

Александр Токарев

Банк 131

Руководитель разработки

**Почему в космосе пока
нет дата-центров и
обработка полезной
информации на борту КА**



DotNext
2026

Who am I

- 22 года в IT
- Руководитель разработки «Банк 131»
- Эксперт k8s и cloud native подходах
- Дипломы на Физтехе – кибербеза, распределёнки, ML
- Пет-проекты в srasetech в части ML и кибербезы
- Пти-брабансон Люк



Agenda

1. Что обрабатывать
2. Подходы
3. Инфраструктура в космосе
4. Бортовое ПО КА
5. .NET для космических систем
6. Ограничения
7. Q&A

Задачи КА

1. Наука
2. Связь
 1. КА-Земля
 2. КА-КА
 3. Человек-Человек
3. Навигация
 1. глобальные
 2. локальные
4. ДЗЗ в различных диапазонах
 1. Видимый
 2. Инфракрасный
 3. Радио

Задачи КА

1. Наука
2. **Связь**
 1. КА-Земля
 2. КА-КА
 3. Человек-Человек
3. Навигация
 1. глобальные
 2. локальные
4. ДЗЗ в различных диапазонах
 1. Видимый
 2. Инфракрасный
 3. Радио

Задачи КА

1. Наука
2. Связь
 1. КА-Земля
 2. КА-КА
 3. Человек-Человек
3. Навигация
 1. глобальные
 2. локальные
4. **ДЗЗ** в различных диапазонах
 1. Видимый
 2. Инфракрасный
 3. Радио

Задачи КА

1. Наука
2. Связь
 1. КА-Земля
 2. КА-КА
 3. Человек-Человек
3. Навигация
 1. глобальные
 2. локальные
4. **ДЗЗ в различных диапазонах**
 1. Видимый
 2. Инфракрасный
 3. Радио
5. **Инференс и обучение AI**

Обещания

1. Физическая безопасность
2. Выполнение задач инференса ближе к ДЗЗ
3. Не занимают места
4. Нет платы за аренду
5. Бесплатная энергетика
6. Нет трат на воду для охлаждения

Манёвры уклонения

9

1. МКС ~2 манёвра
2. Starlink спутник ~44
3. Starlink группировка 44000 манёвров
4. SpaceX Conjunction Screening Service + Stargaze
5. LEO ~52000 уведомлений о риске столкновений



KA LizzieSat-4

10



Страна: Польша

Планируемый запуск: 2027

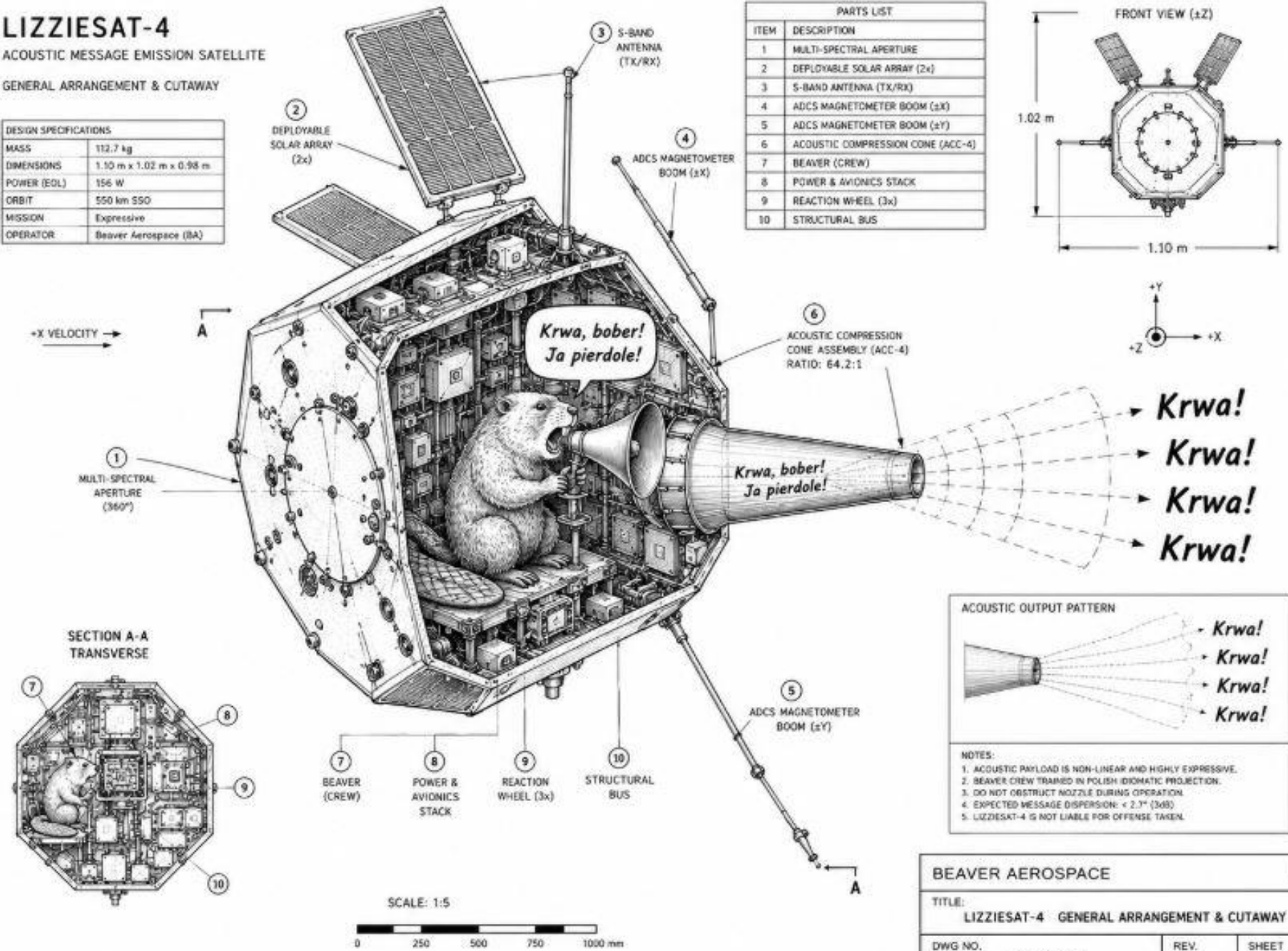
Первый спутник с защитными
электро-магнитными излучателями

LIZZIESAT-4

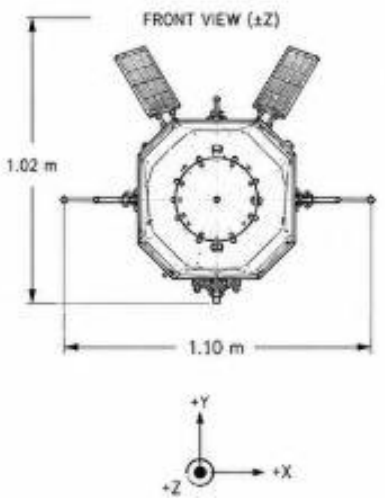
ACOUSTIC MESSAGE EMISSION SATELLITE

GENERAL ARRANGEMENT & CUTAWAY

DESIGN SPECIFICATIONS	
MASS	112.7 kg
DIMENSIONS	1.10 m x 1.02 m x 0.98 m
POWER (EOL)	156 W
ORBIT	550 km SSO
MISSION	Expressive
OPERATOR	Beaver Aerospace (BA)



PARTS LIST	
ITEM	DESCRIPTION
1	MULTI-SPECTRAL APERTURE
2	DEPLOYABLE SOLAR ARRAY (2x)
3	S-BAND ANTENNA (TX/RX)
4	ADCS MAGNETOMETER BOOM (±X)
5	ADCS MAGNETOMETER BOOM (±Y)
6	ACOUSTIC COMPRESSION CONE (ACC-4)
7	BEAVER (CREW)
8	POWER & AVIONICS STACK
9	REACTION WHEEL (3x)
10	STRUCTURAL BUS



ACOUSTIC OUTPUT PATTERN

NOTES:

- 1. ACOUSTIC PAYLOAD IS NON-LINEAR AND HIGHLY EXPRESSIVE.
- 2. BEAVER CREW TRAINED IN POLISH IDIOMATIC PROJECTION.
- 3. DO NOT OBSTRUCT NOZZLE DURING OPERATION.
- 4. EXPECTED MESSAGE DISPERSION: < 2.3° (360°)
- 5. LIZZIESAT-4 IS NOT LIABLE FOR OFFENSE TAKEN.

BEAVER AEROSPACE



TITLE:
LIZZIESAT-4 GENERAL ARRANGEMENT & CUTAWAY

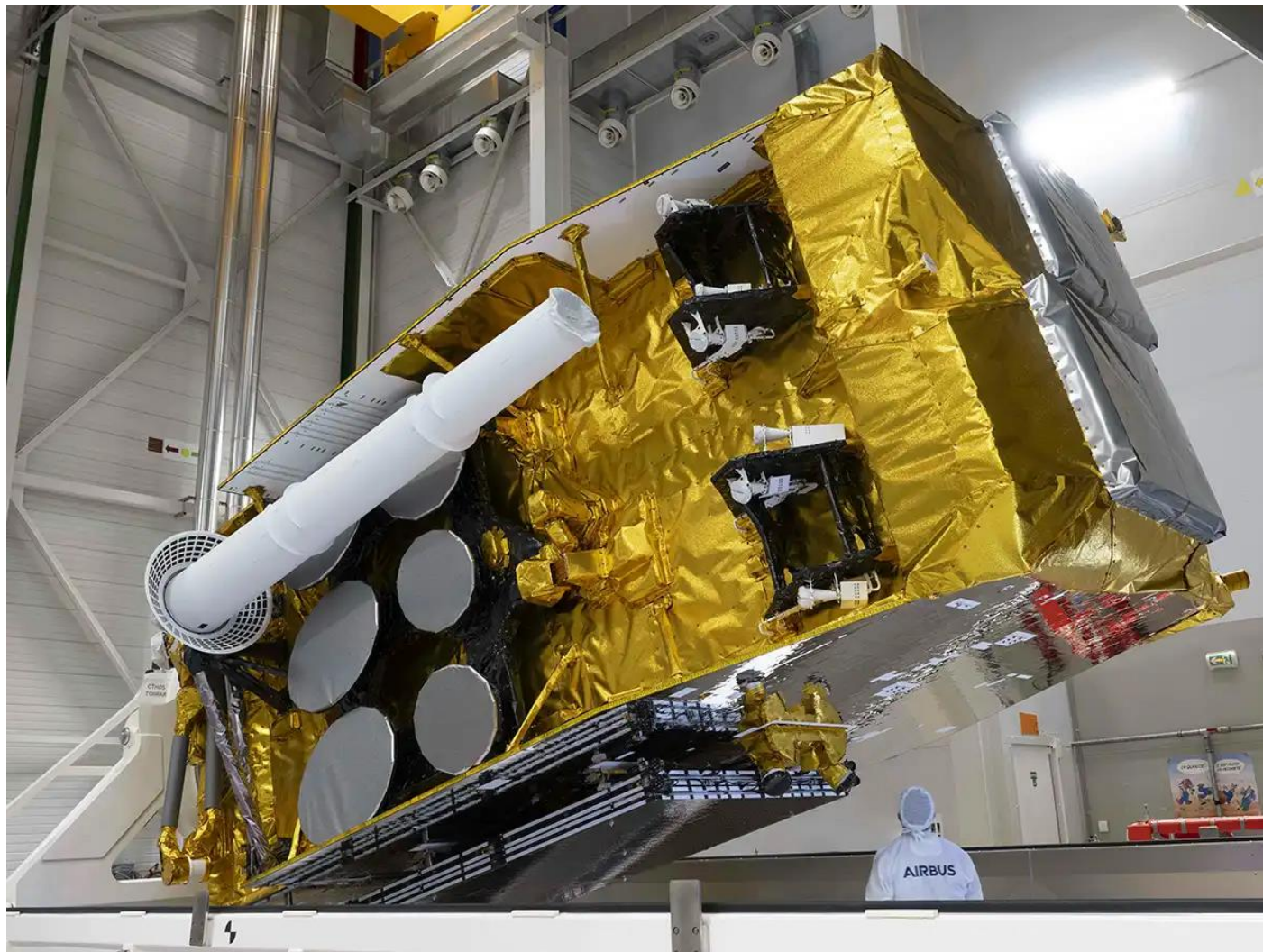
DWG NO. LZ4-GA-001	REV. B	SHEET 1 OF 1
DATE: 2024-05-20	DRAWN: BVR	CHKD: NUTRIA
		APPD: CASTOR

Солнечная погода

1. Фон схода с орбиты – 1-2 Starlink
2. 29 января 2022 – увеличение выбросов корональной массы
3. 3-4 февраля магнитная буря
4. 3 февраля – миссия Starlink 4-7
5. Запуск 49 Starlink
- 6. 5-7 февраль – сход 32 спутников**
7. Ещё 6 – до 12 февраля

КА связи SpainSat NG II

13



1. Запуск: 24 октября 2025
2. План: GEO 35786 км
3. Факт: 29 ноября 2025 эллипс 50000 км
4. RIP SpainSat: Удар микрометеорита
5. Потеря управлениями всеми двигателями

Физическая безопасность – миф!

Инференс ближе к данным ДЗЗ

1. Обнаружение пожаров
2. Незаконная добыча природных ресурсов
3. Незаконная добыча полезных ископаемых
4. Незаконный ...

Неожиданное появление неожиданных объектов в неожиданных местах

1. Орбита летат
2. Фото делат
3. Антена ждат
4. Фото передават
5. Фото приемат
6. От антена быстро улечат
7. L1, L2, L3, L4 считат
8. По API отдават
9. Анжуманя

1 день!

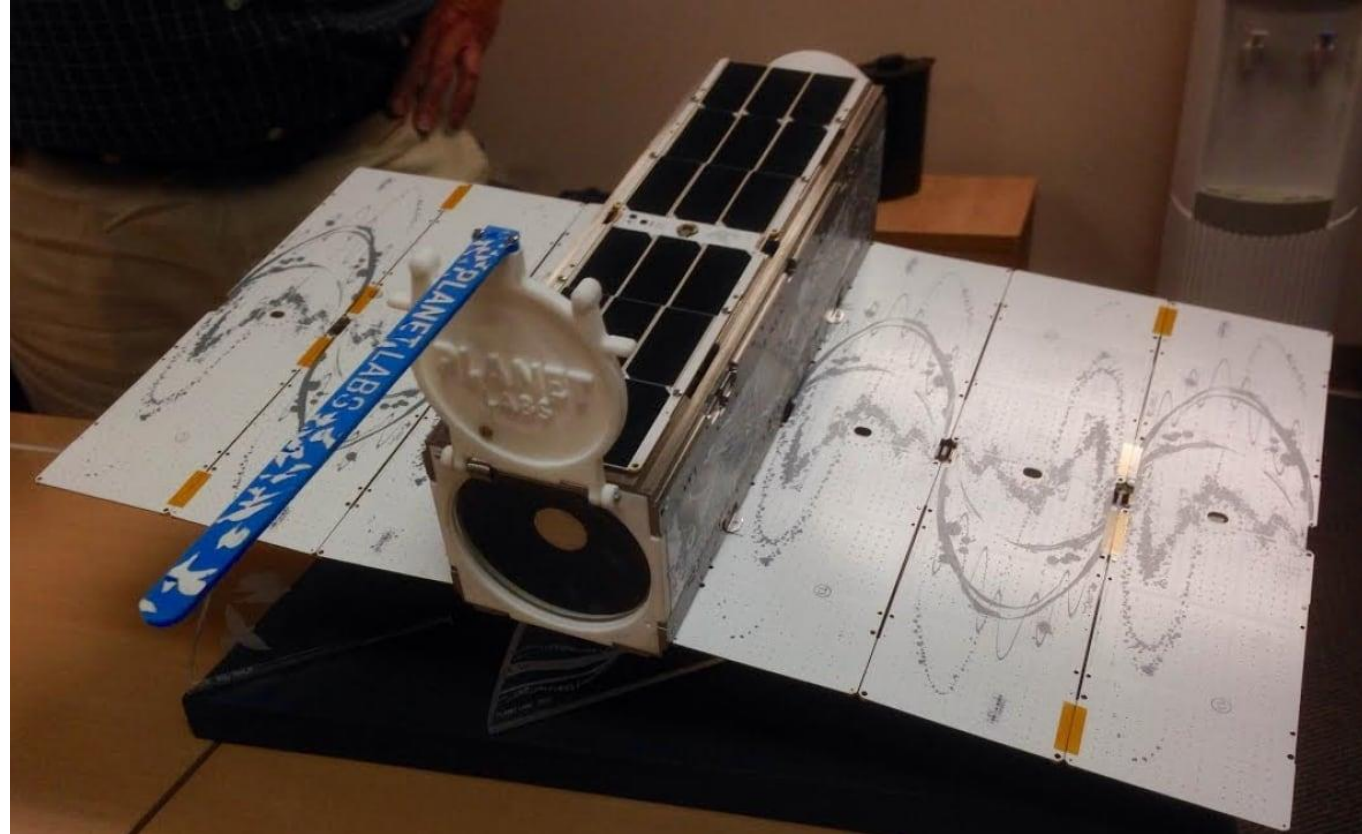
Реальные проблемы ДЗЗ

1. Недостаток точек приёма
2. Интервал связи для наземного сегмента ограничен
3. Передача большого объема данных на наземный сегмент
4. Долгая обработка данных на Земле
5. Объединение данных от нескольких КА

PlanetLab Dove

17

1. CPU 4 ядра, 1,6 Ghz
2. 47 Мп камера
3. 2 Tb память
4. 1,8 Gbps downlink
5. 50 ватт мощность батарей



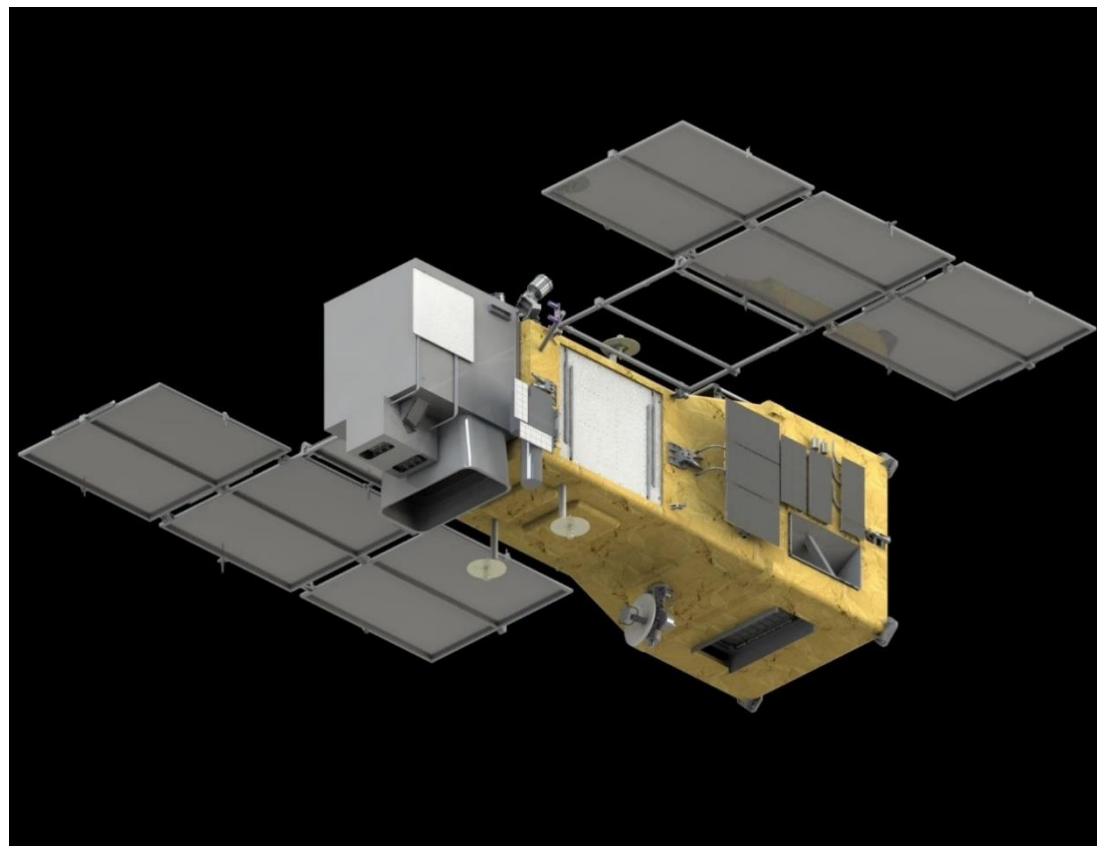
PlanetLab

1. ~200 КА
2. Официально 30 станций наземного сегмента
3. 3 континента
4. Пролёт спутника 90 минут
5. Съёмка раз в 2-5 секунд
6. Сброс информации 10-12 раз в день
7. ~85 Gb за сеанс
8. Сеанс связи ~9 минут
9. Обновление съёмок Земли раз в день

Канопус-В-О

19

1. 6 КА
2. 3 станции наземного сегмента в РФ
3. Сброс информации **3 раза** в день
4. Обновление съемок Земли раз в 11 дней
5. **~40 Гб** за сеанс
6. Сеанс связи **~11 минут**
7. Карта РФ в ИК – раз в 8 часов



2015 10x10 км

20

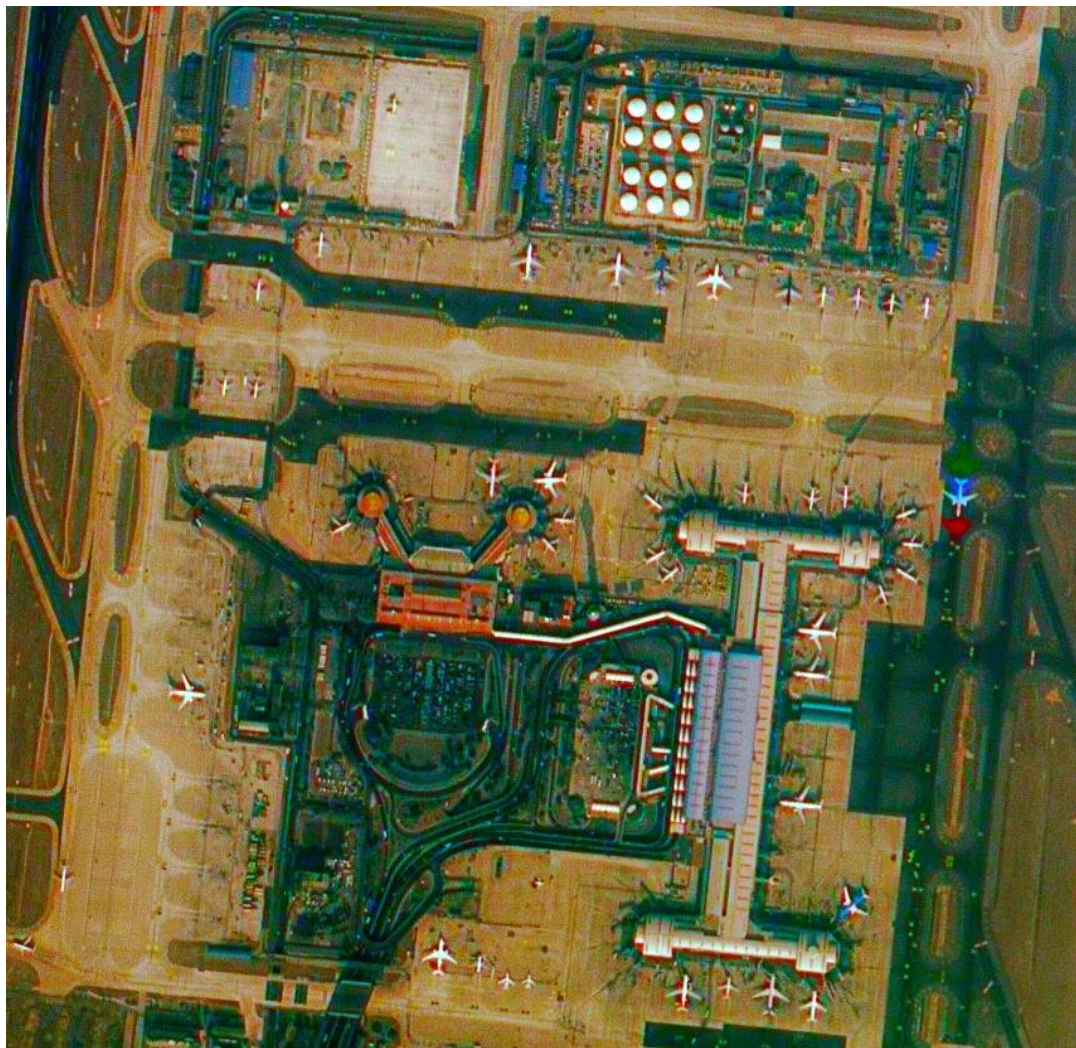


Landsat 9
30 метров на пиксель
11 каналов

2,7 МБ

2019 10x10 км

21



Канопус-В 5
2 метра на пиксель
5 каналов

52,6 МБ

2024 10x10 км

22



WorldView Legion
0,34 метра на пиксель
9 каналов

2662 МБ

х959 за 10 лет

DOTNEXT

Объединение данных нескольких КА

23

Что объединяем	Ключ объединения	Механизм
Пиксели разных спутников	Координата	Классические алгоритмы: PCA, IHS, Wavelet
Признаки разных спутников	Координата	CNN, трансформеры, Mamba
Решения отдельных моделей	Координата	Ансамбли

Оптика – Мультиспектр -Гиперспектр – ИК – SAR – LIDAR

GPU-NPU-TPU

Алгоритмы для ДЗЗ

24



Contents

[| Earth Observation introduction |](#)

[| Open EO |](#) [remotesensing.info](#) | [Python processing](#) | [Resources for R](#) | [Languages other than Python and R](#) | [Training and Learning](#) | [Deep Learning & Machine Learning](#) | [GDAL of course](#) | [Earth Observation coding on YouTube](#) | [Google Earth Engine](#) | [Open Data Cube](#) | [Planetary Computer](#) | [QGIS and Grass](#) | [Climate & Weather resources](#) | [DEM projects](#) | [SAR](#) | [LiDAR](#) | [GEDI](#) | [InSAR](#) | [Landuse](#) | [Visualisation](#) | [EO code Competitions](#) | [ARD links](#) | [Useful EO code based twitter accounts](#) | [List of Great GitHub accounts](#) | [EO Geospatial companies or orgs making big contributions](#) |

👉 satellite-image-deep-learning.com 👉

🔗 Introduction

Deep learning has revolutionized the analysis and interpretation of satellite and aerial imagery, addressing unique challenges such as vast image sizes and a wide array of object classes. This repository provides an exhaustive overview of deep learning techniques specifically tailored for satellite and aerial image processing. It covers a range of architectures, models, and algorithms suited for key tasks like classification, segmentation, and object detection.

