

# Поиски внеземной жизни.

А.М. Черепашук (ГАИШ МГУ)

# Содержание

- Полвека целенаправленных поисков.
- Что такое жизнь?
- Утопические идеи о всеобщей распространённости жизни во Вселенной.
- Пессимист — это хорошо информированный оптимист. Причины «молчания» космоса.
- Новые возможности поиска жизни во Вселенной.
- Антропный принцип.

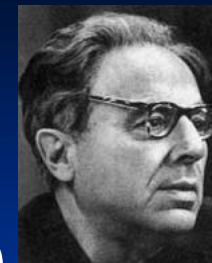
# Полвека безуспешных поисков внеземной жизни. SETI.

- 1959 г. Коккони и Моррисон (Корнельский ун-т, США) – возможность обмена радиосигналами с ВЦ ( $\lambda = 21$  см).
- 1960 г. Ф. Дрейк (проект OZMA) – поиск радиосигналов от  $\tau$  Кита и  $\varepsilon$  Эридана (26-м телескоп,  $\lambda = 21$  см).

- Формула Дрейка: 
$$N = R_* f_p n_c f_1 f_i f_c L$$

- $R_*$  - число звёзд, рождающихся в Галактике в год (1 звезда в год);  $f_p$  – доля звёзд с планетными системами ( $\sim 10^{-1} - 10^{-2}$ );  $n_c$  – число планет с благоприятными для жизни условиями;  $f_1$  – доля планет, подходящих для жизни, на которых она реально возникла;  $f_i$  – доля обитаемых планет с разумной жизнью;  $f_c$  – доля планет с развитыми цивилизациями;  $L$  – промежуток времени, на протяжении которого идёт обмен информацией.

- 1960 г. **И.С. Шкловский** — статья в журнале «Природа». 1962 г. — книга «Вселенная, жизнь, разум», выдержала 7 изданий (последнее в 2006 г.)
- **Н.С. Кардашёв**: 3 типа цивилизаций (I, II и III типы).
- 1964 г. **В.С. Троицкий** (Нижний Новгород).  $\lambda = 30$  см, наблюдались 11 близких звёзд ( $\tau$  Кита,  $\epsilon$  Эридана, 47 Б. Медведицы, и др.).
- SETI в оптическом диапазоне (**Чарльз Таунс**, 1961 г.) — лазеры для космической связи.
- Проект SETI@HOME (300-м радиотелескоп в Аресибо, Пуэрто-Рико).
- Послания внеземным цивилизациям — радиосигналы к M13 ( $d = 25\,000$  световых лет), 1971 г.
- **Прямые космические полёты к планетам Солнечной системы пока не нашли следов внеземной жизни.**
- Найдены сложные органические молекулы в космосе: спирт, глицин (до 13 атомов в молекуле).



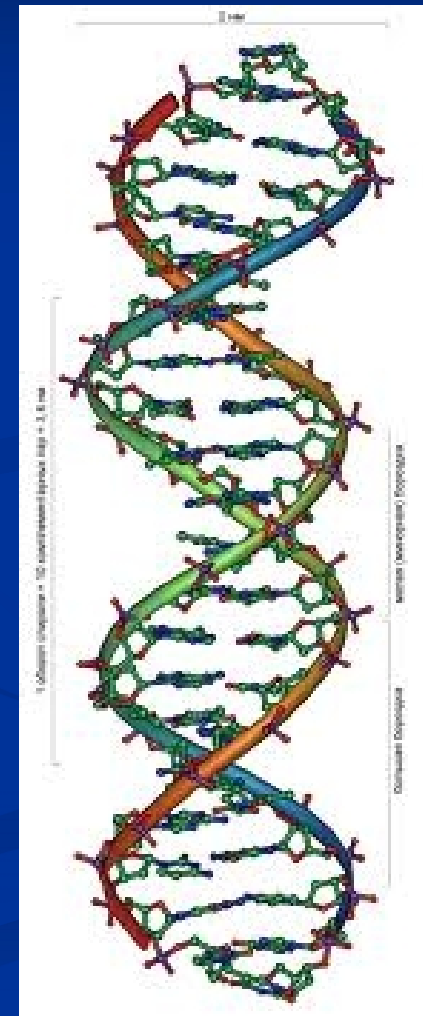
# Феноменологическое определение ЖИЗНИ

главные особенности живого — это

- - **самовоспроизводимость**, то есть способность к размножению;
- - **гомеостаз**, то есть стремление живых организмов к состоянию устойчивого равновесия и обособления от внешней среды при помощи обмена энергией и веществом с нею.
- Благодаря гомеостазу у живых организмов заживают раны.

# Определение жизни на основе молекулярной биологии

- **Жизнь** — это способ существования белкового синтеза на основе генетической (наследственной) информации.
- Эта информация записана в цепи молекулы **ДНК** в виде последовательности нуклеотидных остатков, содержащих одно из четырёх оснований: аденин (А), гуанин (G), цитозин (С) и тимин (Т).
- Кислоты в химических реакциях отдают протон ( $H^+$ ), основания присоединяют протон.

