

Космическая версия зарождения жизни

Часть 2. Неопознанные атмосферные образования Роуна Джозефа с точки зрения современной науки

Виктор Алексеев

В первой части статьи были рассмотрены видеозаписи результатов американско-итальянской системы привязанных спутников (TSS-1R), полученные ровно тридцать лет назад во время миссии космического шаттла «Колумбия» (22 февраля 1996 года). В опубликованной не так давно статье известного астробиолога Роуна Джозефа [1] предлагалось интерпретировать некоторые атмосферные плазменные образования, зафиксированные на этих видеозаписях, как самоорганизующиеся субстанции, которые миллиарды лет назад могли инициировать зарождение биологической жизни на Земле.

Во второй части статьи показано, насколько доказательны с точки зрения современной науки новые аргументы в поддержку внеземного зарождения жизни, предложенные Роуном Джозефом.

Тропосферная плазма и протожизнь по версии Роуна Джозефа

Заголовок этого раздела взят из статьи Роуна Джозефа (Rawn Joseph) [1], обсуждение которой мы начали в прошлом номере журнала «Современная электроника» № 2, 2026. В этой работе международная группа исследователей аномальных явлений под руководством Роуна Джозефа спустя тридцать лет решила заново проанализировать результаты экспериментов, проведённых во время полёта шаттла STS-75 в 1996 году. В частности, эта группа авторов пришла к заключению о том, что зафиксированные на видеозаписях космического корабля Columbia плазменные образования могли способствовать образованию РНК и зарожде-



Рис. 1. Объект «Pinnacle Island», обнаруженный марсоходом Opportunity (NASA/JPL-Caltech). Интерпретация данного объекта как возможного биологического образования была предложена Р. Джозефом в 2014 г. [8]

нию протожизни на Земле миллиарды лет назад.

Авторы статьи старались заставить своих читателей просто поверить в предлагаемый феномен, для объяснения которого не требовалось ни специального образования, ни даже простейших логических объяснений. Поэтому имеет смысл попытаться разобраться, что в этой статье может представлять интерес с точки зрения современной науки.

В первую очередь стоит напомнить, что Роун Джозеф (Rawn Gabriel Joseph) по образованию и ранней профессиональной деятельности невробиолог и нейропсихиатр, имеющий степень PhD, автор учебника по нейронаукам [2].

В 2000 году в первой своей книге Джозеф начал разрабатывать идею зарождения жизни в космосе [3]. Стоит отметить, что название издательства University Press на титульном листе является собственной торговой маркой Роуна Джозефа, не имеющей никакого отношения к университету [4]. Позже Джозеф продолжил развивать это направление на своих собственных сайтах: Journal of Cosmology, Cosmology.com, BrainMind.com.

С 2012 года Джозеф начинает эксплуатировать новый вариант основной темы: «плазмоиды в термосфере и НЛО». По этой тематике появился ряд таких статей, как «Доказательства существования внеземных экстремофилов и плазмы в термосфере», «Вне-

земная жизнь в термосфере» и другие [5].

Первая работа, в которой Джозеф интерпретировал видео, полученные во время полётов Columbia, была опубликована в 2012 году под названием «Evidence of Extremophiles and Plasmas in the Thermosphere» [6]. В этой статье была предложена интерпретация видеоматериалов Columbia как доказательства того, что плазменные образования в термосфере могут быть «внеземными экстремофилами» или плазменными типами форм жизни. Полную библиографию Роуна Джозефа можно найти на сайте [7].

Характерным примером является интерпретация снимков поверхности Марса. Джозеф пришёл к выводу о том, что объект, получивший впоследствии название «Pinnacle Island», может представлять собой «предполагаемый биологический организм» – Putative Biological Organism (рис. 1) [8].

В ответ на это NASA официально заявило, что объект имеет чисто геологическое происхождение [9, 10, 11].

Его интерпретация основывалась исключительно на визуальном сходстве формы объекта с биологическими структурами. Такой подход порождает трактовки явлений исключительно в рамках одной главенствующей идеи. Например, авторы статьи однозначно и категорично утверждают, что исследуемые ими объекты на видеозаписях являются неопознанными плазменными образованиями, которые двигаются с огромными скоростями, мгновенно останавливаются, разворачиваются на 180 градусов и преследуют друг друга [1]. При этом выводы делаются на основании единственного аргумента «выглядят, как живые».

Например, в предыдущей работе на эту тему Джозеф сравнивает один из снимков, полученных из видеоматериалов полета шаттла STS-75, с клеточной структурой зелёных водорослей Eudorina Elegans, живущих колониями, которые обычно состоят из 32 или

64 клеток, заключённых в общую сферическую сферу [6].

Методологические ограничения данного подхода отмечались рядом исследователей. Так, физик David Brin пишет, что: «... хотя эта статья Роуна Джозефа интересна и увлекательна для чтения и демонстрирует амбициозное стремление, которое делает честь доктору, в ней есть несколько вопиющих недостатков. Главный из них заключается в том, что эта статья создаёт притянутую за уши теорию...» [12].

Эта вводная информация позволяет понять метод исследования, который использовался авторским коллективом работы [1] для интерпретации видеоматериалов, полученных во время полёта шаттла STS-75, тридцатилетний юбилей которого поклонники космонавтики отмечают 22 февраля 2026 года.

Пылевая плазма

Поскольку в начале своей статьи [1] авторы приводят краткий обзор общепризнанных научных фактов из области физики атмосферной пылевой плазмы, для оценки их выводов необходимо обратиться к физике сложной плазмы.

В частности, Джозеф цитирует работы известного российского физика-теоретика Вадима Николаевича Цитовича, одного из ведущих специалистов по физике неравновесной плазмы, который двадцать лет назад сформулировал базовые свойства пылевой плазмы [13].

Пылевая плазма (Dusty Plasma) представляет собой ионизированный газ, содержащий электроны, ионы и твёрдые заряженные микрочастицы (пыль). Упрощённая схема процесса получения пылевой плазмы в лабораторных условиях выглядит следующим образом.

Экспериментальная установка представляла собой газоразрядную камеру, заполненную инертным газом при низком давлении порядка 10 Па. Если подать на её электроды напряжение и медленно его увеличивать, то сначала атомы и молекулы газа будут превращаться в ионы и электроны. При определённом напряжении возникнет тлеющий разряд. То есть молекулы и ионы будут диссоциировать на соответствующих электродах. Затем нам нужно «впрыснуть» в камеру микрочастицы диэлектрика с высоким коэф-

фициентом ионизации, такие как, например, диоксид церия. Эти частицы, взаимодействуя с ионами и электронами плазмы, будут заряжаться. Таким образом получим заряженные частицы, левитирующие в плазме за счёт равновесия гравитационных и кулоновских сил.

Следует чётко различать два типа лабораторной пылевой плазмы: «криогенную» и «комнатную». Например, в ранних работах российских экспериментаторов (2005 г.), на результаты которых ссылается В.Н. Цитович, изучалась криогенная пылевая кристаллическая плазма, возникающая при тлеющем газовом разряде в гелии при температуре около 4,2 К.

С другой стороны, современное экспериментальное лабораторное оборудование позволяет получать пылевую плазму при тлеющем разряде в благородном газе (Ar) при комнатной температуре. Такая плазма получила название «холодная пылевая плазма» (Cold Dusty Plasma). В этой плазме температура электронов составляет примерно 1–5 эВ, а сам реактор находится при комнатной температуре. Слово «холодная» (Cold) здесь подчёркивает отличие от «горячей» плазмы, температура которой находится в районе 100°C. Высокотемпературная плазма (High Temperature Plasma), реализующаяся в процессе термоядерного синтеза, имеет температуру выше миллиона градусов Цельсия.

В качестве примера установки для исследования криогенной пылевой кристаллической плазмы можно привести работы советских учёных. Например, установка Сергея Антипова из АН СССР работала следующим образом [14]. На первом этапе организовывался стандартный тлеющий разряд в гелии при низком давлении (10...100 Па) и комнатной температуре. При этом использовалась примерно такая же схема, как и описанная выше.

На следующем этапе в плазму вводили микрочастицы размером несколько микрон, состоящие из диэлектриков или оксидов типа двуокиси церия.

На следующем этапе реакторную трубку охлаждали с помощью жидкого азота до температуры около 77 К, а затем с помощью жидкого гелия довели температуру до примерно 4,2 К.

