



Решения в области спутниковой связи для цифровизации Арктики

Гриценко Андрей

Генеральный директор, кандидат технических наук

**II Международная конференция SpaceCom Digital Russia
Холидей Инн Сущевский, Москва
11 февраля 2021 г**

Территории

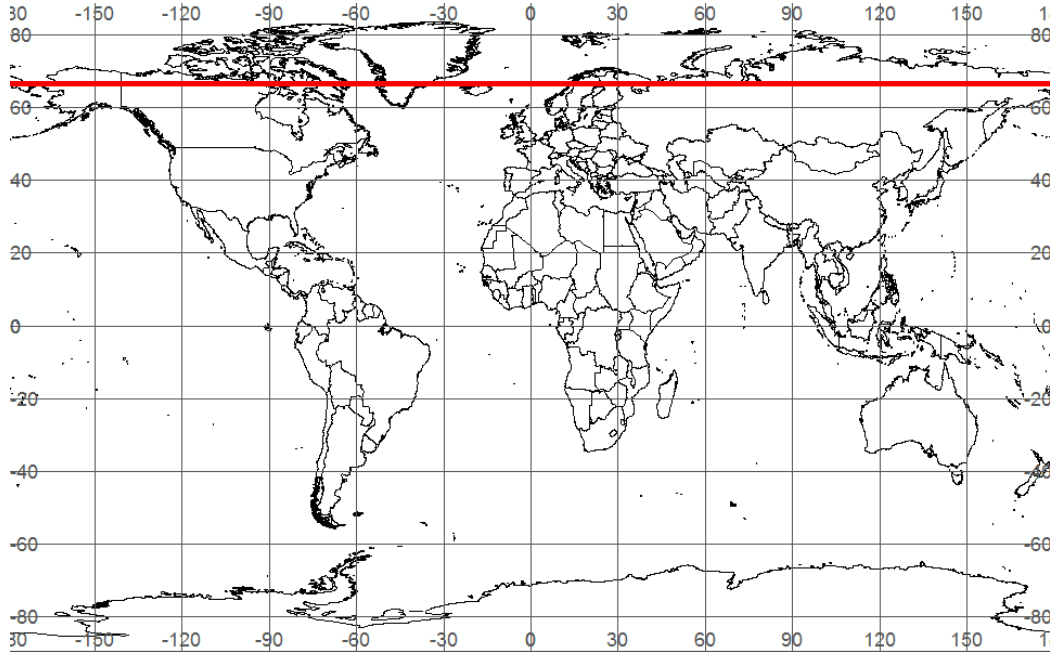


Рис.1. Северный полярный круг (широта 66,5622 град)

Объекты:

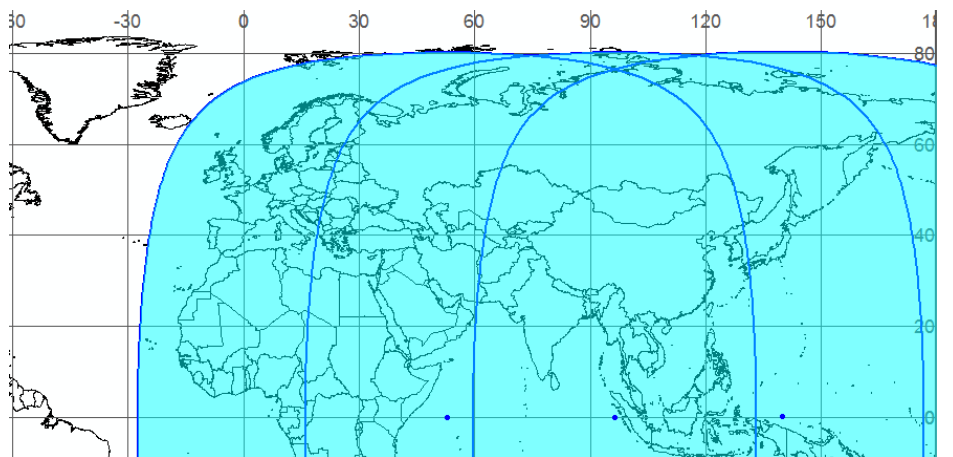
1. Северный морской путь (СМП);
2. Портовые города на северном побережье России;
3. Отдельные города и поселки;
4. Редкая сеть железных и автомобильных дорог;
5. Морские платформы.

Услуги:

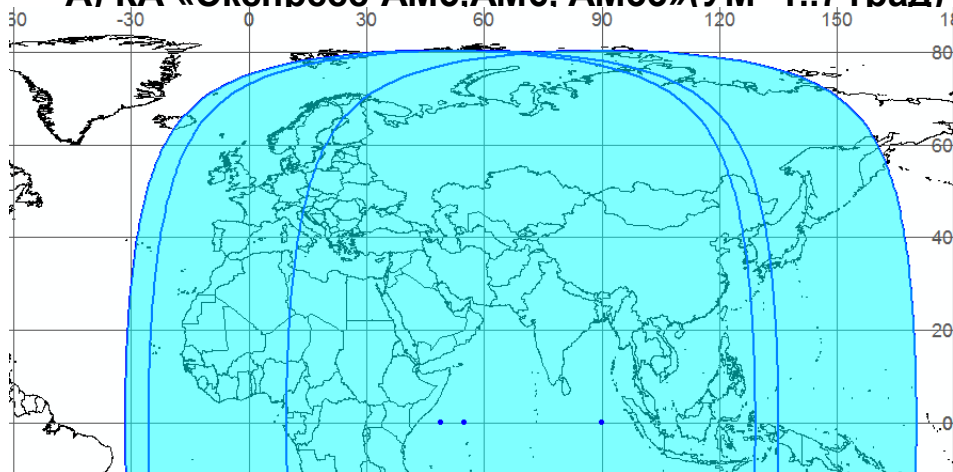
1. Голосовая связь (фиксированная и подвижная);
2. Интернет вещей (фиксированный и подвижный);
3. ТВ – вещание (на фиксированную абонентскую станцию);
4. Высокоскоростная передача данных на стационарную абонентскую станцию (фиксированный ШПД);
5. Высокоскоростная передача данных на подвижную абонентскую станцию (подвижный ШПД);



Услуги систем на ГСО в Арктике



А) КА «Экспресс-AM5.AM6. AM33» (УМ=1..7 град)



Б) КА «Ямал 601, 402, 401»

Рис.1. Гарантированные зоны радиовидимости (ГЗРВ) для углов места от 1 град

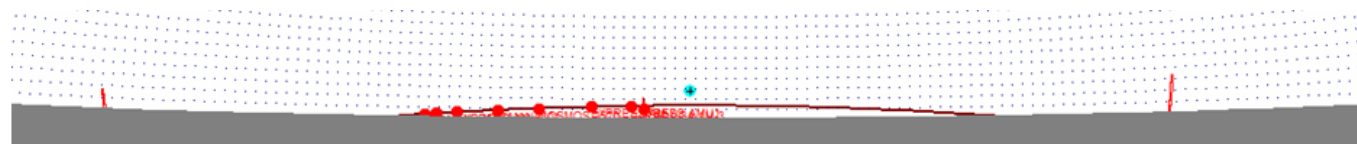


Рис.2 Вид на ГСО от наземной станции (широта 80 град)