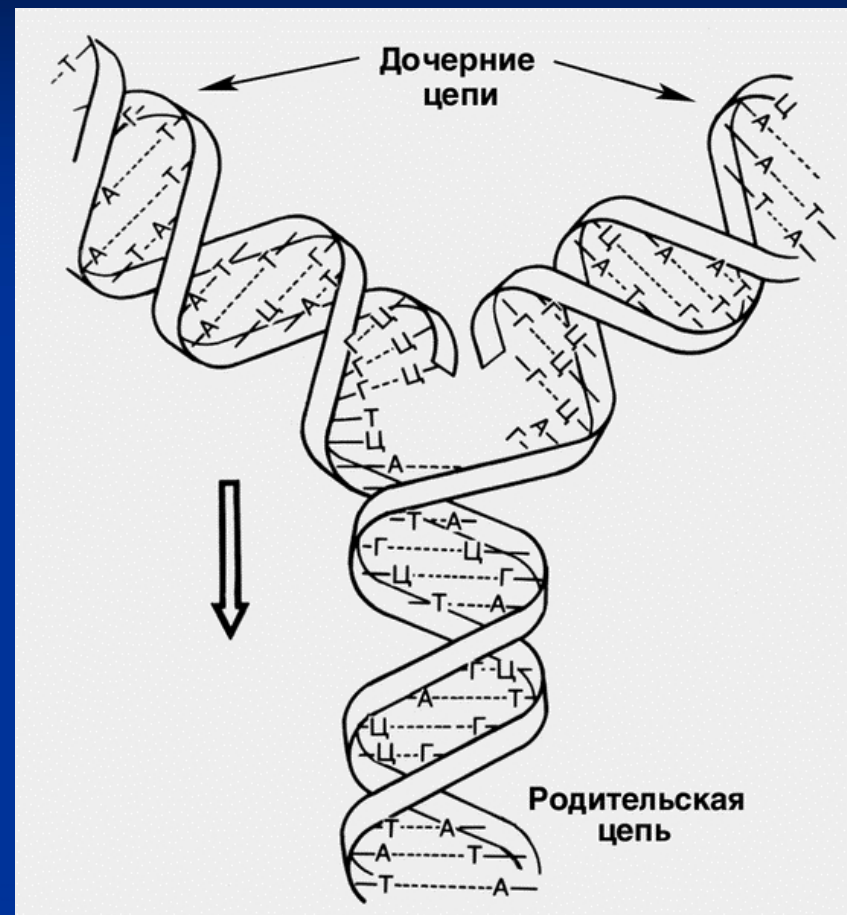


- В теле человека — около  $10^6$  типов белков. Белки состоят из аминокислот; важнейший химический элемент — углерод (С). Из 100 типов аминокислот 20 используются в живых организмах.
- Ген — это участок цепи ДНК, используемый для кодирования белков определённого типа. То есть ген — это единица наследственной информации, определяющая данный признак живого организма.
- В ДНК человека  $\sim 30\,000$  активных генов (это лишь несколько процентов от всей цепи ДНК).