Подавление теплового движения способствовало усилению кулоновского взаимодействия, в результате чего в районе электродов начинали ска-

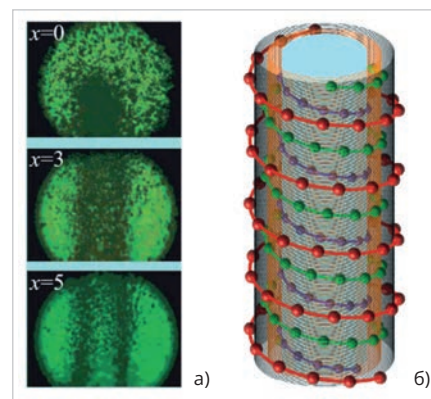


Рис. 2: а) следы микрочастиц, движущихся самоорганизующимся образом, на стенках разрядной камеры в криогенной плазме постоянного тока при $T = 2,7\text{ К}$; б) модель центральной части спиральной структуры криогенной плазмы, основанная на результатах экспериментов

пливаться слоистые структуры с концентрацией примерно 109 частиц на кубический сантиметр. Наряду с этим межчастичное расстояние становилось сравнимым с радиусом экранирования, и кулоновское отталкивание между частицами начинало доминировать над тепловым движением. Это условие было ключевым для начала процесса кристаллизации (параметр связи $\Gamma \gg 1$). Вся система постепенно переходила в кристаллоподобное состояние, где частицы занимали почти регулярные позиции с малой амплитудой колебаний вокруг равновесных мест. В результате образовывалась так называемая самоорганизующаяся кулоновская плазма. Поскольку Dusty Plasma является открытой системой с неравновесными процессами, сопровождающимися обменом энергией, она стремится к переходу в состояние с упорядоченными структурами (Plasma Crystals, Chains, Helices). Таким образом, самоорганизация возникает благодаря неравновесным процессам, обусловленным балансом электростатических взаимодействий, инерционных эффектов и динамических возмущений. Некоторые конфигурации демонстрируют метастабильные состояния при медленном изменении внешних параметров, таких как плотность плазмы и напряжённость поля.

Для визуализации структуры реактор просвечивался через специальные окна лазером с длиной волны 532 нм, на которой свет рассеивался микрочастицами. В рассеянном свете образо-

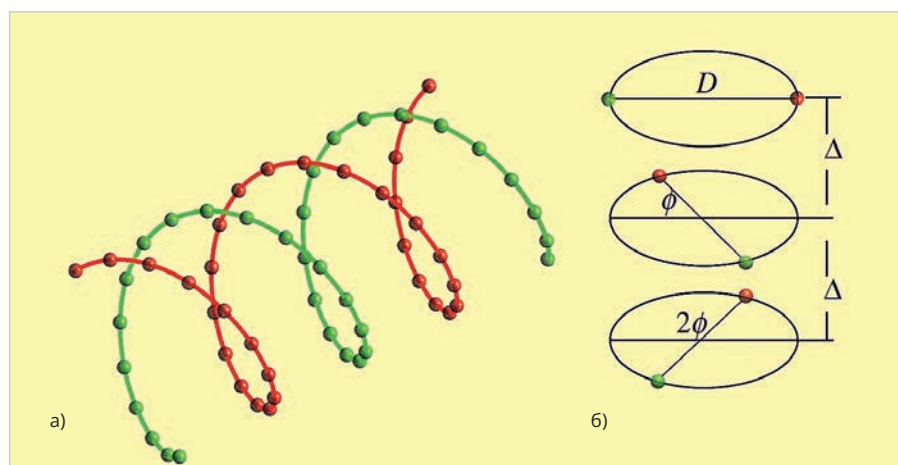


Рис. 3. Пример численного моделирования двойной PHLC-структуры

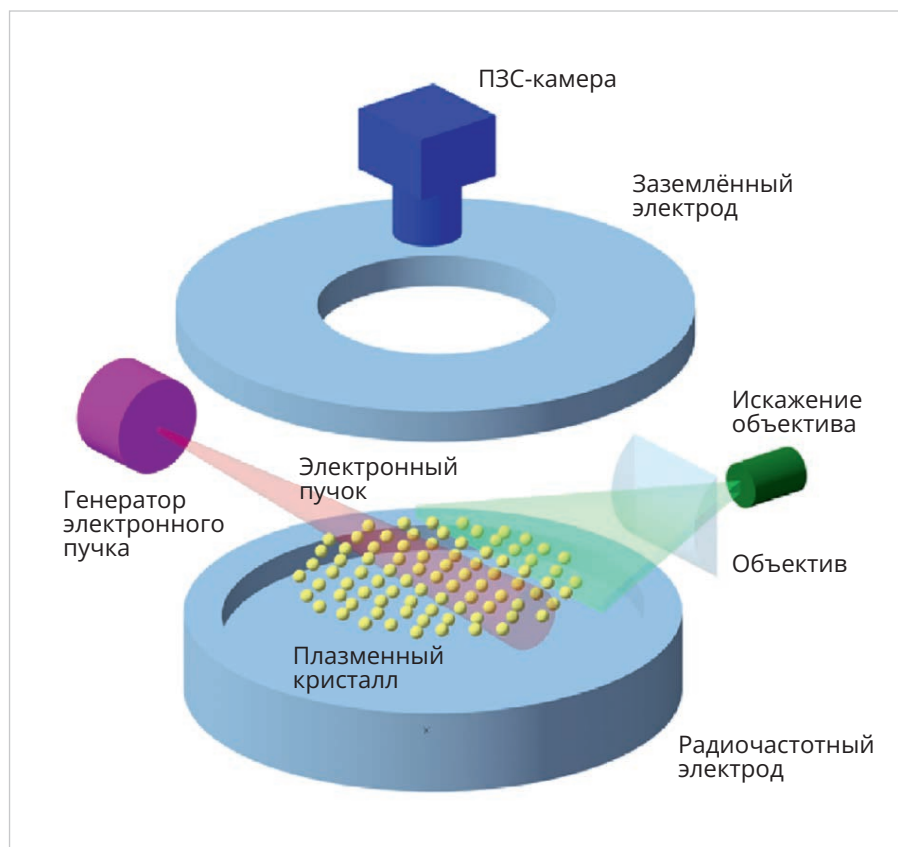


Рис. 4. Установка для облучения плазменного кристалла электронным пучком: верхний слой кристалла освещается световым лучом, получаемым от лазерного диода (ЛД), и контролируется ПЗС-камерой

вавшиеся структуры снимали высокоскоростной CCD-камерой. Результаты съёмки позволяли определять с помощью специального ПО расстояния между микрочастицами и оценивать структуру образовавшегося кристалла.

На рис. 2а [13] показаны следы спиральных структур на стенках камеры, наблюдаемые в описанной выше установке. Следует подчеркнуть, что на рисунке «а» показан не сам «снимок непосредственно плазменного кристалла», а следы конической спиральной структуры от микрочастиц,

выделенные чёрным цветом. Зелёным цветом отмечен фон тлеющего разряда. Три рисунка соответствуют различным расстояниям: от вершины конуса ($x = 0$ мм); середина конуса ($x = 3$ мм); основание конуса ($x = 5$ мм).

На рис. 2б приведена теоретическая модель структуры центральной части спиральной части Worm Like (форма червяка), разработанная на основе экспериментальных данных, показанных на рис. 2а.

В последующих экспериментах наблюдались также вихревые потоки

и конвекция частиц вокруг цилиндрических плазменных кристаллов, что подтвердило динамический характер структур Self-Organized и их взаимодействие с окружающей плазмой. Важным в этой работе Сергея Антипова является то, что в условиях криогенного тлеющего разряда экспериментально было подтверждено формирование кристаллоподобных структур.

Дальнейшие эксперименты, проведённые в различных лабораториях мира, доказали существование криогенных плазменных кристаллов, имеющих спиралевидные структуры. Результаты численного моделирования структур типа Plasma Helix-Like Crystal, выполненные В.Н. Цитовичем с сотрудниками в рамках молекулярно-динамического подхода и анализа устойчивости самосогласованных конфигураций заряженных частиц, показаны на рис. 3 [13].