How to use this repository: use `Command + F` (Mac) or `CTRL + F` (Windows) to search this page for e.g. 'SAM'

README

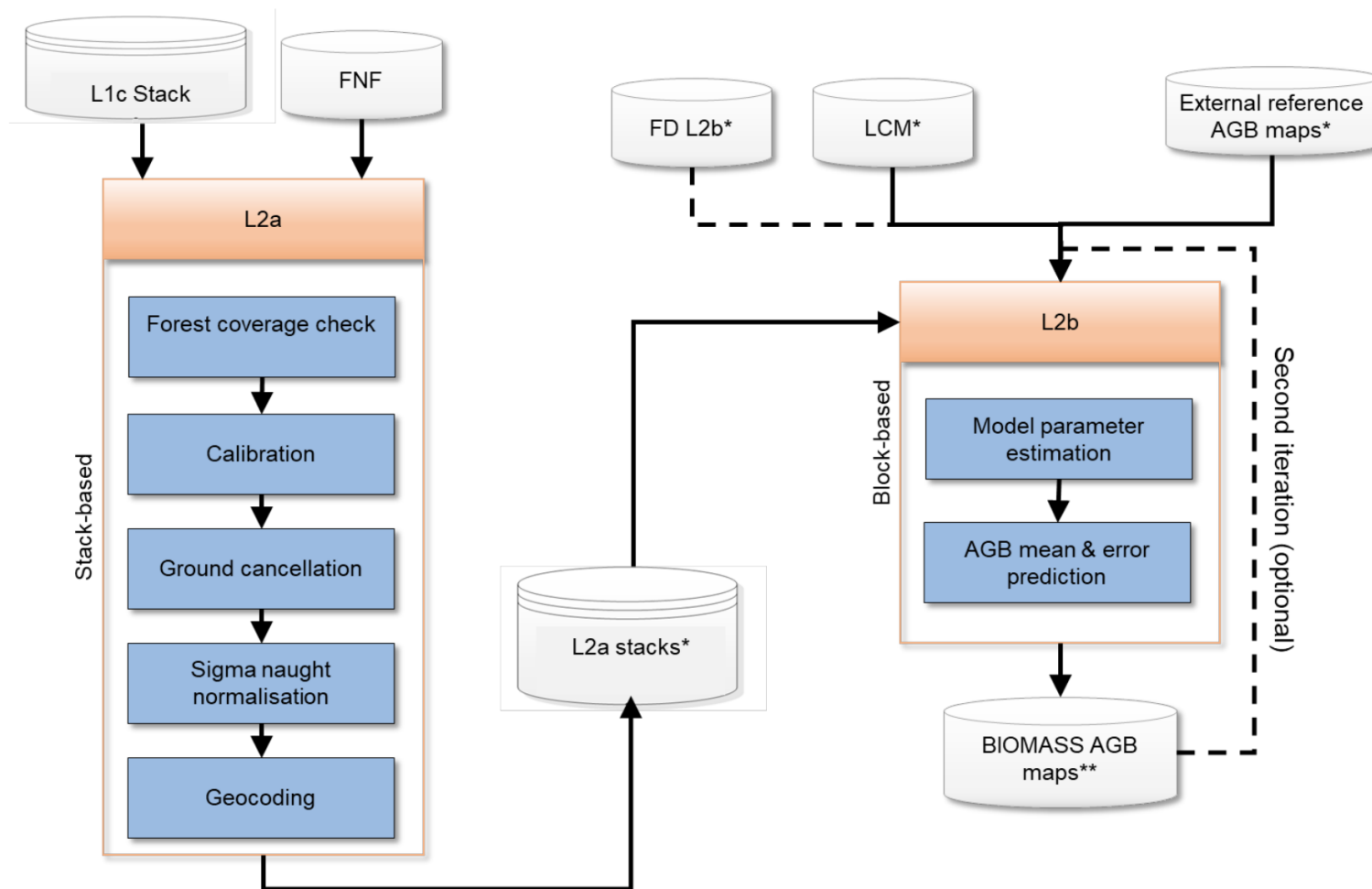
Maintained? yes 👍 awesome 👁 Watchers 68 🌟 Stars 1.9k 🔗 Forks 175

Awesome Remote Sensing Foundation Models

🌟 A collection of papers, datasets, benchmarks, code, and pre-trained weights for Remote Sensing Foundation Models (RSFMs).

Часы!

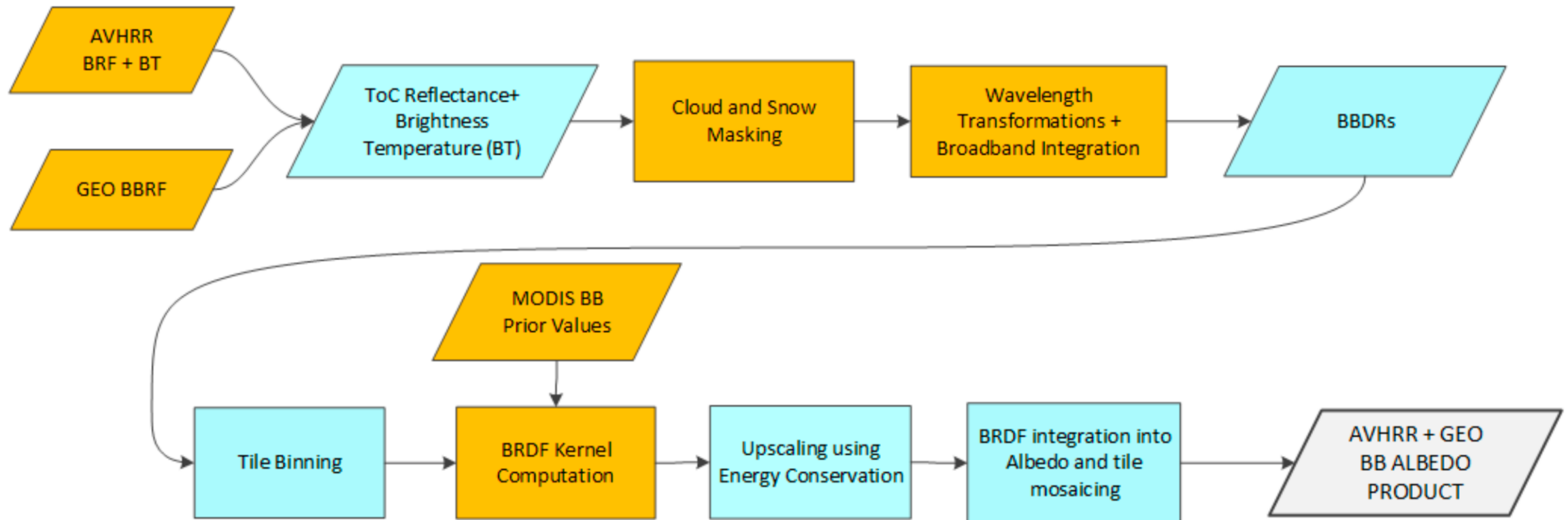
Пайплайн расчёта индекса надземной массы леса 1 КА Biomass



30-60 минут

Пайплайн карты альбедо поверхности Земли 4 КА

26



2-3 дня

Бизнес-задачи реального времени

27

- ~~1. Сигнализация о действии~~
- ~~2. Сигнализация о бездействии~~

+

комплексирование на базе нескольких КА



Наземный сегмент как сервис

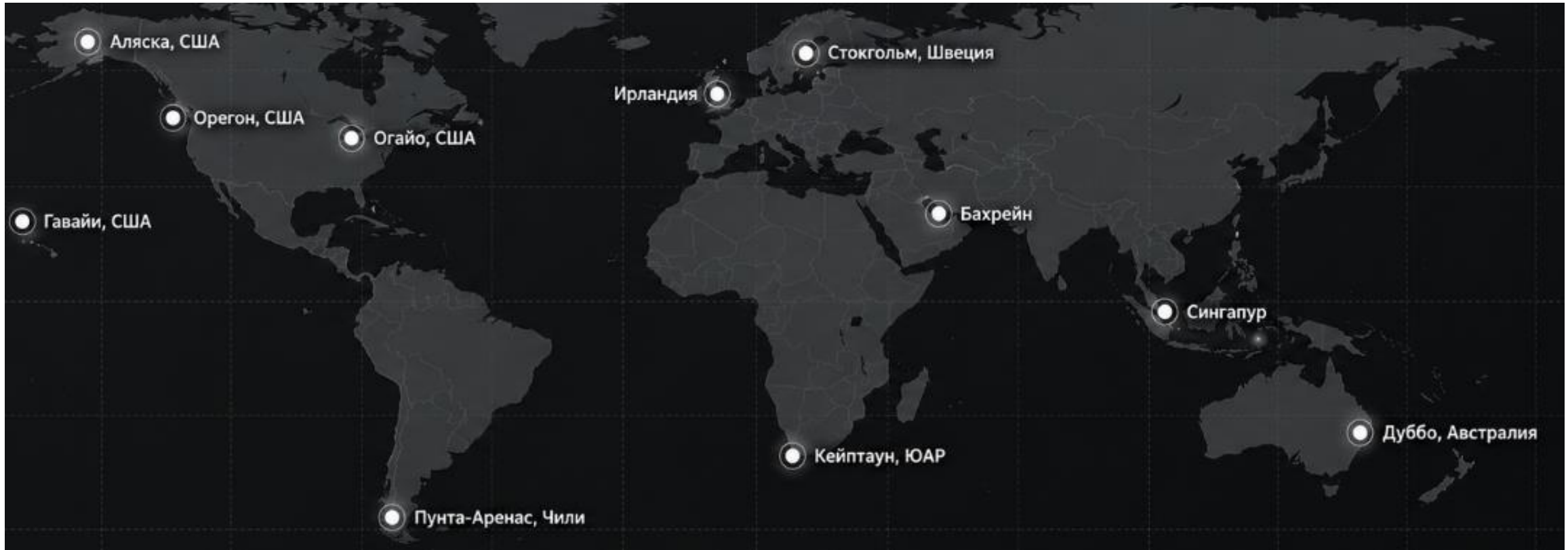
Название сети	Страна	кол-во мест присутствия	кол-во антенн	Вид
RBC Signals	США	60	90	Частная
ATLAS Space Operations	США	34	50	Частная
KSAT Global Ground Station Network	Норвегия	28	300	Частная
SSC Connect	Швеция	21	100	Частная
Leaf Space	Италия	17	40	Частная
SatNOGS Network	Греция	500	500	Open-source
СОНИКС	Россия	153	153	Open-source



~15 партнёров

AWS ground station

30



1. Анонс 2018
2. 2019 запуск, 2 точки, 4 антенны
3. Июль 2026 – закрытие точки в Сеуле
4. Сентябрь 2026 оперирование, 11 точек, 22 антенны

~15 партнёров

DOTNEXT

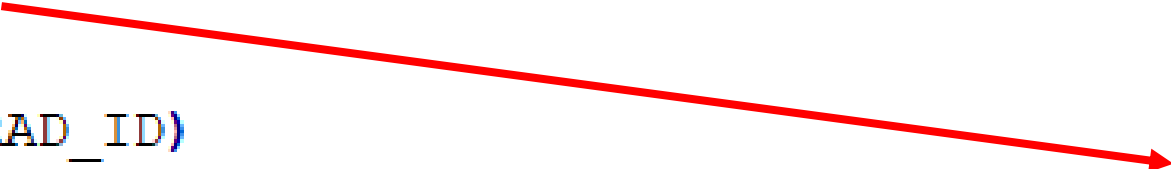
AWS ground station Hello world

31

```
import boto3
gs = boto3.client("groundstation", region_name="us-west-2")

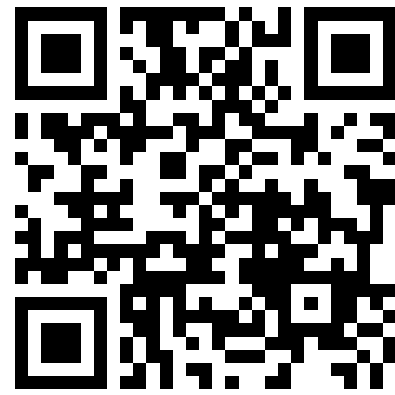
NORAD_ID = 43013 # NOAA-20
FREQ_MHZ = 7812 # HRD downlink
S3 = "s3://tokarev_aws/noaa20/raw/"

sat = gs.find_satellite(norad_id=NORAD_ID)
profile = gs.receive(freq=FREQ_MHZ, bandwidth=30, satellite=sat, output=S3)
gs.schedule_next_pass(profile)
```



В S3 PCAP данные

Системы ретрансляции



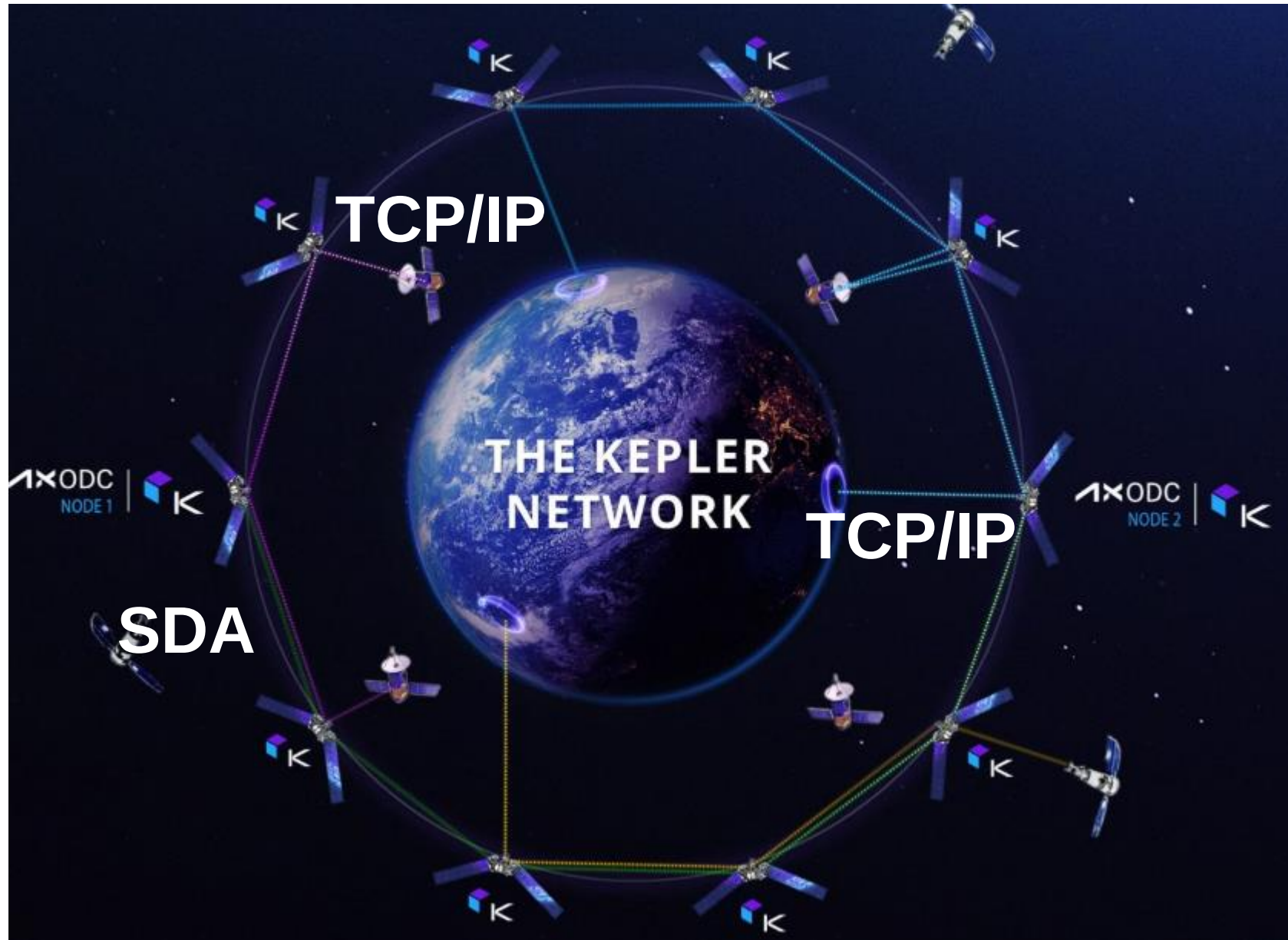
1. Луч-5X ← 5 КА, работают 3
 2. TDRSS ← 9 КА
 3. JDRS ← КА-КА лазер, 1 КА
 4. EDRS ← КА-КА лазер, 2 КА
 5. Starshield ← USA DoD, лазер, 150 КА
 6. Kepler ← лазер, 10 КА
 7. SpaceLink
 8. Hedron
 9. Audacy
 10. SkyLoom
- } банкроты

Луч-5



Ретрансляторы Kepler

33



Стандартный
сетевой стек!

10 КА на орбите

DOTNEXT



[Home](#) > [Computing](#) > [Computing Methodologies](#) > [Distributed Computing](#) > [Computer Science](#) > [Cloud](#)

Conference Paper

Using **Satellite** Execution to **Reduce Latency** for Mobile/Cloud Applications

February 2016 · [Communications in Computer and Information Science](#)

DOI:[10.1007/978-3-319-29582-4_15](#)

Conference: International Conference on Cloud Computing and Services Science

Authors:



Robert Pettersen

UiT The Arctic University of Norway



Steffen Viken Valvåg

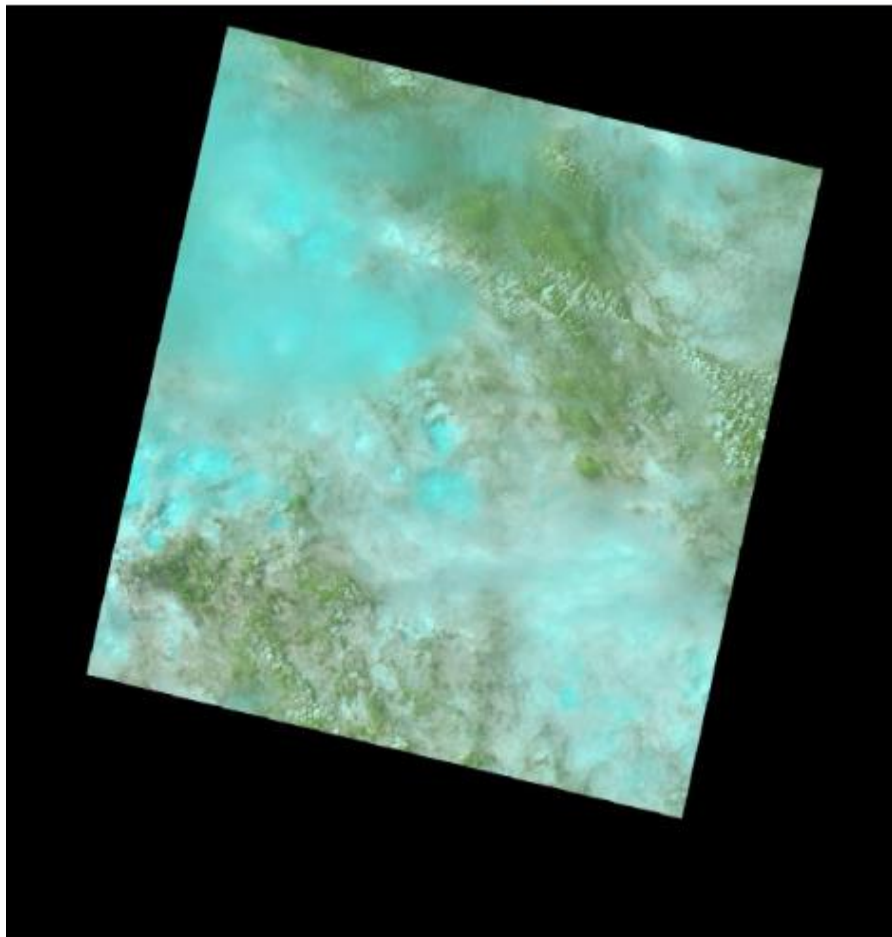
UiT The Arctic University of Norway



Aage Kvalnes

Microsoft

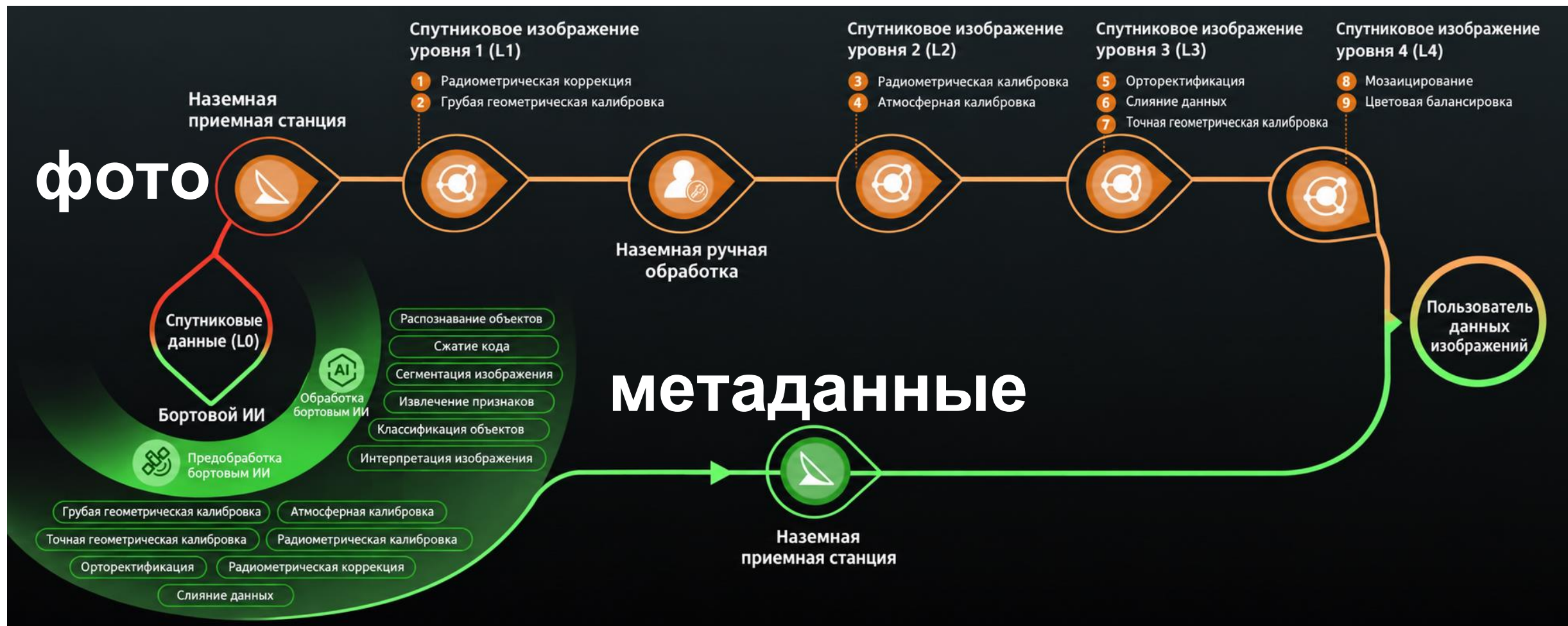
EDGE computing



Data Set Attribute	Attribute Value
Landsat Product Identifier L1	LC08_L1GT_128050_20240918_20240923_02_T2
Landsat Scene Identifier	LC81280502024262LGN00
Date Acquired	2024/09/18
Collection Category	T2
Collection Number	2
WRS Path	128
WRS Row	050
Nadir/Off Nadir	NADIR
Roll Angle	-0.001
Date Product Generated L1	2024/09/23
Land Cloud Cover	100.00
Scene Cloud Cover L1	100.00

**67% поверхности Земли в любой момент
покрыто облаками!**

Edge обработка ДЗЗ в космосе



~200 TOPS ~~640K~~ ought to be enough for anybody

Расчёты для ДЗЗ в реальном времени от нескольких КА

Edge вычисления в космосе

1. Бортовая аппаратура специализированных приборов
 2. Бортовая вычислительная машина
 3. Software-Defined-Satellite
 4. Edge-compute
- } **Virtual mission**

Software-Defined-Satellite vs Virtual mission

40



AWS GreenGrass

1. Edge runtime для IoT
2. Локальная обработка данных
3. Open-source компоненты
4. Основа для Edge AI



Aptos cEDGE

1. всенаправленный модем на ретрансляторах Iridium
2. 22 кбит/с КА-Земля
3. 88 кбит/с Земля-КА
4. ARM ядра – Raspberry Pi Zero 2 W
5. TPU ~4 TOPS – Coral
6. Дублирование вычислений по ядрам
7. ML детектор SEL
8. Интеграция с AWS GreenGrass
9. Летал на ДЦ Starcloud



APTOS

PlanetLab Pelican-2

43

1. 120 кг
2. Работает с ретрансляторами SES
3. Солнечные батареи 600 Вт
4. NVIDIA Jetson Orin Industrial 75 Вт



Nvidia Jetson Orin industrial



1. Lifetime 10 лет
2. Вибростойкий
3. **248 TOPS**
4. 2048 Ampere core
5. 64 Tensor core
6. 12 core ARM
7. 64 Gb
8. DV-акселератор
9. Vision-акселератор
10. Inference-акселератор

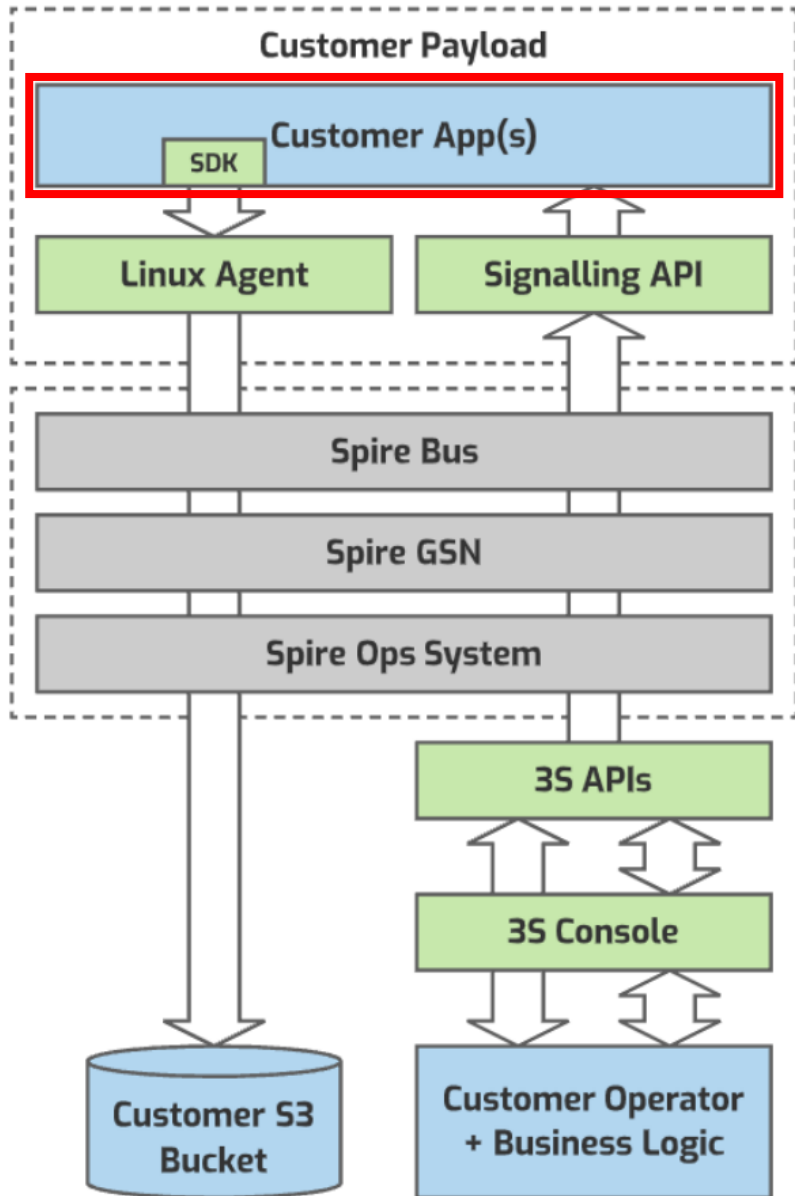
Spire

45

1. 5-15 кг
2. Солнечные батареи 20-80 Вт
3. Примерно 10-20 Вт на GPU
4. **Virtual mission edge satellite**
5. NVIDIA Jetson Tx2 **1,4 TOPS**, 10-15 Вт
6. Запуск в течение окна времени кода на:
 - SDR – радио КА-Земля + ISL КА-КА
 - IPI – камера
 - SABERTOOTH – Edge GPU



