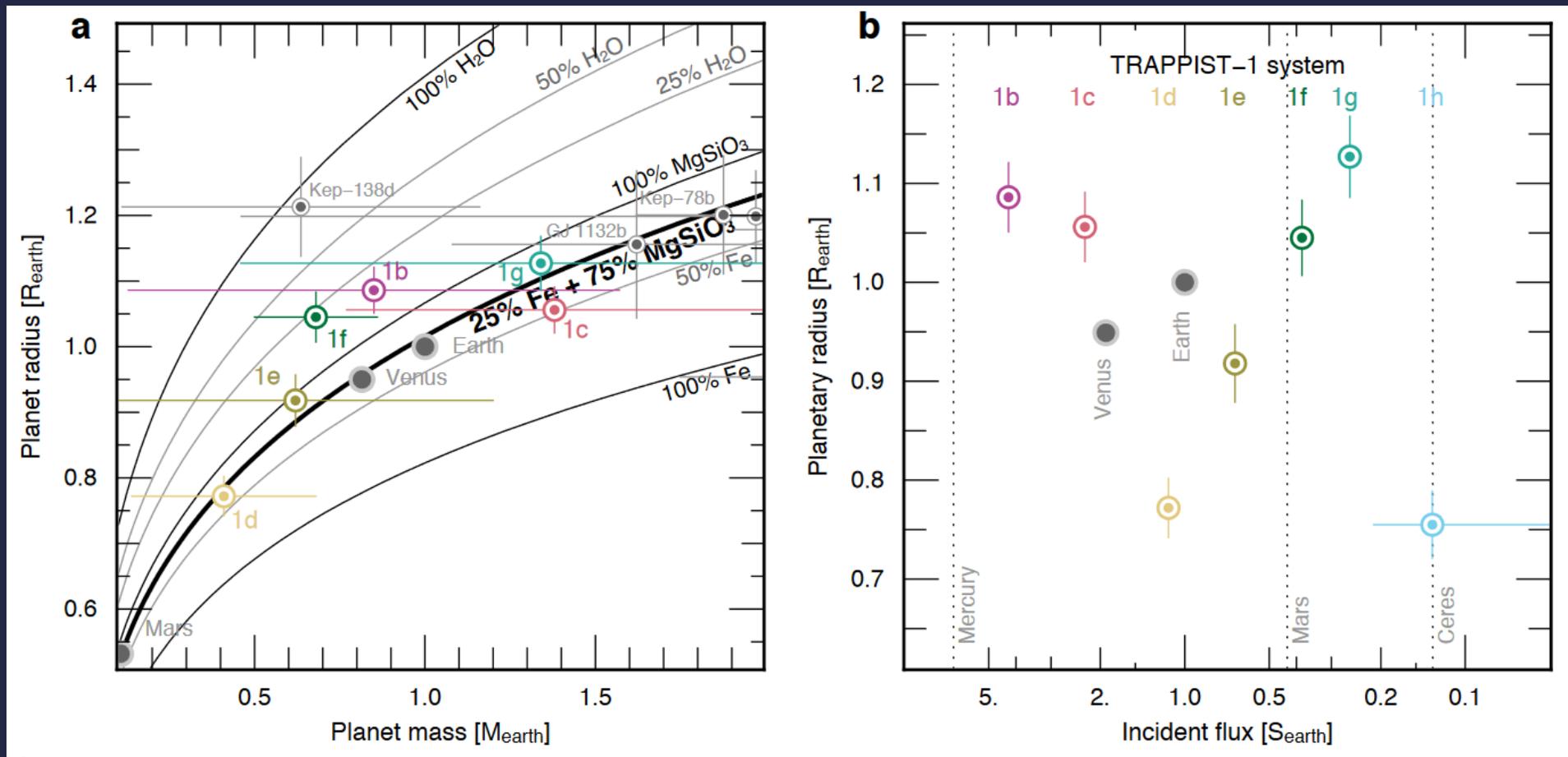
Расстояние 12 пк.

Великолепная семерка

Три планеты были надежно идентифицированы по данным наземных наблюдений в проекте TRAPPIST. Остальные были добавлены в результате мониторинга транзитов на космическом телескопе Спитцер.



Параметры планет



Новая гравитационная лаборатория

PSR J1757–1854

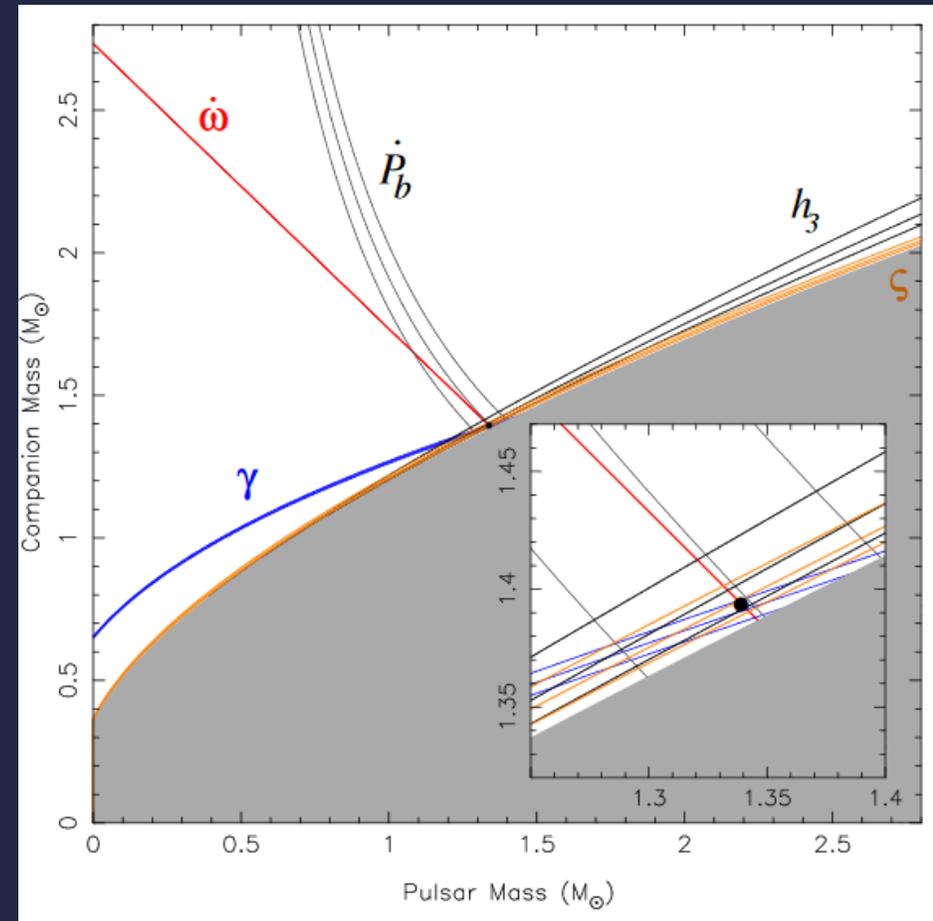
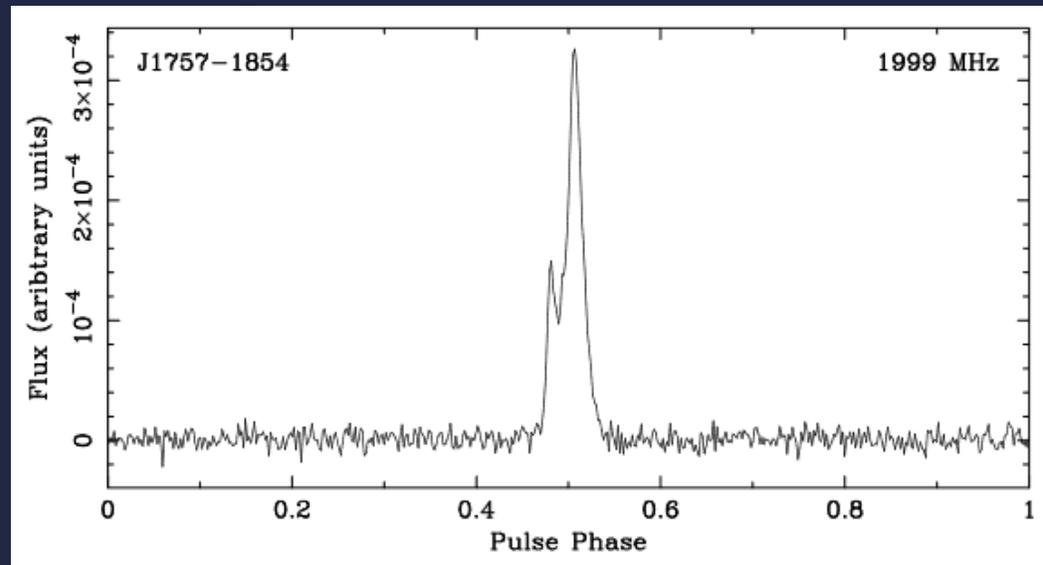
Миллисекундный (21.5 мсек) пульсар
в паре с другой нейтронной звездой.

Массы 1.34 и 1.39 масс Солнца.

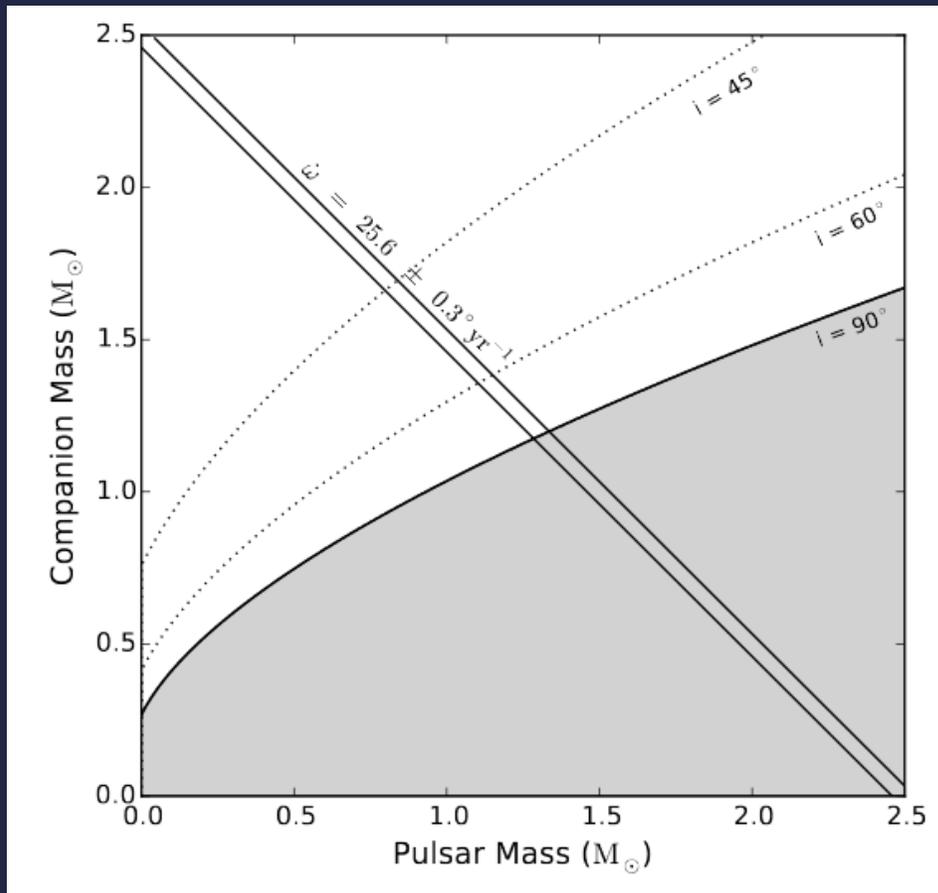
Орбитальный период 4.4 часа.