В последние годы активно изучаются вихревые структуры в пылевой плазме (Dusty Plasma). Подробный обзор современных теоретических, вычислительных и экспериментальных работ представлен в работе М. Choudhary (2025) [15].

В современных экспериментах в основном используются установки, работающие с пылевой плазмой при комнатных температурах. Схему работы таких установок можно разделить на две части. Сначала подготавливают пылевую плазму при комнатной температуре в соответствии с описанной выше методикой работы с криогенной плазмой. На втором этапе образуются упорядоченные структуры с различными формами.

Для формирования кристаллов подобных структур в установках с комнатной температурой используются следующие методы [16]:

- внешнее воздействие электронным пучком;
- градиент ионного потока (Ion Drag Gradient).

В установке, показанной на рис. 4, плазменный кристалл, полученный с помощью описанных выше методов, облучается сфокусированным пучком электронов.

Схема включает несколько вакуумных секций, соединённых по оси распространения пучка. В первой секции создаётся пучок электронов с применением разряда типа Пеннинга. В магнитно-электрической ловушке создаётся низкотемпера-

турная плазма, из которой свободные электроны извлекаются через малое отверстие экстракционного электрода. При подаче ускоряющего напряжения (10 кВ) формируется поток электронов, который через диафрагменное отверстие вводится в камеру пылевой плазмы и начинает взаимодействовать с заряженными пылевыми частицами. Импульс, передаваемый быстрыми электронами, создаёт дополнительную силу сопротивления (Electron Drag), вызывающую направленное движение частиц. В результате формируются вихревые течения или вращение всей структуры. Изменяя энергию, ток и геометрию пучка, а также параметры плазмы (давление газа, мощность ВЧ-разряда, размер частиц), установка позволяла моделировать широкий спектр коллективных эффектов в пылевой кристаллической плазме.

Интересные результаты были получены при воздействии электронного пучка на двумерный плазменный кристалл [17].

Целью эксперимента являлось исследование управляемого вращения плазмы. В этих экспериментах измерялась скорость движения частиц в зависимости от таких параметров разряда, как энергия пучка (8–14 кэВ), давление газа и размеры частиц известны.

На рис. 5 показана динамика квазидвумерного плазменного кристалла при боковом облучении электронным пучком. На этом рисунке приведены траектории движения отдельных пылевых частиц, восстановленные методом отслеживания частиц (PTV). Наблюдается формирование концентрических орбит, свидетельствующих о вращении всей кристаллической структуры как единого объекта. При этом внутренняя часть кристалла вращается медленнее, тогда как частицы на периферии обладают большей линейной скоростью.

Механизм вращения связан с асимметричным воздействием электронного пучка. Поскольку пучок смещён относительно центра кристалла, частицы, расположенные на облучаемой стороне, испытывают дополнительную силу электронного сопротивления. Благодаря сильному кулоновскому взаимодействию между частицами возникающий локальный импульс перераспределяется по всей структуре, приводя к появлению

крутящего момента и последующему вращению кристалла.

Важной особенностью является сохранение кристаллической симметрии. Несмотря на вращение, структура в целом остаётся упорядоченной, хотя отдельные частицы могут совершать скачкообразные перестройки положений.

Большое внимание исследованиям кристаллической пылевой плазмы уделяется РФ. В институтах Академии наук ФИАН и ИКИ РАН разработаны установки типа «Кристалл-1/2» и гиперболические ловушки для 2D/3D-кристаллов в стратифицированных разрядах. Ведутся работы по волновой динамике, зарядке частиц, моделированию фронтов плавления/горения [18].

Фундаментальными исследованиями фазовых переходов и самосборки в упорядоченных структурах комплексной плазмы занимаются в НОЦ «Плазма» [19]. Вопросами плазмохимии и разработками виртуальных датчиков для плазмохимического травления занимаются в МГУ, МАИ, ФТИ имени Иоффе [20].

Подробный обзор российских исследований в области структурированной комплексной плазмы приведён в статье [21].

Стационарные лабораторные установки, подобные описанной выше, позволяют формировать квазидвумерные плазменные кристаллы и управляемо воздействовать на них внешними силами. Однако наличие силы тяжести на Земле ограничивает толщину и объём формируемых структур. При этом микрочастицы левитируют в узкой области плазменной оболочки над электродом, а формируемый кристалл остаётся преимущественно двумерным.

Идея изучения трёхмерных объёмных структур и крупномасштабной динамики пылевой плазмы в условиях невесомости впервые была реализована с использованием беспилотных космических запусков в рамках немецкой программы TEXUS (Technologische Experimente Unter Schwerelosigkeit). Первый запуск, проведённый в ноябре 1996 года с базы ESRANGE (Швеция), обеспечил 6 минут исследований пылевой плазмы в условиях микрогравитации. Экспериментальная полётная установка включала RF-разрядную камеру, лазерную подсветку и ПЗС-камеры, фиксирующие

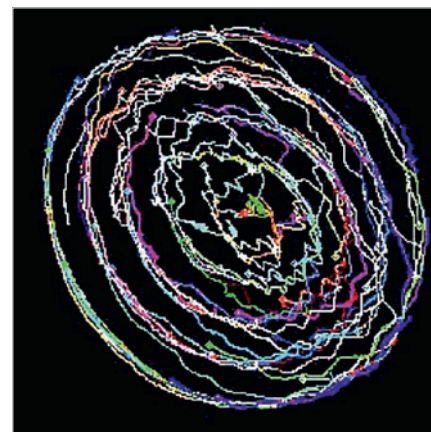


Рис. 5. Динамика квазидвумерного плазменного кристалла при боковом облучении электронным пучком

данные на борту для последующего анализа в наземной лаборатории.

В этой установке использовался симметричный параллельнопластинчатый RF-разряд (0,5 Вт) в стеклянном цилиндре (диаметр ~13,6 см, высота 7 см), заполненный криптоном при давлении ~0,4 мбар. В качестве микрочастиц использовались полимерные сферы диаметром 14,9 мкм. Плазма образовывалась между двумя плоскими электродами, расположенными параллельно друг другу. На один электрод подавалось переменное высокочастотное напряжение (13,56 МГц), вызывающее ионизацию газа (аргон). В этом случае электроны успевали, в то время как тяжёлые ионы почти не реагировали. Таким образом, у поверхности электродов возникают плазменные оболочки (Sheath).

В условиях микрогравитации эксперименты TEXUS-35 продемонстрировали крупномасштабные конвективные структуры и вихревые потоки вокруг пустот (Voids) в объёме комплексной плазмы. Важно то, что эти структуры воспроизводимы и объясняются суммарным действием электрической силы, ионного дрега и межчастичного взаимодействия.

Полёт TEXUS-35 стал отправной точкой для микрогравитационных исследований комплексной плазмы: доказал возможность 3D-структур, выявил роль термофореза в Void и вихревую динамику, обосновав необходимость долгосрочных экспериментов на МКС. Последующие исследования TEXUS-36 (1998) и параболические запуски привели к полноценным ISS-программам [22].

Естественным развитием европейской программы TEXUSUS стала иници-

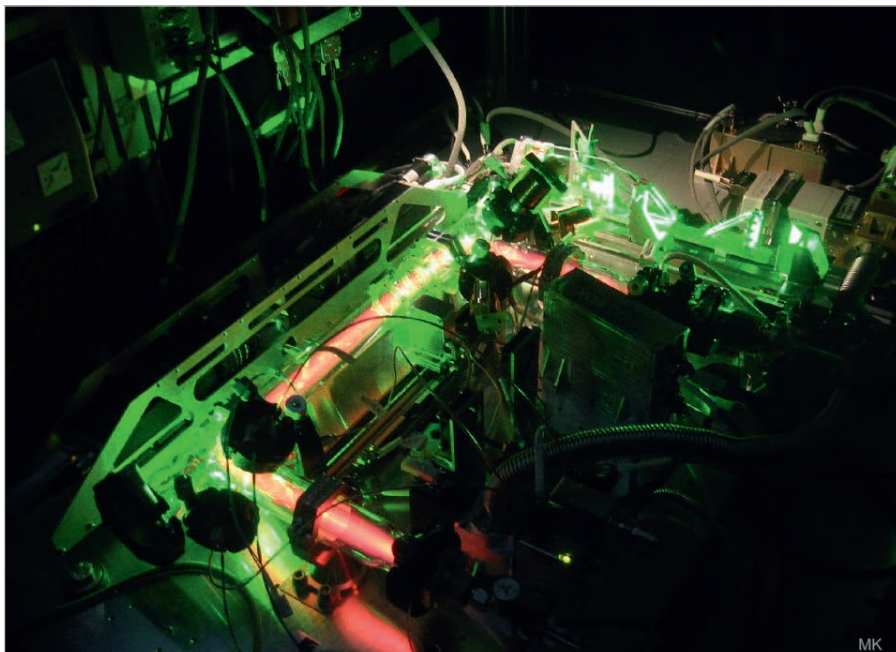


Рис. 6. Установка ПК-4 на МКС [28]

ированная Россией международная долгосрочная программа исследований на борту международной космической станции. Из наиболее интересных работ в этой области стоит отметить проект «Плазменный кристалл», который проводится на борту (МКС) с 2001 года. Начало этих работ было положено в январе 1998 года на орбитальной станции «Мир» с первой установки ПК-1, по конструкции аналогичной описанной выше для проекта TEXUS. Проект частично продолжается и в настоящее время. За эти годы установка для исследований комплексной плазмы постоянно модернизировалась.