Spire Software-Defined-Satellite

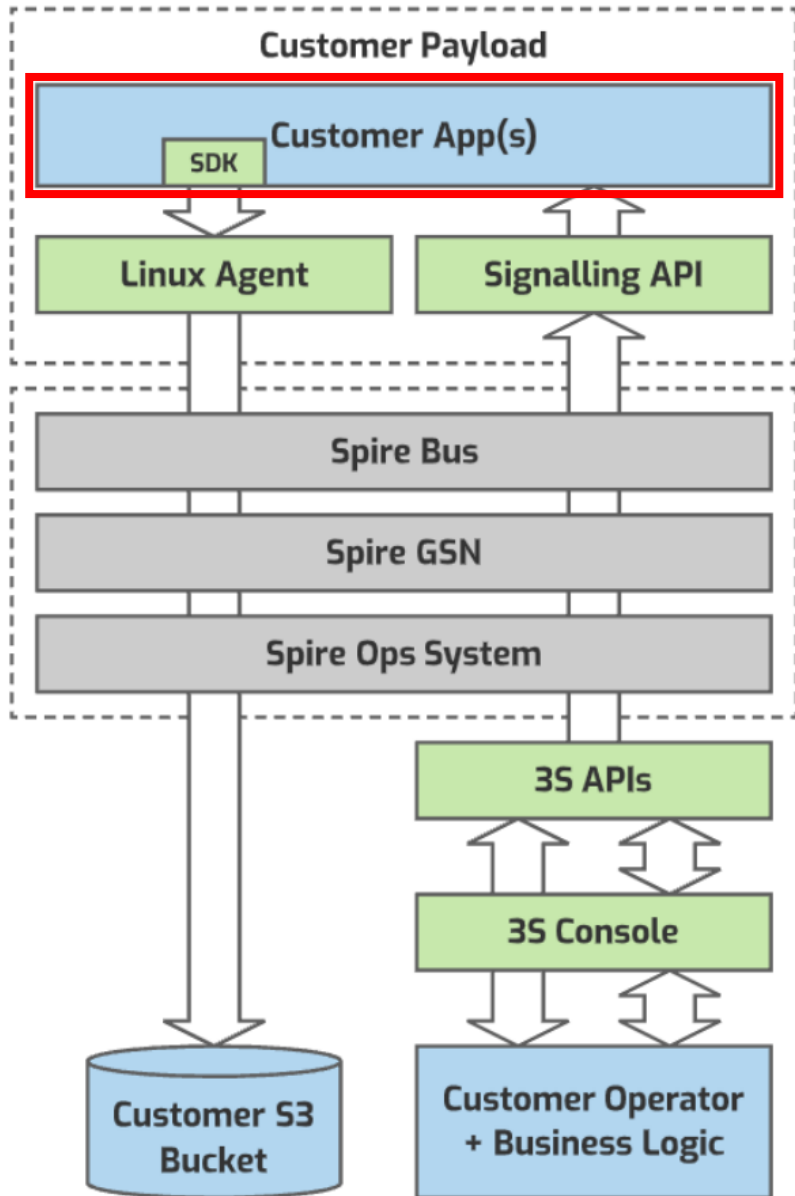


1. Разработка Linux-кода для запуска на Payload/-ах
2. Отправка на КА
3. Выбор окна запуска
4. Автоматический запуск Payload/-ов
5. Забор данных с S3-папки

SABERTOOTH

Attribute	Value
SoC	NVIDIA Tegra TX2i
CPU	4x ARM Cortex A57 @ 2GHz (+ 2x Denver 2 @ 2Ghz)
Memory	8GB
OS	Ubuntu 18.04.2 (Jetpack 4.2.2)
Arch	64-bit armv8-hardfp
Kernel	Linux 4.9.140
IP Address	10.2.1.10
Package List	List
Windows	PAYLOAD_SABERTOOTH

Spire Software-Defined-Satellite



1. Разработка Linux-кода для запуска на Payload/-ах
2. Отправка на КА
3. Выбор окна запуска
4. Автоматический запуск Payload/-ов
5. Забор данных с S3-папки

SDR

Attribute	Value
SoC	Xilinx Zynq UltraScale+ ZU4CG
CPU	2x ARM Cortex A53 @ 1.3GHz (+ 2x ARM Cortex R5F @ 533Mhz ^{**})
Memory	2GB
OS	Yocto Poky 2.5 (Sumo)
Arch	64-bit armv8-hardfp
Kernel	Linux 4.14.0
IP Address	10.2.1.12
Package List	List
Utilities	- RF Collect - RF Transmit - IQ Generator
Windows	PAYLOAD_SDR

Spire Hello World

```
#!/bin/sh  
set -eu
```

```
echo "Hello World from orbit!" > /outbox/hello.txt
```

```
export TOKEN="YOUR_AUTH_TOKEN"  
export SATELLITE="FM123"
```

```
curl -X POST \  
  "https://api.orb.spire.com/tasking/upload?satellite_id=$SATELLITE&  
    payload=SDR  
    &destination_path=/persist/bin/hello.sh  
    &executable=true" \  
  -H "Authorization: Bearer $TOKEN" \  
  -F "file=@hello.sh"
```

```
aws s3 ls s3://TOKAREV-BUCKET/ --recursive | grep hello.txt
```

LizzieSat Software-Defined-Satellite

49



1. 100 кг
2. Работает с ретрансляторами Iridium
3. Солнечные батареи 400 Вт
4. Примерно 75 Вт на GPU
5. По-умолчанию Orin NX, 100 TOPS, 30 Вт
6. Возможен Orin Industrial, 248 TOPS, 70 Вт

LizzieSat Software-Defined-Satellite

50

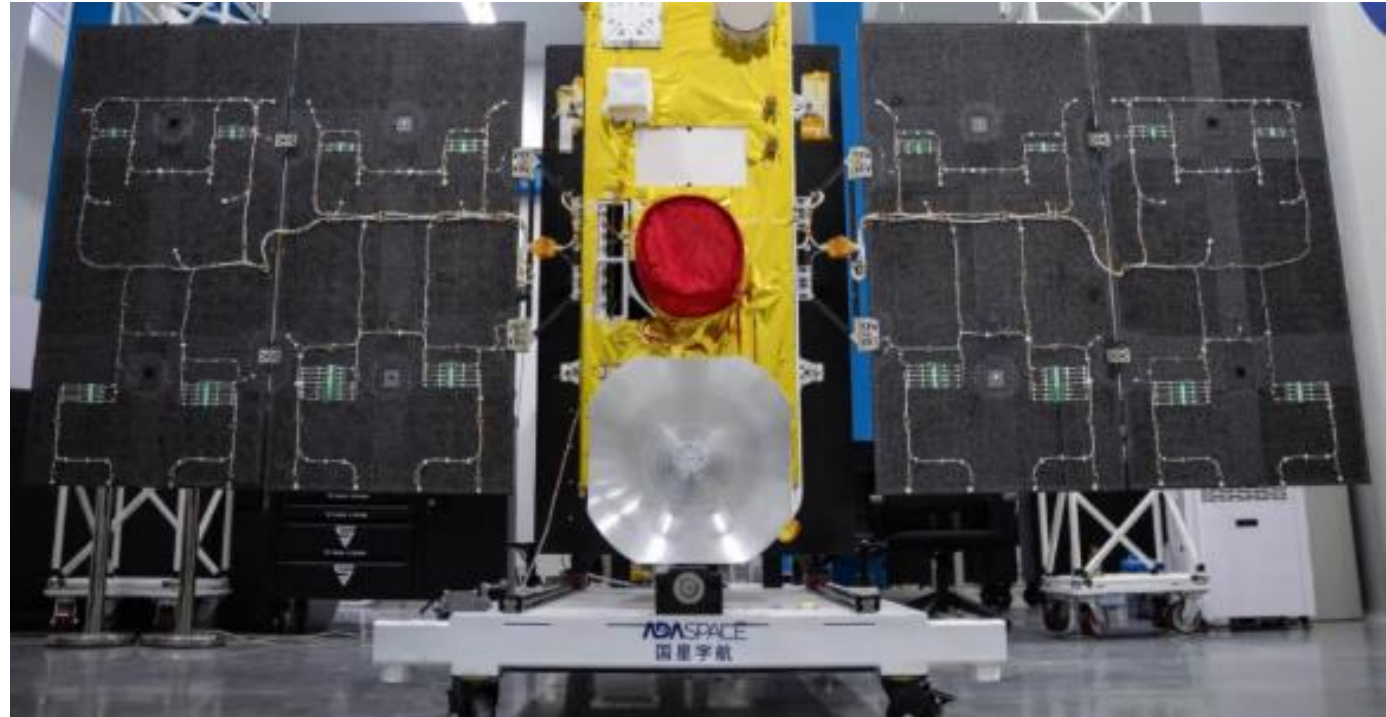


1. 100 кг
2. Работает с ретрансляторами Iridium → Решение сетевой доступности
3. Солнечные батареи 400 Вт
4. Примерно 75 Вт на GPU
5. По-умолчанию Orin NX, 100 TOPS, 30 Вт
6. Возможен Orin Industrial, 248 TOPS, 70 Вт

Созвездие трёх тел

51

1. Комплексование нескольких ДЗЗ КА
2. Удалённые EDGE вычисления
3. Лазерная связь
4. ~250-300 кг, 3 кВт
5. 774 TOPS
6. 2800 КА



Проект Китая

52

The Three-Body Computing Constellation by China

The satellite network, known as the Three-Body Computing Constellation, is a space-based infrastructure being developed by Zhejiang Lab, a research institute backed by the Zhejiang provincial government. Once fully operational, the constellation is projected to support real-time, in-orbit data processing at a staggering total capacity of 1,000 peta operations per second (POPS) – or one quintillion operations per second.

For context, the El Capitan supercomputer at the Lawrence Livermore National Laboratory in California – named the world's most powerful supercomputer last year – achieves over 1.72 POPS.

1. 2800 КА * 3 = 8400 видеокарт
2. CoreWeave – стойка 130 КВт, жидкостное охлаждение
3. 250 000 видеокарт – конец 2025



CoreWeave

<https://www.coreweave.com/news/coreweave-annou...>

CoreWeave's Agreement with OpenAI to Deliver AI...

Mar 10, 2025 — Learn how CoreWeave will provide Open AI with infrastructure purpose-built for AI use cases.



Проекты Китая edge ИИ в ДЗЗ

53

Тип	Всего	ИИ на борту
Оптические	36	25
Радарные	11	2
Всего	47	27

57% с ИИ!

70% 100-278 TOPS!

Azure space

1. Edge инфраструктура от Microsoft
2. Наземные станции
3. Облачные сервисы для ДЗЗ ML
4. Edge рантайм для спутников
5. 2019 начало работ
6. 2020 запуск



Starlink's high-speed, low-latency global connectivity in conjunction with Azure infrastructure will enable users to access fiber-like cloud computing access anywhere, anytime. We're excited to offer this solution to both the public and the private sector."—

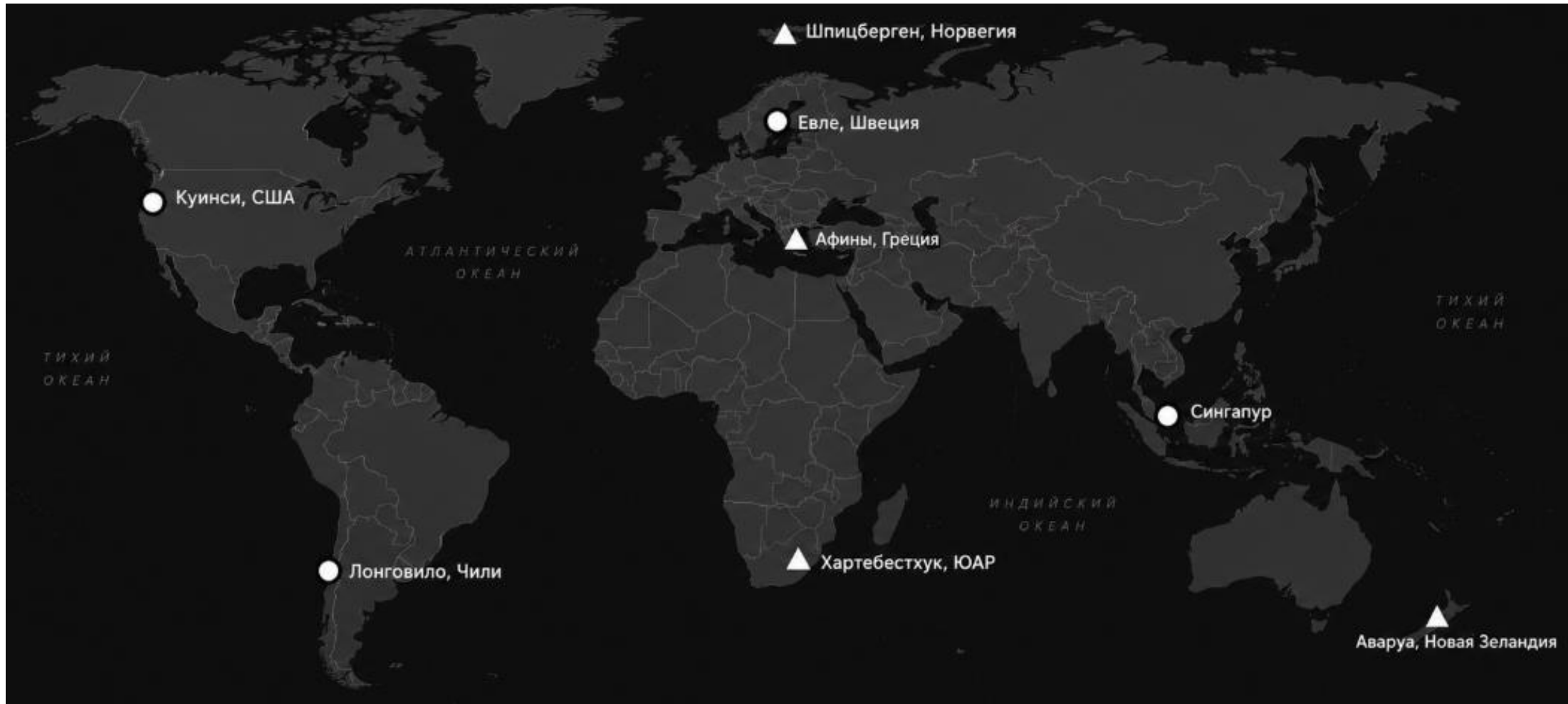
Gwynne Shotwell, SpaceX President and Chief Operating Officer

Announcing the General Availability of Azure Orbital Ground Station



Azure space

55



~7 партнёров

DOTNEXT

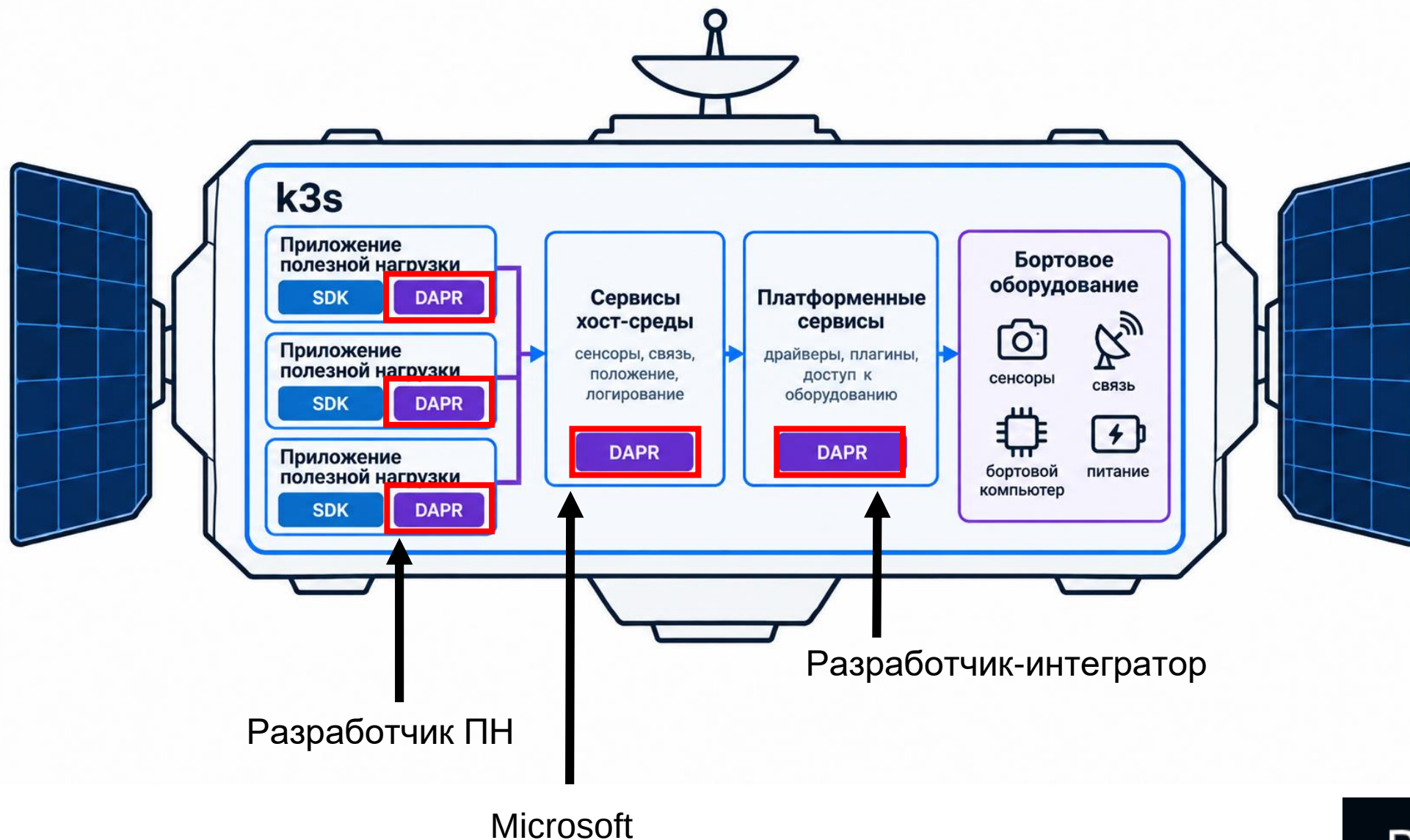
Модель разработки

1. Контейнеризированное приложение
2. Легковесный Kubernetes K3s
3. Оборудование скрыто за API
4. Основные абстракции – sensor, link, position, logging
5. Виртуальный стенд КА и имитаторы КА встроены во фреймворк
6. Монолит edge или микросервисы edge в микросервисном рантайме

Фреймворк только для полезной нагрузки!

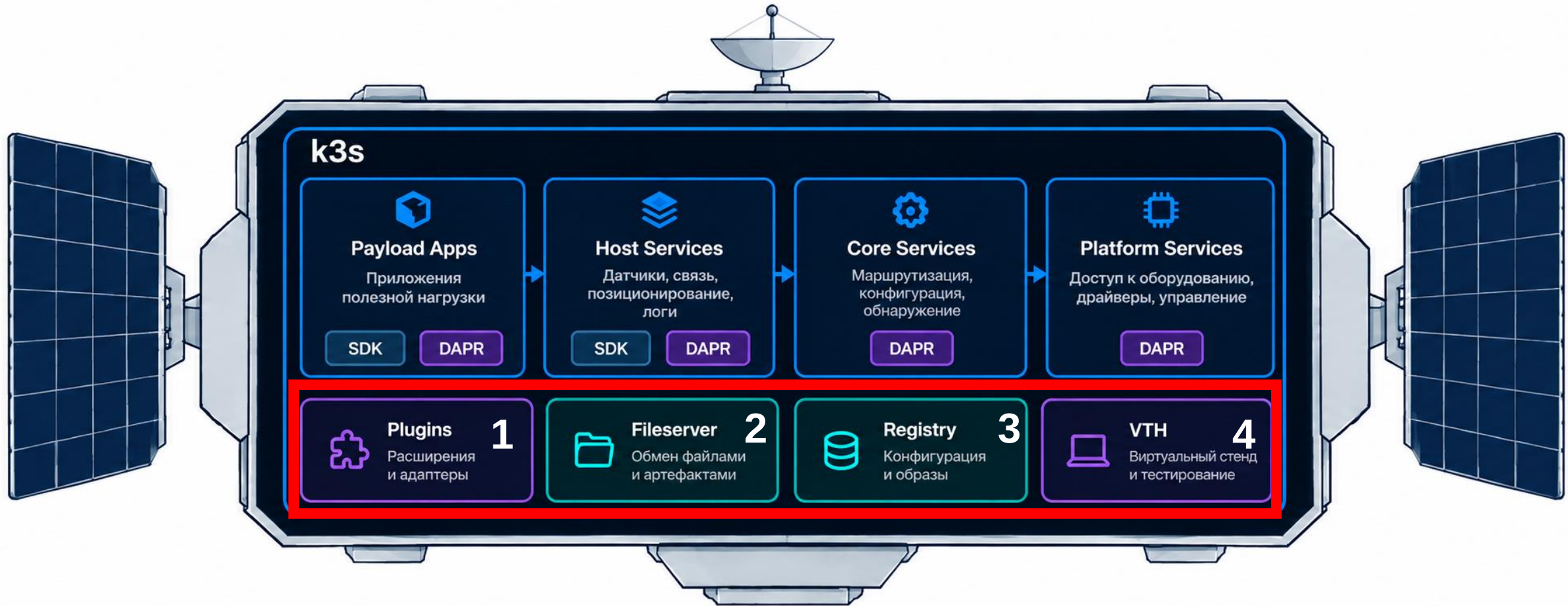
Зоны ответственности

57



Архитектура

58



Hello world Azure

59

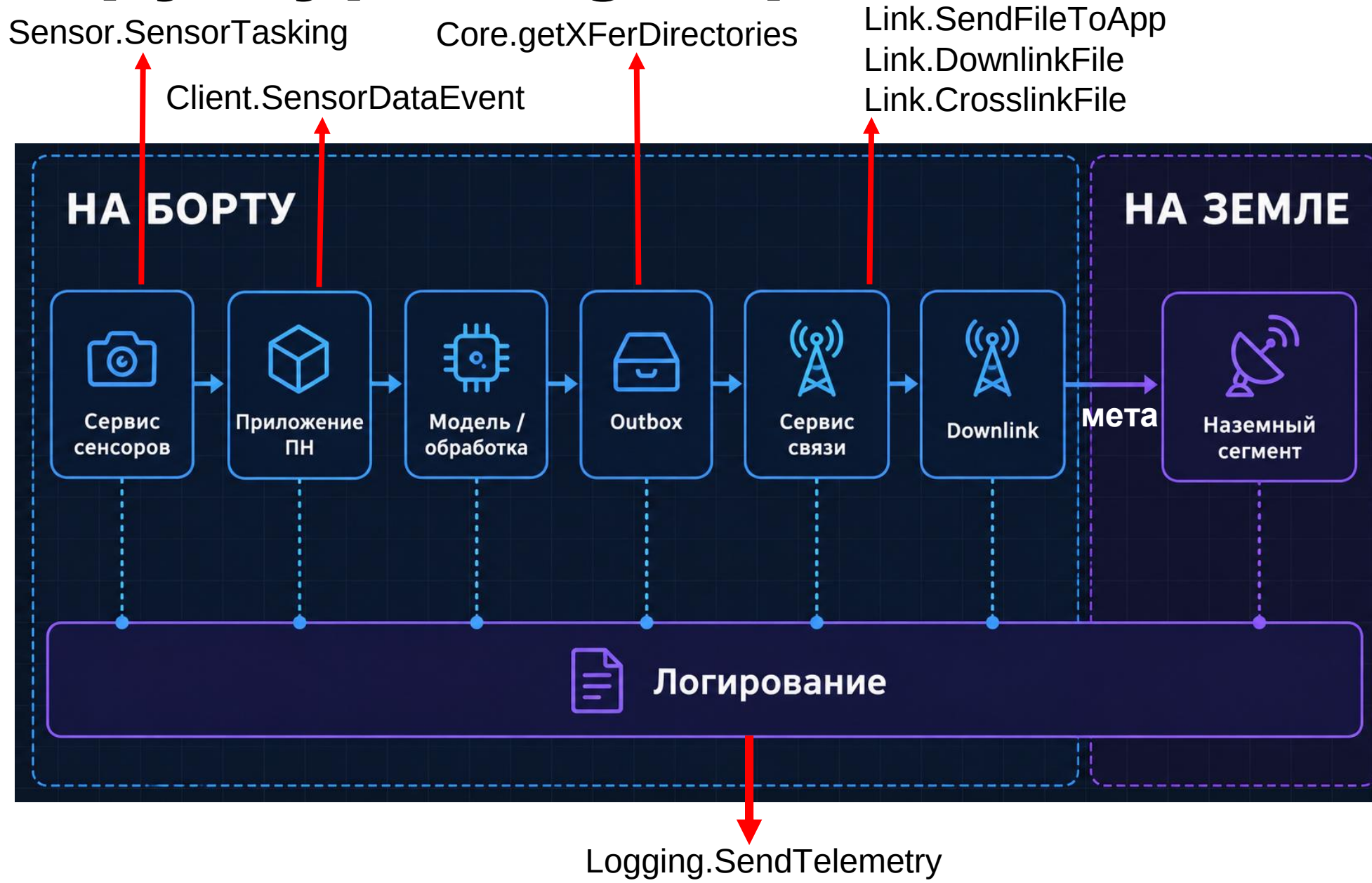
```
using Microsoft.Azure.SpaceFx.SDK;  
using Microsoft.Azure.SpaceFx.MessageFormats.HostServices.Sensor;
```

```
1Client.Build();  
Client.WaitForOnline(TimeSpan.FromSeconds(30)); 2  
  
Client.SensorDataEvent += (_, data) =>  
{  
    Console.WriteLine(  
        $"Hello, world! Sensor {data.SensorID} responded."); 5  
};  
  
var available = await Sensor.GetAvailableSensors(); 3  
  
var sensorId = available.Sensors.First().SensorID;  
  
4await Sensor.SensorTaskingPreCheck(sensorId: sensorId);  
await Sensor.SensorTasking(sensorId: sensorId);  
  
await Client.KeepAppOpen();
```

1. Инит
2. Ожидание загрузки драйверов ПН
3. Список ПН
4. Обращение к ПН
5. Вывод по ответу

Структура edge приложения ПН

60

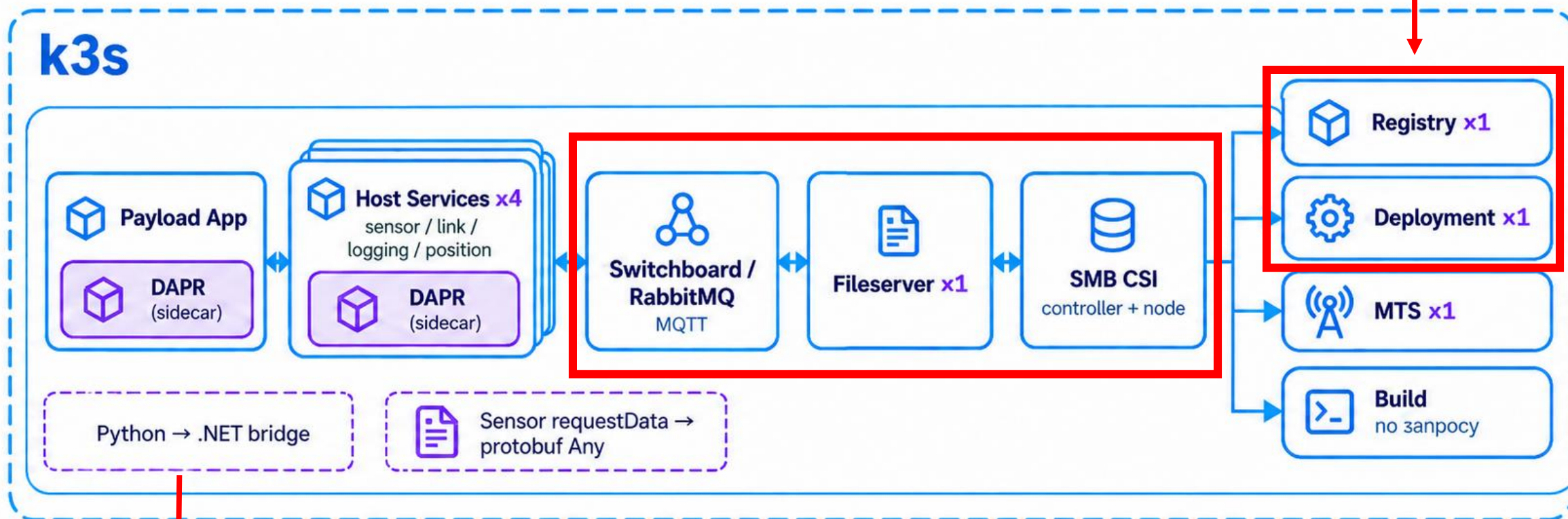


Полная архитектура

61

```
await Sensor.SensorTasking(sensorId);  
await Link.DownlinkFile(...);
```

Docker
Python
NuGet



Подарок ☺

DOTNEXT

Нагрузка

1. 14 постоянных подов
2. 1 под для билдов
3. Форк RabbitMQ
4. 15 % — idle
5. 25% — ПН работает

Реквесты 0,25 ядра + 616 Мб!

Серия YAM от Loft orbital

63



1. **Фреймворк Azure space SDK**
2. **Запуск Virtual mission**
3. **Запуск – март 2024**
4. **Масса – 87 кг**
5. **Орбита SSO 500 км**
6. **Энергетика 150 Вт максимум**
7. **2 Jetson TX**
8. **4 ARM Cortex A57**
9. **RGB + мультиспектр камера**

Azure ground station

64

Retirement: Azure Orbital Ground Station Retirement

RETIREMENT

December 2024

Customers with existing private spacecrafts with appropriate licenses and authorizations can continue to use the Azure Orbital Ground Station Service until **December 18th, 2024**. New authorizations will no longer be accepted. **Public spacecraft authorizations will end on October 28th, 2024**.

