



**ЗАО «ГЕОСТРОЙИЗЫСКАНИЯ»**

*Генеральный дистрибьютор Topcon, Sokkia*



# ГЛОБАЛЬНЫЕ НАВИГАЦИОННЫЕ СПУТНИКОВЫЕ СИСТЕМЫ (ГНСС)



# Основные элементы ГНСС

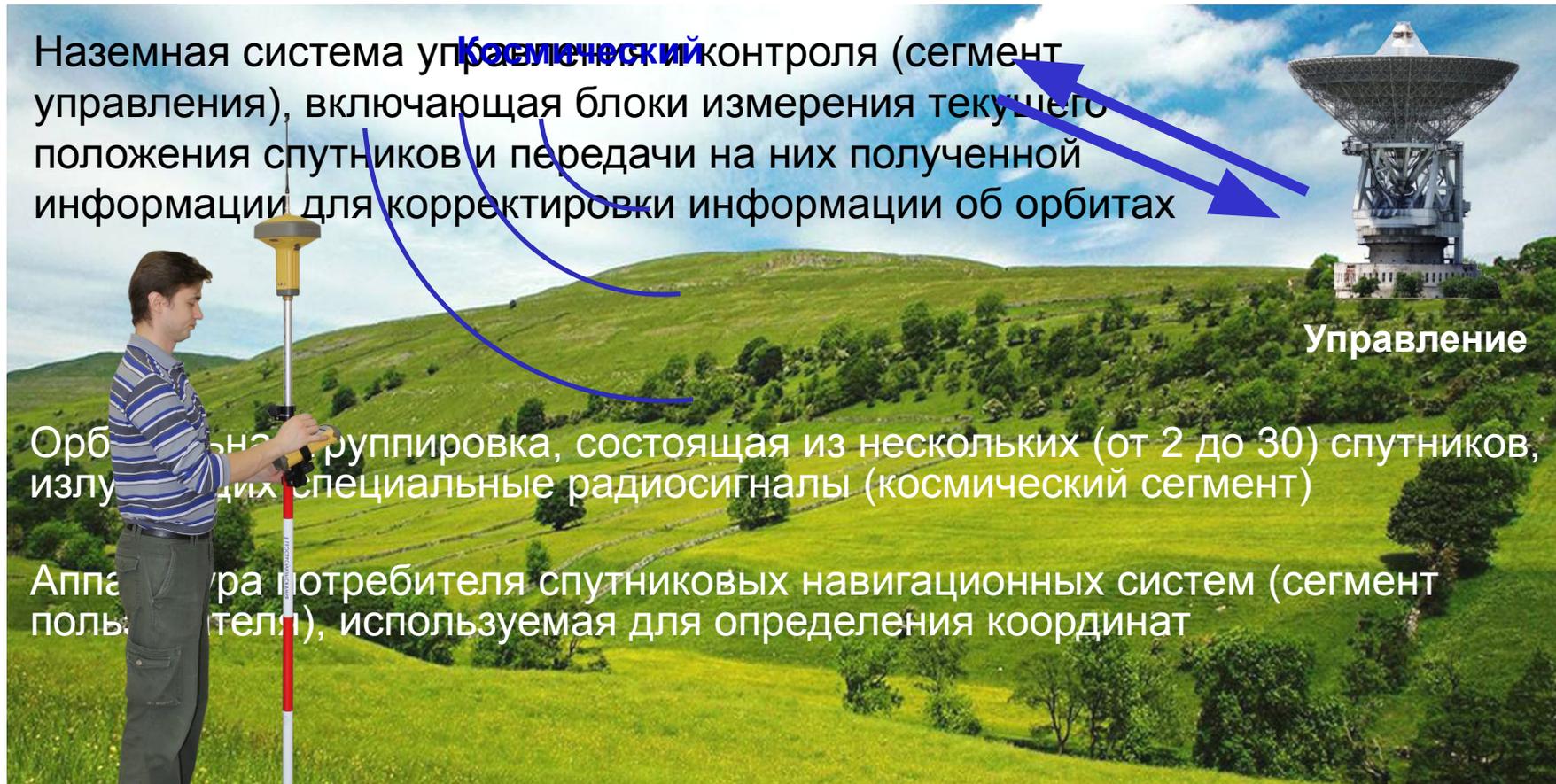
Наземная система **Космический** контроля (сегмент управления), включающая блоки измерения текущего положения спутников и передачи на них полученной информации для корректировки информации об орбитах



