Национальный исследовательский ядерный университет «МИФИ»

Физика космоса

кружок

Занятие 7

Горизонты. Обзоры неба и глубокие поля.

Москва

Горизонты

Горизонт частиц в момент времени t_0 разделяет все частицы Вселенной на те, которые наблюдатель О видел, и те которые он ещё не видел.

Он существует для всех реалистичных моделей:

$$\int_0^{t_0} \frac{cdt}{R(t)} = \int_0^{r_{ph}} \frac{dr}{(1-kr^2)^{\frac{1}{2}}} = \chi_{ph}$$

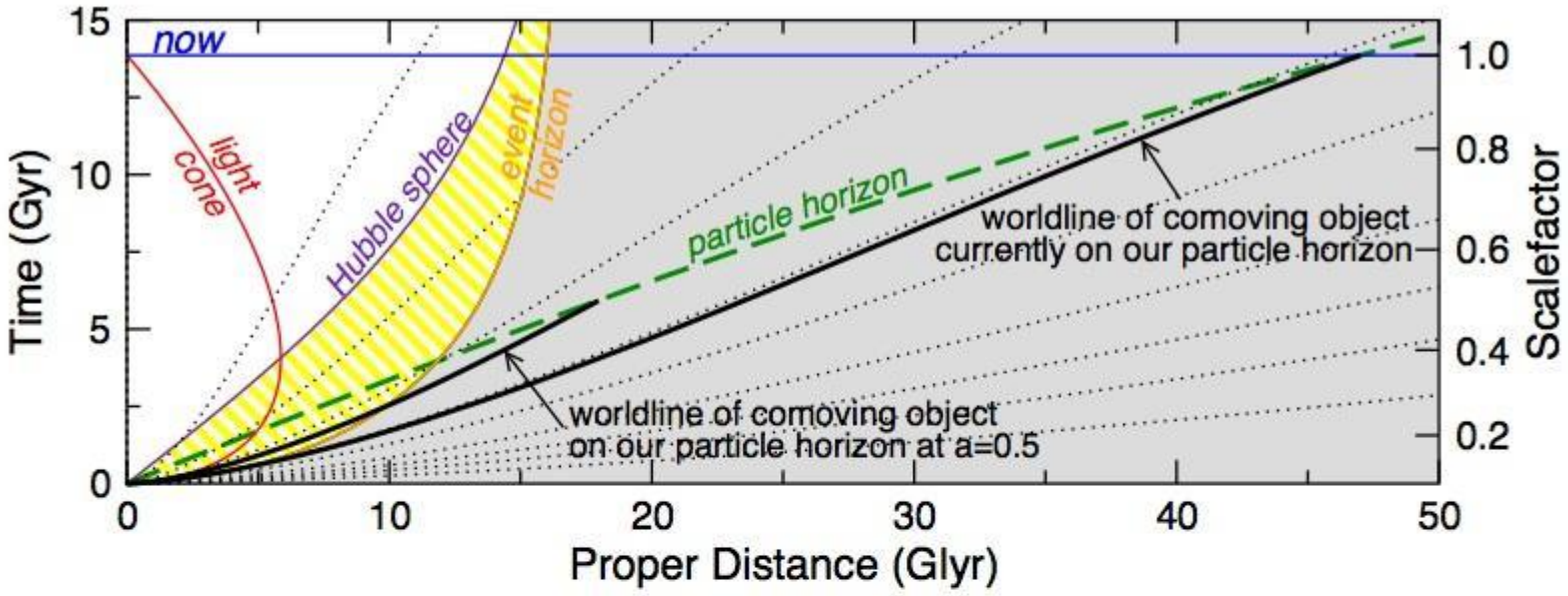
Сопутствующее радиальное расстояние до горизонта $R_0\chi_{ph}$.

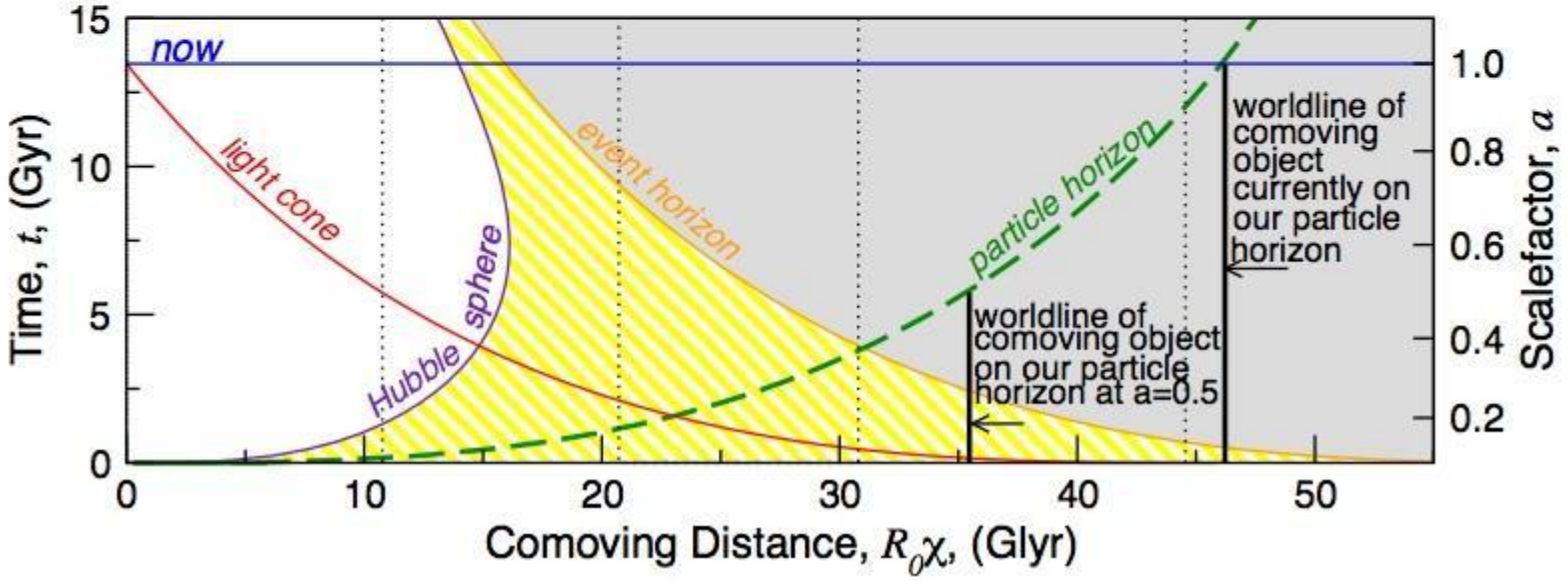
Для моделей, представляющих сегодня интерес, эта величина равна $(3\text{-}4)ct_0$

Она больше ct_0, поскольку на ранних этапах Вселенная была меньше и фотоны быстрее проходили её области.

Т.о. мы можем наблюдать лишь конечную её часть.

