

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЭФФЕКТА ОТНОСИТЕЛЬНОЙ
НЕПОДВИЖНОСТИ СПУТНИКОВ В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ И
ОСОБЕННОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПСЕВДОСТАЦИОНАРНОЙ
ОРБИТЫ В ИНТЕРЕСАХ ПОСТРОЕНИЯ РЕГИОНАЛЬНЫХ
СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ СВЯЗИ И ВЕЩАНИЯ**

АВТОРЫ:

О.С.ТИХОНОВ, А.А.ЛИПАТОВ, А.А.ГРИЦЕНКО, В.А.ЖИРОВ, А.А.СТЕПАНОВ

ЛОНИИР, 16 ЦНИИИ МО РФ, ИКЦ «СЕВЕРНАЯ КОРОНА»

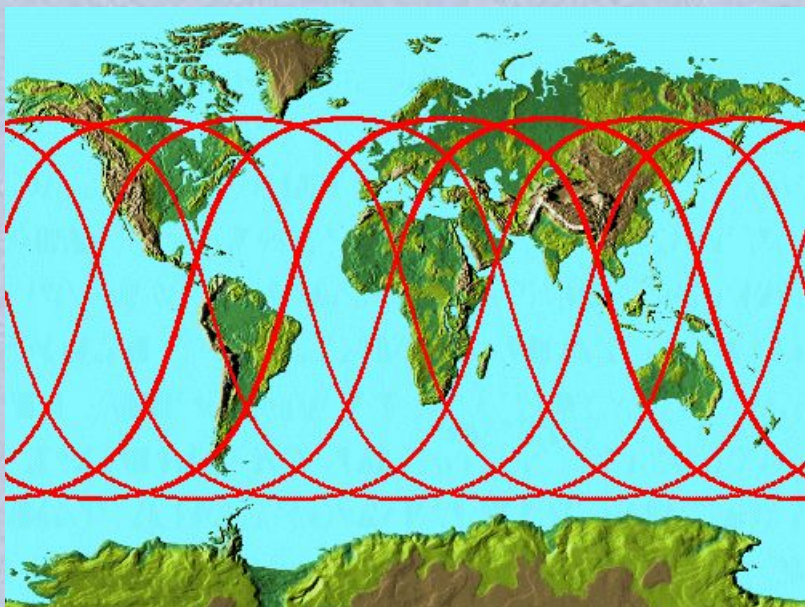
Основные факторы, сдерживающие дальнейшее широкое использование GEO

- высокая концентрация на GEO космических аппаратов действующих ССС, затрудняющих проведение координации новых систем вследствие ограниченности свободного частотно-орбитального ресурса;
- низкие углы места при обслуживании северных территорий, нарушающих устойчивую работу ССС в городских условиях и на пересеченной местности.

Основные типы орбит, используемые в системах спутниковой связи и вещания

Тип	Наименование	A, км	На, км	Нп, км	e	i	T	Пример использования
Геосинхронные круговые								
GEO	Стационар	42165	35789	35789	0	0	24	90% систем
MEO		16726	10355	10355	0	45	6	ICO
Геосинхронные эллиптические								
HEO	Тундра	42165	46329	25249	0,25	63	24	Sirius
HEO	Молния	26550	39800	530	0,74	63	12	Молния, SDS
HEO	Archimedes	20281	27300	525	0,66	63	8	Virtual Geo
HEO	Odyssey	16770	20125	670	0,58	63	6	Odyssey
HEO	4-х часовая	12800	12350	500	0,463	63	4	-
HEO	Borealis	10560	7800	600	0.34	63	3	Ellipse
Не геосинхронные								
MEO	Круговые орбиты с различным наклоном и высотой (от 19000 до 20200 км)							Navstar, Глонасс
LEO	Круговые орбиты с различным наклоном и высотой (от 680 до 2000 км)							Iridium, Globalstar, Orbcomm, Гонец
Примечания								
A - большая полуось, км		e - эксцентриситет			GEO - Geostationary Earth Orbit			
На - высота апогея, км		i - наклонение, град			HEO - High Elliptical Orbit			
Нп - высота перигея, км		T - период обращения, ч			MEO - Medium Earth Orbit			
					LEO - Low Earth Orbit			

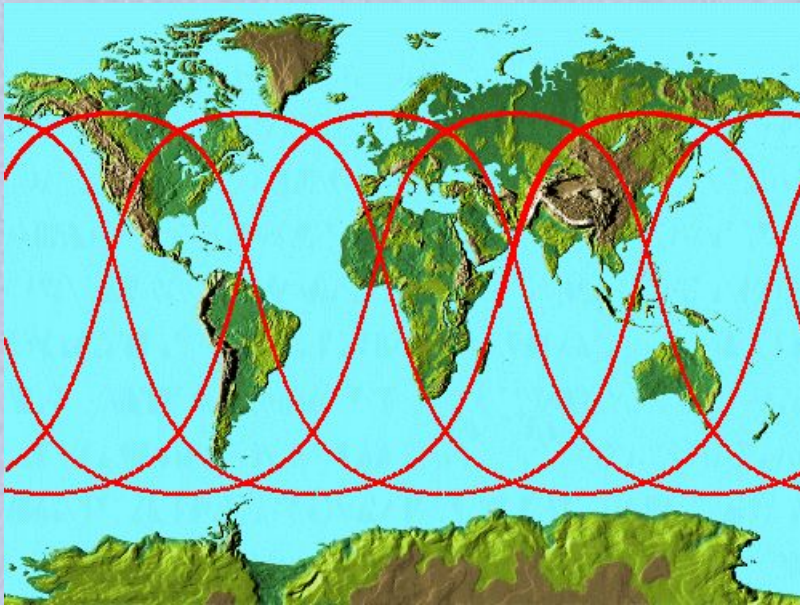
3-х часовая геосинхронная высокоэллиптическая орбита «Borealis» (используется в системе «Ellipse»)



