



XXIII международная конференция операторов и пользователей сети спутниковой связи РФ «SATCOMRUS»

Сессия 2 «Спутниковая связь и цифровая экономика»

«Парето-оптимальная спутниковая орбитальная группировка связи: взгляд со средневысотной орбиты»

канд. техн. наук., ст. науч. сотр. РАН Донианц В.Н.

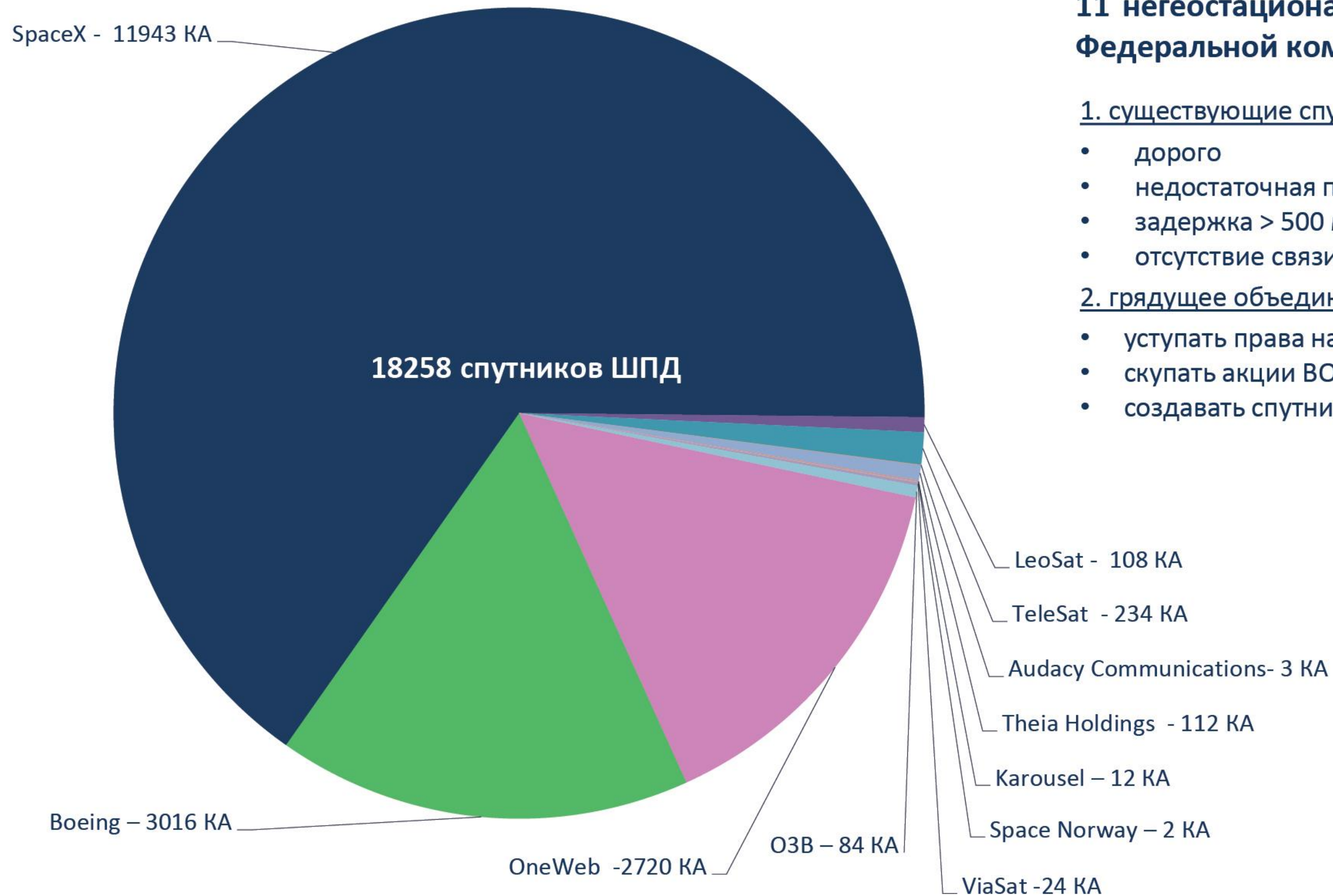
Москва, 3 октября 2018 г.

dcorbital



© ООО «Д.К.Орбитал», 2018 г.

«ЗЛОБОДНЕВНАЯ» МИРОВАЯ ТЕНДЕНЦИЯ: СПУТНИКОВЫЙ ШПД С НЕГЕОСТАЦИОНАРНЫХ ОРБИТ ?



11 негеостационарных спутниковых группировок ШПД зарегистрировано Федеральной комиссией по связи США (февраль 2018 г.):

1. существующие спутники на ГСО не выдерживают конкуренции с ВОЛС ?

