

## ИЗ ТЕКУЩЕЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## Гипотетические признаки жизни на планете Венера: ревизия результатов телевизионных экспериментов 1975–1982 гг.

Л.В. Ксанфомалити, Л.М. Зелёный, В.Н. Пармон, В.Н. Снытников

*Возможно, внеземную жизнь можно обнаружить не в других мирах, удалённых на расстояния в несколько десятков парсеков, а на поверхности ближайшей планеты в Солнечной системе — Венеры. Этот вывод следует из результатов новой обработки архивных данных телевизионного (ТВ) эксперимента, выполненного на поверхности Венеры в ходе советских миссий "Венера" в 1975–1982 гг. Одним из основных был ТВ-эксперимент по изучению поверхности планеты. ТВ-исследование in situ поверхности Венеры остаётся экспериментом, до сих пор не повторённым. Уникальные архивные данные были обработаны с использованием новых методов, что значительно улучшило их детализацию. В результате нового анализа ТВ-изображений, полученных в миссиях "Венера", обнаружено до 18 гипотетически живых объектов. Найдено много объектов со сложной правильной структурой, и предположительно способных очень медленно двигаться. Объекты обладают заметными размерами и могут свидетельствовать о существовании жизни на Венере в физических условиях, радикально отличающихся от земных. Земная жизнь основана на водной среде. При температурах 460 °С в местах посадки спускаемых аппаратов вода не может существовать в жидкой форме. Доля воды в газообразном состоянии также ничтожно мала (около  $2 \times 10^{-5}$ ). Вода и кислород на Венере практически отсутствуют. Таким образом, возникает вопрос: какие материалы может использовать природа для жизни на этой планете? Рассматриваются химические компоненты, стабильные в области высоких температур, на которых гипотетически может быть основана жизнь на Венере. Делается вывод о том, что для исследования гипотетической жизни Венеры необходимо выполнить новую специальную миссию, гораздо более сложную, чем миссии "Венера".*

**Ключевые слова:** миссии "Венера", телевизионные эксперименты, астробиология, амисады

PACS numbers: 96.12.Kz, 96.30.Ea, **96.90.** + cDOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2018.12.038507>

## Содержание

1. Введение (403).
2. Гипотезы о возможной жизни в облачном слое Венеры (406).
3. Телевизионные эксперименты на аппаратах "Венера" (407).

**Л.В. Ксанфомалити.** Институт космических исследований РАН, ул. Профсоюзная 84/32, 117997 Москва, Российская Федерация  
E-mail: ksanf@iki.rssi.ru, leksanf@gmail.com

**Л.М. Зелёный.** Институт космических исследований РАН, ул. Профсоюзная 84/32, 117997 Москва, Российская Федерация  
E-mail: lzelenyi@iki.rssi.ru;

Московский физико-технический институт (государственный университет), Институтский пер. 9, 141700 Долгопрудный, Московская обл., Российская Федерация

**В.Н. Пармон, В.Н. Снытников.** Институт катализа им. Г.К. Борескова СО РАН, просп. Академика Лаврентьева 5, 630090 Новосибирск, Российская Федерация;  
Новосибирский государственный университет, ул. Пирогова 1, 630090 Новосибирск, Российская Федерация  
E-mail: parmon@catalysis.ru, snyt@catalysis.ru, valsnyt@gmail.com

Статья поступила 31 августа 2018 г.,  
после доработки 29 декабря 2018 г.

4. Физико-химические свойства атмосферы и поверхности в местах посадки аппаратов "Венера-13" и "Венера-14" (409).
  5. Изображения поверхности Венеры (410).  
5.1. Панорамы "Венеры-13" и "Венеры-14" в новой обработке.  
5.2. Предполагаемые живые объекты.
  6. Гипотетический фотосинтез (415).
  7. О возможной природе живых форм на Венере (416).  
7.1. Химические соединения, на основе которых могут быть построены гипотетические живые объекты Венеры. 7.2. Агент, который в венерианских биоценозах может играть функциональную роль воды на Земле. 7.3. Некоторые химические процессы взаимодействия атмосфера – поверхность на Венере. 7.4. Земной модельный объект гипотетического биоценоза Венеры для подготовки новой миссии к Венере. 7.5. О возможной природе живых форм на Венере. Выводы и необходимые эксперименты.
  8. Заключение (421).
  9. Приложение. Обнаружение гипотетических живых форм на Венере (422).  
9.1. "Флора". 9.2. "Фауна".
- Список литературы (430).

## 1. Введение

Со времён античных философов в основе развития науки и научного знания явно или неявно лежал поиск жизни вне Земли, поиск обитаемых миров. Попытки понять

окружающий мир неизменно начинались со звёздного неба над головой. И сегодня, когда накопленные столетиями знания позволяют ответить на многие вопросы, когда новые астрофизические методы дают возможность исследовать пространство вплоть до горизонта Вселенной, у этого поиска есть несколько сторон: во-первых, это фундаментальные знания о происхождении мира, в котором мы живём; во-вторых, это новые представления об эволюции нашей планеты, природа которой далеко не застыла в своём развитии и совсем не так однозначна и устойчива, как когда-то представлялось; наконец, это те необходимые условия, в которых может возникнуть и развиваться жизнь. Но является ли уникальной жизнь в единственной известной нам аминокислотно-нуклеиновой форме, которая когда-то возникла, эволюционировала и существует на нашей планете?

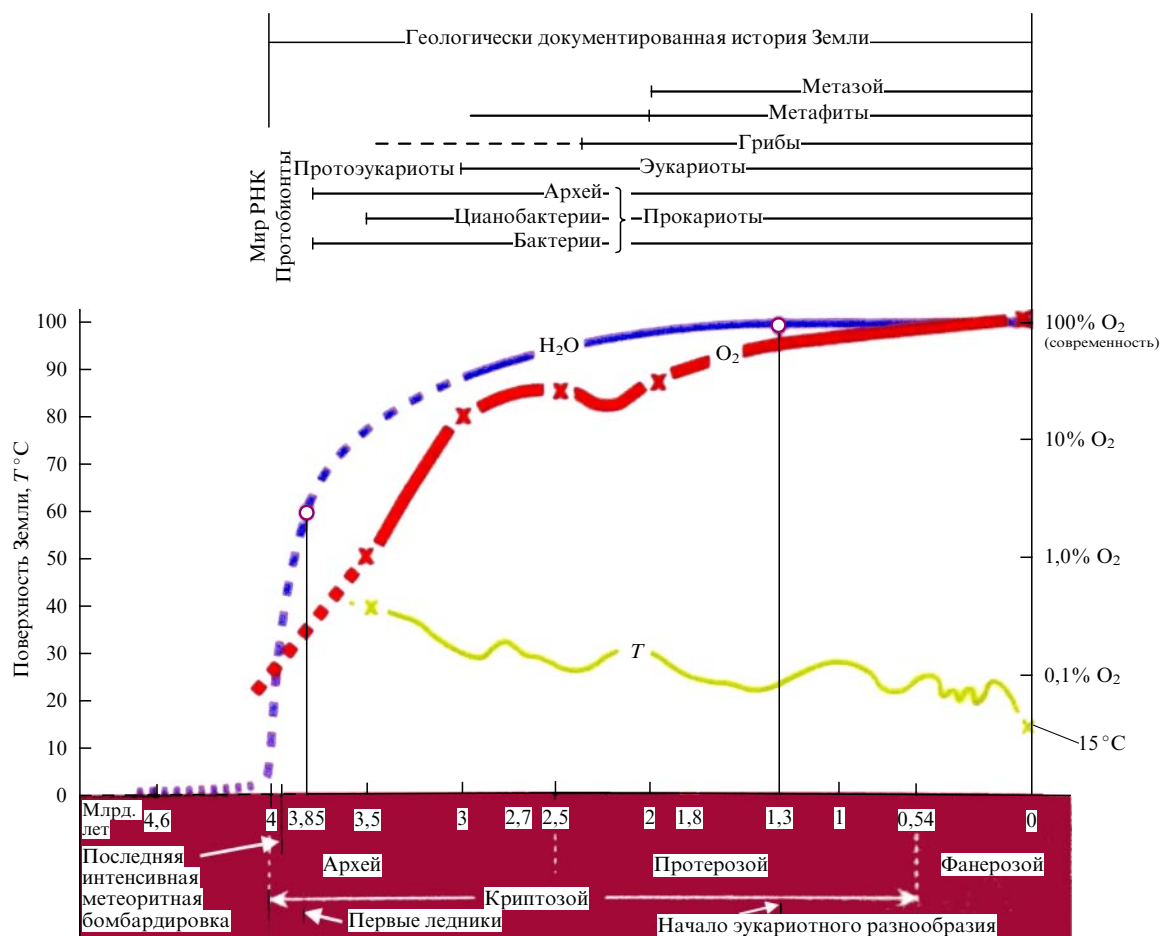
В середине 1980-х годов, когда многочисленные миссии к планетам и другим телам Солнечной системы стали нормальным методом исследований и поиска форм жизни вне Земли, ведущие научные школы задались вопросом, что именно следует искать и как такой поиск может быть связан с проблемой поиска внеземных цивилизаций (Search for Extra-Terrestrial Intelligence — SETI)? В 1988 г., за семь лет до открытия первой солнцеподобной планетной системы 51 Peg, К. Саган организовал и провёл конференцию Planetary SETI в Торонто, на которой наряду с поиском цивилизаций рассматривались условия возникновения и существования жизни, в том числе разумной. В 1989 г. Национальная академия наук США выпустила специальное издание, *The Search for Life's Origins* [1], посвящённое задачам земной и гипотетической внеземной планетной биологии. Число таких изданий быстро росло. В России рассматриваемой проблеме также уделялось определённое внимание. В 2003 г. была создана специальная программа Президиума РАН "Происхождение и эволюция биосферы". Результатом стало появление крупных сборников статей отечественных авторов [2, 3]. В 2009 г. своеобразным подведением итогов дискуссий в российском научном сообществе явилось издание А.Ю. Розановым (Институт палеонтологии РАН) отечественного сборника *Проблемы происхождения жизни* [4], в котором были рассмотрены наиболее дискуссионные вопросы возникновения живых форм.

В поисках признаков жизни исследователи чаще всего исходят из того, что известно о жизни на Земле. Поэтому предполагается, что жизнь вне Земли также должна основываться на углероде и жидкой воде и не слишком отличаться от нашей (и даже может быть разумной). Физические условия также должны быть подобны земным, а температуры у поверхности планеты должны быть такими, какие комфортны для нас. Поэтому поиск "зон обитаемости" во внесолнечных планетных системах основан на постулате о "зоне обитаемости" с "нормальными" физическими условиями, т.е. давлении, температуре и, возможно, составе атмосферы, которая должна содержать кислород. Причём последнее условие прямо указывается в спектроскопических поисках экзопланет как вероятный признак обитаемости. Нетрудно увидеть, что таким образом вне Земли мы ищем... самих себя. Не следует ли, однако, рассматривать такой подход как "земной шовинизм"? Крестonosцы шли в поход, потому что были уверены, что они — самые лучшие и их вера — самая лучшая, а всё остальное — ересь.

По существу, в основе перечисленных требований лежит фанатичная уверенность в принятых постулатах, которые воспринимаются как некая "священная корова", но сами они далеко не очевидны. Такова, например, постулируемая необходимость в атмосферном кислороде. В атмосфере Венеры кислорода практически нет. Но кислород не всегда был и в нашей атмосфере. Геологически документированные сведения о появлении и эволюции содержания кислорода в атмосфере Земли были темой многих работ, например [5]. По палеонтологическим данным А.Ю. Розанова, кислород отсутствовал в земной атмосфере лишь первые 600–700 млн лет, а через 1 млрд лет его содержание достигало 1 % от современного (рис. 1). Полного единства относительно эволюции содержания кислорода нет. Так, в работах [6, 7] утверждается, что земная жизнь после своего возникновения обходилась практически без кислорода в атмосфере в течение первых 2 млрд лет. Затем, в фанерозое, в последние 600 млн лет, кислород в атмосфере стал держаться на уровне около 20 % с вариациями от 14 до 35 %. Причины, по которым содержание атмосферного кислорода как продукта земной биоты изменялось в фанерозое, остаются предметом дискуссий. Но важно другое: утверждение о необходимости присутствия кислорода в атмосфере экзопланеты как критерия обитаемости вовсе не является безусловным.

Температура на среднем уровне поверхности Венеры 460 °С. Хорошо известно, что с повышением температуры резко ускоряются химические реакции, причём возникают такие реакции, которые не протекают в нормальных условиях и которые приводят к образованию веществ, стабильных только в условиях высоких температур [8]. Многие виды морской фауны обитают у горячих донных источников, в условиях высокой температуры и колоссальных давлений. Таким образом, перечисленные ограничения (в том числе ограничение орбитальных параметров поиска обитаемых экзопланет только "комфортной зоной", называемой также зоной Златовласки) не имеют убедительных физических оснований. Это обстоятельство отмечают многие исследователи, которые указывают, что поиск жизни вне Земли должен быть распространён на другие физические условия, отличающиеся от "нормальных". В книге *Жизнь в Солнечной системе и за её пределами* [9] Б. Джонс рассматривает в основном жизнь в земной, аминокислотно-нуклеиновой, форме, но указывает: "Наши подходы не следует строить уж слишком буквально на том варианте жизни, который существует на Земле, т.е. с участием РНК, ДНК (углерода и жидкой воды) и определённого набора белков... Следуя некоторым вариантам поиска, мы сумели бы обнаружить жизнь, базирующуюся на совершенно ином химическом составе (без углерода и воды)".

Более того, анализ проблем, связанных с понятием "жизнь", показывает, что наиболее важным признаком жизни, взятой в отдельном биоценозе и во всей биосфере, является наличие молекулярных носителей биологической информации. Эти носители должны быть сопряжены со способной к мутациям автокаталитической системой химических превращений внутри фазово-обособленного объекта. В результате должна обеспечиваться возможность адаптивного естественного отбора [10–12]. Наличие в земных биоценозах ДНК и РНК как молекулярных носителей биологической информации



**Рис. 1.** (В цвете онлайн.) Эволюция содержания кислорода в атмосфере Земли за 4 млрд лет по отношению к современному уровню, принятому за 100 %. (Адаптированный рисунок из сборника [4, с. 196].) Красная кривая — оценка уровня кислорода, зелёная — оценка температуры на поверхности Земли. Современная доля кислорода в атмосфере 20,95 %.

было predetermined рядом факторов. В первую очередь к ним следует отнести присутствие жидкой воды, а также химический состав предбиологического "бульона" и атмосферы, содержавших многочисленные реакционно-способные и достаточно энергонасыщенные соединения типа  $\text{CH}_2\text{O}$ ,  $\text{C}_2\text{H}_2$ ,  $\text{HCN}$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CO}$  и др. (см., например, [10, 11, 13]). В то же время при повышенных температурах молекулы ДНК не способны осуществлять свои функции молекулярных носителей биологической информации вследствие быстрого распада очень специфичных и непрочных ( $E_{\text{г}} < 40$  кДж моль $^{-1}$ ) "водородных" связей, определяющих пространственную структуру молекул ДНК и обеспечивающих возможность образования двойных спиралей из ДНК.

Биофизик А. Азимов, рассматривая химизм форм жизни, существующих при высоких температурах, указывал на нуклеиновые кислоты и белки, построенные на основе азота, а не углерода. (Именно о синтезе таких соединений сообщал В.Н. Снытников на основе представлений об астрокатализе как о процессе возникновения жизни в Солнечной системе [14, 15].) В 2008 г. журнал *New Scientist* опубликовал тематический выпуск, посвящённый возможным внеземным формам жизни. А после опубликования первых сообщений о гипотетическом обнаружении жизни на Венере А.С. Спирин так комментировал возможность жизни на планете: "Я, как молеку-

лярный биолог... не нашёл ничего, что принципиально противоречило бы возможности существования живых организмов в условиях Венеры..." [16].

Уже несколько десятков первых открытий внесолнечных планет показывали, что среди них должны встречаться тела с физическими условиями, близкими к венерианским [17]). Поэтому природной лабораторией для исследований такого рода могла бы быть именно планета Венера с её плотной горячей (735 К) безокислительной  $\text{CO}_2$ -атмосферой и высоким, 9,2 МПа, давлением у поверхности. В отсутствие новых посадочных миссий к Венере в настоящей работе были заново изучены телевизионные (ТВ) панорамы, переданные советскими аппаратами "Венера" в 1975 и 1982 гг. с поверхности этой ближайшей к Земле планеты, в том числе изображения, не включённые ранее в обработку. ТВ-панорамы были заново обработаны с помощью современных кодов, что значительно повысило их чёткость и детализацию. В ходе анализа было найдено примерно 18 сравнительно крупных объектов с размерами от 1 дм до 1 м и необычной морфологией. Часть из них перемещалась или изменяла свою форму. Некоторые объекты наблюдались на одних изображениях, но отсутствовали на других. Объяснить случайное возникновение таких объектов шумом линии связи не удаётся. Физические условия на планете являются сверхкритическими в отношении

основных компонентов венерианской атмосферы — углекислого газа и азота. Поскольку температура поверхности в точках посадки установлена (в среднем 735 К), а термодинамические свойства среды известны, полученные результаты требуют критического анализа известных жёстких ограничений на природу биоценозов с их живыми организмами, если рассматривать последние как гипотетические объекты флоры и фауны планеты.

## 2. Гипотезы о возможной жизни в облачном слое Венеры

Облачный слой Венеры образуют микрометровые капли серной кислоты высокой концентрации. Динамика постоянно присутствующего облачного покрова хорошо прослеживается в ближнем ультрафиолетовом (УФ) диапазоне, длина волны около 350 нм (рис. 2). Предположения о возможном существовании жизни в нижней части облачного слоя Венеры, которые выдвигались неоднократно, связаны с тем, что в интервале высот 47,5–50,5 км давление (около 100 ГПа) и температура (около 330 К) близки к таковым в земных "нормальных" условиях.

Можно заметить связь этих гипотез с результатами поисков микробиологической жизни в верхних слоях земной атмосферы [20, 21] и с гипотезами о жизни на планетах Солнечной системы и их спутниках. Проблема относится к задачам и обсуждениям многочисленных недавних и запланированных космических миссий [22–25]. Как известно, к наиболее вероятным кандидатам, на которых предполагается обнаружить внеземные формы жизни, относятся Марс [26–28] и, возможно, некоторые спутники Юпитера и Сатурна [29–31]. Отсутствие положительных результатов в многочисленных миссиях к Марсу представляет собой самостоятельную проблему.



**Рис. 2.** (В цвете онлайн.) Постоянно присутствующий облачный слой Венеры, состоящий из микрометровых капель концентрированной серной кислоты, лежит в интервале высот 48–70 км. Снимок сделан в спектральном УФ-диапазоне японским космическим аппаратом "Акатцуки", агентство JAXA/ISAS/DARTS (Japan Aerospace Exploration Agency/Institute Space and Astronautical Science/Data ARchive and Transmission System) в 2018 г.

Что касается Венеры, то тема гипотетического присутствия микробиологических форм рассматривалась в работах [32–34], но средой обитания предполагается облачный слой атмосферы Венеры. По-видимому, первым такую гипотезу предложил К. Саган [35] в 1967 г. Однако гипотеза о жизни на поверхности Венеры не возникла и впервые появилась лишь в 1975 г. как комментарий к ТВ-изображению "Венеры-9" в книге Л.В. Ксанфомалити [36]. Микробиологическая обитаемость облаков обсуждалась в многочисленных работах. Кокелл [33] пришёл к выводу о том, что условия в упомянутом интервале высот совместимы даже с биологией земного типа, хотя на больших высотах микроформы замораживаются. В последующих работах отмечались благоприятные для биоформ свойства среды, включая физико-химические свойства углекислотной среды с компонентами серы. Такие выводы могут казаться парадоксальными, но за последние десятилетия сделан ряд открытий, связанных с обитаемостью некоторых мест Земли, обладающих экстремальными физико-химическими условиями. Так, обнаружены микроорганизмы, способные переносить и/или поддерживать активную жизнедеятельность в условиях высоких давлений (несколько сотен МПа) [37], при низких и высоких температурах [38–40], в концентрированных соляных растворах [41] и растворах с очень низким рН [42], в сверхкритическом CO<sub>2</sub> [43], при жёстком радиационном облучении [44], в безводной засушливой среде [45], на большой глубине под поверхностью Земли [46, 47] и в атмосфере на высоте до 77 км. Продемонстрирована также возможность выживания ряда экстремофилов в условиях космического вакуума [48] и сохранения их жизнеспособности в латентном состоянии. До недавнего времени сама раскалённая и практически безводная (около 20 миллионных долей (parts per million — ppm) воды в приповерхностной атмосфере) поверхность Венеры как возможная среда обитания каких-либо форм жизни полностью исключалась [33]. Температура поверхности в среднем 460 °С и давление 9,2 МПа (до 4,5 МПа в горных районах), что несовместимо с земными формами жизни. Остаётся также общая для всех перечисленных гипотез проблема выживаемости живых микроформ в облачной среде Венеры, состоящей из микрометровых капель серной кислоты с концентрацией около 75 %.

В исследованиях Венеры Советский Союз исторически занимал ведущее положение. Миссии с аппаратами "Венера" были весьма информативными [49–51]. Весьма высокие приповерхностные давление и температура атмосферы Венеры оказались неожиданностью. Аппаратами "Венера" были получены данные о химическом составе атмосферы; проведены спектрометрические исследования элементного состава грунта; измерена скорость ветра у поверхности [52] и обнаружены электрические разряды (молнии) в атмосфере [53]. Впервые были сделаны прямые снимки поверхности. С орбиты искусственного спутника Венеры проводилось радиолокационное картографирование планеты. Полученные данные указывали на вероятную вулканическую активность Венеры, свидетельства о которой ранее приводились в работе [54]. Многочисленные гипотезы и дискуссии относительно возможности существования жизни на Венере приводятся в работах [24, 32–34, 55–59]. Авторы [60] полагают, что на ранних стадиях эволюции Солнечной системы Венера имела более благоприятные условия

для жизни, чем Земля. На основе топографических данных миссии "Магеллан" было проведено моделирование климатических условий на Венере [61] для периода вплоть до 2,9 млрд лет назад. Высказано предположение о том, что жизнь в Солнечной системе впервые могла возникнуть именно на Венере, а в работе [62] предложена панспермическая модель переноса микробиоты с Венеры на Землю.

Недавние обнаружения экстремофилов и спор в верхних слоях земной атмосферы [58] также рассматриваются в качестве аргумента в пользу возможности существования аналогичных форм жизни в венерианской атмосфере [32–34, 55–59] в среде с химическим составом, включающим в себя  $H_2S$ ,  $SO_2$ ,  $CO_2$  и небольшое количество паров воды, сопоставимое с таковым в наиболее засушливых районах Земли [63]. Отмечается также, что в 2011 г. в атмосфере Венеры был обнаружен озоновый слой [64], ослабляющий воздействие на микроорганизмы солнечной УФ-радиации. Авторы [56] рассматривали возможный защитный механизм фототрофных микроорганизмов, основанный на действии аллотропов серы, присутствующих в атмосфере Венеры. Из последних работ о возможном существовании микробиологических форм в облачном слое Венеры следует отметить подробное теоретическое исследование, опубликованное в 2018 г. Л. Санджай с сотрудниками [65].

Отметим, однако, что в целом выживаемость живых микроформ в облачной среде Венеры, состоящей из микрометровых капель серной кислоты с концентрацией около 75 %, представляется проблематичной.