Управление

Орбитная группировка, состоящая из нескольких (от 2 до 30) спутников, излучающих специальные радиосигналы (космический сегмент)

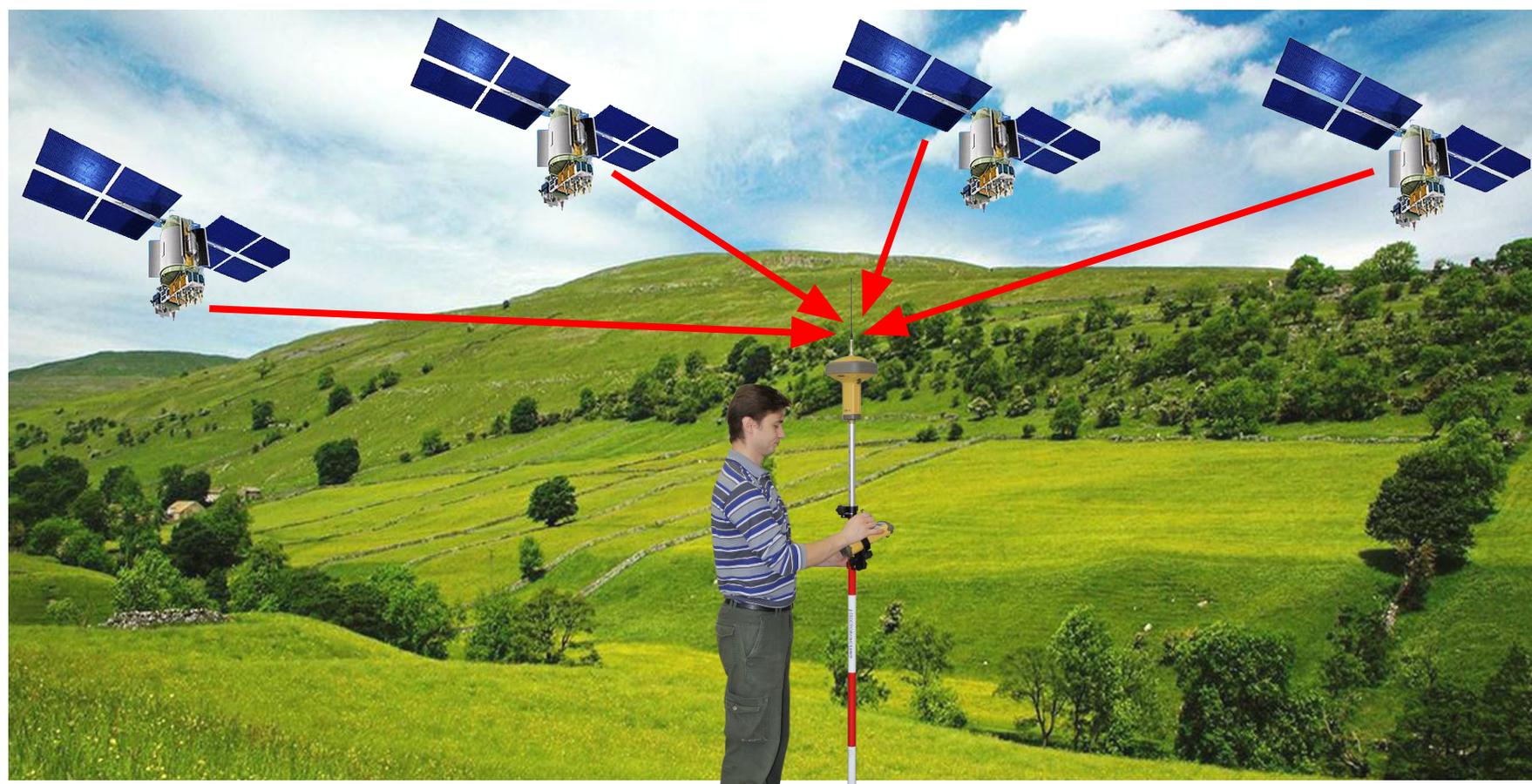
Аппаратура потребителя спутниковых навигационных систем (сегмент пользователя), используемая для определения координат