Required action

To ensure the continued success of your missions, please arrange offramp plans as soon as possible. Please reach out to us by **October 21st, 2024** to get connected with our partners so we can help transition your spacecrafts to our partner networks. You can reach the service team at msazureorbital@microsoft.com.

RIP Azure space

Продажа оборудования RBC

DOTNEXT

Причины закрытия

1. Запуск на 3 года позже AWS
2. Из 8 пилотов только 1 клиент
3. Недозагрузка инфраструктуры
4. Оверинжиниринг фреймворка разработки
5. Оверхед на управляющий контур  **КА ~ IOT**
6. Создан фреймворк для edge ПН, а не весь контур ПО
7. Вертикальная интеграция без контроля железа КА невозможна
8. Смена фокуса на AI стек

Planetary computer

66

Microsoft Planetary Computer Pro

Unify geospatial data with enterprise AI and GeoAI analytics to deliver physical world actionable insights that improve decisions at speed.



Help secure your geospatial data with a scalable and integrated data platform.

Get started with Azure



1. Хранилище геоданных
2. Гео-аналитика поверх чужих снимков
3. Каталог ДЗЗ данных как сервис
4. Набор ML пайплайнов и AI агентов для обработки ДЗЗ

Azure Orbital fully managed ground station service

67



Sunil Kumar N

0

May 8, 2026, 5:36 AM

Hey Microsoft team

Just want to know below

What is Azure orbital as service

step by step learning plan for Azure Orbital fully managed ground station service

is there any certification required

✦ AI answer

May 8, 2026, 5:37 AM

Azure Orbital is a fully managed, cloud-based ground-station-as-a-service that lets organizations ingest space data (for example, from satellites) directly into Azure. It provides managed ground station resources and integration with Azure services so space data can be processed, stored, and analyzed in the cloud.

Ответ из прошлого

DOTNEXT

Обещания

1. Физическая безопасность
2. Выполнение задач инференса ближе к ДЗЗ
3. Не занимают места
4. Нет платы за аренду
5. Бесплатная энергетика
6. Нет трат на воду для охлаждения

Обещания

1. Физическая безопасность
2. Выполнение задач инференса ближе к ДЗЗ
3. Не занимают места
4. Нет платы за аренду
5. Бесплатная энергетика
6. Нет трат на воду для охлаждения



Весь инференс и обучение ИИ в космос!

Проблемы дата-центров в космосе

71



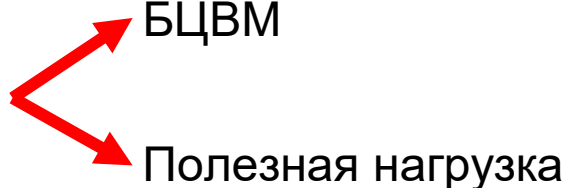
1. Вывод на орбиту

2. Компоновка

3. Связь

4. Энергоснабжение

5. Влияние радиации



БЦВМ

Полезная нагрузка

6. Обслуживание

7. Охлаждение

Риски запусков до Starship

72

SpaceX Turns Away Falcon Customers in Major Bet on Starship (4)

July 24, 2026, 11:22 PM GMT+3



Sana Pashankar



Ed Ludlow

Bloomberg News

SpaceX has started to turn away satellite operators seeking dedicated rides to orbit aboard its staple Falcon 9 rocket beyond 2028, people familiar with the matter said, underscoring the massive bet Elon Musk is making on its unproven Starship.

The company is also not taking future reservations for its Falcon 9 rideshare program, in which multiple satellite operators hitch a ride to orbit on a single rocket, said the people, who spoke on condition of anonymity because the information is confidential.



Anna VanDem • 3rd+

Helping You Build a Freedom-Focused Online Business in 90 Days—So Y...
1d • 🌐

[+ Follow](#)



The next trillion-dollar AI data center won't be built on Earth.

... more



**Евангелист
Волонтёр
Советник
Управляющий партнёр
Стратег**

DOTNEXT

Как выглядит AI ДЦ в космосе

74

*“Each solar array module produces about 6 kW. **Each GPU** consumes about **700 W**. SpaceX could actually install GPUs directly to the solar module, matching optimal voltage and current levels and connecting each back to the main bus not with an insulated high voltage power cable, **but a local wifi connection.**”*

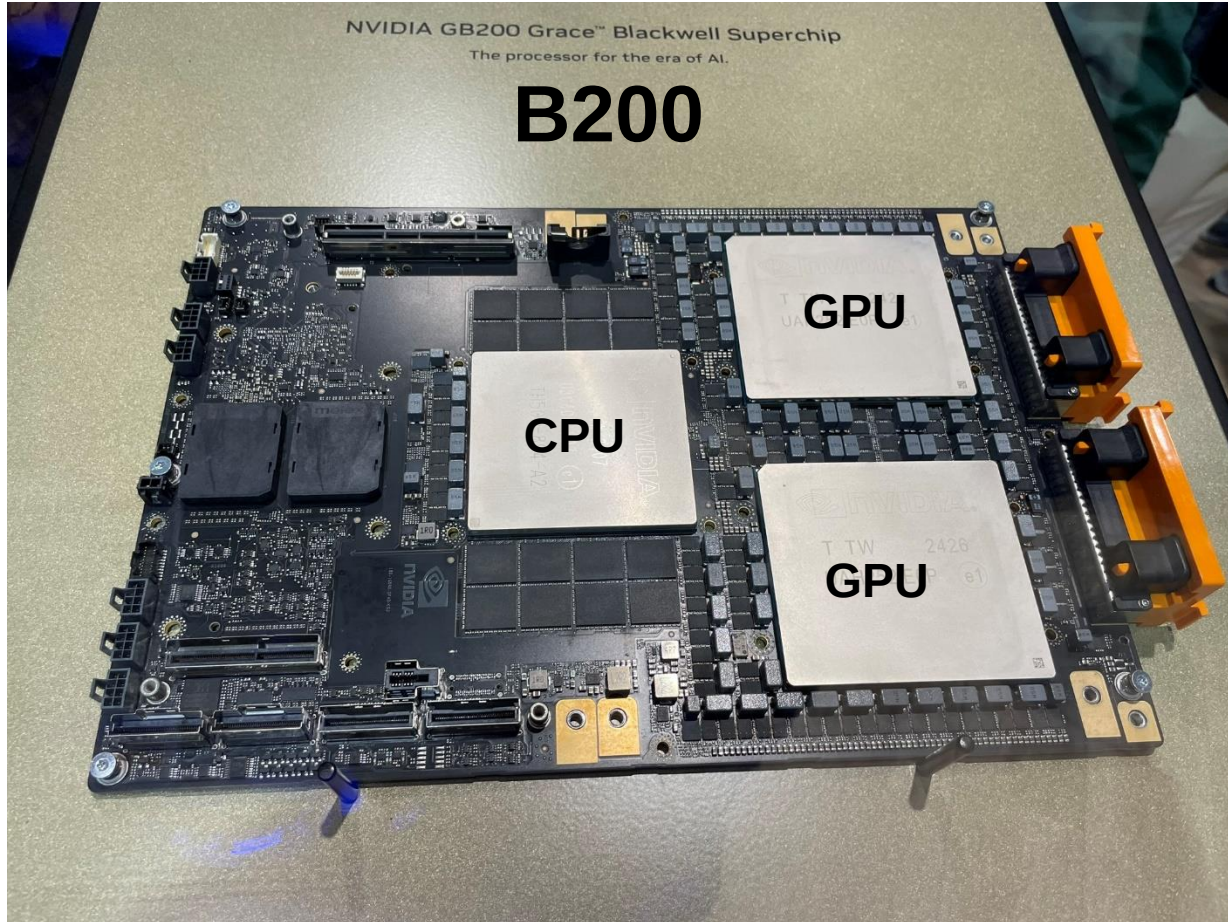


system architect

Как выглядит AI сервер в космосе

75

ИИ кластер Nvidia NVL72 = 72 Nvidia B200



B200

X72

$$72 \text{ NVIDIA B200} = 36 * 3 \text{ кг} = 108 \text{ кг}$$

$$72 \text{ NVIDIA B200} = 36 * 2,7 \text{ кВт} = 97,2 \text{ кВт}$$

30% от МКС

DOTNEXT

Как выглядит AI сервер NVL72 на Земле

76

1. GPU
2. CPU
3. Память
4. Коммутаторы
5. Трансиверы
6. Дисковое хранилище
7. Вентиляция
8. Блок питания
9. Шасси

Просто кэш!!!

NVME для данных 277 Tb
NVME для загрузки 35 Tb
18 коммутаторов для NVLink домена
2 коммутатора сетевого контроллера
72 сетевых адаптера
36 сетевых ускорителя

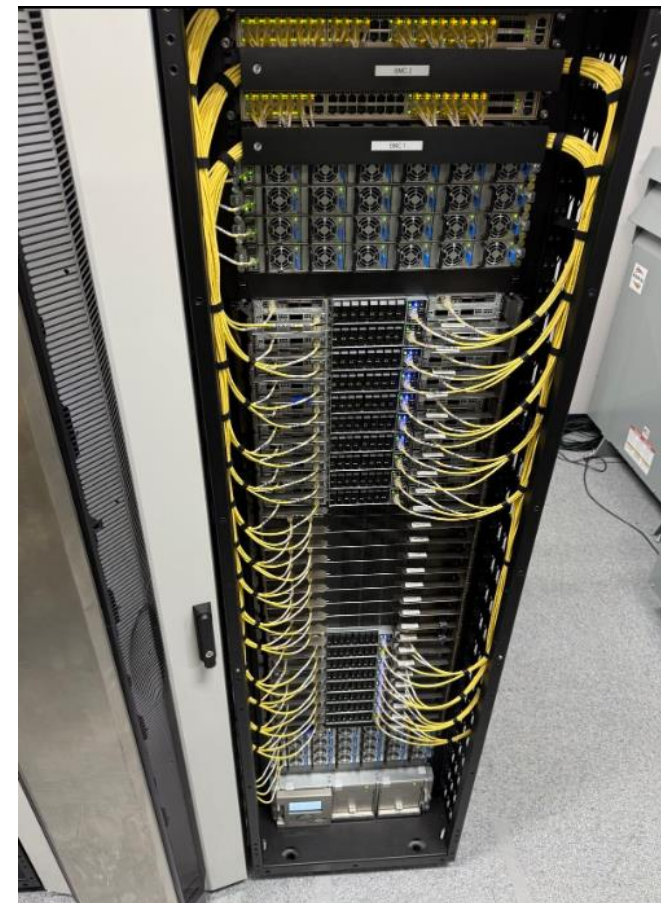
Внешнее хранилище 9 Пб, 45 КВт, 800 кг

NVL72, 120 КВт, 1300 кг

72 NVIDIA B200 = 108 кг

72 NVIDIA B200 = 97,2 кВт

170 кВт, 2300 кг



x8 – супер-под

DOTNEXT

Архитектура КА

1. Система электропитания
2. Система ориентации и стабилизации
3. Система управления движением
4. Система терморегулирования
5. Бортовая вычислительная система
6. Система связи

Payload fraction



Payload fraction

0,43

NOT MEASUREMENT SENSITIVE	
 NASA TECHNICAL STANDARD Office of the NASA Chief Engineer	NASA-STD-5002A
	Approved: 2019-09-25 Superseding NASA-STD-5002 (Baseline)
LOAD ANALYSES OF SPACECRAFT AND PAYLOADS	
APPROVED FOR PUBLIC RELEASE—DISTRIBUTION IS UNLIMITED	
1 of 44	

Мини-ЦОД

79

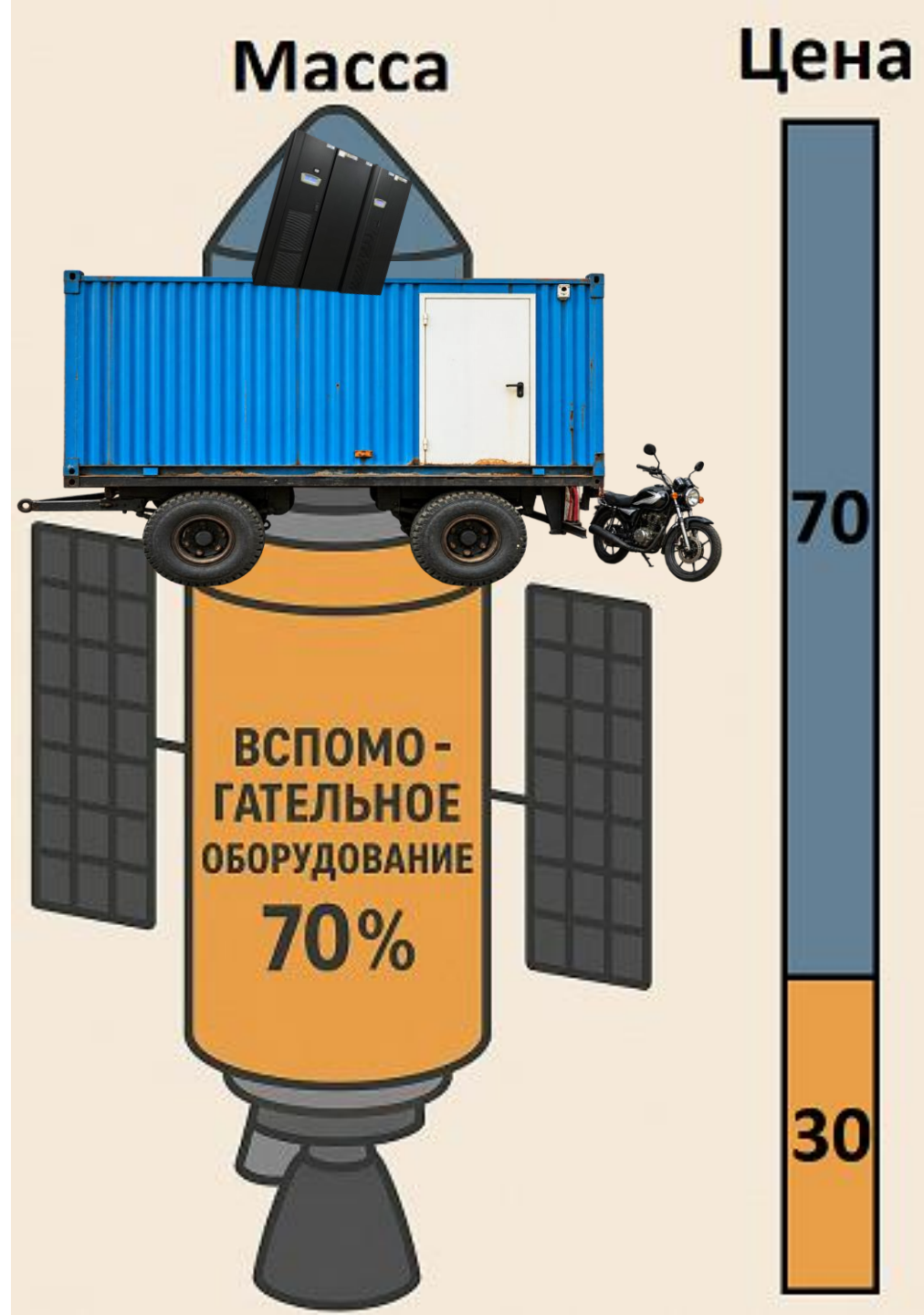
- Система охлаждения – 950 кг, ИБП 800 кг, стойки 1100 кг

• PUE – 1,41

$$PUE = \frac{\text{Общее энергопотребление ЦОД}}{\text{Энергопотребление IT-оборудования}}$$

39% полезная нагрузка
61% обслуживающие системы
Payload fraction 0,39
*Масса ДГУ и мопеда не учтена





Payload fraction
для
Payload fraction

Лазерные линии связи – преимущества

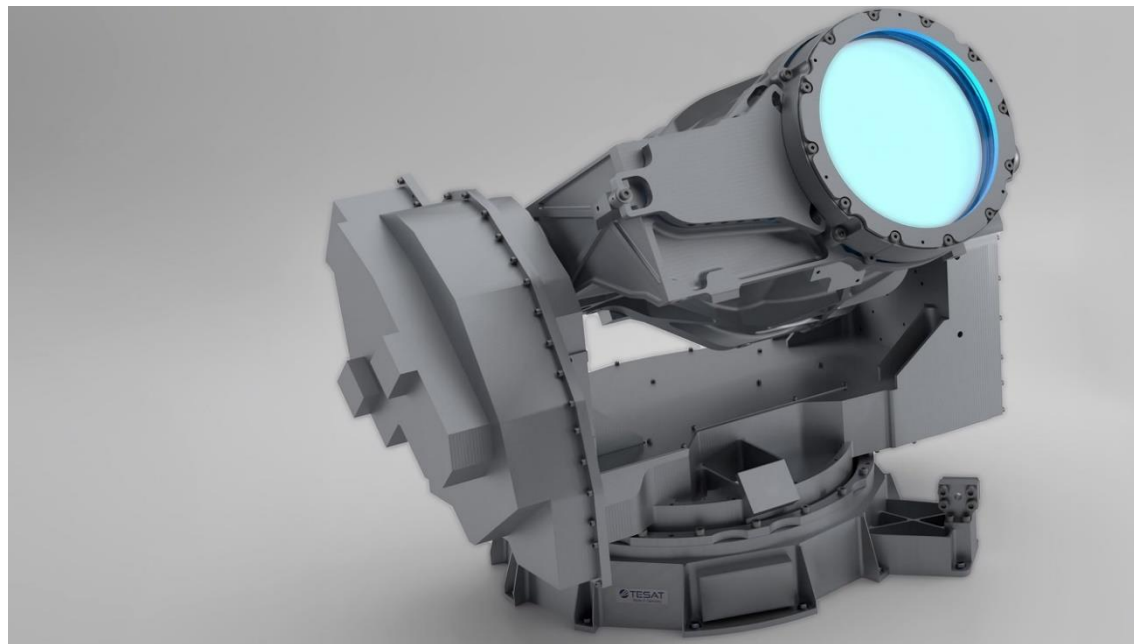


1. Не надо регистрировать частоты
2. Тяжело подавить
3. Высокая пропускная способность – 100 Gb/s без проблем
4. Меньшее энергопотребление

96x96x96 мм, 15 Вт, 100 Mbps, 1,3 Kg, 2000 Км



400x700x400 мм, 340 Вт, 100 Gbps, 28 Kg, 80000 Км

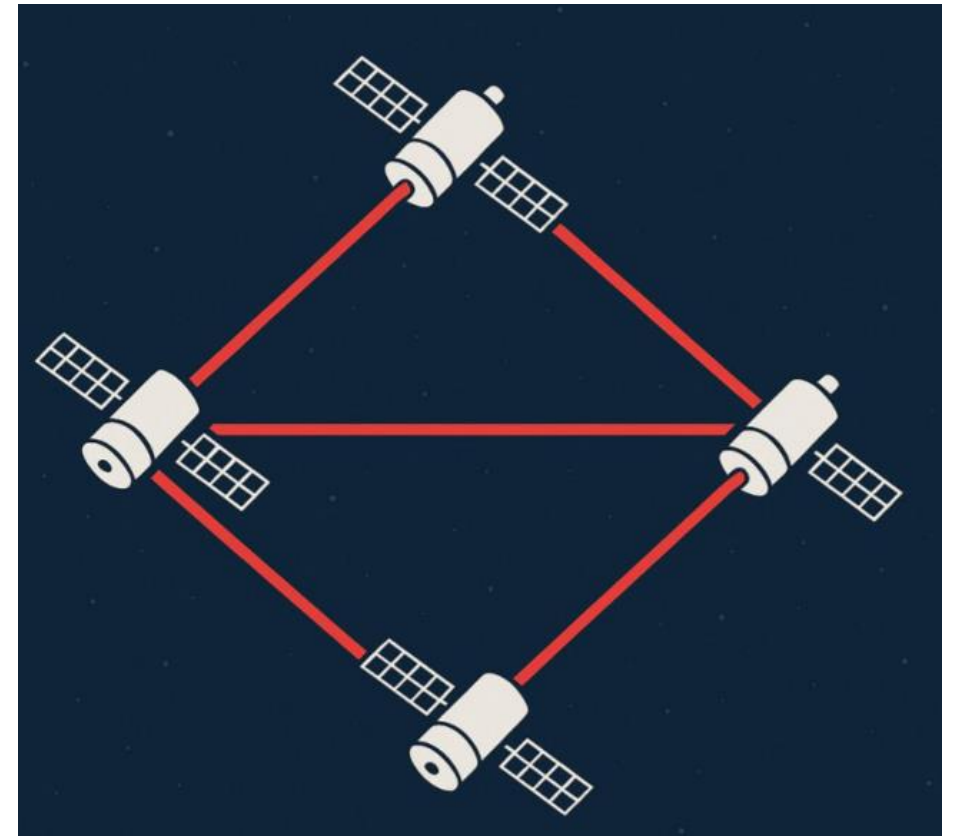


Лазерные линии связи – недостатки



1. Полнодуплексные редкость
2. Нацеливание на приёмник
3. Проблемы от препятствий, Солнца, атмосферных условий
4. Дальность ограничена
5. Инженерная сложность
6. Стоимость – сотни тысяч долларов...
7. Большинство игнорируют стандарт

Лучи всегда активны – P-LISL



SDA ост

LASER COMMUNICATIONS:

Space Development Agency Should Create Links Between Development Phases

GAO-25-106838. Published: Feb 26, 2025. Publicly Released: Feb 26, 2025.

SDA Has Taken Steps to Develop Laser Communications Technology, but Has Not Yet Fully Demonstrated It in Space

SDA's Approach Does Not Follow Leading Practices Related to Learning, Investment, and Communication

Conclusions

Agency Comments

APPENDIX I: OBJECTIVES, SCOPE, AND METHODOLOGY

APPENDIX II: SPACE DEVELOPMENT AGENCY OPTICAL COMMUNICATIONS TERMINAL STANDARD

APPENDIX III: COMMENTS FROM DEPARTMENT OF DEFENSE



Starlink ISL



Доступность	>99 %
Максимальная скорость	200 Гбит/с
Максимальная дальность	5 400 км
Минимальное время установления соединения	12 с
Максимальная длительность соединения	Недели
Количество установлений соединений	266 141 соединений/сутки
Пиковая пропускная способность	>5,6 Тбит/с
Объём пользовательского трафика	>42 ПБ/сутки

Starlink ISL



Доступность	>99 %
Максимальная скорость	200 Гбит/с
Максимальная дальность	5 400 км
Минимальное время установления соединения	12 с
Максимальная длительность соединения	Недели
Количество установлений соединений	266 141 соединений/сутки
Пиковая пропускная способность	>5,6 Тбит/с
Объём пользовательского трафика	>42 ПБ/сутки

2024!

Starlink v3 – x12

Способы питания космических аппаратов

86

1. Радиоактивный распад

2. Фотоэлектрический

3. Электрохимический → Если П. 2 не П. 2 ☺

Сбой

Тень

Аккумуляторы

87

NiH Hubble



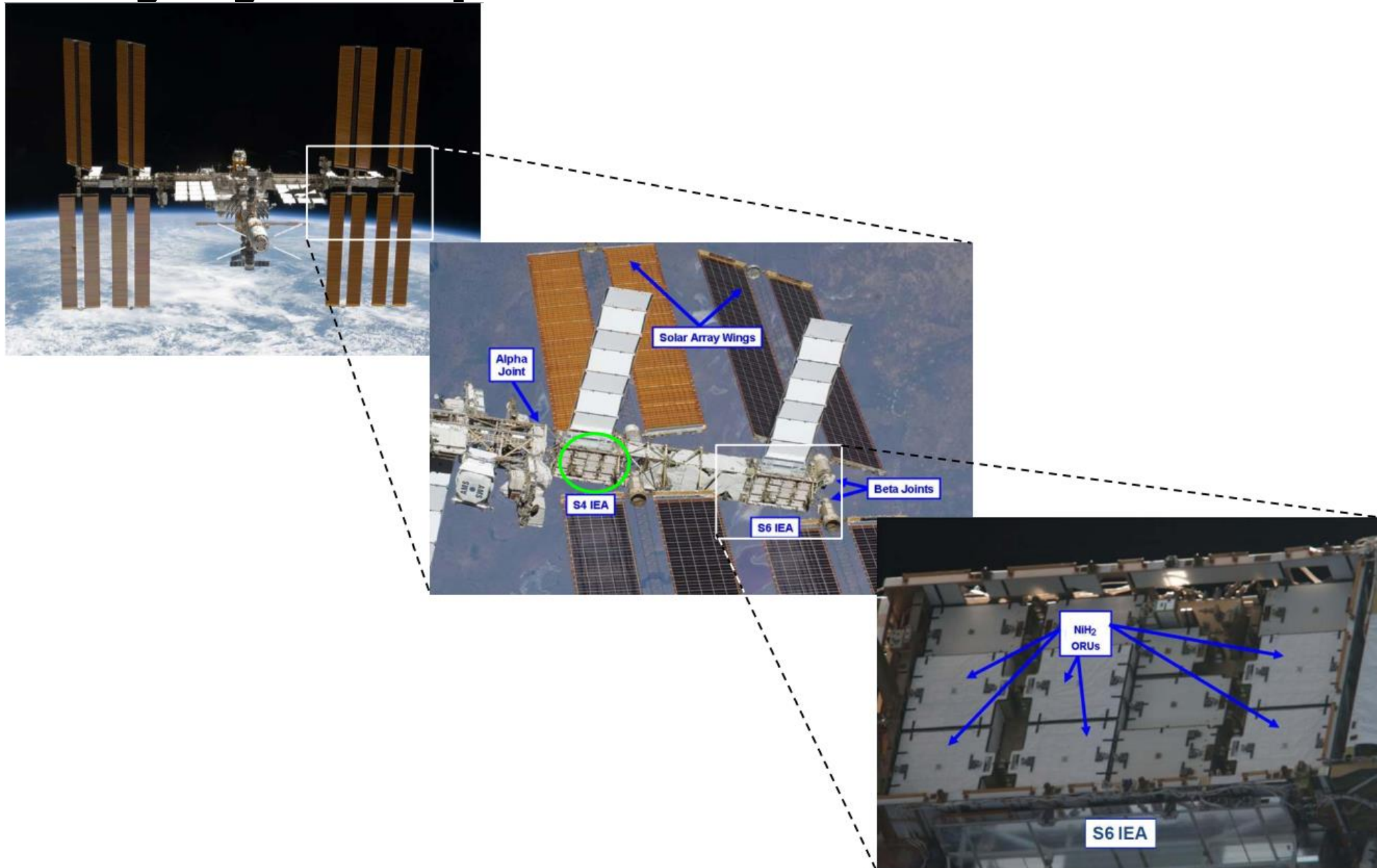
Li-ion Parker



LiS cubesat

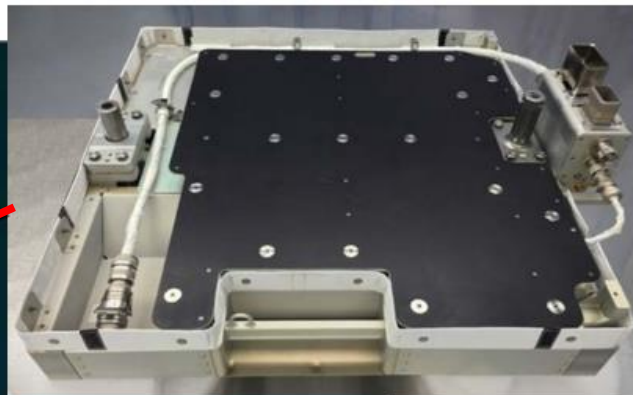
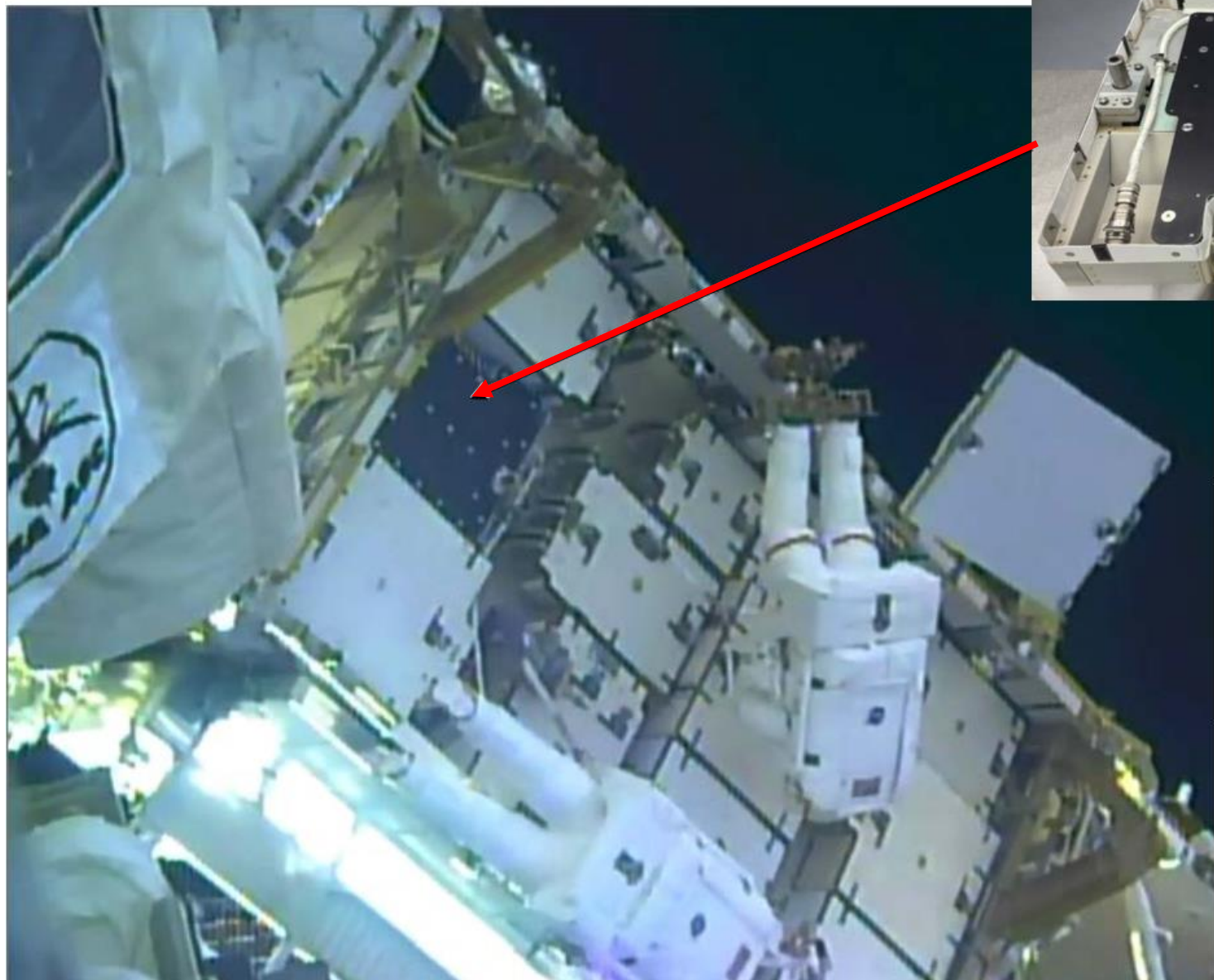


Аккумуляторы МКС



Аккумуляторы МКС – замена

89



Аккумуляторы МКС

Параметр	NiH	Li-ion
Количество	48	24
Мощность на батарею	3,8 кВт	6 кВт
Энергия	9,7 кВт-ч	19 кВт-ч
Емкость	81 А-ч	160 А-ч
Циклы заряд-разряд	до 38000	до 38000
Масса	170 кг	197 кг
Энергоемкость	57 Вт-ч/кг	95 Вт-ч/кг

Аккумуляторы МКС

Параметр	NiH	Li-ion
Количество	48	24
Мощность на батарею	3,8 кВт	6 кВт
Энергия	9,7 кВт-ч	19 кВт-ч
Емкость	81 А-ч	160 А-ч
Циклы заряд-разряд	до 38000	до 38000
Масса	170 кг	197 кг
Энергоемкость	57 Вт-ч/кг	95 Вт-ч/кг

Аккумуляторы МКС

92

Параметр	NiH	Li-ion
Количество	48	24
Мощность на батарею	3,8 кВт	6 кВт
Энергия	9,7 кВт-ч	19 кВт-ч
Емкость	81 А-ч	160 А-ч
Циклы заряд-разряд	до 38000	до 38000
Масса	170 кг	197 кг
Энергоемкость	57 Вт-ч/кг	95 Вт-ч/кг

На Земле 160-200 Вт-ч/кг!