### 3. Телевизионные эксперименты на аппаратах "Венера"

Прямые телевизионные исследования поверхности Венеры остаются уникальным экспериментом. В 1975 г. на поверхность планеты опустились два аппарата советской серии "Венера": "Венера-9" и "Венера-10". Одним из главных был впервые проведённый ТВ-эксперимент по исследованию поверхности планеты. Через семь лет, в 1982 г., более совершенные ТВ-эксперименты выполнили "Венера-13" и "Венера-14". Передача ТВ-изображений — это широко используемый современный метод исследования небесных тел и поиска жизни или её следов на телах Солнечной системы. Таким методом в наши дни интенсивно исследуется другая планета, Марс.

На 2018 г. на орбите Марса работали шесть аппаратов, включая "Экзомарс". Аппараты передают подробные ТВ-изображения Марса, а исследования поверхности планеты представляют ТВ-снимки "марсоходов". Вместе с тем уже более 40 лет назад аппараты "Венера" ТВ-методом исследовали поверхность Венеры, когда с поверхности планеты впервые были получены ТВ-снимки, причём эти эксперименты на Венере не повторены до сих пор ни одним космическим агентством мира, главным образом, из-за крайней технической сложности эксперимента. 1980-е годы были временем пика советских исследований этой ближайшей планеты космическими средствами. Аппараты серии "Венера" проводили сложные эксперименты, спускаясь в атмосфере планеты, которая настолько плотна, что первый аппарат, зондировавший атмосферу, "Венера-4" (1967 г.), был раздавлен атмосферой уже при давлении 0,72 МПа на высоте около 25 км над поверхностью. Последовавшие за ним "Венера-5" и

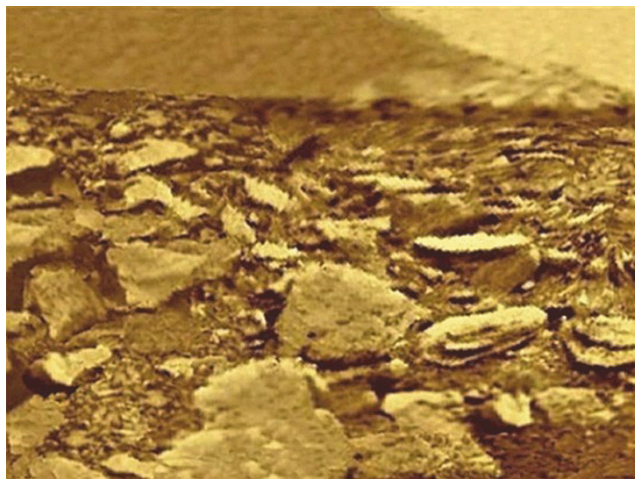


Рис. 3. (В цвете онлайн.) Поверхность Венеры. Изображение построено на основе фрагмента панорамы, переданной в 1975 г. с места посадки аппарата "Венера-9". Геометрические искажения исправлены.

"Венера-6" (1969 г.) выдержали давление 2,7 МПа (последние измерения были проведены на высоте около 17 км) и также были раздавлены атмосферой. Первыми достигли поверхности, сохранив рабочее состояние, аппараты "Венера-7" (1970 г.) и "Венера-8" (1972 г.). Первые снимки поверхности передали "Венера-9" и "Венера-10" осенью 1975 г. В условиях давления атмосферы, превышающего земное в 92 раза, и температуры 460 °С они проработали почти 1 ч до своего разрушения. Все эти аппараты, созданные коллективом конструкторов Научно-производственного объединения (НПО) им. Лавочкина [66], были оснащены особыми ТВ-камерами [67, 68]. Полученные изображения были чёрно-белыми, не очень подробными, но чёткими (рис. 3). Более сложные эксперименты были поставлены на аппаратах "Венера-11" и "Венера-12" в 1978 г. Оптические окна ТВ-камер, чтобы не повредить их при спуске, были закрыты крышками, которые специальное устройство сбрасывало после посадки. Но эксперимент был неудачным: как оказалось, в конструкции аппарата не были учтены некоторые особенности венерианских условий и крышки не отделились. Более 1 ч камеры исправно посылали на Землю всего лишь изображение внутренней поверхности крышек, а вид поверхности в местах посадки аппаратов оставался неизвестным.

Телеграфное агентство СССР сообщало о других экспериментах, выполненных на этих космических аппаратах, например об открытии атмосферных электрических разрядов (гроз) на Венере [53], но про неудачный ТВ-эксперимент не сообщалось. Позднее, когда "секретность" была снята, выяснилось, что на "Венере-9" и "Венере-10" тоже были проблемы: на каждом аппарате открылось только по одной крышке на каждой из двух камер.

Полным триумфом исследователей стали аппараты "Венера-13" (рис. 4) и "Венера-14". Подробные цветные изображения, "панорамы" поверхности Венеры, переданные этими аппаратами в марте 1982 г., обошли многие мировые издания. Научная сторона результатов ТВ-экспериментов была представлена многочисленными публикациями, но те средства, с помощью которых удалось увидеть поверхность Венеры, оставались читателю малоизвестными.



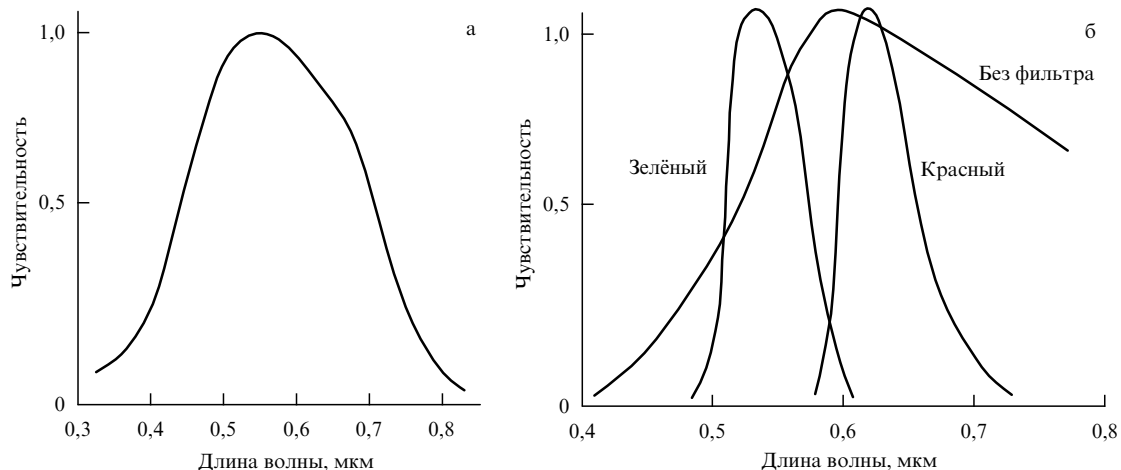
**Рис. 4.** (В цвете онлайн.) Аппарат "Венера-13" при лабораторных испытаниях. Закрытый крышкой вход ТВ-камеры выступает в верхней части сферического корпуса, над надписью "СССР". Спиральная всенаправленная передающая антенна находится над круглым щитом, который замедлял спуск аппарата в плотной атмосфере планеты. Посадочный буфер внизу поглощал энергию удара при посадке. Кольцо справа над посадочным буфером — антенна прибора "Гроза", с помощью которого были обнаружены электрические разряды в атмосфере Венеры. Высота аппарата до круглого парашютного щита 1 м.

Оптико-механические ТВ-камеры аппаратов создавались группой специалистов Научно-исследовательского института космического приборостроения под руководством А.С. Селиванова и Ю.М. Гектина [67–69]. М.Я. Маров вспоминает, что президент Академии наук СССР М.В. Келдыш, обсуждая доклад о выполненных на аппарате "Венера-7" экспериментах (1970 г.), впервые предложил получить ТВ-изображения с поверхности Венеры. Работа была поручена коллективу А.С. Селиванова, которым к началу работы над ТВ-камерами для аппаратов "Венера" уже были созданы ТВ-камеры луноходов и посадочных аппаратов для исследования Марса.

Разработанные ТВ-камеры имели необычную конструкцию. Матрицы полупроводниковых детекторов изображений ПЗС (приборов с зарядовой связью), которыми теперь оснащены электронные фотоаппараты и телефоны, тогда ещё не существовало. В 1960–1970-е годы в лунные и марсианские аппараты встраивались плёночные фотокамеры с автоматическими устройствами химического проявления, последующего электронного сканирования и передачи изображений по радиолинии. Но в телекамерах аппаратов "Венера", где температура непрерывно возрастала, использовать фотопроектс было невозможно.

Применение передающих ТВ-трубок, не приспособленных к работе при высоких температурах, не только являлось более рискованным, но и требовало значительного объёма памяти. Поэтому в качестве светоприёмника было решено использовать одноканальный электронный прибор — фотоэлектронный умножитель (ФЭУ-114), созданный группой разработчиков под руководством Г.С. Вильдгрубе. Форма спектральной характеристики фотокатода ФЭУ-114 соответствует мультищелочному типу (рис. 5а). На уровне чувствительности 0,2 от максимальной, длины волн составляют 400 и 760 нм, максимума чувствительность достигает при длине волн 550 нм. Технически ТВ-камера была сложной, а для её работы требовалось напряжение около –1500 В.

Перед катодом ФЭУ устанавливался непрозрачный экран с диафрагмой 11 угл. мин. Объектив строил изображение на экране, а тот его элемент, который попадал на диафрагму, и являлся передаваемой точкой изображения. В установленном перед объективом зеркале отражался район посадки аппарата, а зеркало качалось в пределах угла около 40°, причём на одно его колебание у камер "Венеры-13" и "Венеры-14" затрачивалось по 0,78 с, у камер "Венеры-9" и "Венеры-10" — 3,5 с. Так создавалась одна строка изображения, элементы которой поочерёдно пробегали через диафрагму. В отличие от строки обычного ТВ-изображения, такая строка располагалась вертикально, а в конце каждой строки специальный механизм поворачивал зеркало на угол, соответствующий размеру диафрагмы, в плоскости, перпендикулярной направлению качания. Так рисовалась следующая строка изображения. Чтобы удалить камеру от проникаю-



**Рис. 5.** Спектральные характеристики светоприёмников "Венеры-9" и "Венеры-10" (а) и светоприёмников и светофильтров "Венеры-13" и "Венеры-14" (б).

щего внутрь теплового излучения, использовалась перископическая система с камерой в её нижней части и сканирующим зеркалом в верхней. У "Венеры-13" и "Венеры-14" всё изображение состояло из 1000 строк, а сама строка содержала 211 элементов изображения (пикселей) и 41 элемент служебной информации.

Оптическая ось объектива была направлена вниз под углом  $40^\circ$  к вертикали, а панорама охватывала полосу от горизонта до горизонта. Фрагмент изображения, переданного "Венерой-9", в современной обработке, представлен на рис. 3. Камеры "Венеры-13" и "Венеры-14" передавали, помимо чёрно-белых, цвето-делённые изображения в красном, зелёном и синем фильтрах (рис. 5б), но синие панорамы оказались практически бесполезными из-за почти полного поглощения атмосферой радиации в синей части спектра. Сканирование одного полного изображения занимало 13 мин. При гарантированном времени работы 30 мин камеры "Венеры-13" и "Венеры-14" проработали непрерывно в течение более 2 ч и передали значительное число панорам и их фрагментов. Передаваемое изображение и служебные данные кодировались в 10-разрядной системе (всего 1024 уровня, из них в изображении 512 уровней) и передавались через всенаправленную антенну передатчика аппарата (см. спираль в верхней части рис. 4) на орбитальный аппарат.

Вход оптической системы располагался на высоте 82 см у "Венеры-9" и "Венеры-10" и 90 см у "Венеры-13" и "Венеры-14" над плоскостью посадочного буфера. По сравнению с разрешением камер "Венеры-13" и "Венеры-14" разрешение на более скромных панорамах "Венеры-9" и "Венеры-10" было почти вдвое ниже — 517 вертикальных строк в  $180^\circ$ -ной панораме, по 115 пикселей в строке, а на получение полного изображения уходило около 30 мин. Угловое разрешение (единичный пиксел) составляло  $21'$  [67]. Камеры "Венеры-9" и "Венеры-10" передавали только чёрно-белые изображения. Каждый аппарат Венера (см. рис. 4) имел две камеры, установленные на его противоположных сторонах. Фактическая панорама "Венеры-9" охватила  $174^\circ$ , длительность её съёмки (с одновременной передачей) составила 29,3 мин. Затем была повторно снята правая часть панорамы в пределах  $124^\circ$ .

Аппараты "Венера-9" и "Венера-10" проработали на поверхности планеты 50 и 44,5 мин соответственно. Охват панорамы у "Венеры-10" составил  $184^\circ$ , затем были повторно переданы два фрагмента, в начале и в конце изображения, по  $63^\circ$  и  $17^\circ$ . Изображение кодировалось в 6-разрядной системе (64 уровня), передавалось через всенаправленную антенну передатчика аппарата на орбитальный аппарат (спутник на 48-часовой орбите) и в реальном времени ретранслировалось на Землю через его остроуправленную антенну.

#### 4. Физико-химические свойства атмосферы и поверхности в местах посадки аппаратов "Венера-13" и "Венера -14"

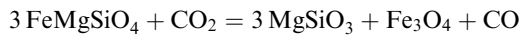
Основные результаты миссий "Венера-13" и "Венера-14" и свойства аппаратов были представлены в специальном выпуске *Космических исследований* [70]. Координаты места посадки аппарата "Венера-13" (1 марта 1982 г.) —  $7,5^\circ\text{S}$ ,  $303,5^\circ\text{E}$ , высота места над уровнем номинального радиуса 6051 км составляла 1,9 км. Температура  $735\text{ K}$  ( $462^\circ\text{C}$ ), давление 8,87 МПа, что соответствует плотно-

сти газа  $59,5\text{ кг м}^{-3}$ . Местное время 10 ч утра, а солнечный зенитный угол  $37^\circ$ . Освещённость рассеянным солнечным светом составляла 3–3,5 клк. Спускаемый аппарат "Венера-14" (5 марта 1982 г.) опустился также в экваториальной зоне ( $13^\circ\text{S}$ ,  $310^\circ\text{E}$ ), высота места 1,3 км над уровнем 6051 км (средний радиус поверхности). Здесь измеренные физические условия были следующими: температура 738 К, давление 9,47 МПа и плотность атмосферы около  $65\text{ кг м}^{-3}$ . Газоанализаторы указывали, что атмосфера состоит почти полностью из  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  ( $\sim 0,965\text{ CO}_2$  и  $\sim 0,035\text{ N}_2$ ). Атмосфера у поверхности включает в себя следующие малые составляющие:  $1,5 \times 10^{-4}\text{ SO}_2$ ,  $2 \times 10^{-5}\text{ H}_2\text{O}$ , около  $2 \times 10^{-5}\text{ O}_2$ , до  $3,0 \times 10^{-4}\text{ COS}$  (карбонил-сульфид) и  $\text{H}_2\text{S}$ , хлориды ( $0,4 \times 10^{-6}\text{ HCl}$ ) и фториды [66–68]. Местное время около 10 ч утра, солнечный зенитный угол  $36^\circ$ . Освещение сцены также достигало 3,5 клк [68, 71]. Всего 1 и 5 марта 1982 г. эксперименты по ТВ-фотографии на аппаратах "Венера-13" и "Венера-14" передали 37 панорам (или их фрагментов) места посадки на поверхности Венеры.

Атмосфера Венеры в интервале высот 0–49 км содержит мало аэрозолей, а её прозрачность ограничивается главным образом рэлеевским рассеянием. Высокая, хотя и неоднородная прозрачность атмосферы Венеры у поверхности отмечалась в результатах всех выполненных *in situ* экспериментов. В годы интенсивных исследований планеты аппаратами "Венера" и "Пионер – Венера" вышло несколько важных работ, посвящённых циклам термодимического взаимодействия атмосферы и поверхности Венеры, которая намного больше, в 7–20 раз, обогащена серой по сравнению с поверхностью Земли. Из-за огромной массы атмосферы, особенностей её динамики и благодаря отсутствию сезонных явлений (полярная ось практически нормальна к плоскости орбиты) локальные изменения температуры у поверхности Венеры незначительны и близки к природному термостату. Физические условия на планете таковы, что осадки в земном смысле (с участием воды) исключаются.

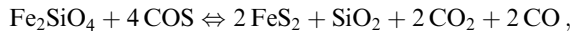
После выполнения миссий "Венера-9", "Венера-10" соавторы ТВ-эксперимента Ю.М. Гектин и А.С. Панфилов одними из первых рассмотрели модели термодимического равновесия газообразных компонентов атмосферы в интервале высот от поверхности до 30 км [72]. По итогам первых миссий "Венера-9" и "Венера-10" были рассмотрены более 180 равновесных химических реакций между малыми составляющими атмосферы, в том числе  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ ,  $\text{COS}$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ,  $\text{CS}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{CN}$ ,  $\text{C}_2\text{N}_2$  и др. Из других ранних отечественных публикаций следует также отметить книгу В.П. Волкова *Химия атмосферы и поверхности Венеры* [73], в которой на основе данных о составе атмосферы и поверхности и о физических условиях на планете сформулированы особенности химии многих природных процессов на Венере. В.П. Волков указывал, что приповерхностная часть тропосферы планеты находится в состоянии высокотемпературного химического равновесия с породами поверхности, причём окислительно-восстановительный режим поверхности определяется твердофазным минеральным буфером пирит – ангидрит – магнетит, работающим независимо от локального содержания в породе магния, кремния, алюминия и железа. Были предложены основные варианты химических взаимодействий атмосфера – поверхность при высокой температуре, к которым отно-

сится, например, реакция



(оливин + углекислый газ = энстатит + магнетит + монокись углерода), а также их другие варианты.

В тот же период был опубликован ряд работ других авторов, также рассматривавших возможные версии взаимодействий атмосфера – поверхность [74–76]. В работе [76] рассматривались процессы выветривания горных пород, в частности реакции минерала фаялита  $\text{Fe}_2\text{SiO}_4$  с малой атмосферной составляющей — COS:



которая ведёт к образованию на поверхности и в сыпучем грунте пирита  $\text{FeS}_2$ , причём реакция смещается вправо при менее высоких температурах. Иными словами, пирит  $\text{FeS}_2$  оказывается стабильным в горных районах. Разумеется, было бы наивно ожидать, что на столь ранней стадии исследований могли быть установлены все основные химические цепи. Никаких выводов о возможных фазовых переходах образующихся соединений вблизи поверхности при температуре 735 К в упомянутых (и последующих) работах найти не удалось.

Через восемь лет после завершения миссии "Венера-13" и "Венера-14" начала работу миссия "Магеллан" [77], позволяющая с помощью радиолокационных методов выполнить картирование почти всей поверхности планеты. В 1995 г. в горных участках Плато Лакшми и на склоне высочайшей вершины Венеры, Горы Максвелл (единственное название мужского рода на Венере) были обнаружены районы с высокой отражательной способностью, изучение которых привело к появлению гипотезы об осадках, выпадающих в горных районах (высоты соответствуют интервалу температур 650–700 К). Известно, что свойствами повышенного радиоотражения обладают грунты как с высокими диэлектрической проницаемостью и электропроводностью, так и с высокой раздробленностью поверхности [78, 79]. Но гипотеза об осадках получила наибольшее теоретическое развитие. Предполагается, что пирит, теллур, сульфиды металлов, в частности сульфиды свинца и висмута, при указанных температурах могут изменять своё фазовое состояние [80–82]. Однако никаких предположений о средах, обладающих фазовыми переходами на "нулевом" уровне поверхности планеты, сделано не было.

**Таблица 1.** Состав поверхности Венеры согласно [83]\*. Химический состав грунта в месте посадки аппарата "Венера-14"

Оксиды	Содержание, "Венера-14", %	Содержание, толеитовый базальт, %
$\text{SiO}_2$	$48,7 \pm 3,6$	50,6
$\text{TiO}_2$	$1,25 \pm 0,41$	1,2
$\text{Al}_2\text{O}_3$	$17,9 \pm 2,6$	16,3
$\text{FeO}$	$8,8 \pm 1,8$	8,8
$\text{MnO}$	$0,16 \pm 0,08$	0,2
$\text{MgO}$	$8,1 \pm 3,3$	8,5
$\text{CaO}$	$10,3 \pm 10,2$	12,0
$\text{Na}_2\text{O}$	$2,4 \pm 0,4$	2,4
$\text{K}_2\text{O}$	$0,2 \pm 0,07$	0,1
S	$0,35 \pm 0,28$	$0,07 \pm 0,01$
Cl	< 0,4	0,01

\* Данные не были подтверждены.

Химический состав грунта в месте посадки "Венеры-14" исследовался в эксперименте [83], результаты которого приведены в табл. 1. Согласно интерпретации авторов [83] состав грунта близок к земным толеитовым базальтам.

В верхней части облачного слоя (58–70 км) возможные реакции между  $\text{SO}_2$  и  $\text{NH}_3$  могут приводить к образованию аэрозоля пиросульфата аммония  $(\text{NH}_4)_2\text{S}_2\text{O}_3$  [84]. Однако в более низких слоях атмосферы образование такого аэрозоля исключено.

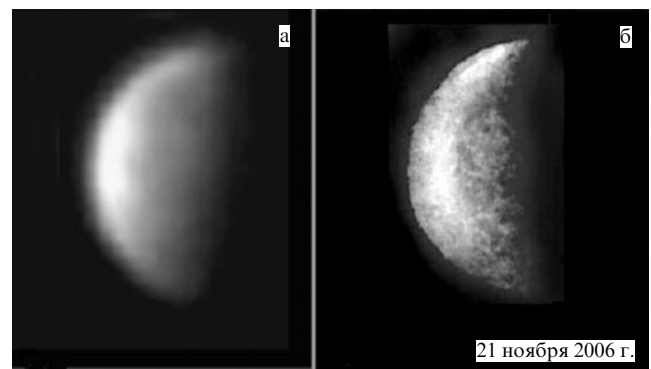
Более подробные данные о возможных соединениях, слагающих поверхность Венеры, их фазовом составе в условиях и при параметрах сверхкритического состояния венерианской атмосферы, в литературе отсутствуют.

## 5. Изображения поверхности Венеры

Средства обработки изображений, имевшиеся на 1982–1984 гг., были быстро исчерпаны, а полученные на их основе результаты были опубликованы в [67–69] и других многочисленных изданиях. Несмотря на то что со времени получения панорам поверхности планеты прошло более 40 лет, эксперимент, как отмечалось, до сих пор не повторён ни одним из космических агентств мира. Вместе с тем прогресс в развитии средств обработки изображений и в опыте обработки позволил существенно улучшить качество полученных панорам.

Важную роль сыграл опыт, накопленный при обработке электронных изображений Меркурия [85], полученных наземными средствами. Обычное, "классическое" изображение планеты Меркурий представлено на рис. 6а. На рисунке 6б показан результат обработки новыми методами массива электронных изображений, полученных в той же фазе планеты. Выше экватора, справа, видно 1000-километровое "море" — бассейн Калорис (Caloris Baisin). Эти результаты уже позволяют сопоставлять наземные снимки Меркурия с космическими.