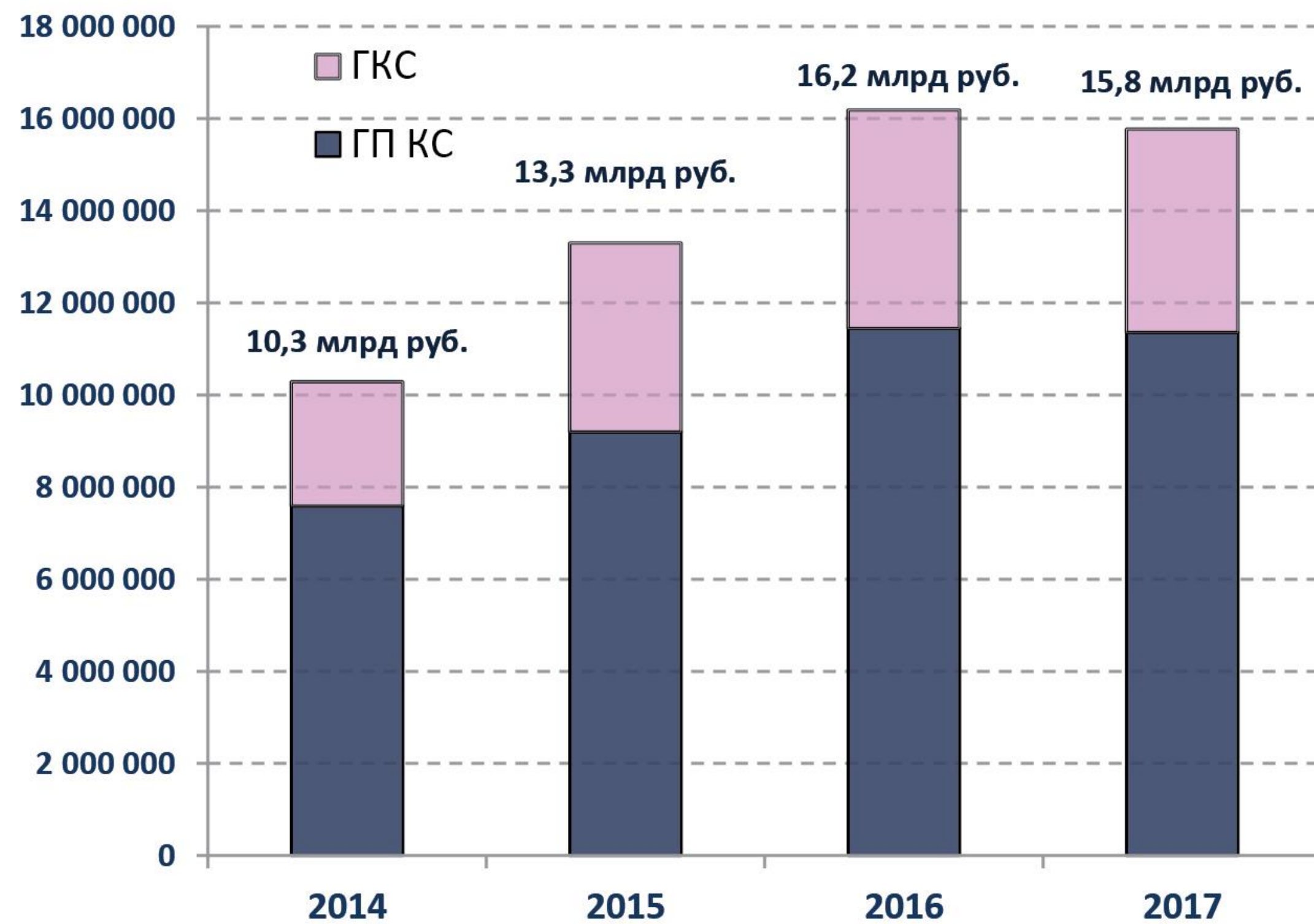
- дорого
- недостаточная производительность
- задержка > 500 мс
- отсутствие связи в полярных регионах

2. грядущее объединение ВОЛС и 5G - что делать спутниковым операторам ?