Слияние через 76 млн. лет.

$$\dot{\omega} \simeq 10.37^\circ \text{ yr}^{-1},$$



И тут же рекорд перебит!

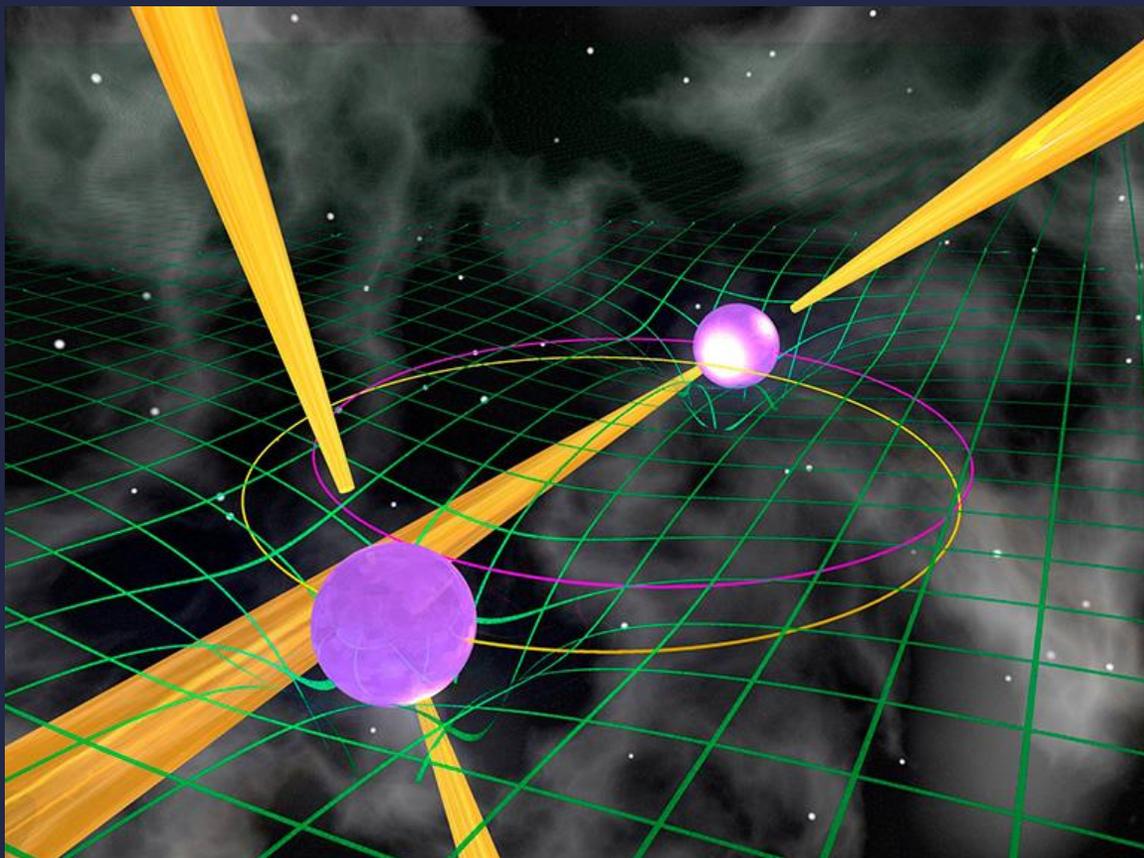


PSR J1946+2052
1.88 hours

$$\dot{\omega} = 25.6 \pm 0.3 \text{ deg yr}^{-1}$$

Куда вращается пульсар?

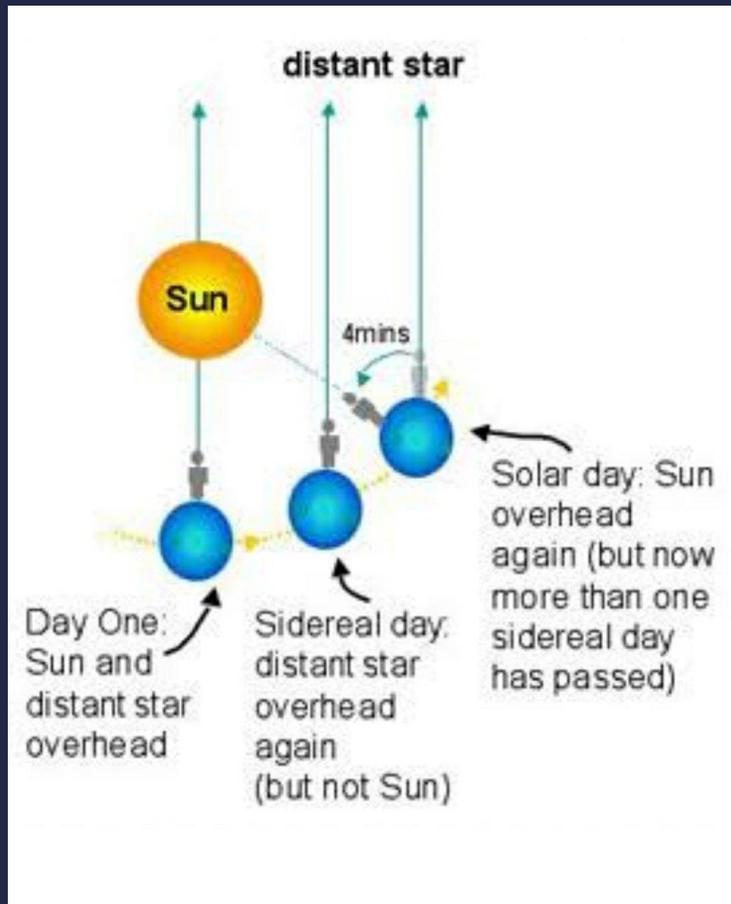
PSR J0737–3039 – двойной пульсар



Впервые удалось определить в какую сторону вращается пульсар.

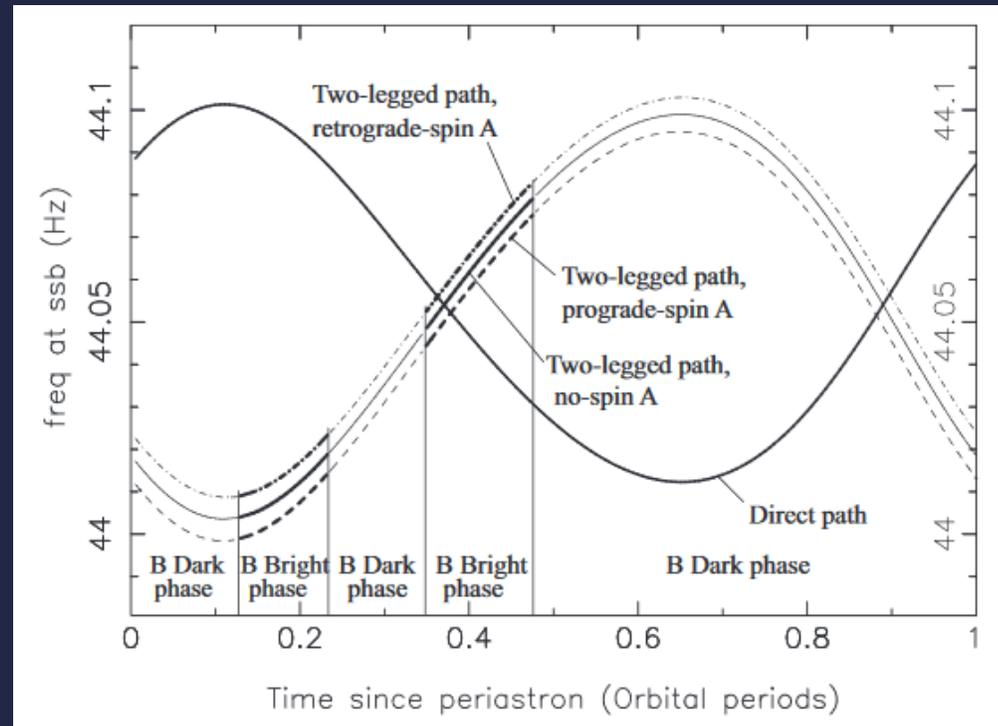
Оказалось, что ось собственного вращения направлена туда же, куда и орбитальная.

Солнечные и звездные сутки



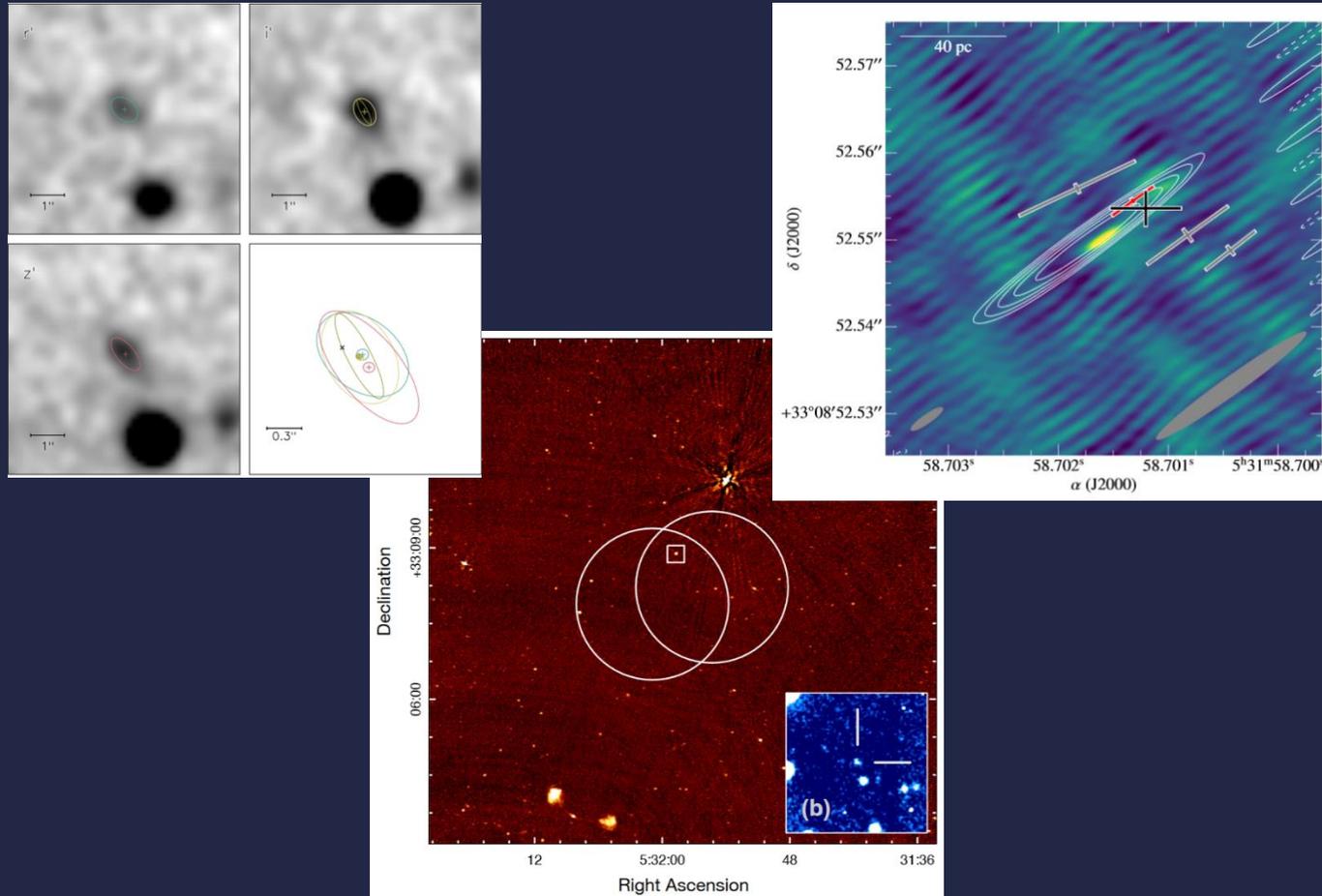
Идея впервые была описана в статье 1402.0523.