На рисунке 7 представлены полные панорамы "Венеры-9" и "Венеры-10" в исходной обработке 1976–1998 гг. Изображения уже были пригодными для предварительного геологического анализа [86], но современная обработка значительно улучшила чёткость и различимость мелких деталей, что в дальнейшем позволило выявить объекты, описываемые ниже. Изображения обладают следующими геометрическими свойст-



**Рис. 6.** Прогресс в обработке изображений (1999–2006 гг.) [85]. Вид планеты Меркурий на лучшем обычном наземном снимке (а) и в результате применения новых методов обработки изображений (б). (Электронные снимки и обработка Л.В. Ксанфомалити.)



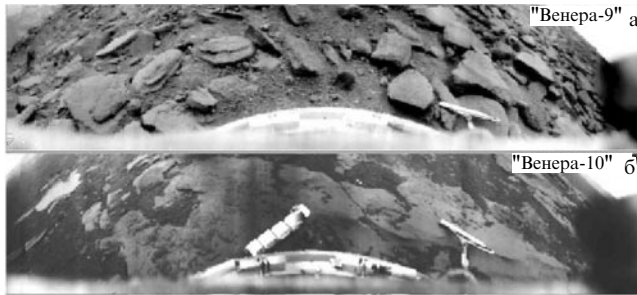


Рис. 7. Панорамы "Венеры-9" и "Венеры-10" в исходной обработке 1976–1985 гг.



Рис. 8. (В цвете онлайн.) Панорама "Венеры-9" в новой обработке.

вами. Изогнутость исходных изображений объясняется наклонным положением оптической оси объектива, направленной сканирующим зеркалом под углом  $50^\circ$  вниз от вертикали. Горизонтальная линия, которую можно провести через центр панорамы, соответствует пересечению поверхности плоскостью, в которой лежит оптическая ось объектива. Амплитуда сканирования от линии центра составляла от  $\pm 19^\circ$  до  $\pm 20^\circ$  вдоль строки (на панораме — по вертикали). При последовательном повороте оси зеркала от центра панорамы в каждую последующую строку попадали всё возрастающие геометрические расстояния на поверхности.

Панорама "Венеры-9" в современной обработке показана на рис. 8. Если строго учесть геометрию сканирования, то форма этой исправленной панорамы относится только к верхней половине изображения, расположенной над горизонтальной линией, проходящей через центр панорамы на рис. 7. Исправления геометрии нижней половины должны были бы выгнуть её изображение в противоположном направлении, хотя и в меньшей степени, из-за наклона плоскости центральной линии на  $50^\circ$  к вертикали. Так построен фотоплан, на котором все элементы имеют одинаковый масштаб (см. рис. 30 и 31 в приложении (раздел 9)).

Чтобы изображение имело вид перспективы, в работе [87] была проведена коррекция, в результате которой изображение приобретает форму дуги. Этот метод обработки был также использован авторами настоящей статьи. При этом центральная нижняя часть панорамы неизбежно искажается: контур тороидального посадочного буфера, который имеет вид дуги на рис. 7, на рис. 8 становится прямой линией. Эти искажения следует иметь в виду при анализе изображений.

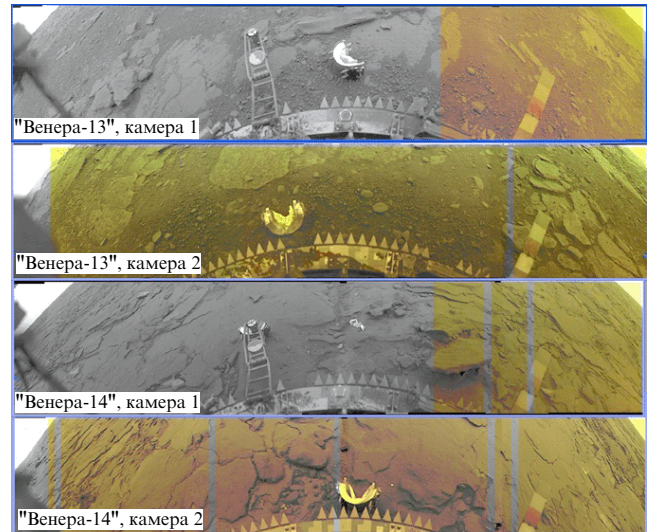


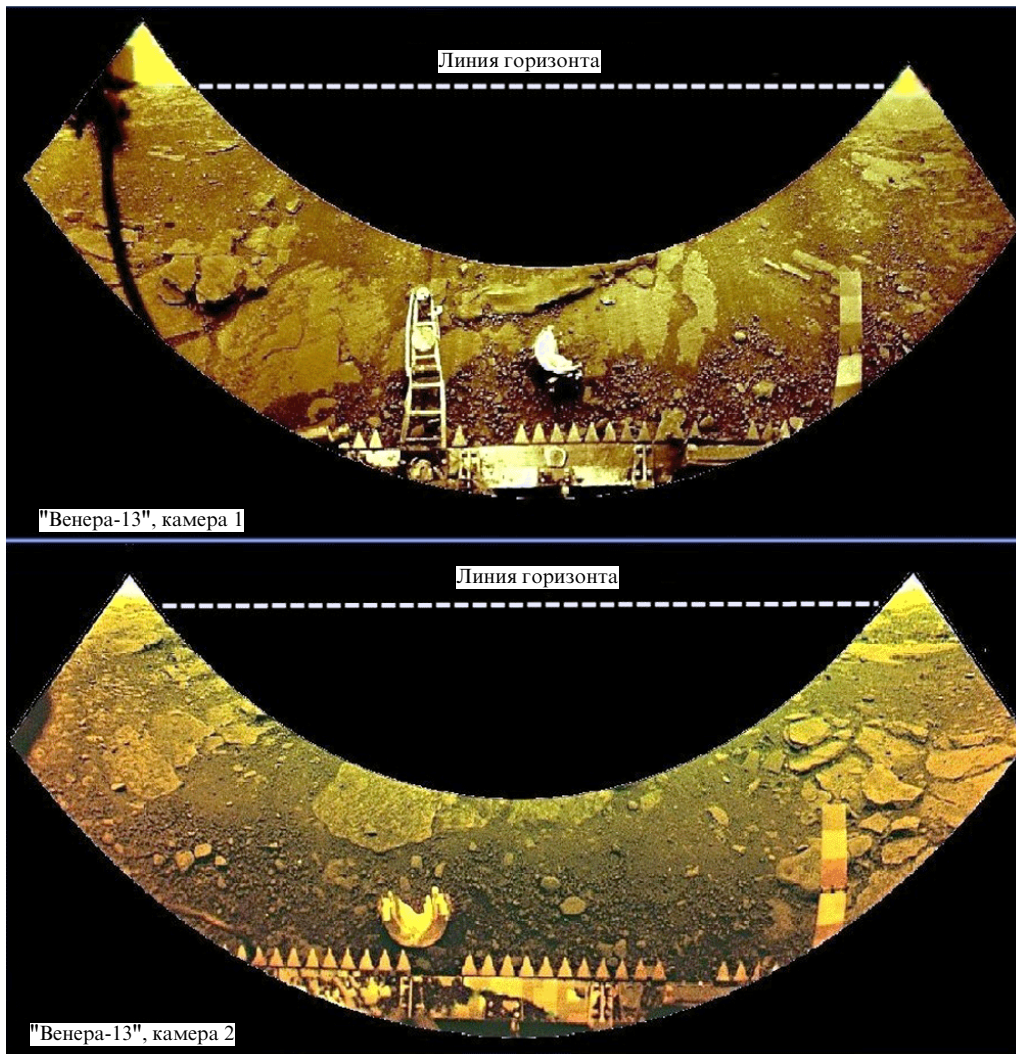
Рис. 9. (В цвете онлайн.) Панорамы "Венеры-13" и "Венеры-14" в обработке 1982–1998 гг.

Как отмечалось, разрешение камер "Венеры-13" и "Венеры-14" в четыре раза превышало разрешение камер "Венеры-9" и "Венеры-10". Панорамы "Венеры-13" и "Венеры-14" представлены на рис. 9 в исходной обработке, 1976–1998 гг. Показаны четыре полные панорамы, построенные из многочисленных первичных изображений. Телеметрические врезки были устранены при исходной обработке. Статьи периода 1983–2011 гг., в которых приводились панорамы аппаратов "Венера" и их фрагменты, опирались на изображения, приведённые на рис. 9.

### 5.1. Панорамы "Венеры-13" и "Венеры-14" в новой обработке

В новой, трудоёмкой обработке использовались все 37 изображений "Венеры-13" и "Венеры-14" и четыре изображения "Венеры-9" и "Венеры-10". При обработке исходных изображений полностью исключались их какие-либо ретуширование, дорисовывание, дополнение или корректировка. Контрастность и яркость изображения корректировались. Если структура изображения позволяла, то применялась операция "повышение резкости" вместе с низким уровнем "размытия" стандартных программ Microsoft Office системы Windows.

Всего использовались до 16 различных кодов (в том числе программы, разработанные специально для обработки изображений Меркурия). Как показано на рис. 9, полные цветные панорамы передавались камерами 2, а цветная часть изображений камер 1 охватывала только 30 % поля. При обработке усреднённый тон цветной части панорам был распространён на всё изображение камер 1. Небольшой участок неба, охваченный правой частью всех панорам, имеет жёлтый цвет, присущий небу Венеры. Но в левой части панорам камер 2 жёлтый цвет имеет только небольшой треугольный фрагмент, так как в цвето-делённой панораме полный фрагмент отсутствует. На цветных изображениях камер 1 усреднённый цветовой тон неба правой части панорам отнесён также на фрагменты неба в левой части. Все остальные детали обработанных заново изображений на рис. 10, 11 полностью соответствуют исходным панорамам.



**Рис. 10.** (В цвете онлайн.) Два обработанных изображения аппарата "Венера-13". Вид поверхности планеты с обеих сторон от аппарата. Геометрические искажения частично исправлены (см. текст). Над зубчатым посадочным буфером видны детали изображений: кронштейн прибора измерения плотности грунта, сброшенная полуцилиндрическая крышка ТВ-камеры и панель контроля цветопередачи. Масштаб иллюстрирует шаг зубцов турбулизатора на посадочном буфере, составляющий 5 см. Размеры полуцилиндрической крышки 20 см.

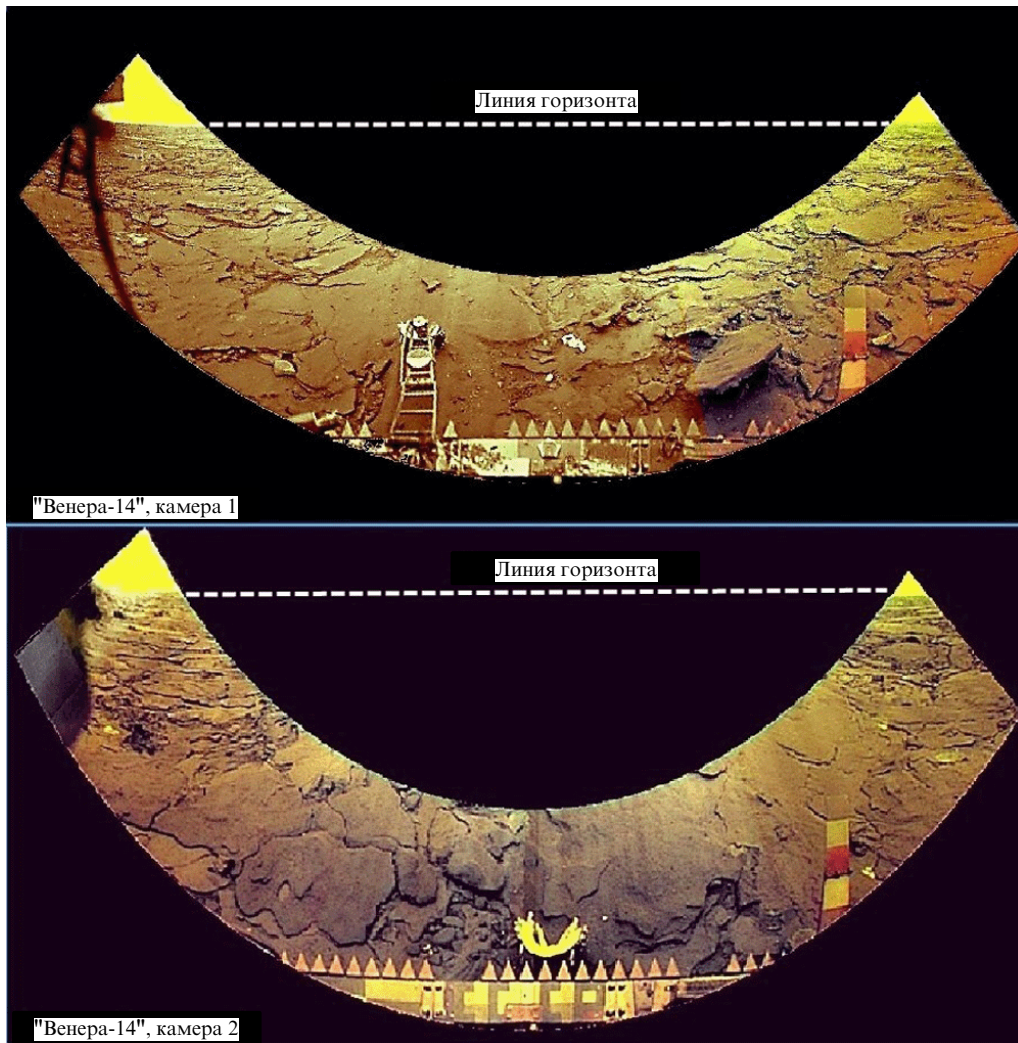
Пара обработанных изображений на рис. 10 представляет вид поверхности планеты с обеих сторон от аппарата "Венера-13". Если перевернуть верхнюю панораму и совместить её края с нижней, то рельеф края правой части верхней панорамы смыкается с левой частью нижней и наоборот. Геометрические искажения частично исправлены, как указано выше. Как видно из сравнения с рис. 9, различимость деталей значительно улучшилась.

То же можно сказать о рис. 11, на котором два обработанных изображения камер аппарата "Венера-14" представляют поверхность, образованную прочными слоистыми плитами (осадочного или вулканического происхождения). Район — равнинный, о чём свидетельствует геометрически ровная линия горизонта. В правой части верхней панорамы на рис. 11 поверхность выделяется бликом яркости, что трудно объяснить, поскольку считается, что дневной свет рассеян протяжённым облачным слоем и диск Солнца с поверхности не виден. Положение и форма изображений на рис. 10, 11 несколько различаются из-за неодинакового случайного наклона посадочных аппаратов.

## 5.2. Предполагаемые живые объекты

По мере совершенствования обработки изображений удалось значительно улучшить их детализацию. Целью новых работ [19, 88–98] являлись обнаружение каких-либо различий на новых или последовательно зарегистрированных исходных панорамах (возникновение или исчезновение деталей изображения или изменение их вида) и выяснение, с чем такие изменения могут быть связаны (например, с ветром). Другой признак искомого объекта — особенности их морфологии, отличающей их форму от формы обыкновенных геологических образований, например наличие симметрии формы.

Анализ деталей изображений поверхности позволил выделить несколько объектов, удовлетворяющих сформулированным критериям. В 2012–2013 гг. в работах [19, 93, 96] были представлены фрагменты изображений, предположительно отождествлённые с живыми формами. На 2018 г. число обнаруженных на панорамах аппаратов "Венера-9"–"Венера-14" гипотетических живых объектов достигло 18. Расчёт показал, что вероятность случайного возникновения изображений упорядоченных структур из-за шумов радиолинии исчезающе мала.



**Рис. 11.** (В цвете онлайн.) Вид поверхности с обеих сторон от аппарата "Венера-14" — два обработанных изображения. В отличие от рыхлого грунта на рис. 10, поверхность представляет собой прочные слоистые плиты осадочного или вулканического происхождения. Район отличается также геометрически ровной линией горизонта. При высоте объектива 90 см над равнинной поверхностью линия горизонта на Венере отстоит на 3,5 км.

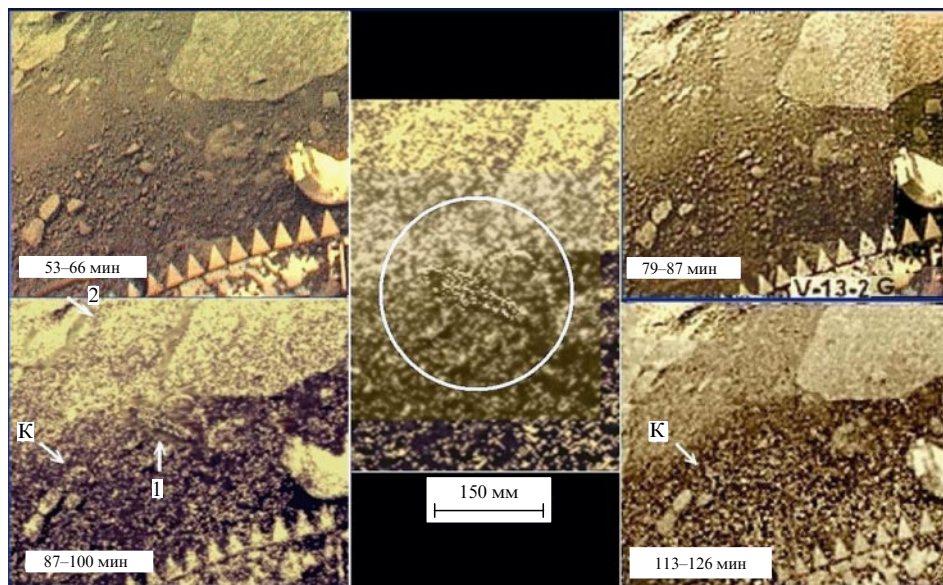
Особенности и детали некоторых из них рассматриваются в приложении (раздел 9).

В качестве примеров найденных объектов приводятся перемещающийся предмет, получивший условное название "скорпион" (рис. 12), и объект "стебель" (рис. 13). (Подчеркнём, что все названия рассматриваемых объектов носят чисто условный, рабочий, характер и никак не претендуют на соответствие земным аналогам.) Перед появлением "скорпиона" аппарат "Венера-13" проработал уже более 1 ч 27 мин (начало сканирования изображения 6BW), поэтому первое предположение состояло в том, что эта регулярная структура представляет собой продукт разрушения какой-то части самого аппарата. Но аппарат продолжал работать ещё целый час, а это свидетельствовало о том, что его разрушения пока ещё не произошло, иначе бы все устройства отказали из-за катастрофического перегрева. Все внешние операции (например, сброс крышек, работа буровой установки) были завершены менее чем через 30 мин после посадки.

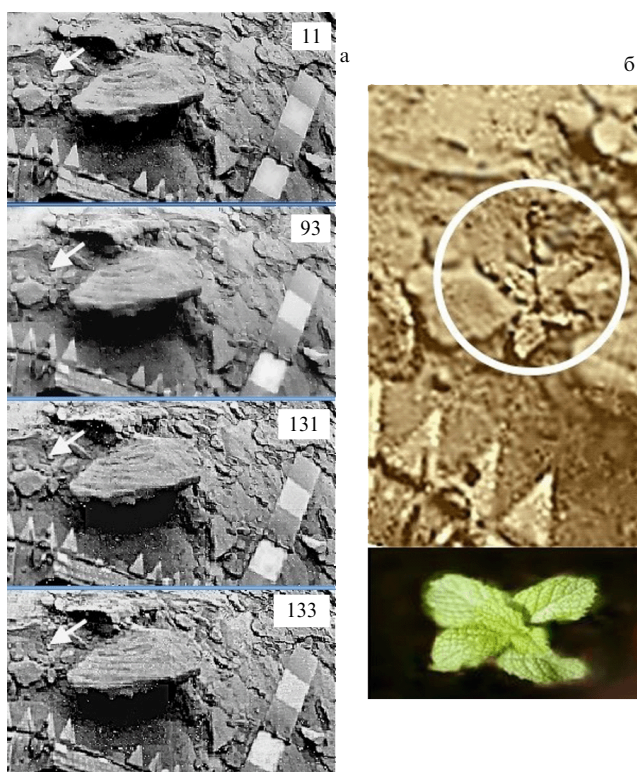
Предположение об отделившейся детали противоречит также тому, что на последующих изображениях объект отсутствует. В качестве причины перемещения

объекта рассматривалась и возможная роль ветра, скорость которого у поверхности была измерена аппаратами "Венера". При скорости в точке посадки  $0,45 \text{ м с}^{-1}$  [52, 99] и плотности атмосферы около  $64 \text{ кг м}^{-3}$  скоростной напор ветра  $F = \rho S v^2 / 2$  на площадь сечения "скорпиона"  $S = 0,012 \text{ м}^2$  даёт давление около  $0,08 \text{ Н}$ , чего недостаточно для перемещения "скорпиона" ветром.

Одна из гипотез, объясняющих позднее появление "скорпиона", заключается в следующем. При посадке вертикальная скорость аппарата, найденная динамическим методом, составляла  $7,6 \text{ м с}^{-1}$ , а боковая скорость находилась в пределах ошибок метода. Естественно ожидать, что боковая скорость аппарата была примерно той же, что и измеренная скорость ветра ( $0,3 - 0,5 \text{ м с}^{-1}$ ). Удар при посадке составлял  $50g$  Венеры. Аппарат разрушил грунт и выбросил его в сторону бокового движения. На панорамах запорошенность буфера и поверхности видна главным образом с одной стороны от аппарата, где "скорпион" был обнаружен. Места появления "скорпиона" были изучены на всех доступных панорамах. На первом изображении (53–66 мин) на выброшенном грунте "скорпиона" нет, возможно, он засыпан. На его месте



**Рис. 12.** (В цвете онлайн.) Перемещающийся объект "скорпион", который появился на панораме 6BW "Венеры-13", полученной во временном интервале от 87 по 100 мин. На изображениях, полученных до 87 мин и после 113 мин, объект отсутствует. В центральной части рисунка указаны размеры "скорпиона".



**Рис. 13.** (В цвете онлайн.) (а) Фрагменты четырёх обработанных изображений. Стрелкой показана тонкая наклонная чёрная линия — объект, который напоминает повторяющийся дефект. (б) Детализация объекта, показанного стрелками на рис. а, как гипотетического растения Венеры с четырёхлистником у основания и "бутоном" на верхушке. Вид сверху, около  $60^\circ$  к горизонту. На вставке в нижней части рисунка показан образец земных крестоцветных с подобной структурой листьев.

видна неглубокая продолговатая канавка, длиной около 100 мм. На втором изображении (79–87 мин) стороны канавки приподняты, а её длина увеличилась примерно

до 150 мм. Ориентация канавки та же, что и у "скорпиона". На изображении, относящемся к 87–100 мин, из канавки появилась регулярная структура "скорпиона". На 93-й минуте (центр панорамы) "скорпион", по-видимому, уже полностью выбрался из засыпавшего его грунта, слой которого, вероятно, не превышал нескольких сантиметров. Таким образом, на операцию спасения объекту понадобилось около 1,5 ч. Можно предположить, что это указывает на его медлительность и/или ограниченные физические возможности. На панораме 113–126 мин "скорпион" уже отсутствует.

Длина "скорпиона" около 15–17 см (см. рис. 12). В непосредственной близости от него, справа, находится образование в форме полукольца, которое на последующих снимках разворачивается на  $90^\circ$ .