Основные характеристики

Параметр	Значение
1. Большая полуось, км	10560
2. Высота в апогее, км	7800
3. Задержки на линии «Земля-Спутник-Земля», с	0.052
4. Минимальное число спутников в орбитальной группировке	20
5. Максимальное значение угловой девиации спутников в виртуальных позициях, град	Более 40

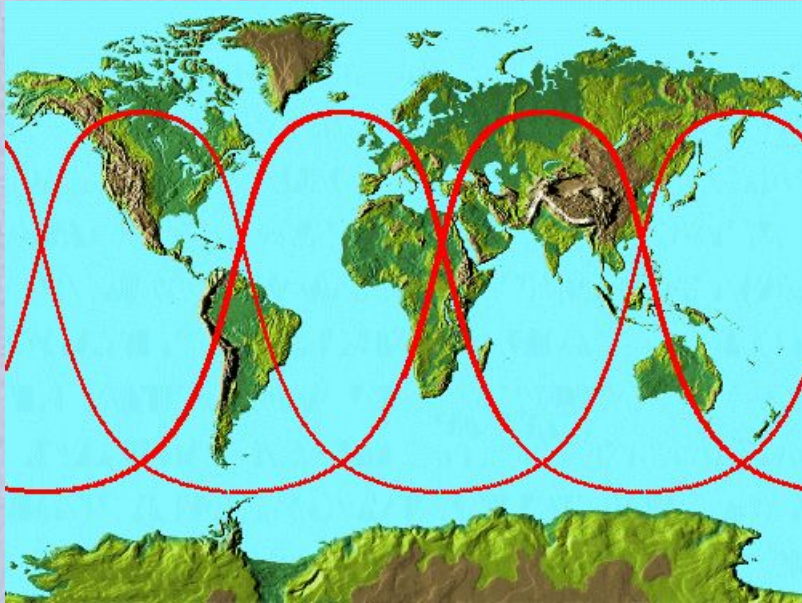
4-х часовая геосинхронная высокоэллиптическая орбита



Основные характеристики

Параметр	Значение
1. Большая полуось, км	12800
2. Высота в апогее, км	12300
3. Задержки на линии «Земля-Спутник-Земля», с	0.08
4. Минимальное число спутников в орбитальной группировке	14
5. Максимальное значение угловой девиации спутников в виртуальных позициях, град	Более 40

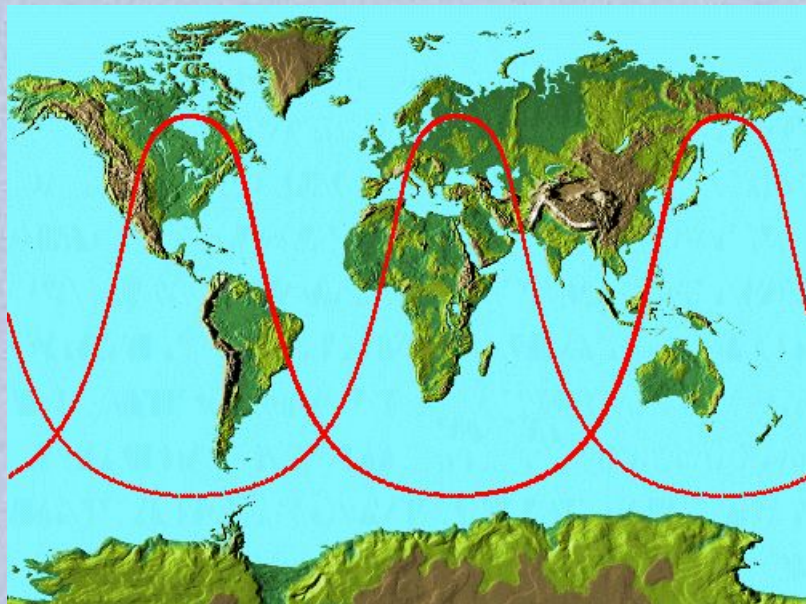
6-и часовая геосинхронная высокоэллиптическая орбита (используется в системе «Odyssey»)



Основные характеристики

Параметр	Значение
1. Большая полуось, км	16770
2. Высота в апогее, км	20100
3. Задержки на линии «Земля-Спутник-Земля», с	0.134
4. Минимальное число спутников в орбитальной группировке	6
5. Максимальное значение угловой девиации спутников в виртуальных позициях, град	До 40

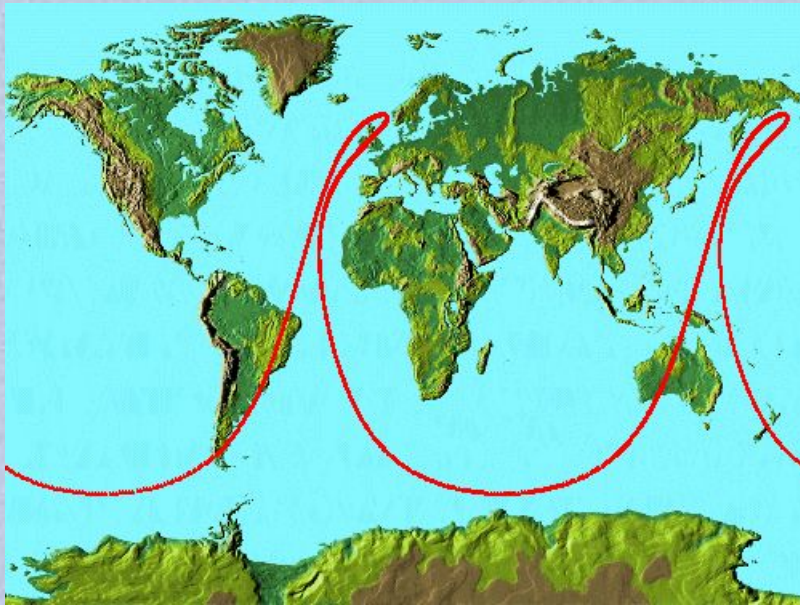
8-и часовая геосинхронная высокоэллиптическая орбита «Archimedes» (используется в системе «Virtual Geo»)