Ситуация аналогичная солнечным и звездным суткам на Земле.

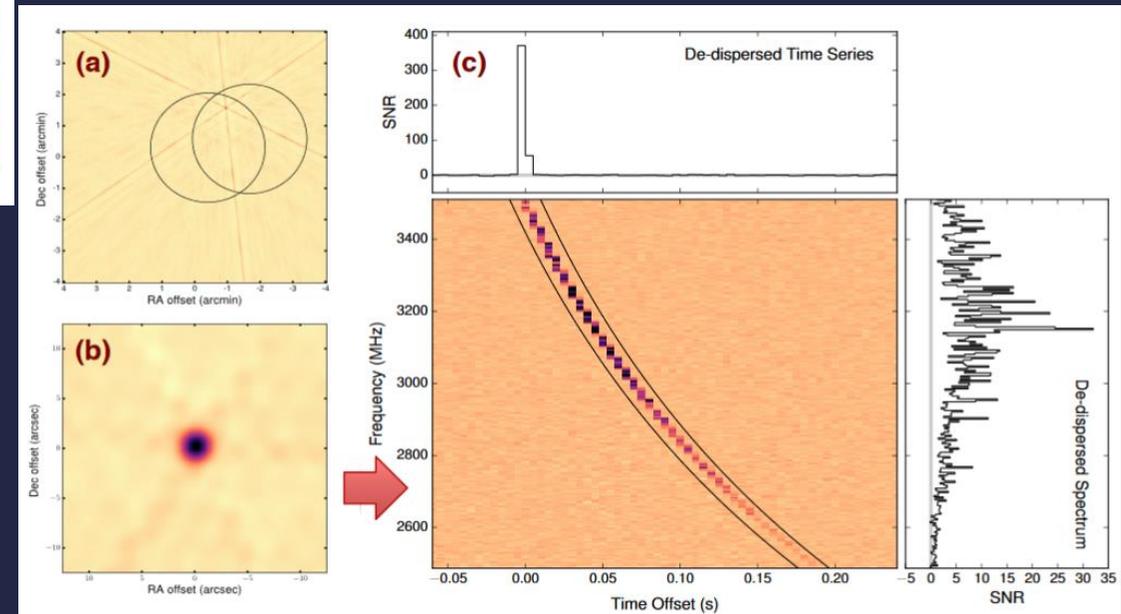


1402.0523

Галактика FRB



Для повторного источника FRB 121102 удалось отождествить материнскую галактику. Это карликовая галактика с высоким темпом звездообразования на $z \sim 0.2$ (1 Гпк).



1701.01098, 1701.01099, 1701.01100

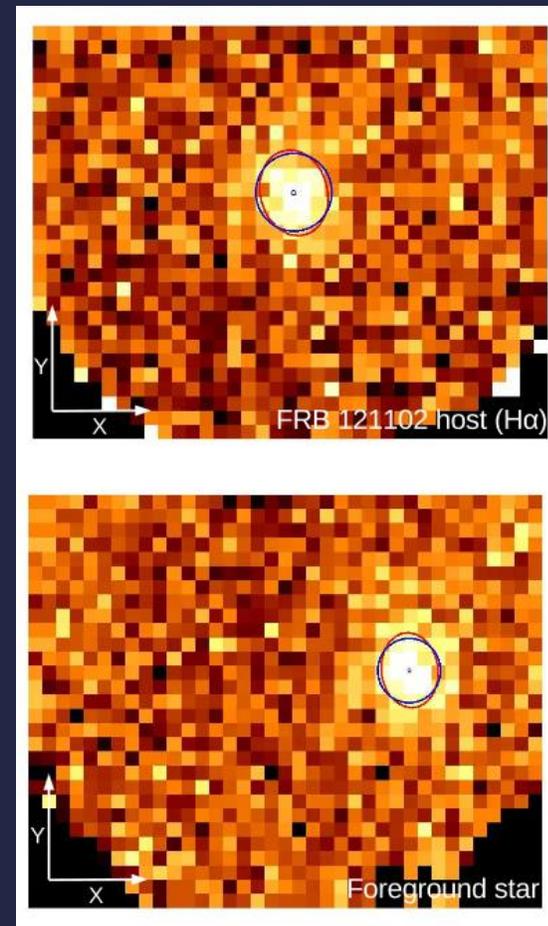
Излучения H-alpha в галактике FRB 121102



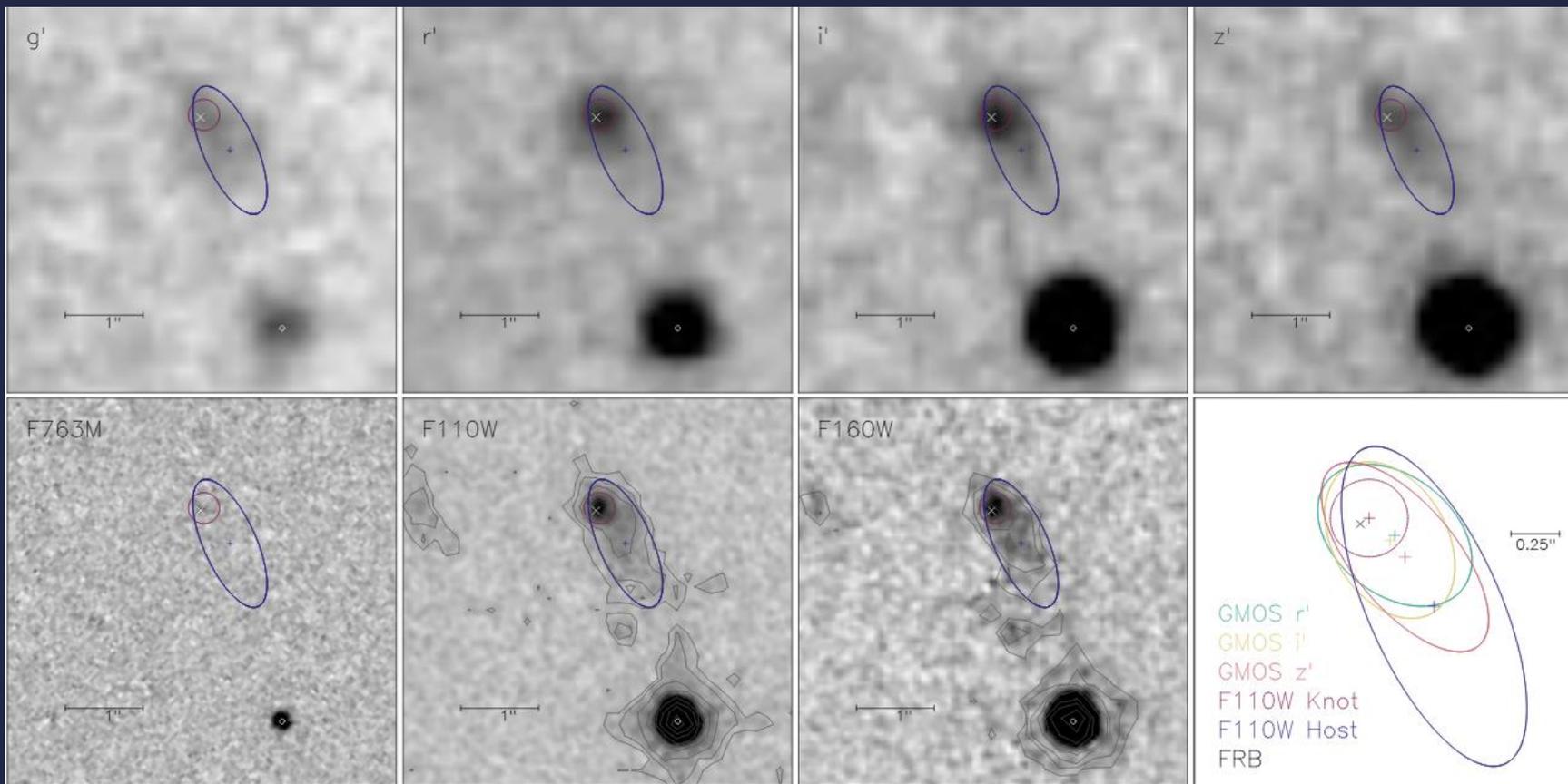
Изображение на Кеке.
Прямоугольники показывают области,
наблюдавшиеся на Субару.

Совпадение положения FRB
с областью H-alpha говорит
в пользу моделей с
молодыми нейтронными звездами.

Область H-alpha может давать большой вклад
в наблюдаемую меру дисперсии источника.



