



Основные направления развития и новые проекты HTS спутниковых систем на НГСО

Гриценко Андрей Аркадьевич

Генеральный директор, кандидат технических наук

**21-ая Международная выставка CSTB. TELECOM&MEDIA`2019
Секция «МУЛЬТИСЕРВИСНЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СЕТИ И VSAT.
Спутниковые технологии как базовая платформа для развития
инфокоммуникационных систем»**

30 января 2019 года, Москва, Крокус Экспо

Основная цель – достижение себестоимости Мбит/с и цены подключения ШПД абонентов сравнимой или даже меньше, чем в наземных сетях.

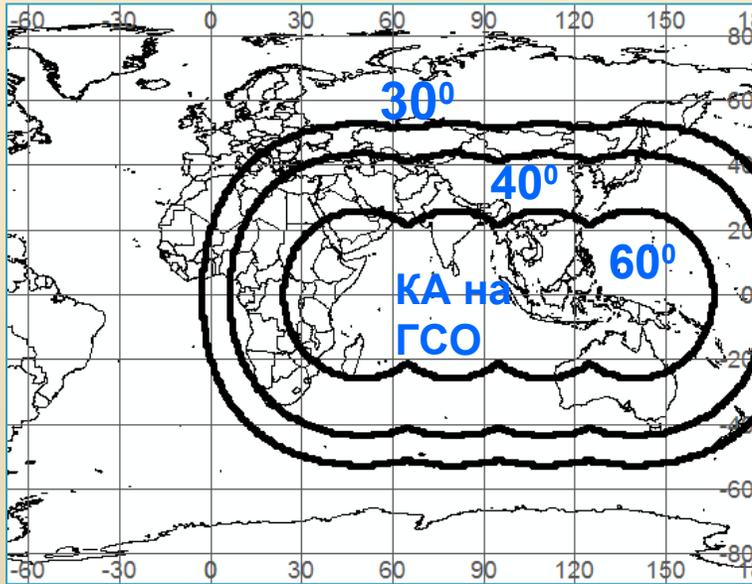
Технические тенденции:

- Сокращение размеров лучей с увеличением их числа
- Длительный САС (15+ лет)
- Создание квази глобальных рабочих зон
- Переход в Q/V диапазоны и выше

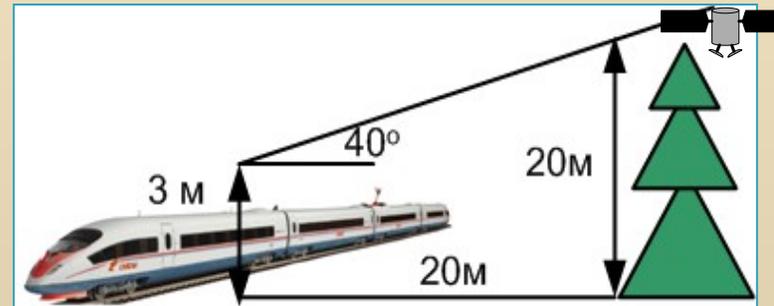
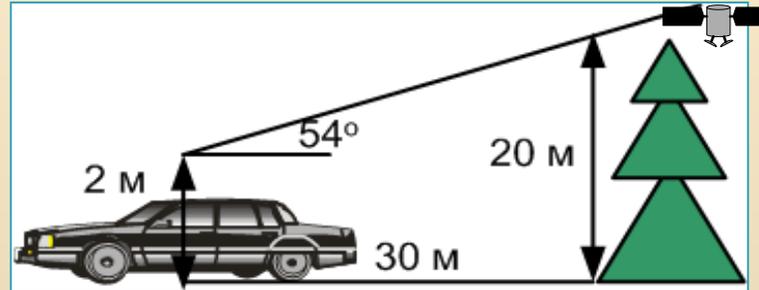
Сопутствующие факторы:

- Рост массово-габаритных характеристик КА и мощности СЭС
- Использование РН тяжелого класса

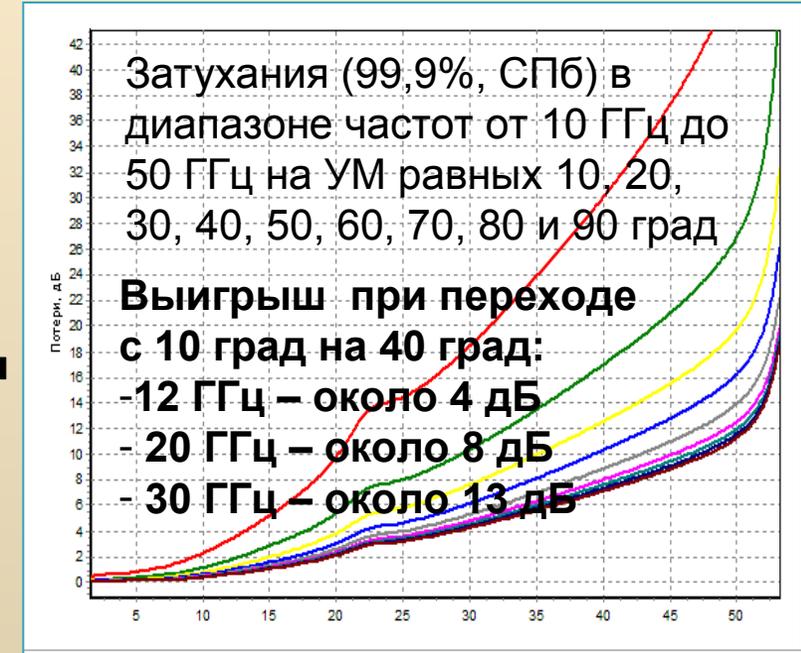
Проблемы	Решения
Создание дешевых абонентских терминалов для работы на подвижных средствах	✓ Решения сегодня нет, но обещают !
Гибкое перераспределение емкости в лучах в зависимости от трафика	✓ Заявлено решение с использованием технологии SS-TDMA
Координация новых спутников ГСО в Ku и Ka-диапазонах, конфликты в радиочастотном спектре	✓ Освоение Q/V-диапазона и выше



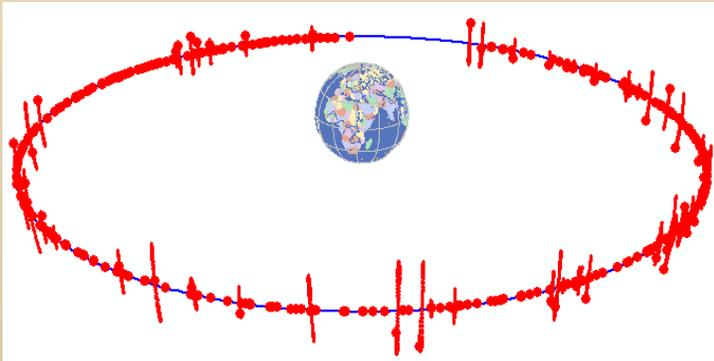
А) проблемы в реализации сетей подвижной радиосвязи



Б) значительные затухания при низком угле места



1. Малые углы места в высоких широтах



2. Значительные дальности до КА

В) Низкий коэффициент готовности канала

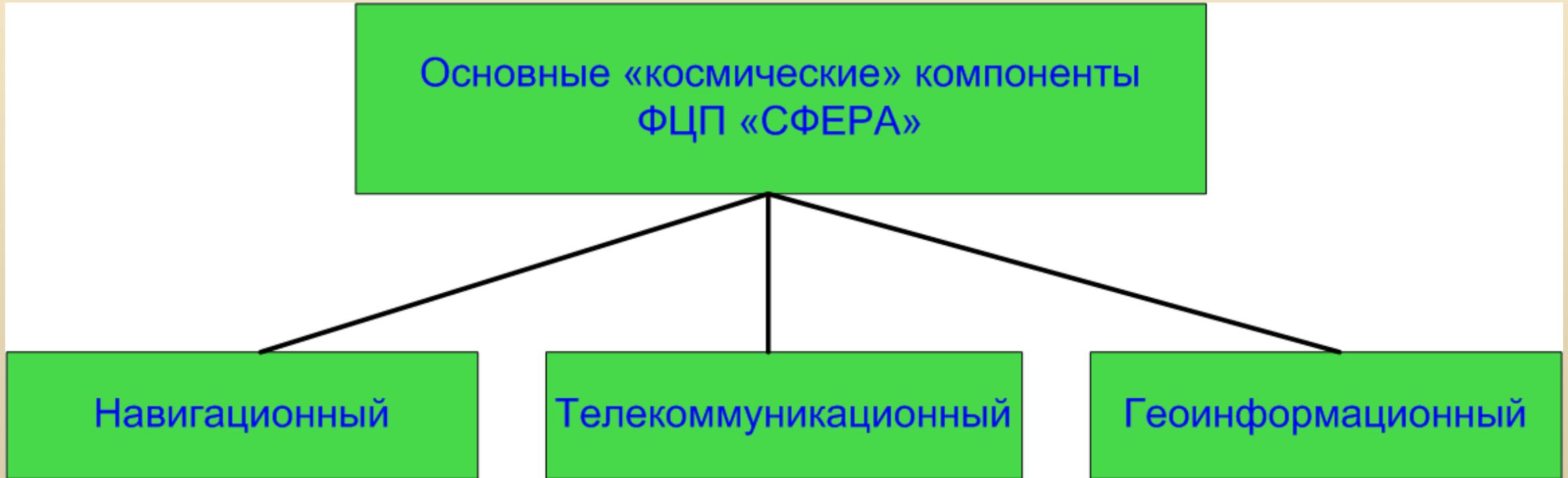
Г) Высокие задержки для предоставления услуг, требующих высокую скорость реакции на события, близкую к режиму реального времени

Надежда на многоспутниковые системы широкополосного доступа на негеостационарных орбитах ?



ФЕДЕРАЛЬНАЯ ЦЕЛЕВАЯ ПРОГРАММА «СФЕРА»

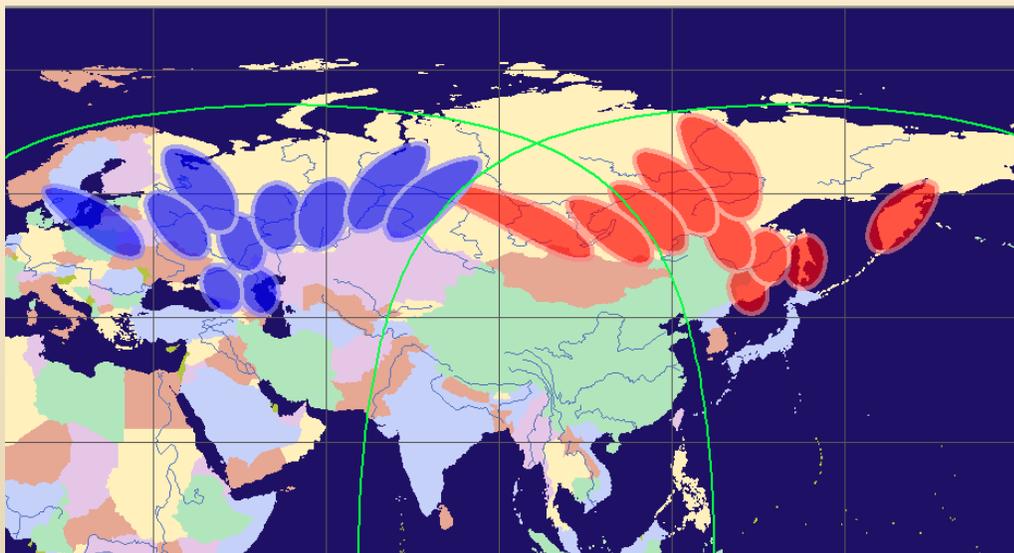
ФЦП «СФЕРА» - комплексная программа развития космической информационной инфраструктуры России