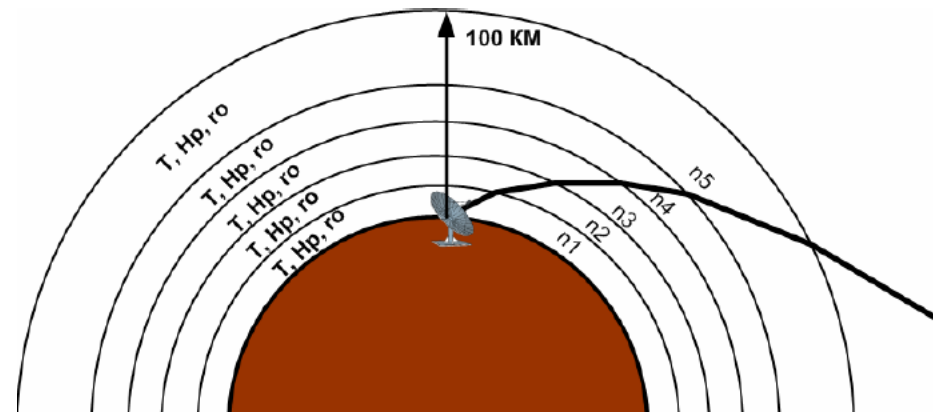


Рис.3 Влияние рефрактивности атмосферы

Малые углы места:

- прерывания (вследствие затенений) в процессе движения;
- увеличение длины пути луча в атмосфере;
- диапазон частот С или Ku;
- абонентские станции – не компактные (антенна от 1 м);
- шум Земли (ухудшение добротности);
- невысокие скорости.



Проблемы КА на ГСО – выживание (жесткая конкуренция)

Основной массовый пользователь: ТВ и интерактивный доступ в интернет

Что нужно пользователю: большую скорость или более компактное оборудование при той же цене

«Золотой» диапазон для ТВ: Ku-band

«Золотой» диапазон для ШБД: Ka-band

Основная проблема: ограничение по доступной полосе частот

Основной тренд – повторное использование частот и переход к HTS и VHTS спутникам

Технические решения в конкурентной борьбе:

1. Использование более узких лучей (предельное значение 0.2 град)
2. Повторное использование частот в разных лучах (суть HTS и VHTS);
3. Перенацеливание лучей в зоны с повышенным трафиком (изменение зоны обслуживания) – но возникает конфликт с повторным использованием частот
4. Динамическое изменение полосы и мощности в каждом луче
5. Динамическое изменение размеров лучей
6. Обработка и маршрутизация на борту
7. Смещение спутника в оптимальную позицию.

Пункты 1-6 относятся к разработке **адаптивной (гибкой) полезной нагрузке**

Проблемы:

1. Диаметр антенны, формирующий луч 0,2 град д.б. примерно 9,2 м и 5,5 м в Ku и Ka диапазонах частот соответственно, что для борта достаточно сложно
2. Луч 0,2 град с ГСО позволяет обслужить зону диаметром 125 км. С высоты 750 км (LEO) тот же диаметр обеспечивается при ширине луча 9,5 град. Т.е. на LEO можно использовать легкие КА
3. КА на ГСО не может обслуживать одну зону лучами с одинаковыми номиналами частот. Два КА на LEO могут – пространственное разнесение
4. Оперативное смещение КА на ГСО в другую позицию проблемно (ЭМС), КА на LEO все время меняет свое положение
5. Для КА на ГСО есть ограничения по максимальному значению ППМ, так как углы места, как правило, меньше 25 град. КА на LEO, с заложенным УМ обслуживания более 25 град может работать с ЭИИМ, обеспечивающей максимальное значение ППМ (выигрыш до 10 дБ).

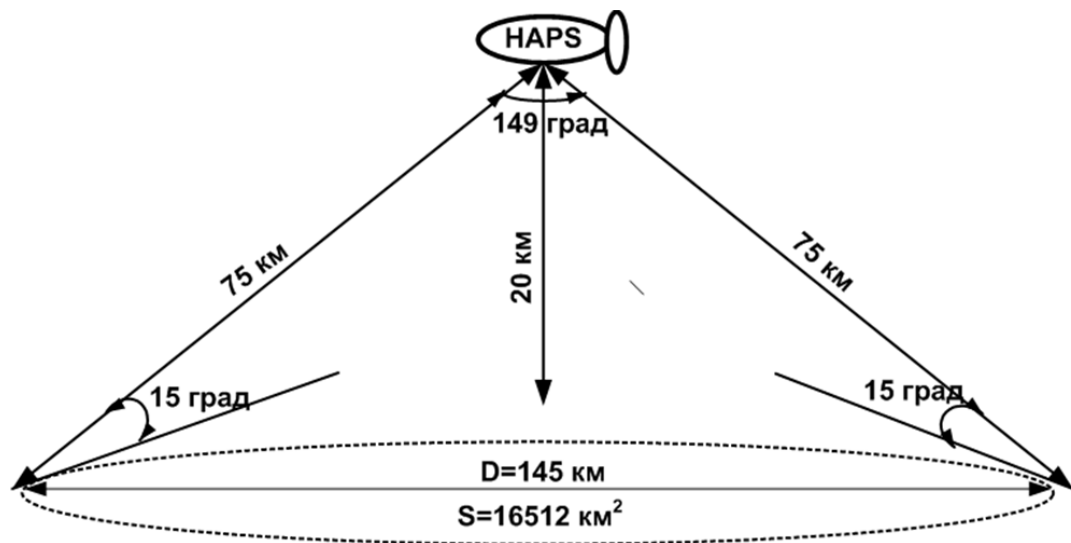


Рис.1. Использование HAPS – основные геометрические соотношения



Рис.3 Пример радиопокрытия участка СМП сетью HAPS

Краткая характеристика:

- из любой точки на СМП для HAPS доступны действующие спутники российской группировки на ГСО;
- для целевой поддержки HAPS на СМП могут быть развернуты несколько малых спутников на ГСО;
- данные системы могут быть развернуты достаточно оперативно;
- доступ абонентов к ресурсам HAPS – технологии 4G LTE или 5G;
- абонентские устройства – обычные смартфоны

Рис.2 Вид на ГСО с высоты 20 км (широта точки 80 град)