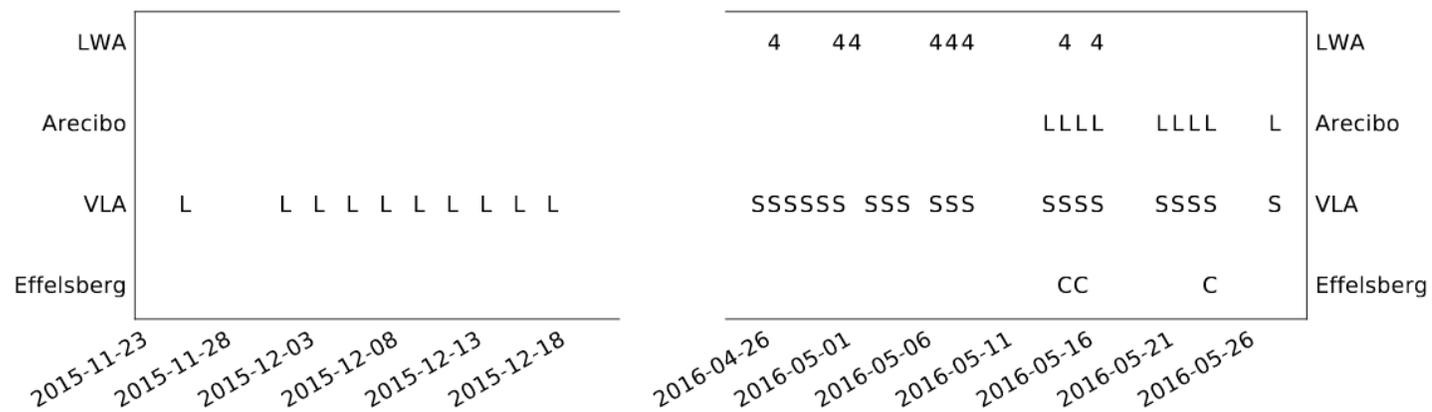
Область звездообразования и FRB 121102



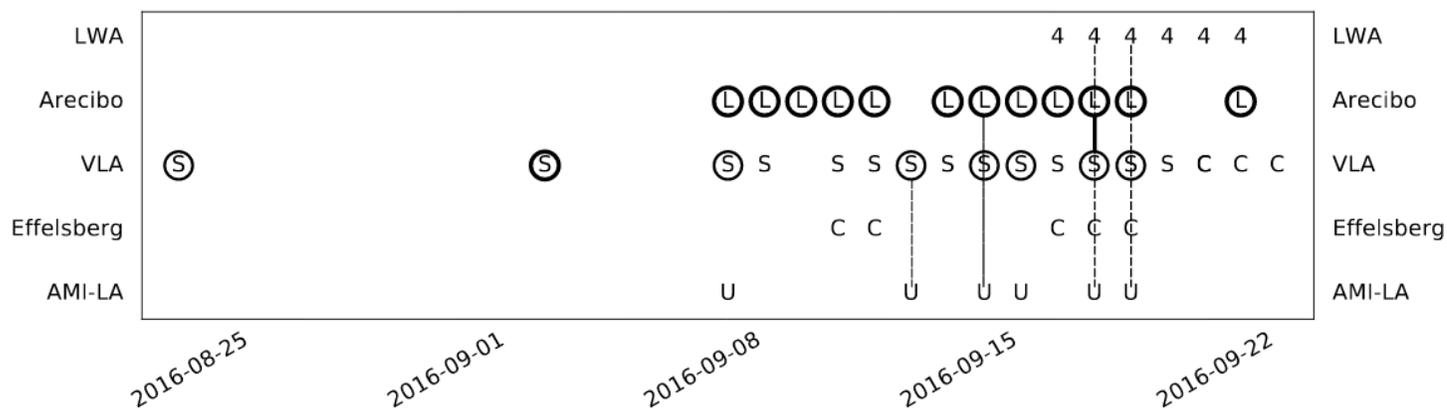
Gemini, Hubble, Spitzer

Иррегулярная маломассивная
малометаллическая галактика.

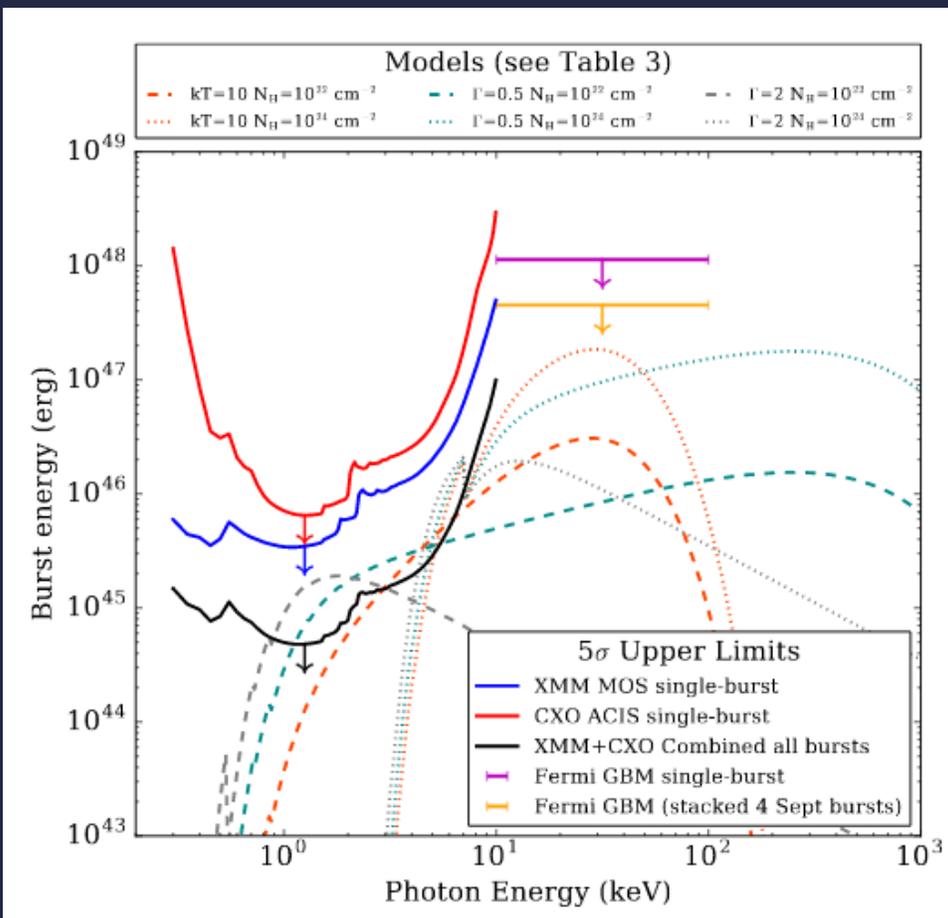
VLA, Arecibo и все-все-все



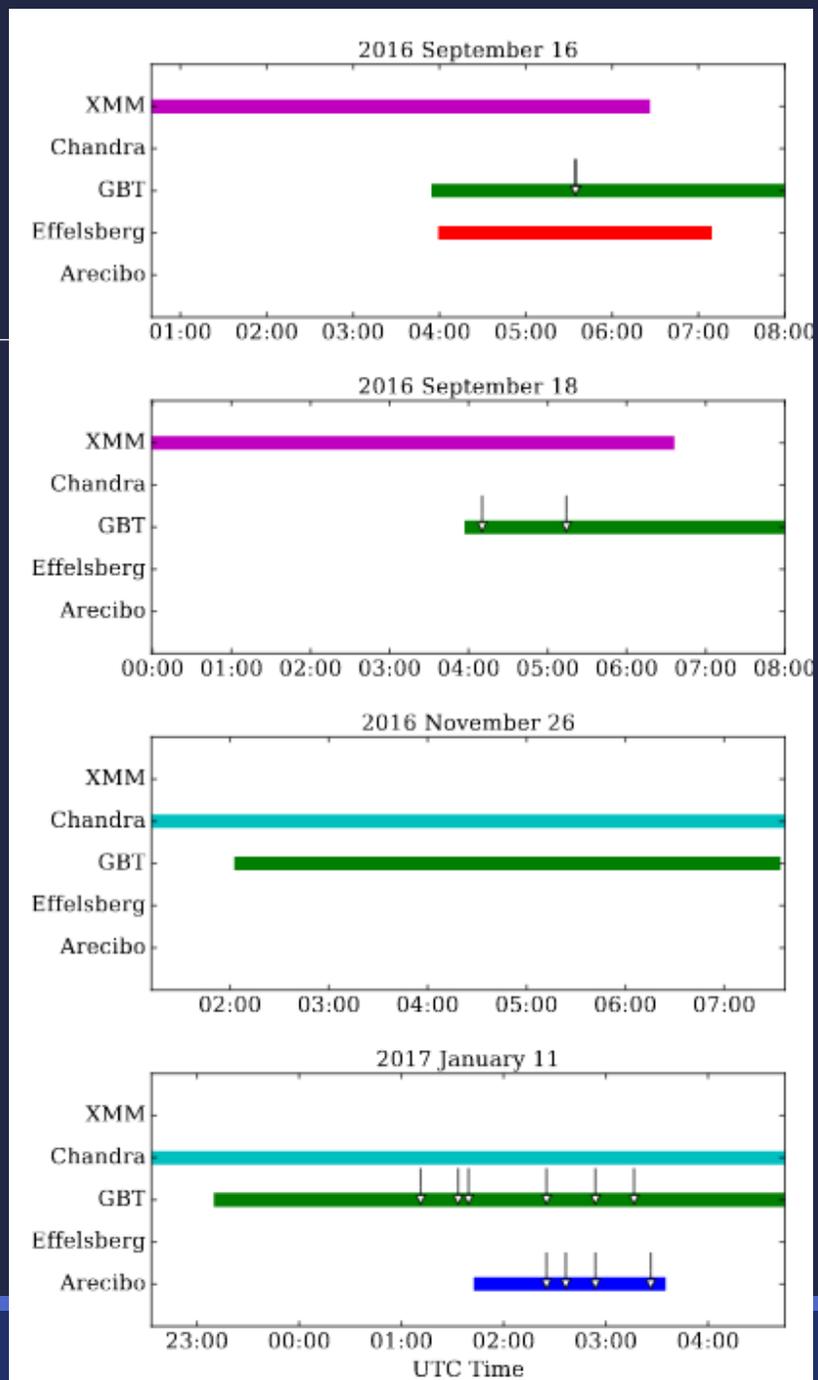
Темп всплесков – раз в несколько часов.
 Но они могут идти пачками.
 Одновременная регистрация
 на VLA и Арецибо.