Pros&cons

+

Компактность

Отсутствие движущихся частей

Высокий КПД

-

Ограниченная емкость

Деградация со временем

Чувствительность к температуре

Масса

Пути развития

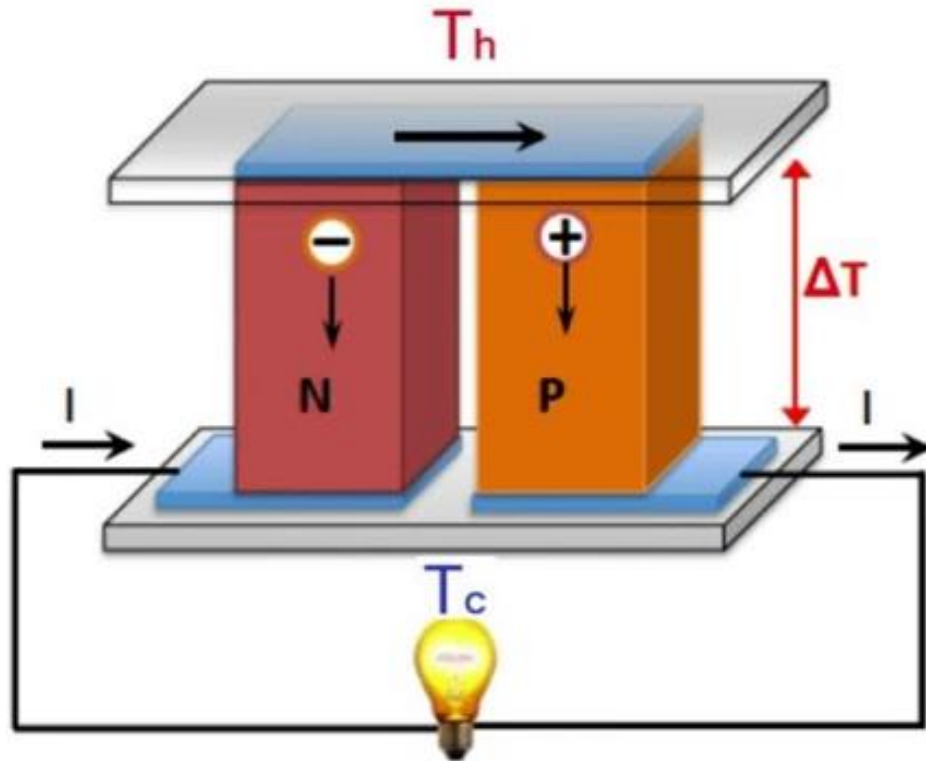
1. Повышение КПД
2. Повышение циклов разряда-заряда
3. Метрика Энергоёмкость-Кг





Эффект Зеебека

97



возникновении электрического напряжения между двумя соединёнными разнородными проводниками при наличии разности температур между их СПАЯМИ.

Уравнение теплового баланса:

$$E_{\text{Зеебека}} = K(T_h - T_c) - Q_P - \frac{1}{2}Q_J,$$

$$\text{где } E_{\text{Зеебека}} = (\alpha_n + \alpha_p)(T_h - T_c)$$

Коэффициент полезного действия:

$$\eta_{\max} = \frac{T_h - T_c}{T_h} \frac{\sqrt{1 + \frac{1}{2}Z(T_h + T_c)} - 1}{\sqrt{1 + \frac{1}{2}Z(T_h + T_c)} + \frac{T_h}{T_c}}$$

$$Z = \frac{\alpha^2 \cdot \sigma}{k}$$

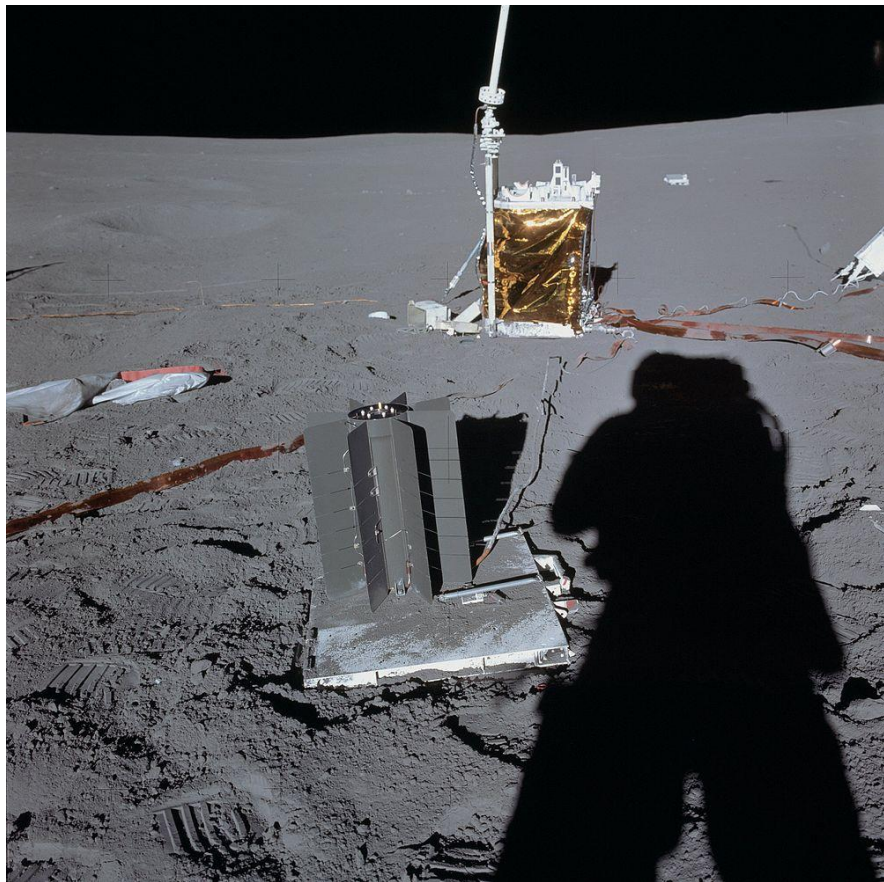
α – коэффициент Зеебека;

σ – электропроводность;

k – теплопроводность.

РИТЭГи

98



Масса: 19 кг Изотоп: Pu-238

Масса изотопа: 3,8 кг

Материал термопары: SiGe

Тепловая энергия: 1250 Вт

Электрическая энергия: 70 Вт



Масса: 56 кг Изотоп: Pu-238

Масса изотопа: 7,8 кг

Материал термопары: SiGe

Тепловая энергия: 4400 Вт

Электрическая энергия: 285 Вт

DOTNEXT

РИТЭГи – текущая эффективность

КПД: 4%

Энергоемкость: 5 Вт-кг

Pros&cons

100

+

Долговечность

Независимость от внешних условий

Отсутствие движущихся частей

Надежность

Выработка тепла

-

Радиационная опасность

Ограниченный набор материалов

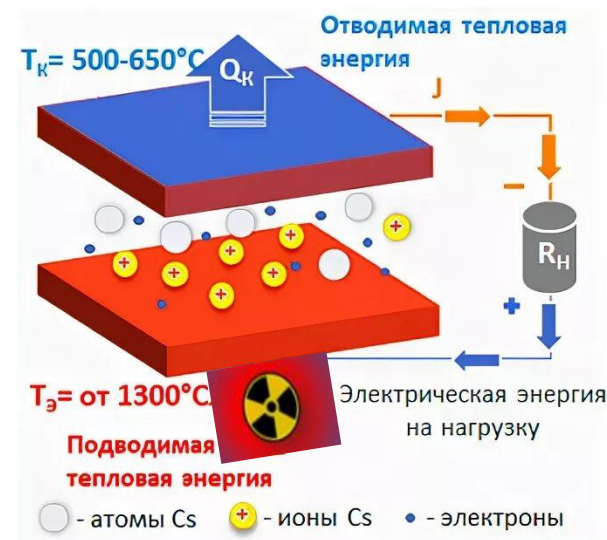
Деградация со временем

Высокая стоимость

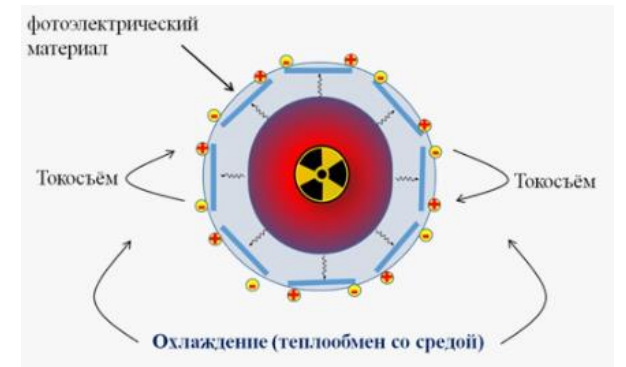
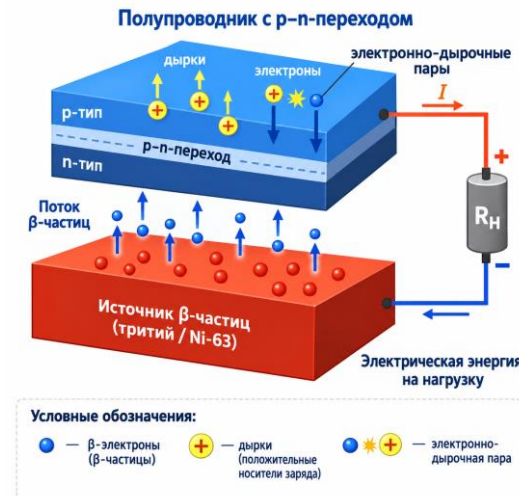
Малая мощность и низкий КПД

Пути развития – упор на КПД

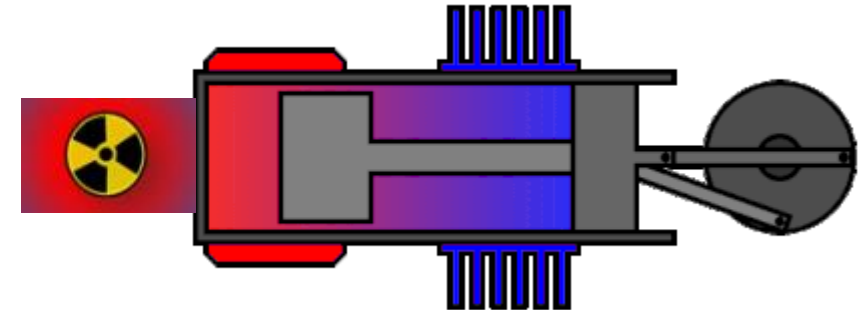
1. Термоэмиссионные преобразователи 8-15% КПД



2. Термофото и бета вольтоника – 15-25% КПД



3. Двигатели Стерлинга 25-35% КПД



Планы по реакторам

1. Топаз 6 КВт – термоэмиссия, закрыт, срок службы 1 год, 1.2 тонны
2. Эльбрус – термоэмиссия, 200/400 КВт, срок 20 лет, 7 тонн, не существует
3. Зевс – паровая турбина, 1 МВт, не существует

Овчаренко М.К., Забудько А.Н., Ионкин В.И. и др. Концепция долгоресурсной ЯЭУ “Эльбрус-400/200” с эффективными низкотемпературными термоэмиссионными преобразователями, вынесенными из активной зоны // Сборник докладов Международной конференции «Ядерная энергетика в космосе – **2005**», Москва-Подольск, 2005, т.1, с. 144 – 149.

Акционерное общество «Государственный научный центр Российской Федерации – Физико-энергетический институт» имени А.И. Лейпунского

На правах рукописи



Полоус Михаил Александрович

Методика комплексного трехмерного расчета выходных характеристик электрогенерирующих каналов термоэмиссионных ядерных энергетических установок второго поколения

Специальность

05.14.03 – Ядерные энергетические установки, включая проектирование, эксплуатацию и вывод из эксплуатации

диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук

Научный руководитель

профессор, доктор технических наук Ярыгин Валерий Иванович

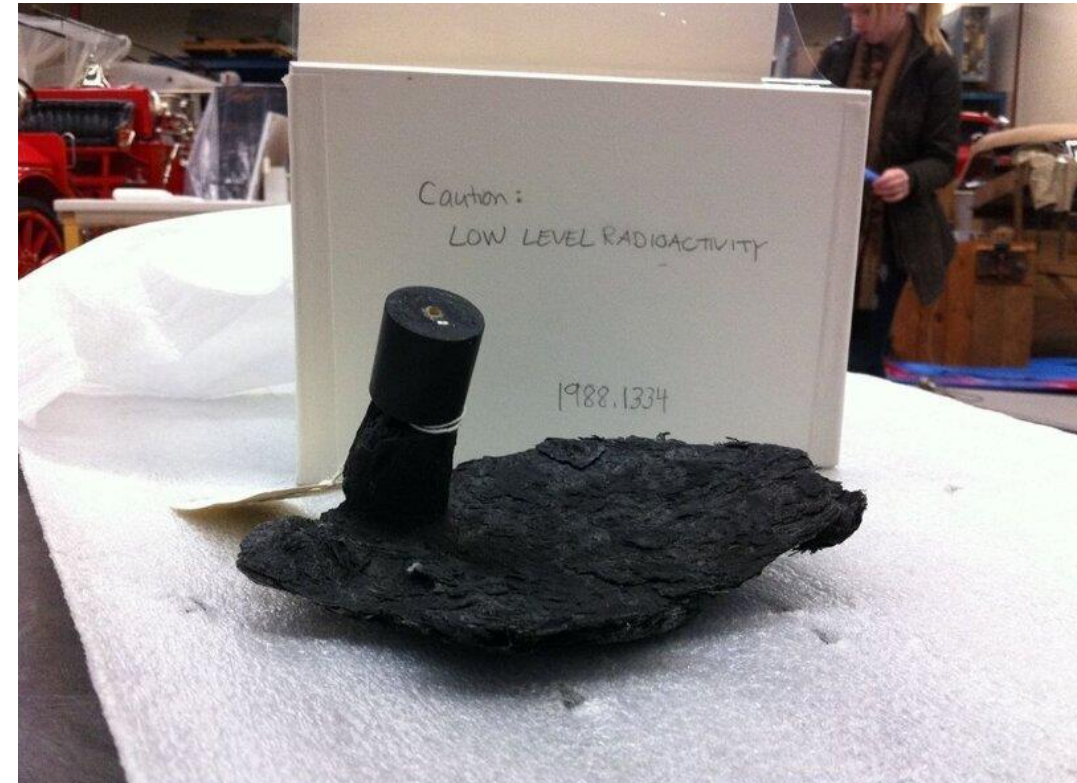
Обнинск – 2016

Аварии реакторов

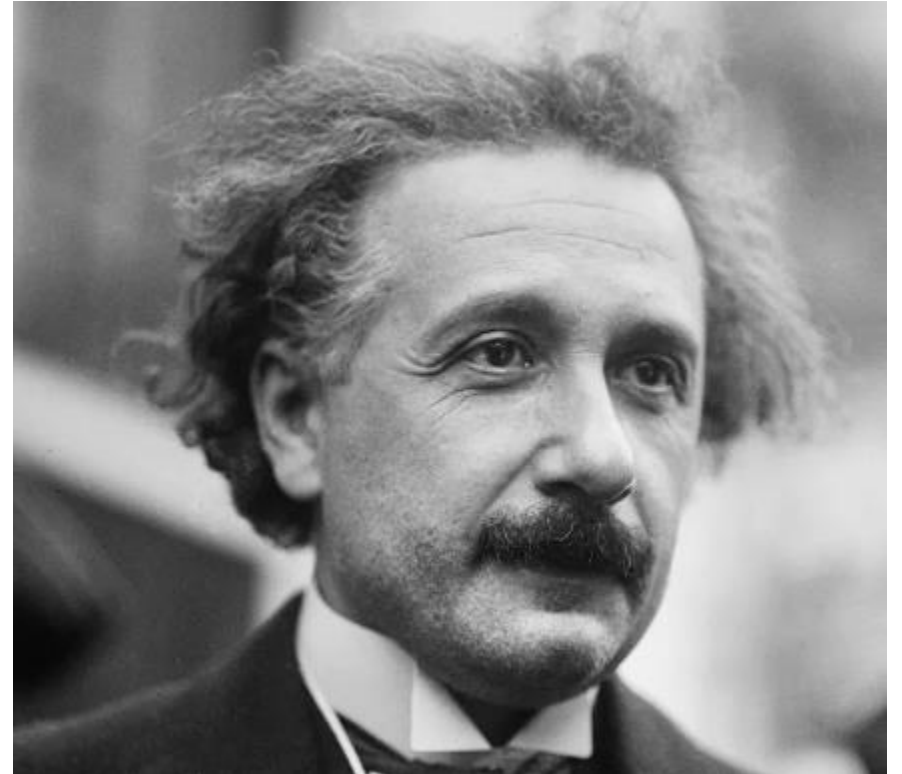
103

1. США – 2 аварии РИТЭГ
2. СССР – 6 аварий термоэмиссионных реакторов ← Каждый 5й

Космос-954
Канада



$$h\nu = A + \frac{mV_{\text{max}}^2}{2}$$





Солнечные батареи МКС

106



СОЛНЕЧНЫЕ
БАТАРЕИ МКС

2247 м²



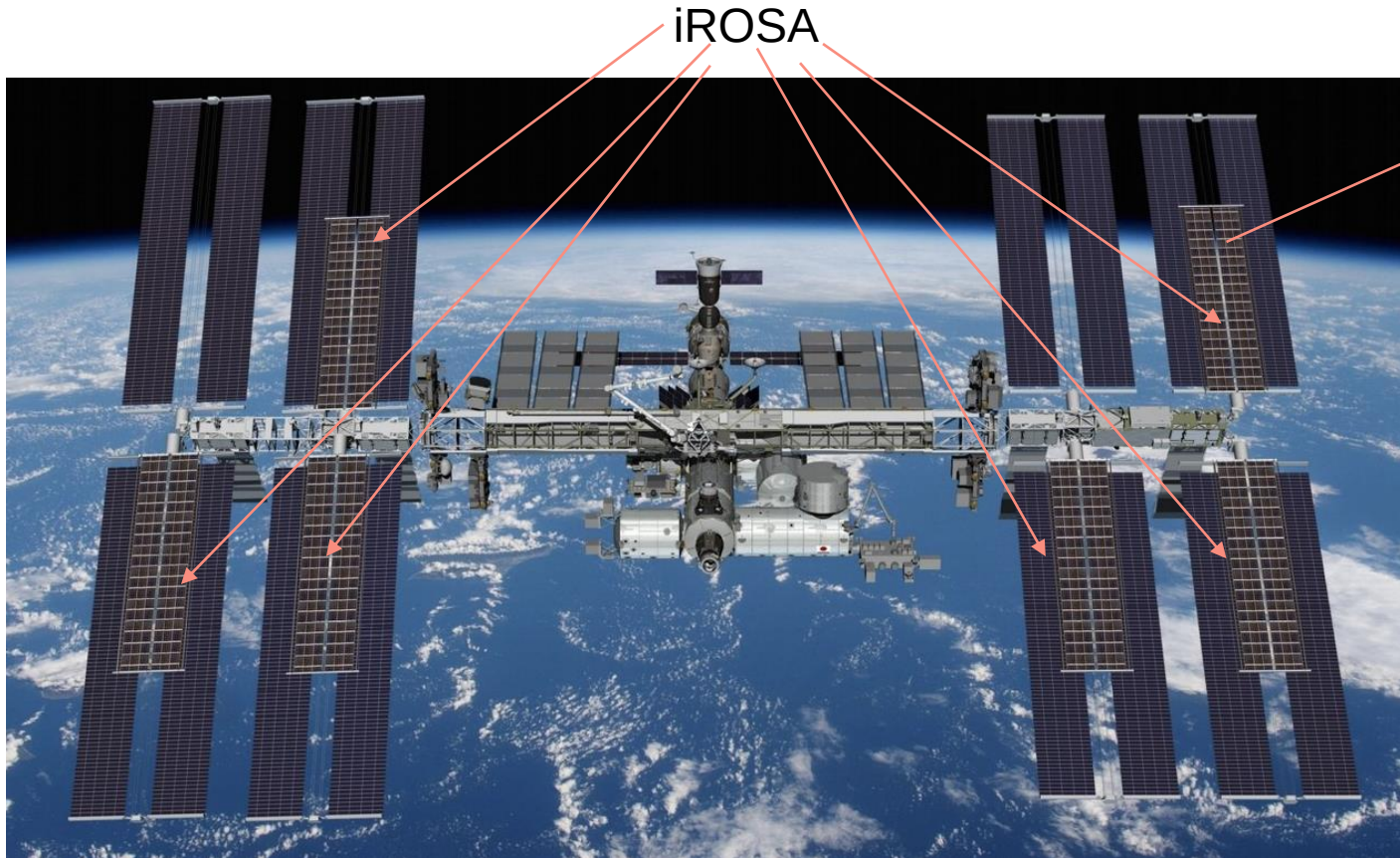
ДАЧНЫЙ УЧАСТОК
НА 6 СОТОК

2000: 124 КВт

2022: 80 КВт

Солнечные батареи МКС

107



22,5 кВт

45% эффективнее!

2000: 124 кВт

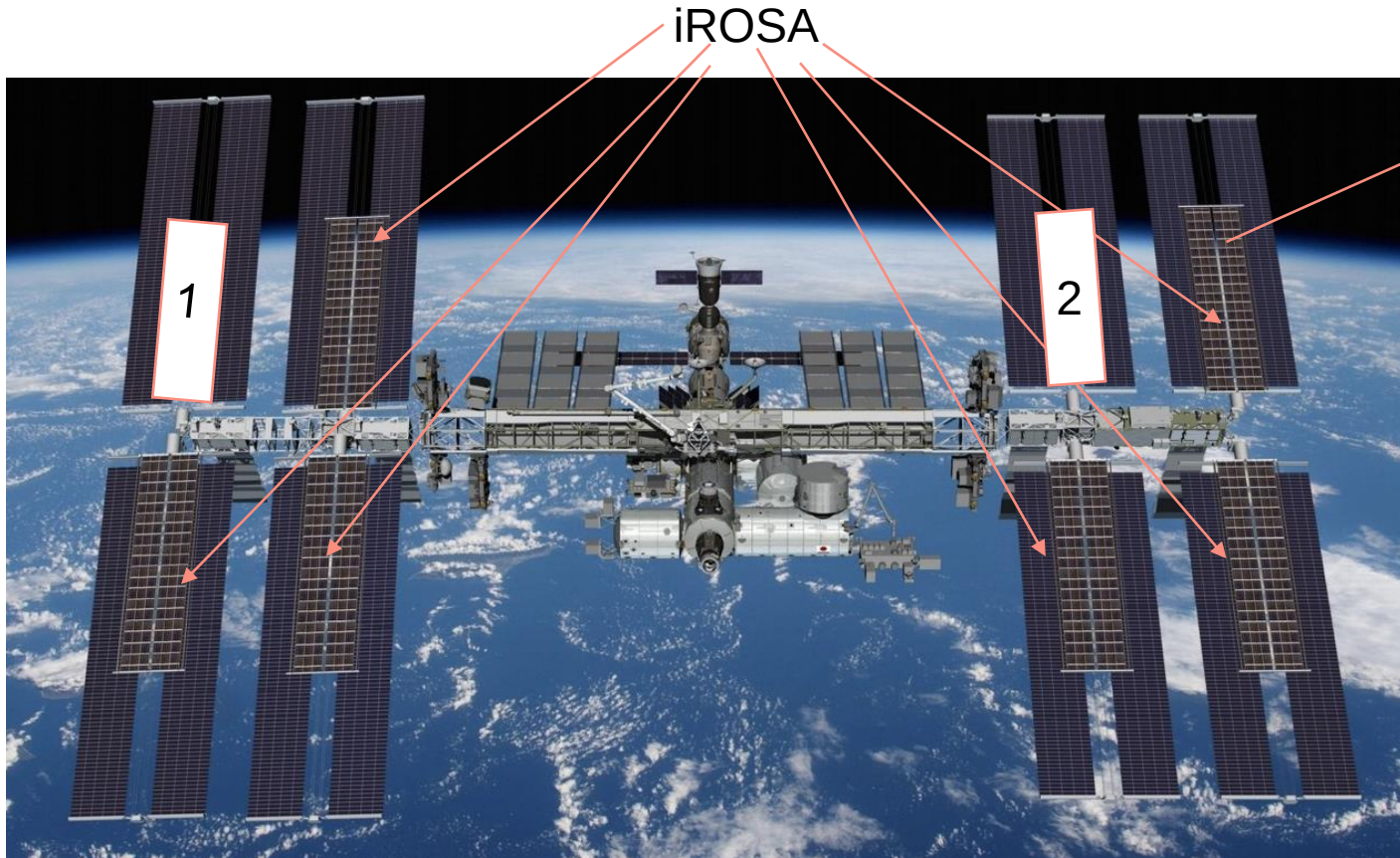
2022: 80 кВт

2023: 215 кВт

$2247 \text{ м}^2 + 652 \text{ м}^2$

Солнечные батареи МКС

108



22,5 кВт ← 45% эффективнее!