Пример того, как удаётся обнаружить малозаметные объекты ("стебли") на хорошо обработанных панорамах, приведён на рис. 13. Гипотетический "стебель" на обработанных изображениях напоминает малозаметный дефект, тонкую чёрную наклонную линию, которая повторяется на всех изображениях камеры 1 "Венеры-14" в одном и том же месте. На рисунке 13 стрелками показано её повторяющееся положение. Когда была выполнена дополнительная групповая обработка изображений, на этом месте стал виден объект, обладающий чертами сходства с земными растениями (рис. 13б, в кружке). "Четырёхлистник" у основания "стебля" на поверхности напоминает земные крестоцветные (вставка в нижней части рис. 13б), но имеет только один ярус "листьев".

Более подробно некоторые объекты гипотетических живых форм Венеры представлены в приложении (раздел 9). Авторы настоящей статьи следуют системе, предложенной в работах Л.В. Ксанфомалити: для удобства и классификации обнаруженные объекты разделены по форме биоценозов (подобно земным аналогам) с использованием соответствующей терминологии. Разумеется, классификация венерианских биоценозов, если они реальны, может значительно отличаться от классификации земных.

## 6. Гипотетический фотосинтез

Важно выяснить, какими источниками энергии может пользоваться гипотетическая фауна планеты Венеры с её практически бескислородной, сухой и горячей атмосферой. Если это автотрофная флора, то её образцы, "стебли", действительно удалось обнаружить. Но обсуждаемые "объекты фауны" [88] имеют достаточно большие размеры, это не микроорганизмы. Естественно предположить, что фауна Венеры, по крайней мере её часть, подобно земной фауне, является гетеротрофной, а источником её существования должна быть гипотетическая автотрофная флора. Наиболее вероятным предполагаемым источником энергии является фотосинтез. Прямые лучи Солнца, как правило, не достигают поверхности Венеры, но рассеянного света для фотосинтеза земного типа там достаточно. Возможно, следует отметить ещё одну особенность гипотетической биосферы Венеры: продолжительность дня и ночи там составляет по 58,4 земных суток. В случае земной флоры рассеянная освещённость 0,5–7 клк нормальна для фотосинтеза даже в глубине густых лесов. Измеренная освещённость на Венере того же порядка, в пределах от 0,4 до 9 клк.

Разумеется, фотосинтез при высоких температурах в безокислительной атмосфере должен опираться на совершенно другие, неизвестные, биофизические механизмы.

Спектральный состав солнечного излучения, исследованный в эксперименте [100], показан на рис. 14а в зависимости от высоты над поверхностью. У поверхности спектральный состав излучения имеет сложный вид (рис. 14б), который обсуждается ниже. Различия в спектрах очевидны. Различны и свойства окружающей среды.

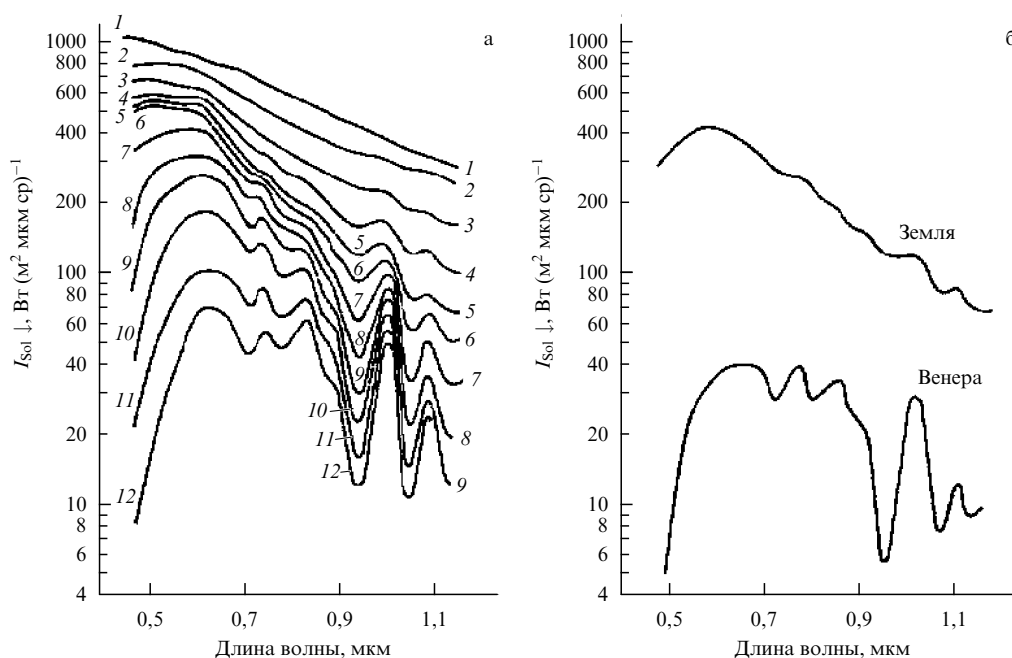
Согласно данным палеонтологии [4] наземная флора начинала свою эволюцию в конце силура – начале девона (периоды 444–419 и 419–359 млн лет назад соответственно), когда содержание кислорода в атмосфере Земли

уже примерно соответствовало современному (см. рис. 1).

Несмотря на огромную разницу в современных физических условиях Земли и Венеры, одна из гипотез о постепенном изменении физических условий на Венере предполагает, что некогда условия там были подобны условиям ранней Земли, а в отсутствие водоёмов [79] биосфера Венеры постепенно эволюционировала до существующей в современных физических условиях, к которым в течение нескольких миллиардов лет адаптировались все её механизмы, включая механизмы фотосинтеза. Как отмечалось выше, освещённость на поверхности Венеры в наши дни вполне отвечает нормам земного фотосинтеза.

Фотосинтез — это единственный процесс, который обеспечивает энергией почти всю земную биоту (за исключением хемотрофных микроорганизмов). Фактически это постоянно действующее химическое производство глобального масштаба. На Земле фотосинтез производит около  $2 \times 10^{14}$  кг связанного углерода в год, причём 80 % продукта приходится на океанический планктон. Существование фотосинтеза следует отнести к наиболее важным характеристикам обитаемой планеты.

Сравнивая условия фотосинтеза на Земле и предполагаемого фотосинтеза на Венере, важно отметить следующие обстоятельства. На Земле поглощение света в фотосинтезе и последующее образование органических веществ с освобождением кислорода происходят согласно универсальному механизму, использующему зелёный пигмент хлорофилл [101]. Механизм критичен в отношении как энергии  $h\nu$  поглощаемого фотона, так и спектрального состава радиации. Хлорофилл а с молекулярной массой около 890 является компонентом структуры хлоропластов — клеточных органелл, по структуре подобных митохондриям. Помимо хлорофилла растения Земли используют и другие пигменты, например



**Рис. 14.** (а) Спектры падающей и рассеянной радиации на Венере в зависимости от высоты над её поверхностью: 1 — над облаками, 2 — на высоте 62 км, 3 — 55 км, 4 — 52 км, 5 — 49 км, 6 — 40 км, 7 — 25 км, 8 — 16,5 км, 9 — 10 км, 10 — 4,5 км, 11 — 1 км и 12 — 0. Спектры измерены спектрометром "Венеры-14" [100]. (б) Спектры падающей солнечной радиации на Земле (при чистом небе) и на поверхности Венеры.

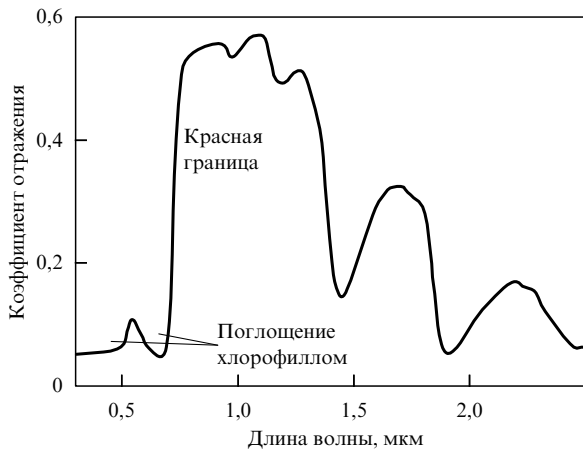
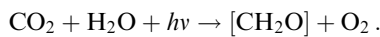


Рис. 15. Спектры отражения зелёных листьев.

каротин. Упрощённо реакции фотосинтеза можно представить как



Таким образом, исходные компоненты имеются и на Венере, хотя обилие водяного пара у поверхности незначительно, около 20 ppm, но по массе это то же, что и в аридных районах Земли. Энергия  $h\nu$ , необходимая для образования одной условной молекулы  $[\text{CH}_2\text{O}]$ , составляет 5,1 эВ, но вместо соответствующей УФ-радиации с длиной волны около 240 нм механизм фотосинтеза использует суммарную энергию нескольких фотонов с длиной волны до 680 нм (энергия 1,8 эВ). Если обратиться к подробностям (рис. 15), то земной фотосинтез зелёных растений основан на многофотонных процессах, в результате чего он использует два спектральных поддиапазона: 640–680 и 410–450 нм, поскольку существуют и действуют системы двух пигментов, причём механизм работает только при одновременном наличии радиации в обоих поддиапазонах. Конечным эффектом является накопление энергии в аденозинтрифосфате (АТФ). Фотосинтез блокируется при радиации с длиной волны менее 300 нм и значительно осложняется в присутствии инфракрасного (ИК) излучения, например ИК-излучения дуговых ксеноновых ламп в оранжереях.

Сравнение кривых, представленных на рис. 14 и 15, для Земли и Венеры показывает, что требования фотосинтеза земного типа к радиации у поверхности Венеры удовлетворяются в красном и ближнем ИК-диапазонах, но радиация с длиной волн в интервале 410–450 нм поглощается атмосферой. Гипотетическая флора Венеры для фотосинтеза располагает только ограниченным с обеих сторон спектральным интервалом 520–910 нм (1,36–2,38 эВ) с дополнительной ИК-полосой 980–1025 нм (1,21–1,27 эВ). Но освещённость на поверхности Венеры соответствует нормам земного фотосинтеза. Поэтому, если отвлечься от огромной разницы в физических условиях, физических термодинамических ограничений на существование биоценозов на Венере нет, а её флора может быть химически не менее богатой, чем земная.

## 7. О возможной природе живых форм на Венере

Сведения о земных биоценозах, накопленные за последние столетия, были получены главным образом для

"нормальных" условий атмосферного давления и температуры на поверхности Земли. Основной объём сведений в биохимии и органической химии получен в физических условиях, которые на два порядка меньше венерианских по давлению, и при более низких, меньших примерно в 2,5 раза, значениях абсолютной температуры. За несколько миллиардов лет своей эволюции жизнь на Земле оптимизировала свои свойства по отношению к физическим и геологическим условиям Земли, по всей совокупности биохимических и геохимических реакций. Но для других планет с кардинально отличными условиями на поверхности логично искать принципиально иные физико-химические основы жизни. Безусловно, для любых основ должны выполняться фундаментальные законы физики, в частности законы сохранения энергии и термодинамики неравновесных процессов в открытых системах.

С точки зрения физики эволюционирующих систем и Венера, и Земля в целом представляют собой энергетически открытые системы, которые экспортируют в космос энтропию тепловым излучением [12]. На величину потока энтропии на Венере, как и на Земле, в атмосфере и на поверхности влияют разнообразные неравновесные процессы, в том числе химические и фотохимические.

Гипотеза о существовании биосферы на Венере требует прежде всего ответов на следующие первоочередные вопросы, относящиеся, по терминологии Г.А. Заварзина, к мегабиологии [102].

1. Из каких химических соединений могут быть построены венерианские живые объекты? Известны ли современной химии подходящие полимеры, устойчивые в атмосфере из  $\text{CO}_2$  и  $\text{N}_2$  к условиям высоких давлений и температур у поверхности планеты?

2. Земная жизнь в своих биоценозах использует универсальный растворитель — воду. Какое из известных химических соединений может выступать в качестве функциональной замены воды в венерианских биоценозах?

3. Какие геохимические процессы могут лежать в основе жизни на Венере?

4. На основе данных, полученных с поверхности Венеры в 1975–1982 гг., можно предположить, что биоценозы Венеры, если они существуют, внешне, по своим фенотипическим проявлениям, могут быть схожи с биоценозами земных сухих пустынь. Какой из земных биоценозов мог бы служить модельным объектом для подготовки экспериментов в составе новой миссии к Венере с целью изучения биогеохимических процессов гипотетической венерианской жизни?

Вопросы, связанные с организацией генетического кода и другие, относящиеся к клеточной структуре отдельных микро- и макроорганизмов, должны рассматриваться на последующих этапах развития гипотезы о биосфере Венеры.

### 7.1. Химические соединения, на основе которых могут быть построены гипотетические живые объекты Венеры

Для ответа на первый из вопросов, приведённых выше, следует напомнить, что за последние десятилетия существенное развитие получили физика и химия высоких давлений, до нескольких десятков тысяч и миллионов атмосфер (в ячейках с алмазными наковальнями [103]). В химической реакции, где происходит уменьшение объёма

при переходе от исходных веществ к продуктам, положение равновесия зависит от давления газов. В соответствии с принципом Ле Шателье равновесие при повышении давления сдвигается в сторону уменьшения суммарного числа молей газов, и наоборот. Классический пример — синтез аммиака из азота и водорода на катализаторах, содержащих железо. Синтез ведётся при высоких давлениях (несколько десятков МПа). В целом, условия на поверхности Венеры термодинамически выгодны для связывания азота и углекислого газа, причём при наличии катализаторов многие химические реакции идут с высокими скоростями. Химия высоких давлений связана с образованием соединений, нестабильных или метастабильных при обычных давлениях. За последние годы в условиях высоких давлений были синтезированы вещества, стехиометрия и строение которых оказались совершенно неожиданными. Среди них, например,  $\text{Na}_x\text{Cl}_y$  [104], полимерный  $(\text{NH})_x$  [105, 106], диборан (BH) [107],  $\text{H}_2\text{O}$  [108],  $(\text{CN})_x$  [109, 110], полимерный азот [101] и ряд других [102, 103]. Интересно, что наибольшее химическое разнообразие нестабильных, метастабильных и высокоэнергетических соединений при высоких давлениях проявляет азот: азотоводороды, полимеры азота, полиазотные гетероциклы, нитриды углерода, циано- и изоцианоацетилены, нитроазотоводороды, органические полинитро-соединения и др. [114–120]. Важно отметить, что синтез многих метастабильных соединений азота требует, помимо значительных давлений, широкого диапазона высоких температур (вплоть до 7000 К). В условиях Венеры азот может выступать как основной компонент мономеров для синтеза полимеров. Высказано предположение, что в этом смысле венерианская жизнь может быть азотной и являться альтернативой углеродной жизни [123]. В большом числе публикаций показано, что в условиях высоких давлений химия азота может оказаться не менее разнообразной, чем химия соединений углерода [105–113, 115–118, 123, 125–127]. В условиях Венеры азот активируется. Вместе с тем вряд ли можно ожидать, что химия приповерхностной среды на Венере будет преимущественно азотной. Это область, в которой активны углерод, азот, кислород, сера, а водородные связи разрушаются.

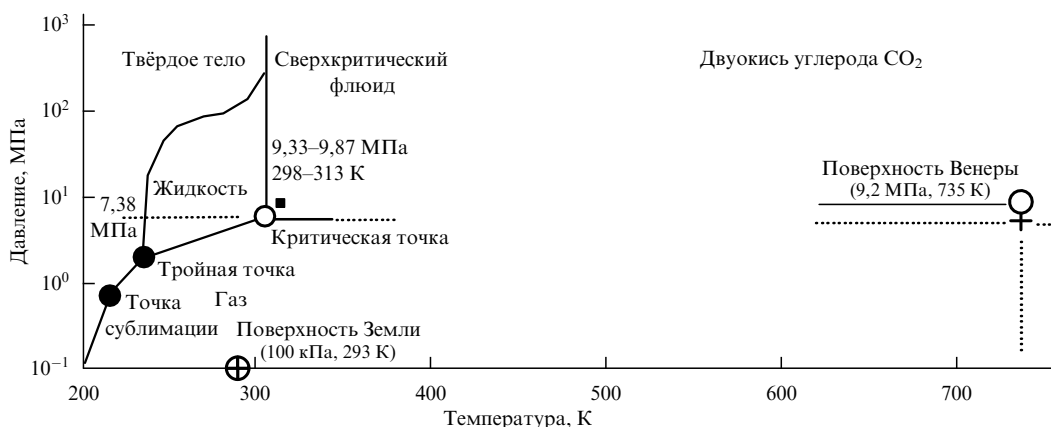
В настоящее время известен целый ряд содержащих азот полимерных соединений, обладающих высокой

стабильностью при температурах около  $500^\circ\text{C}$  и способных выдерживать кратковременный нагрев вплоть до  $1500^\circ\text{C}$ . Сюда входят полиимины, полиамиды, полиальдазины, полимерные пиразолы и тиазолы, полимерные хелатные комплексы металлов амидразонов, полиэфироимиды и др. [121, 122]. Недавно был выдвинут ряд гипотез о важной роли нестабильных полиазотных соединений для внеземной химии, в частности, для планет с высокими давлениями [66, 124]. Цианополиацетилены обнаружены в атмосфере Титана и в межзвёздном пространстве [124]. Термостабильными свойствами при температуре выше  $500^\circ\text{C}$  обладают силановые полимеры, которые интенсивно разрабатываются в последнее время [125]. Интересен класс полифениленсульфидов, например, с составом  $(-\text{S}-\text{C}_6\text{H}_4-)_n$ , в котором бензольные кольца связаны между собой через серу. Эти полимеры термостойки в атмосфере азота при земном давлении при температуре до  $600^\circ\text{C}$  [125], и они могут быть устойчивыми в атмосфере Венеры. Термической стойкостью обладают и другие карбо- и гетероциклические полимеры: полибензимидазол, полибензоксазол, полиимиды, малеинимид. Однако хорошо известные полиамиды, нейлон и капрон, термостабильностью не обладают. В то же время один из полиамидов, терлон, с составом  $(-\text{HN}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{NH}-\text{CO}-\text{C}_6\text{H}_4-\text{CO}-)_n$ , в который входит бензольная группа  $-\text{C}_6\text{H}_4-$ , имеет температуру плавления  $600^\circ\text{C}$ .

*Можно заключить, что современная химия полимеров предоставляет практически неисчерпаемое разнообразие возможных органических полимеров, из которых могут быть построены организмы гипотетических флоры и фауны Венеры.*

## 7.2. Агент, который в венерианских биоценозах может играть функциональную роль воды на Земле

Отвечая на второй вопрос, обратим внимание на следующее обстоятельство. В земной биосфере вода содержится внутри всех организмов, включая одноклеточные. Обмен водой между организмами внутри биоценозов происходит либо через пищу, либо в конденсированной водной среде, либо посредством атмосферной влаги. Последний вариант характерен для сухих аридных экосистем. В то же время физические условия на поверхности Венеры являются сверхкритическими для углекислого газа (рис. 16), как и для азота.



**Рис. 16.** Диаграмма фазового состояния двуокиси углерода. Область физических условий у поверхности Венеры соответствует её сверхкритическому состоянию. Показано положение физических условий Земли и Венеры. (Дополненный рисунок из работы [126].)

На диаграмме состояния эти условия соответствуют высокотемпературной области за критическими значениями основных компонентов венерианской атмосферы — углекислого газа и азота (критические точки: 7,38 МПа и 304 К (31 °С) для CO<sub>2</sub>, 3,35 МПа и 126 К (–147 °С) для N<sub>2</sub>, с сильным превышением критической температуры. На рисунке 16 эта область обозначена как "сверхкритический флюид", который можно назвать четвёртым фазовым состоянием двуокиси углерода. К сожалению, данные о химии органических соединений при венерианских давлениях и температурах, причём в условиях каталитически активной твёрдой фазы состава венерианского грунта, практически отсутствуют. Всё, что можно сказать сегодня, основано на экстраполяции имеющейся информации о сверхкритических средах в области венерианских параметров.

Работы по сверхкритическим средам, в том числе по сверхкритическим (СК) флюидам CO<sub>2</sub> (СК-CO<sub>2</sub>), начаты относительно недавно [127]. Для этих сред можно выделить следующие особенности: а) сочетание свойств газов (низкая вязкость, высокий коэффициент диффузии) и жидкостей (высокая растворяющая способность); б) интенсивный массоперенос вследствие низкой вязкости и высокой диффузии; в) отсутствие межфазного натяжения. Это позволяет сверхкритическим флюидам вместе с растворёнными в них соединениями проникать в микропористые среды, в частности, через клеточные мембраны, легче, чем жидкостям. В то же время показано, что в сверхкритическом CO<sub>2</sub> при относительно низких температурах ферменты остаются активными [128]. Для СК-CO<sub>2</sub> характерна высокая чувствительность растворяющей способности к изменению химического состава среды. Отсюда возникает возможность разделения сверхкритических флюидов и растворённых в них веществ. Уникальные свойства СК-CO<sub>2</sub> как растворителя находят широкое применение в промышленности для экстракции и разделения компонентов [128]. В сверхкритических средах возможно растворение молекул с различными размерами, молекулярной массой и полярностью. Среда СК-CO<sub>2</sub> имеет больший мольный объём в сравнении с объёмом жидкого CO<sub>2</sub>, что может способствовать образованию кластеров и нестойких комплексов [126–128].

Большинство используемых мономеров растворимо в сверхкритическом CO<sub>2</sub>. В химии полимеров СК-CO<sub>2</sub> как среда применяется для эффективной очистки от примесей. Непрореагировавший мономер и инициатор полимеризации извлекаются с помощью СК-CO<sub>2</sub>. Благодаря своим исключительно высоким диффузионным свойствам этот флюид легко проникает в массу полимера [128]. При этом не нужны значительные количества органических растворителей, которые, как правило, трудно удаляются из полимерной массы. Известно, что полимеры легко набухают при пропитывании флюидом, поглощая его со значительным увеличением, до 30 % своего объёма [129].

СК-CO<sub>2</sub> используется для введения в массу полимера стабилизаторов и различных модификаторов. Так, в полиарилат вводят комплексы меди, которые при последующем восстановлении образуют металлическую медь. В итоге из полимера и равномерно распределённого металла возникает композиция, обладающая повышенной износостойчивостью [129]. Например, полисилоксаны и фторированные полиуглеводороды растворяются

в СК-CO<sub>2</sub> при температуре, близкой к 100 °С, и давлении 30 МПа. Этот факт позволяет использовать СК-CO<sub>2</sub> в качестве среды для полимеризации обычных мономеров с созданием оболочек и нанометровых покрытий [128, 129].

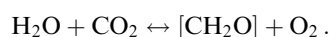
Следует ожидать, что при температуре поверхности около 735 К молекулы углекислого газа и азота будут иметь дополнительные возбуждённые уровни энергии, по сравнению с уровнями при умеренных температурах. Поэтому углекислый газ и азот будут химически более активными в высокотемпературной области, а углекислый газ, основной компонент атмосферы, может быть как реагентом, так и растворителем на Венере. *Таким образом, высокотемпературный CO<sub>2</sub> — флюид на поверхности Венеры — является перспективным кандидатом на выполнение многих функций воды в биоценозах на Земле.*

### 7.3. Некоторые химические процессы взаимодействия атмосфера – поверхность на Венере

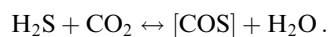
Для ответа на третий вопрос кратко рассмотрим некоторые химические реакции взаимодействия атмосфера – поверхность Венеры на основе данных о каталитических процессах.