Основные характеристики

Параметр	Значение
1. Большая полуось, км	20300
2. Высота в апогее, км	27300
3. Задержки на линии «Земля-Спутник-Земля», с	0.182
4. Минимальное число спутников в орбитальной группировке	5
5. Максимальное значение угловой девиации спутников в виртуальных позициях, град	До 30

12-и часовая геосинхронная высокоэллиптическая орбита «Молния» (используется в системах Молния, SDS, Polar Adjunct)



Основные характеристики

Параметр	Значение
1. Большая полуось, км	26550
2. Высота в апогее, км	39800
3. Задержки на линии «Земля-Спутник-Земля», с	0.265
4. Минимальное число спутников в орбитальной группировке	4
5. Максимальное значение угловой девиации спутников в виртуальных позициях, град	До 25

24-х часовая геосинхронная высокоэллиптическая орбита (не имеет примеров практического использования)



Основные характеристики	
Параметр	Значение
1. Большая полуось, км	42165
2. Высота в апогее, км	71000
3. Задержки на линии «Земля-Спутник-Земля», с	0.474
4. Минимальное число спутников в орбитальной группировке	8
5. Максимальное значение угловой девиации спутников в виртуальных позициях, град	До 60

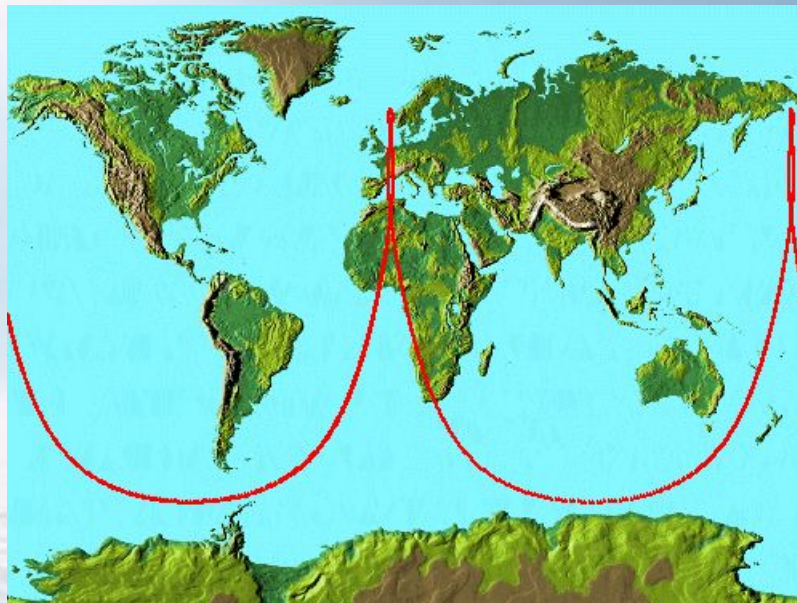
24-х часовая геосинхронная высокоэллиптическая орбита "Тундра" (используется в системе Sirius)



Основные характеристики

Параметр	Значение
1. Большая полуось, км	42165
2. Высота в апогее, км	46330
3. Задержки на линии «Земля-Спутник-Земля», с	0.309
4. Минимальное число спутников в орбитальной группировке	3
5. Максимальное значение угловой девиации спутников в виртуальных позициях, град	До 30