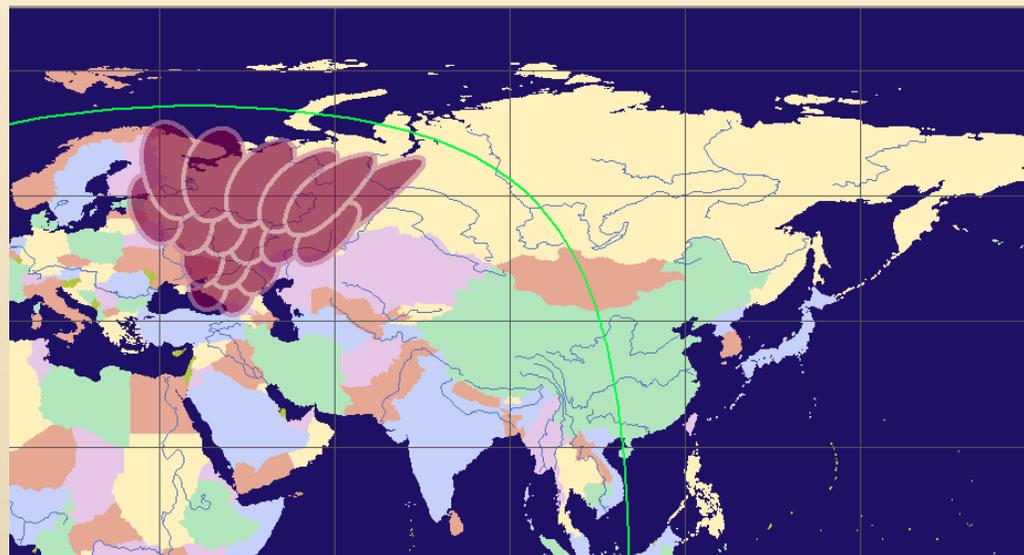


Российская орбитальная группировка GEO HTS KA «Экспресс» и «Ямал»

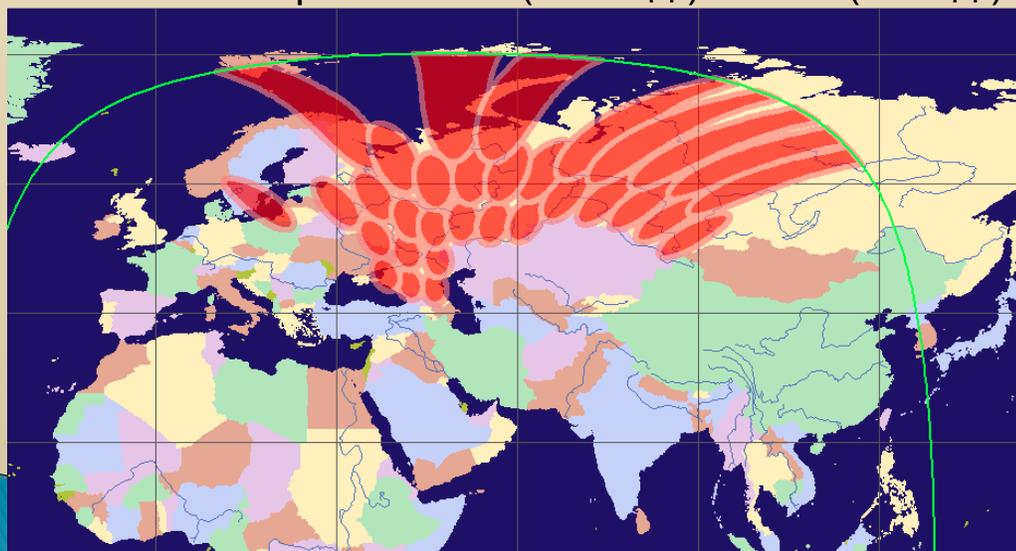
Ка-диапазон, ЭИИМ макс 61 дБВт



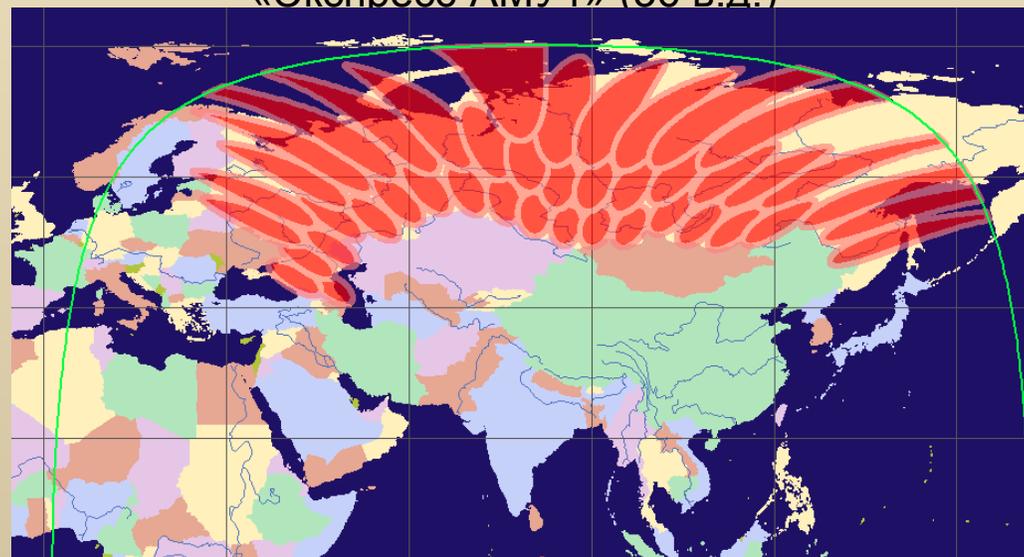
КА «Экспресс» AM5 (140 в.д.) и AM6 (53 в.д.)



«Экспресс-АМУ1» (36 в.д.)



«Ямал 601» (79 в.д.) запуск в 2019 г

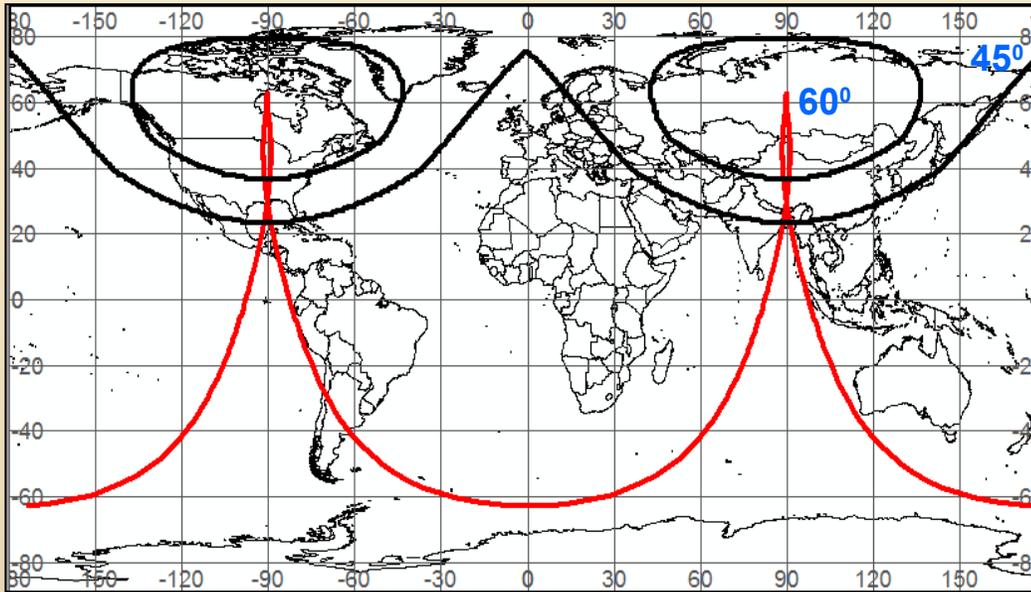
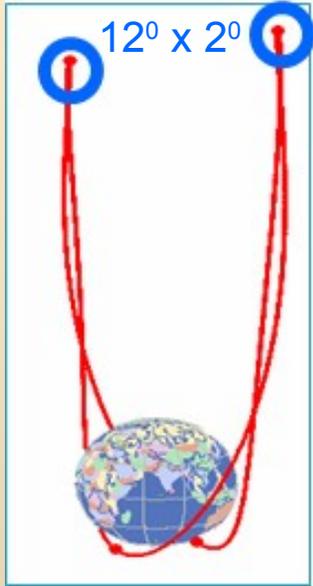


«Ямал-501» 81.75° в.д., запуск в 2020 г

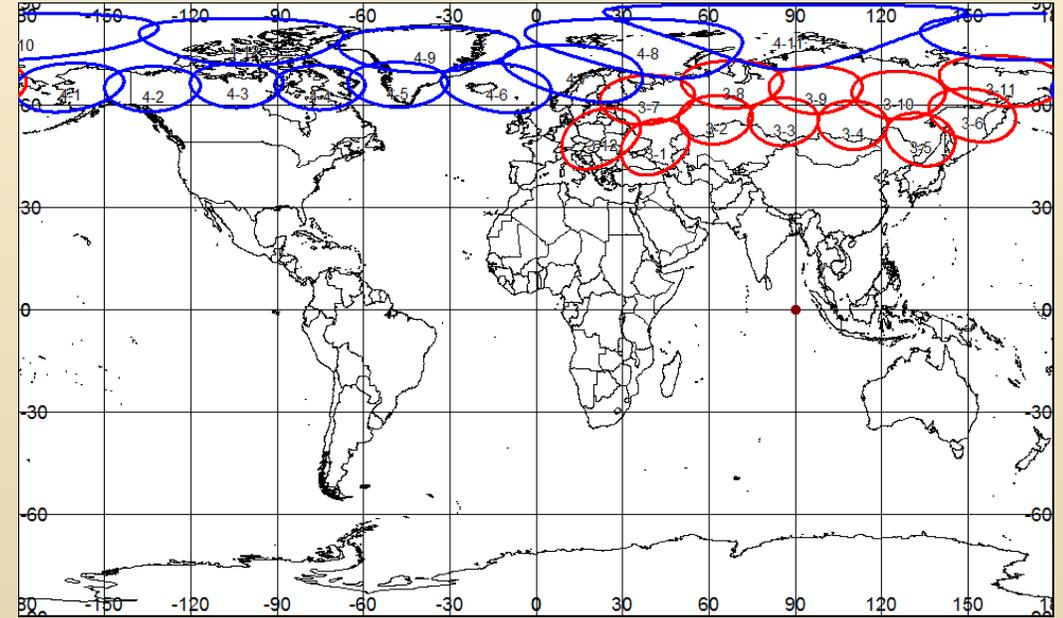


Проект «Экспресс-РВ» ФЦП «СФЕРА»

Базовая орбита – «Молния», рабочий диапазон - Ки



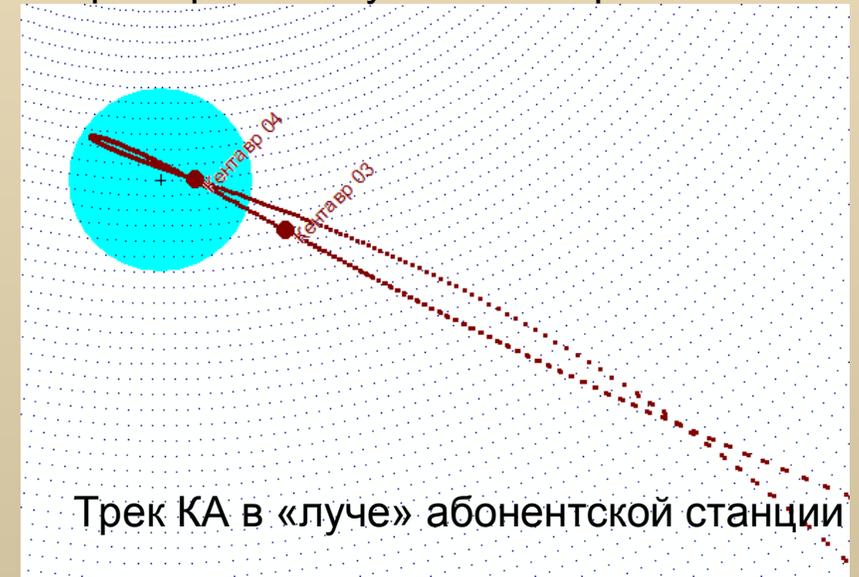
ГЗРВ системы (УМ=45 и 60 град)