2000: 124 кВт

2022: 80 кВт

2023: 215 кВт

Октябрь 2026: 250 кВт

2 GPU стойки

$$2247 \text{ м}^2 + 652 \text{ м}^2 + 652 \text{ м}^2$$



Схема размещения



Проект	Орбита
Axiom	LEO
StarCloud	GEO LEO SSO
Starmind	LEO SSO
Project Sunrise	SSO

Схема размещения



Проект	Орбита
Axiom	LEO
StarCloud	GEO LEO SSO
Starmind	LEO SSO
Project Sunrise	SSO

Радиация



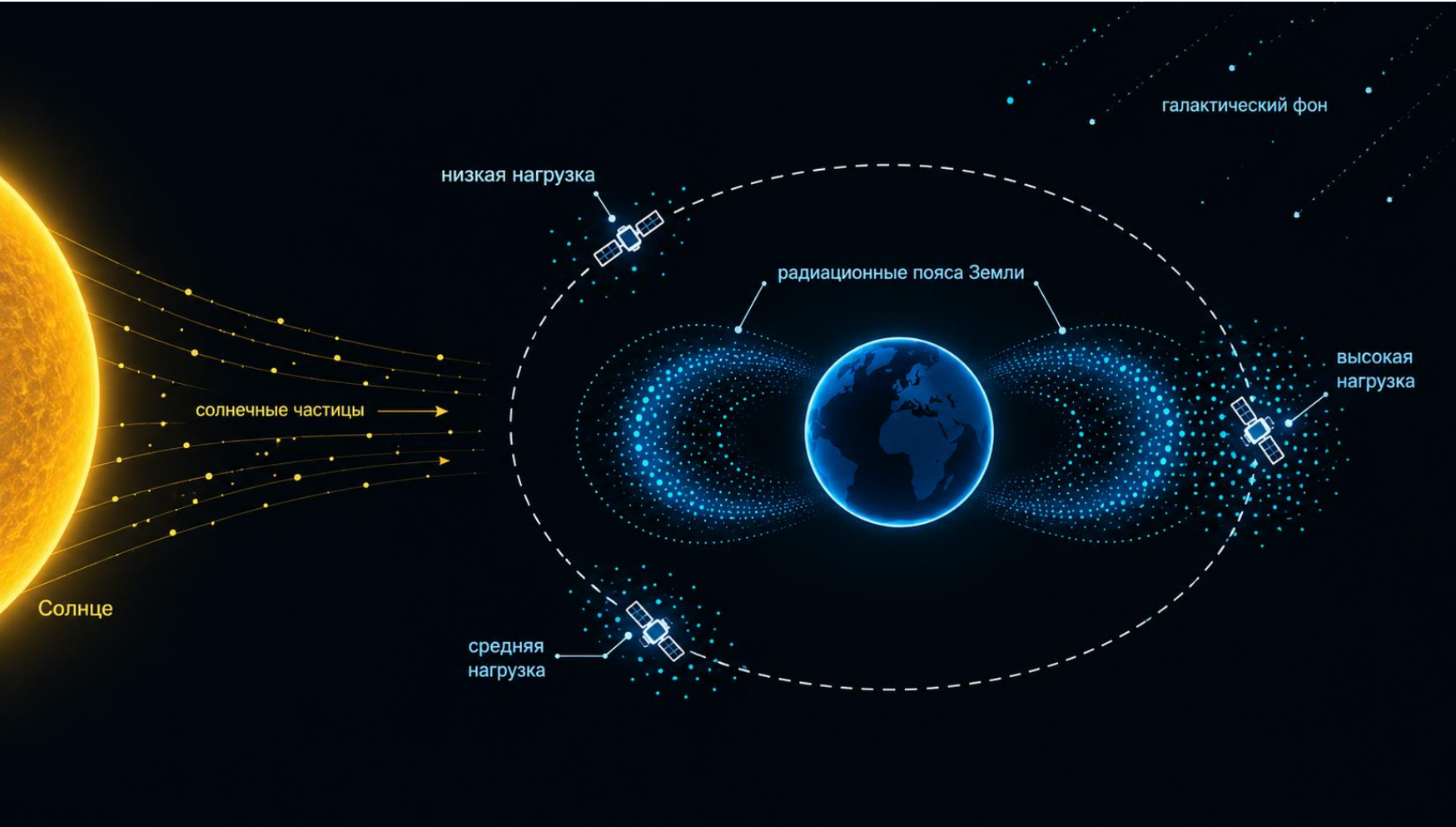
1. Солнечная радиация
 2. Галактическое излучение + рентгеновское + гамма-излучение
 3. Пояса Земли
 4. Частицы от КА  Выбивание нейтронов и протонов – скалывание
-  Нужна защита от защиты!

Радияция



Вид излучения	Состав излучения	Энергия частиц, эВ	Плотность потока, част/(см ² ·с)	Средняя доза облучения КА на его поверхности за год, рад
Галактические космические лучи (ГКЛ)	Протоны (90 %)	10 ⁸ ...10 ²⁰	1...2	10
	Ядра гелия (7...15%)			
	Ядра тяжёлых элементов (1 %)			
Солнечные космические лучи (СКЛ)	Протоны (90 %)	1...10 ⁷	10 ³ ...10 ⁴ max 10 ⁶	103...104
	Ядра других частиц (10 %)			
Радияционные пояса Земли (РПЗ) Внешний				За 5 лет
	Протоны Электроны	(1...10)·10 ⁶	10 ⁶ ...10 ⁷	5·10 ⁴ ...5·10 ⁵
Внутренний	Протоны Электроны	(20...800)·10 ⁶ < 1·10 ⁶	10 ⁴ 10 ⁶ ..10 ⁷	5·10 ⁴ ...5·10 ⁵

Эффекты



1. Одномоментные – single-event
2. Накопительные – cumulative

Эффекты

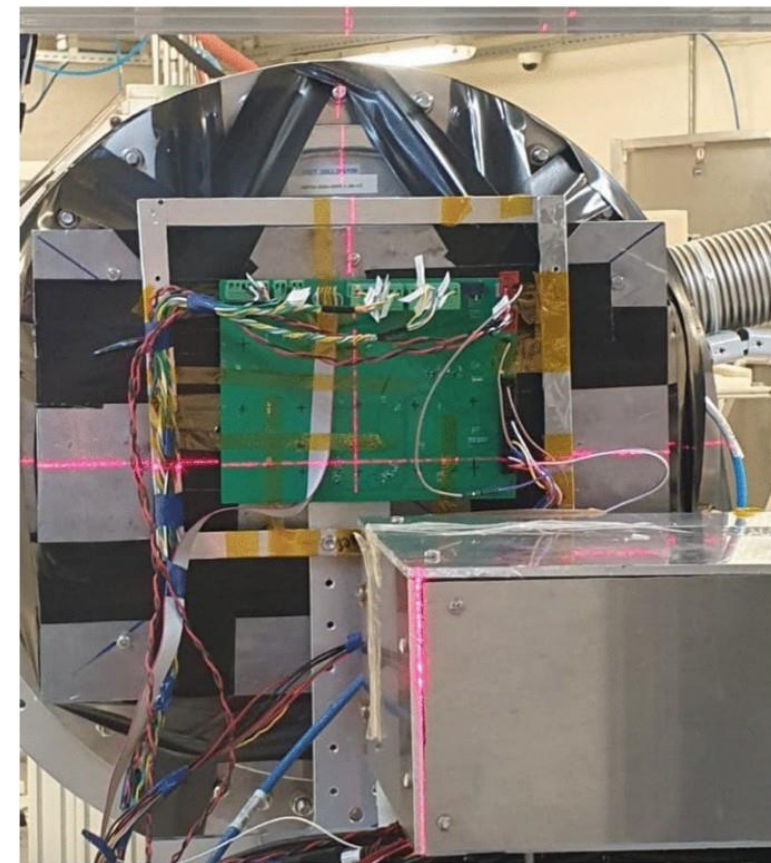
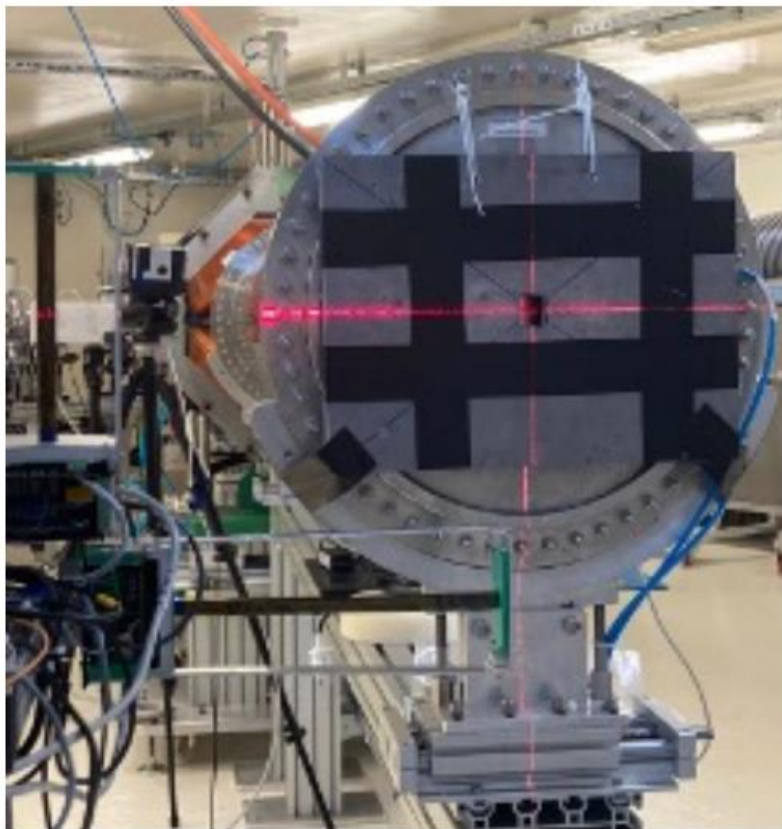
1. Single-event upset – SEU ← Ошибки вычислений (0-1) ← R.I.P. Фобос-Грунт 2012
 2. Single-event latch – SEL ← Скачок напряжения
 3. Total ionizing dose – TID
 4. Displacement damage
- Дрейф характеристик



Ускоритель



Ускоритель



**5 экспозиций
1-20 минут**

DOTNEXT

BitFlip в результате SEU



Input: airplanes



Detection result: airplanes and ships



Silent Data
Corruption

Решение



1. Правильная компоновка
2. Резервирование и многократное вычисление ← Aptos cEDGE
3. Специальное оборудование
4. Укрывные материалы
5. Активное маневрирование под магнитосферу

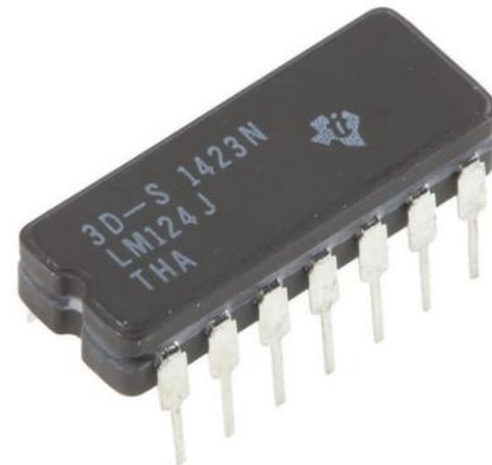
Специальные микросхемы



1. Автоперезагрузка питания
2. Сапфировая подложка
3. Triple-well – дополнительная изоляция рп-переходом
4. Бор-11 для легирования кремния ← Обычный бор – Бор-10
5. Работа при высоких температурах



Цена x100



Укрывные материалы

1. Эксперименты МКС-67 «Защитный композит» 30% эффективность
2. МКС «Шторка защитная» - 20% эффективность

1. Столкновения
2. Водородные связи
3. Дипольный момент
4. Эффект "термодинамического сброса"

3. New Results

[View current version of this article](#)

[Follow this preprint](#)

A Self-Replicating Radiation-Shield for Human Deep-Space Exploration: Radiotrophic Fungi can Attenuate Ionizing Radiation aboard the International Space Station

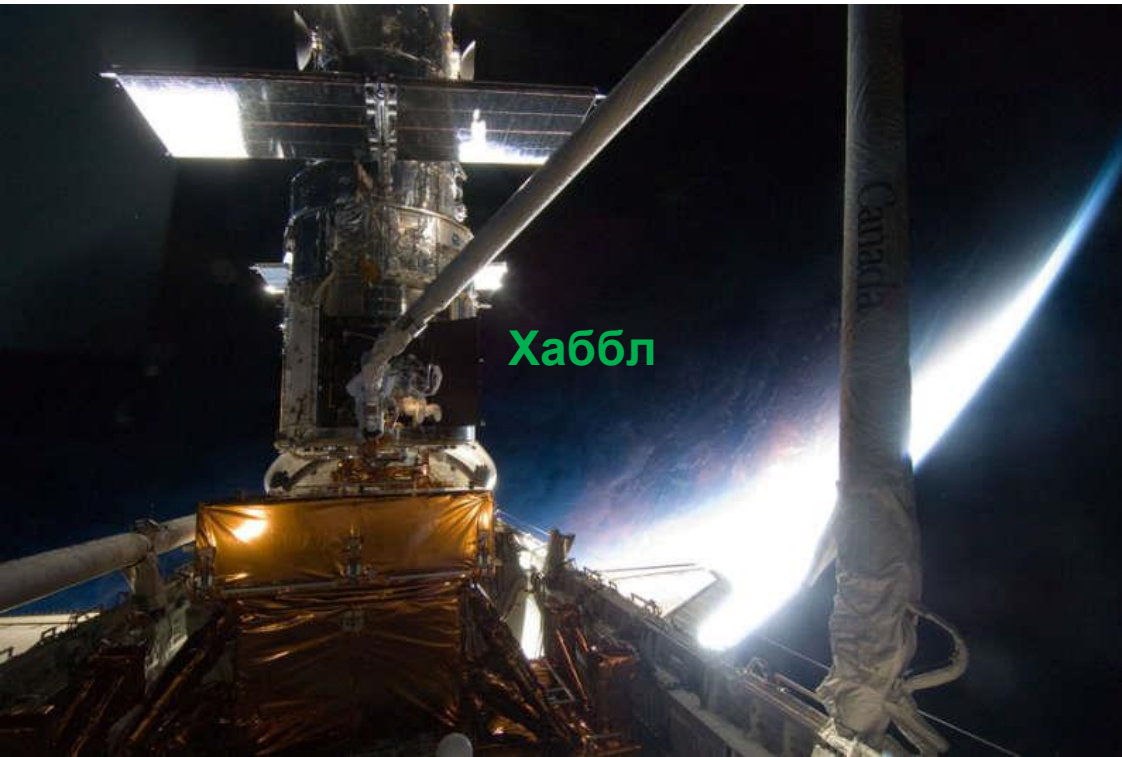
Graham K. Shunk, Xavier R. Gomez,  Christoph Kern,  Nils J. H. Aversch

doi: <https://doi.org/10.1101/2020.07.16.205534>

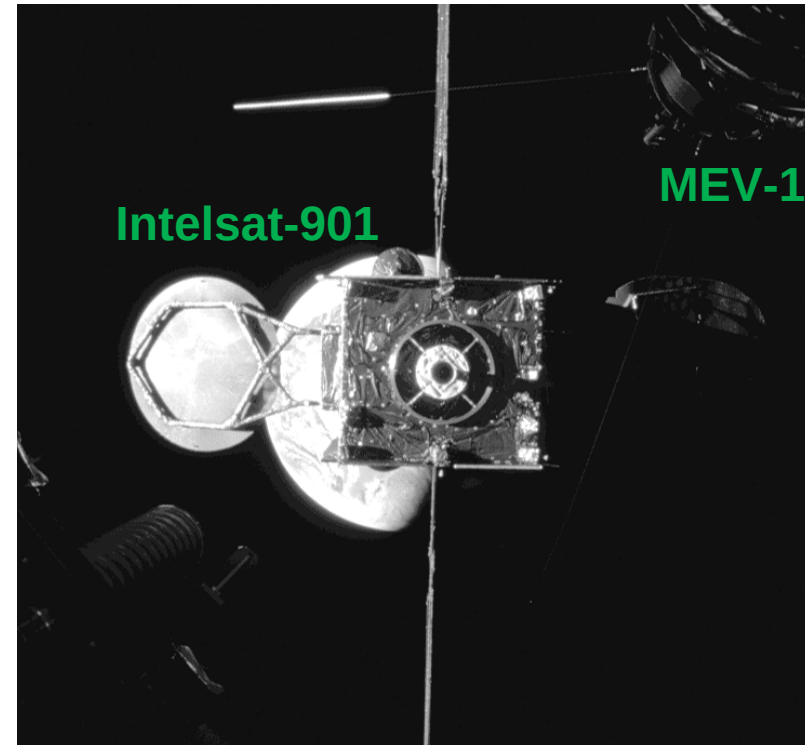


Обслуживание

1. Замена компонентов
 2. Подъем орбиты
 3. Дозаправка
- } проводились



25.02.2020
пристыкован



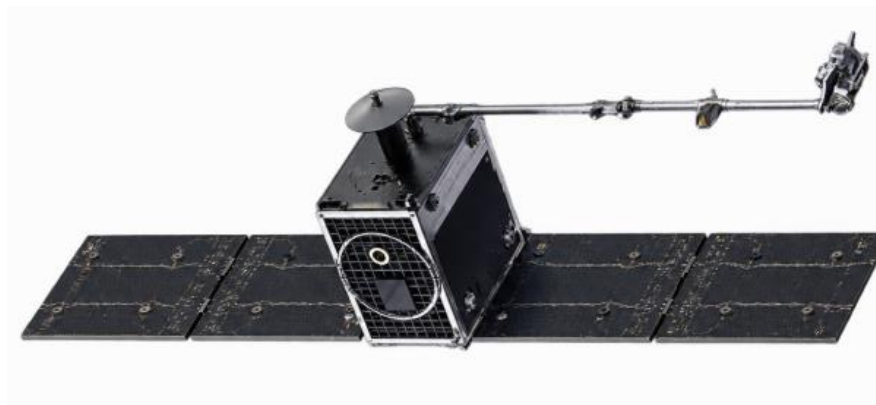
09.04.2025
отстыкован

↓
Optus d3

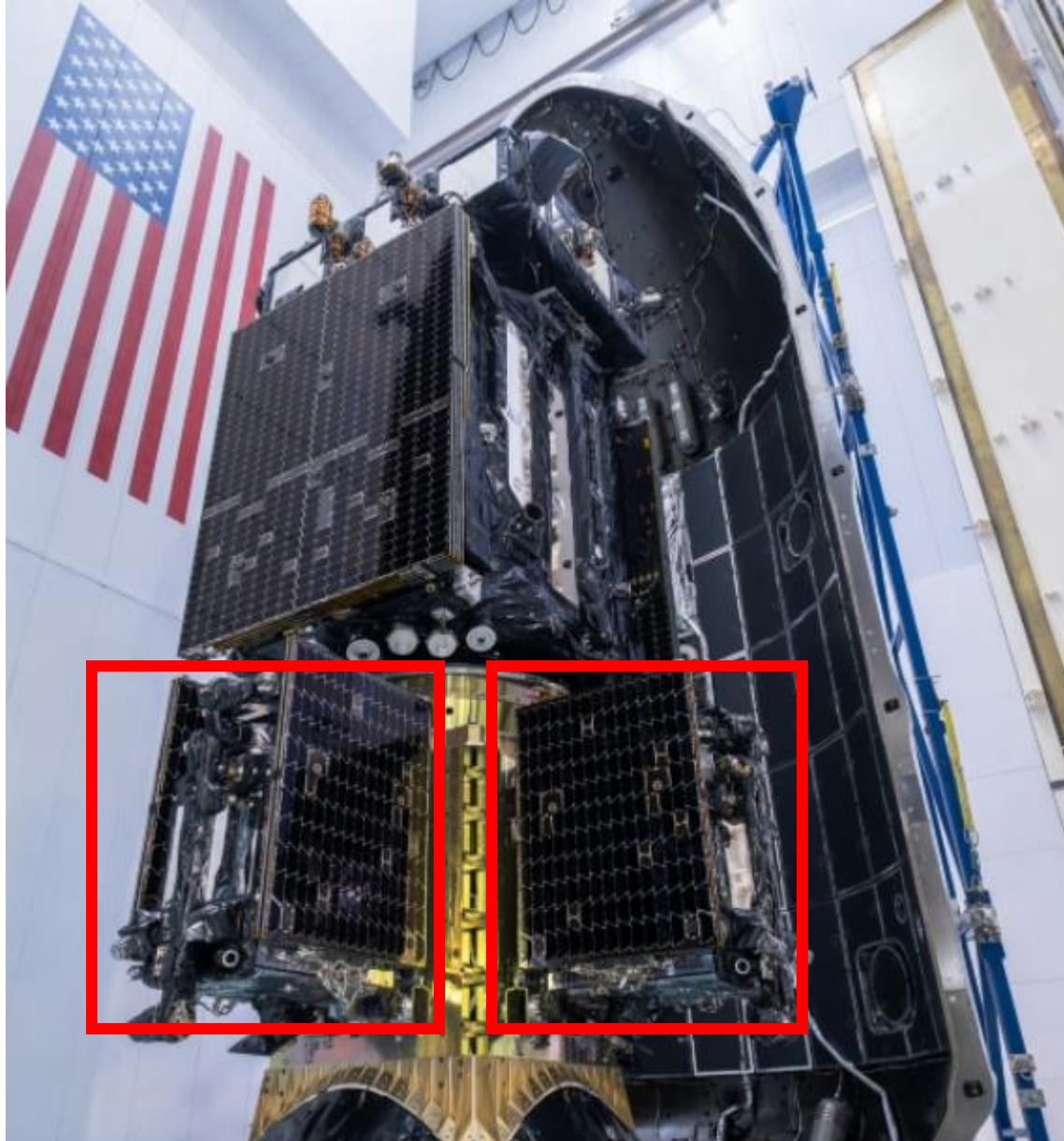
MRV



1. Манипулятор – 3 метра
2. 4,4 тонны
3. 21 июля 2026
4. Летит на GEO
5. 3 МЕР – 1 на спутник



MEP



Спасение SWIFT аппаратом LINK



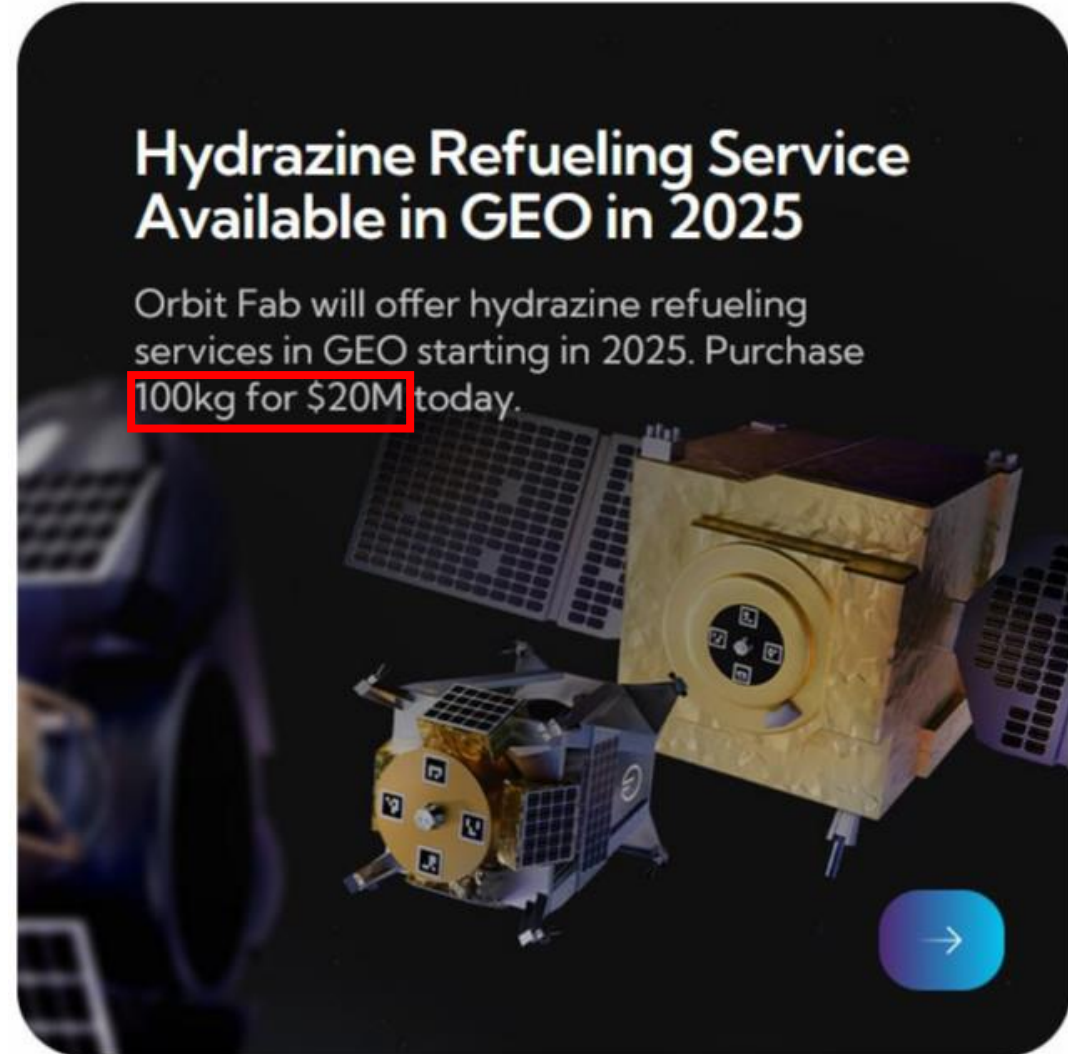
1. Запуск 3 июля 2026
2. Подъём телескопа SWIFT
3. Сбой 1 – 3 июля, сбой 2 – 25 июля
4. Неудача миссии 18 августа
5. Результат – фото 29 августа

Обслуживание – стартапы

1. OrbitFab
2. Starfish space
3. Spaceium
4. D-Orbit
5. InfiniteOrbits
6. Atomos
7. ClearSpace

**Hydrazine Refueling Service
Available in GEO in 2025**

Orbit Fab will offer hydrazine refueling services in GEO starting in 2025. Purchase **100kg for \$20M** today.