Горизонты


now
light cone
Hubble sphere
event horizon
particle horizon
worldline of comoving object currently on our particle horizon
worldline of comoving object on our particle horizon at a=0.5
Time (Gyr)
Proper Distance (Glyr)
Scalefactor
0
5
10
15
0
10
20
30
40
50
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0


now
light cone
Hubble sphere
event horizon
particle horizon
worldline of comoving object currently on our particle horizon
worldline of comoving object on our particle horizon at a=0.5
Time, t, (Gyr)
Comoving Distance, $R_0\chi$, (Glyr)
Scalefactor, a
0
5
10
15
0
10
20
30
40
50
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0

Обзоры неба

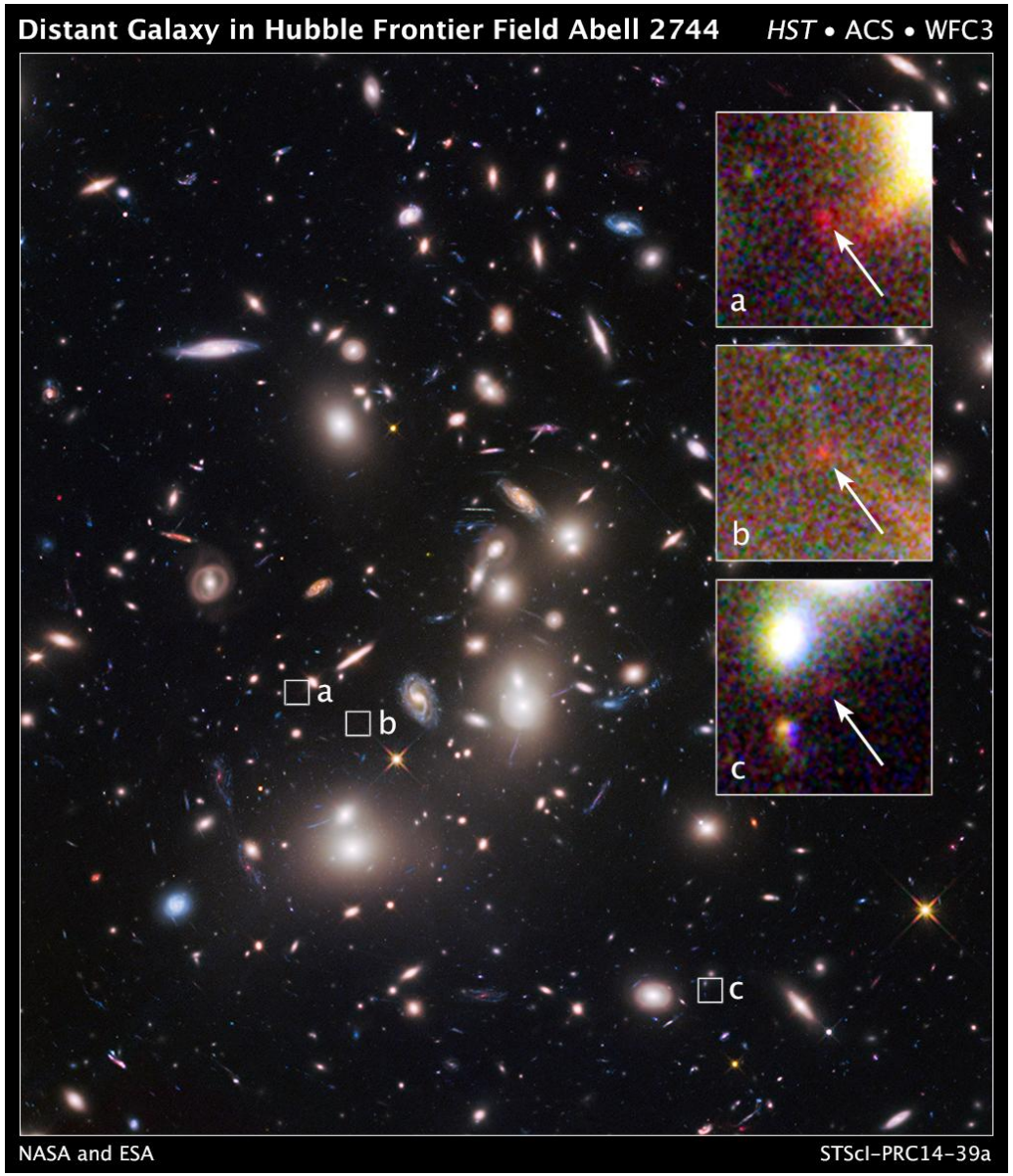
Первые обзоры неба:

- Гиппарх, II век до н.э. – около 850 звёзд
- Ш. Мессье (1730-1817) – туманности и скопления звёзд (шаровые скопления и галактики)

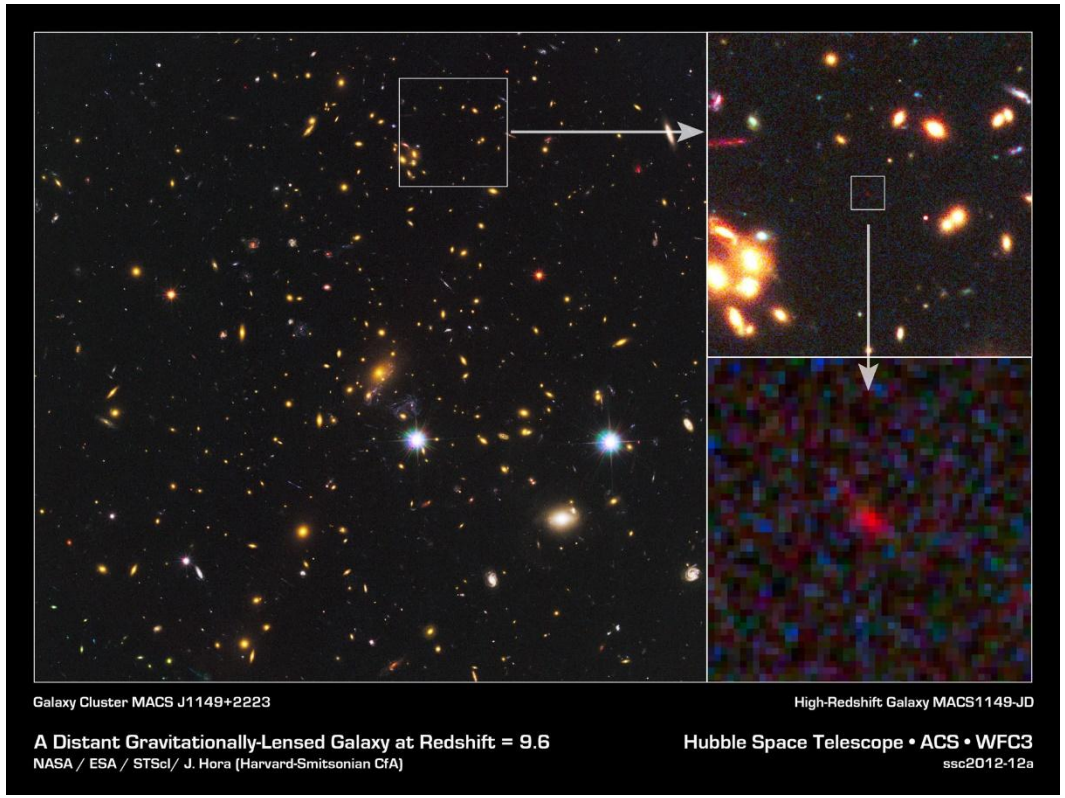
Основоположники:

- В. Гершель (1738-1822) и Д. Гершель (1792-1871) – туманности и другие звёздные системы; Млечный путь – рядовая звёздная система
- Э. Барнард (1857-1923) – первый фотографический обзор звёздного неба
- Э. Хаббл (1889-1953) – детальное изучение Вселенной (более 40 тыс. галактик на 1283 площадках неба) и осознание того, что слабые туманности – это далёкие галактики

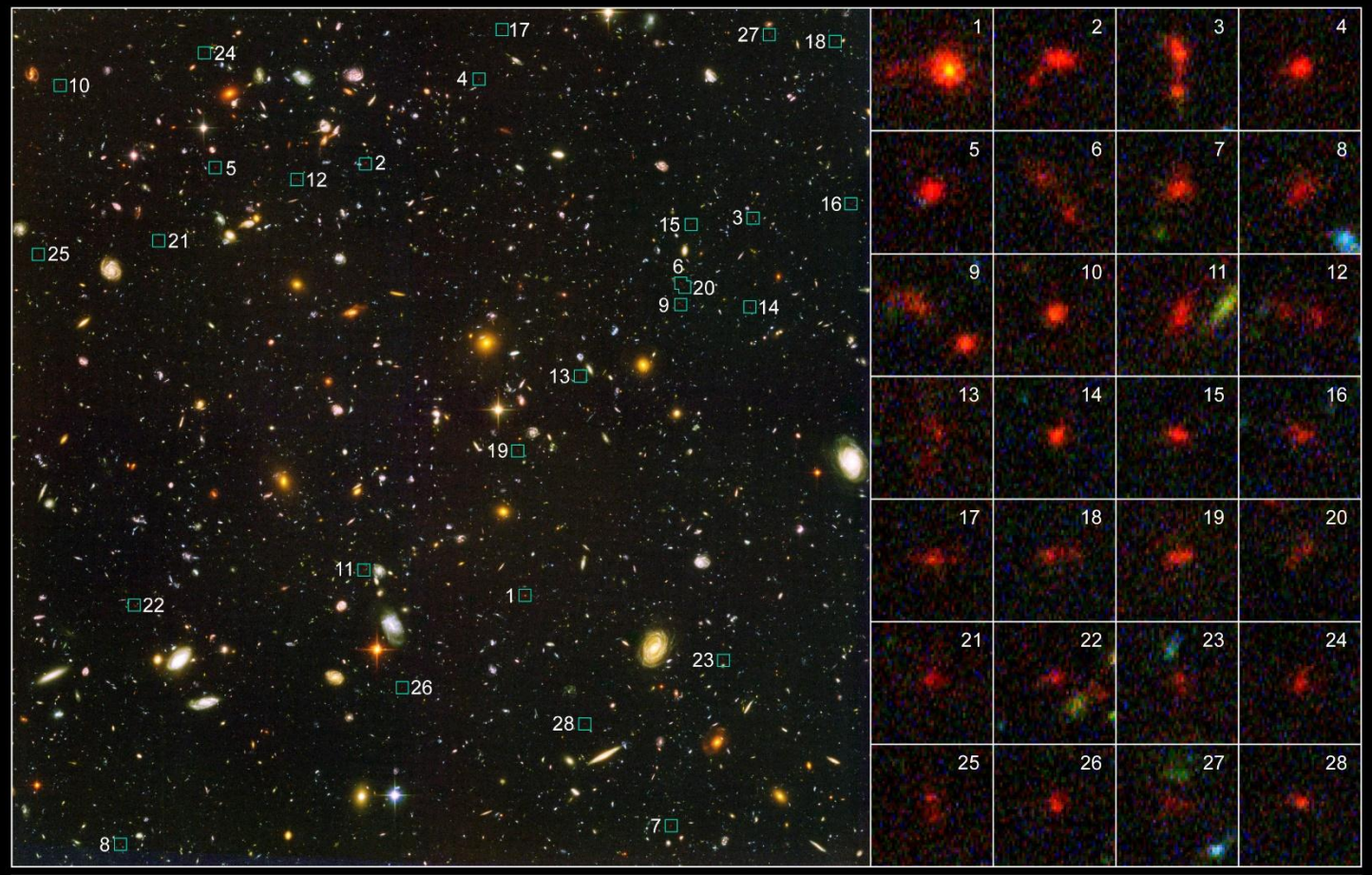
Объекты на больших красных смещениях



На небесной сфере обнаруживаются тусклые объекты красного цвета – по современным представлениям это и есть наиболее удалённые от нас объекты метагалактики.