Пример многолучевого покрытия

Система «Экспресс-РВ»:

- 12-ть Ки-лучей 2.75x2.75 град
- ЭИИМ макс луча: 57 дБВт;
- полоса 54 МГц
- диаметр антенны АС: 0.7 м

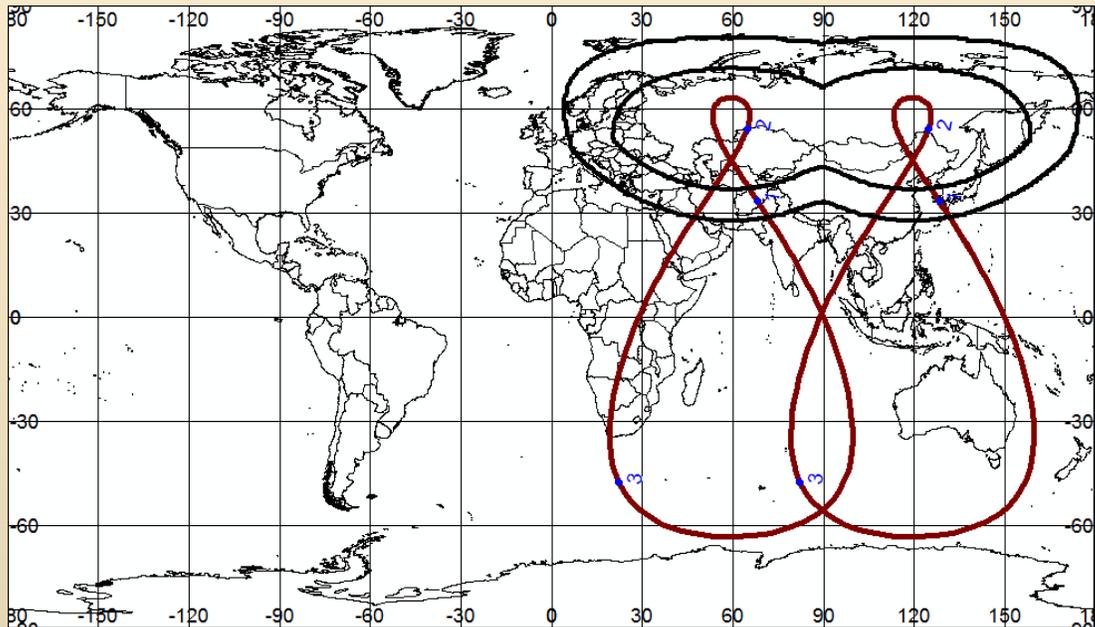


Трек КА в «луче» абонентской станции



Проект «Росинфоком ВЭО»

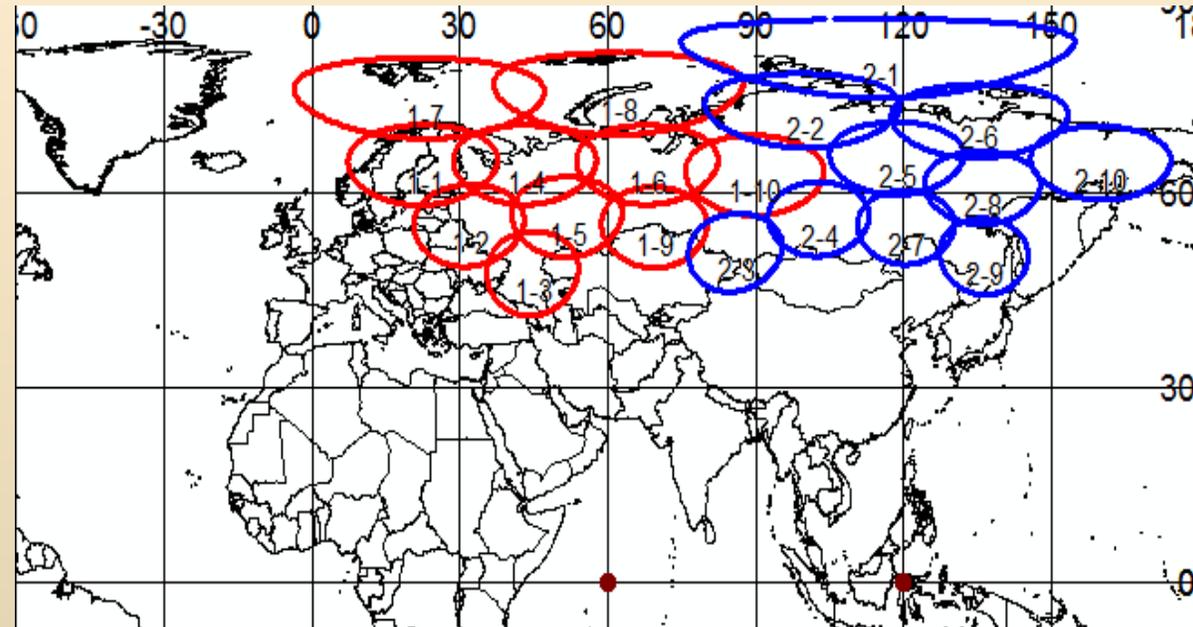
Базовая орбита – «Тундра», рабочий диапазон - Ки



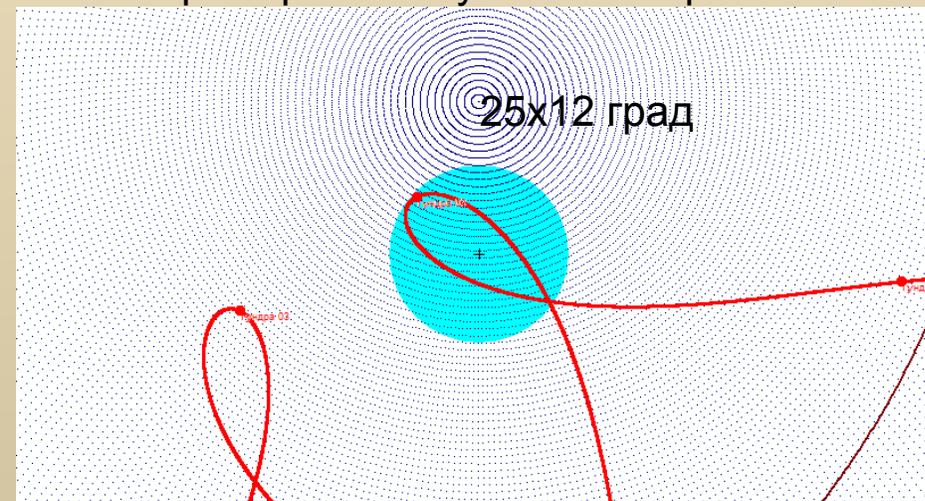
ГЗРВ системы (УМ=50 и 60 град)

Параметры БРТК:

- 10-ть Ки-лучей (2x2 град)
- ЭИИМ макс луча 57 дБВт;
- полоса ствола 54 МГц



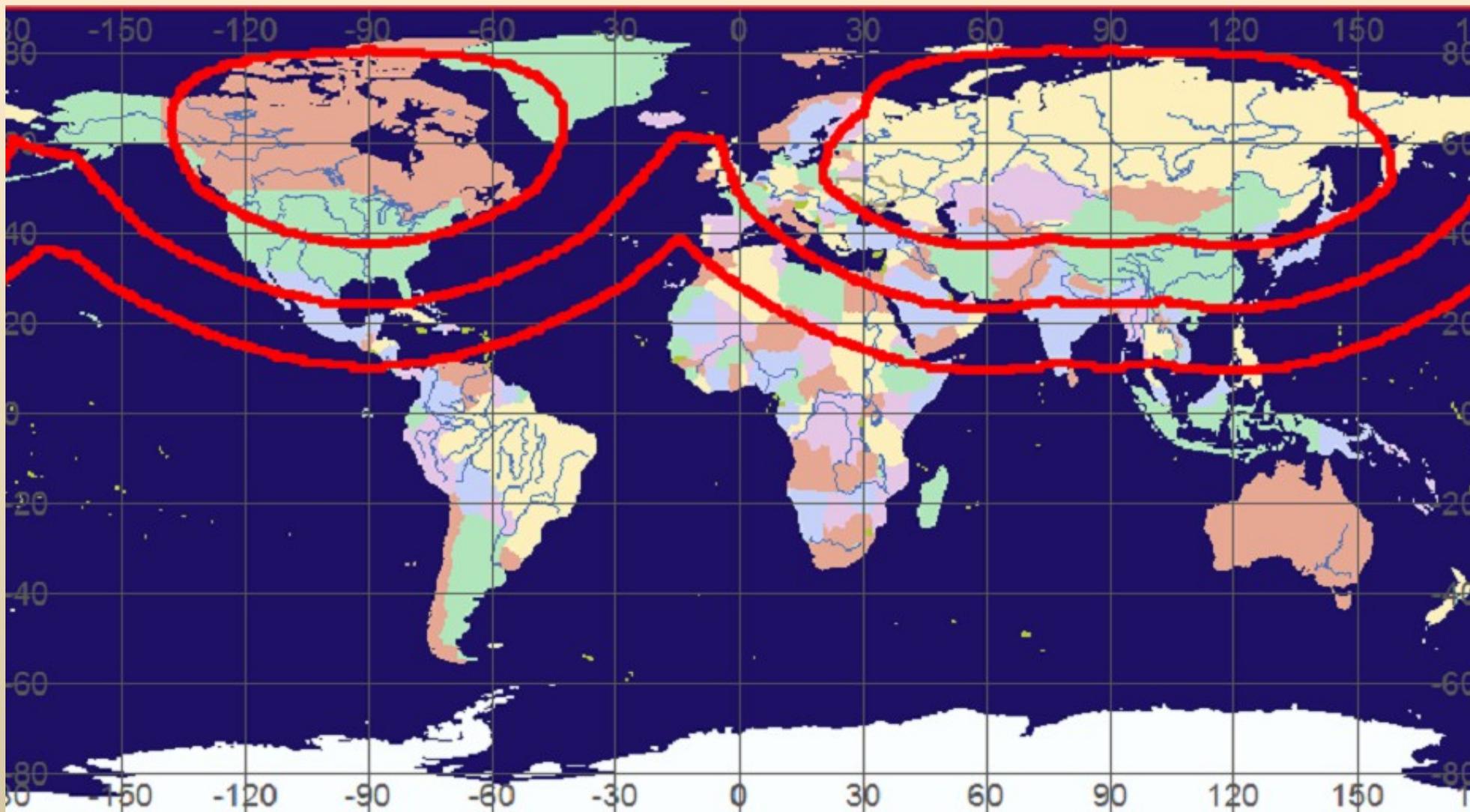
Пример многолучевого покрытия



Трек КА в «луче» абонентской станции



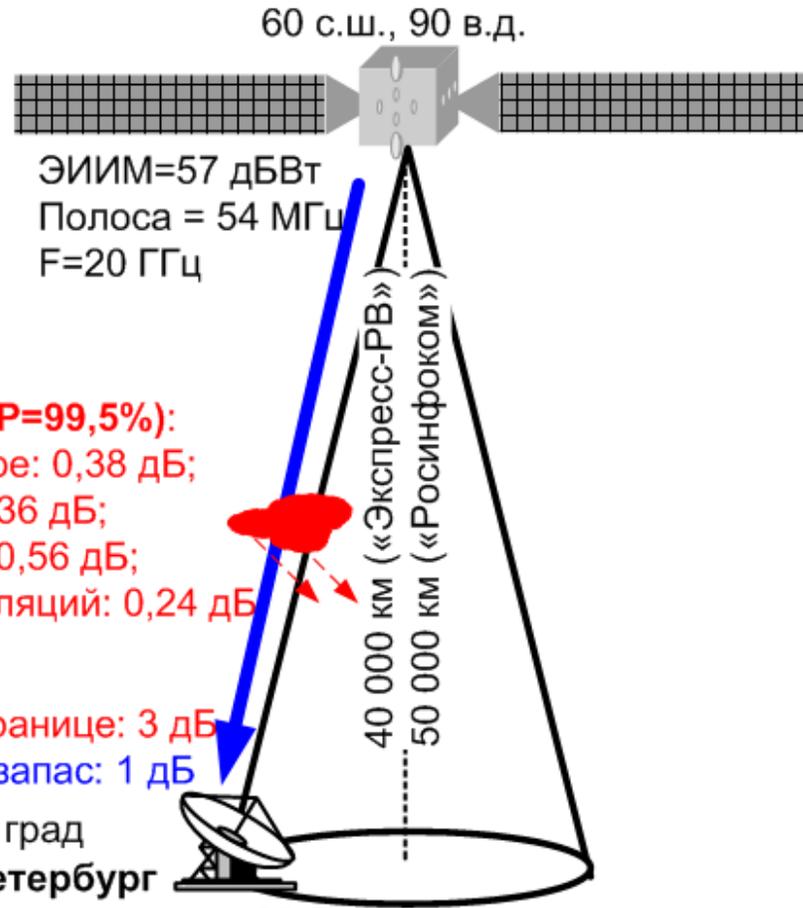
Проект «Экспресс-РВ» + «Росинфоком ВЭО»