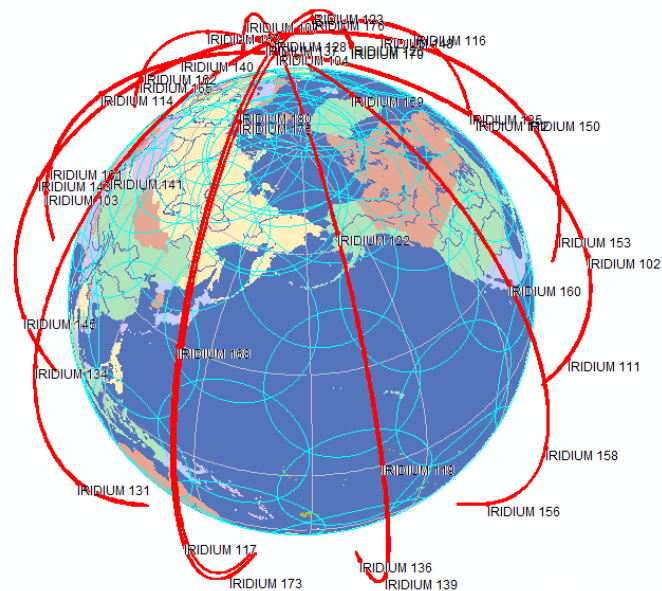
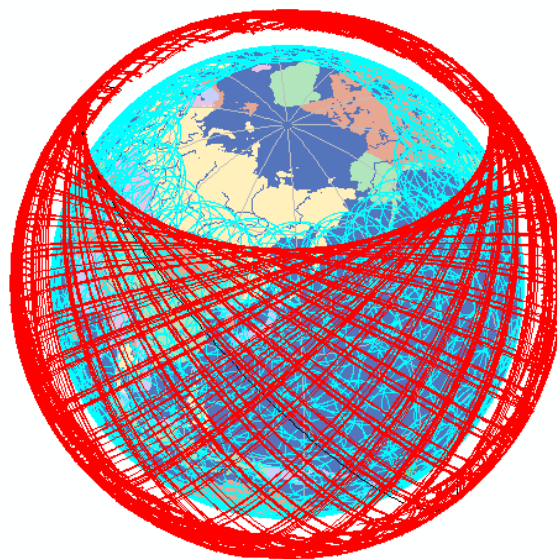
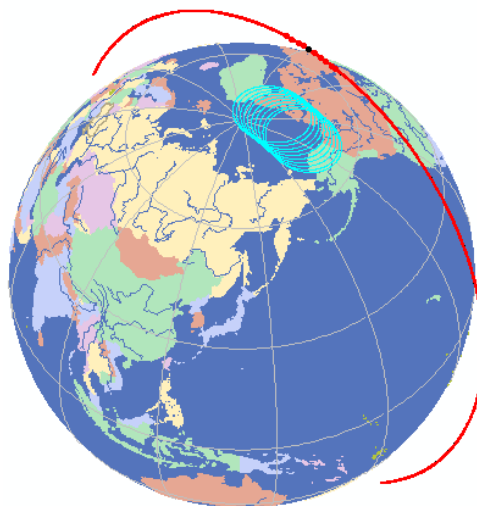


Рис.1. IRIDIUM – система подвижной персональной спутниковой связи



А) эшелон с $i=53$ град (823 КА)



Б) эшелон на ССО (10 КА)

Рис.2. Starlink

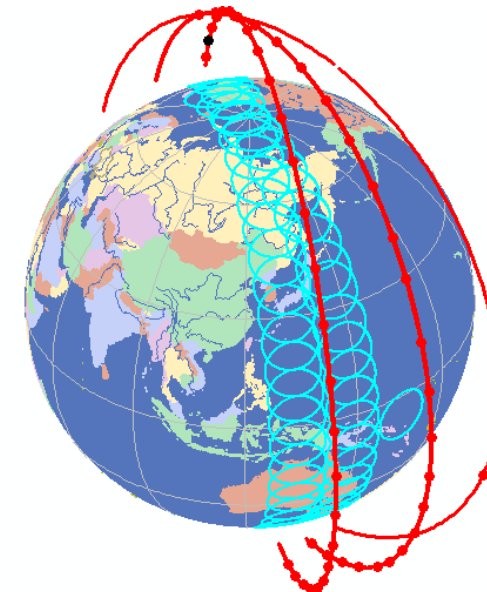


Рис.3. OneWeb (60 КА на $h=1200$ км)

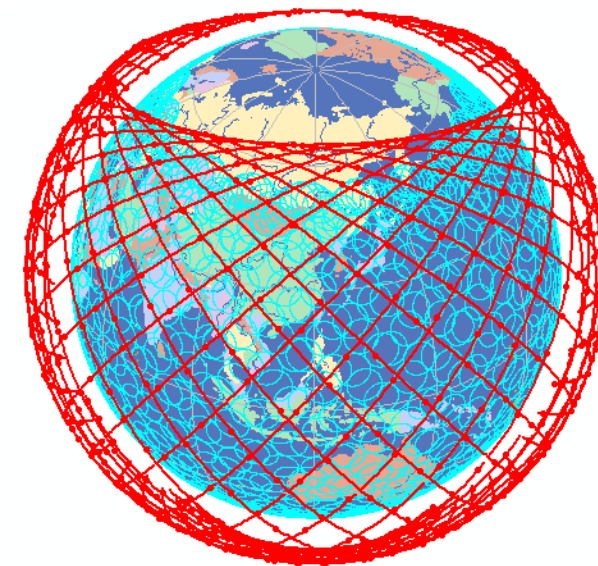
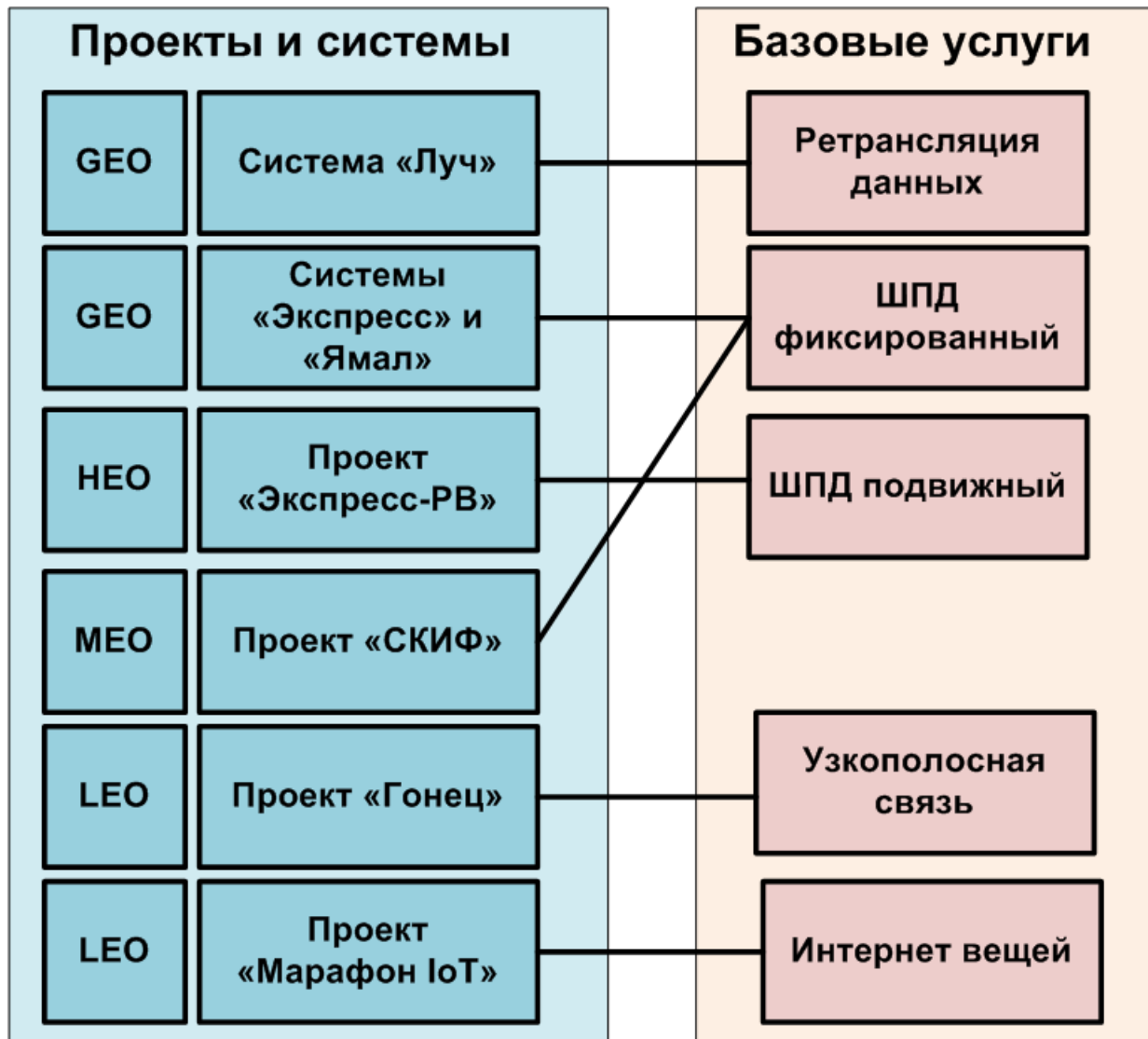