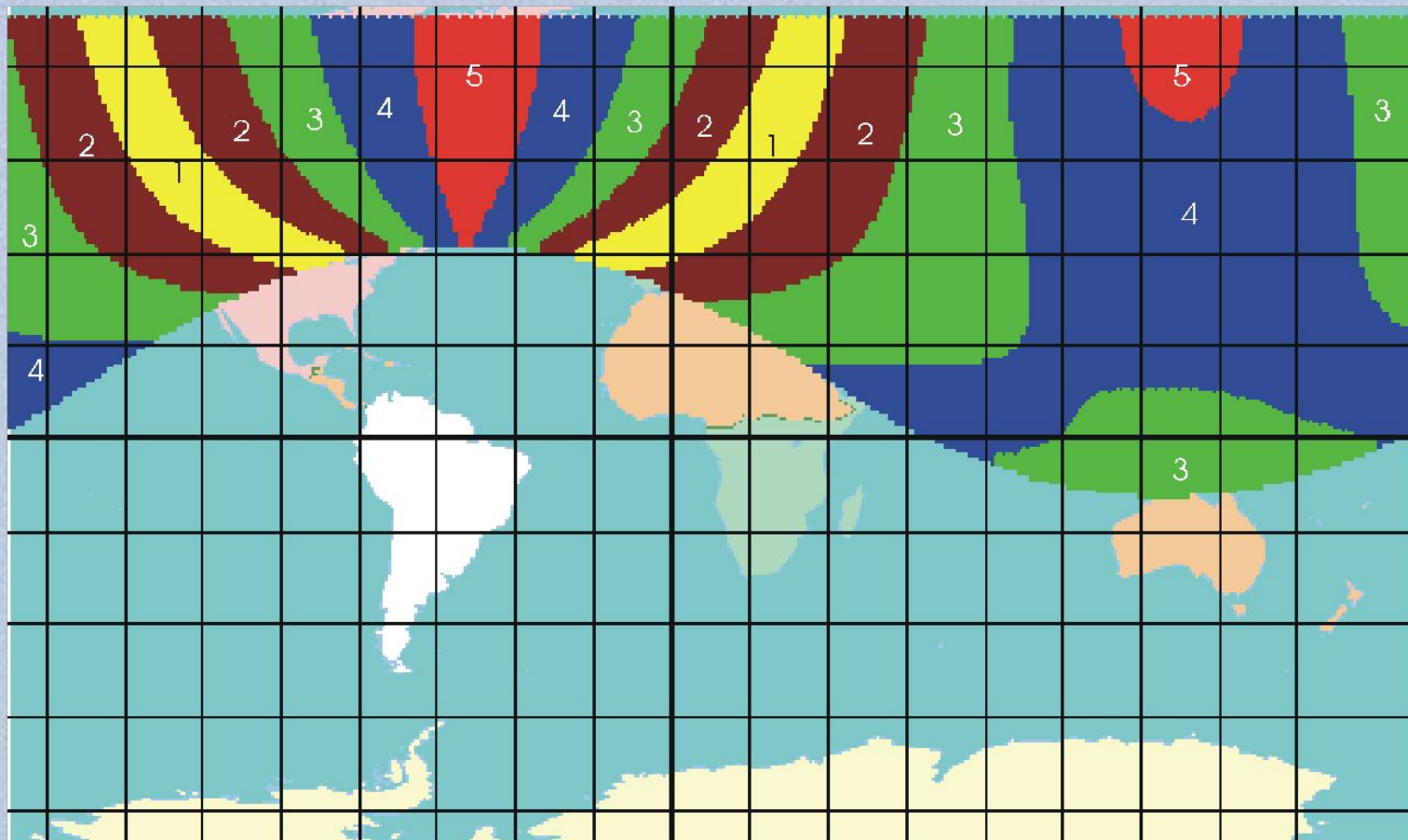
12-и часовая геосинхронная высокоэллиптическая орбита «Кентавр» (Планируется к использованию в системе "Кентавр")



Основные характеристики	
Параметр	Значение
1. Большая полуось, км	26550
2. Высота в апогее, км	39800
3. Задержки на линии «Земля-Спутник-Земля», с	0.265
4. Минимальное число спутников в орбитальной группировке	4
5. Максимальное значение угловой девиации спутников в виртуальных позициях, град	10

Псевдостационарная орбита (PGEO)

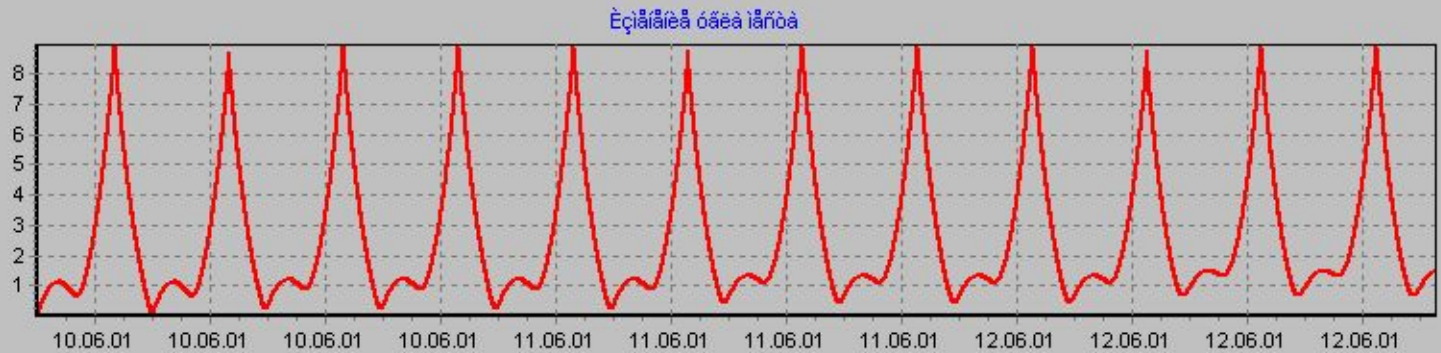
Распределение предельных угловых отклонений спутника (130 в.д.) относительно положения наземного потребителя