Пользователь

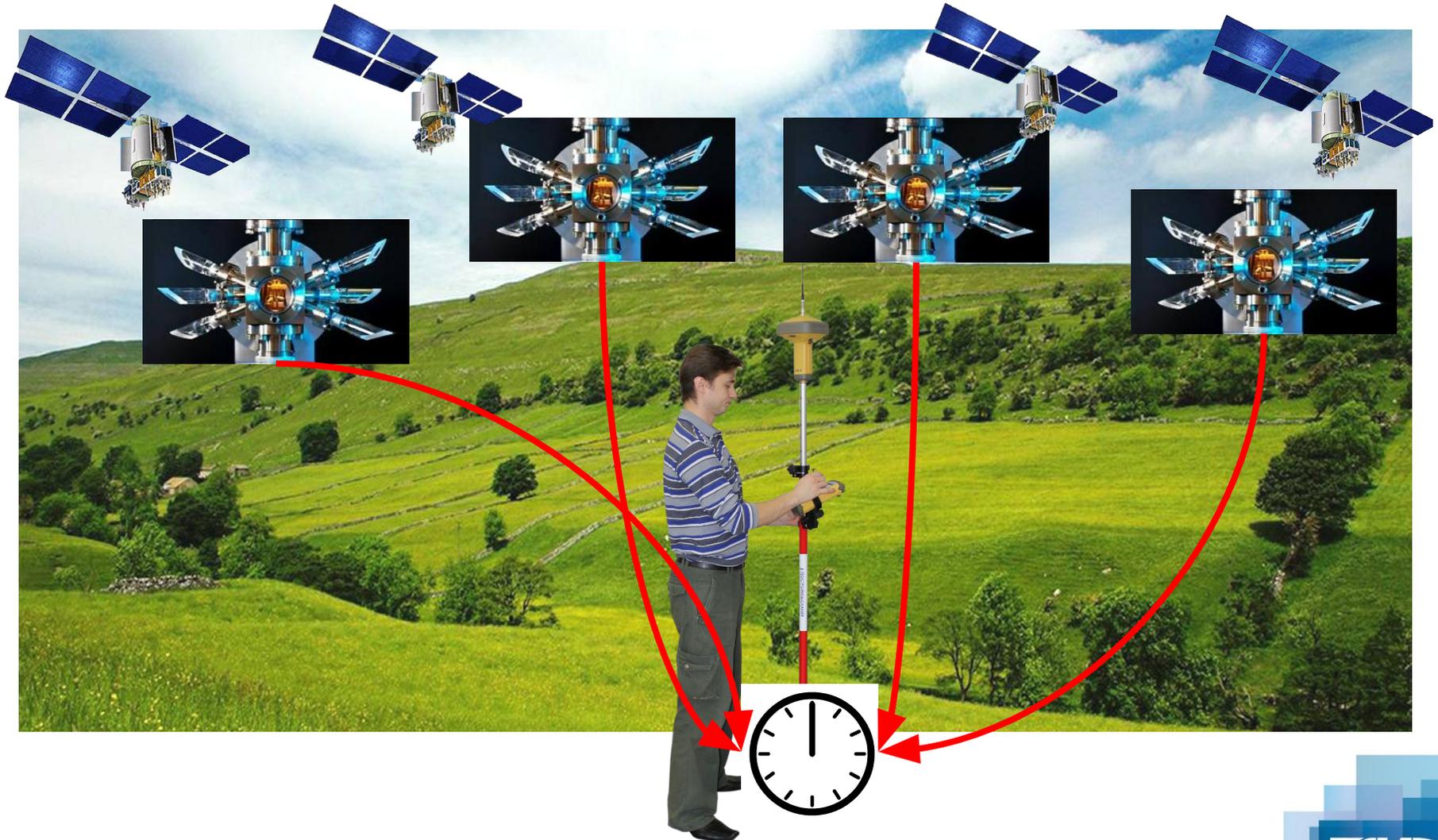


# Принцип работы ГНСС





# Принцип работы ГНСС





# Основные области применения ГНСС

- Геодезия
- ГИС и картография
- Управление строительной техникой
- Другие прикладные задачи...