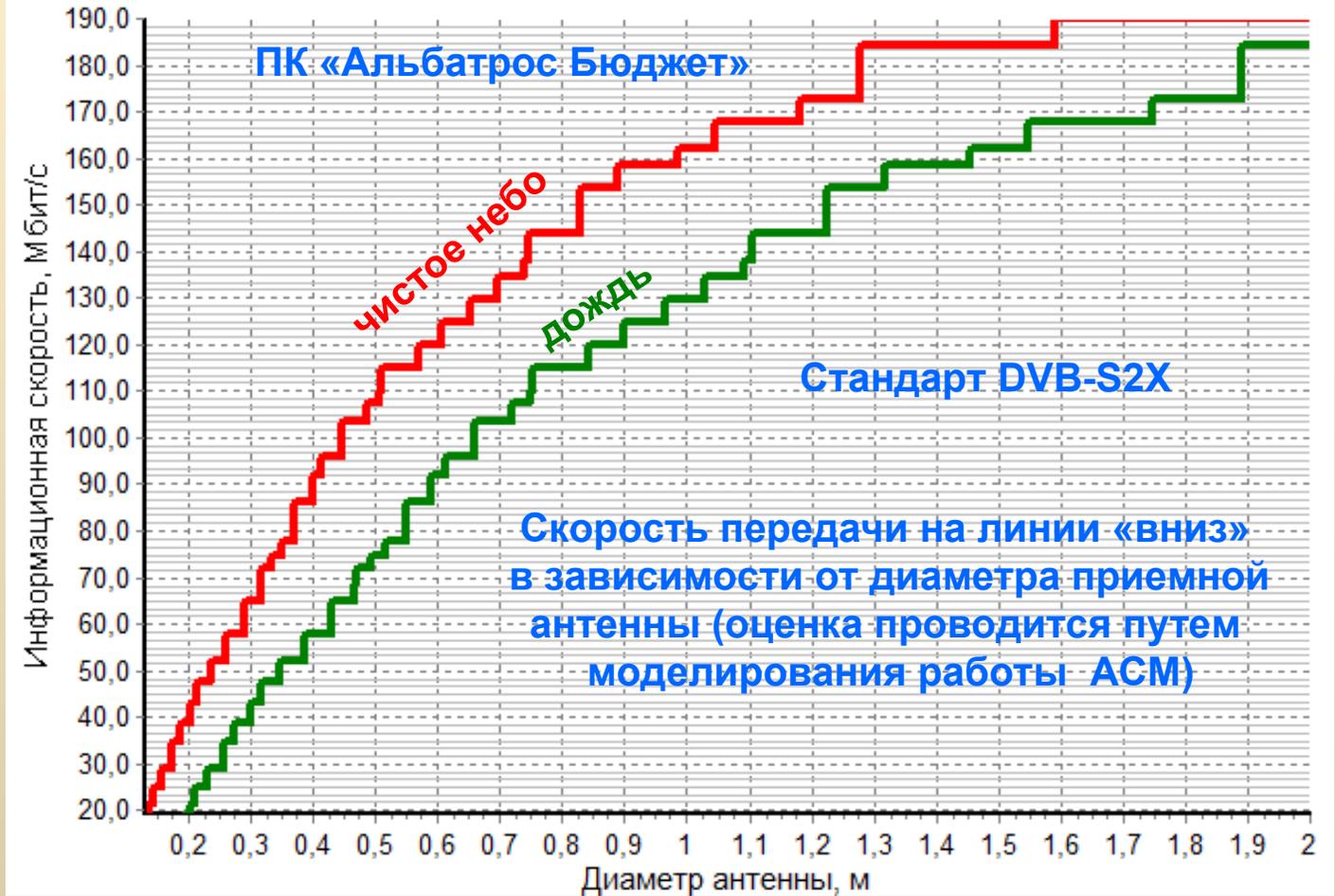
ГЗРВ системы «Экспресс-РВ» и «Росинфоком-ВЭО» для УМ=60, 45 и 30 град



Оценка пропускной способности «Экспресс-РВ» и «Росинфоком ВЭО»



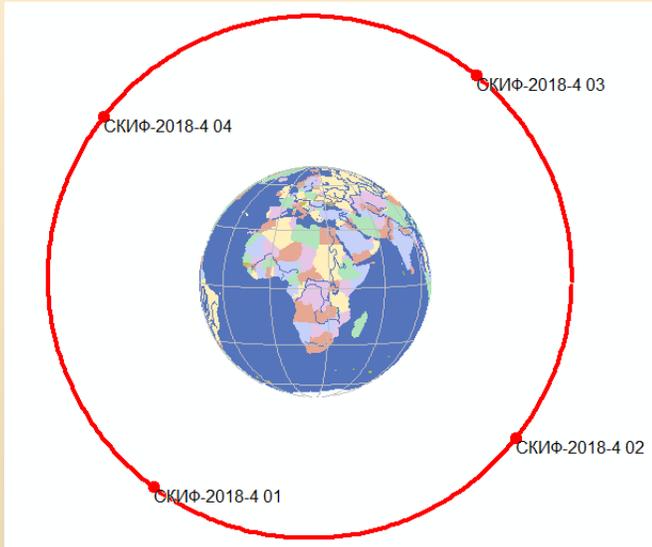
- интенсивность дождей: 28,5 мм/ч;
- высота 0-ой изотермы: 2,1 км;
- плотность водяного пара: 13,5 гр/м³



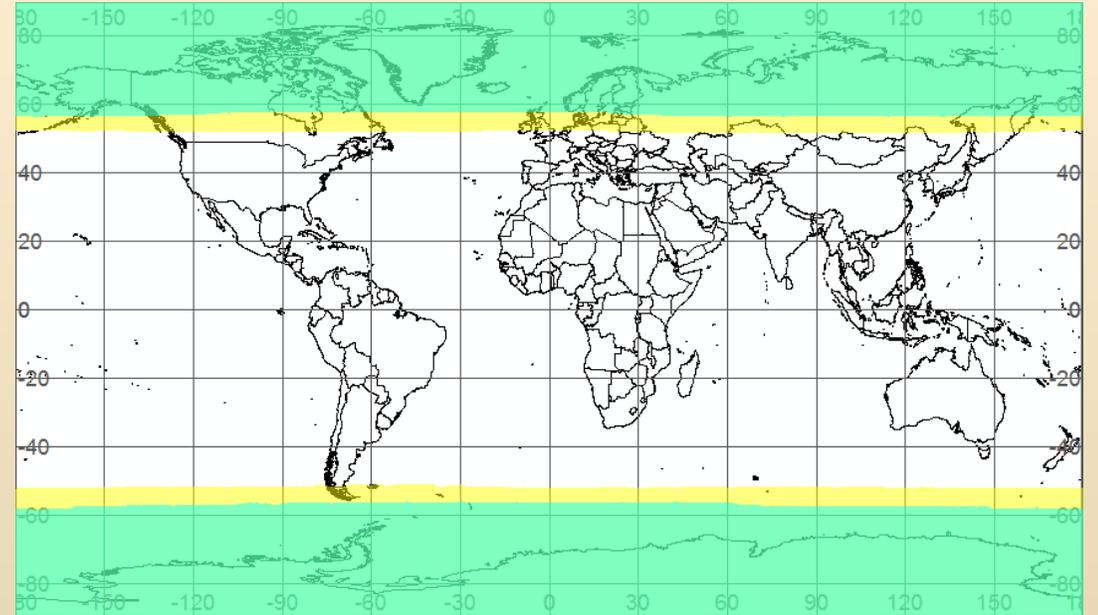
Вывод: пропускная способность одного луча спутников системы «Экспресс-РВ»/ «Росинфоком ВЭО» при диаметре антенн приемных станций от 0,3 м до 0,7 м составит от 40 до 100 Мбит/с в условиях дождя и от 60 до 130 Мбит/с в условиях «чистое небо».



Спутниковая МЕО HTS система «СКИФ»



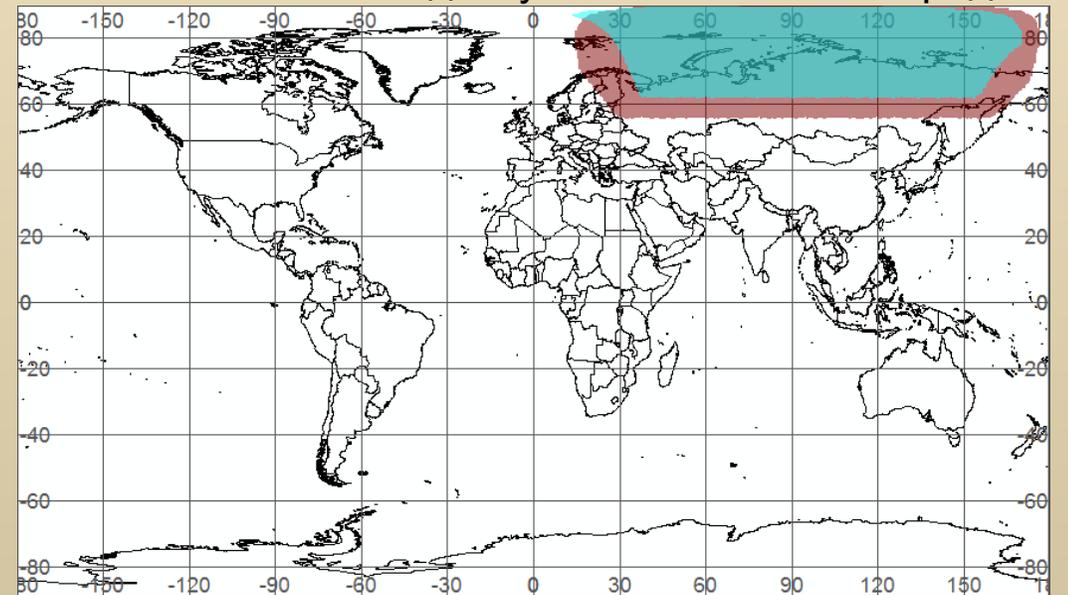
Структура ОГ (4 КА, высота 8070 км)