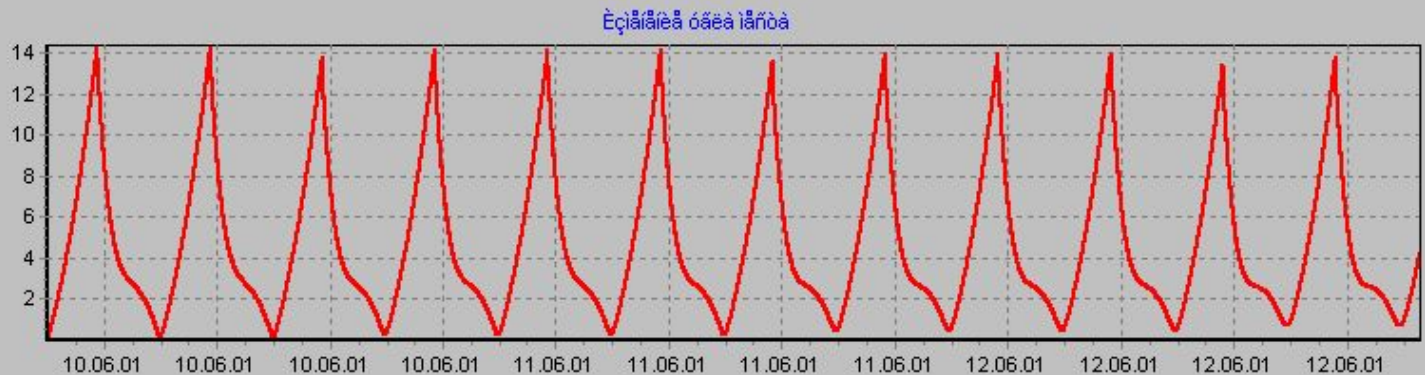
Псевдостационарная орбита (PGEO)
Характеристики стабильности положения КА

город Санкт-Петербург

Орбита «Кентавр»



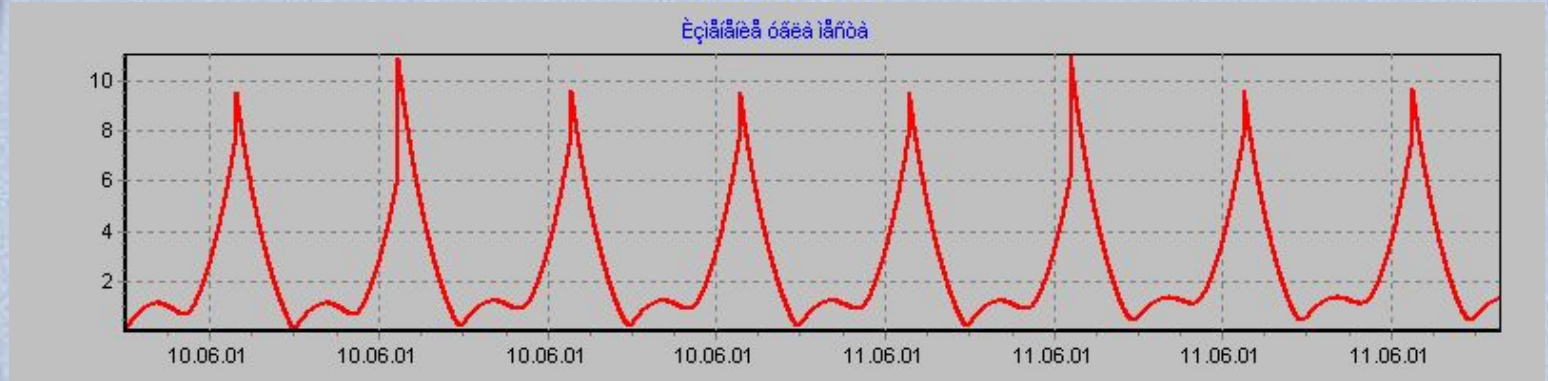
Орбита «Молния»



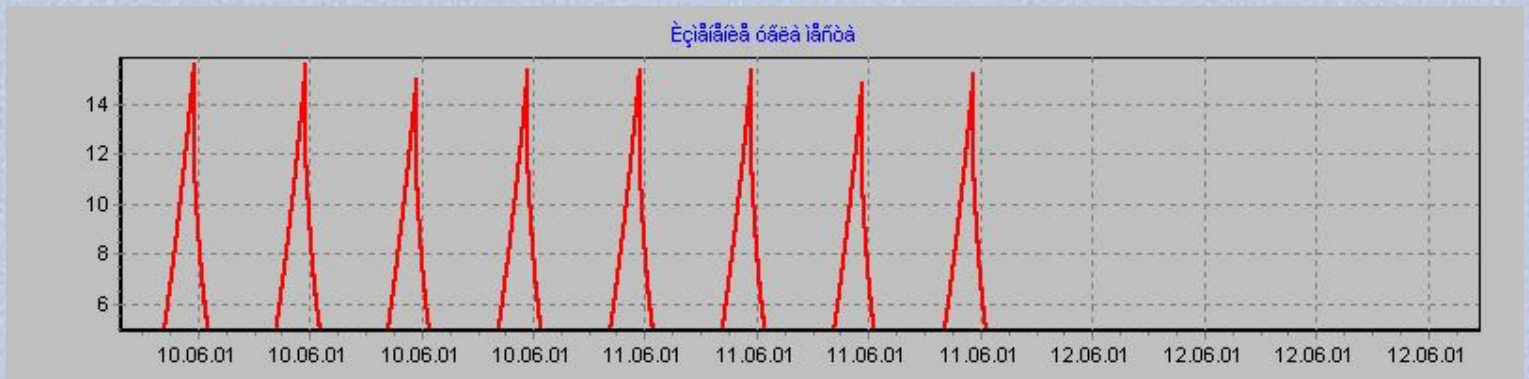
Псевдостационарная орбита (PGEO) Характеристики стабильности положения КА

город Москва

Орбита «Кентавр»



Орбита «Молния»



Псевдостационарная орбита (PGEO)
Характеристики стабильности положения КА

город Нижний Новгород

Орбита «Кентавр»