Рис.4. Проект Kuiper (1156 КА, $i=51,9$ град)

ФЦП «СФЕРА»

телекоммуникационная составляющая



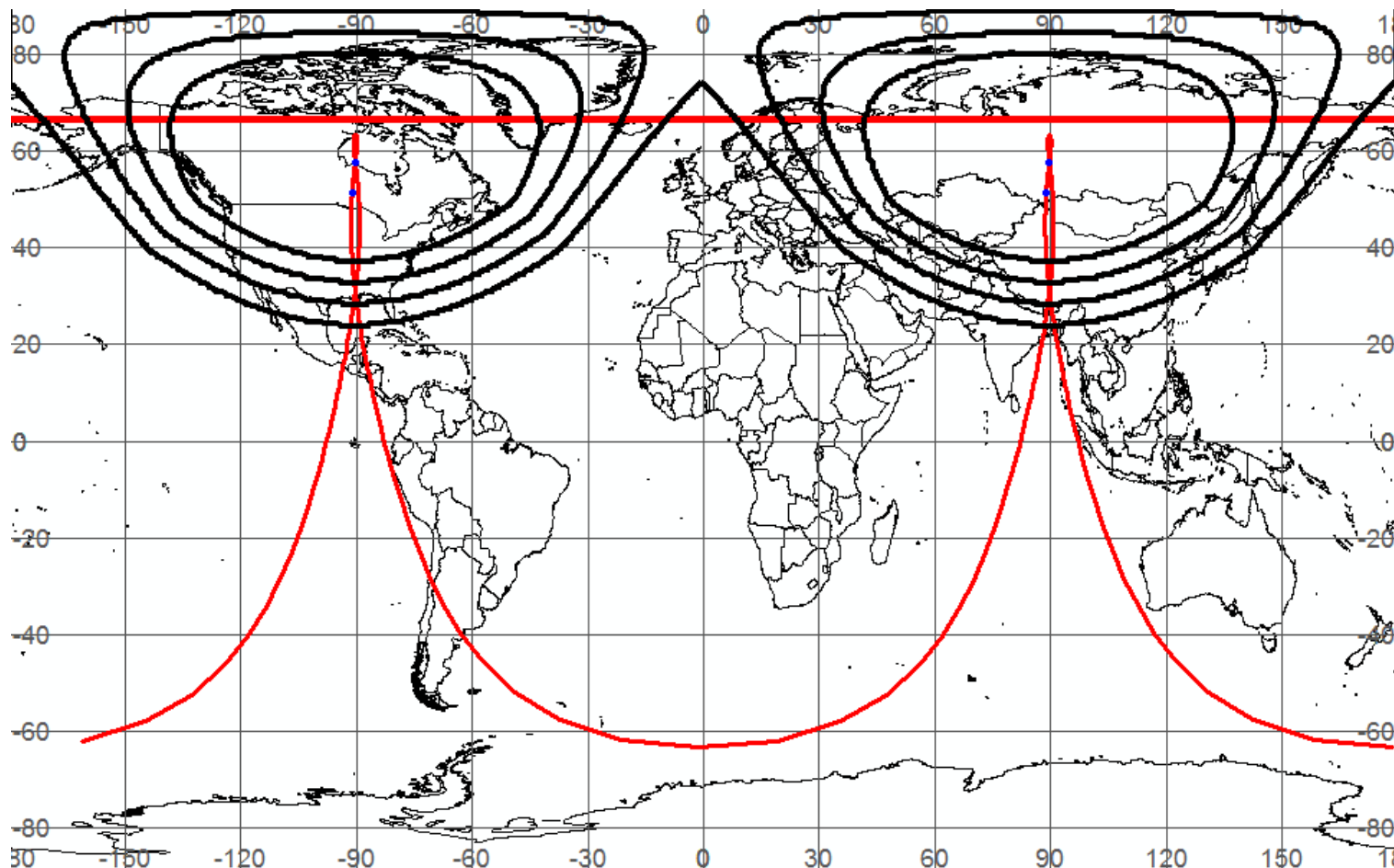


Рис.1. Гарантированные зоны радиовидимости (ГЗРВ) для углов места 45, 50, 55 и 60 град