Одновременные наблюдения в радио и рентгене

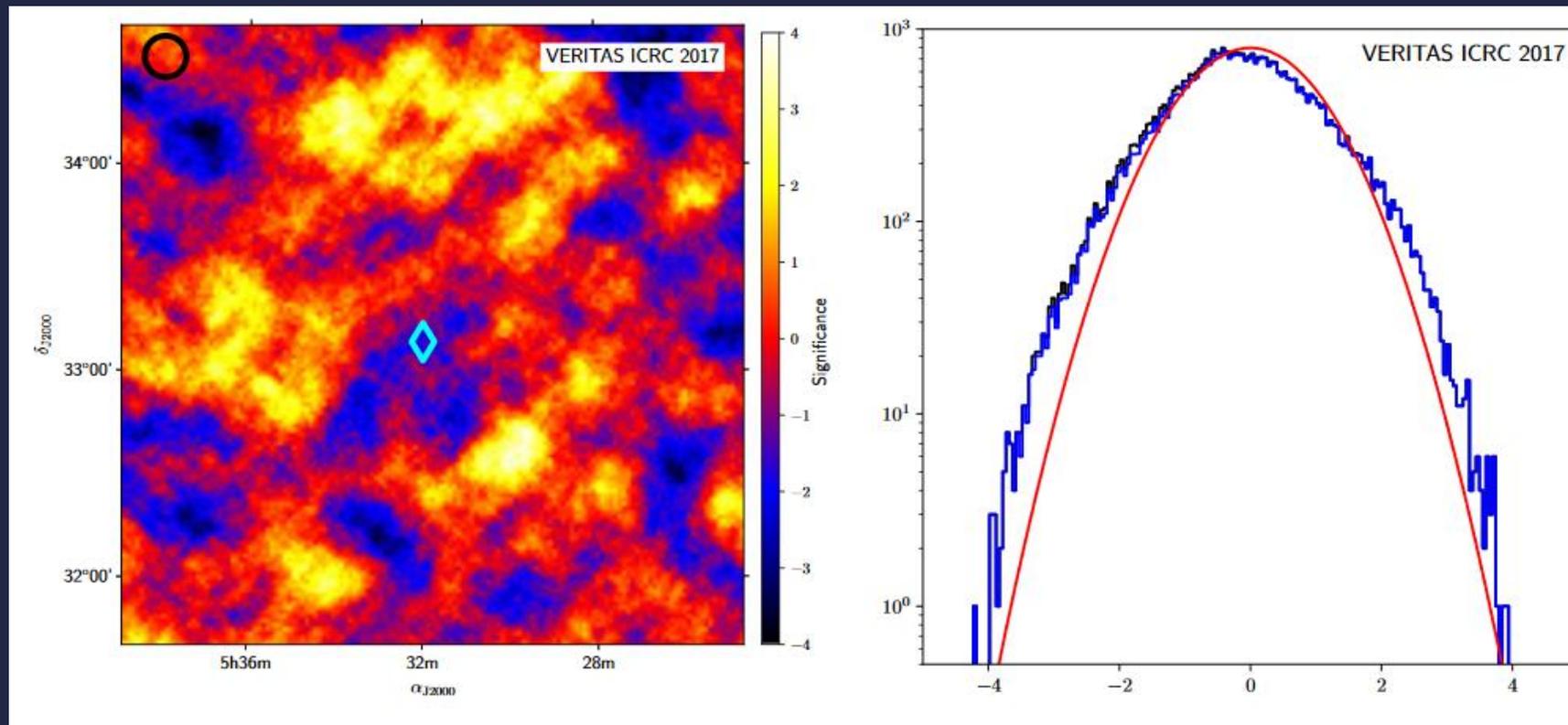


1705.07824



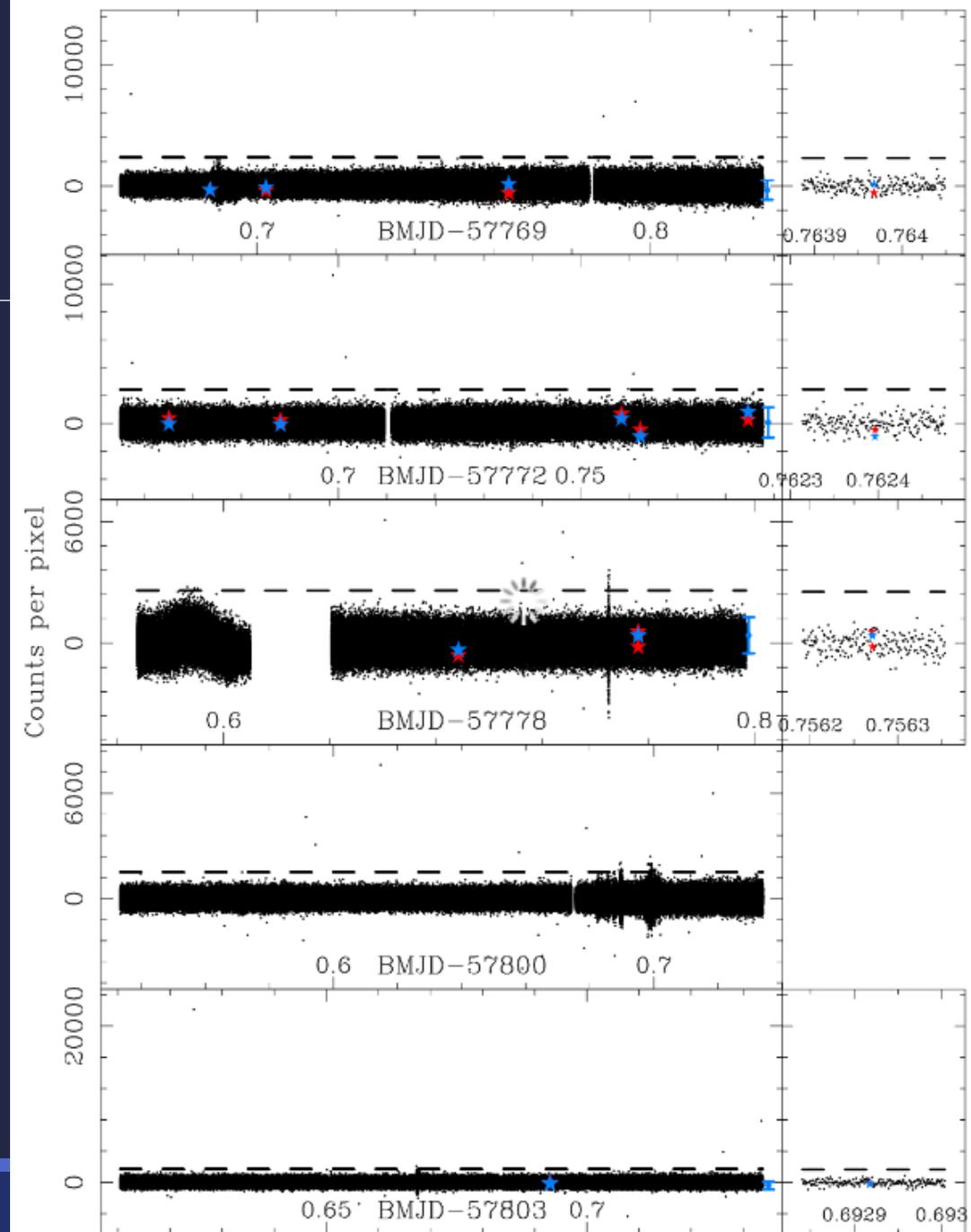
Наблюдения FRB 121102 на VERITAS

За >10 часов чистого времени наблюдений сигнал не обнаружен.
Сигнал выше 1 TeV должен отсутствовать из-за EBL.



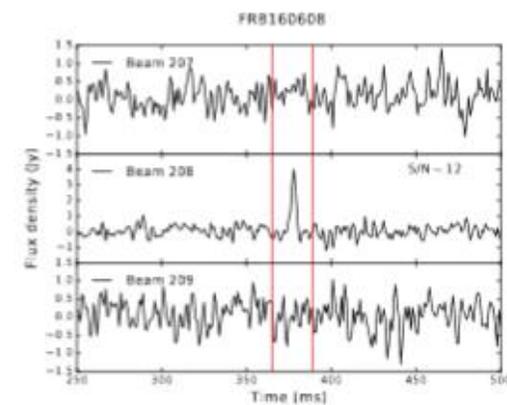
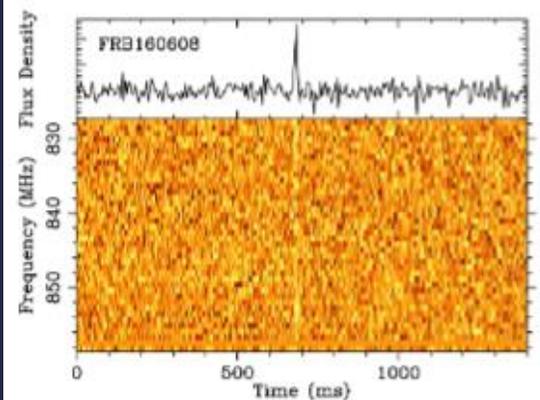
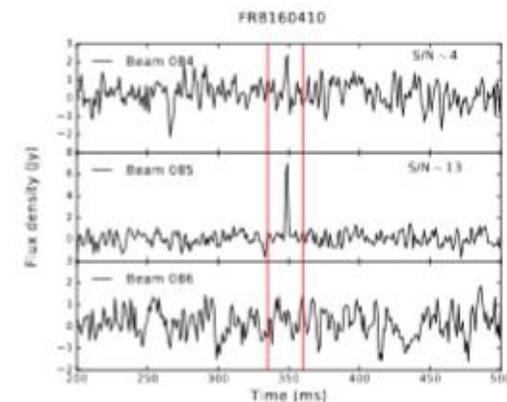
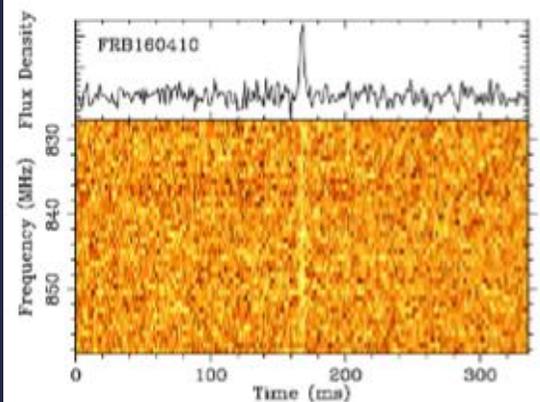
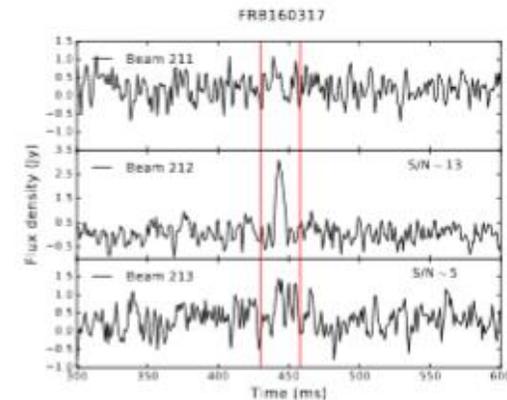
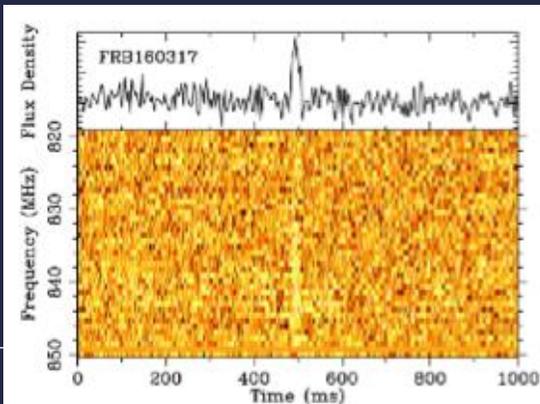
Отсутствие оптических вспышек от FRB121102

Одновременные наблюдения в радио
(100-м Эффелсберг) и на 2.4-м в оптике.
13 всплесков в радио. В оптике - ничего.