Проблемы обслуживания



1. Нет единых интерфейсов стыковки
2. Нет единых интерфейсов компонентов оборудования
3. Высокая скорость устаревания оборудования – проще свести КА и запустить новый
4. Стыковка – сложно



Терморегулирование космического аппарата



1. Полезная нагрузка → Мини-ЦОД ~20-35 кВт тепловыделения
2. Солнце



Виды теплообмена на Земле

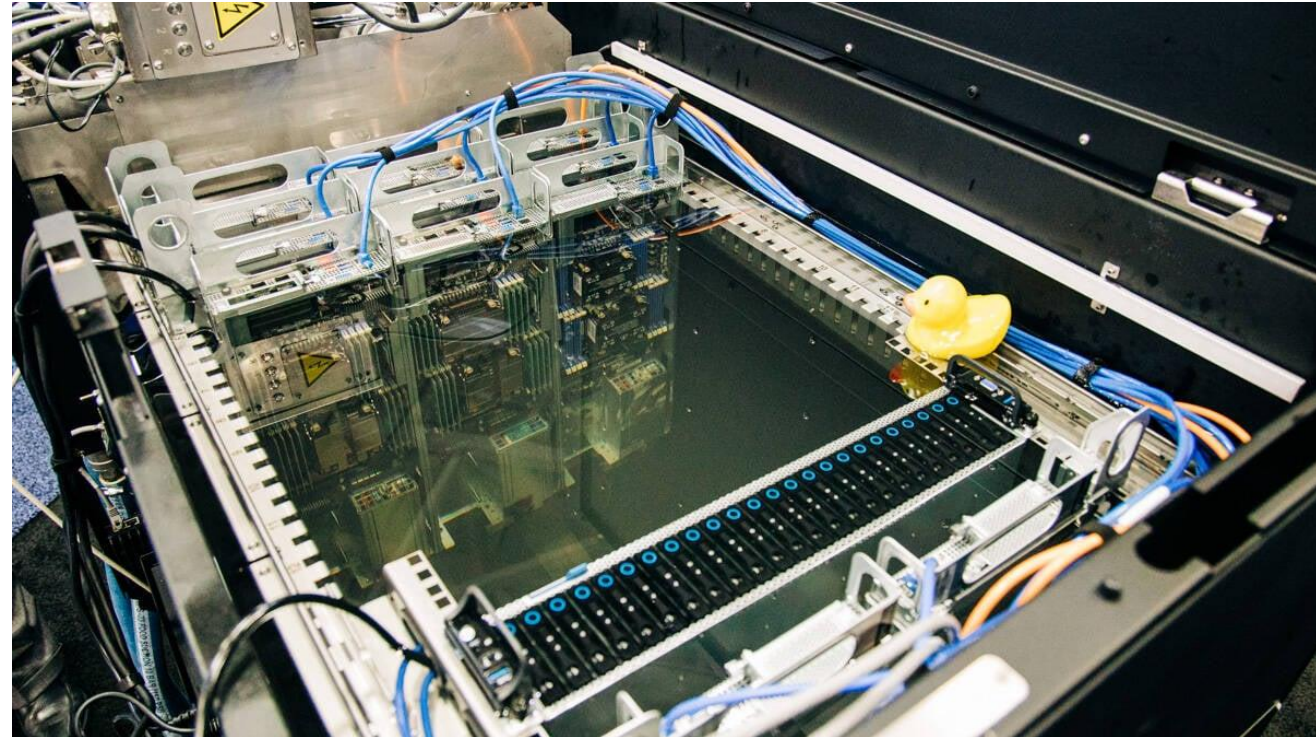


1. Теплопроводность
2. Конвекция
3. Излучение

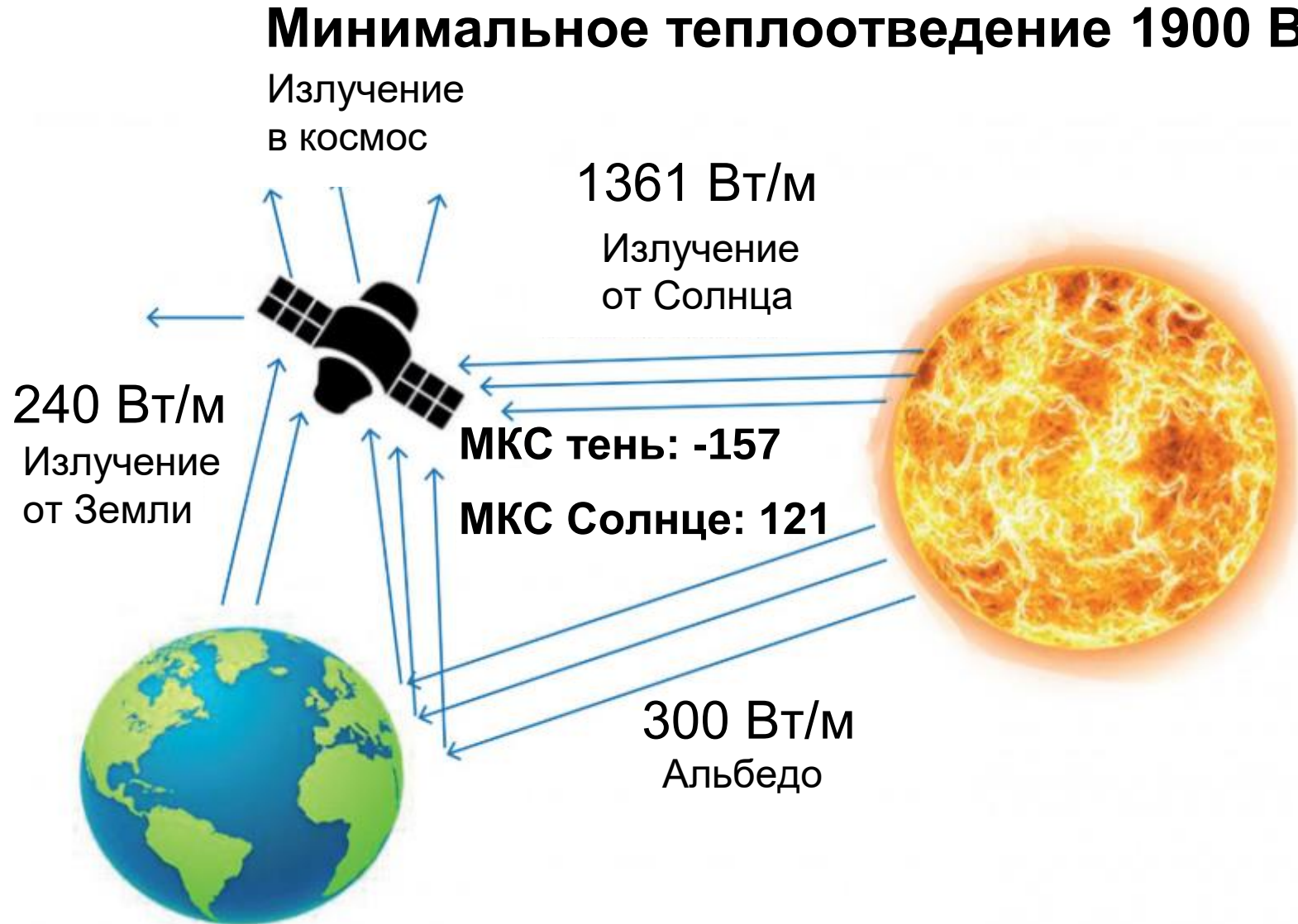
Способы охлаждения дата-центров на Земле

130

1. CRAC/CRAH – Computer Room Air Conditioner/Computer Room Air Handler
2. DFC – Direct Fresh cooling
3. Liquid cooling
4. ...



Терморегулирование космического аппарата





8

14

16



8

14

16



8

14

16

Виды теплообмена в космосе



~~1. Теплопроводность~~

~~2. Конвекция~~

3. Излучение

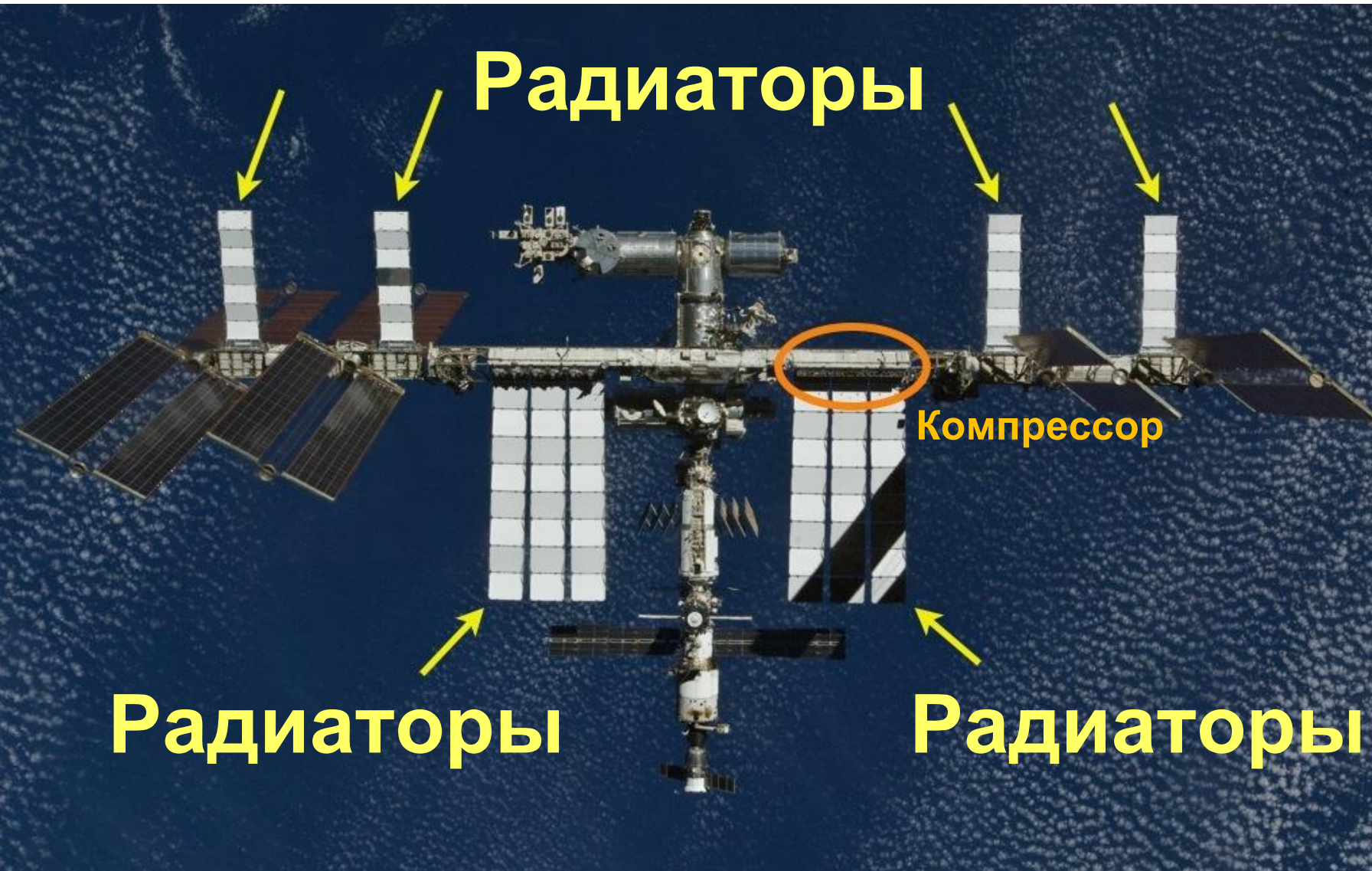
1. Терморегулирующие покрытия – краски + ЭВТИ

2. Радиаторы



Для фотоэлементов

136



Для корпуса и нагрузки
680 кв/м, 182 кВт, 60°C

DOTNEXT

Улучшение характеристик

137

1. Повышение температуры радиатора:

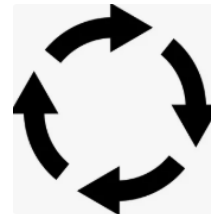
$$R(T) = \sigma T^4$$

Кельвины

x2 температуры = x16 теплоотдача

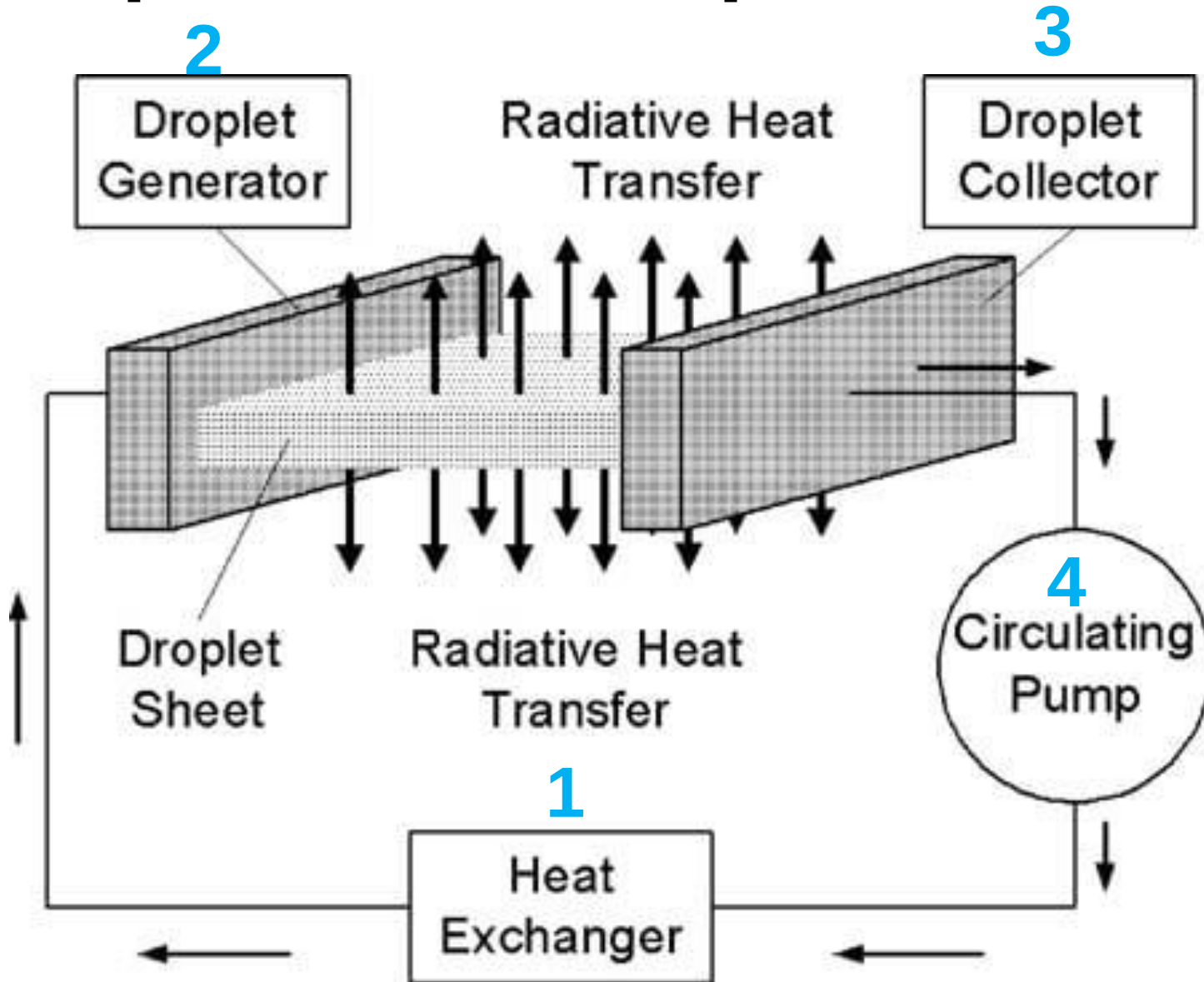
1. 333 кельвинов текущая МКС, 60 Цельсия
2. 666 кельвинов, 392 Цельсия
3. **Profit:** 182 Квт -> 2,9 Мвт

2. Капельные холодильники на жидком металле или кремний-органике
3. Элементы Пельтье – потребление электричества + радиаторы



Liquid metal droplet

138



-
- 1. Сложность исполнения
- 2. Теплоноситель расходуется
- + Массоэффективность x54

Liquid metal droplet

139

1989-07-01

Conceptual Design of a Liquid Droplet Radiator Space Flight Experiment 891565

This paper discusses the conceptual design of a shuttle-attached Liquid Droplet Radiator (LDR) experiment. The Liquid Droplet Radiator is an advanced lightweight heat rejection concept that can be used to reject heat from future high-powered space platforms. In the LDR concept,



Annals of Nuclear Energy

Volume 158, August 2021, 108301



Operation performance analysis of a liquid metal droplet radiator for space nuclear reactor

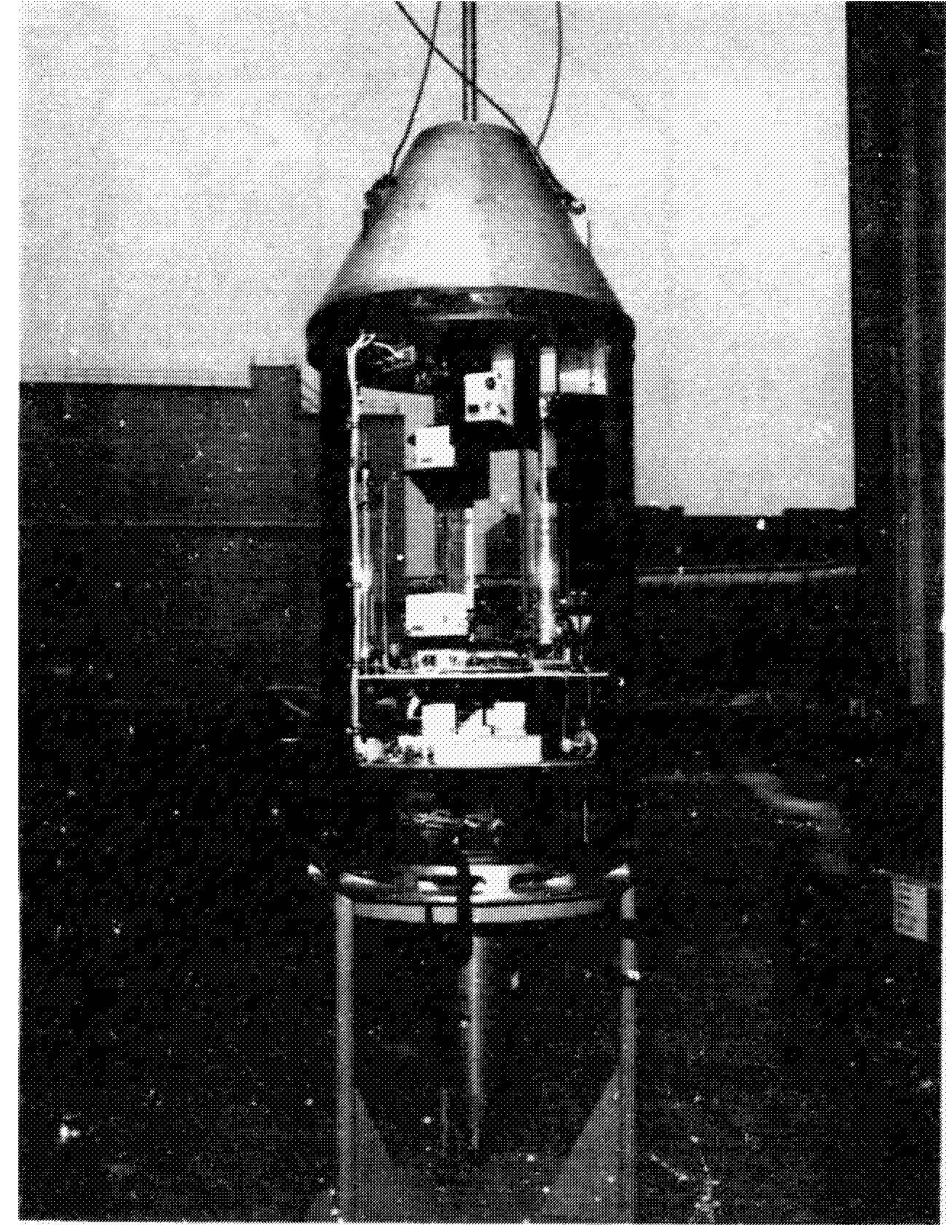
Linyi Yang¹, Chenglong Wang¹  , Hao Qin, Dalin Zhang, Wenxi Tian  , G.H. Su, Suizheng Qiu

DOTNEXT

Liquid oil droplet для Шаттла

140

1. Работа на масле
2. Оценка возможности ловли, незагрязнения корабля и работы при манёврах
3. Не летал
4. Масса: 73 кг
5. Длина: 9,1 м
6. План: 100 000 отверстий
7. Реальность: 900 отверстий



Towards a future space-based, highly scalable AI infrastructure system design

Blaise Agüera y Arcas^{*,1}, Travis Beals^{*,1}, Maria Biggs^{*,1}, Jessica V. Bloom^{*,1}, Thomas Fischbacher^{*,1}, Konstantin Gromov^{*,1}, Urs Köster^{*,1}, Rishiraj Pravahan^{*,1} and James Manyika¹

^{*}Equal contributions, ¹Google

pected future launch costs. Other significant challenges such as on-orbit reliability and repair, high-bandwidth ground communications, and thermal management are also discussed in this paper. Our

Effective thermal management is a critical optimization challenge for power-dense TPUs operating in a vacuum. Advanced thermal interface materials and heat transport mechanisms, preferably passive to maximize reliability, are essential to efficiently move large heat loads from the chips to dedicated radiator surfaces.

As filed with the U.S. Securities and Exchange Commission on May 20, 2026

Registration No. 333-

UNITED STATES
SECURITIES AND EXCHANGE COMMISSION
WASHINGTON, DC 20549

FORM S-1

*REGISTRATION STATEMENT
UNDER THE SECURITIES ACT OF 1933*

Space Exploration Technologies Corp.

(Exact name of registrant as specified in its charter)

“Space is inherently hostile. Hardware must withstand ... wide-ranging **thermal** cycles ... [AI compute satellites require] substantially larger radiators for **thermal management**.

Scaling for massive capacity

1 Billion Optimus robots to do the work

10 Million Tons of mass/year launched into orbit

1 TW+ Solar power needed

Optimus

Starship V3

AI Sat Mini



SpaceX Starmind

Проекты до 2025

144

1. Axiom
2. Lonestar
3. Ascend
4. StarCloud
5. SpaceBelt

Проекты 2026

145

1. SpaceX - StarMind- NGSO/LEO, **1 000 000 КА**
2. Blue origin – Project Sunrise, LEO, MEO, 51 160 КА
3. StarCloud – Project Starcloud, LEO, 88 000 КА
4. Cowboy space – 20 000 КА
5. Orbital compute – 100 000 КА
6. Google - Project Suncatcher, SSO LEO, 81 КА в формации
7. Десятки стартапов...

1 ступень ракеты – 1 МВт датацентр
20 тонн масса
800 GPU Vera Rubin

Aetherflux
Передача энергии на Землю лазерами
Закрит



Scaling for massive capacity

1 Billion

Optimus robots
to do the work

10 Million

Tons of mass/year
launched into orbit

1 TW+

Solar power
needed

Optimus



Starship V3

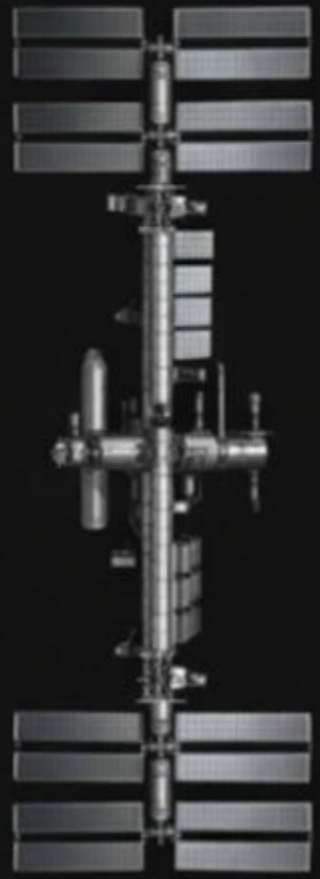


4 ТОННЫ

AI Sat Mini



МКС



SpaceX Starmind

1.2026 - Tommy Williamson, Marco Fossati - *Uncertainty Quantification of Pollutant Generation During Uncontrolled **Re-entry** with an Open Source Re-entry Simulator*

2.2026 - Dominik Kuenstler, David Leiser, Martin Eberhart, Stefanos Fasoulas, Stefan Loehle - *Update on an Experimental Approach to Assess Particle Formation from **Re-entering** Spacecraft*

3.2026 - Selina Bernlochner, Matthias Nützel, Bernhard Mayer, Anja Schmidt, Christopher Maloney - *Sensitivity Analysis of Radiative Effects of Alumina Particles from Spacecraft **Re-entries***

4.2026 - Alex Shi, Krystal Azelton, Ian Christensen, Peter Martinez, Piyush M. Mehta - *Assessing the Atmospheric Impact of Satellite **Re-Entry** in the Large Constellation Era*

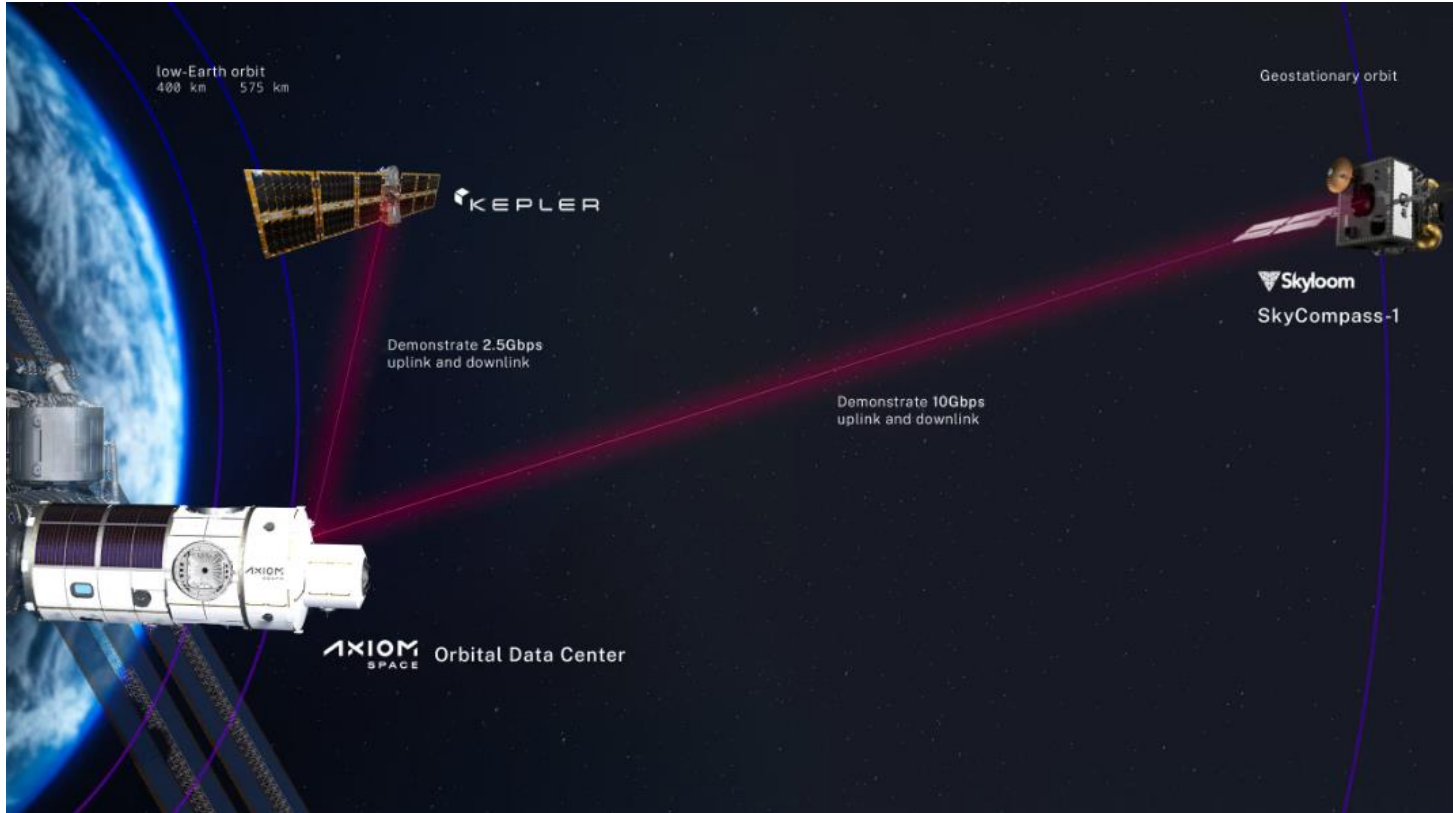
5.2026 - David Trilling - *Burning Satellites in the Stratosphere: Emerging Questions for Climate*

**Advanced Space Cloud for
European Net zero Emission and
Data sovereignty**



Ахіот плани

149



1. 12U-шкаф на Axiom Space station – 2027
2. 2 remote edge compute KA в составе Kepler – 2027
3. Ретрансляторы – Kepler LEO и Skyloom – 2028

Ретрансляторы Kepler

150



~~2 ЦОДа~~

Специализированный
Remote EDGE compute

DOTNEXT

Ахіот реальність

151



1. 2022 – миссия Ах-1
2. AWS Snowcone на МКС, 2 vCPUs, 4 GB RAM, 8/14 TB SSD

В передачи данных – 14 Тб за 48 часов

AWS Snowcone service update

After careful consideration, we have discontinued the AWS Snowcone service, effective **November 12, 2024**. After this date, both new and existing customers can no longer order any Snowcone device, including the Snowcone SSD and Snowcone HDD. Nov 12, 2024



Amazon Web Services (AWS)

<https://aws.amazon.com/blogs/aws-snow-device-upd...>

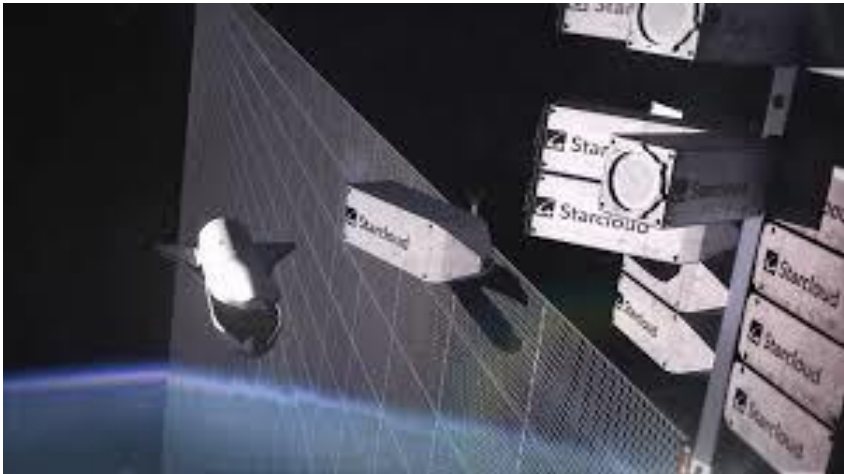
[AWS Snow device updates | AWS Storage Blog](#)

Ахіот реальность

1. 2025 – миссия Ах-2
2. RedHat Edge
3. Масса – 2,5 кг
4. Технических деталей нет



Схема ЦОДа StarCloud



1. Электропитание – солнечные батареи 4x4 км, 5 GW
2. Рабочая нагрузка – 10 000 1u серверов
3. Охлаждение – низкотемпературный радиатор 40C
4. Защита от радиации – контур охлаждения

Схема ЦОДа StarCloud



Table 1. Cost comparison of a single 40 MW cluster operated for 10 years in space vs on land.