Результаты исследований ПК-1, ПК-2, ПК-3 описаны в работах [23–27]. Последняя модель ПК-4, запущенная в 2015 году, представляет собой сложный программно-измерительный комплекс с реактором на основе высокочастотной пылевой газоразрядной трубки. В состав этого оборудования входят: модернизированный газоразрядный реактор с дополнительными клапанами и регуляторами газа для контроля утечек и стабильности потока; вакуумная камера в гермоблоке; программируемая ПЗС-камера; специализированный управляющий компьютер. Внешний вид установки ПК-4 показан на рис. 6.

Этот международный эксперимент стал одним из ключевых проектов по исследованию комплексной плазмы в условиях микрогравитации. В ходе экспериментов было

показано, что заряженные микрочастицы в плазме способны формировать трёхмерные «плазменные кристаллы», демонстрирующие фазовые переходы, коллективные колебательные моды (Dust-Lattice Waves), дефекты решётки и нелинейную динамику. Условия «невесомости» на МКС позволили впервые исследовать объёмные сильносвязанные кулоновские системы (Strongly Coupled Coulomb Systems – SCCS). В этом состоянии пылевой плазмы заряженные микрочастицы взаимодействуют друг с другом настолько сильно, что их энергия электростатического отталкивания значительно превышает их кинетическую энергию (тепловую энергию движения). Ключевым преимуществом микрогравитации является возможность формирования однородных трёхмерных облаков частиц, тогда как в гравитационном поле они сжимаются и образуют квазидвумерные структуры. В результате микрочастицы располагаются в реакторе таким образом, что образуют внутреннюю 3D-полость, что даже в принципе недостижимо в наземных условиях [29].

Многолетние исследования на борту МКС, выполненные в рамках «ПК-1-ПК-4», позволили уточнить ряд фундаментальных проблем в гидродинамике (ударные волны, турбулентность в упорядоченных средах). В астрофизике результаты экспериментов ПК-4 используются при моделировании процессов в кольцах Сатурна и в недрах белых карликов [30].

По результатам исследований ПК-1-ПК-4 было опубликовано около 130 научных работ, обобщённых в подробном отчёте, подготовленном авторским коллективом в составе двадцати пяти известных российских и европейских учёных [31].

В процессе работ по проекту «Плазменный кристалл» были получены уникальные результаты, которые найдут практическое применение в таких прикладных областях, например, как:

- поверхностные явления на границе полупроводников;
- плазменное напыление и травление в производстве микрочипов;
- открытые струи холодной плазмы в медицине и косметологии.

Из последних публикаций по этой теме можно отметить работу [32]. Статья посвящена перспективам организации на орбите в космосе производства прецизионных микрокомплектующих с использованием прямого плазменного формования и плазменно-ассистированной печати, а также нуклеации частиц в плазме и левитации. Авторы подчёркивают, что сочетание микрогравитации, вакуума и солнечной энергии создаёт уникальные условия для формирования материалов и структур, недостижимых на Земле, включая снижение внутренних напряжений, равномерное тепловое распределение и отсутствие окисления при печати. В работе делается вывод, что накопленный наземный технологический задел уже достаточен для перехода к космическим экспериментам по плазменной 3D-печати и формированию структур непосредственно в условиях микрогравитации.

В заключение этого раздела можно сказать, что многолетние лабораторные и космические эксперименты сформировали целостное представление о физике комплексной плазмы, включая процессы зарядки микрочастиц, фазовые переходы, коллективные течения и самоорганизацию в плазменных кристаллах. Современные работы по плазменно-поддерживаемым технологиям, в том числе аддитивному производству в микрогравитации, демонстрируют, что накопленная экспериментальная и теоретическая база уже позволяет уверенно описывать механизмы нуклеации пылевых частиц, их динамику и взаимодействие с плазменной средой. Таким образом, исследования

последних десятилетий показывают, что комплексная плазма перестала быть исключительно экзотическим объектом фундаментальной физики и превратилась в хорошо изученную модельную систему, обладающую значительным потенциалом для прикладных космических технологий и будущих производственных процессов вне Земли.

Комментарии экспертов

В своей статье [1] Роун Джозеф, ссылаясь на работу Вадима Николаевича Цитовича [13], выделяет из её контекста две основные мысли:

- при достижении определённых условий пылевая плазма начинает самопроизвольно выстраиваться в упорядоченные структуры;
- под действием внешних факторов эти упорядоченные структуры пылевой плазмы могут принимать форму, напоминающую структуру ДНК (рис. 3).

Напомним, что в работе [13] приведены результаты моделирования поведения микрочастиц, взвешенных в криогенной плазме, которые сопоставлялись с экспериментальными данными, полученными С.Н. Антоновым [14]. Компьютерная симуляция показала, что наиболее близкие к эксперименту теоретические вычисления могут быть получены при учёте нелинейных взаимодействий различных факторов (кулоновские силы, гравитация, подвижность, давление газа, вязкость и т.д.) на положение микрочастиц в цилиндрическом реакторе.

Эти два свойства пылевой плазмы, отмеченные выше, были неоднократно доказаны в течение последних двадцати лет, как экспериментально, так и теоретически. Иными словами, свойство пылевой плазмы самоорганизовываться в упорядоченные структуры, в том числе и в форме спирали, является неоспоримым научным фактом.

Именно эти свойства Роун Джозеф использует в качестве научной основы своей гипотезы о термосферной плазме как источнике протожизни на Земле.

При этом Джозеф оставляет без внимания тот факт, что в своей статье [13] В.Н. Цитович оперирует понятиями «общей теории открытых нелинейных систем». В указанной работе он описывает процесс самоорганизации пылевой плазмы, используя термин «Self-

Organization», который применяется для объяснения спонтанного упорядочивания микрочастиц пылевой плазмы при охлаждении до температуры около 4,2 К. Этот термин используется в контексте формирования стабильных взаимодействующих геликоидальных структур (Helical Structures Dusty Plasma) в пылевой плазме, где пылевые частицы под влиянием плазменных потоков, перезарядки и перескрининга поляризации организуются в конфигурации, имитирующие свойства живой материи. Именно с этой точки зрения В.Н. Цитович вводит термин «Inorganic Living Matter», рассматривая его в качестве иллюстрации процесса самоорганизации.

Наряду с этим данный термин был применён в контексте обсуждения процессов самоорганизации начальной пылевой плазмы, возникающих при качественных резких изменениях в поведении нелинейной динамической системы при вариациях параметров, от которых она зависит. Ещё раз подчеркнём, что используемые В.Н. Цитовичем характеристики бифуркационных переходов и структурной устойчивости плазменных конфигураций, такие как Memory Marks, Self-Duplication, Evolution-Like Behaviour, Non-Hamiltonian Dynamics, относятся к общей динамике нелинейной открытой системы. Эти явления трактуются в физическом, а не в биохимическом смысле, и не предполагают наличия генетической информации, молекулярной репликации или метаболизма.

Никакой прямой аналогии с чисто биологическими процессами В.Н. Цитович не отмечает. Скорее наоборот, он подчёркивает роль нелинейных механизмов плазменных взаимодействий, таких как Over-Screening of Plasma Polarization, обеспечивающих аттракцию даже одноимённо заряженных структур. При этом он детально описывает такие физические механизмы, как плазменные потоки, топология без прямых упоминаний внесезонной жизни.