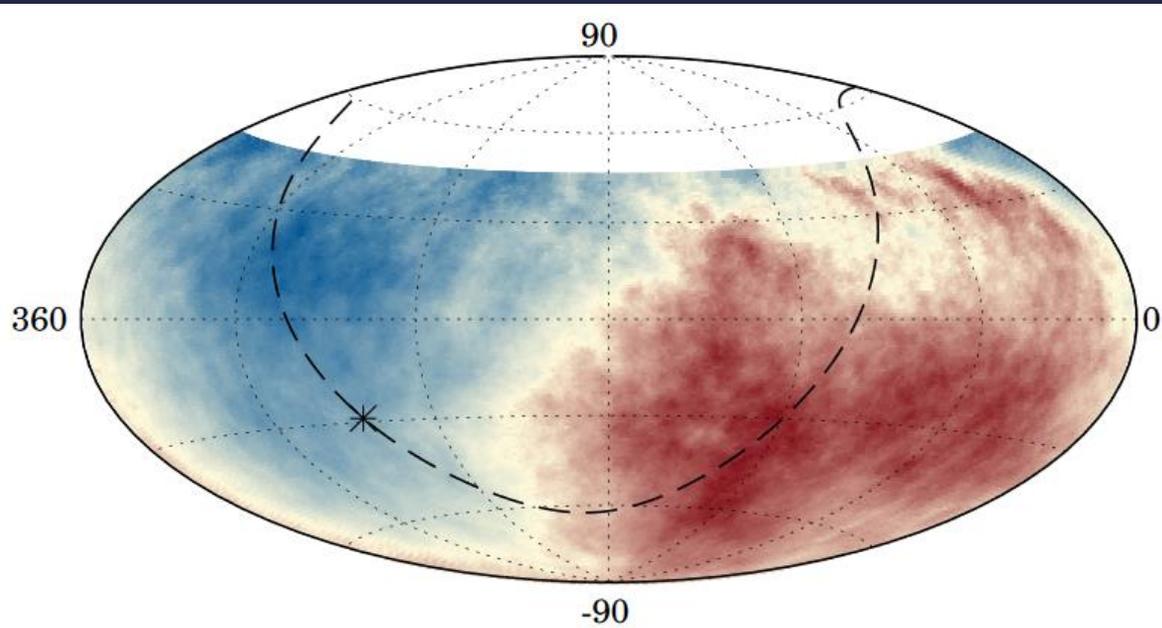


Первые результаты UTMOST

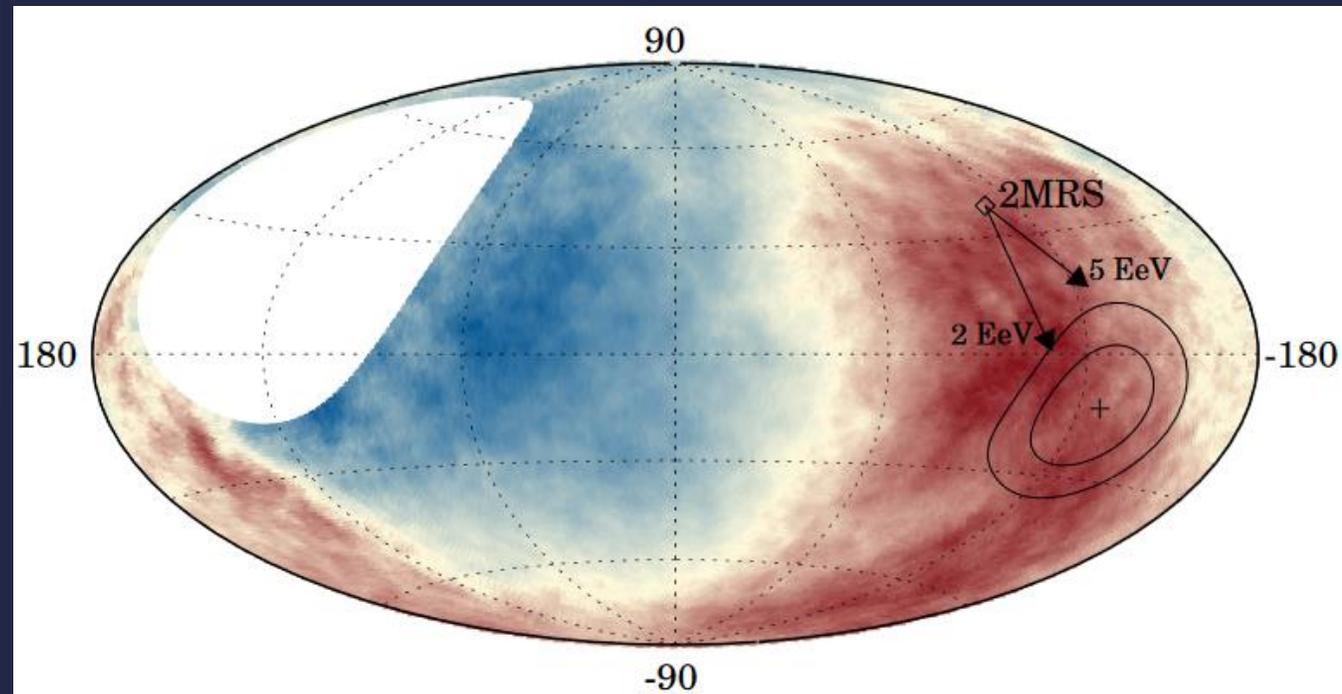
843 МГц.
Три всплеска за 180 дней наблюдения.
Повторов нет.



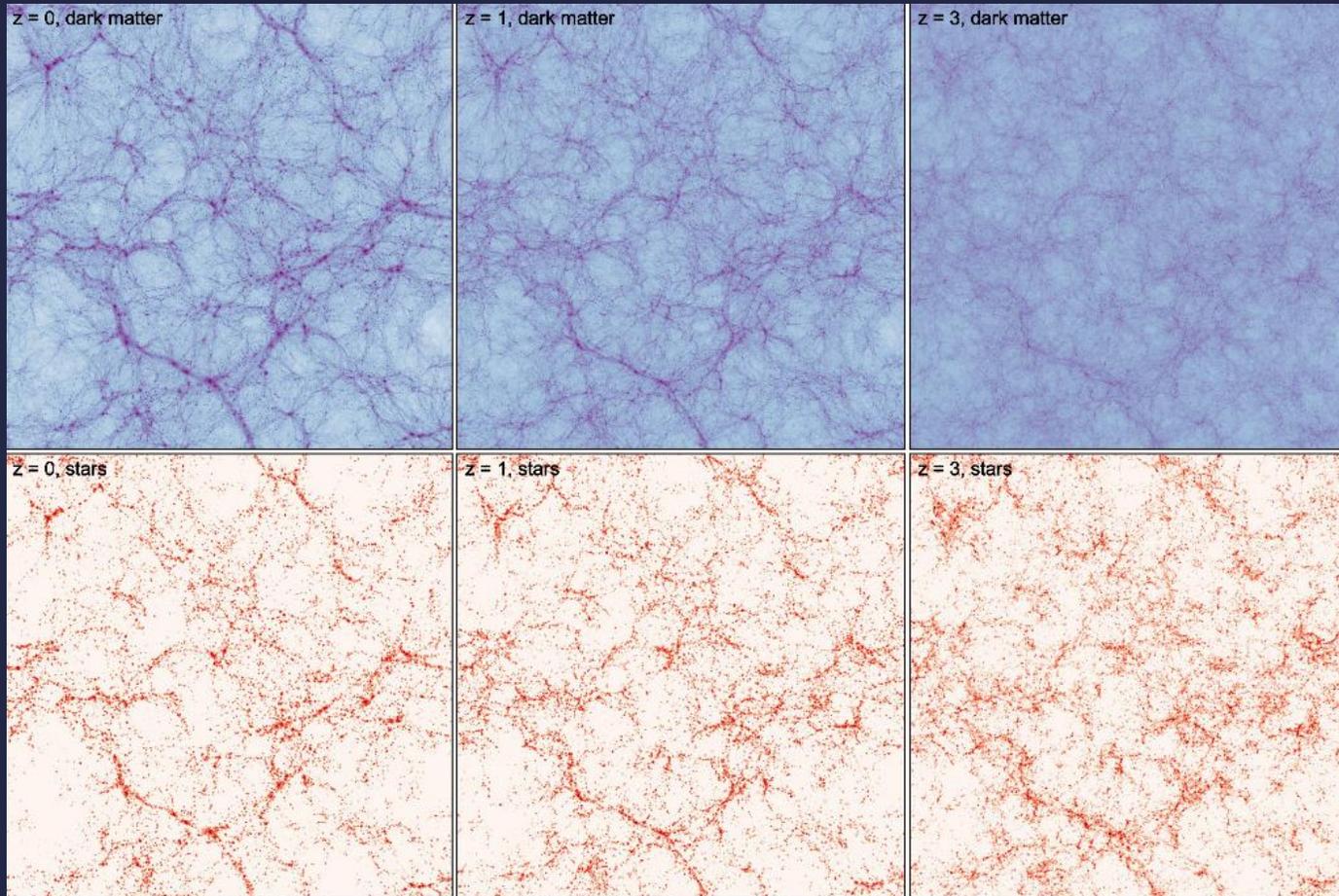
Анизотропия космических лучей сверхвысоких энергий



Обсерватория Оже обнаружила анизотропию в направлениях прихода космических лучей на энергиях $>8 \cdot 10^{18}$ эВ.



IllustrisTNG

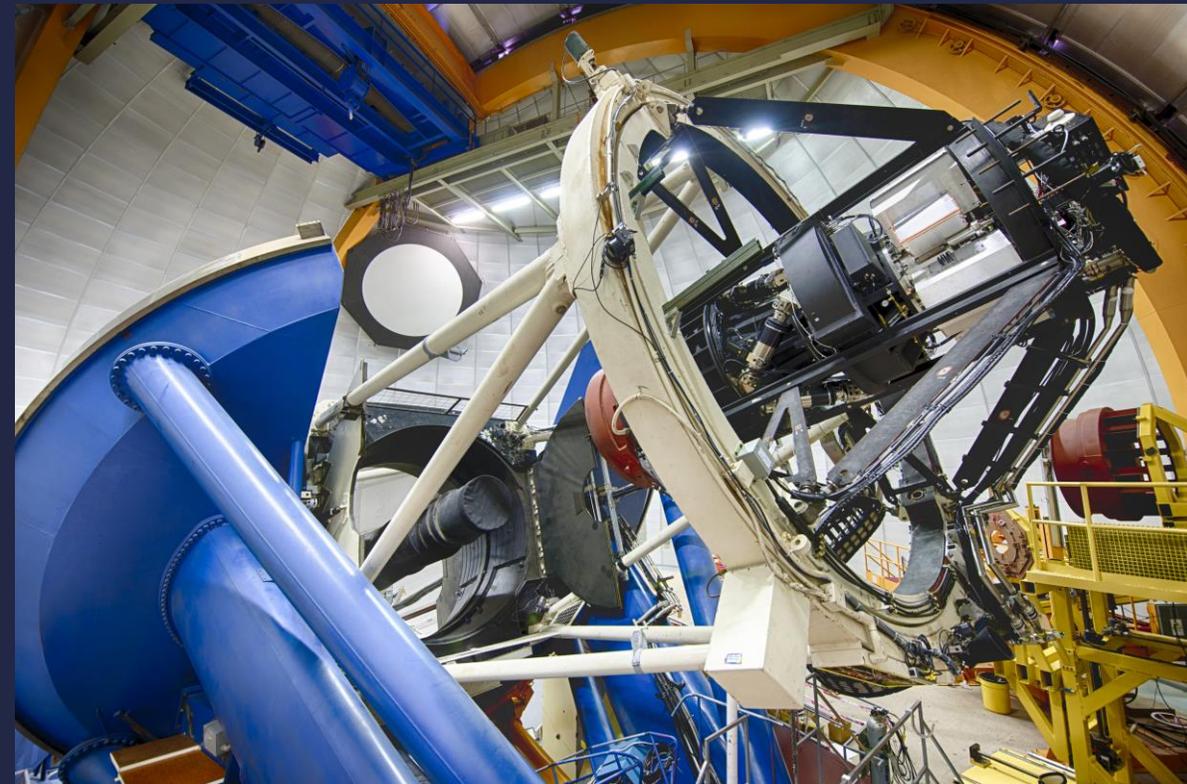


Новые расчеты IllustrisTNG проведены для большего объема, что позволяет исследовать особенности крупномасштабного распределения темного вещества и барионного вещества.