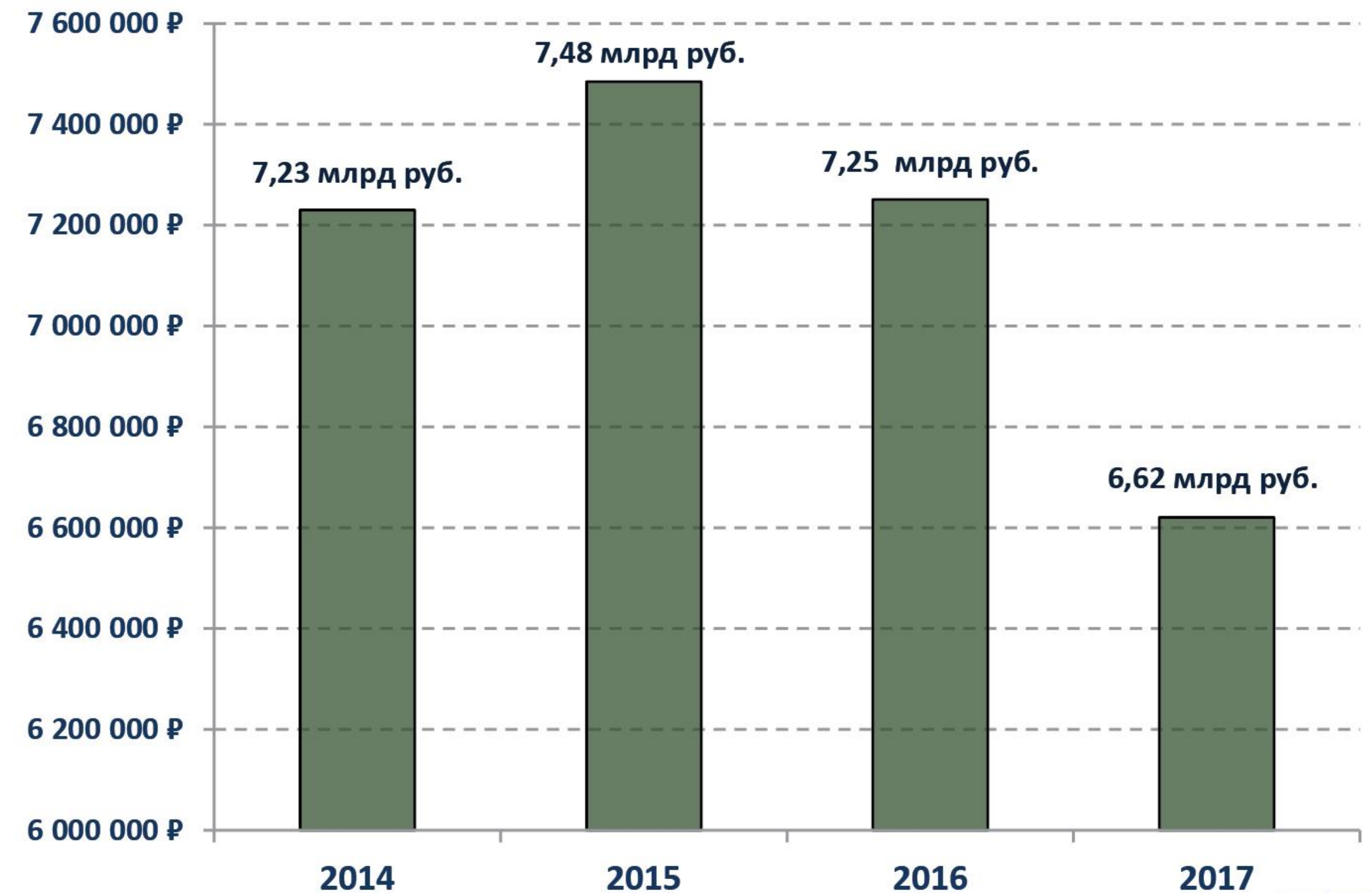
- уступать права на С-диапазон операторам 5G ?
- скупать акции ВОЛС- и 5G-компаний ?
- создавать спутниковые системы, конкурентоспособные с ВОЛС ?

РОССИЙСКИЙ РЫНОК СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ: 2014-2017 гг.

СУММАРНАЯ ВЫРУЧКА РОССИЙСКИХ СПУТНИКОВЫХ ОПЕРАТОРОВ (16 КА):
ФГУП «Космическая связь» и АО «Газпром Космические системы», тыс. руб.