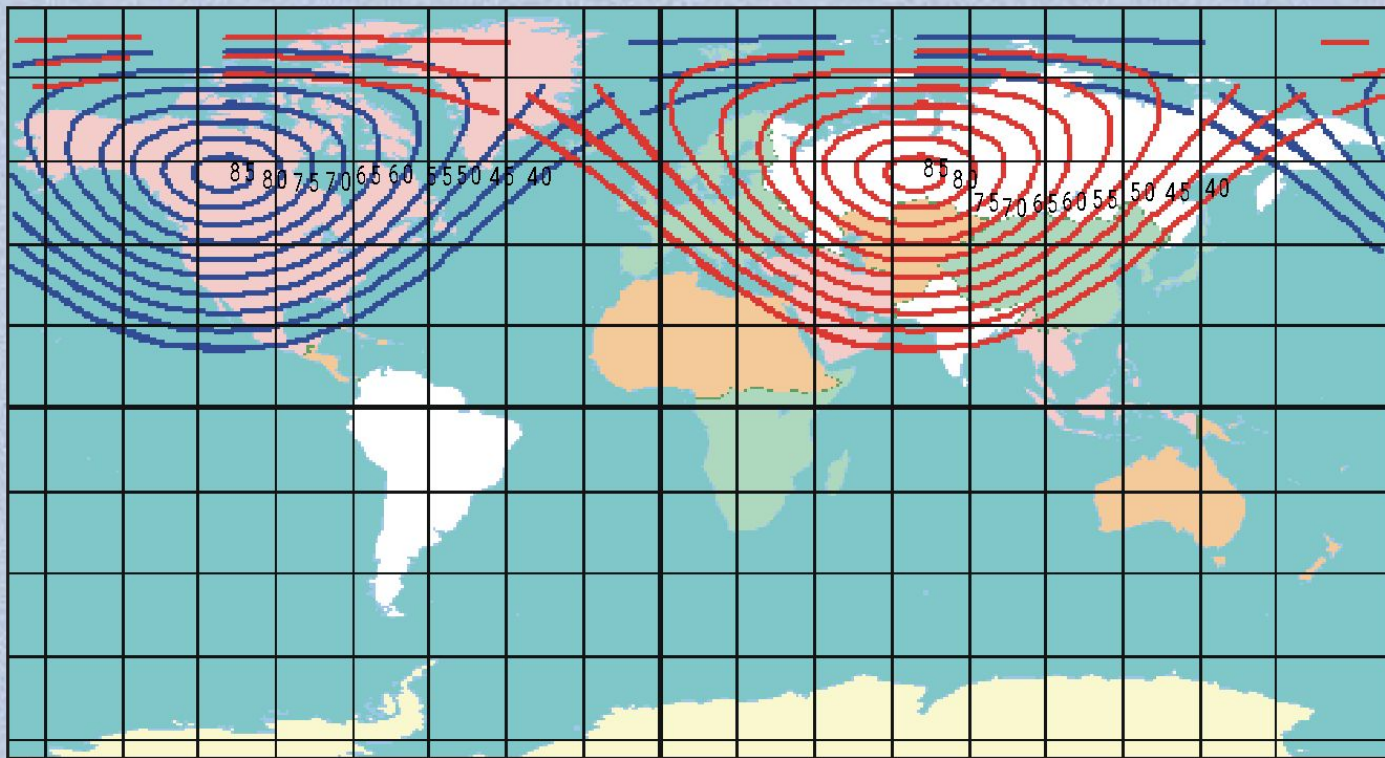


Орбита «Молния»



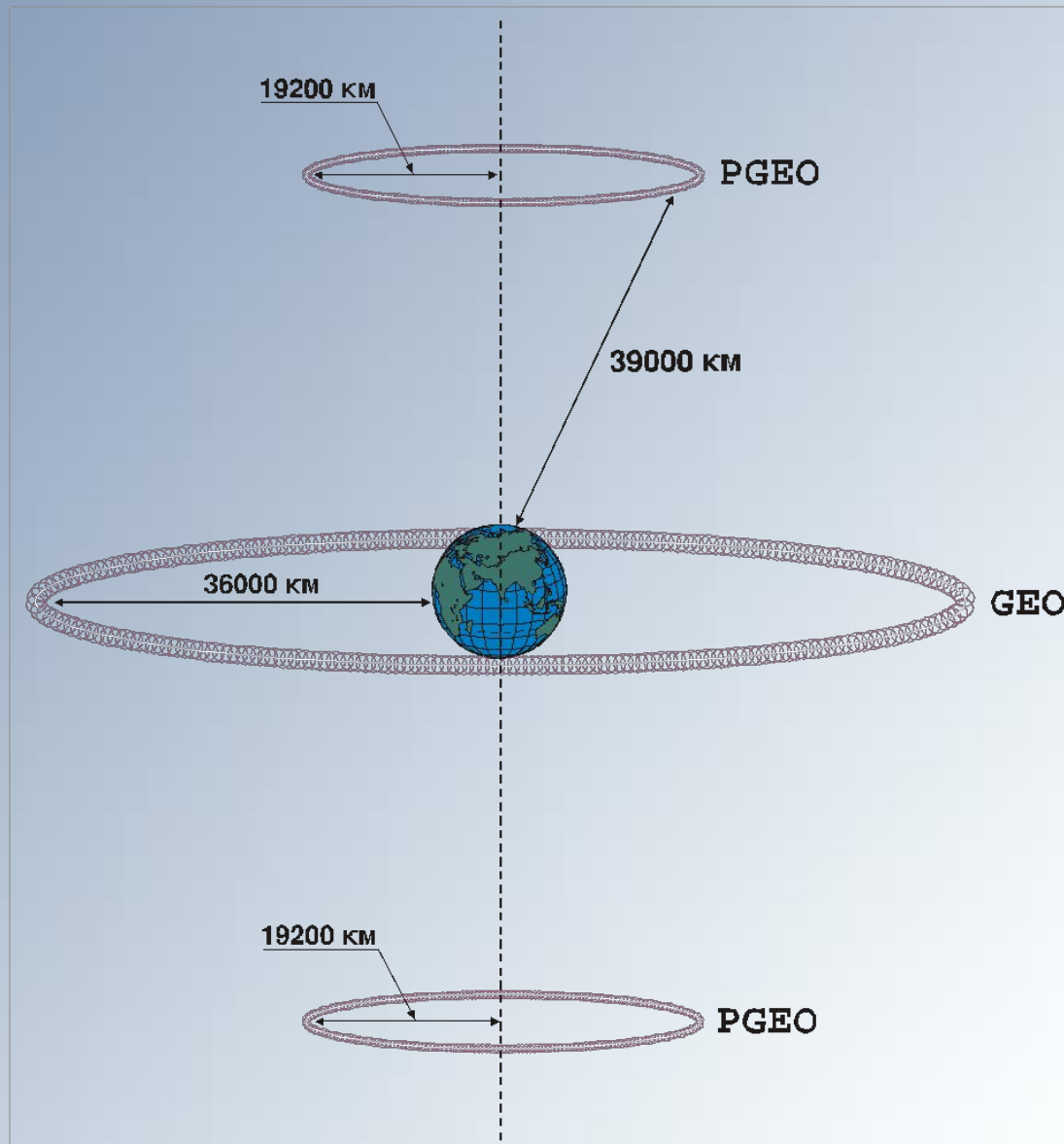
Псевдостационарная орбита (P GEO)