Абсолютное содержание воды в приповерхностном слое венерианской атмосферы составляет всего около 20 ppm H<sub>2</sub>O), но благодаря высокой плотности атмосферы представляет собой величину, сравнимую с содержанием воды в аридных областях Земли (0,1 г м<sup>–3</sup>). Вблизи поверхности Венеры и до высоты примерно 20 км в атмосфере присутствуют, помимо паров воды заметные количества COS, H<sub>2</sub>S и SO<sub>2</sub>, примерно до 180 ppm [130], но эта оценка, по-видимому, завышена.

Для земной биосферы базовым процессом является синтез органических соединений [CH<sub>2</sub>O] из воды и CO<sub>2</sub>, для которых формальдегид CH<sub>2</sub>O служит мономером, согласно реакции



Данные о составе приповерхностной атмосферы и венерианского грунта позволяют предположить, что базовым процессом, аналогом земного синтеза органических соединений, на Венере является синтез органических соединений, для которых [COS] служит промежуточным продуктом на катализаторе или десорбируется в виде COS в атмосферу согласно реакции

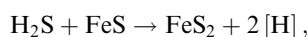


Рассматриваемая реакция является слабо эндотермичной в земных условиях. Логарифм константы равновесия для этой реакции составляет  $\lg K_r = 2,02$  при температуре 740 К [131]. Все компоненты этого процесса обнаружены в атмосфере Венеры. Сероводород в земной биохимии известен как источник энергии при его окислении. Учитывая, что концентрация H<sub>2</sub>S примерно постоянна в интервале высот от поверхности до ~ 20 км, а далее быстро снижается, можно предположить, что долговременным источником сероводорода H<sub>2</sub>S могут служить недра Венеры.

В этом процессе основным источником водорода для восстановления CO<sub>2</sub> является происходящая при температурах выше 100 °С реакция взаимодействия серово-



дорода с сульфидом железа [132]:



в которой сульфид железа превращается в пирит, а атомы водорода адсорбируются его поверхностью. Далее пирит  $\text{FeS}_2$  снова превращается в каталитически активный сульфид железа по реакции



а кислород на каталитически активной поверхности гранул венерианского грунта далее также взаимодействует с водородом с образованием воды:



В итоге перечисленные процессы дают указанную выше реакцию синтеза  $\text{COS}$  с окислением – восстановлением ионов железа.

Сульфидирование поверхностных слоёв частиц оксида железа на оксидных катализаторах  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ , т.е. с компонентами, которые широко распространены в составах на поверхности Венеры, показано в [133]. Реакционные смеси, использованные в экспериментах, содержали инертный газ, сероводород, кислород и обязательно пары воды. Без воды в экспериментах сероводород окислялся на оксиде железа до серы. Наличие воды в смеси способствовало образованию  $\text{FeS}_2$  на поверхности катализаторов  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$  и  $\text{Fe}_2\text{O}_3/\text{Al}_2\text{O}_3$ , что приводило к смене маршрута окисления и появлению в продуктах  $\text{SO}_2$ . Кислород на поверхности катализатора расходуется в реакции с образованием двуокиси серы:



В этом случае  $\text{SO}_2$  становится основным продуктом. Напомним, что вода и двуокись серы  $\text{SO}_2$  играют важнейшую роль в образовании серноокислотных облаков Венеры [79].

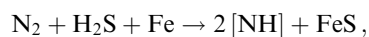
Отметим, что одним из источников водорода на поверхности Венеры могут быть простые углеводороды. Для одного из них, обнаруженного в атмосфере Венеры, этана, температура  $550^\circ\text{C}$  является границей запуска газофазных реакций его пиролиза в присутствии ИК-излучения [134]. Оксиды переходных металлов, имеющиеся в грунте Венеры, служат при этих температурах и атмосферном давлении катализаторами дегидрирования углеводородов с образованием ацетилена, ароматических соединений, кокса на поверхности и водорода. Для условий поверхности Венеры каталитическое дегидрирование углеводородов может иметь особенности, которые следует уточнить экспериментально.

Атомы водорода на поверхности катализатора сульфида железа могут восстановить  $\text{CO}_2$  с синтезом, например, метилсульфида (метилмеркаптана) с активной SH-тиольной группой:



Синтез метилсульфида  $\text{CH}_3\text{SH}$  с участием железа, согласно одной гипотез [135], является одним из древнейших способов фиксации  $\text{CO}_2$ , особенно эффективных в средах с низким содержанием воды. Кроме того, грунт

состава  $\text{Fe}-\text{SiO}_2-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{MgO}-\text{CaO}-\text{K}_2\text{O}$  с восстановленным железом представляет собой по составу типичный катализатор синтеза аммиака из азота и водорода. В химической технологии этот катализатор изучался в многочисленных работах, например, [136]. Его состав оптимизировался для промышленного производства в диапазоне давлений от 10 до 30 МПа и температур  $300-550^\circ\text{C}$  со степенью превращений, достигающей 10–16 % за проход. На катализаторе происходит активированная адсорбция азота на Fe-активных центрах с образованием нитридов железа  $\text{Fe}_x\text{N}$ . Далее водород взаимодействует с нитридами железа с образованием промежуточных комплексов:  $\text{Fe}_x\text{NH}$  и  $\text{Fe}_x\text{NH}_2$ . Наличие серы свыше 0,1 % в катализаторе резко снижает его активность по выходу аммиака. На Венере с её сверхкритическими условиями для  $\text{CO}_2-\text{N}_2$  следует ожидать активации азота на восстановленном Fe и образования по меньшей мере комплекса  $\text{Fe}_x\text{NH}$  с его участием в дальнейших синтезах органических соединений и полимеров. В этих условиях не исключена и реакция



в которой появляется активный сульфид железа.

Наличие в составе грунта других металлов может сильно изменить каталитическую активность венерианского грунта. Так, известно, что при умеренных температурах и относительно невысоких давлениях в синтезе аммиака высокую активность проявляют катализаторы, содержащие металлический рутений на оксиде магния [137]. Наибольшей активностью обладают катализаторы при использовании в качестве носителя оксида магния с добавками натрия и калия, причём замена  $\text{MgO}$  оксидом алюминия или углеродными материалами приводит к резкому снижению активности рутения [138].

Наконец, в атмосфере  $\text{CO}_2$  на поверхности частиц грунта венерианского состава с включением железа и других металлов в присутствии серы могут формироваться карбонильные группы металлов  $M(\text{CO})_n$ , в частности железа. Карбонильные соединения железа известны своей высокой каталитической активностью в химических реакциях в органических синтезах, обзор которых можно найти в работе [139].

Все указанные выше и другие соединения, органические  $[\text{COS}]$  и  $[\text{CH}_2\text{O}]$ , тиоловые  $[\text{CH}_3\text{SH}]$ , соединения азота  $[\text{NH}]$ , инициируют на поверхности катализатора цепочки всех дальнейших синтезов веществ. Эти вещества могут включать в себя и другие элементы, например кремний, железо, магний, никель, цинк и другие, составляющие венерианский грунт. Среди всей возможной массы соединений в присутствии высокотемпературного флюида  $\text{CO}_2$  и азота остаются устойчивые вещества, включая некоторые синтезированные полимеры. Участие карбонил-сульфида в реакции полимеризации с эпоксидами экспериментально показано в работе [139], где  $[\text{COS}]$  участвовал в реакции с пропиленоксидом при температуре  $25^\circ\text{C}$ , даже в отсутствие металлосодержащих катализаторов.

Таким образом, данные о гетерогенных каталитических процессах в условиях, характерных для венерианских атмосферы и состава грунта, позволяют в качестве гипотезы об основе жизни на Венере предложить возможность существования геохимического "железосерного мира". Отметим, что такой "железосерный мир" Ве-

неры отличается от "железосерного мира" Г. Вахтерхойзера подводных вулканов с "чёрными курильщиками" [140]. Подводные вулканы действуют в жидкой воде с докритическими параметрами при относительно низких температурах растворённых и взвешенных реагентов.

#### 7.4. Земной модельный объект гипотетического биоценоза Венеры для подготовки новой миссии к Венере

Существуют ли земные аналоги гипотетического биоценоза Венеры? Можно ли использовать их как модель для экспериментов в новой миссии к Венере с целью изучения биогеохимических процессов в гипотетической жизни на планете? Разумеется, было бы наивным искать на Земле прямые аналоги высокотемпературных макроформ гипотетической флоры и фауны Венеры. Но какие-то близкие аналоги можно найти среди земных биоценозов. Высокие давления, температуры, по меньшей мере превышающие 100 °С, минимальное количество воды — в комплексе такие условия на Земле практически отсутствуют. Наиболее этим условиям, на наш взгляд, отвечают подземные микробные биоценозы. Ранее эти биоценозы изучались на сверхглубоких скважинах, Колвинской (на глубине 5900 м) и Тюменской (на глубине до 6820 м). В образцах керна и пластовых жидкостей, полученных из этих скважин, была найдена жизнеспособная термофильная микрофлора. Е.А. Бонч-Осмоловская проанализировала данные исследований подземной биосферы [141]. Выяснилось, что наибольший интерес с точки зрения существования изолированных термальных сообществ микроорганизмов вызывают высокотемпературные горизонты под океанической корой в районах современной подводной вулканической активности. Породы под дном океанов содержат лишь пластовую воду с растворёнными солями, а солнечный свет полностью поглощается в верхних слоях воды океана.

Сравнительно недавно была обнаружена богатая микробная жизнь на глубинах вплоть до 1626 м под уровнем морского дна, где при температуре 60–100 °С обитают разнообразные термофильные археобактерии [140]. Бурение производилось у берегов Ньюфаундленда. Глубина океана в точке бурения 4560 м.

Японские исследователи обнаружили бактериальный биоценоз в жидком CO<sub>2</sub> в среде, состоящей из 86–91 % CO<sub>2</sub> с растворёнными H<sub>2</sub>S, CH<sub>4</sub> и воды. Этот биоценоз находился на глубине 1400 м при температуре окружающей воды 3,8 °С, около дуговой гидротермальной системы Izena Hole of the Mid-Okinawa Trough [142].

В этих бактериальных биоценозах при земных умеренных температурах синтез H<sub>2</sub>O + CO<sub>2</sub> ↔ [CH<sub>2</sub>O] + O<sub>2</sub> должен осуществляться как хемосинтез. Хемосинтетики — единственные организмы на Земле, не использующие энергию солнечного света. В качестве хемосинтетиков часто указывают серобактерии (*Desulfuromonas*, *Desulfobacter*, *Beggiatoa*), которые окисляют сероводород до молекулярной серы или до солей серной кислоты. Эти серобактерии могут жить при высоких давлениях вблизи разломов земной коры, где в воду поступает сероводород. Тионовые бактерии (*Thiobacillus*, *Acidithiobacillus*) существуют, окисляя тиосульфаты, сульфиды и молекулярную серу до серной кислоты при низких pH жидкой среды. Некоторые из тионовых бактерий способны размножаться при pH раствора вплоть до 2. Они также могут выдерживать высокие концентрации тяжёлых металлов.

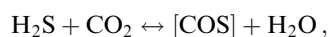
Таким образом, микробная жизнь под уровнем морского дна, на глубинах свыше 1 км в районах подводной вулканической активности, может рассматриваться как модельный объект для экспериментов в новой миссии к Венере с целью изучения биогеохимических процессов гипотетической венерианской жизни.

#### 7.5. О возможной природе живых форм на Венере.

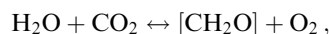
##### Выводы и необходимые эксперименты

Имеющиеся данные указывают на существование устойчивых в условиях поверхности Венеры твёрдых полимеров, из которых могут состоять венерианские организмы. Как относительно близкий объект для сравнения с венерианской микробной биосферой, если она существует, можно рассматривать микроорганизмы, живущие на глубинах свыше 1 км под уровнем морского дна.

В качестве субстрата — растворителя, аналога земной воды, — на Венере выступают сверхкритические двуокись углерода и азот. Рассматривая возможность существования жизни в условиях высоких давлений, авторы настоящей статьи сопоставили литературные данные о разнообразии химии азота при высоких давлениях, а также о стабильных и метастабильных полимерных и высокоэнергетических азотсодержащих соединениях. Мы предполагаем, что существование живых форм на Венере может основываться на видоизменённой биохимии, компоненты которой высоко обогащены азотом, с синтезом [COS]:



и, не исключено, с фотосинтезом:



а в качестве растворителя выступает смесь из сверхкритических CO<sub>2</sub> и азота.

Приведённые выше выводы и гипотезы основываются на экстраполяции наших знаний в каталитической химии и фотохимии на условия у поверхности Венеры. Для получения более обоснованных данных и подготовки новых миссий к планете необходимо проведение широких исследований каталитических процессов в реакторах при условиях, моделирующих условия на поверхности Венеры. В ходе этих исследований должны быть получены данные о химическом взаимодействии N–C–O–S-органических соединений при венерианских давлениях и температурах с реагентами состава венерианской атмосферы в присутствии каталитически активной твёрдой фазы, моделирующей венерианский грунт, в зависимости от его состава, дисперсности и морфологии. В качестве первоочередных экспериментов можно указать синтез COS из CO<sub>2</sub> и H<sub>2</sub>S в присутствии N<sub>2</sub> на мелкодисперсных оксидах Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>/SiO<sub>2</sub> и на нанометровых частицах Fe/SiO<sub>2</sub> и Fe/Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> с одиночными ионами Fe на их поверхности. В экспериментах должны быть получены количественные данные по выходу COS, SO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O и других ключевых продуктов для этих относительно простых естественных катализаторов. Необходимы также данные о химической устойчивости ряда перспективных полимеров при длительном воздействии на них среды, моделирующей условия Венеры. В этих исследованиях должна быть отработана постановка специальных экспериментов и определён состав аппаратуры для новых миссий, призванных ответить на вопрос о химических основах пока гипотетической жизни на Венере.

Одним из необходимых исследований для ближайшей миссии на Венеру можно назвать создание хроматографа с поликапиллярными колонками для работы на поверхности планеты и развитие сопутствующих методик хроматографического анализа органических соединений. Опираясь на эксперименты, проведённые на аппаратах "Венера-13" и "Венера-14", необходимо с помощью хроматографа (в комплексе с другим лабораторным аналитическим оборудованием) экспериментально определить наборы продуктов каталитических синтезов, которые могут возникать на поверхности Венеры.

## 8. Заключение

Обобщая экспериментальные и теоретические результаты, основанные на ревизии итогов телевизионных экспериментов на аппаратах "Венера", следует напомнить, что метод ТВ-изображений широко используется как современный способ исследования небесных тел и, более конкретно, для поиска следов жизни на другой планете, Марсе. Но ещё 44 года назад аппараты "Венера" ТВ-методом исследовали поверхность Венеры, причём эти эксперименты остаются неповторёнными по сей день. Они предназначались для получения общих представлений о поверхности планеты. Искать следы жизни на планете с бескислородной углекислотной атмосферой, с давлением 9,2 МПа и температурой 735 К у поверхности — такое в 1980–1990-х годах никому не приходило в голову. Вместе с тем обработанные заново современными программными средствами ТВ-снимки поверхности Венеры, сделанные 44 и 37 лет назад, указывают на возможное присутствие флоры и фауны на этой планете. Обнаружены многочисленные объекты, обладающие сложной регулярной структурой и, по видимому, очень медленными движениями, со скоростью около  $1 \text{ мм с}^{-1}$ . Их исследование позволяет предположить, что найдены гипотетические объекты фауны и флоры Венеры. За период 2012–2018 гг. в отечественной и зарубежной научной периодике опубликовано около пяти десятков статей, посвящённых примерно 18 странным объектам, обнаруженным на панорамах Венеры.

Экспериментальные данные о предполагаемой обитаемости Венеры получены *впервые*, а физические условия на Венере противоречат принятой парадигме об условиях, которые считаются комфортными для жизни. Парадигма устоялась, отказываться от неё не хочется. Поэтому в отношении гипотетической жизни на Венере научная общественность в большинстве следует принципу А. Шопенгауэра: "Любая истина проходит через три фазы: сначала вас осмеивают, затем с вами яростно борются, наконец, ваша идея принимается как нечто самоочевидное"<sup>1</sup>.

Терраморфность гипотетических объектов флоры и фауны Венеры в опубликованных статьях отмечалась неоднократно. Повторяемость форм живых объектов на разных планетах при радикально различающихся физических условиях представляет серьёзный вызов естественным наукам. Можно предположить, что террамор-

физм в будущем привлечёт внимание как зоологов с ботаниками, так и биофизиков.

Наряду с обсуждением гипотетических живых форм, в настоящей статье рассмотрены литературные данные об особенностях химии двуокиси углерода и азота при высоких (сверхкритических) давлениях/температурах и образующихся стабильных и метастабильных полимерных и других высокоэнергетических азотсодержащих соединениях, на основе которых предполагается возможность существования жизни в условиях высоких давлений/температур. Мы приходим к выводу, что живые формы на Венере могут основываться на особой, высокотемпературной, биохимии. Заметим, что наукоёмкие разработки и исследования по этой проблематике чрезвычайно важны для изучения не только астробиологии Солнечной и экзопланетных систем, но и органической космохимии высоких давлений, т.е. в той новой области науки, которая ранее не привлекала внимания исследователей.

Значимость полученных результатов очевидна. Но чтобы их подтвердить, необходимо осуществление новой миссии для изучения поверхности Венеры. Исследования Венеры продолжаются. В 2005 г., в миссии "Венера-экспресс" Европейского космического агентства (ЕКА) были получены новые данные о Венере, включая спектроскопические результаты, свидетельствующие о вероятной вулканической активности планеты, подтверждающие выводы пионерской работы [54]. Однако первоочередной задачей становится именно безотлагательное осуществление новой миссии для исследования признаков жизни на поверхности Венеры, при этом экспедиция должна быть специальной и существенно более сложной, чем прежние миссии "Венера". На 2020–2030 гг. планируется российская миссия "Венера-Д" в кооперации с космическим агентством США НАСА. Научные задачи миссии включают в себя исследования атмосферы и поверхности Венеры [146, 147], причём предусмотрена длительная работа спускаемого аппарата на поверхности планеты [148]. Эту задачу предполагается решить, в частности, благодаря применению разработанных в НАСА новых электронных компонентов, работоспособных при физических условиях Венеры [149, 150]. Долговременным источником энергии должен стать ветроэлектрогенератор. Помимо проведения отмеченных выше необходимых лабораторных исследований химических основ гипотетической жизни на Венере, новую миссию требуется оснастить спектрозональными фотокамерами высокого разрешения, с кадром не менее 10 Мбит и разрешением от 0,1 мм вблизи объектива до 10 см на расстоянии 10 м с 10-разрядным кодированием и многокадровой съёмкой. С учётом миниатюрности современных ПЗС-камер их необходимая теплозащита и длительная работоспособность на поверхности Венеры вполне достижимы [150]. Направленная передача данных на орбитальный аппарат по реперному сигналу уже обсуждалась в ходе подготовки миссии "Венера-Д", что позволяет во много раз увеличить объём передаваемой информации. Новая миссия должна быть достаточно сложной, тем не менее прогресс науки и технических средств, достигнутый за 40 лет, прошедших после миссий "Венера", делает решение такой задачи вполне реалистичным, а результаты этой миссии позволят говорить о жизни на Венере как о подтверждённом факте.

<sup>1</sup> "Jede Wahrheit durchläuft drei Phasen: In der ersten wird sie verlacht, in der zweiten wird sie wild bekämpft, und in der dritten wird sie als Selbstverständlichkeit akzeptiert." Arthur Schopenhauer (1788–1860).

Работа выполнена при частичной поддержке Программами П28 и П17 Президиума РАН.

## 9. Приложение. Обнаружение гипотетических живых форм на Венере

### 9.1. "Флора"<sup>2</sup>.

44 года назад аппараты "Венера" телевизионным методом исследовали поверхность планеты Венера, причём эти эксперименты остаются неповторёнными по сей день. Они предназначались для получения общих представлений о поверхности планеты. После изучения панорам в их первичной обработке и опубликования в 1975–1989 гг. соответствующих статей и сборников интерес к этим изображениям постепенно сошёл на нет. Тем не менее в Институте космических исследований (ИКИ) РАН работа продолжалась, и благодаря новым методам обработки к 2010–2011 гг. детальность панорам значительно повысилась. Целью новых работ [19, 88–98] было, как отмечалось в разделе 5.2, обнаружение каких-либо различий на исходных или не использованных ранее панорамах. Искать следы жизни на планете с бескислородной углекислотной атмосферой, с давлением 9,2 МПа и температурой 735 К у поверхности — такая задача в 1980–1990-х годах не ставилась. Тем не менее обработанные заново современными программными средствами телевизионные снимки поверхности Венеры, сделанные 37 лет и 44 года назад, указывают на возможное присутствие флоры и фауны на этой планете. За период 2012–2018 гг. в научной периодике в отечественных и зарубежных изданиях опубликовано около пяти десятков статей, посвящённых 18 странам объектам, найденным на панорамах Венеры. Анализ деталей изображений поверхности позволил выделить несколько рассмотренных ниже объектов, удовлетворяющих сформулированным критериям.

**9.1.1. "Гриб".** В центральной части панорамы "Венеры-13", на переднем плане, на расстоянии примерно 15–20 см от буфера посадочного аппарата, находится небольшой светлый объект правильной конической формы (выделенный кружком на рис. 17). Сравнивая яркость объекта со светлой периферией рисунка, следует учитывать, что объект находится в зоне тени от парашютного щитка аппарата. Напомним, что цветное изображение составлено из первичных панорам, чёрно-белой и цвето-делённых красной и зелёной. Цвет на приводимых изображениях примерно соответствует спектральному составу солнечной освещённости у поверхности Венеры.

На всех исходных панорамах видна радиальная складчатая структура объекта, имеющего форму шатра. По своим размерам объект сопоставим с земными грибами, при этом по виду (см. рис. 17, кадр 3) он похож именно на грибы складчатой формы. Его диаметр около 8 см, причём объект приподнят над поверхностью примерно на 3 см, но не видно, на чём он стоит или держится.

По-видимому, к "фауне" Венеры объект не относится. Никаких признаков его движения в течение 1,5 ч не обнаружено. Методом корреляционного совмещения [85]

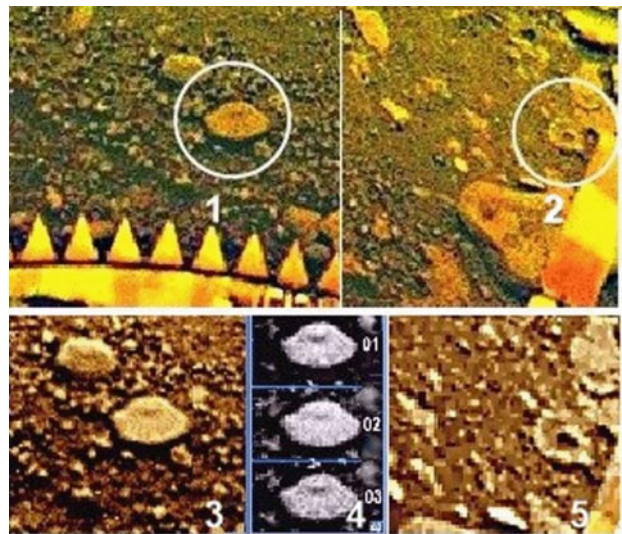


Рис. 17. (В цвете онлайн.) Фрагменты панорамы "Венеры-13". Кружками выделены объекты, напоминающие складчатую шапку земных грибов (1) и древесный гриб (2). Результаты обработки показаны на кадрах 3–5. Размеры объекта 1 — около 8 см, объекта 2 — около 6 см.