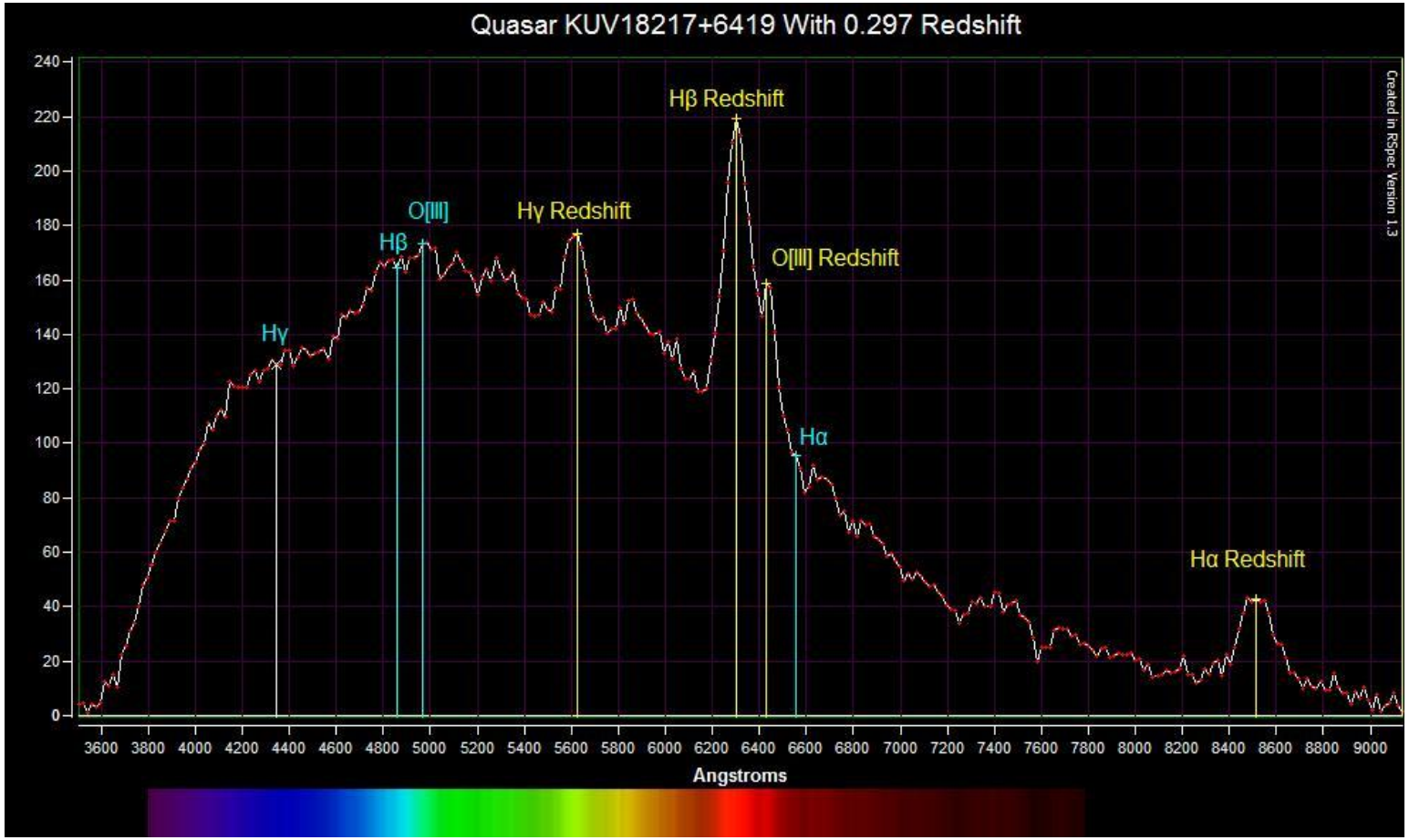
Объекты на больших красных смещениях



Даже на небольших участков неба их оказывается немало, однако разглядеть такие объекты можно только с помощью очень чувствительных телескопов, поскольку интенсивность излучения уменьшается квадратично с ростом расстояния.

Объекты на больших красных смещениях

Проявления красного смещения с эмиссионных спектрах квазаров



Цифровые обзоры неба

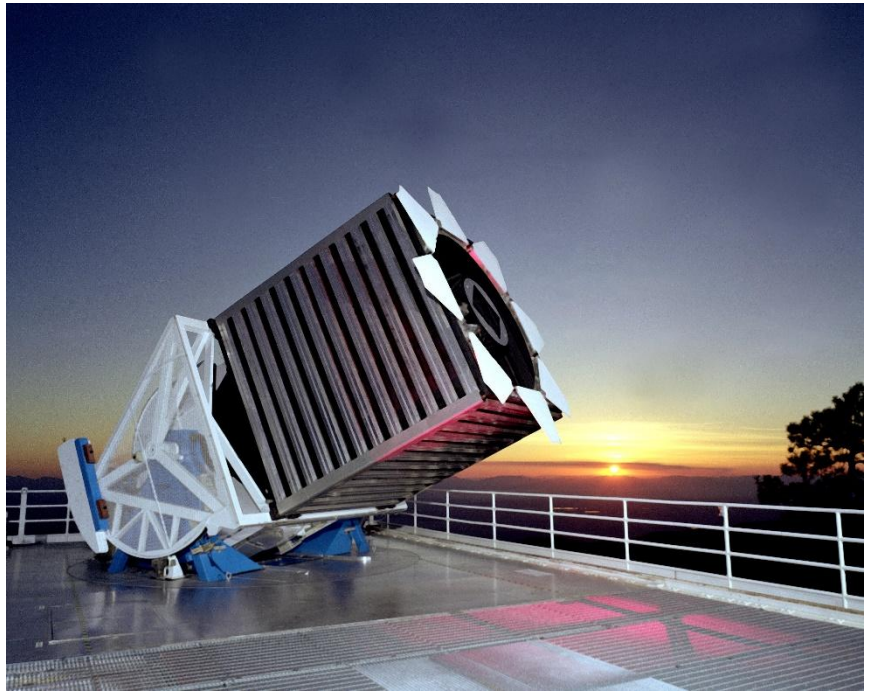
- POSS и POSS-II – фотографический обзор большей части неба, выполненный в Паломарской обсерватории (Сан-Диего, Калифорния), 1949-1958 и 1980-1990 гг.
- DSS – Digitized Sky Survey – первый общедоступный обзор неба, выполненный при оцифровке фотопластинок POSS (600 Гб).
- 2MASS – Two Micron All Sky Survey – обзор всего неба в инфракрасном диапазоне, осуществлявшийся в 1997-2001 гг. с помощью двух телескопов: в северном полушарии (США) и южном (Чили). Каталогизировано ~300 млн. объектов.
- APM, 2dF, 6dF – 2 (6) degree Field Galaxy Redshift Survey) – обзоры красных смещений галактик, которые играют очень большую роль для изучения пространственного распределения галактик и плотности вещества во Вселенной. Выполнены в 2001-2009 гг. на телескопе AAO, Австралия.

Цифровые обзоры неба

- Слоановский цифровой небесный обзор (Sloan Digital Sky Survey) – проект широкомасштабного исследования многоспектральных изображений и спектров красного смещения звёзд и галактик при помощи 2.5-метрового широкоугольного телескопа в США.

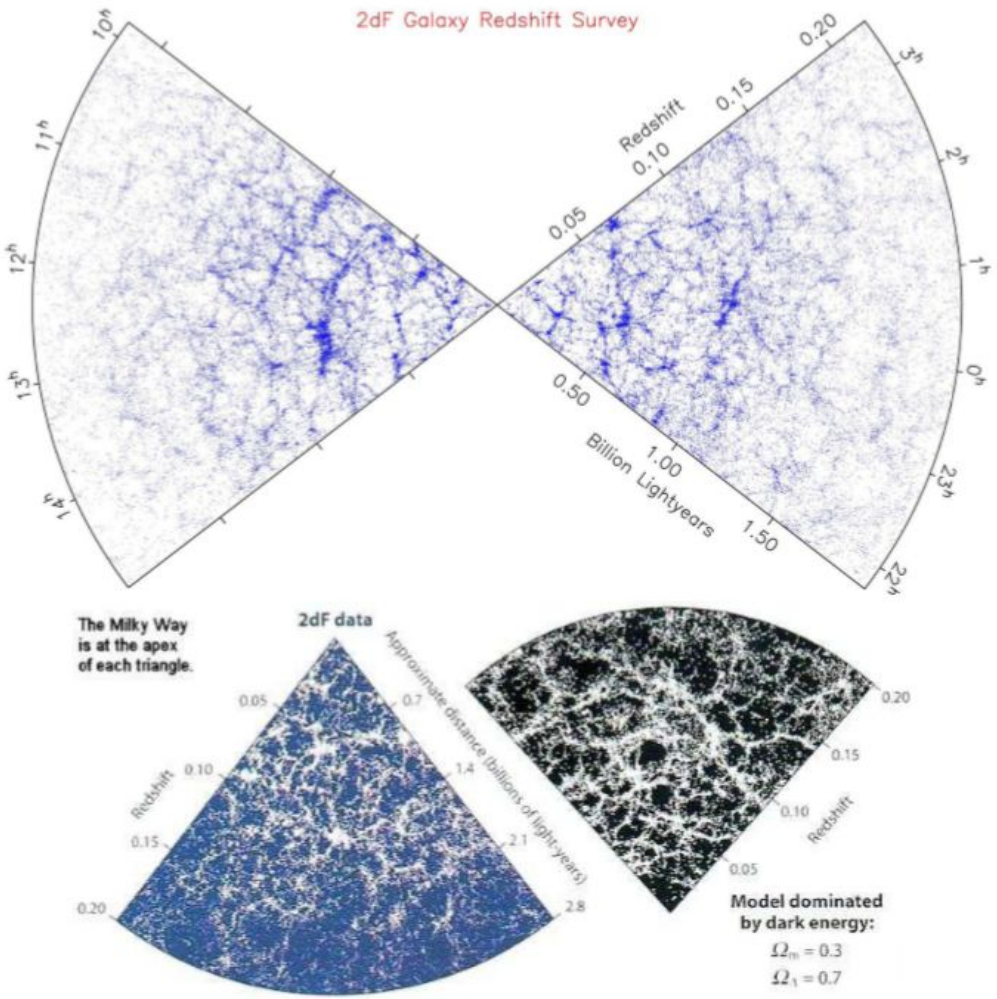
- Обзор включает расширенные наблюдения Галактики, поиск её спутников, поиск сверхновых Ia и переменных источников, поиск экзопланет, изучение квазаров и крупномасштабной структуры Вселенной.