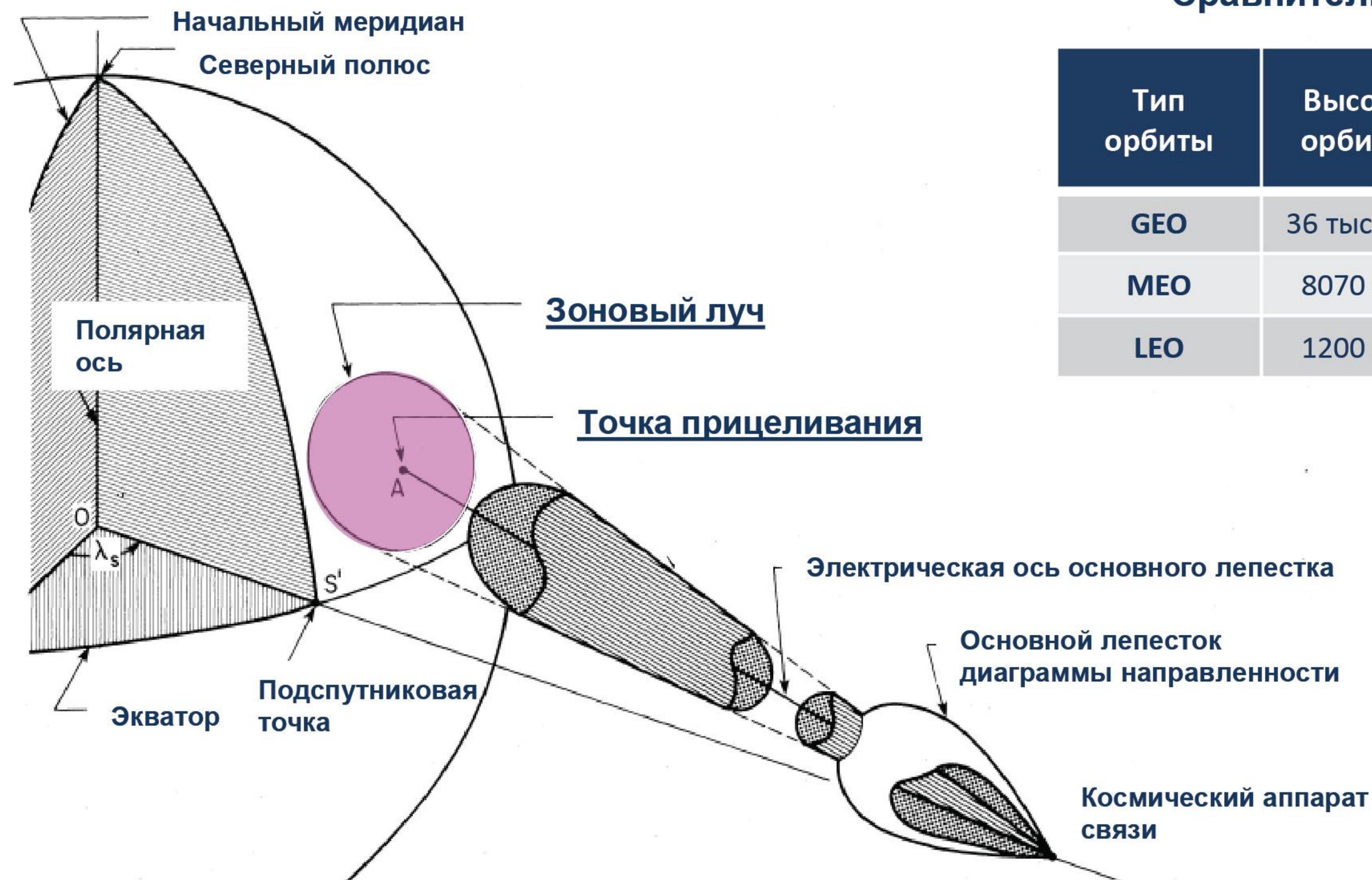


ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ВЫРУЧКИ КРУПНЕЙШИХ 8-ми
ОПЕРАТОРОВ SCPC и VSAT (услуги конечным потребителям) на
российском рынке, тыс. руб.



ОСНОВНОЙ НЕДОСТАТОК СПУТНИКОВ СВЯЗИ НА ГСО - КРАЙНЕ НИЗКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕСУРСА КА ?

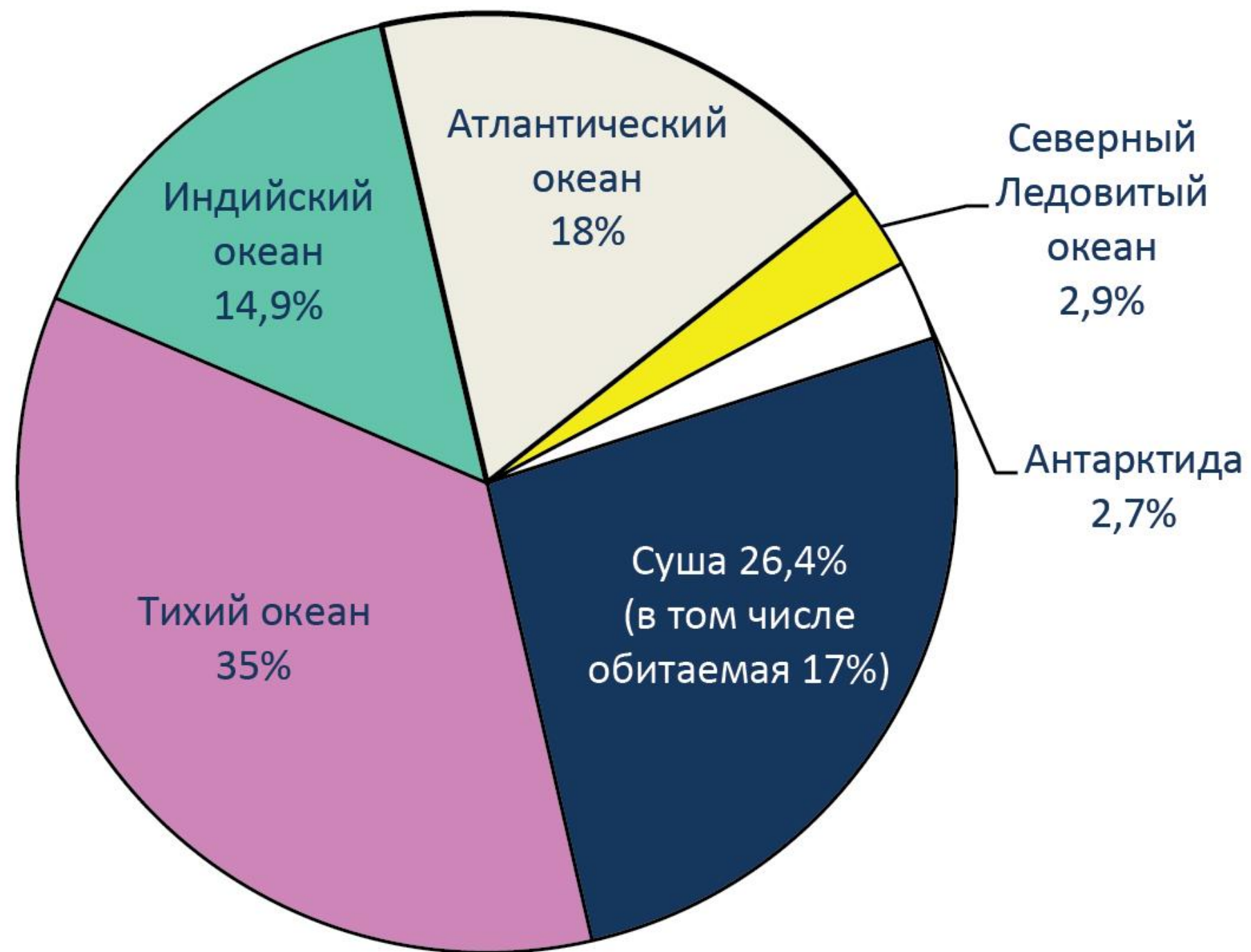
- площадь зонного луча современного HTS спутника 200-300 тыс. кв.
- суммарная площадь всех антенн в зонном луче 1000- 2000 кв. м
- эффективность использования ресурсов HTS спутника – 10^{-8}
- решение: радикальное уменьшение размера зонных лучей