- Информация с ДНК передаётся в белок с помощью **триплетного** кода по схеме

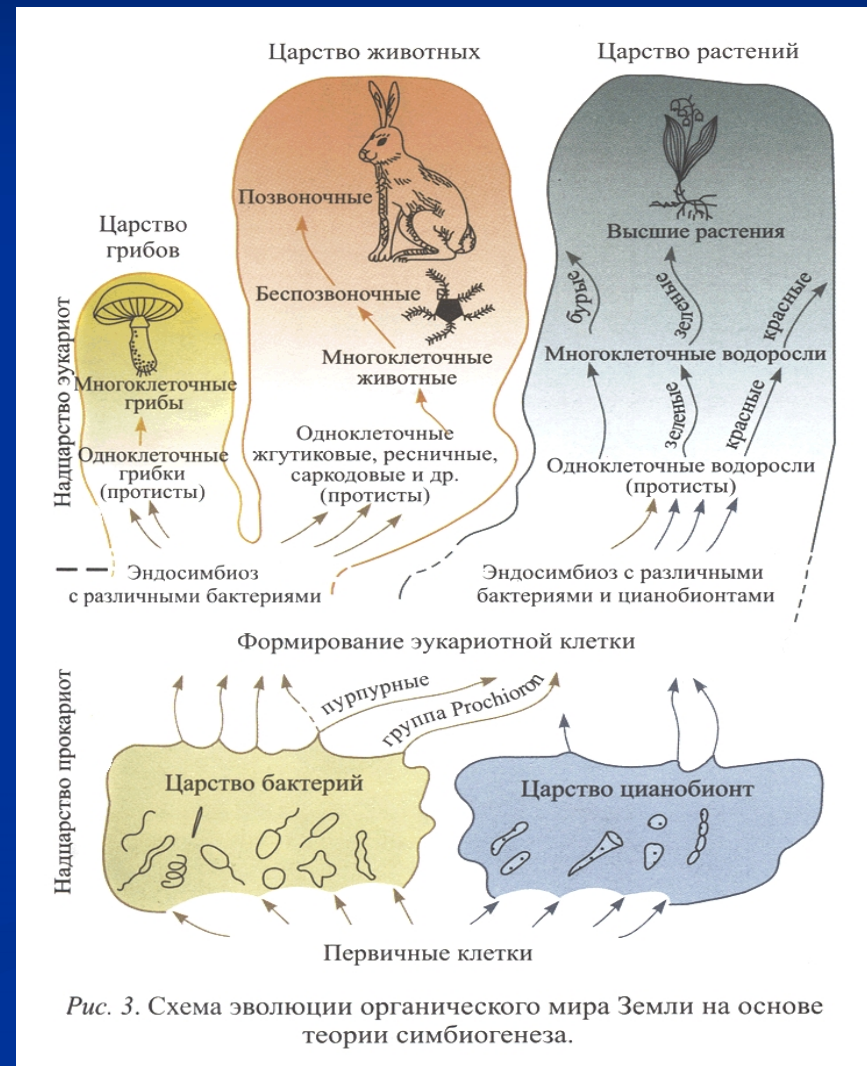
**ДНК – РНК – Белок**

- Помимо целенаправленного синтеза белков, сама ДНК способна к самовоспроизводству (**репликации**) путём удвоения: две спиральные цепи ДНК расходятся, а потом каждая цепь служит матрицей, на которой с помощью особых ферментов собирается подобная ей новая спиральная цепь ДНК.
- Это служит основой для размножения живых организмов.



# Система классификации живых организмов на Земле.

- **Жизнь** возникла на Земле **3.8 млрд лет** тому назад.
- **Хиральность:** однонаправленная ориентировка биологических молекул (L-аминокислот и D-сахаров).



- Современный химсостав атмосферы Земли (21% -  $O_2$ , 78% -  $N_2$ , 0.03% -  $CO_2$ , и т.д.) сформировался благодаря активной деятельности живых организмов и прежде всего фотосинтезу, обязанному жизнедеятельности растений.

- **Кислород** — химически очень активный элемент. Он легко вступает в химические соединения с горными породами. Поэтому для того, чтобы в атмосфере планеты присутствовало значительное количество кислорода, необходим источник непрерывного поступления кислорода в атмосферу (**фотосинтез растений**). Если бы леса Сибири и Амазонки исчезли, то **через  $10^4$  лет** кислород исчез бы из Земной атмосферы.
- **Наличие кислорода в атмосфере планеты — это признак наличия органических форм жизни на ней.**

# Квантовая концепция жизни

- Паули, Юнг, Пенроуз, Уилер, Эверетт, Менский и др.
- В основе генетического аппарата и жизнедеятельности организмов лежат **квантовые процессы**, однако сами живые организмы, как макроскопические тела, подчиняются **законам классической физики**.
- У **неживых тел** квантовые процессы на макроскопическом уровне не проявляются.
- Ряд учёных считает, что у **живых организмов** квантовые процессы, по-видимому, проявляются на макроскопическом уровне, в частности, в деятельности **механизма сознания**.
- **Сознание человека — это способ субъективного восприятия внешнего мира.**

- Отличие живой материи от неживой основано на особом восприятии живыми системами **квантового мира**, в котором они существуют (**Менский**).
- Специфика этого восприятия состоит в том, что живыми организмом раздельно воспринимаются **альтернативные классические реальности**, совокупность которых представляет собой состояние квантового мира.
- **Альтернативные классические реальности с классической точки зрения несовместимы, но на самом деле могут сосуществовать в силу квантовой природы нашего мира (Эверетт).**

- Например, электрон с **классической точки зрения** проходит сквозь одно из близко расположенных отверстий. С **квантовой же точки зрения**, учитывая волновые свойства частиц, его прохождение через каждое из этих отверстий представляет собой две классические реальности, которые, хотя и взаимно исключают друг друга, но сосуществуют в квантовом мире (**суперпозиция состояний**).

- В квантовой концепции жизни сознание — это способность раздельного восприятия альтернативных классических реальностей, которые в совокупности определяют состояние реального квантового мира (М.Менский).
- Не все учёные разделяют многомировую концепцию Эверетта. Пока не создана квантовая гравитация, концепция Эверетта не может быть бесспорной.
- Тем не менее, квантовые особенности сознания могут обсуждаться: например мозг как квантовый компьютер.

# Утопические идеи о всеобщей распространённости жизни во Вселенной.

- Греческий философ Эпикур ещё в 300 году до н.э. писал: "Существует бесконечное число миров, похожих и непохожих на наш мир... Мы должны верить, что во всех этих мирах есть живые существа, планеты и всё то, что мы видим в нашем мире."
- Китайский философ Тенг Му (960 — 1027 гг. н.э.) утверждал: "Неразумно предполагать, что кроме земли и неба, которые мы видим, нет других небес и других земель!"