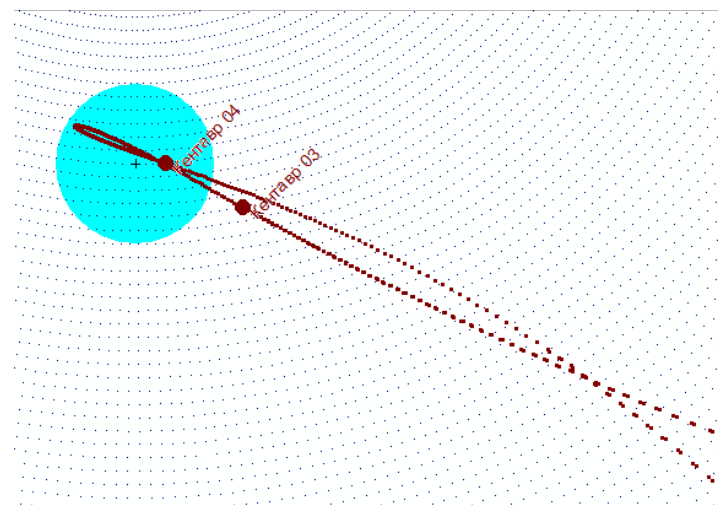


Рис.2. Треки спутников и луч антенны абонентской станции

Основные характеристики:

- Тип орбиты – ВЭО (Кентавр)
- Число КА – 4
- Диапазон частот – Ku
- Число лучей на одном КА – 12
- Ширина луча 2,75 град
- Диаметр антенны АС 70 см
- Пропускная способность до 110 Мбит/с на канал 54 МГц

Основная проблема: абонентские станции достаточно дороги для массового использования

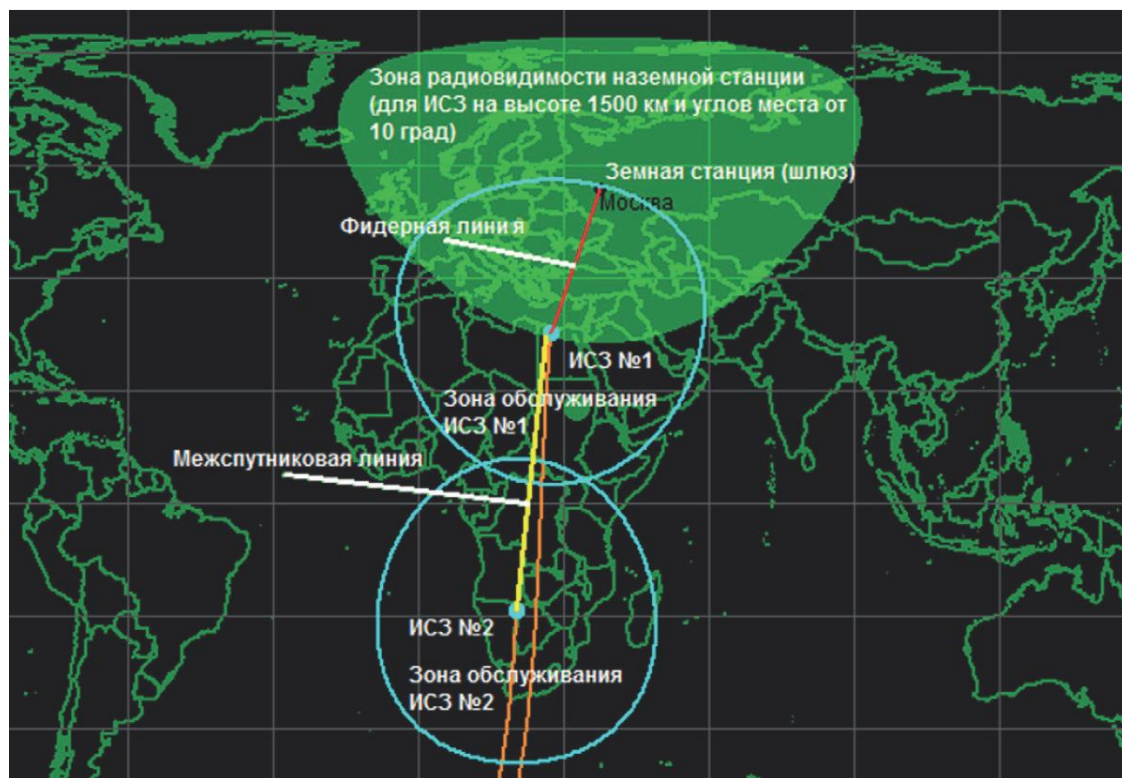


Рис.1. Зона обслуживания при наличии межспутниковой линии связи

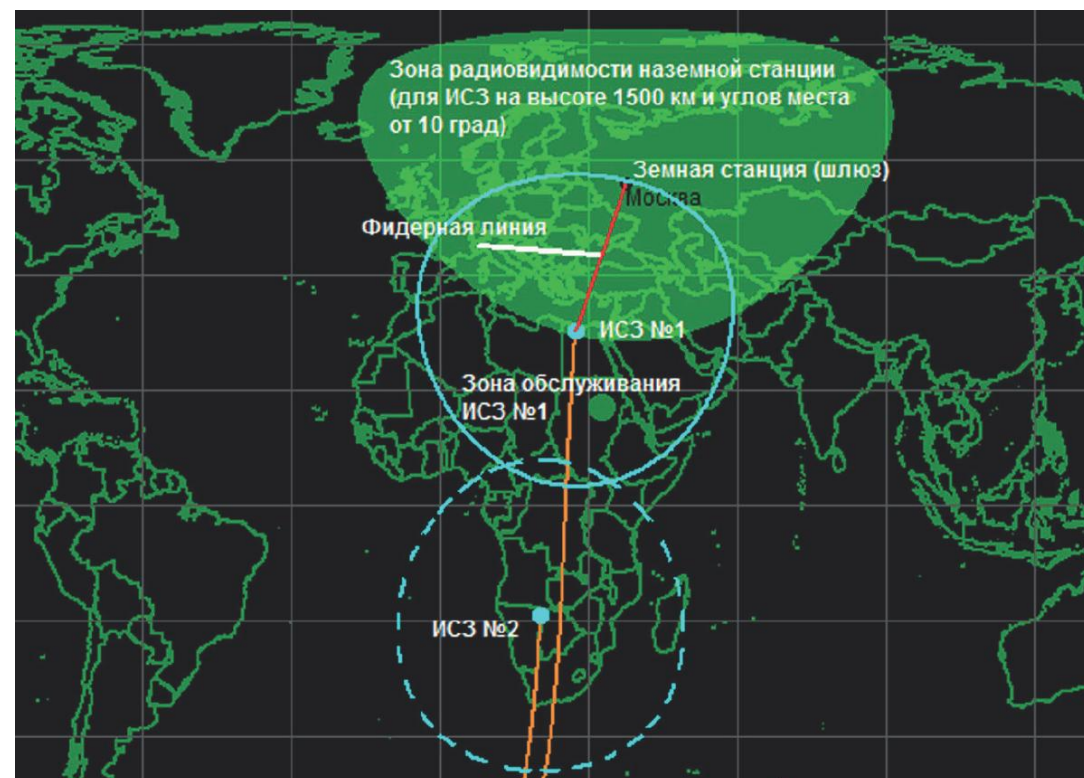


Рис.2. Зона обслуживания при отсутствии межспутниковой линии связи

Проект системы «СКИФ»