## Действующие ГНСС



GPS – Global Positioning System. Принадлежит министерству обороны США. Этот факт, по мнению некоторых государств, является её главным недостатком. Устройства, поддерживающие навигацию по GPS, являются самыми распространёнными в мире. Также известна под более ранним названием NAVSTAR.



ГЛОНАСС – Глобальная Навигационная Спутниковая Система. Принадлежит министерству обороны России. Система, по заявлениям разработчиков наземного оборудования, будет обладать некоторыми техническими преимуществами по сравнению с GPS. После 1996 года спутниковая группировка сокращалась и к 2002 году практически полностью пришла в упадок. Была полностью восстановлена только в конце 2011 года. К 2025 году предполагается глубокая модернизация системы.





## Создаваемые ГНСС



Бэйдоу – разворачиваемая Китаем подсистема GNSS предназначена для использования в этой стране. Особенность — небольшое количество спутников, находящихся на геостационарной орбите. На орбиту Земли выведено 16 навигационных спутников, из них по предназначению используется 11.

К 2020 году количество спутников планируется довести до 35 и тем самым довести региональную систему до глобальной. Реализация данной программы началась в 2000 году. Первый спутник вышел на орбиту в 2007-ом.



Galileo – Европейская система, находящаяся на этапе создания спутниковой группировки. Планируется полностью развернуть спутниковую группировку к 2020 году.



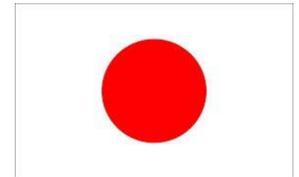
## Создаваемые ГНСС



**IRNSS** (Indian Regional Navigation Satellite System) – индийская региональная спутниковая система навигации, проект которой был принят к реализации правительством Индии. Разработка осуществляется Индийской организацией космических исследований (ISRO). Система будет обеспечивать только региональное покрытие самой Индии и частей сопредельных государств. Общее количество спутников системы IRNSS – 7. Проектная дата завершения работ – 2015 год.

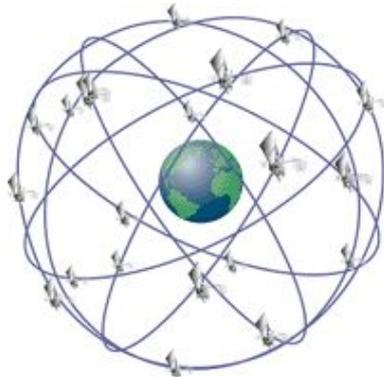


**QZSS** – «Квазизенитная спутниковая система», находящаяся на этапе создания спутниковой группировки – проект трёхспутниковой региональной системы синхронизации времени и одна из систем дифференциальной коррекции для GPS, сигналы которой будут доступны в Японии.





## Структура GPS



Число орбитальных плоскостей 6  
 Средняя высота орбиты 20 182 км  
 Период обращения 11 ч 57 м 58 с

Общее число спутников на орбите (на начало 2015) 31  
 Используется по назначению 30  
 На этапе ввода в эксплуатацию 0  
 Временно выведен 1

Частоты: L1 - 1575,42 МГц, L2 - 1227,60 МГц, L5 - 1176,45 МГц

Тип	К-во спутников	Сигналы	Ст. времени
Block IIA	3 спутника	L1: C/A+P, L2: P	Cs
Block IIR	12 спутников	L1: C/A+P, L2: P	Rb
Block IIR-M	8 спутников	L1: C/A+P+M, L2: C/A+P+M	Rb
Block IIF	8 спутников	L1: C/A+P+M, L2: C/A+P+M, L5: C	Rb+Cs



## Структура ГЛОНАСС



Число орбитальных плоскостей 3  
 Средняя высота орбиты 19 132 км  
 Период обращения 11 ч 15 м 44 с