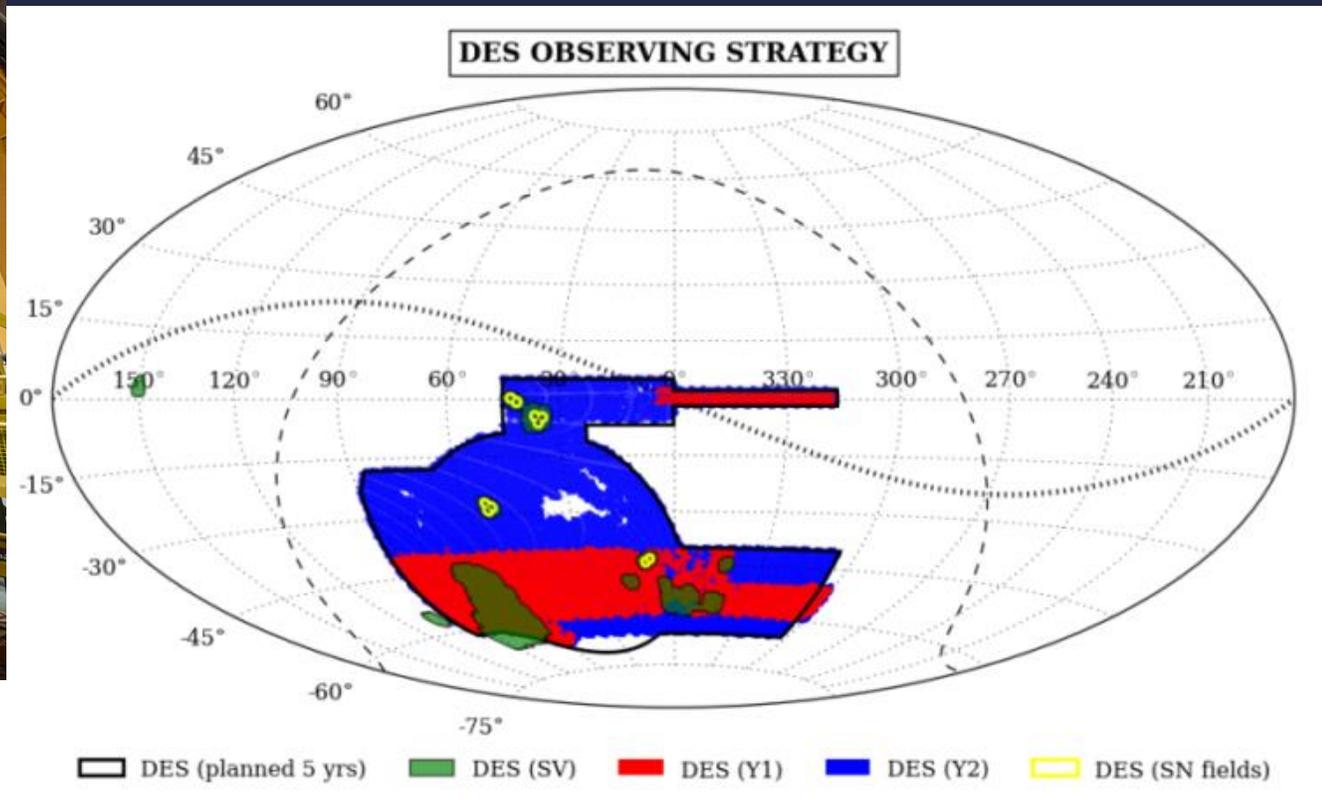
А коллаборация EAGLE выпустила новый релиз своих данных 1706.09899.

Dark energy survey

5000 квадратных градусов (>10% неба)

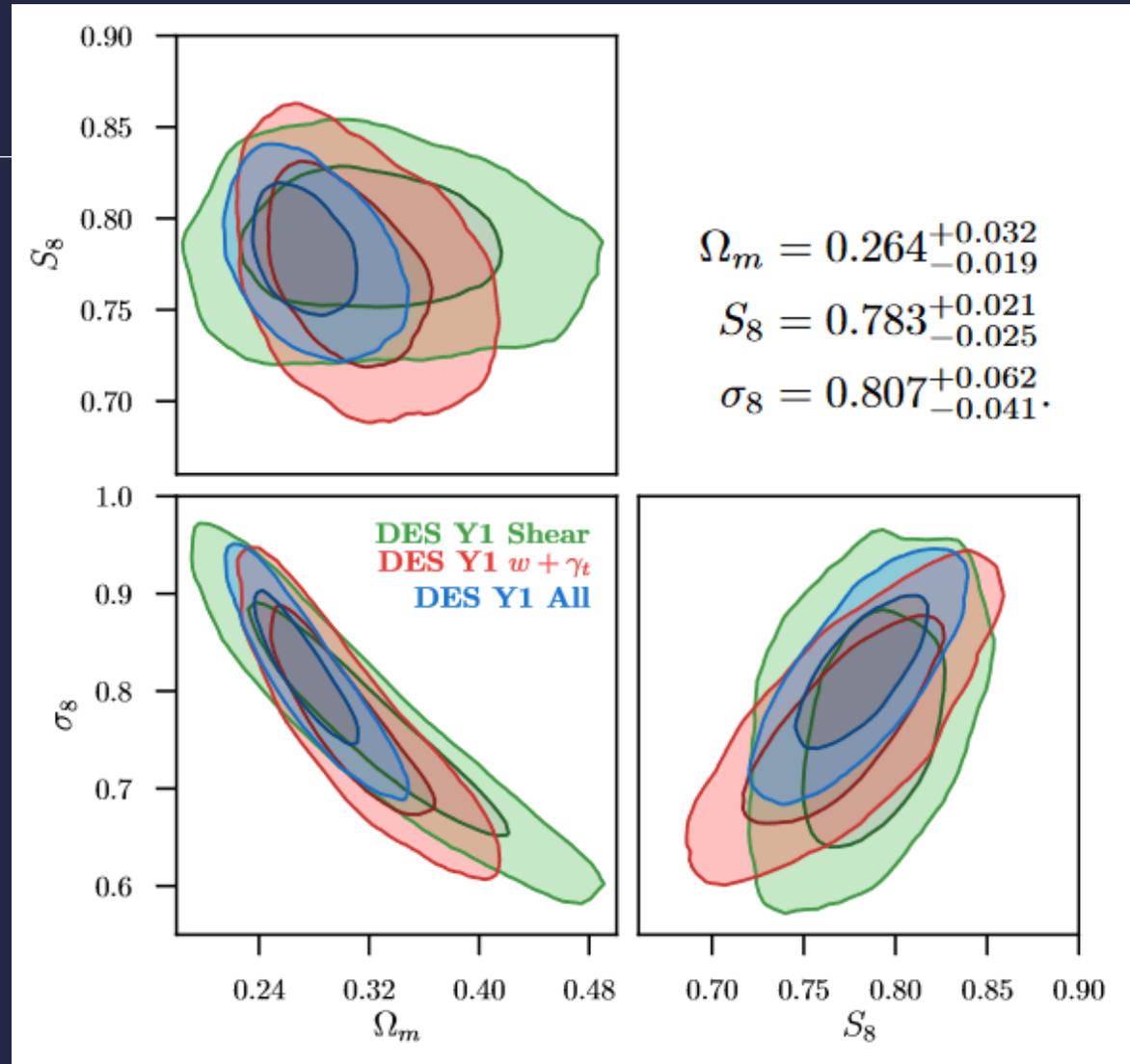


4-метровый телескоп в Чили
520 мегапикселей



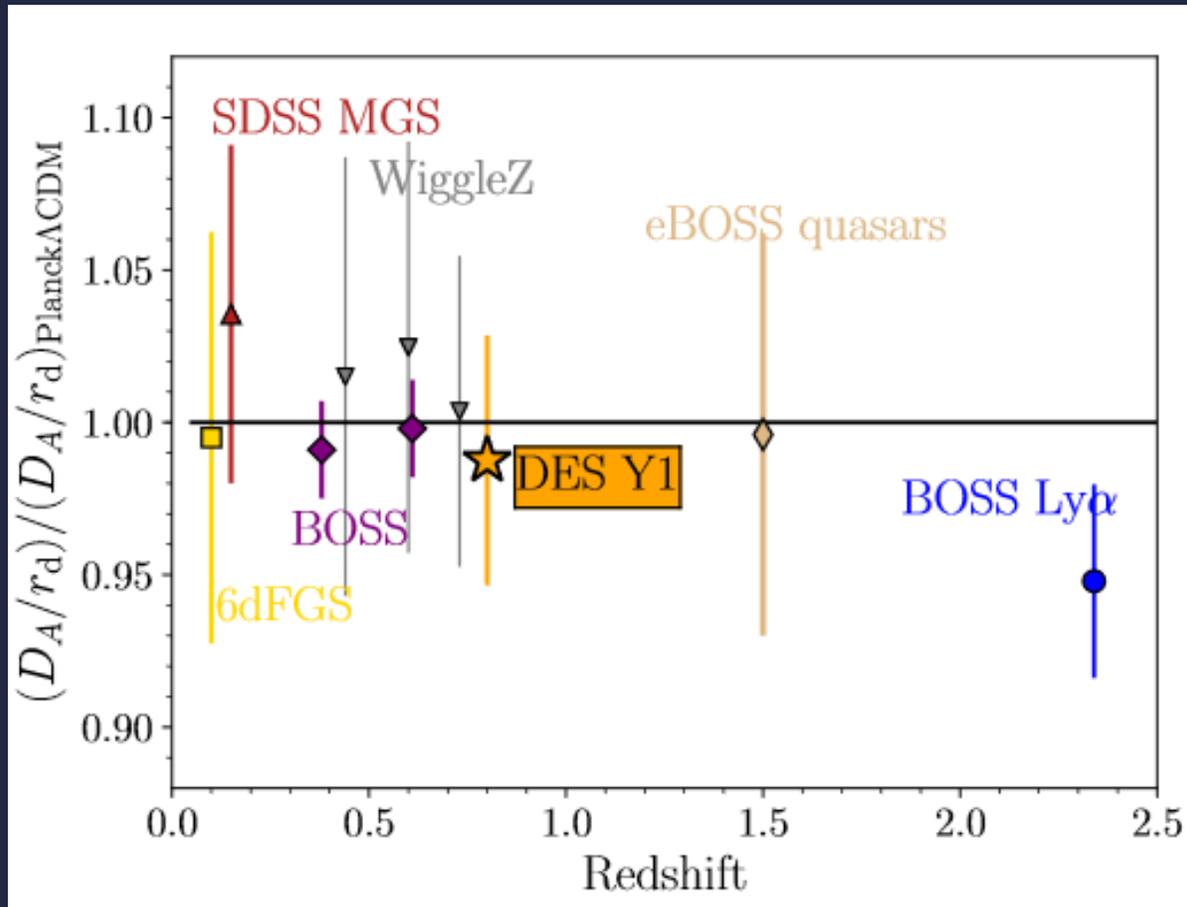
Ограничения на космологические параметры

Результаты наиболее хорошо могут ограничить плотность вещества и параметры, характеризующие неоднородность распределения вещества.