были обработаны шесть последовательных изображений, включая не использованные ранее панорамы. Три чёрно-белые версии результирующих изображений, 01, 02, 03 показаны на рис. 17 (кадр 4). "Классическая" форма шатра видна на каждом изображении. "Гриб" хорошо виден на всех последовательных панорамах "Венеры-13".

Благодаря удачному близкому положению к камере видны подробности структуры "гриба", что позволяет отнести его свойства к выраженным признакам терраморфизма, что снова указывает на ещё неизвестные биофизические закономерности. Размеры "гриба" невелики, поэтому более удалённые от камеры другие подобные объекты обнаружить сложно. Исключением может быть объект на той же панораме, имеющий форму окантованной полочки (см. рис. 17, кадр 2 (в кружке) и кадр 5). Он похож на земные древесные грибы, иногда встречающиеся на стволах деревьев. Его размеры около 6 см, но он находится дальше от объектива, поэтому подробности не видны.

**9.1.2. "Стебель".** Чертами сходства с земными растениями обладает также первый найденный "стебель" (см. рис. 13). Сам "стебель" представляет собой вертикально расположенный тонкий, возможно, узловатый ствол "растения" толщиной 0,3–0,5 см с четырёхлистником, расположенным на грунте у основания стебля. Каждый из элементов ("листьев") четырёхлистника имеет размер около 5–10 см и обладает какой-то видимой радиальной структурой. Ю.Г. Симаков заключил, что "четырёхлистник" у основания ствола "растения" на поверхности напоминает земные крестоцветные (см. изображение в нижней части рис. 13б), но имеет только один ярус листьев. "Стебель" находится на расстоянии около 40 см от посадочного буфера аппарата "Венера-14". Его размеры определены с помощью фотоплана и геометрических соотношений, которые позволяют определить высоту и другие размеры "растения" (см. рис. 13). Фотоплан (здесь не приводится) был необходим, поскольку на оригинальных панорамах расстояния между деталями

<sup>2</sup> Все приводимые названия рассматриваемых объектов носят чисто условный, рабочий характер и никак не претендуют на свойства земных аналогов.

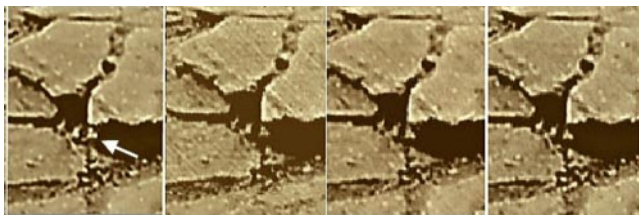
изображений искажены проекцией. Вход оптической системы находился на высоте 90 см, расстояние от проекции входа до "растения" 40 см, его верхушка проецируется на поверхность на расстоянии 75 см. Объект виден сверху под углом около 50°, его высота кажется меньшей, чем в действительности. Если "стебель" расположен вертикально, то из прямоугольного треугольника следует, что его высота 42 см. Поверхность неровная, поэтому возможна ошибка около 25 % в оценке расстояний и размеров.

**9.1.3. "Цветы".** В дальнейшем были обнаружены и другие "растения", также обладающие четырёхлистниками у основания. На цветных панорамах стебли выглядят чёрными. Ствол "растения" или "стебля" первого обнаруженного объекта (рис. 13б) сверху увенчан крупным утолщением — "бутоном", который обладает светлым центром. Оказалось, что подобной структурой, в том числе "бутоном" в раскрытии, обладают и другие обнаруженные "растения" гипотетической флоры Венеры (показанные ниже). Ради удобства для всей категории гипотетической флоры Венеры предложено общее название — "стебли".

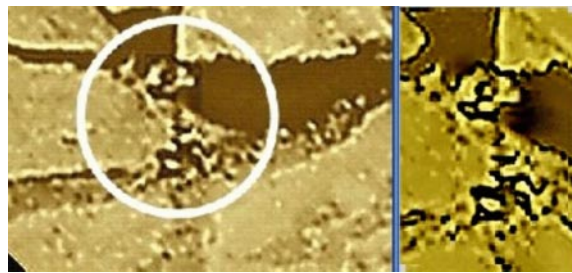
В месте посадки "Венеры-13" найдено один или два подобных объекта, причём основания стеблей, как и на рис. 13б, находятся в трещинах между камнями. На раздробленном грунте стеблей не найдено. Для фрагмента, показанного на рис. 18, имеется восемь чётких последовательных изображений, которые допускают групповую обработку. Обращает на себя внимание отмеченный стрелкой повторяющийся элемент, который на исходных изображениях выглядит как триада из ярких точек, находящихся на верхушке "стебля" (рис. 18), причём положение триады на последовательных кадрах несколько изменяется.

На всех исходных фрагментах рис. 18 изображения обладают слишком высокой контрастностью. При снижении контрастности детальность изображения значительно улучшилась. Стало видно, что верхушка стебля увенчана объектом, более сложным, чем триада (или "бутон" на рис. 13б), и что триада — это часть образования, подобного цветам Земли (рис. 19, в белом кружке). Когда из последовательных изображений была построена анимация, предположение о перемещении объекта под действием ветра подтвердилось: "стебель" и "цветок" покачиваются на фоне неподвижных камней. Скорость ветра в месте работы "Венеры-13" составляла около  $0,45 \text{ м с}^{-1}$  [52, 99], что на Земле эквивалентно  $8 \text{ м с}^{-1}$ .

На той же анимации видно ещё несколько более мелких деталей с такими же движениями. Высота стебля,



**Рис. 18.** (В цвете онлайн.) Четыре последовательных изображения невысокого стебля в разломе камней на панорамах "Венеры-13", полученные в течение 1 ч. Положение триады (показана стрелкой на крайнем левом фрагменте) относительно камня на последовательных кадрах несколько изменяется, по-видимому, под действием ветра.



**Рис. 19.** (В цвете онлайн.) Групповая обработка последовательных изображений, представленных на рис. 18, при одновременном снижении их контрастности, показывает, что триада — составная часть объекта, подобного цветам Земли. Белое пятнышко в центре и окружающие его детали напоминают пестик и лепестки земных цветов.

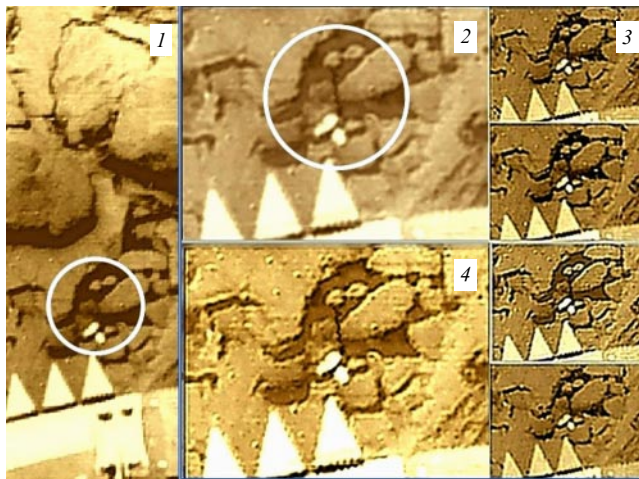
найденная по положению на фотоплане, всего около 20–30 см. У его основания, в трещине между камнями, видна группа из четырёх светлых образований. Они подобны "четырёхлистнику", показанному на рис. 13б и, по-видимому, также связаны со стеблем.

Было сделано предположение, что сложная структура верхушки стебля представляет собой раскрывшийся "цветок". Обработка изображений при резком понижении их контрастности и гамма-коррекции подтвердила это предположение и позволила увидеть весь "цветок" правильной формы (см. рис. 19) с белым пятнышком (пестиком) в центре и окружающими его лепестками. Цветок состоит из шести или восьми светлых лепестков; их правая более яркая часть и образует правильную триаду, показанную на рис. 19, как часть раскрывшегося цветка. Размер "цветка" примерно такой же, как и "четырёхлистника" в основании его стебля (около 8 см). Панорама "Венеры-13" была организована так, что рисунок представляет только чёрно-белое изображение, поэтому цвет "лепестков" остаётся неизвестным.

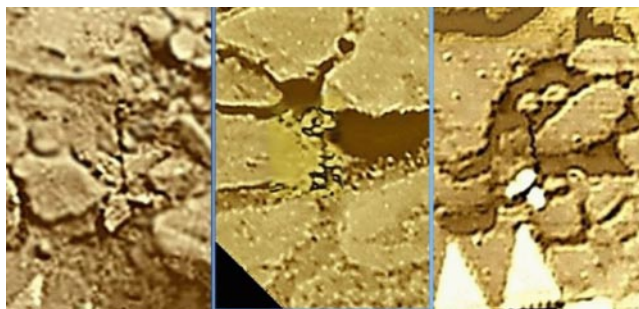
Ещё один небольшой светлый четырёхлистник был обнаружен в центре панорам "Венеры-14", в углублении у самого посадочного буфера (см. кадр 1 на рис. 20). Этот объект предполагаемой флоры имеет такую же форму стебля, как и на рис. 13б, но стебель намного меньше и он малозаметен, так как маскируется тёмным фоном в разломе камней.

Стебель на исходных панорамах различается с трудом; он был выделен с помощью гамма-коррекции и в таком виде показан на кадре 2 на рис. 20. Его "листья", в отличие от таковых на рис. 13б, очень светлые, лишь немного темнее сброшенной белой крышки ТВ-камеры. Один из листьев темнее других, так как находится в тени камня. Размер листьев мал, всего 1–2 см, но сходство объекта с рис. 13б очевидно. Высота стебля, тоже наблюдаемого сверху, не более 10–12 см. В обработанных последовательных изображениях (см. кадры 3 на рис. 20) на верхушке стебля виден распустившийся бутон или "цветок", размером не более 2 см (см. кадр 4 на рис. 20). Стебель поднимается из углубления. Справа от него виден другой такой же "цветок", стебель которого, очевидно, находится за камнем.

Рисунок 21 обобщает три найденных "растения с цветами": одно из них обнаружено на панорамах "Венеры-13" и два найдены на панорамах "Венеры-14". Как указывалось, аппарат "Венера-13" опустился в экваториальной зоне планеты в точке  $7,5^{\circ}\text{S}$ ,  $303,5^{\circ}\text{E}$ , к востоку



**Рис. 20.** (В цвете онлайн.) Очень светлый маленький четырёхлистник со "стеблем" и "цветком" (кадр 1, исходное изображение, в кружке) повторяется на всех панорамах "Венеры-14". Объект, который находился у самого посадочного буфера аппарата, был выделен с помощью гамма-коррекции (2). На последовательных изображениях с обработкой (3) видны "стебель", "цветок" и четырёхлистник, которые в окончательном виде представляет кадр 4. По-видимому, за камнем находится другой такой же "цветок".

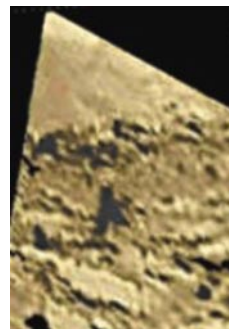


**Рис. 21.** (В цвете онлайн.) "Стебли", "цветы" и "бутоны" на Венере. Районы, в которых обнаружены три "стебля с цветами", разделены расстояниями почти 1000 км.

от области Феба, а место посадки аппарата "Венера-14" также находилось в экваториальной зоне, в точке  $13^{\circ}\text{S}$ ,  $310^{\circ}\text{E}$ . Расстояние между местами посадки аппаратов 970 км. Учитывая значительное расстояние, можно сделать вывод о распространённости венерианской флоры обнаруженного типа, причём все найденные стебли — одиночные и вертикальные. Во всех случаях основания стеблей находятся в трещинах или в углублениях между камнями.

Вблизи места посадки "Венеры-9" также виден объект, который может оказаться толстым "стеблем" (рис. 22). Видна его светлая пятнистая верхушка. Размеры объекта оценены очень приблизительно: высота около 0,5 м, толщина ствола примерно 5–8 см. Район посадки "Венеры-9" отстоит от местоположения находок, показанных на рис. 21, на 4500 км. Другие "стебли" на панораме "Венеры-9" не найдены.

Таким образом, вблизи аппаратов "Венера-13" и "Венера-14" обнаружено несколько вертикально расположенных линейных объектов, напоминающих стебли земных растений. Если верхушки "стеблей" — это действительно бутоны и цветы, то следует задуматься над их ролью. Цветы земных растений предназначены для их



**Рис. 22.** (В цвете онлайн.) Вертикальный тёмный объект в центре фрагмента панорамы "Венеры-9" может быть утолщённым стеблем со светлой верхушкой.

опыления и размножения. Опыление растений осуществляют как насекомые, так и ветер, свидетельства которого у поверхности планеты приводились в [52, 99] и других работах. Ветроопыляемые растения в цветах в принципе не нуждаются, как, например, в случае тополиного пуха. Цветы привлекают насекомых, чтобы они выполнили опыление. Указывает ли верхушка стеблей на рис. 22, хотя бы косвенно, на наличие таких вероятных участников процесса опыления на Венере?

"Цветы" с их лепестками (см. рис. 20, 21) представляют собой новые объекты с удивительной повторяемостью форм стеблей на разных планетах при радикально различающихся физических условиях. Можно предположить, что их повторяемость в будущем привлечёт внимание как ботаников и зоологов, так и биофизиков.

## 9.2. "Фауна"

Большинство объектов, обнаруженных на поверхности Венеры, своей морфологией и поведением напоминающих живые формы, в основном статично. Но методика эксперимента не позволяла обнаружить объекты в динамике, так как каждая панорама разворачивалась и одновременно передавалась по радиолинии за длительное время, 30 мин для "Венеры-9" и "Венеры-10" и 13 мин для "Венеры-13" и "Венеры-14". Но, сравнивая последовательно полученные панорамы как моментальные фотографии, в ряде случаев можно наблюдать заметное перемещение обнаруженных объектов или их уход за пределы наблюдаемого поля. Некоторые из них оставляют явные следы перемещения, что позволяет судить о их способностях передвигаться и даже найти предполагаемые доступные им скорости перемещения.

Земная жизнь основана на водной среде. Но типичный венерианский пейзаж — это безводная раскалённая каменная или рыхлая поверхность, иногда горы и редко вулканы. Вода в жидком виде здесь существовать не может. Высоко в атмосфере, на уровне 47–49 км, находится нижняя граница купола из протяжённого слоя сернокислотных облаков. При температуре в месте посадки аппаратов около  $460^{\circ}\text{C}$  вода находится в газообразном состоянии перегретого пара и/или является связанной с минералами поверхности. Доля воды в газообразном состоянии около  $2 \times 10^{-5}$ , примерно такова же и доля кислорода.

Из чего природа могла создать жизнь на Венере? Пока имеются только предположения, рассмотренные в разделе 7. Хорошо известно, что скорость химических

реакций при таких температурах очень высока. Температуры около 735 К у поверхности планеты разрушительны для земных форм жизни, но с точки зрения термодинамики они ничем не хуже земных условий. Среды и действующие химические агенты точно не известны, но их никто и не искал, а исходные материалы на Венере мало чем отличаются от земных. Фотосинтез у ряда прокариотов основывается на реакции, в которой донором электронов оказывается сероводород  $H_2S$ , а не вода. У ряда живущих под землей автотрофных прокариотов вместо фотосинтеза используется хемосинтез. Физических запретов на жизнь при высоких температурах нет, а анаэробные механизмы хорошо известны.

Почему во всех случаях, когда удавалось заметить перемещение объектов предполагаемой фауны Венеры, скорость их движений была удивительно мала, около  $1 \text{ мм с}^{-1}$ ? Среда, из которой состоят гипотетические живые организмы на Венере, должна обладать какими-то необычными свойствами. Одно из предположений заключается в том, что это связано с существующими у фауны Венеры энергетическими ограничениями. Вместе с тем возможна и другая, даже более вероятная, причина, определяемая свойствами вещества, из которого состоит тела венерианской фауны. Поскольку существование жидкой воды на поверхности Венеры исключено, такие организмы должны состоять из других веществ, например из полимеров (см. раздел 7). Некоторые полимеры обладают замедленной пластичностью. Можно предположить, что тело, построенное из подобной вязкой среды, требует заметного времени для изменения своей формы и что именно в свойствах вязкой среды заключается причина медлительности фауны Венеры.

Ниже приводится краткое описание шести образцов гипотетической фауны Венеры из 18 объектов, найденных в непосредственной близости от аппаратов.

**9.2.1. "Амисады".** Высокая плотность гипотетической обитаемости поверхности Венеры позволяет предположить, что она больше похожа на дно земных морских мелководий, чем на земную поверхность. В этом разделе приводится несколько найденных предполагаемых живых форм Венеры. Выше обсуждалось, какими источниками энергии может пользоваться гипотетическая фауна планеты. Вряд ли проблему питания фауны решают довольно редкие "стебли". Их немного, а более мелкую растительность, вроде травы или мха, на снимках рассмотреть невозможно. Некоторым косвенным свидетельством того, что стеблями не исчерпывается разнообразие мелкомасштабной флоры планеты, на панорамах "Венеры-14" стала "амисада" — гипотетический объект фауны Венеры, напоминающий земных рептилий. Предложенное условное название "амисада" — сокращение от имени вавилонского царя Месопотамии Ammizaduqa (XVI в. до н.э.), во времена которого древние астрономы регистрировали на глиняных табличках утренние и вечерние элонгации Венеры. Амисада в своём движении, похоже, сама изучает поверхность камня, на который она наполовину взобралась (рис. 23б). Возможно, это процесс поиска растительной пищи, имеющей гораздо меньшие размеры, чем стебли и чем позволяла увидеть телевизионная камера.

Амисада была найдена на панораме "Венеры-14" [91, 92] в 2013 г. у посадочного буфера аппарата, вблизи "стебля", показанного на рис. 13б. Формой она несколь-

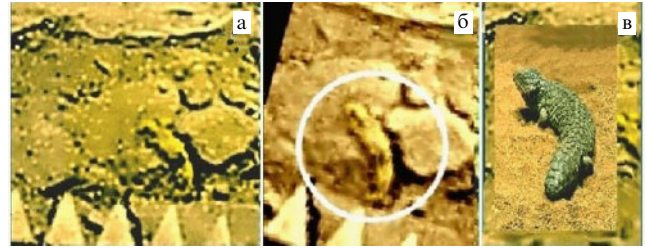


Рис. 23. (В цвете онлайн.) (а) Амисада, взбирающаяся на камень. (б) Совмещение шести исходных фрагментов панорам "Венеры-14". (в) Австралийская ящерица *Shingleback*, размерами, формой и медлительностью напоминающая амисаду.

ко напоминает земную ящерицу. Её размеры 12–15 см. Местоположение амисады оказалось наиболее близким к входу ТВ-камеры.

На рисунке 23а показано единичное изображение амисады, соответствующее примерно на 30-й минуте работы камеры аппарата "Венера-14", на рис. 23б приведён усреднённый вид шести исходных изображений, на рис. 23в — вид медлительной австралийской ящерицы *Shingleback*, которая по своим размерам (10–15 см), форме и расположению конечностей напоминает амисаду. Согласно форме и положению на рисунке амисада взбирается на камень высотой 5–8 см. Будем считать передней её верхнюю на рисунке часть, на что, по-видимому, указывают её движения, хотя других признаков у нас нет. Разумеется, нельзя исключить, что амисада не поднимается на камень, а спускается с него. Амисада интересна ещё и тем, что благодаря малой зашумлённости ТВ-снимков "Венеры-14" можно увидеть небольшие и крайне медленные перемещения частей амисады. Как показано ниже, "медлительность" вообще относится к той части гипотетической фауны Венеры, которая обнаруживает способность двигаться.

Обработанные изображения амисады позволяют показать движения её передней части как последовательность её шести положений, показанных направлениями стрелок на рис. 24, где приведены фрагменты шести панорам. Порядок кадров 1–6 — хронологический, интервалы между ними в среднем около 13 мин.

На рисунке 24 (кадр 1) верхний крайний фрагмент амисады направлен влево (направление "9 час"), а тень

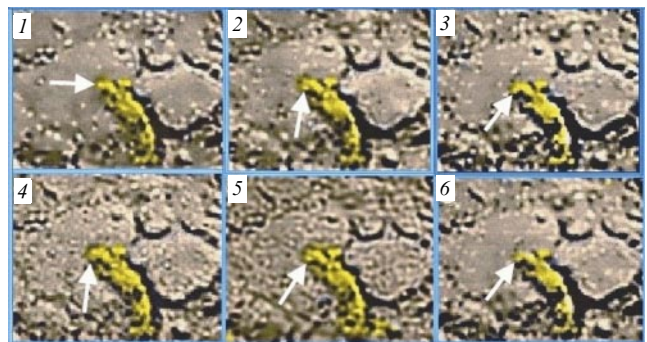
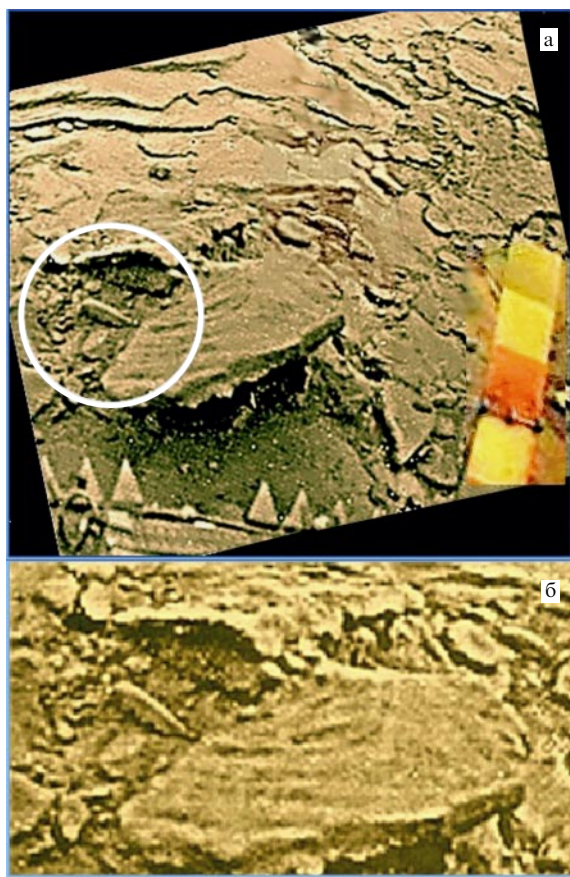


Рис. 24. (В цвете онлайн.) Амисада у посадочного буфера "Венеры-14". Неусреднённые обработанные фрагменты шести исходных панорам. Стрелками указана последовательность положений передней части амисады, которая по размерам и движениям напоминает человеческий палец.

под ним почти не видна. Следует напомнить, что при рассеянном естественном освещении на Венере тени появляются только тогда, когда объект расположен на небольшой, сравнимой с его размерами, высоте над поверхностью. Отсутствие тени указывает, что фрагмент приподнят над поверхностью.

На кадре 2 (см. рис. 24) крайний фрагмент амисады переместился в направлении "7 час", а тень также отсутствует. Наконец, на кадре 3 направление крайнего фрагмента примерно "8 час" с плотной тенью под ним (объект на поверхности). Дальнейшие изменения показаны последовательностью кадров 4–6. Фрагмент по своим размерам и движениям примерно соответствует пальцу человека, а его перемещение составляет 1–2 см за время 1,5 ч. Заметно также перемещение двух симметрично расположенных органов в передней части объекта, по-видимому его конечностей. На анимации, составленной из кадров 1–6, удалось увидеть перемещение всего объекта, что также заметно по изменяющемуся расстоянию между амисадой и камнем справа от неё на рис. 24.