- **Галилео Галилей** (1564 — 1642 гг.) более скептически относился к перспективе обнаружения жизни на планетах Солнечной системы. Он писал: "Я считаю ложным и заслуживающим осуждения мнение о существовании живых существ на Юпитере, Венере, Сатурне или Луне, если понимать под этими существами животных, подобных нашим, в частности, людей."

- Кардинал, теолог и философ XV века **Николай Кузанский** (Германия, 1401 — 1464 гг.) в своём труде "Об учёном незнании" (1440 г.) писал:  
"Центр Вселенной везде, а граница — нигде... Ни один звёздный участок не лишён жизни."
- Его последователь и горячий сторонник гелиоцентрической системы мира Коперника (1473 — 1543 гг.) **Джордано Бруно** (1548 — 1600 гг.) в своём труде "О бесконечности Вселенной и мирах" (1584 г.) провозгласил множественность обитаемых миров, существующих вокруг других звёзд.

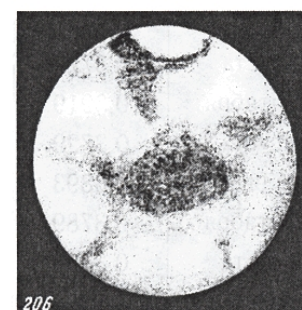
- Поскольку Земля и Солнце ничем не выделены в пространстве, почему бы и у других звёзд не существовать планетным системам, на которых есть жизнь? Эта мысль казалась вполне естественной.
- Поэтому многие философы и учёные активно пропагандировали идею всеобщей распространённости жизни во Вселенной.

- В XIX веке даже появились предложения подать сигналы о нашем существовании для жителей других планет.
- Немецкий математик Карл Фридрих Гаусс: вырубить в сибирской тайге участок леса в форме фигуры, иллюстрирующей теорему Пифагора, и засадить его пшеницей.
- Австрийский астроном Йозеф фон Литтров предложил вырыть в пустыне Сахара каналы в форме геометрических фигур, налить в них керосин и поджигать его по ночам.

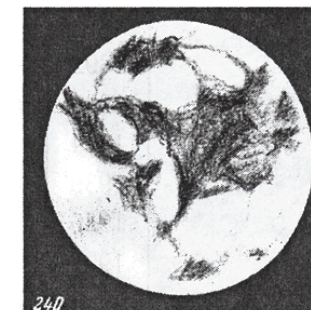
- 1877 г. **Скиапарелли** (Италия) "открывает" каналы на Марсе.
- Эта сенсационная гипотеза была поддержана **Лоуэллом** (США).
- В СССР **Г.А.Тихов** (~ 1909 г.) - открытие сезонных изменений на Марсе. Возникновение новой науки — астроботаники.



Колчин А.А., Сталинград,  
21 авг. 1956 г., 20 ч 00 мин,  
300-мм рефрактор, увел. 312



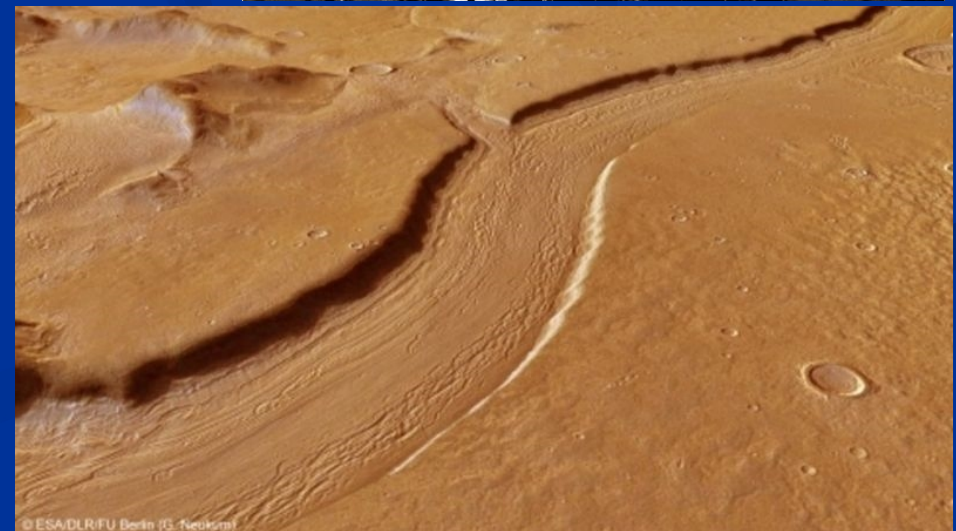
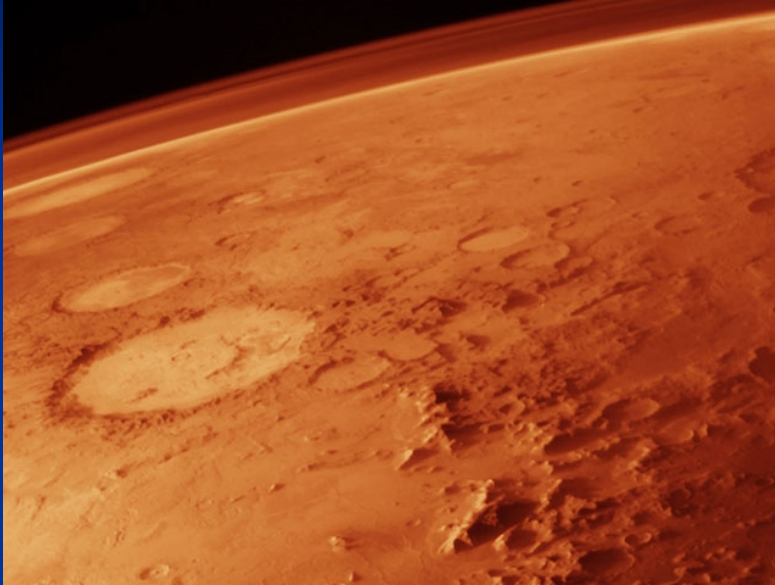
Черепащук А.М., Куйбышев,  
26 авг. 1956 г., 20 ч 32 мин,  
200-мм рефлектор, увел. 105