Углы видимости спутников для сегмента из одной четверки



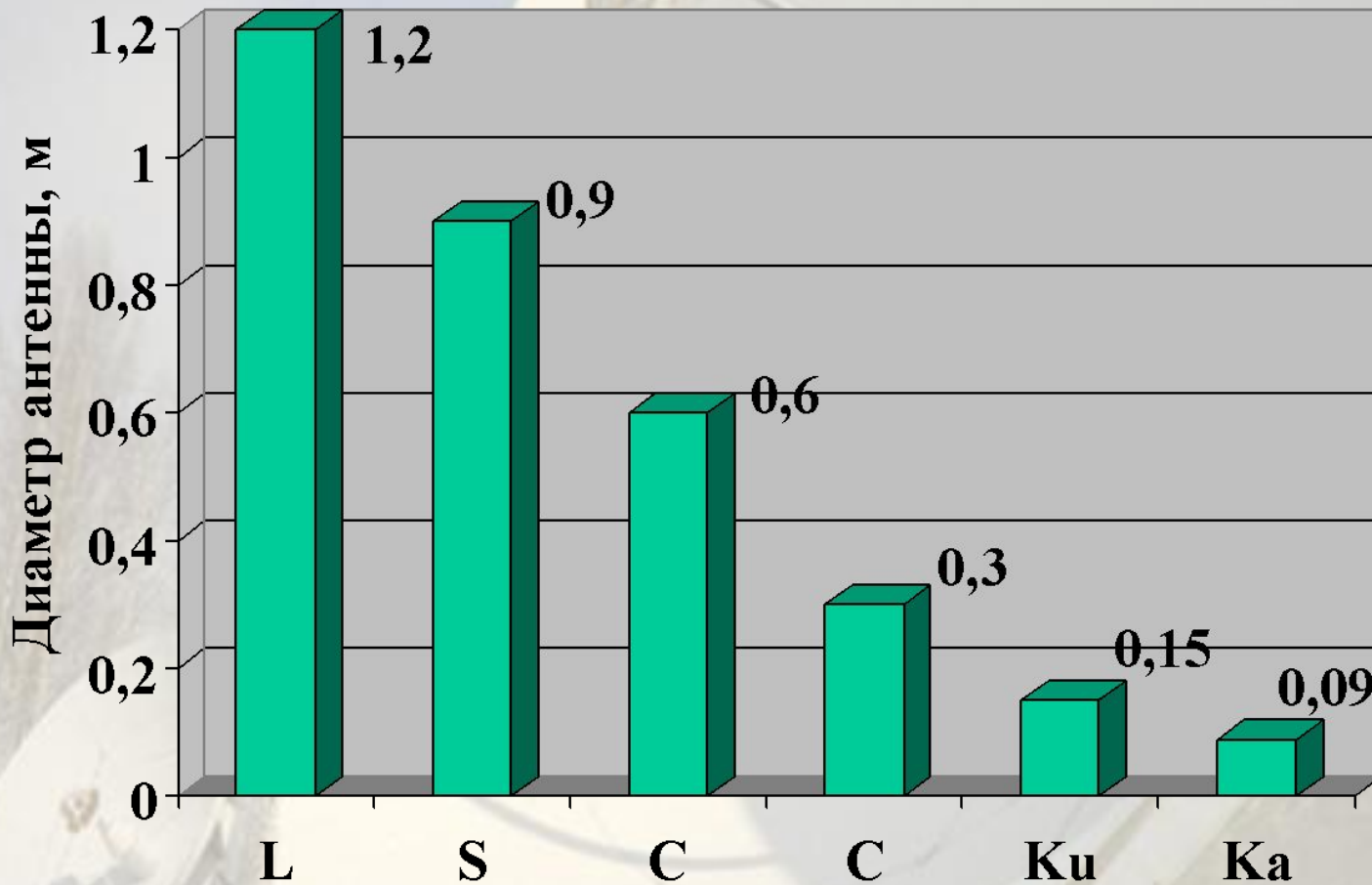
орбита “КЕНТАВР”