Сравнительный анализ размера бортовых антенн

Тип орбиты	Высота орбиты	Размер зонного луча	ШДН (-3 дБ) T _x =20 ГГц	G антенны	диаметр антенны
GEO	36 тыс. км	D = 40 км	0,06°	69,7 дБ	18 м
MEO	8070 км	D = 40 км	0,28°	55,7 дБ	3,6 м
LEO	1200 км	D = 40 км	1,91°	39 дБ	53 см

КОНКУРЕНЦИЯ ВОЛС: LEO или MEO - какое орбитальное построение имеет больше шансов ?



ТРЕБОВАНИЯ К КОНСТРУКАЦИИ КА:

- зоновые лучи $D = 40$ км
- «бесшовное» покрытие территории и морских акваторий РФ начиная с 48° с.ш. (24 млн. кв. км = порядка 25 тыс. лучей или точек прицеливания)
- технология АФАР с «прыгающими» лучами
- конус АФАР $\pm 25^\circ$, минимальный угол места $\epsilon \geq 10^\circ$

СРАВНЕНИЕ ОРБИТАЛЬНЫХ ПОСТРОЕНИЙ:

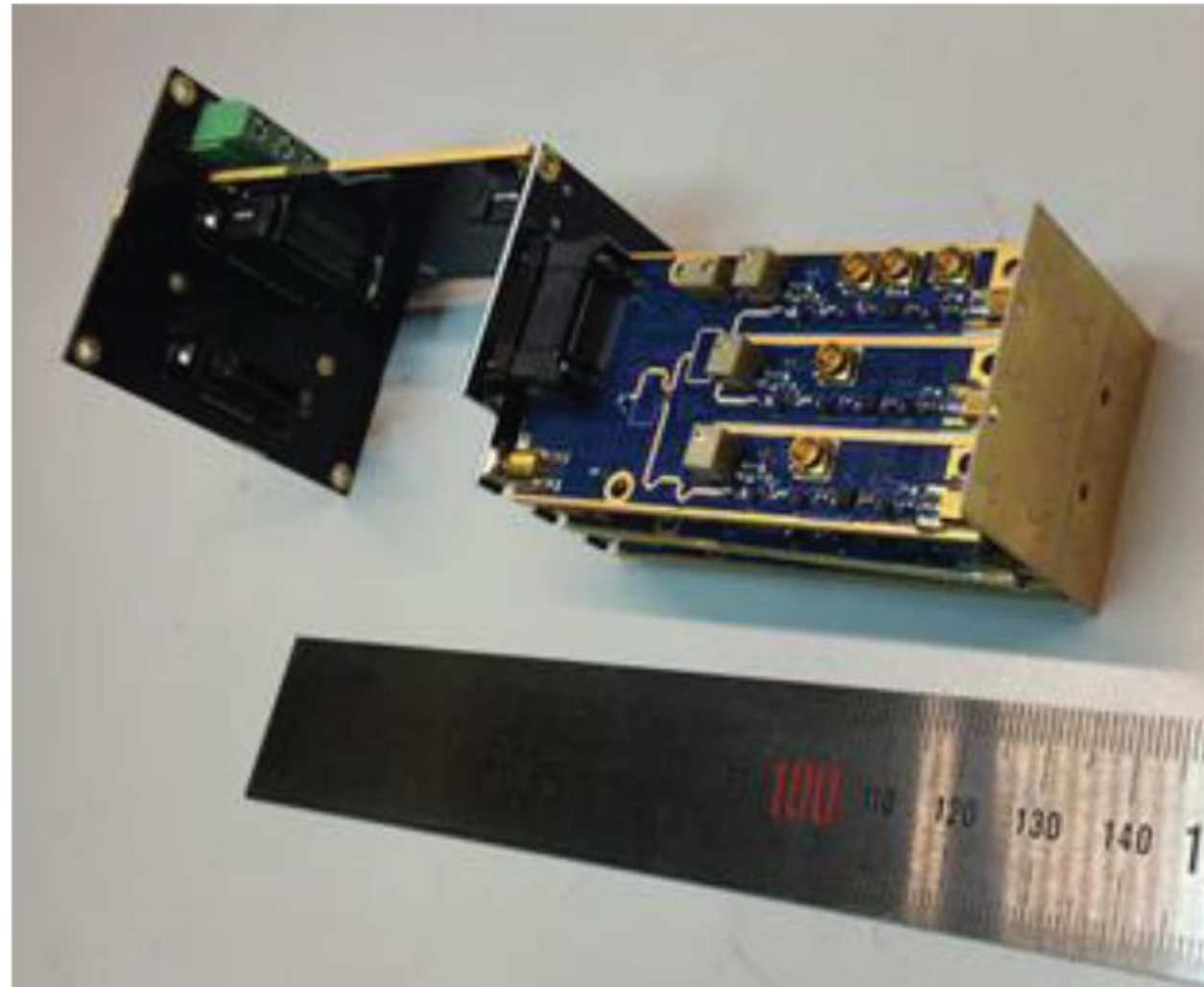
- минимальная орбитальная группировка МЕО АФАР для «бесшовного» покрытия территории и морских акваторий РФ: 1×4 КА = 4 КА
- минимальная орбитальная группировка LEO АФАР 1200 км для «бесшовного» покрытия территории и морских акваторий РФ: 10×34 КА = 340 КА