Новиков И.Д., Сталинград,  
29 авг. 1956 г., 21 ч 45 мин,  
300-мм рефрактор, увел. 312

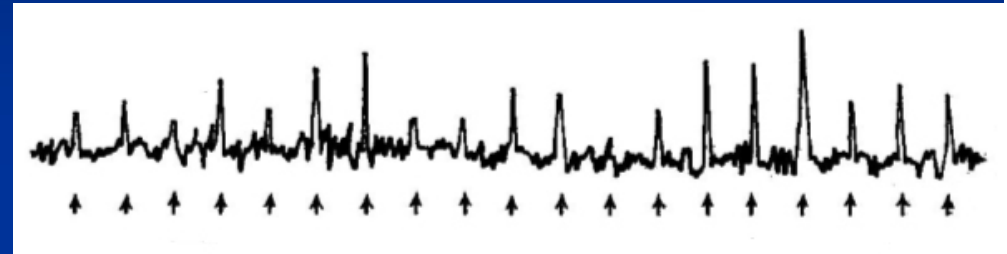
Рис. 4. Последнее великое противостояние докосмической эры. Из Атласа рисунков Марса (Великое противостояние 1956 г.) Составитель В.А. Бронштэн. Изд-во АН СССР, 1961

- "Каналы" на Марсе **не подтвердились** прямыми космическими исследованиями.



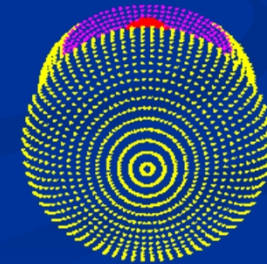
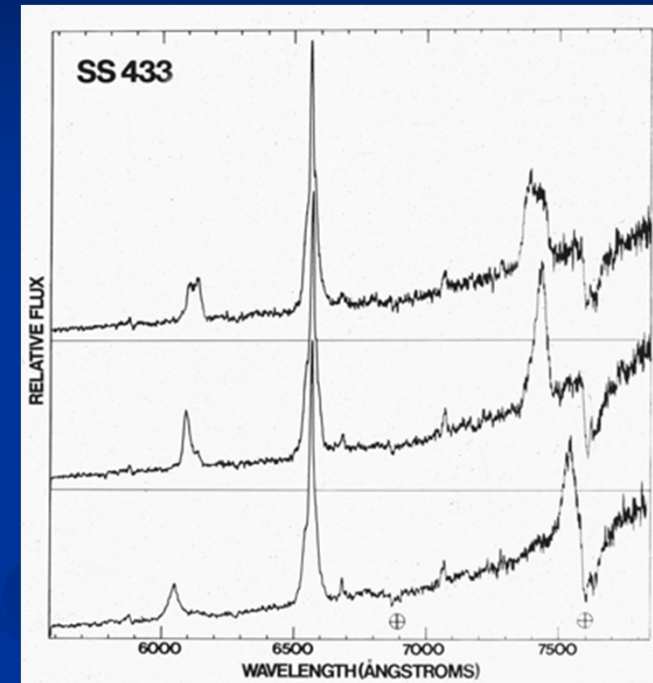
# Открытие радиопульсаров

- 1967 г. (Хьюиш и Джосселин Белл, радиообсерватория Джодрелл Бенк, Англия).
- Нобелевская премия за открытие нейтронных звёзд.