- SDSS-I (2000—2005), SDSS-II (2005—2008), SDSS-III (2008—2014), SDSS-IV (2014—2020)
  Режим просмотра неба в Google Earth включает в себя данные из SDSS для тех регионов, где такие данные имеются.

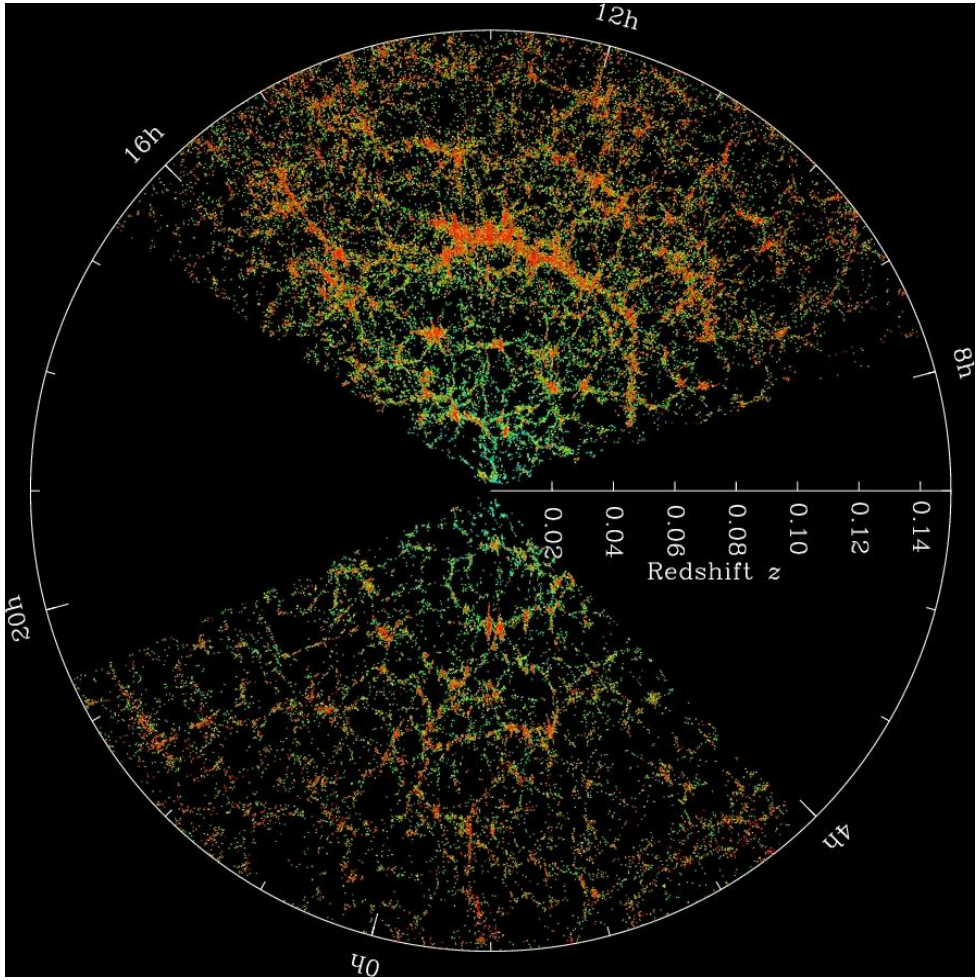


Цифровые обзоры неба

Результат обзора 2dF

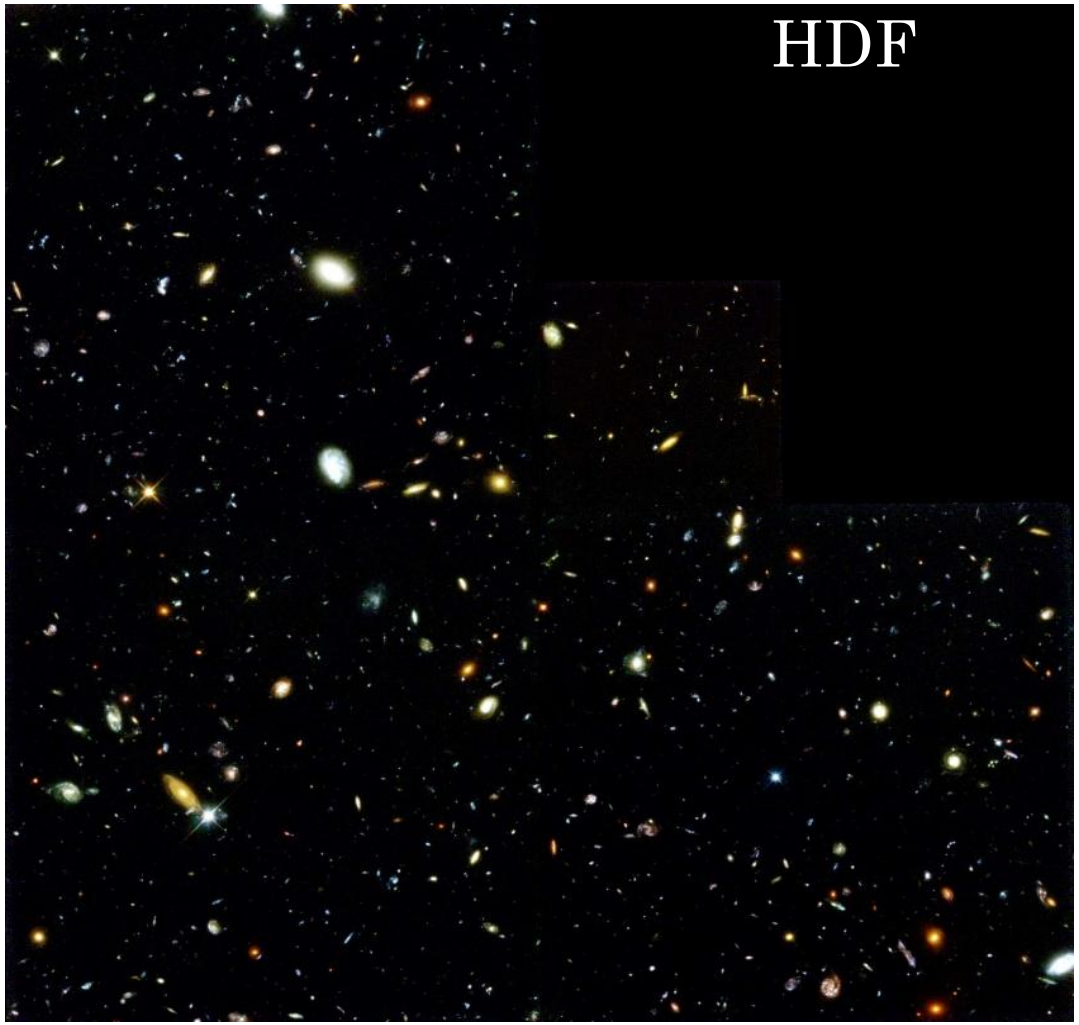


Результат обзора SDSS



Глубина галактического каталога 600 Мпк, ширина среза 2.5°; на внешней стороне окружности обозначено прямое восхождение галактики.