Максимально доступная ГЗРВ УМ=10 град



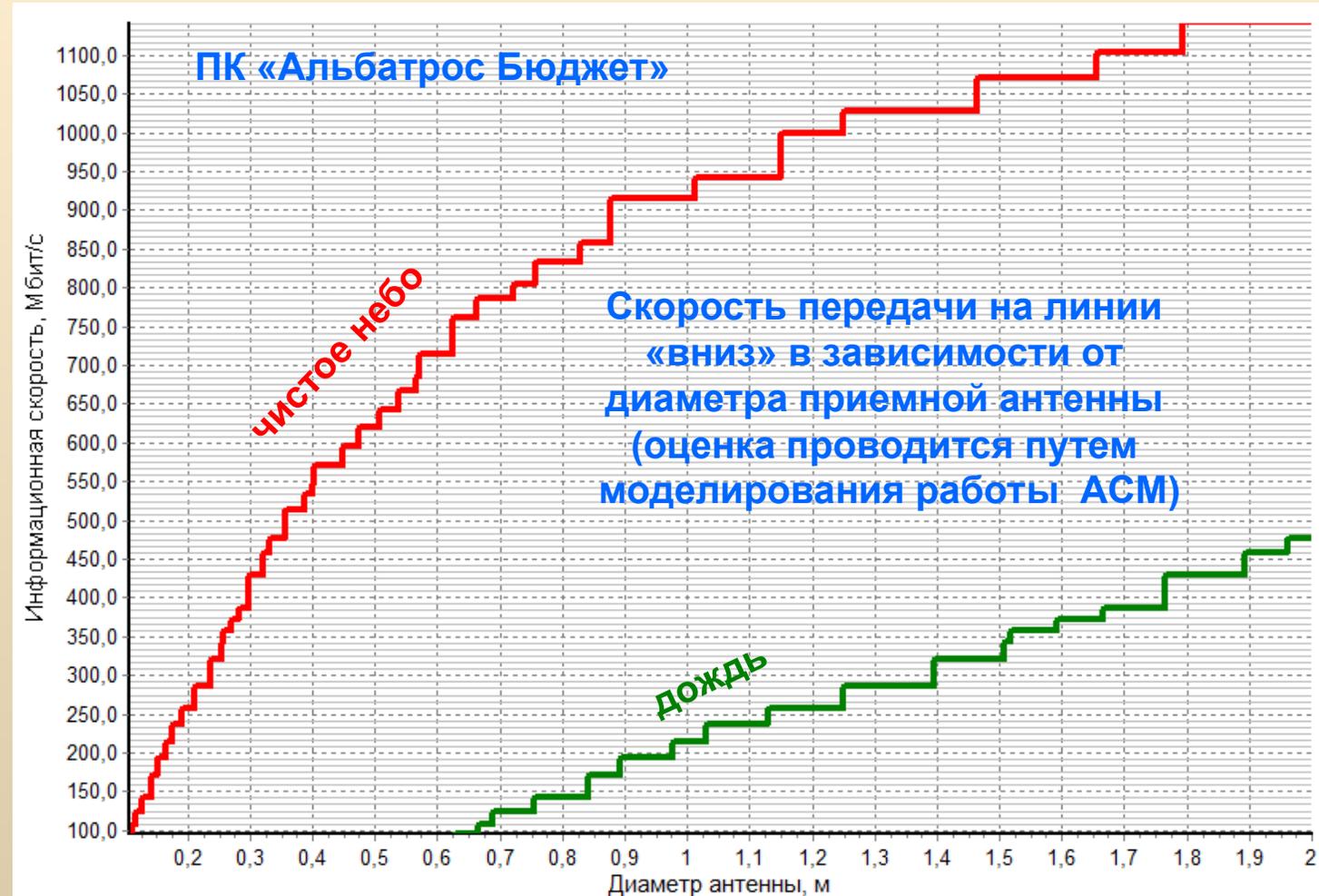
Пример многолучевого покрытия



ГЗРВ (шлюзы Якутск, Магадан и Дубна)



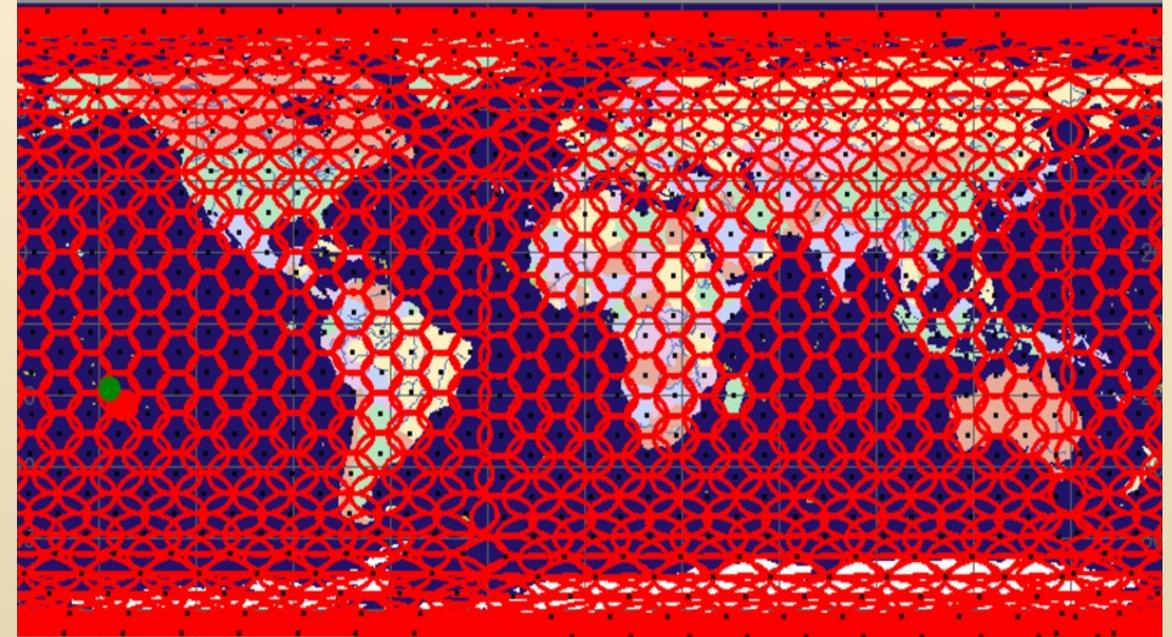
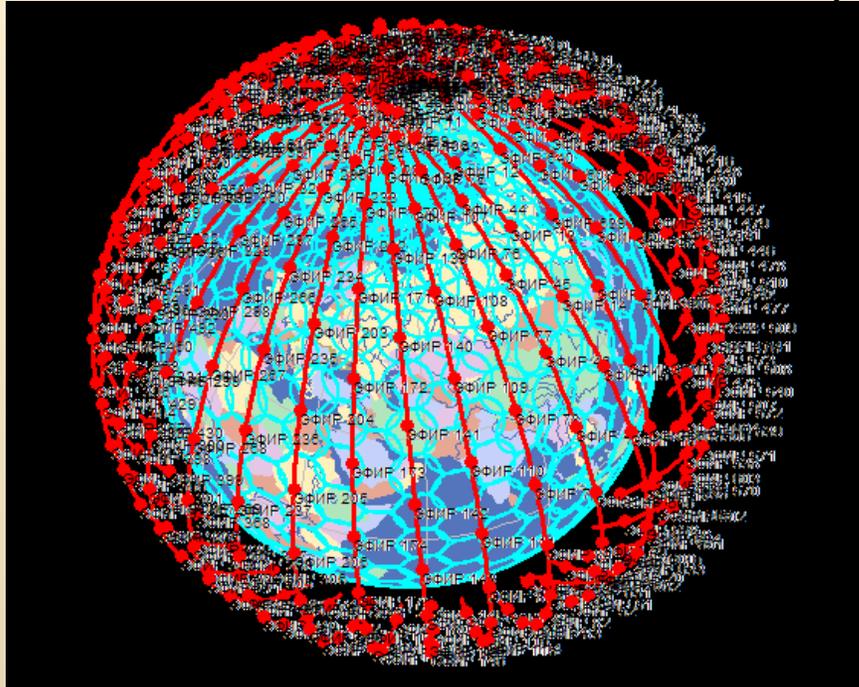
Оценка пропускной способности системы «СКИФ»



Вывод: пропускная способность одного луча спутников системы «СКИФ» при диаметре антенн приемных станций от 1.0 до 1.8 м составит от 200 до 450 Мбит/с в условиях дождя и от 900 до 1100 Мбит/с в условиях «чистое небо»



Спутниковая LEO HTS система «ЭФИР» (ГМИСС) (инициативный проект АО «РКС»)



Зона радиовидимости системы (УМ=54 град)

Синтез орбитальной группировки

Системы Орбиты	
Параметры орбиты	Структура ОГ
A, км: 7471	Число плоскостей: 20
i, град: 89	Число КА в одной пл-ти: 32
e: 0	Всего КА: 640
ω, град: 0	Ω 1-ой пл-ти, град: 0
На, км: 1100	Углов. разнос пл-тей, град: 9
Нп, км: 1100	<input checked="" type="checkbox"/> Расстановка - на дуге 180 град
T, час: 1,78516	Углов. разнос КА в пл., град: 11,25
	dM в смежн. пл-ях, град: 5,625

Закреть Создать

Исходные данные по ОГ

Основные характеристики:

- высота орбиты 1100 км;
- 640 спутников (20 плоскостей по 32 КА);
- рабочие диапазоны частот: S, Ka;
- межспутниковые линии – есть;
- вес КА 350..40 кг; СЭС 1500 Вт, САС 7 лет
- заявленные услуги:
 - персональная связь;
 - интернет вещей IoT;
 - управление БПЛА;
 - высокоскоростной беспроводный доступ на персональные и мобильные терминалы;
 - ADS-B и т.д.



Кратко о проектах многоспутниковых систем LEO/МЕО/НЕО-НТС

№	Проект	Число КА	Орбита	Диапазон	Примечания
1	OneWeb	720	LEO	Ku/Ka	1200 км, наклонение 87,9°; ОГ: 18x40=720
2	OneWeb	1980	LEO	Ku/Ka	1200 км, наклонение 87,9°; ОГ: 36x55=1980
3	Telesat	117	LEO	Q/V	- 72 КА на высоте 1000 км с наклонением 99.5° - 45 КА на высоте 1248 км и наклонением 37.4°
4	Leosat	108	LEO	Ka	1400 км, наклонение 90°
5	SpaceX	4425	LEO	Ku/Ka	1 этап- Эшелон 1 (1600 КА) 2 этап-Эшелоны 2-5 (1600+400+450+375)
6	SpaceX VLEO	7518	VLEO	Q/W	От 335 км до 346 км, 7518 КА, наклонение 42°, 48°, 53°
7	OneWeb (OW-MEO)	2560	MEO	Ku/Ka/Q/W/E	8500 км, наклонение 45°, первый этап 1280 КА
8	O3B NGSO	60	MEO	Ka	8062 км
9	O3B	24	MEO	Ka	8062 км, наклонение 0°
10	Boeing NGSO	60 (Ka) 2956 (V)	>25 тыс км	Ka	1 этап 1396 КА на 1030 км до 1082 км, наклонение 45° и 55° - затем 2956 LEO накл. 88°, высота 970 км
11	Boeing V-band	147		Q/W	- 132 КА на высоте 1056 км - 15 КА на геосинхронной с наклонением 63,4°
12	ViaSat NGSO	24	MEO	Ka/Q/W	8200 км, наклонение 87°
13	Space Norway	2	HEO	Ku/Ka	43509 x 8089 км. Наклонение 63.4°
	Virtual Geo	15	HEO	C/Ku/Ka	29190 x 1650 км, наклонение 63.4°

Число проектов продолжает расти !



Проект LEO HTS Hongyan («Дикий гусь») Хунъянь

Принадлежность: Китай

Владелец: государственная компания CASC

Диапазоны частот: L- и Ka-диапазона

Число КА: 320 малых КА

Для производства спутников построена фабрика в г. Тяньцзинь (130 КА ежегодно)

План: 9-ть КА будут запущены для тестирования системы до 2020 г

1 этап: 60 спутников к 2023 г

Полное развертывание: 2025 г

Услуги: связь, вещание, Интернет вещей, идентификация и отслеживание судов, решение навигационных задач

Ожидаемое число:

- мобильных пользователей – до 2 млн;
- пользователей ШПД – до 200 тыс
- интернет вещей – 10 млн абонентов.