Λ CDM

Измерение углового расстояния



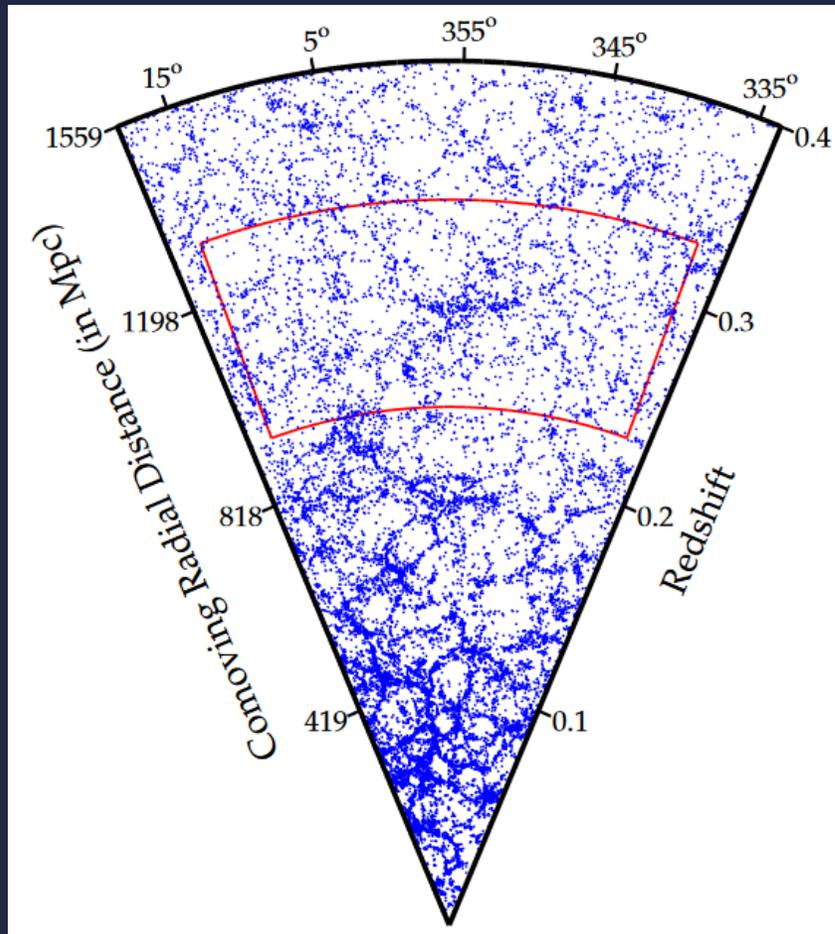
Барионные акустические осцилляции.

1.3 млн галактик на >1300 квадратных градусах.

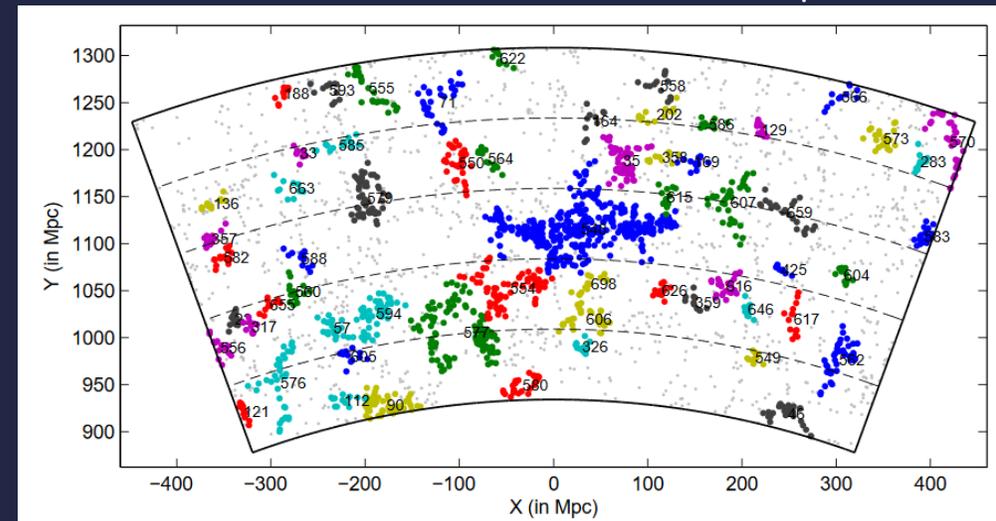
Релиз данных – 2018 г.

[1801.03181](https://arxiv.org/abs/1801.03181)

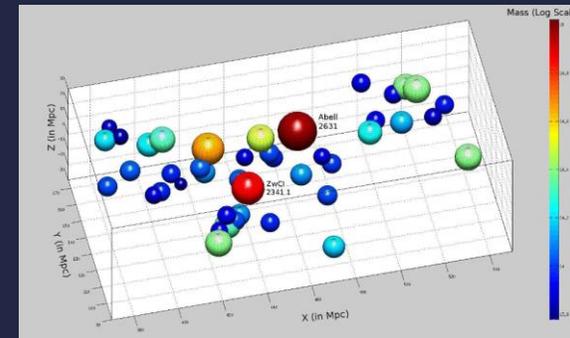
Сарасвати – сверхскопление галактик



По данным Слоановского цифрового обзора неба (SDSS) обнаружена гигантская структура на $z \sim 0.3$. Масштаб образования - около 200 мегапарсек. Это очень массивное сверхскопление галактик. Оно получило имя Сарасвати. В него входит 43 массивных скопления галактик. Полная масса около 2×10^{16} масс Солнца.

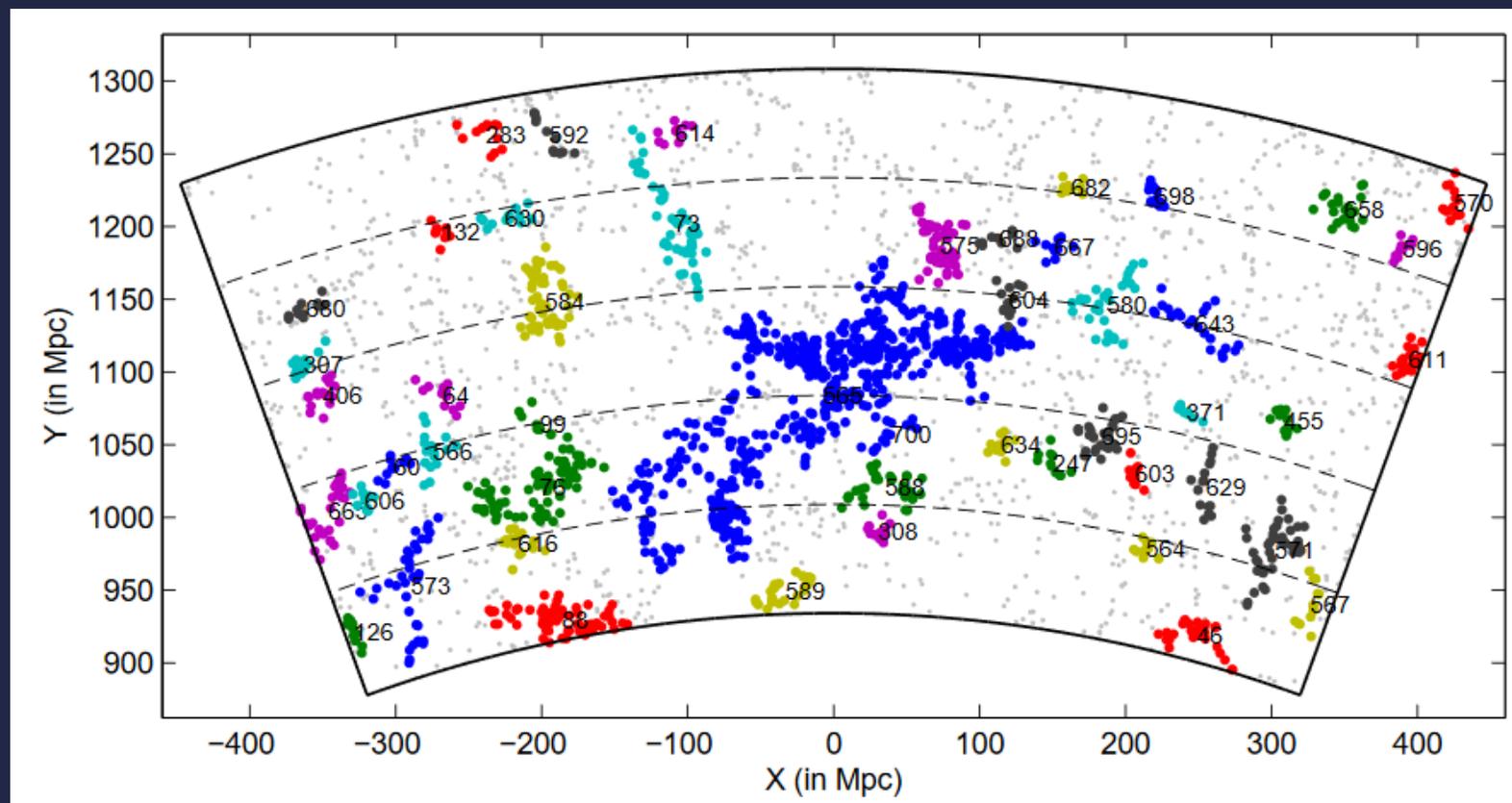


Сарасвати и окрестности



Сарасвати больше Ланиакеи, но меньше Великой стены BOSS.
Почти 20 лунных дисков на небе!

С Сарасвати могут быть связаны два филамента.
Однако в будущем внешние части сверхскопления будут растащены расширением вселенной.
А центральная часть продолжит коллапсировать.



Планы на 2018



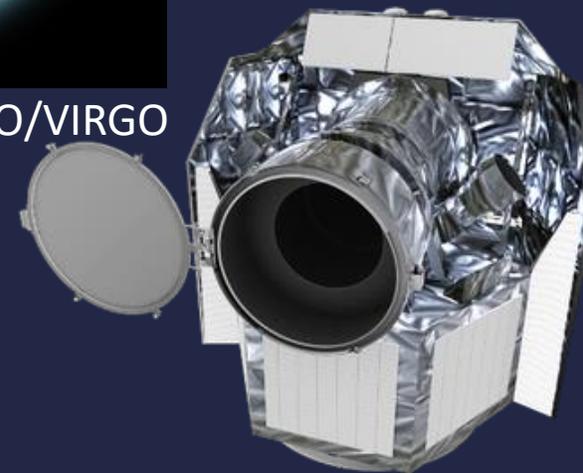
Запуск TESS



Работа FAST



Совместная работа LIGO/VIRGO



Запуск CHEOPS