Глубокие поля Хаббла

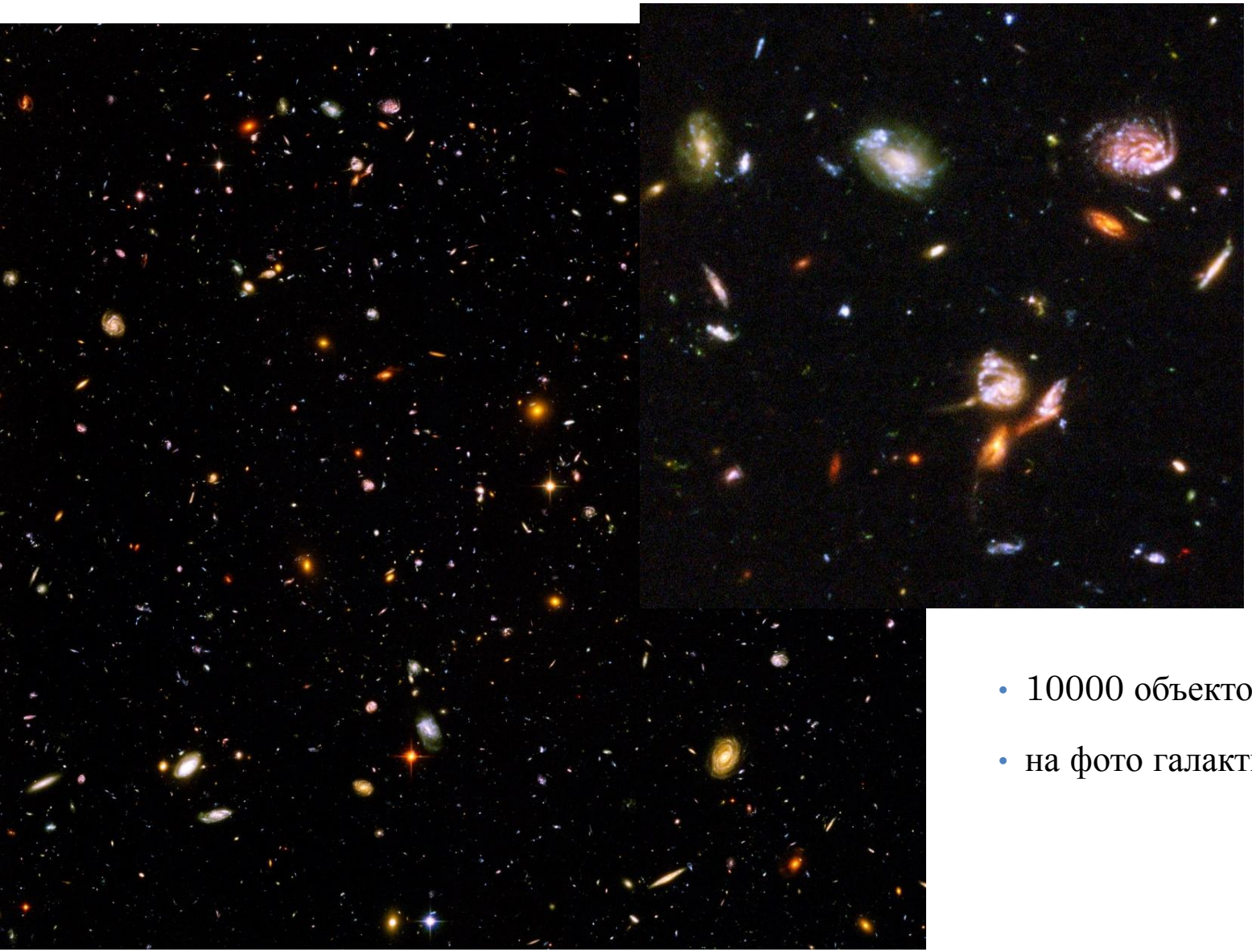


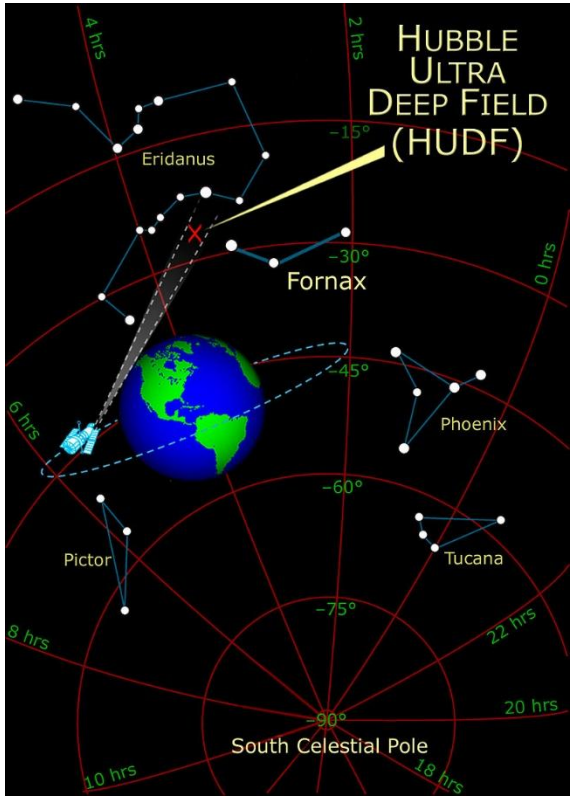
- Площадь 5.3 кв. угловых минут
- 9 звёзд
- ~ 3000 галактик
- ~ 150 галактик с прямым измерением красного смещения
- ~ 2000 галактик с измерением красного смещения фотометрическим способом

Современная оценка полного числа галактик составляет $\sim 10^{12}$. Так, космический телескоп им. Э.Хаббла на площади 1 кв. градус способен разрешить до 400 тыс. галактик.