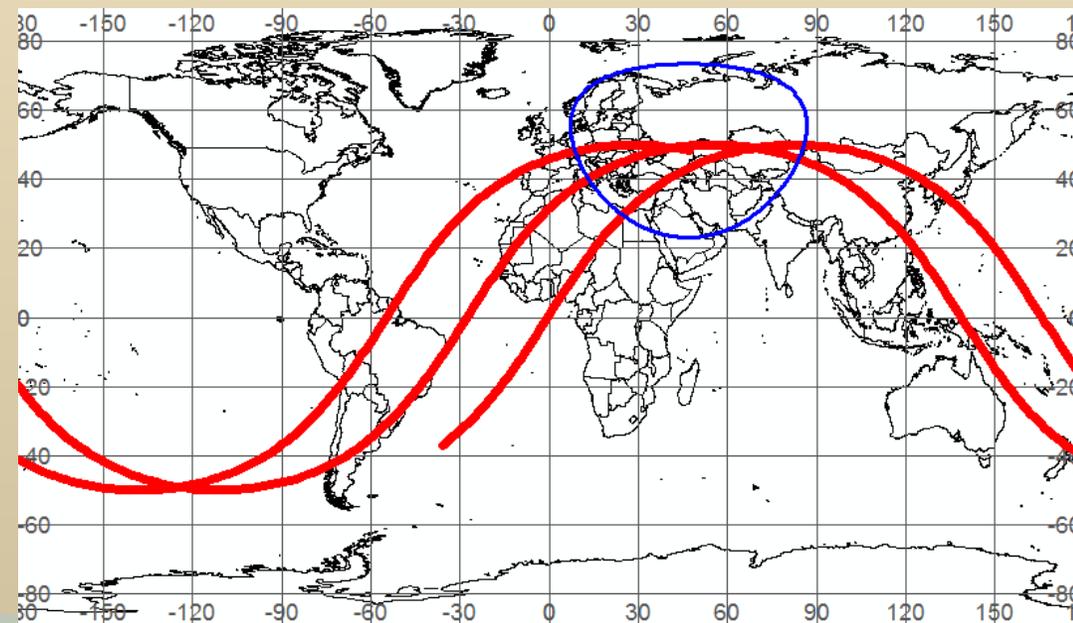
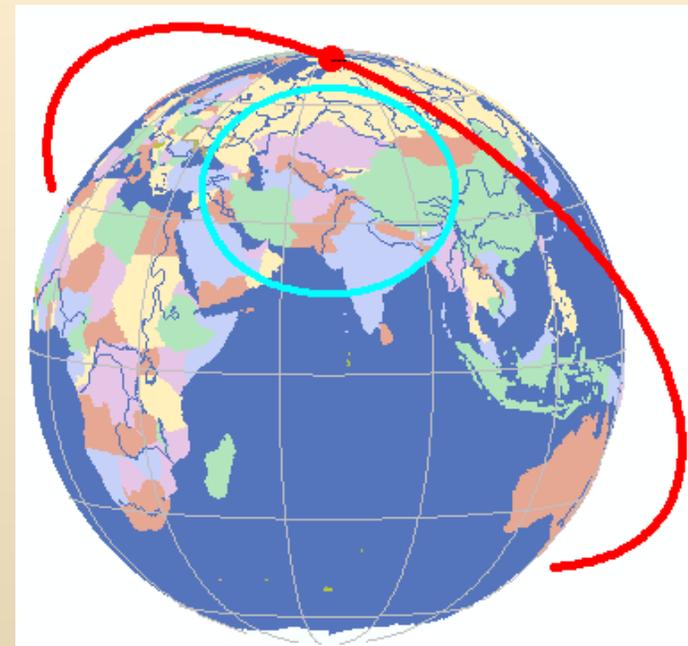
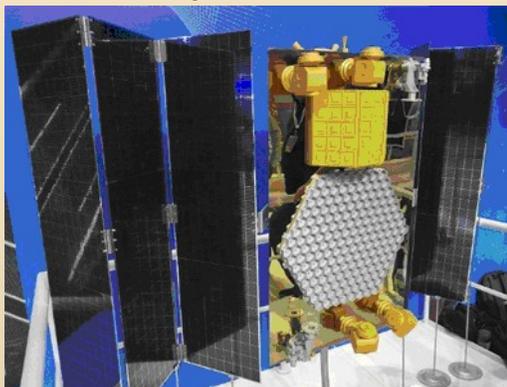
Первый спутник HONGYAN 1

Дата запуска 29.12.2018

NORAD 43914

Наклонение 50 град

Высота орбиты: 1100 км





Глобальная LEO HTS система Hongyun (Хунюнь) или «Rainbow cloud» («Радужное облако»)

Принадлежность: Китай

Разработчик: CASIC

Число спутников: 156

Высота орбиты: от 160 км до 2000 км, но
вероятнее всего 1000 км

Диапазон частот: Ka

Вес спутника: 247 кг

Начало эксплуатации: 2022 г

Этапы:

- декабрь 2018 – первый КА с САС 1 год
- до конца 2020 г – развертывание пробной сети
из 4-х КА массового производства

КА будут включать модули:

- AIS (automatic identification system);
- ADS-B (automatic dependent
surveillance);
- DCS (data collection system).
- industrial Internet of Things;
- remote control of unmanned vehicles .

После полного развертывания это будет система
связи, навигации и ДЗЗ

-Пропускная способность одного КА: 500 Мбит/сек

Первый экспериментальный Hongyun-1

Дата запуска 21.12.2018

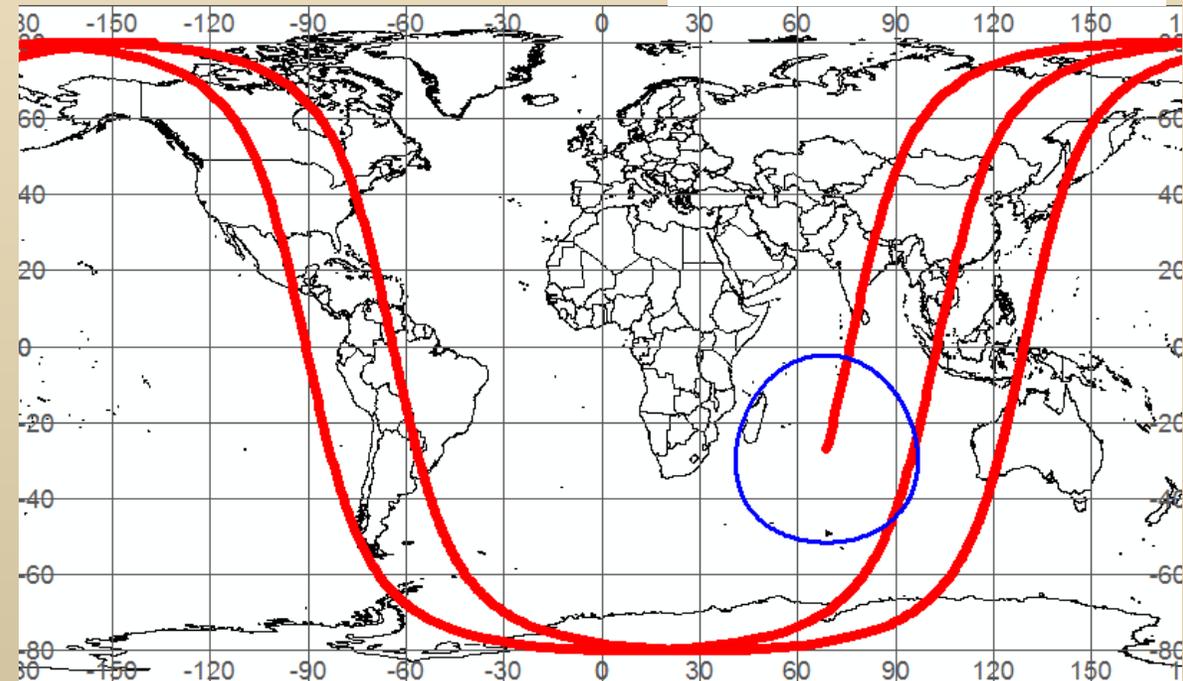
NORAD 43871

Тип орбиты: солнечно-синхронная

Наклонение 99,9199 град

Эксцентриситет: 0,001

Апогей/перигей: 1085/1069 км





Link Sure Swarm Constellation System LEO HTS система

Основные характеристики

Принадлежность : Китай

Разработчик LinkSure Network (основана в Шанхае в 2013 г)

Даты:

- 2019 - запуск первого КА "LinkSure-1»
- 2020 - развертывание ОГ в составе 10 КА
- 2026 - полное развертывание ОГ

Цель: организация сетей бесплатного спутникового WiFi

Инвестиции LinkSure Network - около 500 млн долларов США

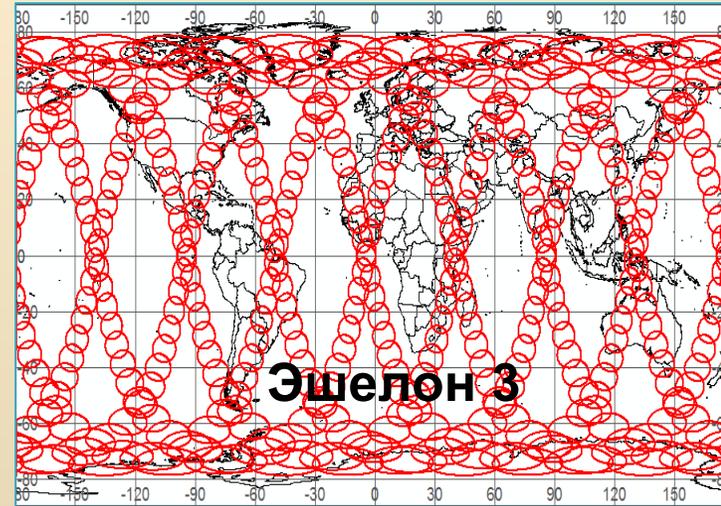
Орбитальная группировка: 272 спутника на LEO

Два эшелона:

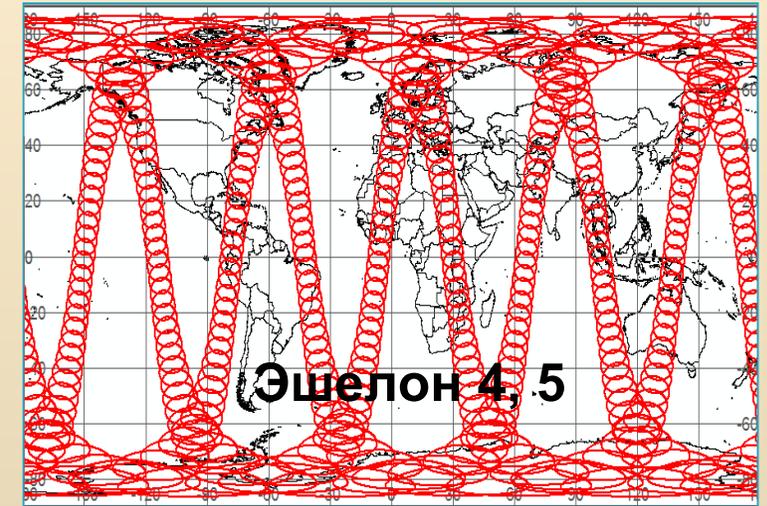
- 72 базовых КА на высоте 1000 км;
- 200 узловых КА на высоте 600 км .