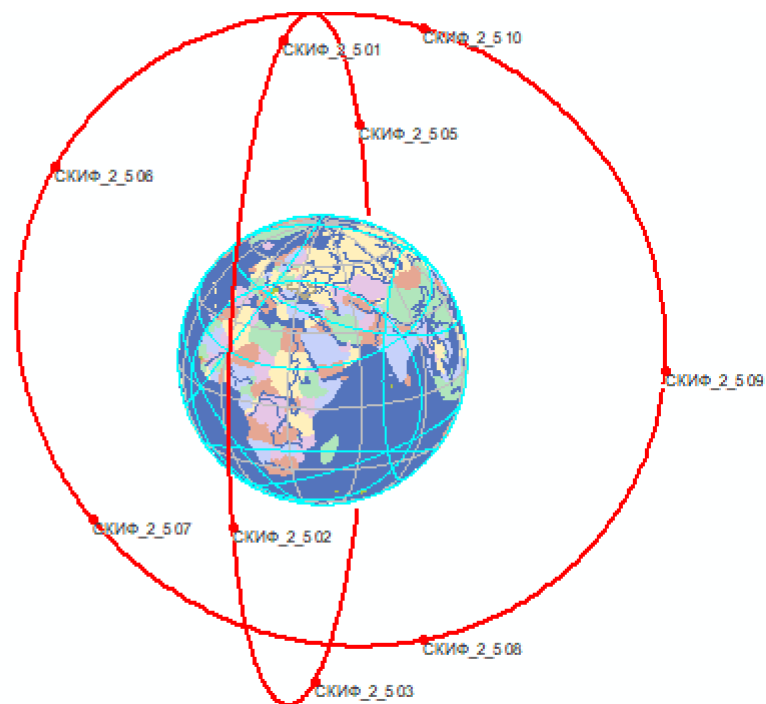


Рис.1. ОГ проекта системы «СКИФ» (10 КА)

Космический сегмент:

- Тип орбиты – МЕО, 8070 км
- Число КА – 10
- Диапазон частот Ка

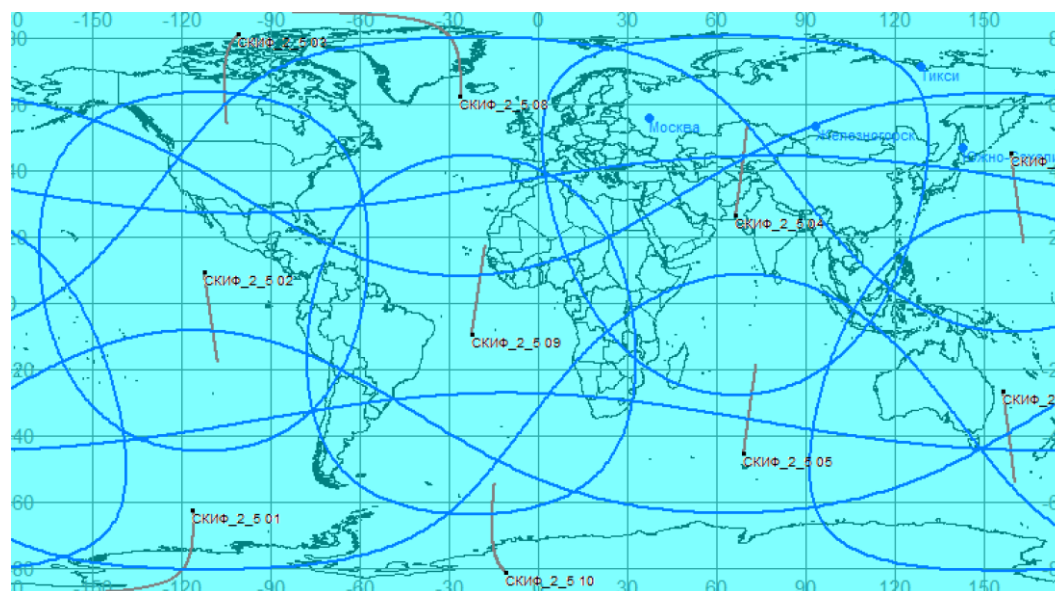


Рис.2. Мгновенная зона радиовидимости системы (УМ=10 град)

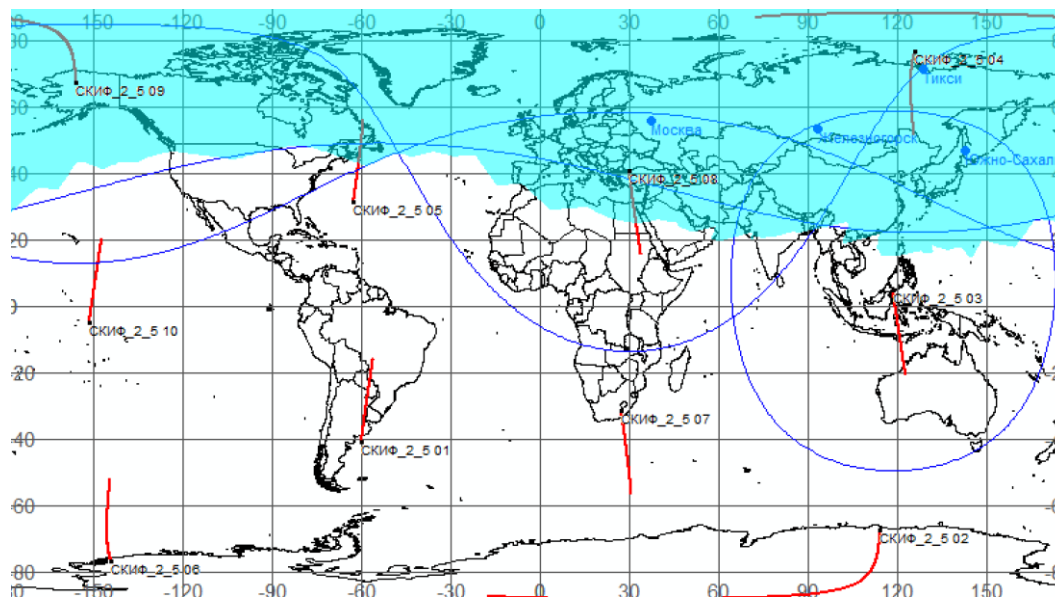


Рис.3. Зона обслуживания системы (российский сегмент шлюзов)

Проект системы «Гонец»