Общее число спутников на орбите (на начало 2015)	29
Используется по назначению	24
На этапе ввода в систему	0
Орбитальный резерв	2
На исследовании Главного конструктора	2
Временно выведен	0
На этапе летных испытаний	1

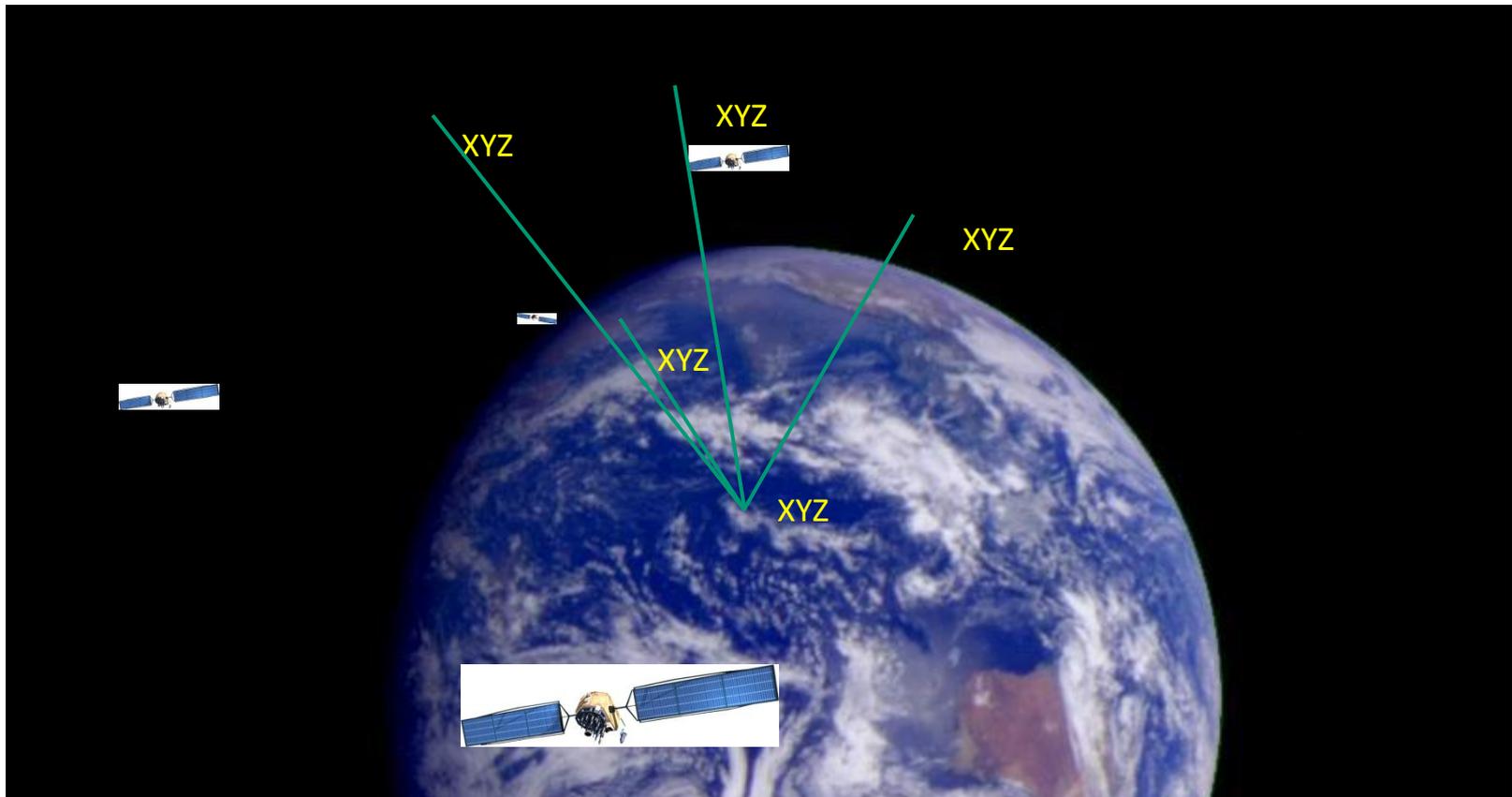
Частоты: L1 – от 1 602,5625 до 1 615,5 МГц, L2 - от 1 240 до 1 260 МГц, L3 - 1207,14 МГц