Второй аргумент, который использует Джозеф, – это полученный в модельных расчётах В.Н. Цитовича спиральный вид кристаллической формы пылевой плазмы, напоминающий структуру ДНК (рис. 3). Используемая в работе [13] математическая модель построена так, что учитывает поступательное движение микрочастицы вперёд под действием суммар-

ного вектора сил при одновременном вращении вокруг оси направления движения. Характерный простой пример – это нарезка резьбы на токарном станке. Подобные структуры часто встречаются в природе и объясняются хорошо известными законами физики, химии, биологии и т.д. В каждом конкретном случае есть вращение и поступательное движение, обусловленные особенностями физико-химических взаимодействий. В частности, двойная спираль ДНК объясняется компромиссом между кулоновским отталкиванием и водородными связями. Движение электронов в магнитном поле имеет цикло-винтовую траекторию благодаря действию двух векторов. Винтовые дислокации в кристаллах определяются дефектами решётки и упругими напряжениями. Галактические рукава определяются дифференциальным вращением галактики.

В то же время спиралевидные структуры возникают потому, что это наиболее выгодная энергетически форма, обеспечивающая равномерное распределение напряжения и устойчивость к флуктуациям. Также следует учитывать, что спираль является естественной формой, возникающей при нарушении симметрии.

Таким образом, спиралевидная структура кристаллической пылевой плазмы не является чем-то исключительным и хорошо вписывается в общую теорию универсальной динамики открытых нелинейных систем.

От теоретических основ авторы [1] переходят к экспериментальным доказательствам своей гипотезы, используя для этого фотографии, экстрагированные с использованием специального программного обеспечения из видеоматериалов, полученных во время полётов шаттлов: STS-48, STS-75, STS-80, STS-96, STS-101, STS-106, STS-115, STS-119, STS-123.

В работе [1] сказано, что выполненные в ней исследования аномальных атмосферных явлений базировались на видеозаписях с космических шаттлов NASA, собранных авторами работ [33, 34].

Это именно те самые видео, размещённые на YouTube, с помощью которых авторы [1] обосновывают значительную часть доказательств своей идеи: Movement Morphology of Unknown Atmospheric Phenomena; Collisionality; Energy Cannibalism;



Рис. 7. Момент обрыва троса, зафиксированный камерой высокого разрешения OVHD

Hunter Predator Behavior и другие аналогичные, описание которых приведено в первой части статьи (СОЭЛ № 2, 2026).

Однако использование именно этих материалов представляет серьёзную техническую проблему в доказательствах Роуна Джозефа, которая заключается в том, что большинство использованных им видео были сняты на камеры типа LLTV с очень низким разрешением.

Как ранее упоминалось в первой части статьи, на шаттлах STS было несколько типов видеокамер, предназначенных для фиксации различных экспериментов и событий.

В данной статье мы остановимся только на тех камерах, полученные с которых видео были использованы в статье [1].

Специально для съёмки эксперимента TSS-1R на шаттле STS-75 в грузовом отсеке (Payload Bay) была установлена кубовая камера (OVHD – Overhead Camera), с помощью которой был снят основной отчёт по результатам этого эксперимента.

В грузовом отсеке и в критически важных местах шаттлов были установлены аварийные камеры с функцией ночного видения (LLTV – Low-Light), предназначенные для наблюдения в условиях недостаточной освещённости. Именно такими камерами с низким разрешением было сделано большинство видео, использованных Джозефом для своих публикаций.

Видеокамера с высокими пространственным разрешением и качеством цветопередачи HDTV была установлена в кабине шаттла и использовалась для съёмок в ручном режиме. Эта экспериментальная HDTV-система с японским модулем в первую очередь предназначалась для прямых сеансов связи с командным центром в Хьюстоне. Также эта камера была задействована в специальных экспериментах, таких, например, как дистанционное зондирование Земли [35].



Рис. 8. Оторвавшийся трос со спутником, зафиксированный камерой ночного видения LLTV с низким разрешением

Одним из наиболее уязвимых моментов системы доказательств своей идеи в статье Роуна Джозефа является то, что он использует в разные моменты стоп-кадры видео, снятые разными камерами STS-75 в разное время и в разных условиях, не подчёркивая эти важнейшие моменты.

Для того чтобы понять, каким именно способом Джозеф доказывает значимость своей идеи, имеет смысл напомнить суть эксперимента TSS-1R, проведённого во время полёта шаттла STS-75 (старт 22.02.1996). В процессе этого эксперимента из транспортного отсека Columbia на высоте 296 км от поверхности Земли разворачивался проводящий трос, соединённый с небольшим спутником-зондом на конце. Когда трос развернулся почти полностью, 26 февраля 1996 г. в 01:30 UTC он неожиданно оборвался на длине развёртывания примерно 19,7 км. Весь процесс и обрыв троса были зафиксированы специальной камерой OVHD и камерой ночного видения LLTV 26 февраля 1996 [36].

На рис. 7 показан момент обрыва троса, зафиксированный специальной камерой OVHD с высоким разрешением. Характерными особенностями данного снимка являются: чистый фон; полное отсутствие каких-либо артефактов; чёткое изображение при отсутствии специальных методов усиления яркости и контрастности.

На рис. 8 показан оторвавшийся трос со спутником, зафиксированный камерой ночного видения LLTV с низким разрешением.

После обрыва троса телеметрический спутник TSS-1R начал удаляться от шаттла со скоростью около 100 км/ч и в конце концов вышел на независимую орбиту ниже шаттла Columbia (перигей 277 км, апогей 320 км). После

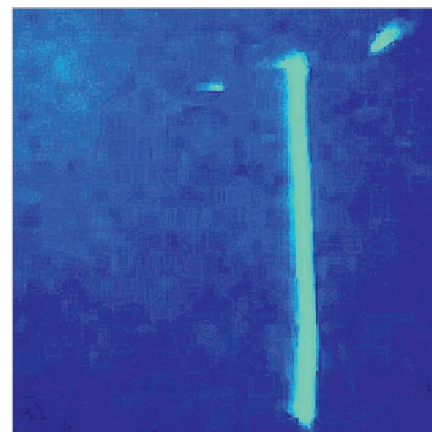


Рис. 9. Вид оторвавшегося троса TSS с поверхности Земли на фоне звёздного неба, полученный австралийским астрономом-любителем [36]

обрыва троса TSS-1R остался функциональным, и экипаж Columbia активировал его научные инструменты (плазменный контактёр, датчики электромагнитных полей и спектрометры) для проведения запланированных измерений плазмы и взаимодействий с ионосферой. Несмотря на то что шаттл и спутник оставались на сходных орбитах, по мере расхождения по фазе происходили пролёты, во время которых экипаж мог наблюдать и снимать спутник. Следующее сближение орбит произошло 27 февраля, когда расстояние между шаттлом и TSS-1R сократилось примерно до 170 км.

В принципе камеры LLTV могли обнаруживать яркие точечные источники на больших дистанциях, однако их изображение формировалось функцией рассеяния оптики и электронного усиления, что исключало возможность определения геометрических размеров наблюдаемых объектов. На таких расстояниях спутник с оторвавшимся тросом выглядел на снимках как светящиеся точки, которые не представляли никакого интереса.

На видео, представленном на презентации результатов полёта STS-75, есть фрагмент, заснятый с Земли астрономом-любителем Полом Мэем (Paul May) из Австралии, на котором отчётливо виден оторвавшийся трос длиной 19,7 км на фоне звёздного неба (рис. 9).

Подсвечиваемый солнцем блестящий трос выглядит как одиночная светящаяся линия. На этом видео запечатлён также пролёт метеорита, хорошо видимый на кадрах оригинальной презентации NASA.

Рисунок 8 взят из статьи [1] (Figure 3). Дословный перевод подписи к этому рисунку с камеры LLTV выглядит так: «Плазмоподобные образования размером до 1 км, движущиеся вокруг электрифицированного троса на высоте 200 миль над Землей в термосфере».

С другой стороны, никаких неопознанных светящихся плазменных образований, «устремившихся со всех сторон к тросу после обрыва», как утверждается в статье [1], на снимках, сделанных с помощью камеры высокого разрешения OVHD STS-75 (рис. 3), и видео австралийского астронома нет.