Как отмечалось в [91], вблизи амисады и "стебля" обнаруживаются ещё один или два подобных по размерам и перемещениям объекта; один из них, "толстяк", показан на рис. 25. Размер обломка на первом плане около 50 см. "Толстяк" находился у обломка, в небольшом алькове у левой границы рисунка и наблюдался под



**Рис. 25.** (В цвете онлайн.) Похожий на амисаду "толстяк" находился в небольшом алькове (а). На увеличенном изображении (б) он представляет собой удлиненное объемное тело, напоминающее морских обитателей, если смотреть сверху. Длина тела (без выступающей передней части) около 12 см. Передняя (левая) часть оканчивается регулярной структурой, "венцом" — полукольцом, состоящим из отдельных элементов.

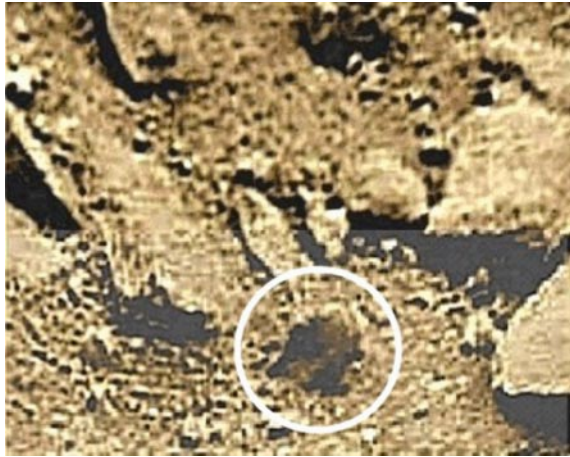
углом около  $60^\circ$  к горизонту (рис. 25а, в кружке). Он представляет собой удлиненное объемное тело размером около 12 см (без выступающей передней части). Передняя (левая) часть оканчивается выступающим на 2–3 см образованием с регулярной структурой, которая сформирована наклоненным "венцом" — полукольцом, состоящим из отдельных элементов. На последовательных изображениях наклон "венца" изменяется, а сам "толстяк" перемещается вдоль своей оси. "Толстяк" представляет собой хорошо различимое тело, по форме напоминающее рыбу, если наблюдать сверху, но с органами опоры (и, возможно, движения), как у пресмыкающихся. Более подробное изображение "толстяка" показано на рис. 25б. Неясны структура и назначение органа, напоминающего венец, которым оканчивается передняя (или задняя?) сторона "толстяка". У него также обнаружены признаки движения, очень медленного, как и у других объектов Венеры. Справа тело "толстяка" заканчивается коротким узким отростком — "хвостом". Насколько можно судить, "толстяк" опирается на выступающие части тела.

**9.2.2. "Медвежонок".** Весьма интересен объект с условным названием "медвежонок", представленный на рис. 26 (найден в 2012 г. на дополнительно обработанной панораме "Венеры-9", полученной в 1975 г.). "Медвежонок" находится достаточно близко к объективу. Он обнаружен в единственном экземпляре [86] вблизи посадочного буфера "Венеры-9". Поверхность "медвежонка", в отличие от резких контуров окружающих камней, более "мягкая", как будто "пушистая".

"Медвежонок" виден сверху под углом около  $60^\circ$  к горизонту. Он опирается на "конечности", между которыми виден просвет, причём его "конечности" напоминают лапы животных. Он и похож на небольшое животное. Если считать, что корпус "медвежонка" расположен вертикально, на что указывает такое же, как и у камней, положение теней, то его высота должна составлять около 30 см, а длина (или ширина) — около 15 см. На рисунке 26 слева от "медвежонка" можно увидеть четыре или пять длинных борозд, которые тянутся за ним и оканчиваются непосредственно у его "конечностей" [94]. Можно предположить, что такие следы "медвежонок" оставил при своём движении, что позволяет оценить скорость его движения, возможно даже максимальную скорость его перемещения. Можно предположить, что "медвежонок" начал двигаться в момент, близкий к моменту посадки аппарата, при ударе или стараясь уйти от опасности, — низ рисунка примыкает непосредственно к посадочному буферу аппарата. Время развёртки полной панорамы 30 мин, а время от её начала до прохождения сканером положения "медвежонка" около 16 мин. Таким образом, максимальная скорость, которую мог развить объект в этих экстремальных условиях, оставив 64-сантиметровые следы, составила  $64/16 = 4 \text{ см мин}^{-1}$ , или менее  $1 \text{ мм с}^{-1}$ . Выше отмечалось, что скорость перемещения, присущая фауне Венеры, по земным меркам может быть очень низкой.

Можно ли найти другие причины возникновения борозд, например перемещение "медвежонка" под действием ветра? В работе [52] приводилась оценка скорости ветра, измеренной в точке посадки "Венеры-13",  $V \approx 0,45 \text{ м с}^{-1}$  (эквивалент земного ветра со скоростью до  $8 \text{ м с}^{-1}$ ). Другие измерения на аппаратах "Венера" дали



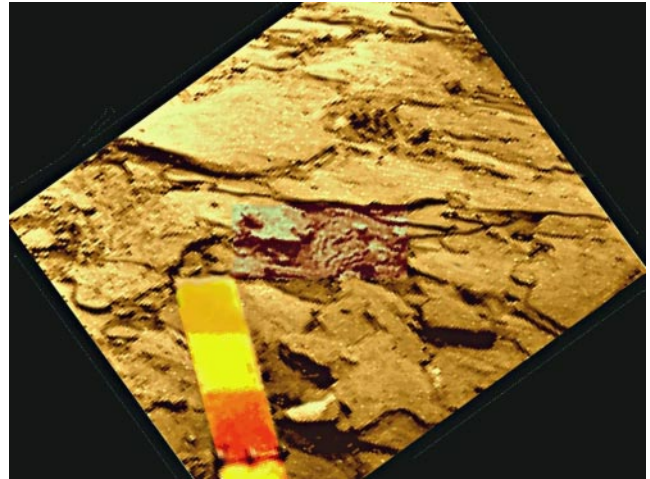


**Рис. 26.** (В цвете онлайн.) Фрагмент обработанной панорамы "Венеры-9". На переднем плане виден небольшой объект — "медвежонок", отличающийся "мягкой" формой своих контуров от резких краёв камней. Он опирается на "конечности", между которыми виден просвет. Слева за ним по грунту тянутся длинные борозды, заканчивающиеся под "медвежонок". По-видимому, такие следы указывают на его предшествовавшее движение.

такие же значения. Возможность перемещения "медвежонка" под действием ветра определяется скоростным напором ветра,  $F = 1/2\rho SV^2$ . При плотности газа  $\rho = 64 \text{ кг м}^{-3}$  и боковой поверхности объекта  $S = 0,05 \text{ м}^2$  давление ветра  $F = 0,26 \text{ Н}$ . Для перемещения объекта такого давления недостаточно.

**9.2.3. "Змейка".** Анализ панорам "Венеры-14" позволил обнаружить объект "змейка", имеющий развёрнутую длину 40–50 см (рис. 27, в центре). Ячеистая, пятнистая поверхность тела "змейки" резко отличается от фона окружающих каменных плит. "Змейку" можно отнести к самым интересным находкам среди гипотетических объектов венерианской фауны, по форме близко напоминающих некоторые земные живые организмы. Вместе с тем были обнаружены странные, непонятные объекты.

Впервые "змейка" как необычный объект была замечена на панораме "Венеры-14" геологами ещё в 1983 г. непосредственно после выполнения миссии. В тематическом выпуске *Космических исследований* была опубликована работа К.П. Флоренского с коллегами [95], посвящённая геологическому анализу района. Внимание авто-



**Рис. 27.** (В цвете онлайн.) Объект "змейка", похожий на небольшую свернувшуюся змею, расположен в углублении в центре рисунка (фрагмент обработанной панорамы "Венеры-14").

ров [95] привлёк необычный участок поверхности, достаточно близкий к объективу ТВ-камеры (рис. 27). Они отметили, что «на панораме В14-1, правее окончания цветного теста, в неглубоком понижении микрорельефа видна относительно тёмная пятнистая (ячеистая?) поверхность с причудливой полосатой ориентировкой пятен... Эта порода может как подстилать слоистую пачку, так и слагать некое "инородное" тело в составе слоистой пачки». На этом авторы [95] остановились, хотя "пятнистое, ячеистое, инородное тело на панораме В14-1" могло быть самой удивительной находкой авторов работы [95] (показана стрелкой на рис. 28).

Регулярно расположенные пятнистые ячейки покрывают поверхность "инородного тела". Объект находится в небольшом углублении (5–10 см), и он действительно похож на свернувшуюся змейку (рис. 28б), причём, по-видимому, этот объект обладает определёнными терраморфными чертами, присущими земным пресмыкающимся, — гибкостью, ячеистой структурой и соответствующей окраской. Рисунок получен посредством групповой обработки наиболее чётких исходных фрагментов панорамных изображений.

Крайняя правая часть "змейки" (рис. 28б), далее называемая "головой", имеет заострённую правую часть, напоминающую клюв. "Голова" обращена к камере круг-

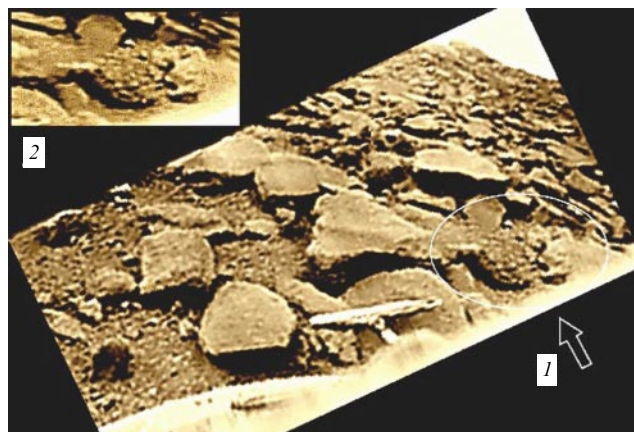


**Рис. 28.** (В цвете онлайн.) (а) Фрагмент панорамы "Венеры-14". Стрелкой показано "пятнистое, ячеистое, инородное тело" согласно [95]. (б) Тот же объект после обработки (изображение повёрнуто на 40°). Объект напоминает свернувшуюся змейку длиной около 0,5 м. "Голова" находится справа, причём "глаз" объекта обращен к зрителю. Тело имеет зеленоватый оттенок, который на рисунке преувеличен.

лым "глазом" (круглое светлое пятно). Естественно предположить, что это действительно орган зрения. Расположенная над "глазом" дуга справа переходит в заострение — "клюв". "Голова", имеющая размер 6–8 см, напоминает наблюдаемую сбоку голову многих земных птиц или пресмыкающихся. Слева от "глаза" находится немного вытянутое небольшое тёмное пятно, которое изменяет свою форму на последовательных кадрах с вытянутой на круглую. По аналогии с земными существами можно предположить, что это орган слуха (акустические явления на Венере отмечались в [93, 96]). Нижняя часть вытянутой "шеи" граничит слева с правильно расположенными ячейками (которые отмечали авторы [88]). Ячейки покрывают всю переднюю часть "змейки". Тёмная складка в месте изгиба свернувшегося тела на последовательных изображениях изменяется по форме — от дуги до прямой линии. От изгиба ячейчатая поверхность протягивается до расширения, переходящего в хвост "змейки". Положение "змейки" несколько изменяется на последовательных панорамах. Над корпусом ячейчатого тела виден "гребешок", состоящий из отдельных элементов, сверху ограниченных дугой, длиной около 4 см. Положение гребешка заметно изменяется на последовательных панорамах — он перемещается относительно примыкающего к нему слева небольшого тёмного участка поверхности. Движение гребешка обнаруживается при совмещении изображений. Голова и выступающие части тела "змейки" также несколько перемещаются на анимации, составленной из последовательных кадров. По-видимому, "змейка" оканчивается длинным и широким "хвостом". Справа хвост упирается в светлый треугольный обломок плиты. Пятнистые ячейки на хвосте не видны. На хвосте заметен светлый выступ. Ячейки и выступ перемещаются вместе с хвостом не менее чем на 10 см. Подробности приводятся в [93, 97].

Последовательные изображения змейки, охватывающие 1,5 ч работы аппарата на поверхности Венеры, были представлены в виде анимации. Хотя змейка в целом не смещается, не ползёт, но хорошо заметно взаимное перемещение её частей. Сопоставление всех кадров последовательности даёт примерно такую же скорость относительного перемещения частей змейки, как и для других объектов, — около  $1 \text{ мм с}^{-1}$ . Например, смещение гребешка между последовательными кадрами составило 3–4 см (за 30 мин).

**9.2.4. "Сыч".** Объект "сыч" (рис. 29) имеет сложную структуру, которая сразу же привлекла внимание исследователей. В отмечавшейся выше работе [95] геологической группы К.П. Флоренского кроме "пятнистого ячейчатого тела с причудливой полосатой ориентировкой пятен" (змейки) рассматривался объект, названный "странным камнем со стержнеобразным выступом и бугорчатой поверхностью". Авторы [95] писали: «Форму "странного" камня... определить трудно. Он виден в сильной перспективе. Отличительным признаком этого камня является общая округлённость обращённой к телекамере выпуклой стороны, которая сочетается с более тёмным, чем у пластинчатых камней, и пятнистым (вероятно, мелкобугристым) характером поверхности... Слева от описываемого камня отходит светлое удлинённое образование, которое дешифруется как торчащий из камня стержневидный выступ более светлого материала длиной около 15 и толщиной у основания около 5 см...».



**Рис. 29.** (В цвете онлайн.) Объект с условным названием "сыч" (1) на обработанной панораме "Венеры-9". "Сыч" обладает выраженной продольной симметрией и белым прямым хвостом длиной 15 см. Его вид с частично исправленной геометрией (2) трудно интерпретировать как "странный камень" или как "вулканическую бомбу с хвостом".

На рисунке 29 приведён вид "странного камня" на панораме "Венеры-9" в современной обработке (объект 1). Он отмечен тонким белым овалом. Сложная форма, белый "хвост" и другие особенности объекта выделяют его на фоне каменной поверхности планеты в месте посадки "Венеры-9". Размеры объекта около 0,5 м.

Традиционные представления о невозможности существования жизни в условиях высоких температур оказались непреодолимым барьером для любых альтернативных обсуждений природы "странного камня". Тем не менее ещё за год до публикации работы, цитировавшей выше, в книге *Планеты, открытые заново* [36] приводилось изображение "странного камня необычной формы" со следующим комментарием: «Детали предмета симметричны относительно продольной оси. Недостаточная чёткость скрывает его контуры, но... Неужели "Венера-9" опустила рядом с живым обитателем планеты?».

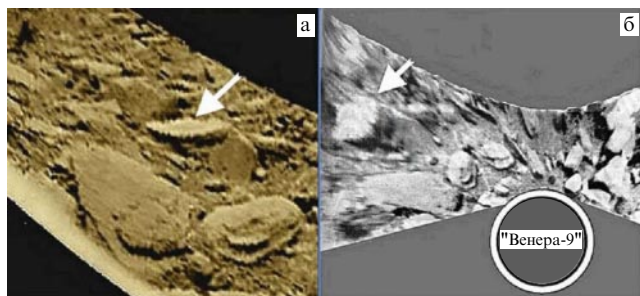
"Сыч" отличается выраженной продольной симметрией. Он напоминает сидящую птицу. Положение деталей "бугорчатой" (или, может быть, перистой?) поверхности обнаруживает определённую радиальность, идущую от правой части, от "головы", расходящимися "бугорчатыми рядами", переходящими в прямой хвост. Сама "голова" имеет более светлый оттенок и более сложную симметричную структуру с крупными фигурными, также симметричными тёмными пятнами и, возможно, с какими-то выступами сверху. Нельзя исключить, что мелкие камни, случайно совпадающие по светлым оттенкам, расположены так, что представляются частью "головы". Но формы основной части "сыча" настолько правильны, что считать его крупным "странным" камнем трудно. Упомянутый прямой приподнятый светлый "хвост" действительно имеет длину 13–16 см, а длина всего "сыча" достигает 35 см или 48–51 см вместе с белым хвостом. Тень под его корпусом полностью повторяет контуры всех частей объекта, который приподнят над поверхностью на несколько сантиметров. Его высота не менее 25 см. Таким образом, размеры "сыча" довольно велики, что позволило получить достаточно подробное изображение даже при ограниченном разрешении сканирующей камеры "Венеры-9" и, конеч-

но, благодаря близкому расположению объекта от камеры. На обработанной панораме "Венеры-9" шумы практически не влияют на изображение.

Изображение 2 на рис. 29 с частично исправленной геометрией полностью соответствует объекту, который находился перед камерой во время съёмки. По-видимому, очевидная сложная и весьма упорядоченная морфология "сыча" делает трудным поиск других предположений о его природе, вроде "странного камня" или "вулканической бомбы с хвостом". Других объектов с подобной структурой на рис. 29 нет.

**9.2.5. "Зубчатка".** В некоторых случаях детали изображений, в отличие от приведённых выше, гораздо сложнее отождествить с гипотетическими живыми формами; они требуют сопоставления, например, с фотопланом. Такова "зубчатка" [98]. В левой части обработанной панорамы "Венеры-9" виден большой удлинённый яркий объект размером около 1,3 м со странными зубчатыми краями (рис. 30), которые своими контурами напоминают зубчатые листья земных деревьев. Предполагалось, что зубчатые края объекта проявляются как линейная структура ТВ-изображения. Однако такая структура отсутствует на других окружающих деталях изображения. Объект, получивший условное название "зубчатка", значительно светлее окружающих камней (см. рис. 30). "Зубчатка" приподнята над поверхностью, и под нею видна глубокая тень. "Зубчатка" довольно велика, однако из-за удалённости от камеры (около 4 м) её структуру определить трудно, но некоторые сведения удаётся получить из сопоставления с фотопланом. К сожалению, имеется только рабочая версия фотоплана, основанная на первичной обработке данных "Венеры-9". Тем не менее можно увидеть, что по сравнению с окружающими крупными глыбами структура зубчатки является более сложной, — предположительно она представляет собой радиально организованный объект с лучевидной периферией (рис. 30б). Фотоплан можно рассматривать как горизонтальную проекцию зубчатки, симметрией своей формы чем-то напоминающей морского ската. Разрешение фотоплана низкое, что не позволяет сделать какие-либо более конкретные выводы о природе зубчатки и приписывать её флоре или фауне Венеры.

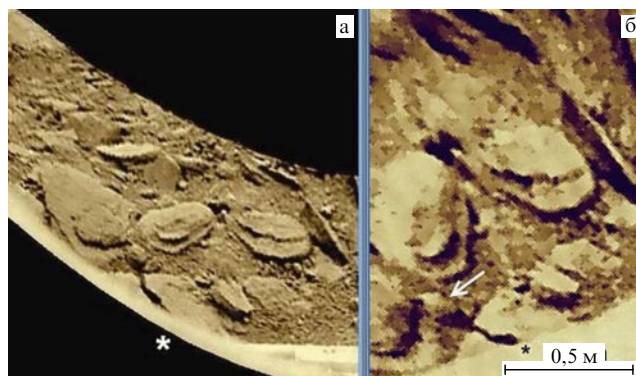
Зубчатка расположена на большом камне. Удлинённая форма деталей, которая более выражена на краю объекта (рис. 30б), похожа на перья птиц. Напомним, что



**Рис. 30.** "Зубчатка" (а) на обработанной панораме "Венеры-9" (показанная стрелкой) и её горизонтальная проекция (б) (фотоплан). Круг показывает положение и диаметр (2 м) посадочного буфера аппарата "Венера-9".

разрешение ТВ-камеры "Венеры-9" (21') вдвое хуже, чем у камер "Венеры-13" и "Венеры-14", поэтому наши попытки идентифицировать детали зубчатки следует рассматривать с осторожностью. Симметричная форма зубчатки на фотоплане действительно позволяет подозревать в ней сходство с птицей с почти 1,5-метровым размахом крыльев и выступающим на 10–15 см хвостом. Уже отмечалось, что плотная атмосфера Венеры могла бы быть удобной средой для полёта гипотетических живых существ.

**9.2.6. "Жертва".** От места на торе посадочного буфера "Венеры-9", отмеченного звёздочкой на рис. 31, по поверхности камня влево тянется тёмный сплошной след, который далее сходит с камня, расширяется и заканчивается у светлого предмета округлой формы с заострённой чёрной левой частью — возможно, объекта венерианской фауны. Подобных тёмных следов нет ни на одной из других панорам аппаратов "Венера", и, судя по плотности следа, он образован какой-то жидкой субстанцией неизвестной природы, которая не может быть водой. Критические значения температуры и давления для воды 647 К и 22 МПа, поэтому температура и давление 735 К и 9,2 МПа у поверхности Венеры не допускают там наличия жидкой воды. Субстанцией должен быть либо какой-то неизвестный высокотемпературный водный раствор, либо какая-то другая, также неизвестная, жидкая среда. Можно высказать следующее предположение о происхождении следа, который начинается непосредственно у посадочного буфера аппарата: если объект действительно относится к фауне Венеры, то здесь он мог быть повреждён буфером при посадке и, отползая, оставил тёмный след из выделений от его повреждённых тканей. Для земных животных такой след назвали бы "кровавым". (Таким образом, первую жертву земных исследований Венеры можно отнести к 22 октября 1975 г.) Положение объекта на панораме соответствует примерно 6-й минуте сканирования, а расстояние, на которое объект сумел отползти до 6-й минуты, составило 26–30 см. Сканирующая камера включилась через 1 мин после посадки, поэтому по



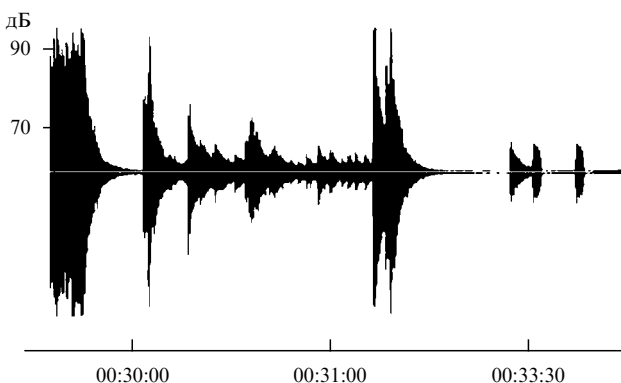
**Рис. 31.** (а) От точки посадочного буфера, отмеченной звёздочкой, влево тянется тёмный след, который, возможно, оставлял за собой раненый аппаратом объект. (б) Фрагмент фотоплана, который позволяет оценить размеры объекта (указанного стрелкой) и сопоставить положение деталей сцены. След образован какой-то жидкой субстанцией неизвестной природы (на Венере не может быть жидкой воды). Объект (размером около 18 см) сумел отползти на 26–30 см за время не более 6 мин.

прошедшему времени сканирования (6 мин) и положению объекта можно установить, что скорость его перемещения с образованием следов составляла около  $6 \text{ см мин}^{-1}$ , или  $1 \text{ мм с}^{-1}$ , т.е. была подобна указанной в предыдущих разделах.