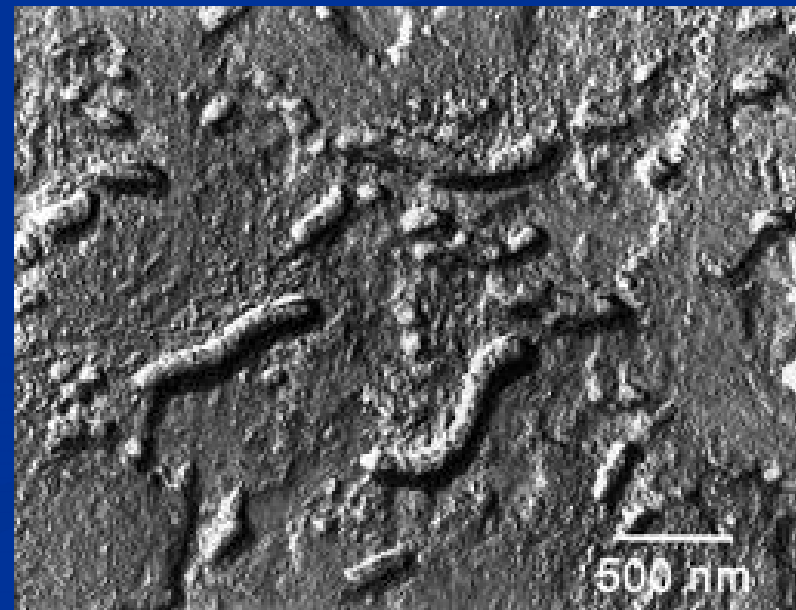
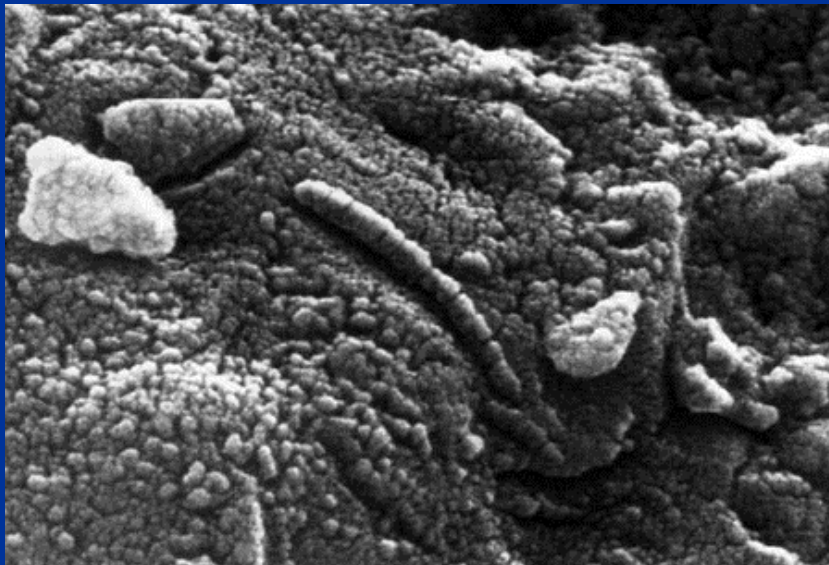


# Открытие объекта SS 433

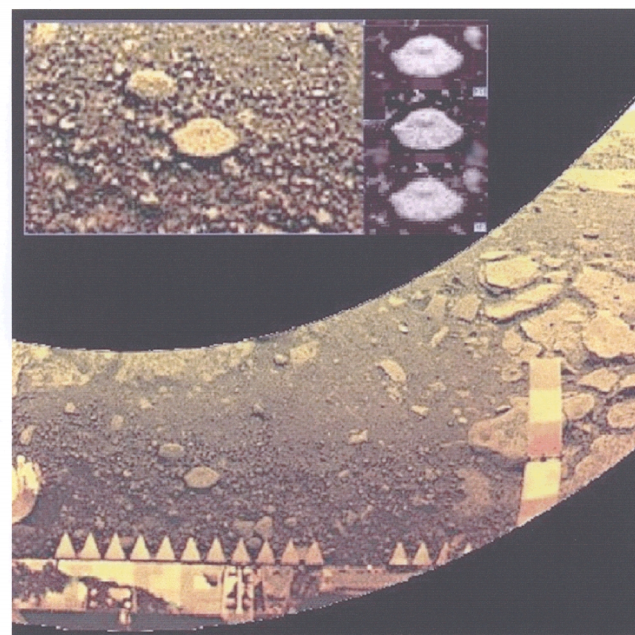
- 1979 г. Объект SS 433 с "подвижными" эмиссионными линиями в спектре ( $p = 162,5$  суток,  $\Delta\lambda = 1000 \text{ \AA}$ )
- Двойная система — микроквазар с чёрной дырой в сверхкритическом режиме аккреции и прецессирующими релятивистскими джетами.



- 1996 г. Д. МакКей (США) — изучение метеорита ALH84001, прилетевшего на Землю (в Антарктиду) с Марса.
- Размеры "бактерий" в 100-1000 раз меньше земных.



- 2011 г. **А.Ксанфомалити**: следы живых организмов на поверхности Венеры ("Скорпион", "Анемон", "Кустик", "Гриб").  $T = +450^{\circ}\text{C}$ ,  $p = 90$  атм.
- Новая обработка результатов наблюдений поверхности Венеры с посадочных блоков советских космических станций "Венера-9", "Венера-13" и "Венера-14". Размеры "Скорпиона"  $\sim 15$  см, характерное время его перемещения  $\sim 1,5$  часа.
- Эти результаты дискутируются: не есть ли это артефакты обработки изображения?