Наиболее полный и корректный разбор «сырых» видео, взятых из YouTube, которые использовал в своих статьях Джозеф, сделал Джеймс Оберг (James Oberg) – известный американский журналист, историк космонавтики и бывший инженер, проработавший в NASA более 22 лет [37].

Прежде всего Оберг отметил, что распространявшиеся по сети видеоархивы со сценами обрыва троса в полёте STS-75 были выполнены с помощью служебных аварийных монохромных видеокамер низкой освещённости LLTV, которые не были предназначены для точных измерений геометрии, кинематики и фотометрии. Их задача заключалась исключительно в визуальном контроле операций за бортом и состоянии критически важных систем шаттла [38].

Для камер ночного видения типа LLTV характерны дефокусировка, усиление сигнала и ограниченный динамический диапазон, приводящие к эффектам Blooming. В результате наблюдаемая форма и размер светящихся объектов определяются не геометрическими параметрами источника, а функцией рассеяния оптической системы и режимами электронного усиления [39].

Типичное угловое разрешение такой камеры составляет $\theta \approx 3\text{--}5$ миллирадиан. Это значит, что неразмытое, более-менее чёткое изображение на расстоянии 20 км может быть получено с помощью камер LLTV ночного видения для предметов с размерами около 50–100 м. Если ярко освещённые предметы находятся в непосредственной близости к камере, то LLTV видит их как большой светящийся диск [40].

На кадрах свободно летящего троса, полученных с помощью LLTV и анализируемых Джозефом (рис. 5, 6, 8 «Современной электроники» № 2), его

полная длина в 20 километров соответствует масштабированной ширине в угловых единицах (или в порядке нескольких сотен метров).

Авторы [1] подчёркивают, что при обработке видеоматериалов они применяли специальное программное обеспечение (СПО). Прежде всего, вызывают сомнения аргументы, основанные на использовании именно тех СПО, которые упоминаются в статье [1] в качестве одного из преимуществ своего метода исследования. Так, СПО RegiStax изначально было предназначено для улучшения качества астрономических снимков с помощью выравнивания и объединения ряда кадров. Это СПО делает более чёткие изображения астрономических объектов за счёт объединения большого количества последовательных фотографий одного и того же объекта стека Stacking [41]. Нужно сказать, что RegiStax не предназначен для измерения скоростей по трекам движущихся объектов, поскольку его алгоритмы ориентированы на увеличение качества изображения, а не на количественное измерение движения. Поскольку в статье [1] не учитывалась калибровка таких входных параметров съёмки, как частота кадров, экспозиция, стабильность платформы, компрессия видеопотока, а также влияние автоэкспозиции и автофокуса на последовательность кадров, результаты, полученные Джозефом для оценки скорости движения плазменных образований, нельзя рассматривать как достоверные экспериментальные данные. Отсюда автоматически возникает ошибка при оценках размеров удалённых объектов.

Также в статье [1] отмечается, что для обработки некоторых фотографий была использована специальная компьютерная технология Fotor Image Enhancement Software. Однако известно, что при использовании потребительского программного обеспечения Fotor, алгоритмы которого корректируют яркость, контрастность, резкость и другие параметры, возникает вероятность того, что с усилением контрастности будут усилены локальные градиенты яркости, возникнут «ореолы» (Halos). В результате повышается опасность возникновения на снимках псевдоструктур и артефактов [42, 43].

Заметим, что NASA неоднократно предупреждало своих партнёров об аккуратном использовании программ-

ного обеспечения, предназначенного для повышения контрастности, которое может менять первоначальную структуру изображения [44, 45].

Особого внимания заслуживает метод Джозефа, использованный им при оценке размеров исследованных объектов, которая укладывается в следующую схему.

Сначала стоп-кадры «сырых» видеозаписей, сделанных LLTV-камерой STS-75, были обработаны программными фильтрами Fotor Image Enhancement Software. Затем на основании известных значений длины кабеля (19,7 км) и его толщины (2,54 мм) была сделана оценка углового размера изображения. Предполагая, что неопознанный плазмод находится в непосредственной близости к тросу, декларировались его размеры – «километр и больше». Никаких формул и никаких фактических расчётов Джозеф не предоставляет. При этом он нигде не указывает расстояние до объекта или точное астрономическое время съёмки, по которому можно было бы определить это расстояние. Кроме того, Джозеф манипулирует с разрешением своих рисунков, не указывая, с помощью какой именно камеры – LLTV или OVHD – было сделано исходное видео.

Без специальной калибровки, позволяющей привязать пиксель к метрам, как это делается при съёмках специальными научными камерами, сделанные на глаз оценки скоростей и размеров не имеют смысла.

Понятно, что такой подход является технически некорректным. Линейный размер нельзя получить без независимого определения дальности до объекта и без учёта таких параметров оптики, как, например, дефокус, пересвет, насыщение, электронное усиление.

Кроме того, на качество снимков, сделанных аварийными камерами LLTV, влияет засветка струями от двигателей при микроманеврировании, а также быстрый «пересвет». Таким образом, «аномальные» объекты наблюдаются исключительно на LLTV-видеоматериалах служебного назначения, тогда как записи камер с высокой пространственной разрешающей способностью (Payload Bay и HDTV) подобных структур не демонстрируют.

Другой тип артефактов возникает, когда мелкие объекты при расфокусировке камеры формируют «дискообразный» образ (Point Spread Function –

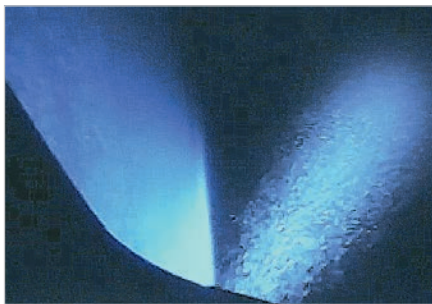


Рис. 10. Сброс технической воды из кабины шаттла STS-75

PSF), «диаметр» которого на кадре не равен реальному диаметру объекта.

Причина возникновения PSF в видеоматериалах, использованных Джозефом, связана с тем, что в грузовом отсеке STS-75, где была установлена камера LLTV, для увеличения градусов обзора использовалось параболическое зеркало, которое видно на некоторых снимках шаттла [46].

В ряде случаев оптический отпечаток зеркала, видимый на фоне троса и Земли, создавал на видео артефакты в виде «бублика с дыркой». Пример такого бублика приведён на рис. 9 (Современная электроника № 2, 2026).

Достаточно много внимания в статье [1] уделено результатам компьютерного анализа траекторий полёта и скорости небольших объектов, основанного на 20-секундных и 53-секундных стабильных последовательностях видеоматериалов, полученных во время полёта STS-75. Этот анализ показал, что многие объекты (небольшие «плазмиды») демонстрировали мгновенные отклонения от траектории на 45, 90 и 180 градусов, резко изменяли свою скорость, неожиданно останавливались.

Не затрагивая алгоритм самого компьютерного анализа, который упоминается лишь только в общих чертах, остановимся на объяснении этого явления самими астронавтами, которые не раз его наблюдали.

Один из астронавтов, комментирующих видеоматериалы STS-75, отмечает кадры, потрясающие своей необычной красотой. Одним из таких «чудес света» является периодический сброс части технической воды, которая должна поддерживаться на строго определённом уровне. Этот процесс показан на рис. 10.

Вода в условиях вакуума и низкой температуры мгновенно кристаллизуется, превращаясь в хрусталики льда с самыми причудливыми формами.

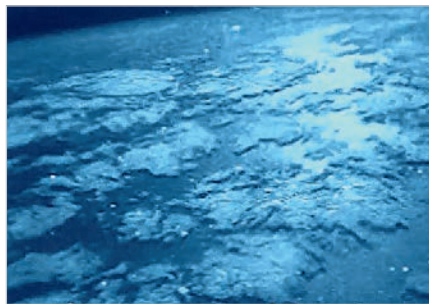


Рис. 11. Кристаллики льда вокруг шаттла, вспыхивающие на выходе из теневой области

Астронавт Том Джонс в блоге на своём сайте более подробно объяснил подобные процессы возникновения ложных артефактов на камерах LLTV, работающих в условиях низкой освещённости. Образовавшиеся частицы льда плавают вокруг шаттла на расстоянии около десятков метров, потому что они находятся на той же орбите, движутся с той же огромной скоростью в условиях почти полного вакуума, где нет сопротивления. Чтобы понять, как получены эти снимки и что на них изображено, на самом деле нужно учитывать особенности освещения на орбите шаттла в период «орбитальных сумерек». Внизу темно, в то время как наверху светит яркое солнце. Когда эти частицы выходят из тени шаттла, они вспыхивают за счёт подсветки солнцем снизу, как лампочки. При этом камеры, работающие в режиме ночного видения, просто засвечиваются [47].