Форма объекта при исправленной геометрии и шкала размеров показаны на фотоплане, где пострадавший объект виден между крупными камнями (рис. 31б). Выяснить, находился ли он в состоянии движения, не удаётся, так как вторая панорама "Венеры-9" до его положения не дошла. Тёмный след указывает на то, что рассматриваемые объекты Венеры при серьёзной опасности способны перемещаться со скоростью не менее  $6 \text{ см мин}^{-1}$  ( $1 \text{ мм с}^{-1}$ ) даже в повреждённом состоянии. Напомним, что "скорпион" исчез из поля панорамы в период между 93-й и 119-й минутами работы аппарата, для чего он должен был удалиться на расстояние не менее 1 м, т.е. он двигался со скоростью не менее  $4 \text{ см мин}^{-1}$ . Такие же оценки получаются и для других объектов гипотетической фауны планеты.

**9.2.7. Звуки, зарегистрированные приборами аппаратов "Венера".** В заключение следует упомянуть о звуках, зарегистрированных акустическими датчиками "Венеры-13" и "Венеры-14" [93]. При высокой плотности атмосферы Венеры поле акустических сигналов может нести информацию об активности естественных процессов и активности её гипотетической фауны. В миссиях 1982 г. выполнялся в числе других и акустический эксперимент. В приборах "Гроза" [53], установленных на аппаратах "Венера-13" и "Венера-14", имелись акустические датчики (микрофоны электромагнитного типа с металлической мембраной). Микрофоны были расположены снаружи аппарата, невысоко над поверхностью (около 140 мм). Частотная характеристика микрофона вместе с усилителем по уровню 0,5 охватывала диапазон частот 0,2–4 кГц (в холодном состоянии) и смещалась в сторону низких частот при рабочих температурах. Работоспособность микрофона (согласно испытаниям) сохранялась при температурах до  $500^\circ\text{C}$ .

Ограниченные возможности телеметрии позволяли передавать только сведения об уровне сигнала сначала во время спуска в атмосфере, затем в течение 240 с после



**Рис. 32.** Акустический эксперимент на аппарате "Венера-13" (1982 г.) за интервал 30–33 мин (момент посадки 00:29:36). Экспоненциальное убывание заднего фронта выходного сигнала акустического канала объясняется свойствами выхода электронного устройства, оно не связано со свойствами источника звука.

посадки, а далее в течение 8-секундных интервалов, повторяющихся поочередно через каждые 200 и 392 с. Частота телеметрического опроса составляла 2,5 Гц. Акустический эксперимент являлся пионерским. Полученные данные представлены на рис. 32. Первым результатом акустического эксперимента было упомянутое выше измерение скорости ветра в точках посадки "Венеры-13" и "Венеры-14". Для этого однотипный запасной прибор был помещён в аэродинамическую трубу в Московском государственном университете им. М.В. Ломоносова и прокалиброван относительно скорости и углов набегающего потока, а затем результаты были пересчитаны для условий Венеры [52]. Кроме акустического шума ветра микрофоны регистрировали и другие шумы. Вначале сильный шум издавал сам аппарат (левая часть рис. 32), отстреливались пиропатроны и работала буровая установка. Уровень шума достигал 93 дБ (ориентировочно).

Представленные результаты акустического эксперимента относятся к "Венере-13". Основные технические операции были завершены за 20 мин. Пик более 75 дБ на 31,5 мин, вероятно, также связан с аппаратом. Более поздние отсчёты, до 66–70 дБ, относятся уже к атмосфере Венеры. Происхождение пиков на 33 мин неизвестно, но к аппарату они, по-видимому, не относятся. Отчасти это также может быть шум ветра. Не обнаружено каких-либо резких изменений сигнала, которые можно было бы связать с предполагаемой активностью фауны. Но при столь коротких периодах опроса и длительных "глухих" интервалах результаты нельзя считать репрезентативными. Акустические измерения могут быть важным экспериментом по поиску фауны Венеры, если эта фауна объективно существует, а создаваемые ею акустические эффекты могут фиксироваться приборами аппарата.

## Список литературы

1. Hackerman N et al. (Eds) *The Search for Life's Origins* (Washington, DC: National Academy Press, 1990)
2. Dobretsov N et al. (Eds) *Biosphere Origin and Evolution* (New York: Springer, 2008)
3. Галимов Э М (Ред.) *Проблемы зарождения и эволюции биосферы Т. 1* (М.: ЛИБРОКОМ, 2008)
4. Розанов А Ю, Лопатин А В, Снытников В Н (Ред.) *Проблемы происхождения жизни* (М.: ПИН РАН, 2009)
5. Розанов А Ю *Палеонтологич. журн.* (6) 41 (2003); Rozanov A Yu *Paleontolog. J.* 37 600 (2003)
6. Склярёв Е В "Геологическая эволюция Земли", в сб. *Развитие жизни в процессе абиотических изменений на Земле. 2-я Всерос. научная конф., Иркутская обл., пос. Листвянка, 23–27 августа 2011 г.* (Иркутск: Листвянка, 2008)
7. Martin D, McKenna H, Livina V J. *Physiol. Sci.* 67 (1) 97 (2017)
8. Снытников В Н "Азотная жизнь на Венере", Доклад в Институте космических исследований РАН (2016)
9. Jones B W *Life in the Solar System and Beyond* (London: Springer, 2004); Пер. на русск. яз.: Джонс Б *Жизнь в Солнечной системе и за ее пределами* (М.: Мир, 2007)
10. Пармон В Н *Вестн. РАН* 72 976 (2002); Parmon V N *Herald Russ. Acad. Sci.* 72 592 (2002)
11. Parmon V N, in *Biosphere Origin and Evolution* (Eds N Dobretsov et al.) (Boston, MA: Springer, 2008) p. 89
12. Ebeling W, Engel A, Feistel R *Physik der Evolutionsprozesse* (Berlin: Akademie-Verlag, 1990); Пер. на русск. яз.: Эбелинг В, Энгель А, Файстель Р *Физика процессов эволюции* (М.: УРСС, 2001)
13. Sorokina K N et al. *ChemSusChem.* 10 562 (2017)
14. Снытников В Н *Вестн. РАН* 77 218 (2007)

15. Snytnikov V N, in *Biosphere Origin and Evolution* (Eds N Dobretsov et al.) (Boston, MA: Springer, 2008) p. 45
16. Спирин А С *Астрон. вестн.* **46** 411 (2012); Spirin A S *Solar Syst. Res.* **46** 381 (2012)
17. Ксанфомалити Л В *Кинематика и физика небесных тел* **26** (4) 84 (2010); Ksanfomaliti L V *Kinemat. Phys. Celest. Bodies* **26** 200 (2010)
18. Ксанфомалити Л В, Шематович В И *Астрон. вестн.* **44** 381 (2010); Ksanfomaliti L V, Shematovich V I *Solar Syst. Res.* **44** 200 (2010)
19. Ксанфомалити Л В *Докл. РАН* **446** 42 (2012); Ksanfomaliti L V *Dokl. Phys.* **57** 367 (2012)
20. Wainwright M et al. *Int. J. Astrobiol.* **3** (1) 13 (2004)
21. Wainwright M et al. *J. Astrobiol. Outreach.* **3** (2) 130 (2015)
22. Grotzinger J P et al. *Science* **350** aac7575 (2015)
23. Goetz W et al. *Int. J. Astrobiol.* **15** 239 (2016)
24. Smith D J *Astrobiology* **13** 981 (2013)
25. Guaita C *Eur. Phys. J. Plus* **132** 346 (2017)
26. Voosen P *Science* **357** 535 (2017)
27. Voosen P *Science* **355** 444 (2017)
28. Vago J L et al. *Astrobiology* **17** 471 (2017)
29. Glein C R, Baross J A, Waite H (Jr.) *J. Geochim. Cosmochim. Acta* **162** 202 (2015)
30. Vance S D, Hand K P, Pappalardo R T *Geophys. Res. Lett.* **43** 4871 (2016)
31. Norman L H *Astron. Geophys.* **52** (1) 1.39 (2011)
32. Morowitz H *Astrobiology* **11** 931 (2011)
33. Cockell C S *Planet. Space Sci.* **47** 1487 (1999)
34. Dartnell L R et al. *Icarus* **257** 396 (2015)
35. Morowitz H, Sagan C *Nature* **215** 1259 (1967)
36. Ксанфомалити Л В *Планеты, открытые заново* (М.: Наука, 1978)
37. Daniel I, Oger P, Winter R *Chem. Soc. Rev.* **35** 858 (2006)
38. Clarke A et al. *PLoS ONE* **8** e66207 (2013)
39. Kashefi K, Lovley D R *Science* **301** 934 (2003)
40. Takai K et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **105** 10949 (2008)
41. Hoff M *PLoS Biol.* **7** e1000258 (2009)
42. Macalady J L, Jones D S, Lyon E H *Environment. Microbiol.* **9** 1402 (2007)
43. Peet K C et al. *Appl. Environ. Microbiol.* **81** 2881 (2015)
44. Cox M M, Battista J R *Nature Rev. Microbiol.* **3** 882 (2005)
45. Musilova M et al. *Astrobiology* **15** (12) 1076 (2015)
46. Parnell J et al. *Origins Life Evol. Biospher.* **46** 107 (2016)
47. Slobodkin A I, Slobodkina G B *Microbiology* **83** (3) 169 (2014)
48. Horneck G, Klaus D M, Mancinelli R L *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* **74** (1) 121 (2010)
49. Siddiqi A A *Deep Space Chronicle: A Chronology of Deep Space and Planetary Probes 1958–2000. Monographs in Aerospace History.* (Monographs in Aerospace History, No. 24) (Washington, DC: National Aeronautics and Space Administration Office of External Relations NASA History Office, 2002)
50. Засова Л В *Механика, управление и информатика* **7** (3) 102 (2015)
51. Bonnet R-M, Grinspoon D, Pio Rossi A, in *Internat. Space Science Institute Scientific Report Series Book* **11** 7 (2012)
52. Ксанфомалити Л В, Горошкова Н В, Хондрев В К *Космич. исслед.* **21** (2) 218 (1983)
53. Ksanfomaliti L V, Scarf F L, Taylor W W L, in *Venus* (Eds D M Hunten et al.) (Tucson, AZ: Univ. of Arizona Press, 1983) p. 565
54. Ксанфомалити Л В *Астрономич. вестн.* **24** (1) 59 (1990)
55. Schulze-Makuch D, Irwin L N *Astrobiology* **2** 197 (2002)
56. Schulze-Makuch D et al. *Astrobiology* **4** 11 (2004)
57. Yates J S et al. *Astrophys. J.* **836** 184 (2017)
58. Atri D J. *R. Soc. Interface* **13** 0459 (2016)
59. Landis G A J. *Brit. Interplanet. Soc.* **56** (7–8) 250 (2003)
60. Grinspoon D H, Bullock M A, in *Exploring Venus as a Terrestrial Planet* (Geophysical Monograph Series, Vol. 176, Eds L W Esposito, E R Stofan, T E Cravens) (New York: Wiley, 2007) p. 191
61. Way M J et al. *Geophys. Res. Lett.* **43** 8376 (2016)
62. Wickramasinghe N C, Wickramasinghe J T *Astrophys. Space Sci.* **317** 133 (2008)
63. Goordial J et al. *ISME J.* **10** 1613 (2016)
64. Montmessin F et al. *Icarus* **216** 82 (2011)
65. Limaye S S et al. *Astrobiology* **18** 1783 (2018)
66. Полищук Г М, Пичхадзе К М (Ред.) *Автоматические космические аппараты для фундаментальных и прикладных научных исследований* (М.: МАИ-Принт, 2010) Гл. 2
67. Селиванов А С и др. *Космич. исслед.* **14** 674 (1976); Selivanov A S et al. *Cosmic Res.* **14** 593 (1977)
68. Селиванов А С и др. *Космич. исслед.* **21** 176 (1983)
69. Келдыш М В (Отв. ред.) *Первые панорамы поверхности Венеры* (М.: Наука, 1979)
70. Баклунов А М и др. *Космич. исслед.* **21** 151 (1983)
71. Селиванов А С, Гектин Ю М *Космич. исслед.* **21** 200 (1983)
72. Гектин Ю М, Панфилов А С *Космич. исслед.* **16** 557 (1978); Gektin Yu M, Panfilov A S *Cosmic Res.* **16** 455 (1979)
73. Волков В П *Химия атмосферы и поверхности Венеры* (М.: Наука, 1983)
74. Краснополяский В А, Паршев В А *Космич. исслед.* **18** 429 (1980)
75. Khodakovskiy I L *Planet. Space Sci.* **30** 803 (1982)
76. McGill G E, Warner J L, Malin M C, in *Venus* (Eds D M Hunten et al.) (Tucson, AZ: Univ. of Arizona Press, 1983) p. 69
77. Saundes R S et al. *J. Geophys. Res.* **97** 92JE01397 (1992)
78. Pettengill G H, Ford P G, Nozette S *Science* **217** 640 (1982)
79. Ксанфомалити Л В *Планета Венера* (М.: Наука, 1985)
80. Brackett R A, Fegley B, Arvidson R E *J. Geophys. Res.* **100** 1553 (1995)
81. Schaefer L, Fegley B (Jr.) *Icarus* **168** 215 (2004)
82. Häusler V et al. *Planet. Space Sci.* **54** 1315 (2006)
83. Сурков Ю А, Москалева Л П, Щеглов О П *Космич. исслед.* **21** 308 (1983)
84. Титов Д В *Космич. исслед.* **19** (5) 794 (1980)
85. Ksanfomaliti L *Icarus* **200** 367 (2009)
86. Флоренский К П и др., в кн. *Первые панорамы поверхности Венеры* (Отв. ред. М В Келдыш) (М.: Наука, 1979)
87. Непоклонов Б В и др., в кн. *Первые панорамы поверхности Венеры* (Отв. ред. М В Келдыш) (М.: Наука, 1979)
88. Ksanfomaliti L V *Acta Astronautica* **105** 521 (2014)
89. Ксанфомалити Л В *Докл. РАН* **459** 173 (2014); Ksanfomaliti L V *Dokl. Phys.* **59** 555 (2014)
90. Ксанфомалити Л В и др. *Космич. исслед.* **54** 229 (2016); Ksanfomaliti L V et al. *Cosmic Res.* **54** 217 (2016)
91. Ксанфомалити Л В *Докл. РАН* **453** 272 (2013); Ksanfomaliti L V *Dokl. Phys.* **58** 514 (2013)
92. Ксанфомалити Л В *Докл. РАН* **458** 647 (2014); Ksanfomaliti L V *Dokl. Phys.* **59** 498 (2014)
93. Ксанфомалити Л В *Докл. РАН* **447** 391 (2012); Ksanfomaliti L V *Dokl. Phys.* **57** 497 (2012)
94. Ksanfomaliti L V *Astrobiol. Outreach* **2** 112 (2014)
95. Флоренский К П и др. *Космич. исслед.* **21** 340 (1983)
96. Ksanfomaliti L V *Int. J. Astron. Astrophys.* **3** 57 (2013)
97. Ksanfomaliti L V, Selivanov A S, Gektin Yu M *Am. J. Mod. Phys.* **7** (1) 34 (2018)
98. Ksanfomaliti L V, Selivanov A S, Gektin Yu M *Int. J. Biotech. Bioeng.* **4** (4) 81 (2018)
99. Карягин В П и др. *Космич. исслед.* **21** 392 (1983)
100. Мошкин Б Е и др. *Космич. исслед.* **21** 236 (1983)
101. Blankenship R E *Molecular Mechanisms of Photosynthesis* (New York: Wiley, 2008)
102. Заварзин Г А *Природа* (8) 3 (2008)
103. McMillan P F *Chem. Soc. Rev.* **35** 855 (2006)
104. Zhang W et al. *Science* **342** 1502 (2013)
105. Goncharov A F et al. *J. Chem. Phys.* **142** 214308 (2015)
106. Crowhurst J C et al. *J. Phys. Chem. A* **118** 8695 (2014)
107. Hu C-H et al. *Phys. Rev. Lett.* **110** 165504 (2014)
108. Qian G-R et al. *Sci. Rep.* **4** 5606 (2014)
109. Komatsu T *Phys. Chem. Chem. Phys.* **6** 878 (2004)
110. Stavrou E et al. *Chem. Mater.* **28** 6925 (2016)
111. Eremets M I et al. *Nature Mater.* **3** 558 (2004)
112. Raza Z et al. *Phys. Rev. Lett.* **111** 23550 (2013)
113. Saleh G, Oganov A R *Sci. Rep.* **6** 32486 (2016)
114. Inagaki S *Top. Curr. Chem.* **289** 293 (2009)

115. Brinck T *Green Energetic Materials* (New York: Wiley, 2014)
116. Yin K et al. *J. Mater. Chem. A*. **3** 4188 (2015)
117. Nguyen M T *Coord. Chem. Rev.* **244** 93 (2003)
118. Steele B A et al. *Chem. Mater.* **29** 735 (2017)
119. Gao H, Shreeve J M *Chem. Rev.* **111** 7377 (2011)
120. Zhao X et al. *Mater. Des.* **90** 1050 (2016)
121. Critchley J P, Knight G J, Wright W W *Heat-Resistant Polymers. Technologically Useful Materials* (Boston: Springer, 1983)
122. Buhler K-U *Spezialplaste* (Berlin: Akademie-Verlag, 1978)
123. Qian G-R et al. *Sci. Rep.* **6** 25947 (2016)
124. Kaiser R I, Mebel A M *Chem. Soc. Rev.* **41** 5490 (2012)
125. Михайлин Ю А *Термоустойчивые полимеры и полимерные материалы* (СПб.: Профессия, 2017)
126. Budisa N, Schulze-Makuch D *Life* **4** 331 (2014)
127. Helen R Hobbs, Neil R *Chem. Rev.* **107** 2786 (2007)
128. Никитин Л Н и др. *Росс. хим. журн.* **52** (3) 56 (2008)
129. Howdle S M, в сб. *Сверхкритические флюиды (СКФ): фундаментальные основы, технологии, инновации. VI Научно-практическая конф. с международным участием, пос. Листвянка, Иркутской обл., Россия, 4–7 июля, 2011 г. Тезисы докладов* (Новосибирск: Институт катализа им. Г К Борескова СО РАН, 2011) с. 7; <http://www.catalysis.ru/resources/institute/Publishing/Report/2011/037-2011-Abstracts-SUPERCRITICAL-Baikal.pdf>
130. Oyama V I et al. *Science* **203** 802 (1979)
131. Краснопольский В А *Фотохимия атмосфер Марса и Венеры* (М.: Наука, 1982)
132. Huber C, Wächtershäuser G *Science* **314** 630 (2006)
133. Bukhtiyarova G A et al. *J. Mol. Catal. A* **158** 251 (2000)
134. Masyuk N, Sherin A, Snytnikov V N, Snytnikov V N *J. Analyt. Appl. Pyrolysis* (2018) <https://doi.org/10.1016/j.jaap.2018.05.017>
135. Sojo V et al. *Astrobiology* **16** 181 (2016)
136. Шапатина Е Н, Кучаев В Л, Темкин М И *Кинетика и катализ* **29** 603 (1988)
137. Moggi P, Predieri G, Maione A *Catal. Lett.* **79** 7 (2002)
138. Rosowski F et al. *Appl. Catal. A* **151** 443 (1997)
139. Zhang C-J et al. *Nature Commun.* **9** 2137 (2018)
140. Roussel E G et al. *Science* **320** 1046 (2008)
141. Бонч-Осмоловская Е А *Микробиология* **83** 255 (2014)
142. Inagaki F et al. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* **103** 14164 (2006)
143. Zhang L J et al. *Nature Rev. Mater.* **2** 17005 (2017)
144. Batyrev I G *J. Phys. Chem. A* **121** 638 (2017)
145. Kurzydowski D, Zaleski-Ejgierd P *Sci. Rep.* **6** 36049 (2016)
146. Титов Д В и др. *Астрон. вестн.* **43** 195 (2009); Titov D V et al. *Solar Syst. Res.* **43** 185 (2009)
147. Иванов М А и др. *Астрон. вестн.* **51** 3 (2017); Ivanov M A et al. *Solar Syst. Res.* **51** 1 (2017)
148. Voosen P *Science* **358** 984 (2017)
149. Cooper K, *Astrobiology Mag.*, <http://www.astrobio.net/venus/dark-streaks-venus-clouds-microbial-life/> (2017)
150. Экономов А П, Ксанфомалити Л В *Астрон. вестн.* **52** 43 (2018); Ekonomov A P, Ksanfomality L V *Solar Syst. Res.* **52** 37 (2018)

### Hypothetical signs of life on Venus: revising results of 1975–1982 TV experiments

L.V. Ksanfomality<sup>(1)</sup>, L.M. Zelenyi<sup>(1,2)</sup>, V.N. Parmon<sup>(3,4)</sup>, V.N. Snytnikov<sup>(3,4)</sup>

<sup>(1)</sup> Space Research Institute, Russian Academy of Sciences,

ul. Profsoyuznaya 84/32, 117997 Moscow, Russian Federation

<sup>(2)</sup> Moscow Institute of Physics and Technology (State University),

Institutskii per. 9, 141700 Dolgoprudnyi, Moscow region, Russian Federation

<sup>(3)</sup> Borezkov Institute of Catalysis, Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences,

prosp. Akademika Lavrent'eva 5, 630090 Novosibirsk, Russian Federation

<sup>(4)</sup> Novosibirsk State University,

ul. Pirogova 1, 630090 Novosibirsk, Russian Federation

E-mail: <sup>(1)</sup>ksanf@iki.rssi.ru, <sup>(1,2)</sup>lezelenyi@gmail.com, <sup>(1,2)</sup>lzelenyi@iki.rssi.ru, <sup>(3,4)</sup>parmon@catalysis.ru, <sup>(3,4)</sup>snytnikov@catalysis.ru, <sup>(3,4)</sup>valsnyi@gmail.com

An extraterrestrial life presumably may be discovered not in the worlds separated from Earth by tens of parsecs but on the surface of Earth's nearest planet neighbor in the Solar system, Venus. This conclusion follows from the newly processed archive data of the TV experiment that was performed in 1975 and 1982 on Venus surface by VENERA, Soviet spacecraft missions. One of the main experiments, pioneering *in-situ* TV scanning of the planet surface, has never been repeated by any other space mission. The unique archive data have been reprocessed using state-of-the-art technologies that enabled image details to be substantially improved. The new analysis of the VENERA television images has identified up to 18 hypothetical living objects that feature a complex regular structure and presumably are capable of a very slow motion. The objects whose dimensions are significant may be indicative of the existence of life on the planet whose physical environment is crucially different from Earth's. Water, which is terrestrial life's basis, cannot exist in liquid phase at temperatures about 460 °C characteristic of the spacecraft landing sites. The water content in the gaseous state is also negligible (about of  $2 \times 10^{-5}$ ). Both water and oxygen are virtually absent in Venus's atmosphere. Therefore, the question is: what matter may the life on the planet be built on? We consider chemical compounds stable at high temperatures that may be a base for the hypothetical Venusian life. We conclude that to explore Venus's hypothetical life, a new dedicated mission, much more advanced than the VENERA missions, should be sent to the planet.

**Keywords:** Venera missions, TV-experiments, astrobiology, amissadas

PACS numbers: 96.12.Kz, 96.30.Ea, **96.90.+c**

Bibliography — 150 references

Received 31 August 2018, revised 29 December 2018

*Uspekhi Fizicheskikh Nauk* **189** (4) 403–432 (2019)

*Physics – Uspekhi* **62** (4) (2019)

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNr.2018.12.038507>

DOI: <https://doi.org/10.3367/UFNe.2018.12.038507>