Орбитальная группировка

№ эш.	плоскостей	КА в плоскости	Всего КА	Орбита	
				i, град	h, км
1	32	50	1600	53,0	1150
2	32	50	1600	53,8	1110
3	8	50	400	74,0	1130
4	6	75	450	70,0	1325
5	5	75	375	81,0	1275
Всего	83	-	4425	-	-

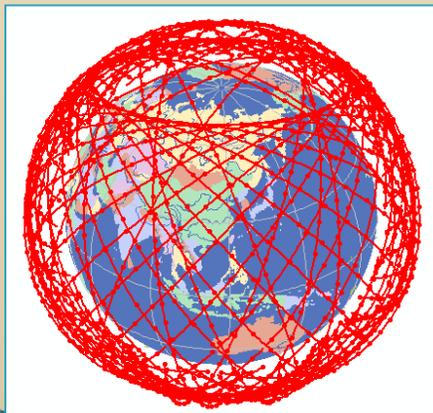


Эшелон 3

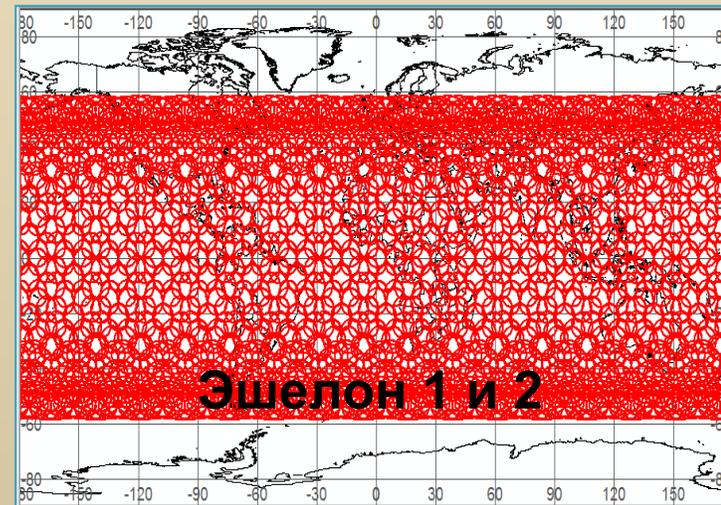


Эшелон 4, 5

Мгновенная зона радиовидимости эшелонов

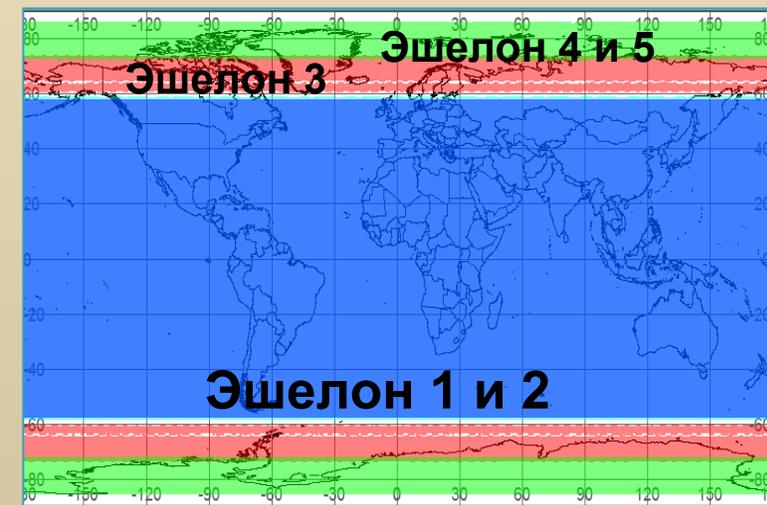


Структура ОГ (все эшелоны)



Эшелон 1 и 2

Мгновенная зона радиовидимости



Эшелон 1 и 2

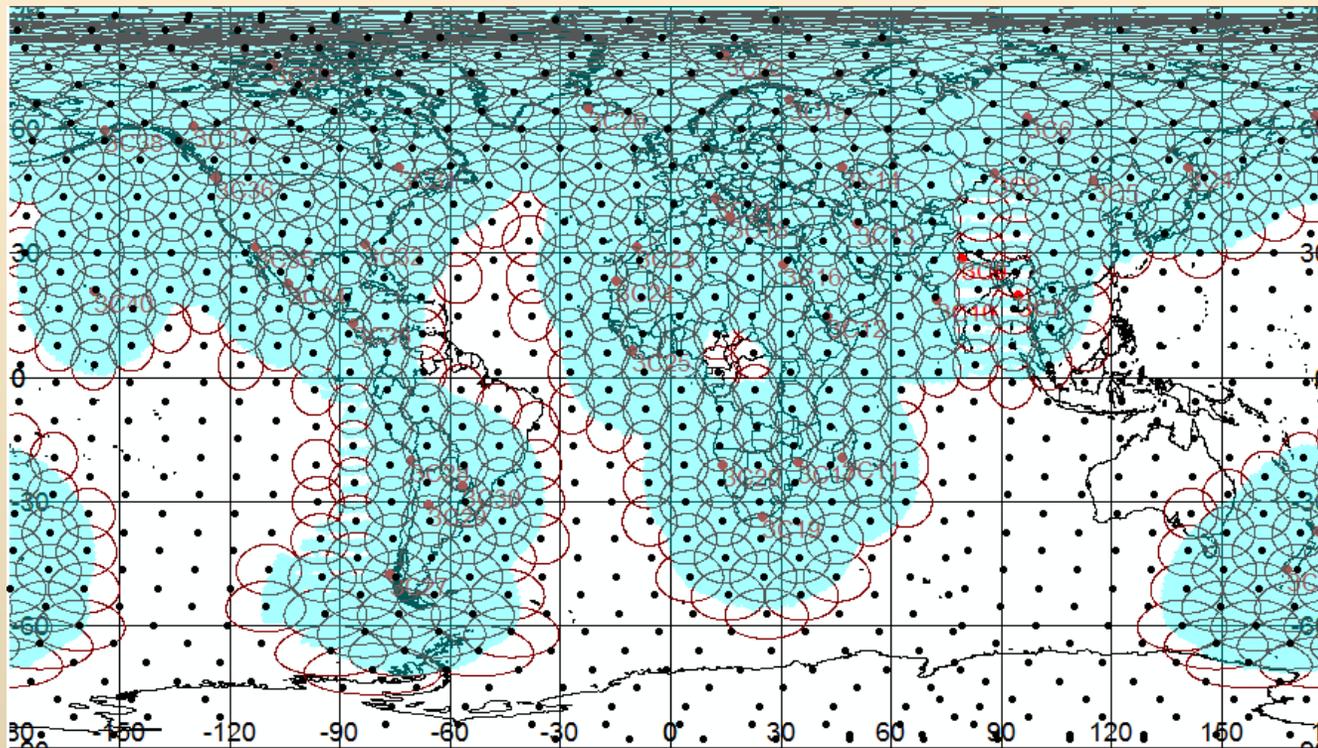
ГЗРВ системы SpaceX, УМ=60 град,



LEO HTS система OneWeb

Космический сегмент

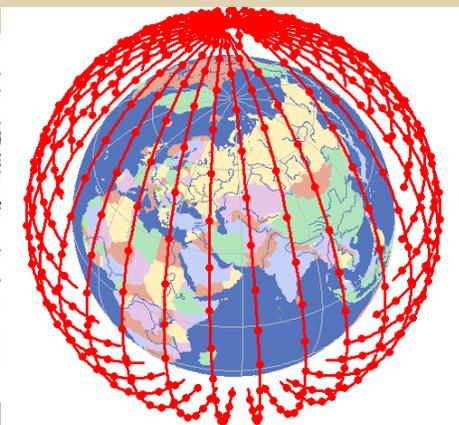
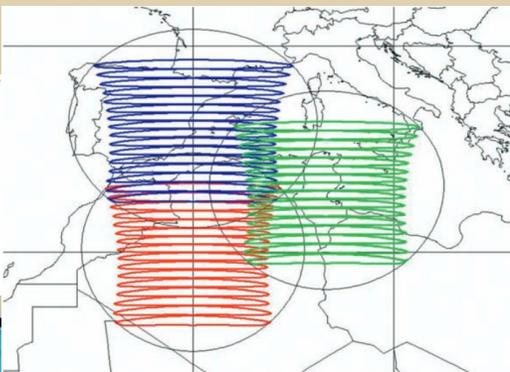
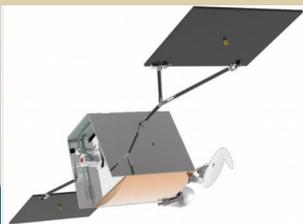
- Орбита: LEO, высота 1200 км, наклонение 87.9 град;
- ОГ: 18 плоскостей по 36 (с увеличением до 40 и до 49) КА, всего 648/720/882 КА;
- первый запуск – начало 2018 г;
- полное развертывание – 2020 г;
- изготовитель КА – Airbus;
- масса КА 150 кг;
- используется орбита захоронения;
- групповой вывод 30 КА одной РН;
- граничный угол места: 55 град.



Вероятная ГЗРВ (с учетом 40 шлюзов) и мгновенная зона радиовидимости системы (УМ=55 град)

Наземный сегмент

- диапазон частот Ku (14/11-12 ГГц)
- число шлюзов – от 55 до 75;
- покрытие – глобальное с учетом шлюзов, не обеспечивается на экваторе из-за помех ГСО;
- скорости в абонентских линиях до 50 Мбит/с;
- 16 эллиптических абонентских лучей на КА 3x48 град;
- пропускная способность на луч 225 Мбит/с.



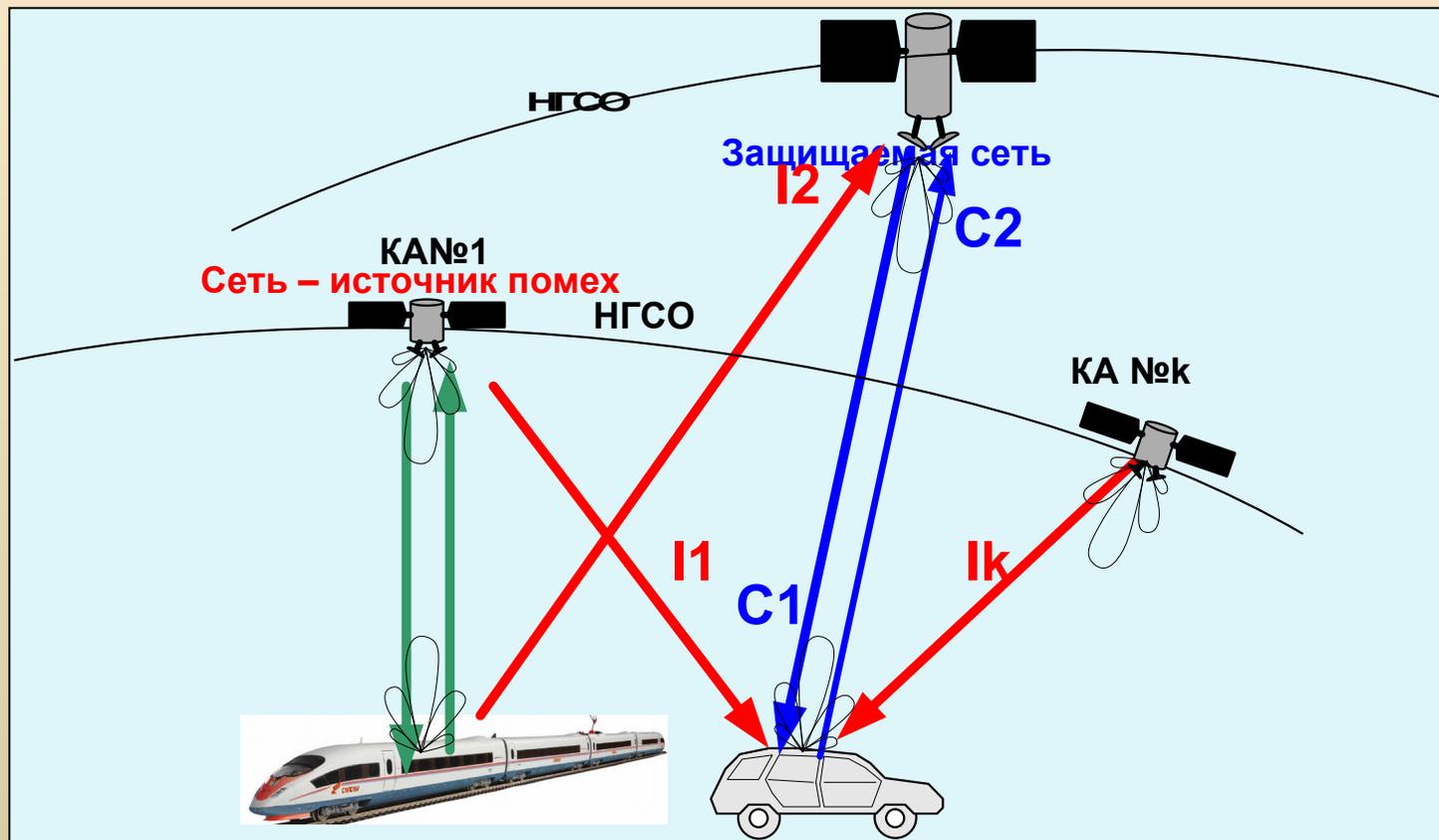
Оценка ЭМС НГСО – РЭС ФСС, РСС и ФС и других служб радиосвязи:

- нормирование допустимого уровня суммарной спектральной плотности потока мощности от всех доступных КА в любой точке у поверхности Земли (PP)

Обеспечение ЭМС ГСО - НГСО:

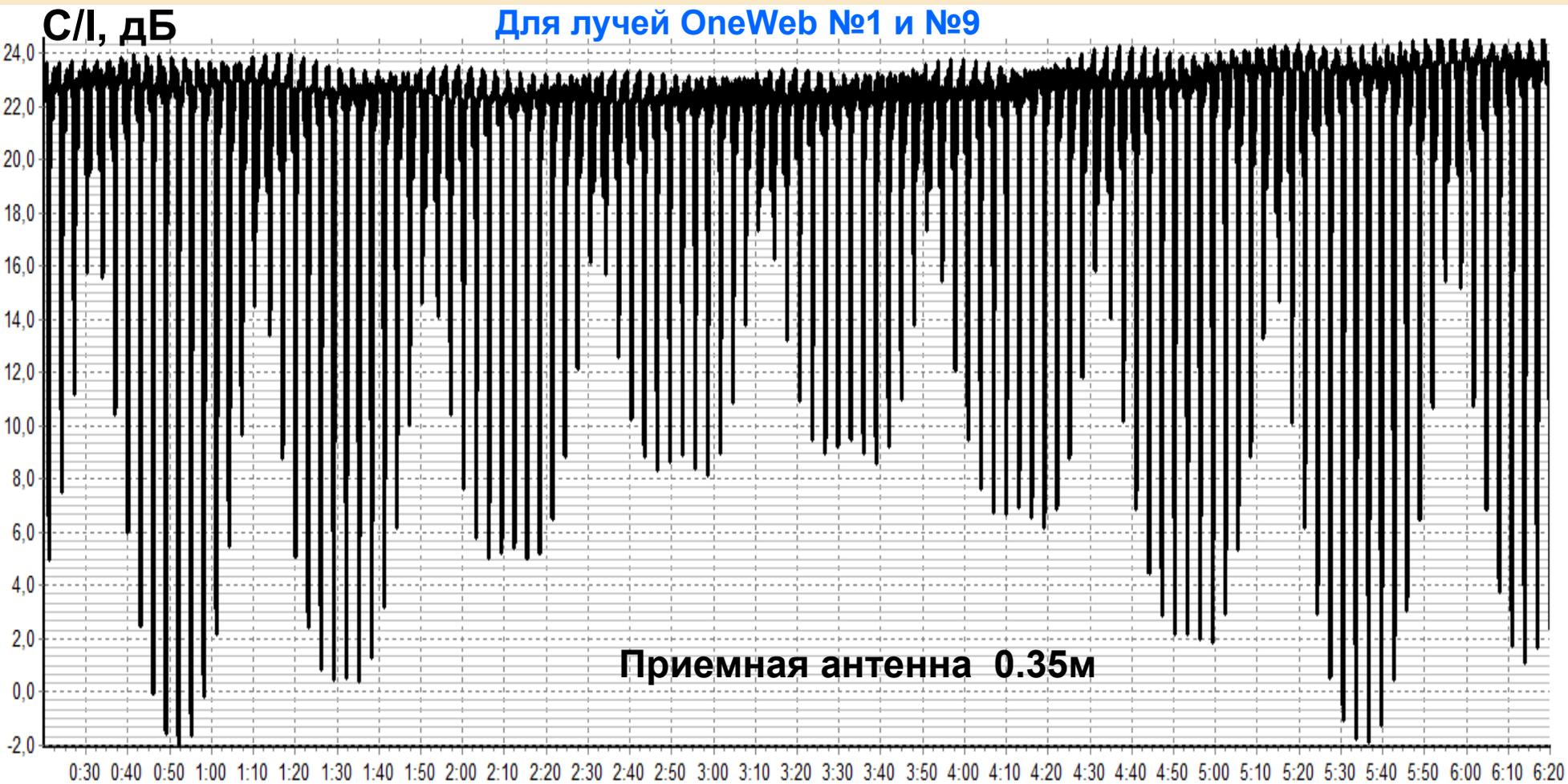
- угловой разворот КА НГСО в экваториальной зоне
- выключение КА НГСО в экваториальной полосе
- угловой пространственный разнос вне экваториальной зоны

Обеспечение ЭМС НГСО – НГСО ???



Типовой сценарий возникновения помеховых ситуаций НГСО-НГСО

Иллюстрация помехи, создаваемой OneWeb, приемным терминалам “Экспресс РВ”

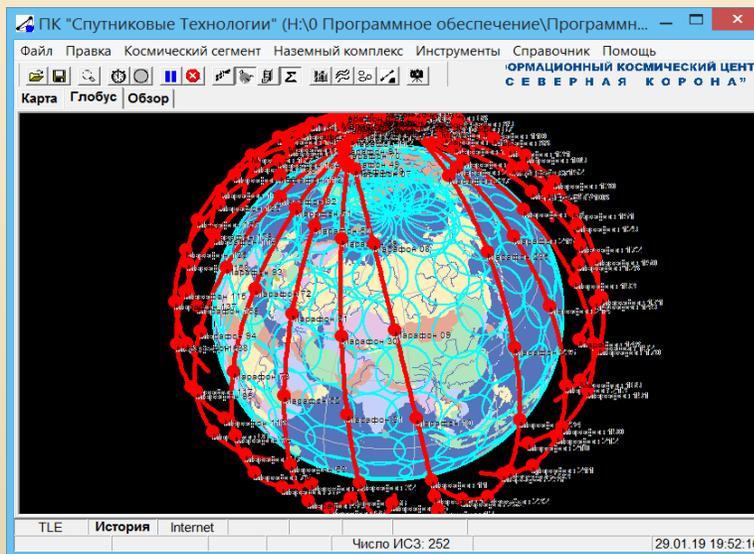
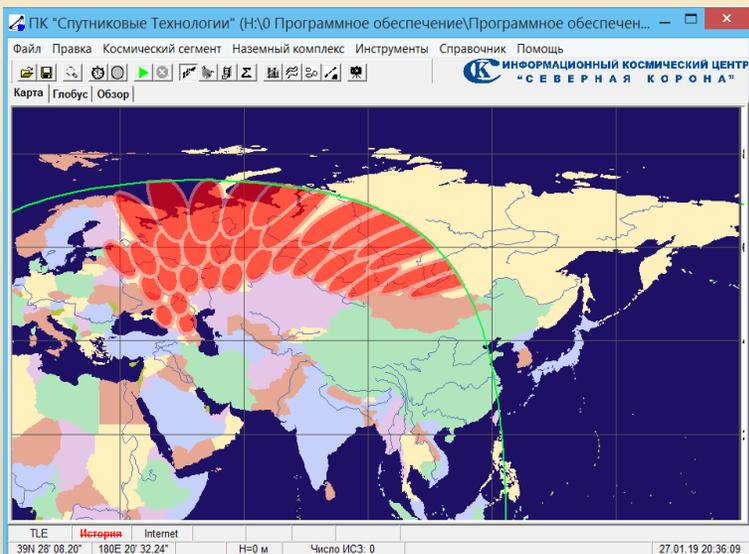


Временной интервал 6 часов



САПР «Альбатрос»

проектирование наземных и спутниковых радиосистем



САПР «Альбатрос» включает:

-- частный каталог ИСЗ (NORAD);

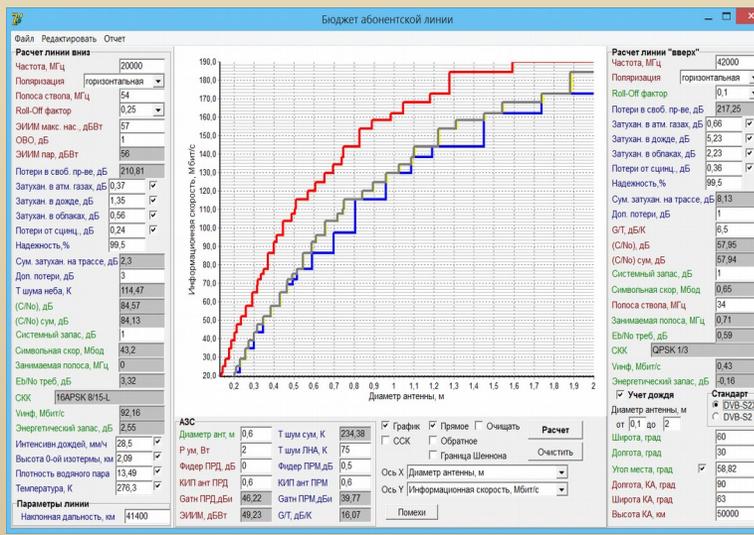
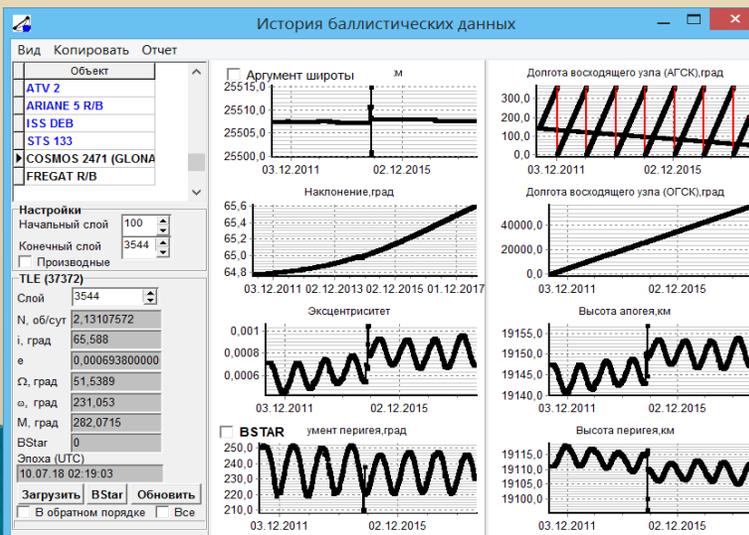
- режим синтеза орбитальных группировок любой размерности

• модели баллистического обеспечения

• модели распространения радиоволн на приземных трассах и участках Космос-Земля -Космос (Рекомендации BR ITU)

• эталонные диаграммы направленности (КА и ЗС)

• возможность визуального отображения и документирования результатов и мн. др.





АО «Информационный Космический Центр «Северная Корона»

Спасибо за внимание!



199034, Россия, Санкт-Петербург,
17-я линия В.О., д.4-6

тел/факс +7 (812) 320-65-04
+7 (812) 922-36-21

e-mail: org@spacecenter.ru

сайт: www.spacecenter.ru