ВЕРОЯТНОСТЬ ПОПАДАНИЯ ОБИТАЕМОЙ ЧАСТИ СУШИ В КОНУС АФАР $\pm 25^\circ$:

- для одиночного КА МЕО = 0,98
- для одиночного КА LEO 1200 км = 0,17

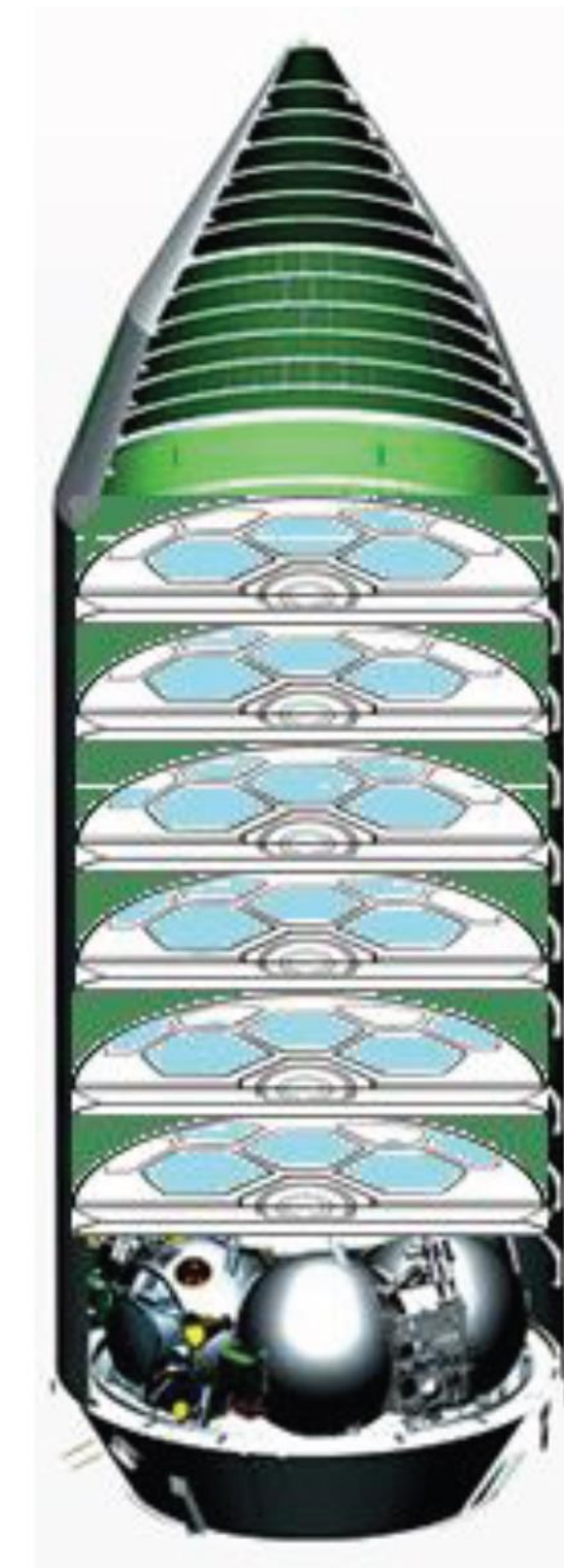
ВОЗМОЖНАЯ ПОЭТАПНАЯ СТРАТЕГИЯ РАЗВЕРТЫВАНИЯ ОРБИТАЛЬНОЙ ГРУППИРОВКИ «СКИФ МЕО АФАР»

1. Этап 1: 2019-2021гг. – развертывание группировки в составе 4 КА (до 12 бортовых механически перенацеливаемых антенн в составе КА) в одиночной орбитальной плоскости с наклоном $\sim 89^\circ$.
2. Этап 2: 2020-2022 гг. – дополнительный запуск 4 КА (вторая орбитальная плоскость) с заменой части бортовых механически перенацеливаемых антенн на АФАР. Проведение ЛКИ АФАР.
3. Этап 3: после 2022 г. – запуск 6 КА в исполнении СКИФ-МЕО АФАР.