С одной стороны, эти кристаллики льда могут быть не в фокусе камер LLTV, особенно в режиме ночной съёмки. Это вызывает ложные кадры удалённого объекта, который на самом деле был снят в непосредственной близости к камере, настроенной на бесконечное фокусное расстояние [48].

Именно такие случаи Джозеф трактует как «удалённые объекты с огромными размерами».

С другой стороны, хрусталики льда, вращающиеся вокруг корабля, вспыхивающие разными цветами на фоне земных пейзажей, представляют незабываемую фантастическую картину (рис. 11).

Сторонники Роуна Джозефа всячески подчёркивают «неопределённость», «неопознанность» и «неопределимость» плазменных атмосферных образований, зафиксированных в полётах космических кораблей серии STS.



Рис. 12. Так выглядят реальные плазменные образования в атмосфере, классифицируемые как «спрайт» из общего класса «транзиентных световых событий»

Вместе с тем ничего мистического и необычного в картинках, приведённых в статье [1], нет. Всё достаточно прозаично и объяснимо с точки зрения современной науки.

Заключение

Интерес к плазменным образованиям в верхней атмосфере Земли в последние годы значительно вырос. В первую очередь это связано с задачами обеспечения устойчивости радиосвязи, спутниковой навигации и космических систем. Как было показано в этой статье, лабораторные исследования пылевой плазмы, проведённые как в наземных условиях, так и на космических станциях, позволили понять основные процессы возникновения и поведения кристаллической пылевой плазмы.

В настоящее время также достаточно хорошо изучены и систематизированы атмосферные плазменные явления, которые разбиты на три основных класса: транзиентные световые события (Transient Luminous Events – TLE); среднемасштабные перемещающиеся ионосферные возмущения (Medium-Scale Traveling Ionospheric Disturbances – MSTID); экваториальные плазменные пузырьки (Equatorial Plasma Bubbles – EPB). Все перечисленные явления находятся под постоянным глобальным мониторингом с использованием разветвлённых сетей спутников, радиолокаторов и систем GNSS. Крупные события, такие как спрайты или эльфы, в ряде случаев наблюдаются даже невооружённым глазом (рис. 12) [49].

Анализ наблюдений однозначно показывает, что во время полётов космических кораблей серии STS, включая миссию STS-75, не было зафиксировано никаких экстраординарных атмосферных плазменных явлений, выходящих за рамки хорошо известных и подробно описанных процессов.

Подводя итог, необходимо подчеркнуть, что, по мнению экспертов NASA, результаты экспериментов, полученных во время полётов STS-48, STS-75, STS-80, STS-96, STS-101, STS-106, STS-115, STS-119, STS-123, на которые ссылается Роун Джозеф в своей статье, не содержали свидетельств существования неизвестных форм плазменных образований. Как отмечает Джеймс Оберг, подобные гипотетические объекты имели бы тот же угловой размер и яркость, что и полная луна, если смотреть с поверхности Земли. Эти объекты были бы видны в дневном небе любому человеку на Земле, на кораблях или в самолетах вдоль траектории полета шаттла. Они также были бы видны на всех спутниковых снимках, включая метеорологические. За периоды рассматриваемых Джозефом полётов шаттлов Columbia не было ни одного сообщения о таких быстро движущихся гигантских объектах, похожих на луну. Однозначный вывод из этого заключается в том, что таких объектов вообще никогда не существовало [50].

В то же время можно допустить чисто гипотетическую возможность того, что около четырёх миллиардов лет назад могли существовать условия, при которых плазменные процессы каким-то образом участвовали в зарождении жизни. Однако ни конкретных механизмов, ни экспериментально проверяемых сценариев такого участия в статье [1] предложено не было.

Именно такой метод – выдвигание предположений, принципиально не допускающих проверки или опровержения, – является ключевой особенностью научно-исследовательской концепции, используемой Роуном Джозефом. Подобные утверждения относятся к классу «недоказуемых гипотез», которые невозможно корректно оценить в рамках существующих научных знаний. Однако следует принять во внимание тот факт, что за 25 лет упорного труда Роун Джозеф сформировал мощную рекламную-консалтинговую структуру, включающую

в себя публикации книг и журналов, блоги в сетях и интервью в массмедиа. Вершину пирамиды венчает бизнес платных консультационных услуг, организованный Джозефом и его коллегами Consult With Rhawn Gabriel Joseph, Ph.D. Расценки на эти услуги можно посмотреть на сайте [51].

Литература

1. *Joseph R., Impey C., Planchon O., del Gaudio R., Abu Safa M., Sumanarathna A.R., Ansbro E., Duvall D., Bianciardi G., Gibson C.H., Schild R.* Extraterrestrial Life in the Thermosphere: Plasmas, UAP, Pre-Life, Fourth State of Matter // *Journal of Modern Physics*. 2024. Vol. 15, № 3. P. 322–374. URL: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=131506>.
2. *Joseph R.* *Neuropsychiatry, Neuropsychology, and Clinical Neuroscience*. Boca Raton: CRC Press, 2000. URL: <https://www.routledge.com/Neuropsychiatry-Neuropsychology-and-Clinical-Neuroscience/Joseph/p/book/9780849300571>.
3. *Joseph R.* *Astrobiology, the Origin of Life, and the Death of Darwinism*. California: University Press, 2000. URL: <http://BrainMind.com/ViralRNAWorlds.html>.
4. *Joseph R.* Publications: books and editions [Электронный ресурс]. URL: <https://www.abebooks.com/book-search/author/rhawn-joseph>.
5. Scientific Publications. Brief Biography of Rhawn Joseph, Ph.D. [Электронный ресурс]. URL: <http://brainmind.com/publications.html>.
6. *Joseph R.* Evidence of Extremophiles and Plasmas in the Thermosphere: Behaviors and Morphologies Indicative of Cellular Structures and Life Observed 200 Miles Above Earth // *Cosmology*. com. 2012. 9 March. P. 23–52. URL: <https://cosmology.com/ExtraterrestrialExtremophiles.pdf>.
7. Evidence of Life on Mars: A Bibliography. All Articles Published by Rhawn Joseph et al. [Электронный ресурс]. URL: https://www.researchgate.net/publication/384605946_Evidence_of_Life_on_Mars_A_Bibliography_All_Articles_Published_by_Rhawn_Joseph_et_al.
8. Pinnacle Island [Изображение]. URL: <http://planetary.s3.amazonaws.com/>

assets/images/mer_updates/2014-01/20140203_2-Pinnacle-Island-false-cropped-Sol3540B-01072014_P2594_1_False_L257.jpg.