Глубокие поля Хаббла

HUDF

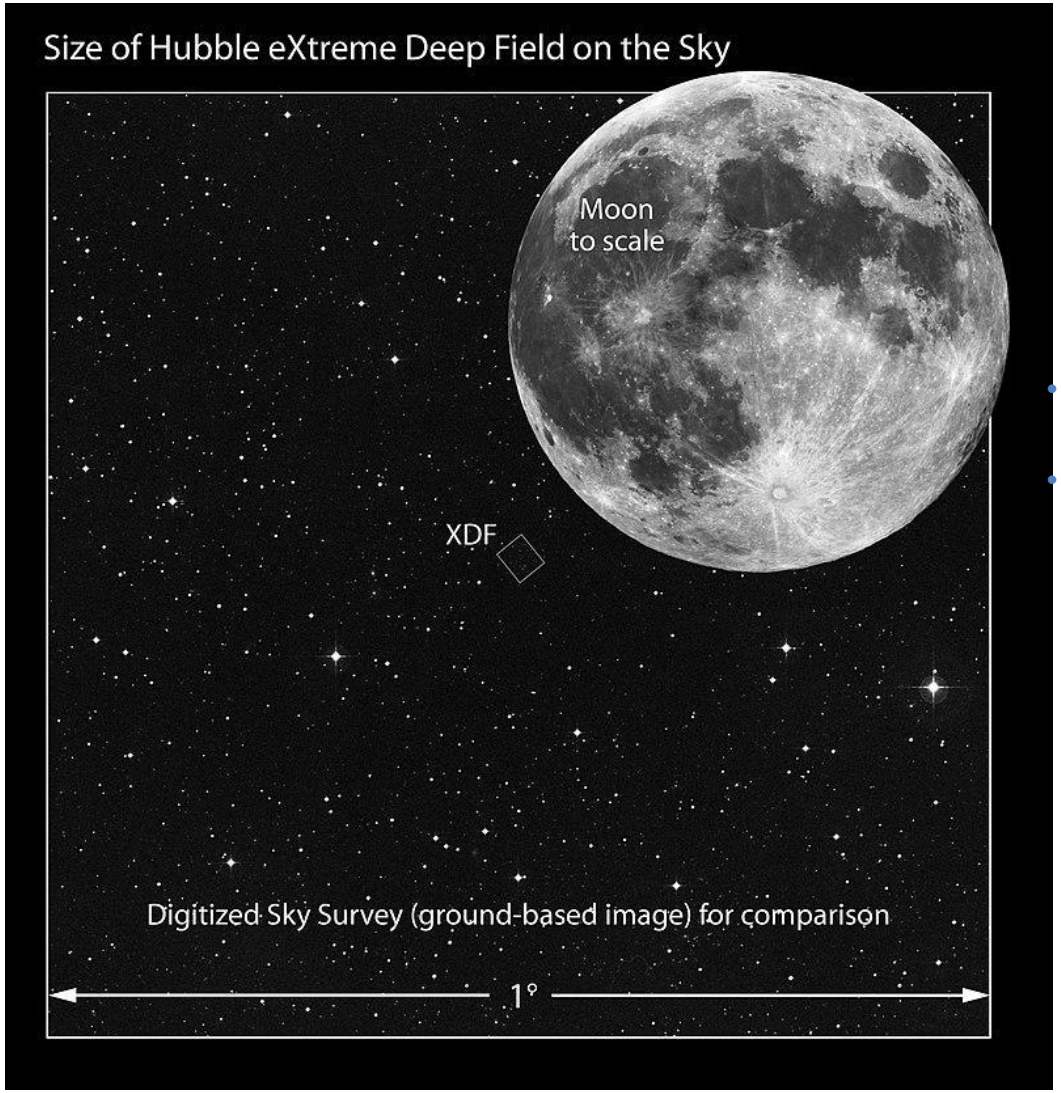




- 10000 объектов
- на фото галактики возрастом от 400 до 800 млн. лет

Глубокие поля Хаббла

HXDF



- 5500 галактик
- Равномерность наблюдаемой картины, похожесть даже самых удаленных и древних галактик на современные говорят о неизменности основных физических законов и констант в течение эволюции Вселенной

Галактики на разных красных смещениях

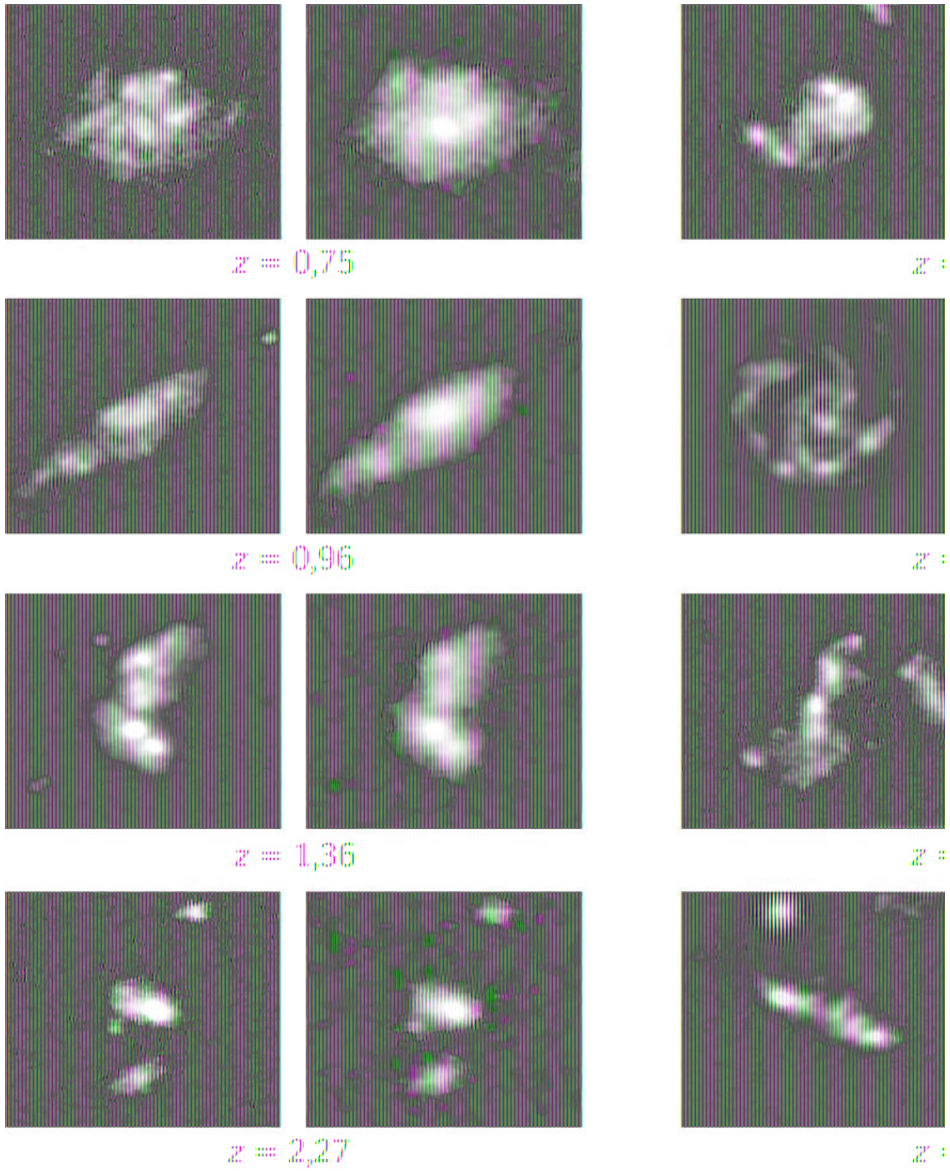
Изменение морфологии типичной галактики с ростом красного смещения в Глубоком хаббловском поле.