«Гриб», Венера-13, 1982

# Причины "молчания" космоса

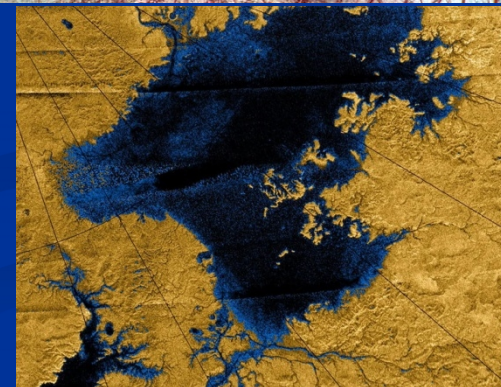
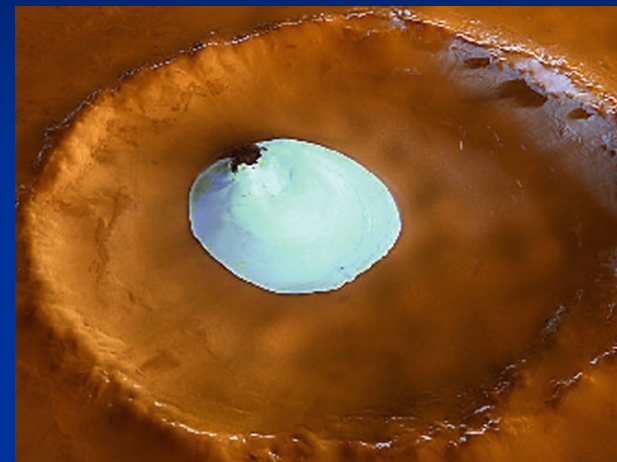
число планетных систем в Галактике  $\sim 10^{10}$ .

- 1. Мы одиноки во Вселенной (И.С.Шкловский, 1987, 6-е издание книги "Вселенная, жизнь, разум").
- 2. Время жизни развитой цивилизации (параметр  $L$  в формуле Дрейка) короткое ( $< 1000$  лет). Тогда цивилизации не успевают вступить в контакт друг с другом (А.В.Тутуков, 1995).
- 3. Маловероятно встретить жизнь, похожую на нашу (Н.С.Кардашёв, 2000).

# Новые перспективы поисков внеземной жизни.

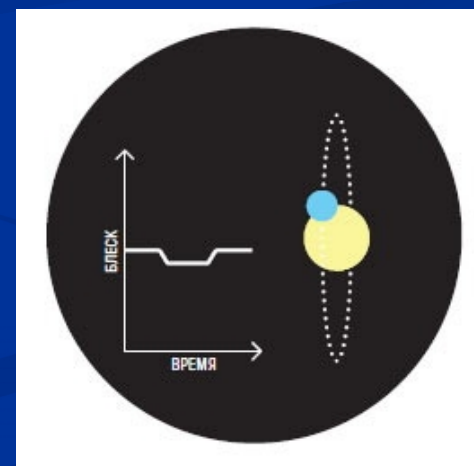
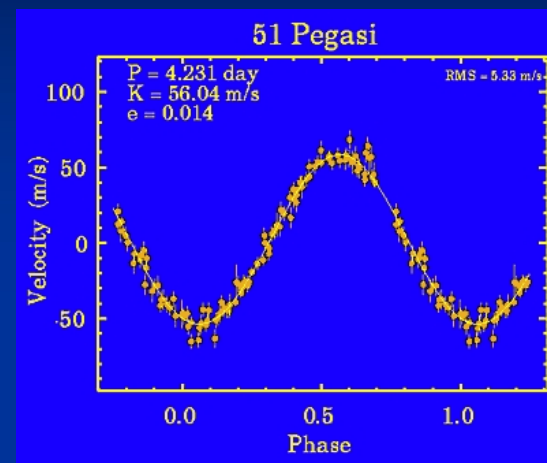
Космические исследования  
планет и спутников Солнечной  
системы:

- **Марс** (Curiosity) — подгрунтовый лёд, вода.
- **Европа** (спутник Юпитера) — ледяная поверхность, жидкая вода внутри (толщина льда  $\sim 10-15$  км, толщина воды  $\sim 100$  км).
- **Титан** (спутник Сатурна) — озера метана, этана и других углеводородов. Круговорот метана в атмосфере, подобный круговороту воды на Земле.
- **Венера** — поиски живых организмов (по Ксанфомалити).