Тип	К-во спутников	Сигналы
ГЛОНАСС	не используется	L1: OF+SF, L2: SF
ГЛОНАСС-М	28 спутников	L1: OF+SF, L2: OF+SF
ГЛОНАСС-К	1 спутник	L1: OF+SF, L2: OF+SF, L3: OC

О – открытый сигнал; S – шифрованный сигнал высокой точности; F – частотное разделение; C – кодовое разделение

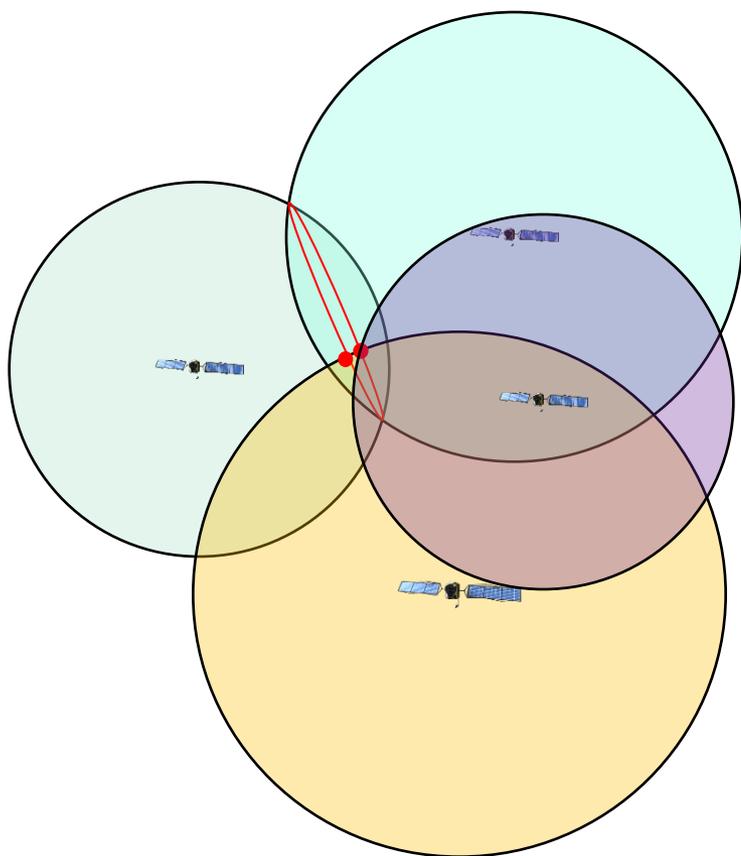