В каждой паре снимков левое изображение получено в оптическом диапазоне спектра, а правое — в ближней инфракрасной области на длине волны 2 мкм.

Все крупные галактики сформировались к z=1 (8 млрд. лет назад).

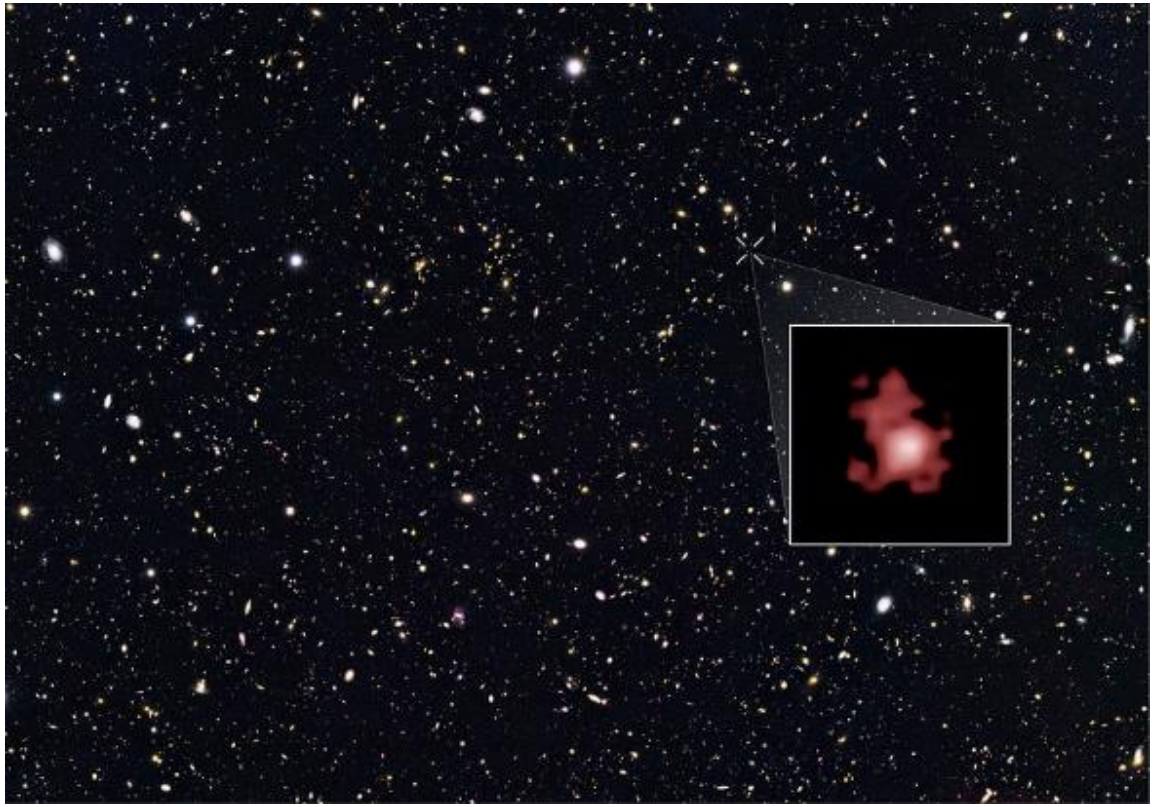
Для z>1.5 не наблюдается галактик регулярной формы.

Галактики на z>2 как правило множественные.

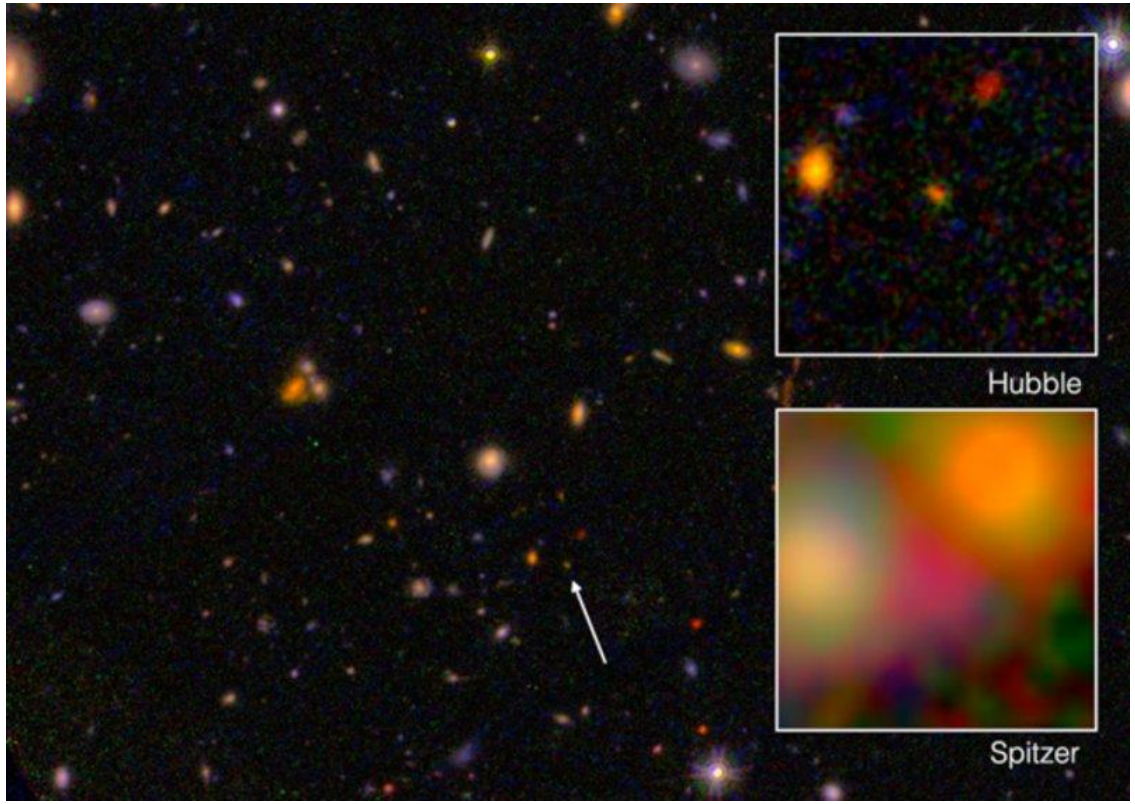


Самые древние объекты

GN-z11
Age: 13.4 billion years old
Distance from Earth: z=11.09
Galaxy Type: Irregular
Year Discovered: 2016



EGSY8p7
Age: 13.2 billion years old
Distance from Earth: z=8.68
Galaxy Type: Lyman-alpha emitter
Year Discovered: 2015



http://www.oldest.org/nature/galaxies/