Псевдостационарная орбита (PGEO) Геометрическая интерпретация в сравнении с GEO



Псевдостационарная орбита (P GEO)

Требования к антеннам абонентских терминалов



орбита «КЕНТАВР»

Псевдостационарная орбита (PGEO)
Петля апогейного участка орбиты «Кентавр»



Псевдостационарная орбита (P GEO)

Станции сопряжения

Globalstar



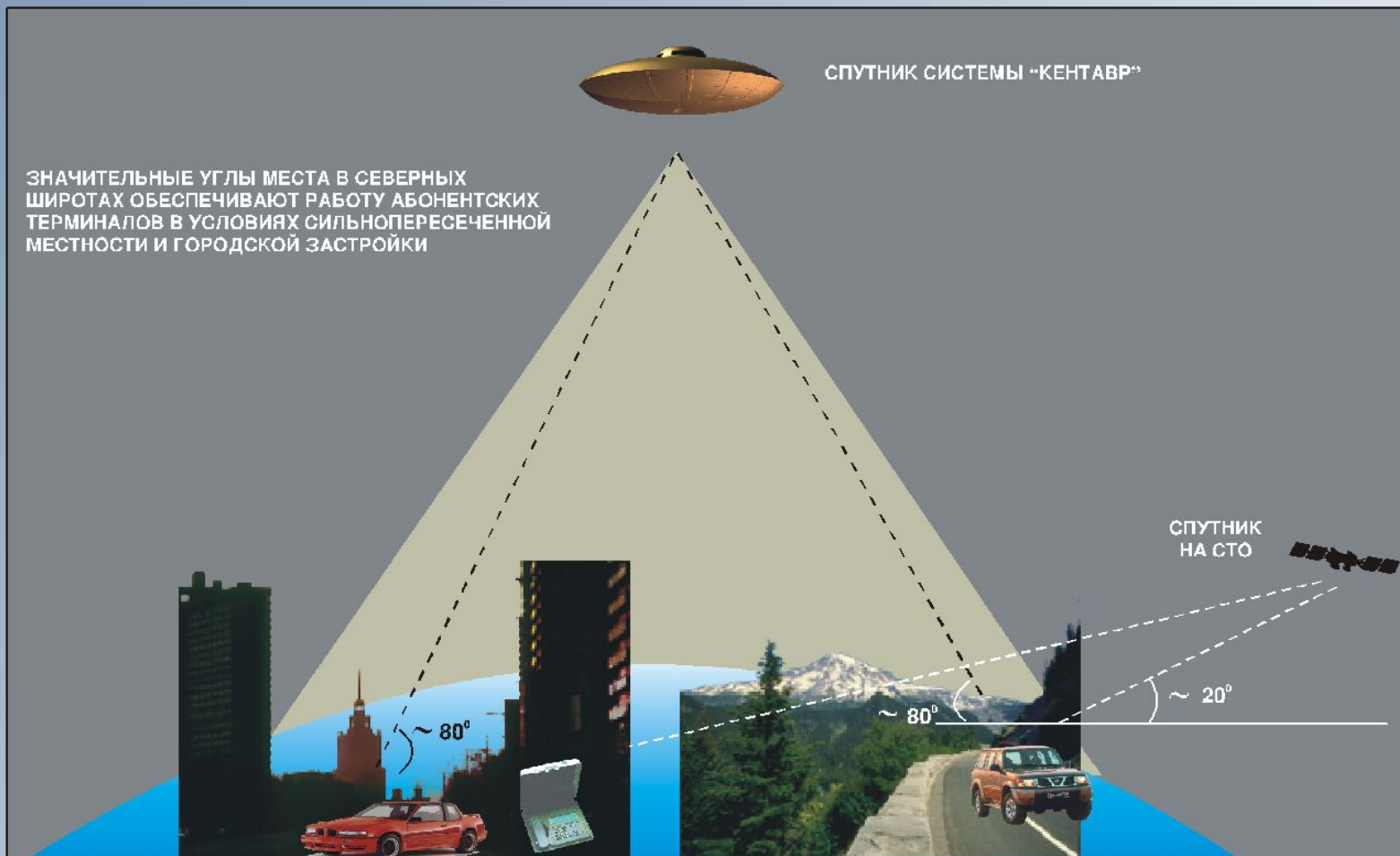
Молния



Кентавр



ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЗНАЧИТЕЛЬНЫХ УГЛОВ МЕСТА В СЕВЕРНЫХ ШИРОТАХ ССС "КЕНТАВР"



ВЫВОДЫ

Таким образом, использование PGEO позволяет добиться следующих важных для практического использования результатов:

- Упрощение и повышение оперативности проведения координации новых ССС, так как не затрагивается частотно-орбитальный ресурс GEO;
- Обеспечение значительных углов места КА на территориях выше широты 35 град (Европа, США, Канада, а также Россия и страны СНГ), что позволяет обеспечить устойчивую работу терминалов в условиях сильнопересеченной местности и городской застройки;
- Существенное сокращение первоначальные финансовых вложений.
- Развертывание относительно дешевых региональных ССС в интересах министерств, ведомств и государств;
- Последовательное и поэтапное развитие и наращивание ССС по мере развертывания парка абонентских станций и решения административно-правовых вопросов на территориях обслуживания путем развертывания новых сегментов, не требующих взаимной синхронизации и полностью автономных, связанных, при необходимости, между собой только линиями межспутниковой связи, с возможностью начала коммерческой эксплуатации уже после развертывания первого сегмента;

Рассмотренные технологии были положены в основу проекта "Кентавр".