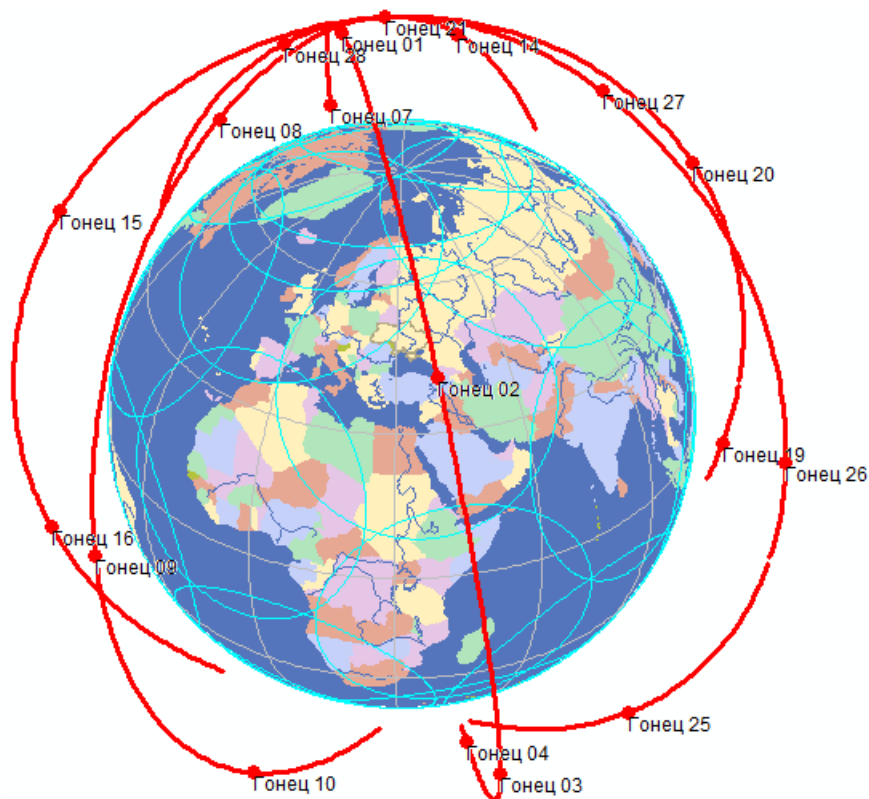


Рис.1. ОГ проекта системы «Гонец» (28 КА)

Космический сегмент:

- Тип орбиты – LEO, 1500 км
- Число КА – 28
- Диапазон частот – ПСС

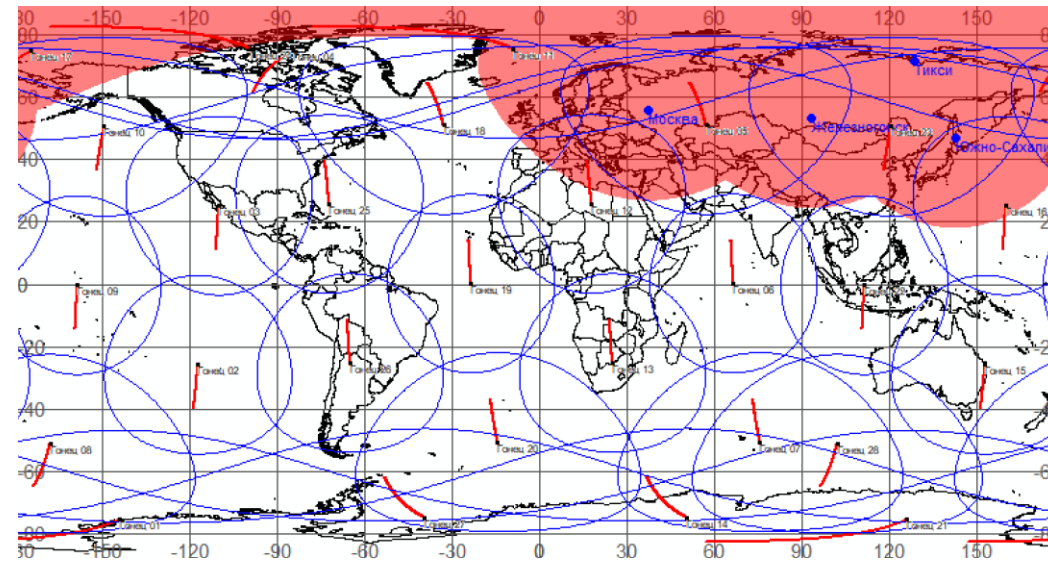


Рис.2. Зоны радиовидимости наземных шлюзов (красный цвет)

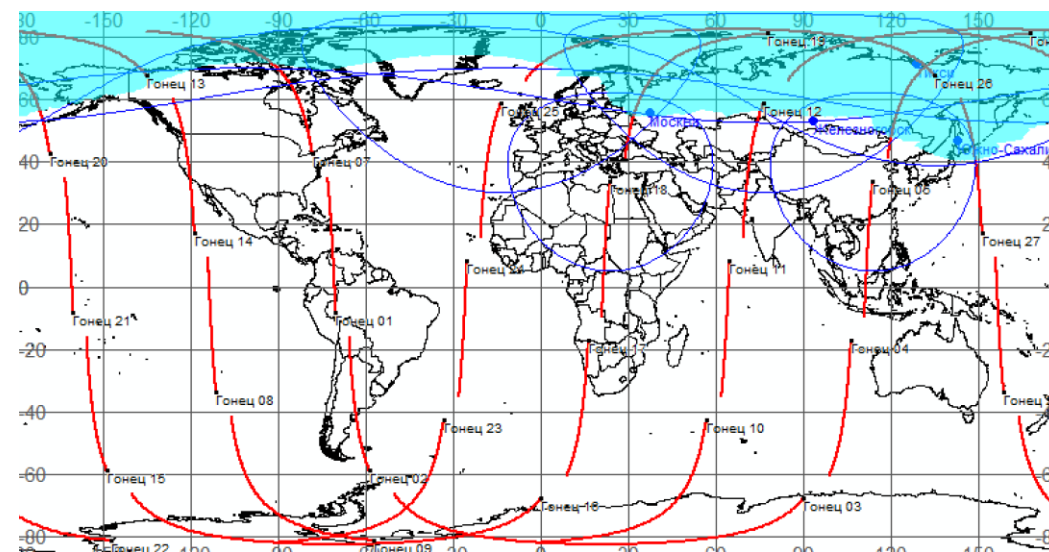


Рис.3. Зона обслуживания системы (синий цвет)