Cost Item	Terrestrial	Space
Energy (10 years)	\$140m @ \$0.04 per kWh	\$2m cost of solar array
Launch	None	\$5m (single launch of compute module, solar & radiators)
Cooling (chiller energy cost)	\$7m @ 5% of overall power usage	More efficient cooling architecture taking ad of higher ΔT in space
Water usage	1.7m tons @ 0.5L/kWh ¹⁰	Not required
Enclosure (Satellite Bus/Building)	Approximately equivalent cost	
Backup power supply	\$20m (commercial equipment pricing)	Not required
All other data center hardware	Approximately equivalent cost	
Radiation shielding	Not required	\$1.2m @ 1kg of shielding per kW of compute and \$30/kg launch cost
Cost Balance	\$167m	\$8.2m



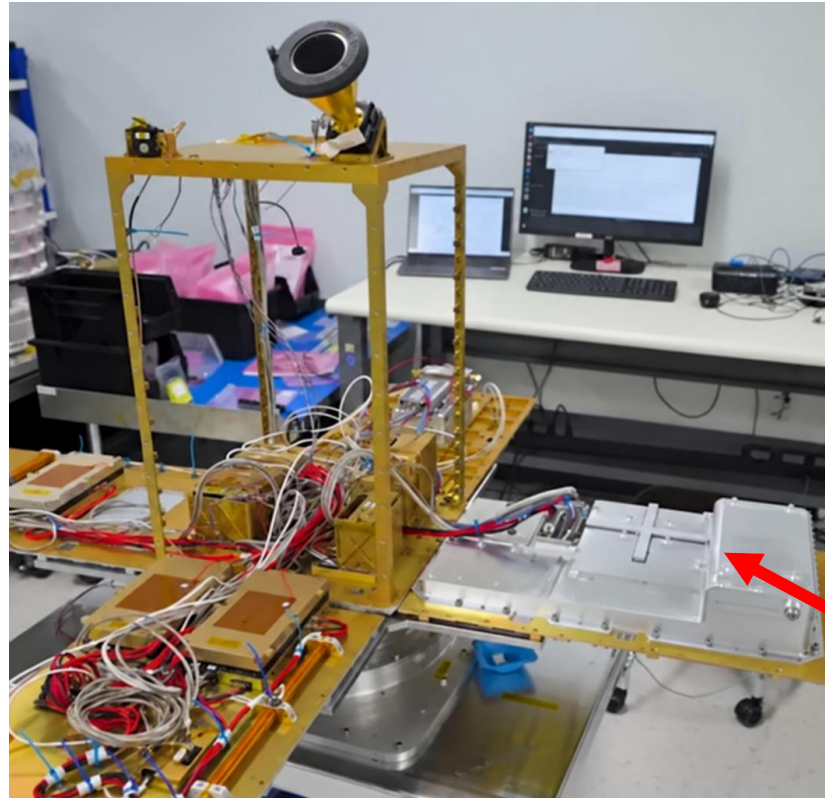
**В 20х
дешевле!**

StarCloud-1

“The internal payload module contains **paraffin wax** for thermal management



Плита охлаждения



1. 12 минут работы
2. 2 часа 40 минут остывание
3. 180 минут работы в день

Парафин и NVIDIA H100

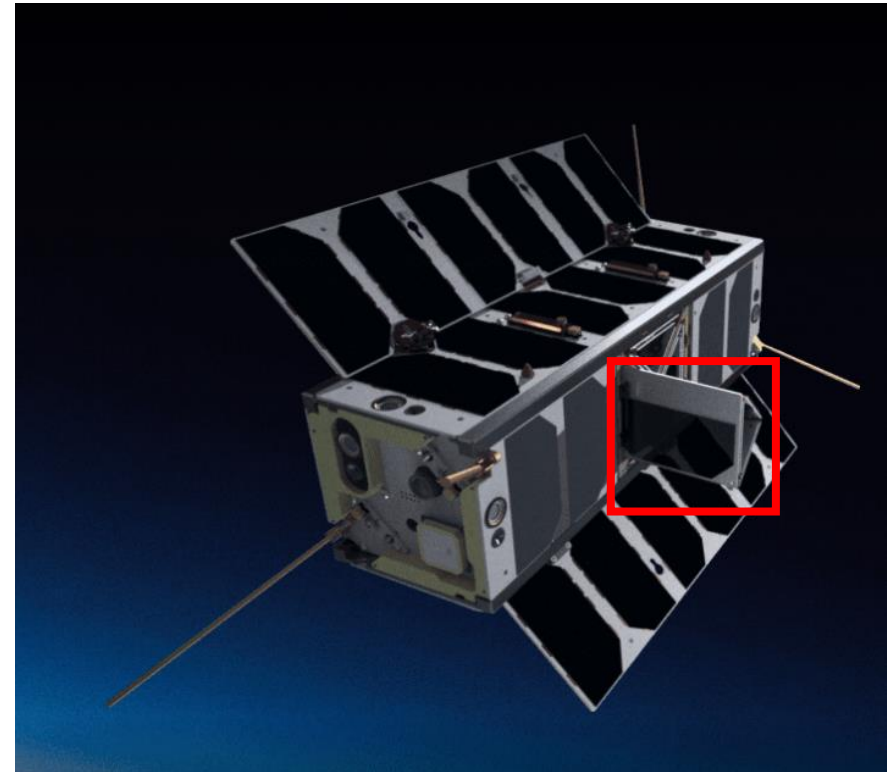
ЦОДы России в космосе

156

RUVDSSat1 28.12.2025



Опытно-
конструкторское
бюро «Пятое
поколение»



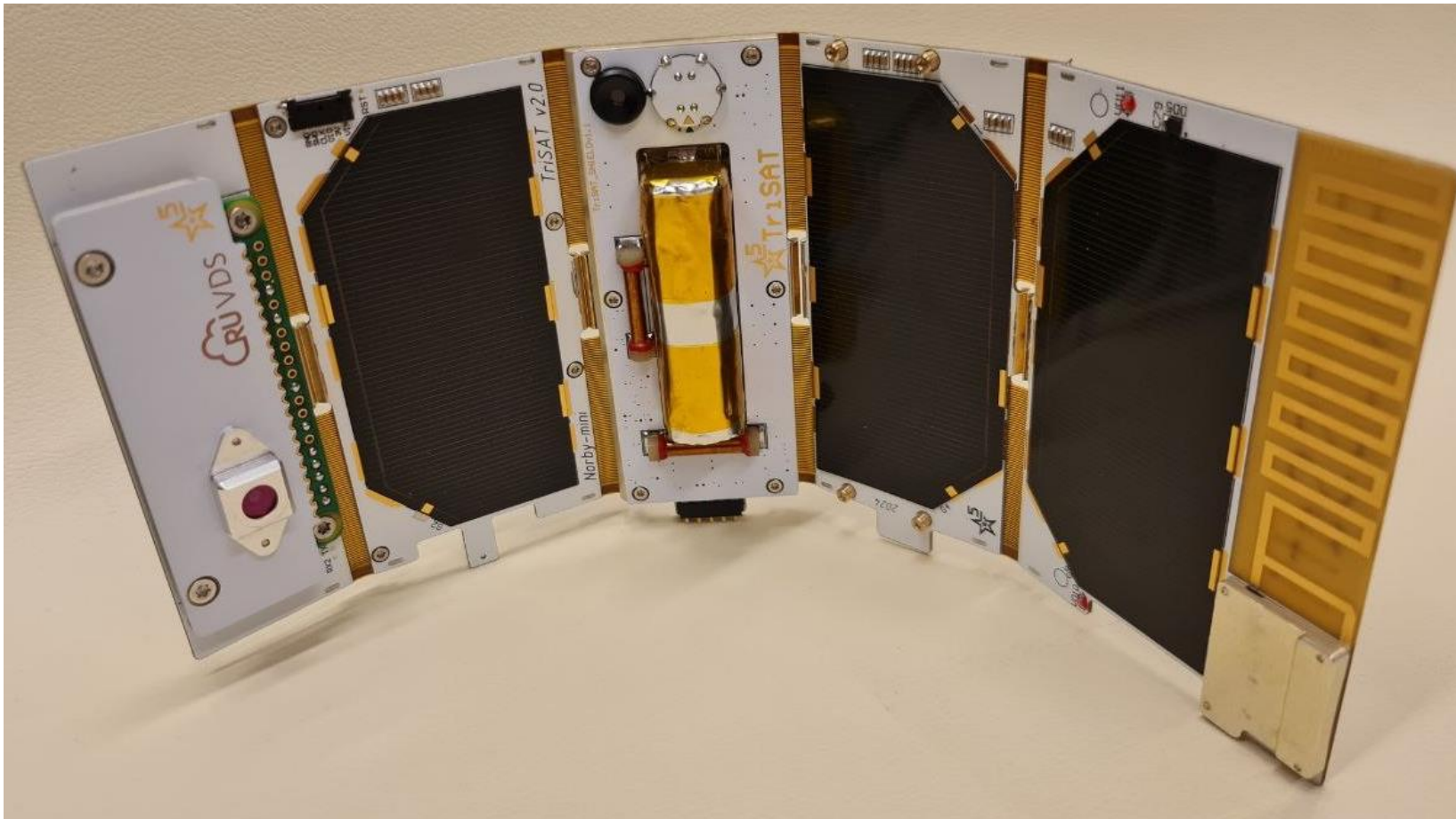
TriSAT

DOTNEXT

ЦОДы России в космосе

157

RUVDSSat1 28.12.2025



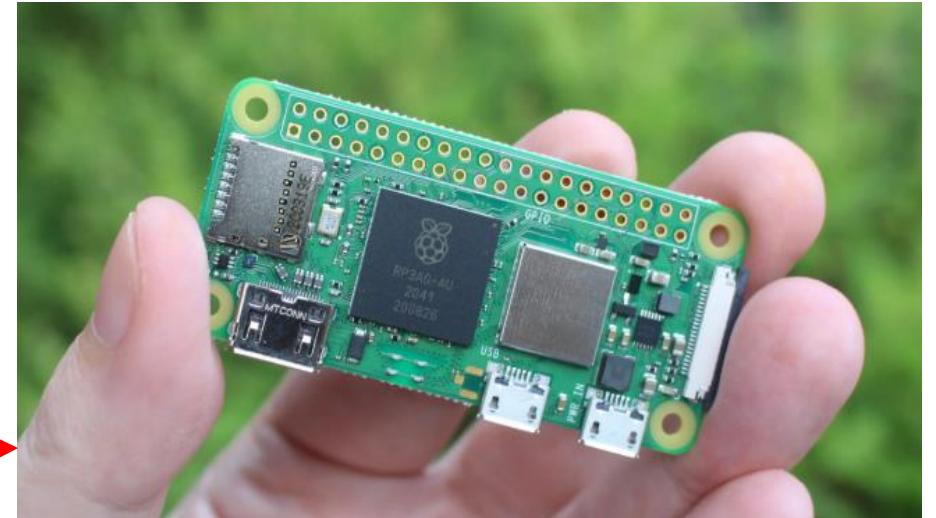
ЦОДы России в космосе

158

RUVDSSat1 28.12.2025



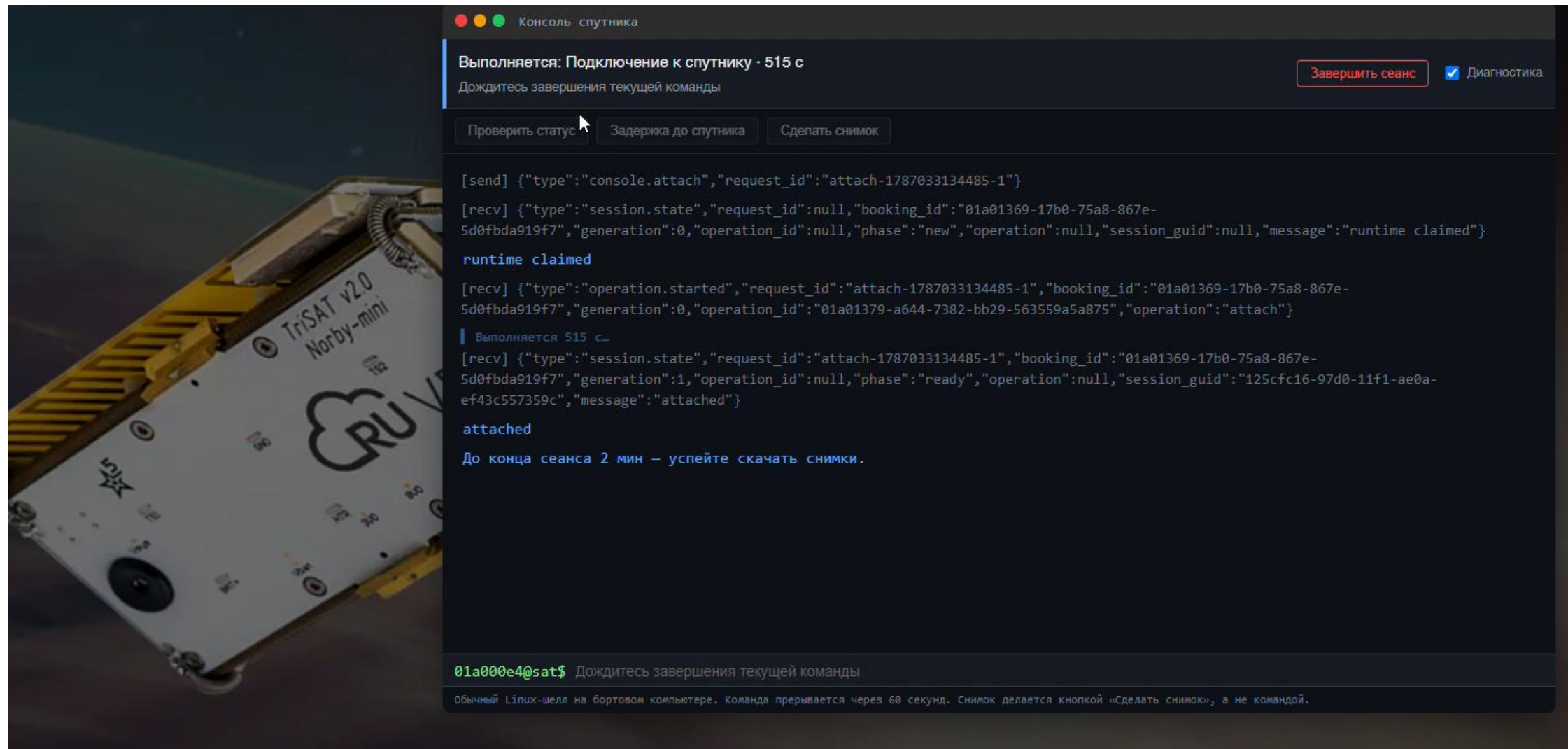
Вычислитель
ЦОД



Raspberry Pi Zero
1 Gb
4 core 1Ghz

ЦОДы России в космосе

159



Консоль спутника

Выполняется: Подключение к спутнику - 515 с
Дождитесь завершения текущей команды

Завершить сеанс Диагностика

Проверить статус Задержка до спутника Сделать снимок

```
[send] {"type":"console.attach","request_id":"attach-1787033134485-1"}
[recv] {"type":"session.state","request_id":null,"booking_id":"01a01369-17b0-75a8-867e-5d0fbda919f7","generation":0,"operation_id":null,"phase":"new","operation":null,"session_guid":null,"message":"runtime claimed"}
runtime claimed
[recv] {"type":"operation.started","request_id":"attach-1787033134485-1","booking_id":"01a01369-17b0-75a8-867e-5d0fbda919f7","generation":0,"operation_id":"01a01379-a644-7382-bb29-563559a5a875","operation":"attach"}
Выполняется 515 с
[recv] {"type":"session.state","request_id":"attach-1787033134485-1","booking_id":"01a01369-17b0-75a8-867e-5d0fbda919f7","generation":1,"operation_id":null,"phase":"ready","operation":null,"session_guid":"125cfc16-97d0-11f1-ae0a-ef43c557359c","message":"attached"}
attached
До конца сеанса 2 мин — успеете скачать снимки.
```

01a000e4@sat\$ Дождитесь завершения текущей команды

обычный Linux-шелл на бортовом компьютере. Команда прерывается через 60 секунд. Снимок делается кнопкой «Сделать снимок», а не командой.

Tianyi-48

160

- 卫星类型: 太空算力卫星
- 发射时间: 2026年6月
- 卫星尺寸: 11194mm*726mm*4504mm
- 卫星质量: 350kg
- 客户情况: 北京星辰未来

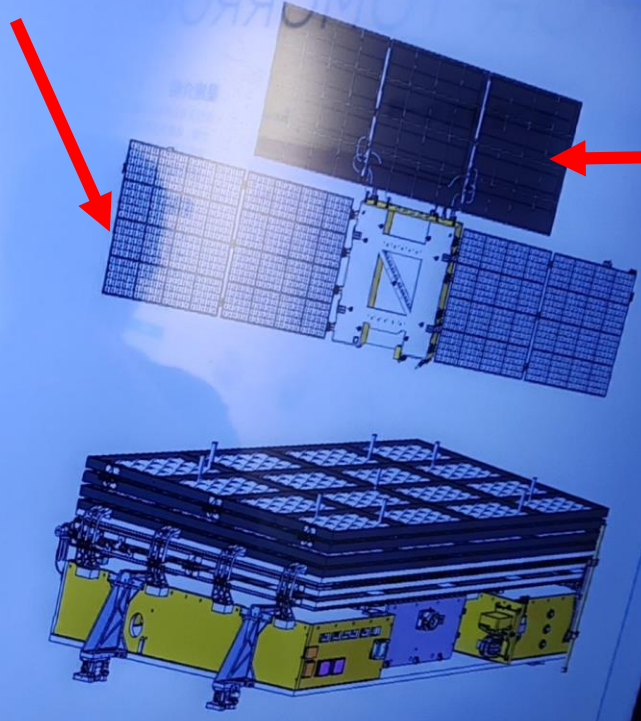
星情况:

首颗面向将来大规模算力组网的卫星, 拉开天基云计算的序幕。完成天数天算、地数天算。

算力载荷

峰值算力: <26000 AI TOPS@INT4

峰值功耗: ≤6.9kW (峰值)



Батареи 12 м

Радиатор 7 м

24 июля 2026 года

Радиатор 7 м

8 GPU

~ 512 Gb GPU

23 TB SSD

~ 1,5 NVIDIA B200

Дата-центр

1. помещение
2. инженерная инфраструктура
3. серверное и сетевое оборудование **разных классов**
4. инженерные и телекоммуникационные сети
5. сокращение стоимости владения IT-инфраструктурой:
 - **эффективное использование железа**
 - **перераспределение нагрузок**
 - сокращение расходов на администрирование

Проблемы AI вычислений и облаков



1. Мультитенантность
2. Управление ресурсами
3. Безопасность



kubernetes

Cloud native в космосе

163

Среда cloud native/cloud ready исполнения	Страна	Спутники или МКС
KubeEdge + Sedna	Китай	Tiansuan-1, Tiansuan-2
K3s	США, Испания	YAM-5, YAM-6, YAM-7, YAM-9
K3s	Швеция, США	Dacreo, МКС
Microshift	США	Spaceborne Computer-2, МКС
Rancher Government Edition	США	засекречено
Docker	США, Китай, Италия, ...	YAM-3, BUPT-1, ION SCV-003, ...

Cloud native в космосе

164

Среда cloud native/cloud ready исполнения	Страна	Спутники или МКС
KubeEdge + Sedna	Китай	Tiansuan-1, Tiansuan-2
K3s	США, Испания	YAM-5 , YAM-6, YAM-7, YAM-9
K3s	Швеция, США	Dacreo, МКС
Microshift	США	Spaceborne Computer-2, МКС
Rancher Government Edition	США	засекречено
Docker	США, Китай, Италия, ...	YAM-3, BUPT-1, ION SCV-003, ...

Кастомизация K8S



Обучение моделей в космосе



1. Классический ML – ResNet18 3 часа, космос 4 КА – 14 суток
2. ISL не хватает
3. LLM полное обучение невозможно
4. Доступность кластера и скорость решает

75 GB/s на 4 GPU Vera Rubin – Starlink v3

450 Gb/s – Vera Rubin NVL72

5 cm vs 360 km

Федеративное обучение

1. Обучаем модель по частям
2. Асинхронное обучение
3. Компрессия весов
4. Алгоритмы с учётом ISL и орбит
5. Учёт процессов охлаждения
6. Алгоритмы обучения под конкретную группировку

Обещания vs реальность

168

Обещание	Подход
----------	--------

Не проблема, а вызов!!!

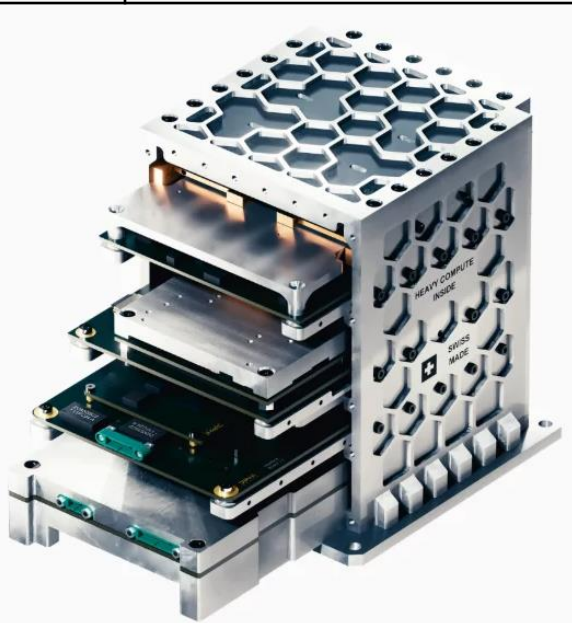
1. Вычисления в космосе – реальность
2. Сложность – не TOPS
3. Земные подходы не работают
 1. ПО
 2. ЦОД
4. Настоящая проблема – сетевая доступность
5. Оверинжиниринг – зло



Clustergate-2 edge



Ресурс	Clustergate-2, USD	AWS, USD	AWS дешевле, x	AWS пример
CPU, час	146.53	0.0336	4361	t4g.medium
FPGA, час	610.56	1.65	370	f1.2xlarge
GPU, час	610.56	0.526	1161	g4dn.xlarge
Upload, 1 MB	610.56	0	бесконечно	Data Transfer IN
Download, 1 MB	305.28	0.00009	3392000x	Data Transfer OUT
Storage, 1024 MB	610.56	0.08	7632x	EBS gp3 SSD



1. 2 Cortex A53, 1.6GHz, 4 Gb RAM
2. Jetson ORIN NX, 175 TOPS, 16 Gb
3. FPGA Xilinx UltraScale, 504k элементов, 4 Gb RAM

[← Посмотреть все вакансии](#)[Гибкое местоположение](#)

Orbital Datacenter System Architect

US, CA, Santa Clara

What you will be doing:

- Drive architecture for orbital datacenter systems considering everything from the chip out to the satellite and connectivity between satellites
- Work with counterparts from silicon, software, networking, operations, and other teams to build a roadmap that guides development of systems
- Analyze performance, power, and cost of different solutions to inform architectural decisions
- Collaborate with NVIDIA's key customers and system development partners to align on consistent strategies
- Collaborate with suppliers and procurement teams to ensure industry roadmaps are aligned to NVIDIA needs
- Work across engineering and operations teams to define systems from concept through large production deployments
- Summarize and examine competitor solutions to keep track of industry developments and trends

What we need to see:

- Bachelor's Degree in Computer Engineering, Computer Science, Electrical Engineering, or equivalent experience in related fields. MS or higher preferred
- Deep understanding of hardware architecture and development of computing systems for space, including reliability, radiation tolerance, and thermal solutions
- 12+ years or more of experience in system architecture.
- Hands-on experience with testing and validation for space systems
- Excellent presentation and verbal communication skills with proven ability to lead multi-discipline teams

Ways to stand out from the crowd:

- Experience with large projects involving co-development of silicon, systems, and software
- Familiarity with GPU compute and NVIDIA products
- Experience solving mechanical challenges for rocket launches
- Experience with beam testing and silicon features required for use in space

Onboard Software Engineer - Peripheral Services



About the Role

You will develop, review and improve onboard software, create unit tests, work with feature and production branches, contribute to architectural trade studies, improve software-development standards, and coordinate releases with downstream engineering teams.

Must Haves

- C/C++ and Python
- Git
- CI tools such as GitLab CI or Jenkins
- Make / CMake
- Distributed-systems architecture
- Embedded Linux: Yocto, device trees, systemd and Linux on ARM
- pytest, GoogleTest or Unity
- Robot Framework or Cucumber
- gRPC, MQTT or similar middleware
- Container technologies: Docker, K3S and systemd-nspawn

Вопросы



Александр Токарев

Банк 131

Руководитель разработки



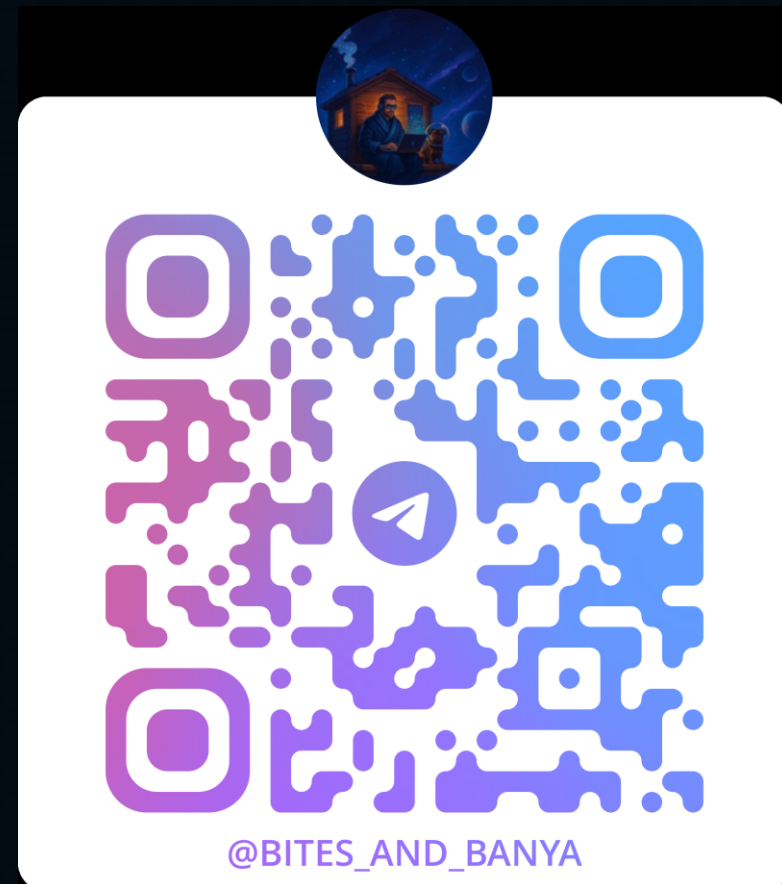
@Shtock



shtock@mail.ru



tokarev-alexander



DotNext
2026