# Абсолютный метод определения координат





# Абсолютный метод определения координат

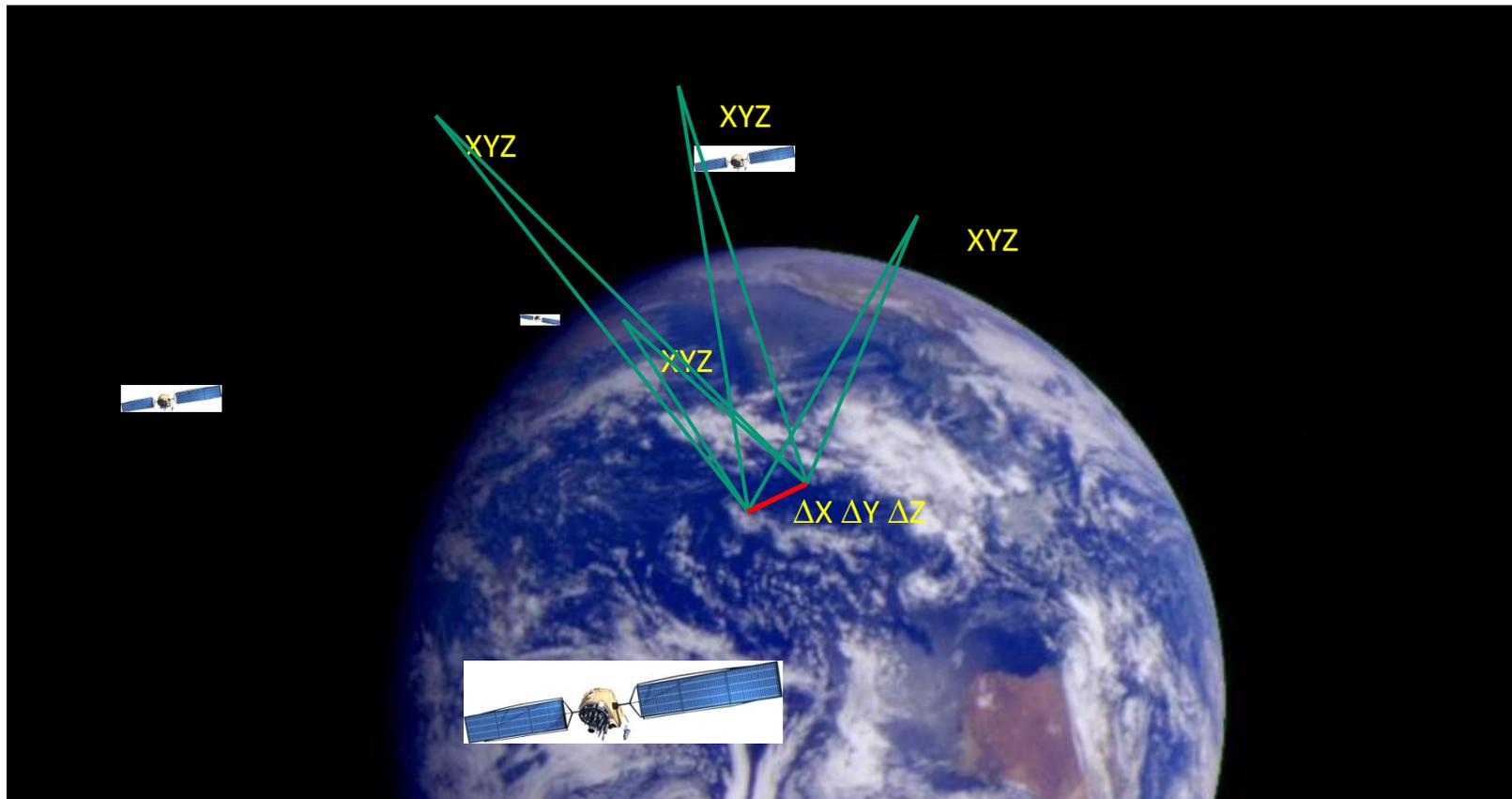


Метод определения расстояния от спутника до приемника – кодовый

Точность определения координат – от 3 до 100 метров

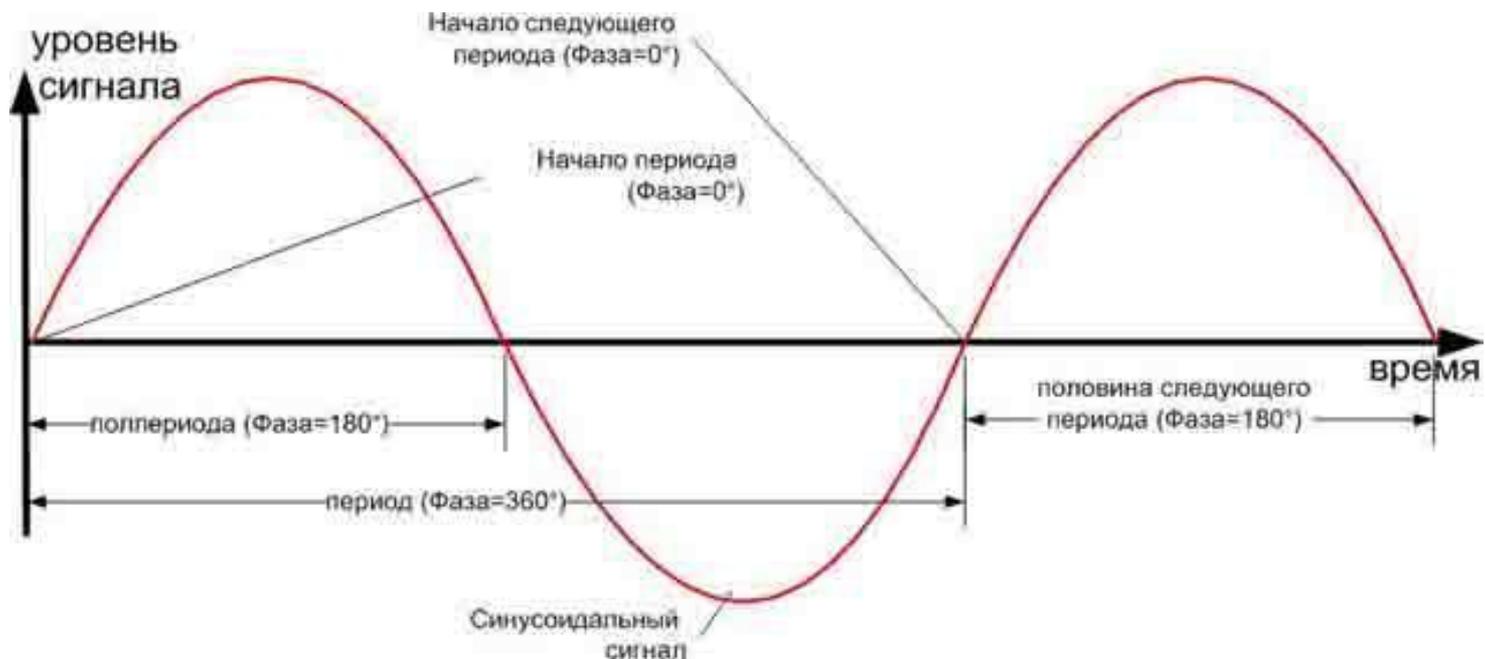


# Относительный метод определения координат





## Относительный метод определения