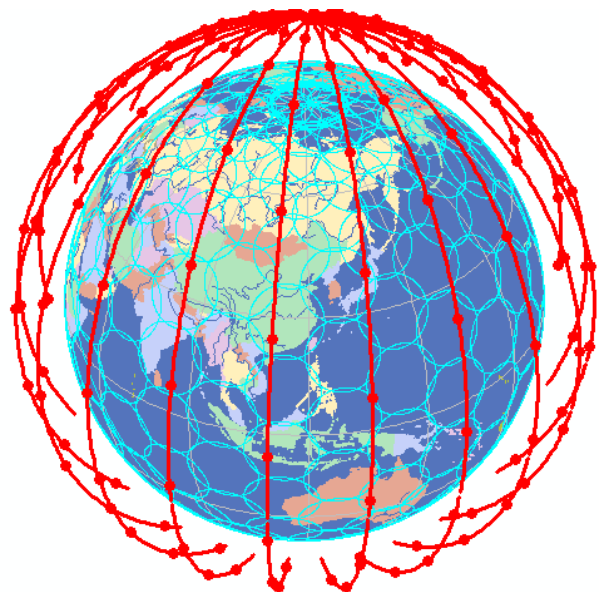


Рис.1. Структура ОГ (252 КА)

Космический сегмент:

- Тип орбиты – LEO, 750 км
- Число КА – 252
- Масса КА – 50 кг
- Число лучей на КА – 4

Гарантированный минимальный УМ для абонентов: 30 град

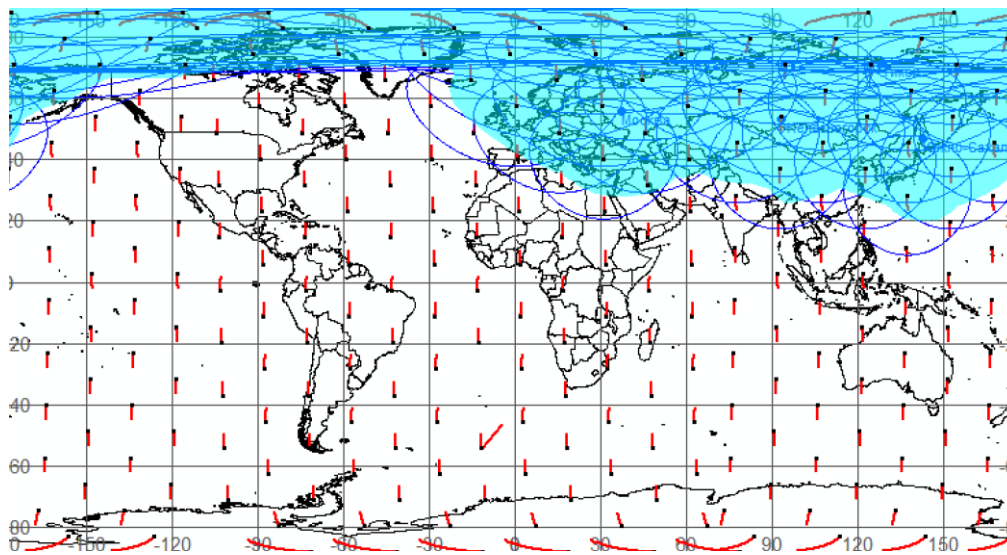


Рис.2. ГЗРВ системы (российский сегмент шлюзов)

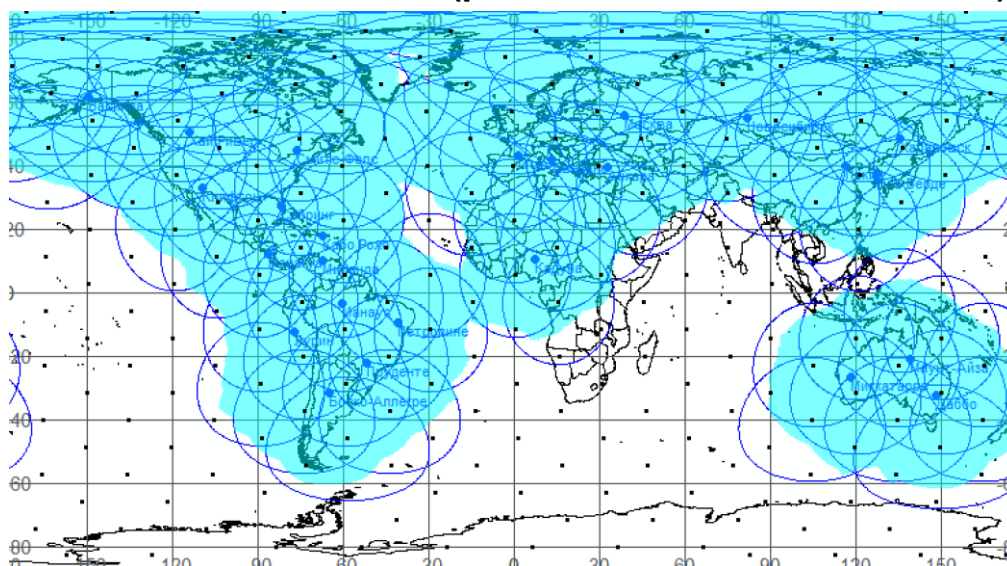


Рис.3. ГЗРВ системы (международный сегмент шлюзов)

Основная цель: глобальное предоставление услуг передачи данных для формирования сервисов интернета вещей (IoT)

Дополнительно:

- создание поля контроля и подачи команд для беспилотных систем;
- создание поля контроля (трекинга) авиационных систем (АЗН-В);
- создание поля контроля морских и речных судов (АИС);
- создание поля трансляции дифференциальных поправок к сигналам ГЛОНАСС

Земной сегмент:

1. Абонентские средства потребителей ISM Lora (модемы LoRa, многообразие датчиков физических величин)
2. Абонентские средства потребителей S-диапазона (системы телеметрии и управления, навигационные системы потребителей)
3. Типовые АС АЗН-В, АИС, ГЛОНАСС

Выводы

1. В настоящее время в Арктике доступны только следующие услуги/сети:
 - персональная связь на базе системы IRIDIUM;
 - сети VSAT на базе спутников на ГСО «Ямал»;
 - морской VSAT на базе спутников на ГСО «Экспресс»
2. В ближайшей перспективе ожидается начало предоставления услуг со стороны зарубежных перспективных и уже разворачиваемых систем (Starlink, OneWeb и др.).
3. В рамках ФЦП «СФЕРА» планируется развертывание перспективных спутниковых систем, обеспечивающих полный спектр услуг в области связи, вещания и передачи данных, в том числе в Арктике:
 - персональная связь («Гонец»);
 - подвижный ШПД («Экспресс-РВ»);
 - фиксированный ШПД с повышенной пропускной способностью («Скиф»)
 - интернет вещей («Марафон IoT»)
4. Для оперативного обеспечения на Северном морском пути ШБД целесообразно развертывание высотных платформ (стратостатов), обеспечивающих работу обычных смартфонов
5. Для оценки эффективности закладываемых организационно-технических решений целесообразно использовать моделирующие программные комплексы, например, САПР «Альбатрос»



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