9. NASA Mars Rover Opportunity Examines «Pinnacle Island» Rock Feature [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nasa.gov/jpl/opportunity/nasa-mars-rover-opportunity-examines-pinnacle-island-rock-feature/>.
10. Is Mysterious Mars Rock a Fungus? [Электронный ресурс]. URL: <https://www.courthousenews.com/is-mysterious-mars-rock-a-fungus/>.
11. *Joseph v. Bolden et al.* Case No. 3:14-cv-00435, U.S. District Court, Northern District of California (San Francisco Division), filed January 27, 2014 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.courtlistener.com/docket/4377747/joseph-v-bolden/>.
12. *Brin D.* Sentient Developments blog [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sentientdevelopments.com/2009/09/explanation-for-lifes-origins-that.html>.
13. *Tsytovich V.N., Morfill G.E., Fortov V.E., Gusein-Zade N.G., Klumov B.A., Vladimirov S.V.* From plasma crystals and helical structures towards inorganic living matter // *New Journal of Physics*. 2007. Vol. 9. Art. 263. URL: <https://doi.org/10.1088/1367-2630/9/8/263>.
14. *Antipov S.N., Asinovskii E.I., Fortov V.E., Kirilli A.V.* Dusty Plasma Structures in Cryogenic DC Discharges. New York: AIP. URL: https://www.researchgate.net/publication/253813134_Dusty_Plasma_Structures_in_Cryogenic_DC_Discharges.
15. *Choudhary M.* A review on the vortex and coherent structures in dusty plasma medium // *Journal of Plasma Physics*. 2025. Vol. 91. № 1. Art. E7. URL: <https://www.cambridge.org/core/journals/journal-of-plasma-physics/article/review-on-the-vortex-and-coherent-structures-in-dusty-plasma-medium/C4F2BEB9F72D502A56682AF0AB599E1C>.
16. *Ticoş C.M., Ticoş D., Williams J.D.* Kinetic effects in a plasma crystal induced by an external electron beam // *Physics of Plasmas*. 2019. Vol. 26. Art. 043702. URL: <https://doi.org/10.1063/1.5092749>.
17. *Ticoş D., Constantin E., Mitu M.L., Scurtu A., Ticoş C.M.* A laboratory

- platform for studying rotational dust flows in a plasma crystal irradiated by a 10 keV electron beam // *Scientific Reports*. 2023. URL: <https://doi.org/10.1038/s41598-023-28152-8>.
18. *Yurchenko S.O.* et al. Flame propagation in two-dimensional solids: particle-resolved studies with complex plasmas // *Physical Review E*. 2017. Vol. 96. Art. 043201. URL: <https://journals.aps.org/pre/abstract/10.1103/PhysRevE.96.043201>.
 19. НОЦ «Плазма». Плазменные кристаллы [Электронный ресурс]. URL: https://plazma.karelia.ru/pub/events/plasma_crystals.pdf.
 20. *Bogdanova M.* et al. Virtual IED sensor for df-rf CCP discharges // *Plasma Sources Science and Technology*. Vol. 30. № 7. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1361-6595/abf71b>.
 21. Статус исследований в области физики плазмы и плазменных технологий в России в 2023 году // *Физика плазмы*. 2024. Т. 50. № 8. URL: <https://ogarev-online.ru/0367-2921/article/view/280628>.
 22. *Morfill G.E.* et al. Condensed plasmas under microgravity // *Physical Review Letters*. 1999. Vol. 83. P. 1598. URL: <https://journals.aps.org/prl/abstract/10.1103/PhysRevLett.83.1598>.
 23. *Фортвов В.Е., Храпак А.Г., Храпак С.А.* Пылевая плазма // *Успехи физических наук*. 2004. Т. 174. № 5. URL: [https://files.academic-fortov.ru/Article/V.E._Fortov_A.G._Khrapak_S.A._Khrapak_et_al._Dust_plasma_UVN_174495_544_\(2004\).pdf](https://files.academic-fortov.ru/Article/V.E._Fortov_A.G._Khrapak_S.A._Khrapak_et_al._Dust_plasma_UVN_174495_544_(2004).pdf).
 24. *Fortov V.E.* et al. Complex (dusty) plasmas: current status, open issues, perspectives // *Physics Reports*. 2005. Vol. 421. P. 1–103. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0370157305003339>.
 25. *Morfill G.E., Ivlev A.V., Thomas H.M.* Complex (dusty) plasmas – kinetic studies of strong coupling phenomena // *Physics of Plasmas*. 2012. Vol. 19. Art. 055402. URL: <https://pubs.aip.org/aip/pop/article-abstract/19/5/055402/597023>.
 26. *Tsyтович В.Н.* Self-organized dusty structures in a complex plasma under microgravity conditions // *Physics-Uspexhi*. 2015. Vol. 58. P. 150–166. URL: <https://ufn.ru/en/articles/2015/2/c/>.
 27. *Tsyтович В.Н.* Perspectives of experimental and theoretical studies of self-organized dust structures // *Успехи физических наук*. 2015. Т. 58. № 2. P. 150–166. URL: https://ufn.ru/ufn15/ufn15_2/ufn152c.pdf.
 28. ESA. Plasma Kristall [Электронный ресурс]. URL: <https://lnk.ua/YN32YOYVJ>.
 29. *Thoma M.H.* et al. Complex plasma research under microgravity conditions // *NPJ Microgravity*. 2023. Vol. 9. Art. 13. URL: <https://www.nature.com/articles/s41526-023-00261-8>.
 30. *Fortov V.E., Morfill G.E.* Complex and Dusty Plasmas: From Laboratory to Space. Boca Raton: CRC Press, 2019. URL: <https://www.routledge.com/Complex-and-Dusty-Plasmas-From-Laboratory-to-Space/Fortov-Morfill/p/book/9780367384630>.
 31. *Петров О.Ф.* и др. Предварительные итоги эксперимента «Плазменный кристалл 4» // Пилотируемые полёты в космос. 2024. № 4 (53). URL: https://www.gctc.ru/media/files/Periodicheskie_izdaniya/ppk_2024_4_total_53/4_stat.a_petrov_zobnin.pdf.
 32. *Levchenko I.* et al. Plasma-enabled additive manufacturing in space // *Progress in Aerospace Sciences*. 2025. Vol. 157. Art. 101125. URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S037604212500051X>.
 33. *Joseph R.* Biological UFOs, Extraterrestrial Extremophiles. Evidence From NASA [Видеозапись]. 2012. URL: <https://www.youtube.com/watch?v=Yb67zM1Sh-Q>.
 34. *Joseph R.* Biological UFOs II, Hunters, Predators, Electromagnetic Extremophiles [Видеозапись]. 2012. URL: <http://www.youtube.com/watch?v=DARCIc4pCw>.
 35. STS 75 [Электронный ресурс]. NASA. 1996. URL: <https://www.nasa.gov/gallery/sts-75/>.
 36. Space Shuttle Flight 75 (STS 75). Post Flight Presentation [Видеозапись]. URL: <https://nss.org/space-shuttle-flight-75-sts-75-post-flight-presentation-video/>.
 37. *Oberg J.* Misinterpreting STS 75 video imagery [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jamesoberg.com/ufo-sts-75.html>.
 38. *Oberg J.* STS 75 Tether Incident: Debunking UFO Claims [Электронный ресурс]. URL: <http://www.jamesoberg.com/99purdue-75-tether.html>.
 39. System Considerations for Implementing Low Light Level Television. NCJRS, 1972. URL: <https://www.ojp.gov/ncjrs/virtual-library/abstracts/system-considerations-implementing-low-light-level-television>.
 40. *Oberg J.* Flight Plan STS 75 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jamesoberg.com>.
 41. Registax [Электронный ресурс]. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/Registax>.
 42. *Gonzalez R.C., Woods R.E.* Digital Image Processing. 4th ed. Pearson, 2018. URL: <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/digital-image-processing/P200000003339>.
 43. *Jähne B.* Digital Image Processing. 6th ed. Berlin: Springer, 2005. URL: <https://link.springer.com/book/10.1007/3-540-27563-0>.
 44. NASA Image Use Policy [Электронный ресурс]. URL: <https://science.nasa.gov/image-use-policy/>.
 45. Hubble Imaging Processing Notes [Электронный ресурс]. URL: <https://hubblesite.org/contents/articles/hubble-imaging-processing>.
 46. UFO believers, tether incident alien footage // *Chron.com* [Электронный ресурс]. URL: <https://www.chron.com/news/nation-world/space/article/UFO-believers-tether-incident-alien-ufo-footage-5761801.php>.
 47. Did UFOs Visit STS 80 Columbia? [Электронный ресурс]. URL: <https://astronauttomjones.com/2011/04/18/did-ufos-visit-sts-80-columbia/>.
 48. *Katnik G.N.* et al. Debris/Ice/TPS Assessment and Integrated Photographic Analysis. NASA. URL: <https://ntrs.nasa.gov/api/citations/19980027610/downloads/19980027610.pdf>.
 49. Red Sprite – Transient Luminous Events [Электронный ресурс]. URL: <https://skybrary.aero/articles/transient-luminous-events-tles>.
 50. *Oberg J.* STS 75 Shuttle “Tether” Video Analysis [Электронный ресурс]. URL: <https://rense.com/general/stsd.htm>.
 51. Consult With Rhawn Gabriel Joseph, Ph.D. [Электронный ресурс]. URL: <http://brainmind.com/Consult.html>. 