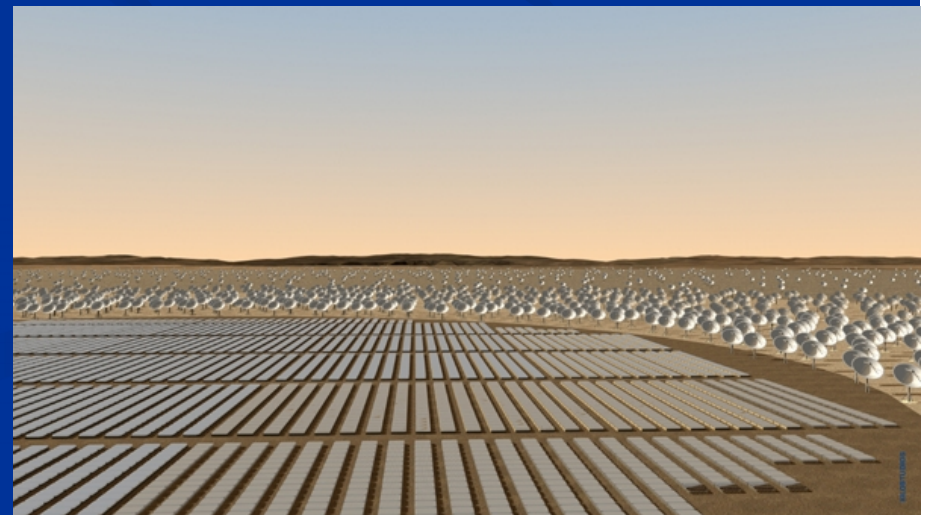
# Экзопланеты.

- Сейчас открыто **свыше 2000** экзопланет вокруг других звёзд.
- Поиски линий кислорода, метана, паров воды и углекислого газа в спектрах атмосфер экзопланет — признаков наличия органической жизни.
- **Спутники Corot и Kepler.** Затмения звёзд экзопланетами.
- Проект TPF (Terrestrial Planet Finder). У экзопланеты вокруг звезды **HD 189733** в атмосфере обнаружены **линии паров воды и метана**. У звезды  **$\tau$  Кита** — 5 планет, одна с  **$M = 1,4$  массы Земли**, находится в зоне обитания (может быть жидкая вода).
- Метод Туоми — выделение в шуме лучевых скоростей, вызванном конвекцией в атмосфере звезды, регулярных периодичностей.



# Перспективы SETI.

- **Allen Telescope Array** (АТА) Калифорния (США), обсерватория Хэт-Крик. 350 антенн  $D = 6$  м,  $\lambda = 3 — 30$  см.
- Радиоастрономическая **система SKA** (один квадратный километр). Несколько тысяч 10-м антенн, суммарной площадью 1 кв. км. Планируется построить SKA в Австралии или ЮАР.
- **TRF** — прямые наблюдения экзопланет в режиме коронографа и поиск в спектрах их атмосфер линий кислорода, паров воды, метана и углекислого газа. 4 зеркала  $D = 3,5$  м на орбите в точке L2.
- Космический интерферометр "**Миллиметр**" (Н.С.Кардашёв),  $\lambda < 1$  мм,  $D = 12$  м, разрешение до  $10^{-9}$  сек. дуги.



# Антропный принцип.

- Тонкая настройка нашей Вселенной на формирование жизни в ней (Б. Картер, И.А. Розенталь, Р. Дике, Дж. Барроу). Например, если массу электрона увеличить в 2,5 раза и более, то атом водорода будет неустойчив, и вся Вселенная будет состоять из нейтронных звёзд и нейтрино:

$$p + e^- = n + \nu \quad (1)$$

$$m_n = m_p + 1.3 \text{ МэВ}$$

$$m_e = 0.5 \text{ МэВ}$$

- При  $kT < m_e c^2$  реакция (1) запрещена законом сохранения энергии.
- Если  $m_e$  увеличить более чем в 2,5 раза, эта реакция будет разрешена при  $T \sim 0$ , и во время первичного нуклеосинтеза во Вселенной все протоны превратятся в нейтроны и нейтрино. Не будут формироваться атомы C, N, O и др., которые необходимы для возникновения жизни.

## Сильный антропный принцип:

Вселенная специально создана такой, чтобы в ней была предусмотрена возможность формирования жизни.

## Слабый антропный принцип:

Существует много различных причинно не связанных друг с другом вселенных. В некоторых из них физические константы неблагоприятны для формирования жизни, и там "процессы протекают без свидетелей" (А.А.Зельманов). Мы живём в той вселенной, в которой физические константы благоприятствуют формированию жизни.

# Мультимир (А. Линде)

Квантовые флуктуации "кипящего вакуума" могут породить множество "пузырей", которые превращаются в реальные вселенные. Модель Мультимира согласуется со слабым антропным принципом.



Таким образом, хотя идея всеобщей распространённости жизни во Вселенной оказалась утопичной, учёные не теряют надежды найти внеземную жизнь на других планетах нашей Галактики и зарегистрировать, наконец, сигналы внеземных цивилизаций. Этот оптимизм подкрепляется тем, что наша Вселенная очень тонко настроена на формирование жизни в ней. Можно предполагать, что в некоторых уголках нашей Вселенной сформировались условия, благоприятные для формирования жизни.

Гипотеза панспермии.