Прототип модульной передающей АФАР диапазона 20 ГГц размерностью 3x3 излучателя.
Разработка ООО «Д.К.Орбитал»

Варианты исполнения КА «Скиф МЕО АФАР» этапа 3: в рабочем состоянии и стартовом положении (ГО 14С737)



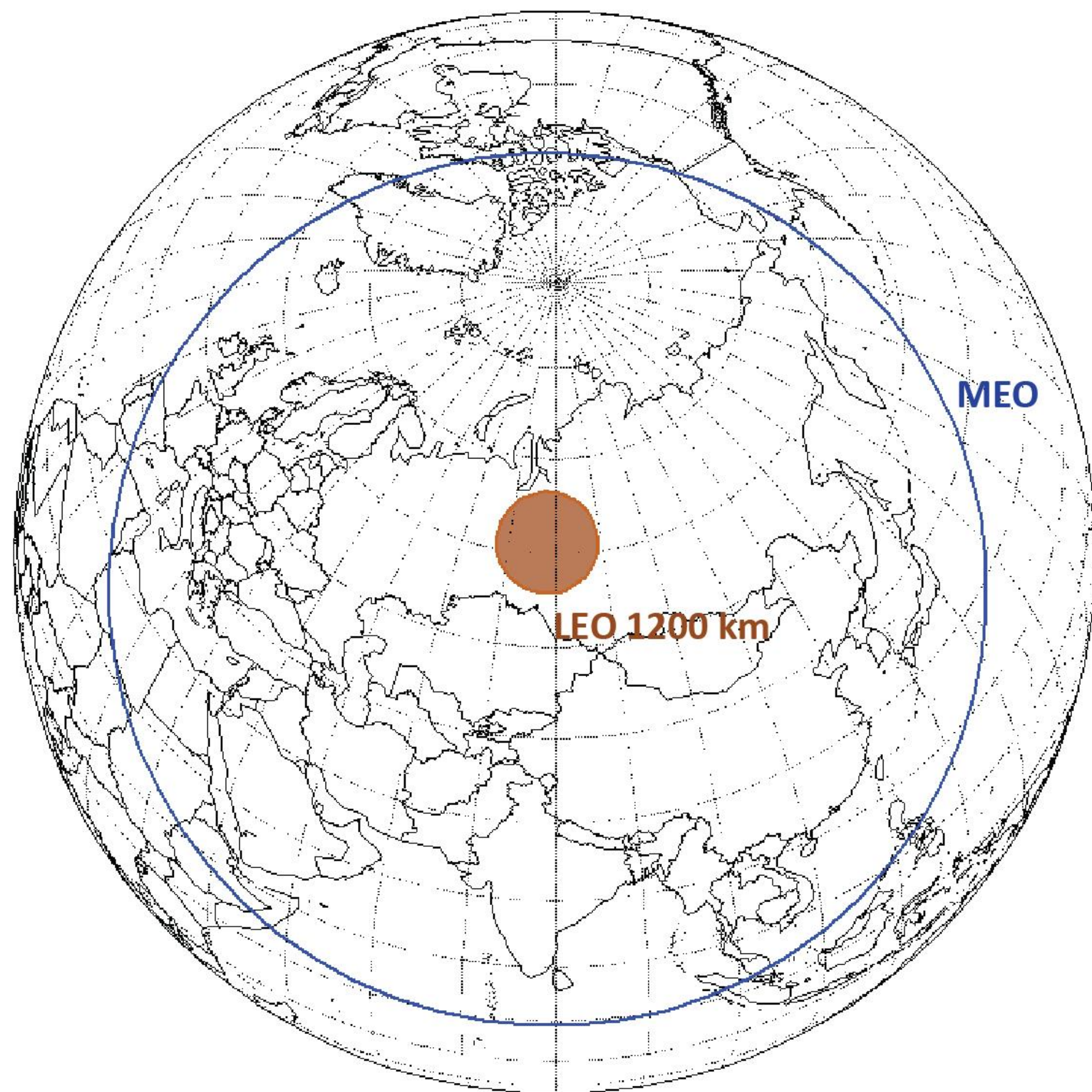
dcorbital

Sk
Resident

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

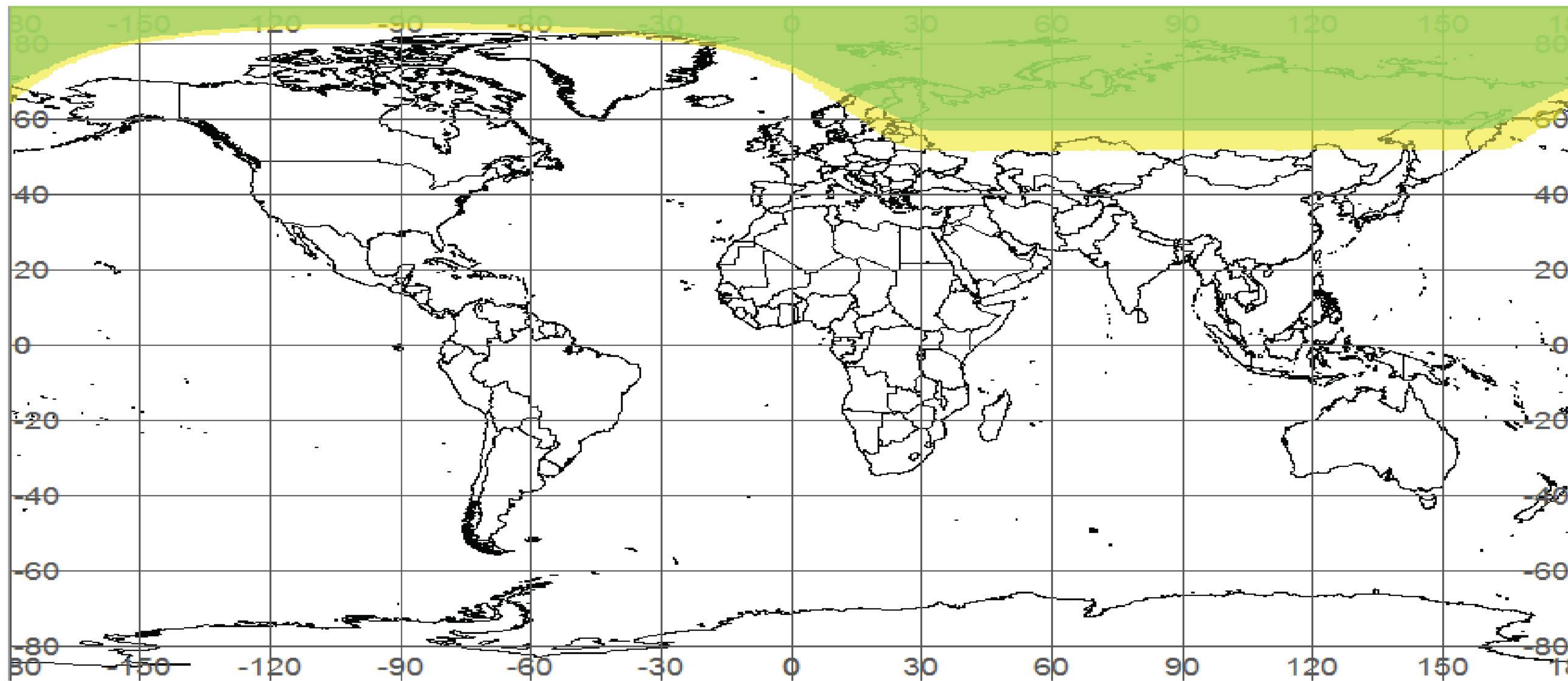
1. Для «бесшовного» покрытия территории и морских акваторий РФ (начиная с 48°с.ш. и до Северного полюса) достаточно орбитальной группировки «Скиф-4» МЕО АФАР в составе 4-х КА в одной орбитальной плоскости с наклоном 89°. Данное решение представляет собой малобюджетное дополнение существующей орбитальной группировки КА связи РФ на ГСО, обеспечивающее гарантированное покрытие Арктической зоны РФ.
2. Для решение аналогичной задачи при использовании орбитальной группировки LEO АФАР 1200 км потребуется 10 орбитальных плоскостей по 34 КА в каждой (всего 340 КА).
3. Глобальное покрытие достигается: МЕО АФАР 12 КА (3 x 4 КА или 2 x 6 КА); LEO АФАР 578 КА (17 x 34 КА).
4. Сеть МЕО SKY-F «Скиф» в составе 12 КА в Ka-диапазоне зарегистрирована в МСЭ (октябрь 2015 г.)
5. Предлагаемое орбитальное построение МЕО в составе 12 КА обеспечивает глобальное покрытие Земли и обладает очевидным экспортным потенциалом

ОСОБАЯ БЛАГОДАРНОСТЬ АО «ИСС имени М.Ф.Решетнёва»



Приложение 1:

пример ГЗРВ для конуса АФАР $\pm 25^\circ$ (с минимальным углом места $\epsilon \geq 10^\circ$) для отдельного КА в составе орбитальной группировки МЕО 8070 км и ЛЕО 1200 км



Приложение 2: Гарантированная зона радиовидимости (ГЗРВ) системы «Скиф-4» с учетом шлюзов при наклонении базовой орбиты **83 град** и **89 град** (шлюзы: Дубна и Петропавловск-Камчатский)