координат

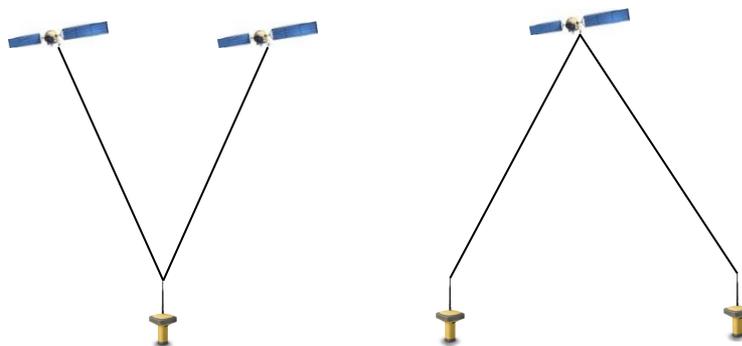


Метод определения расстояния от спутника до приемника – фазовый

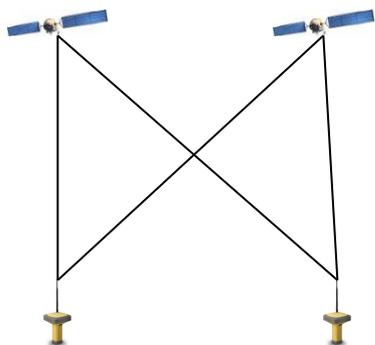
Точность определения составляющих вектора – субсантиметровая



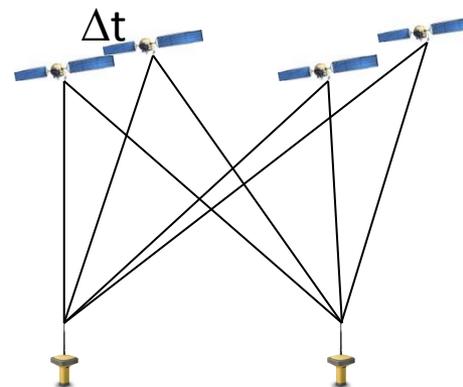
# Относительный метод определения координат



Первые фазовые разности



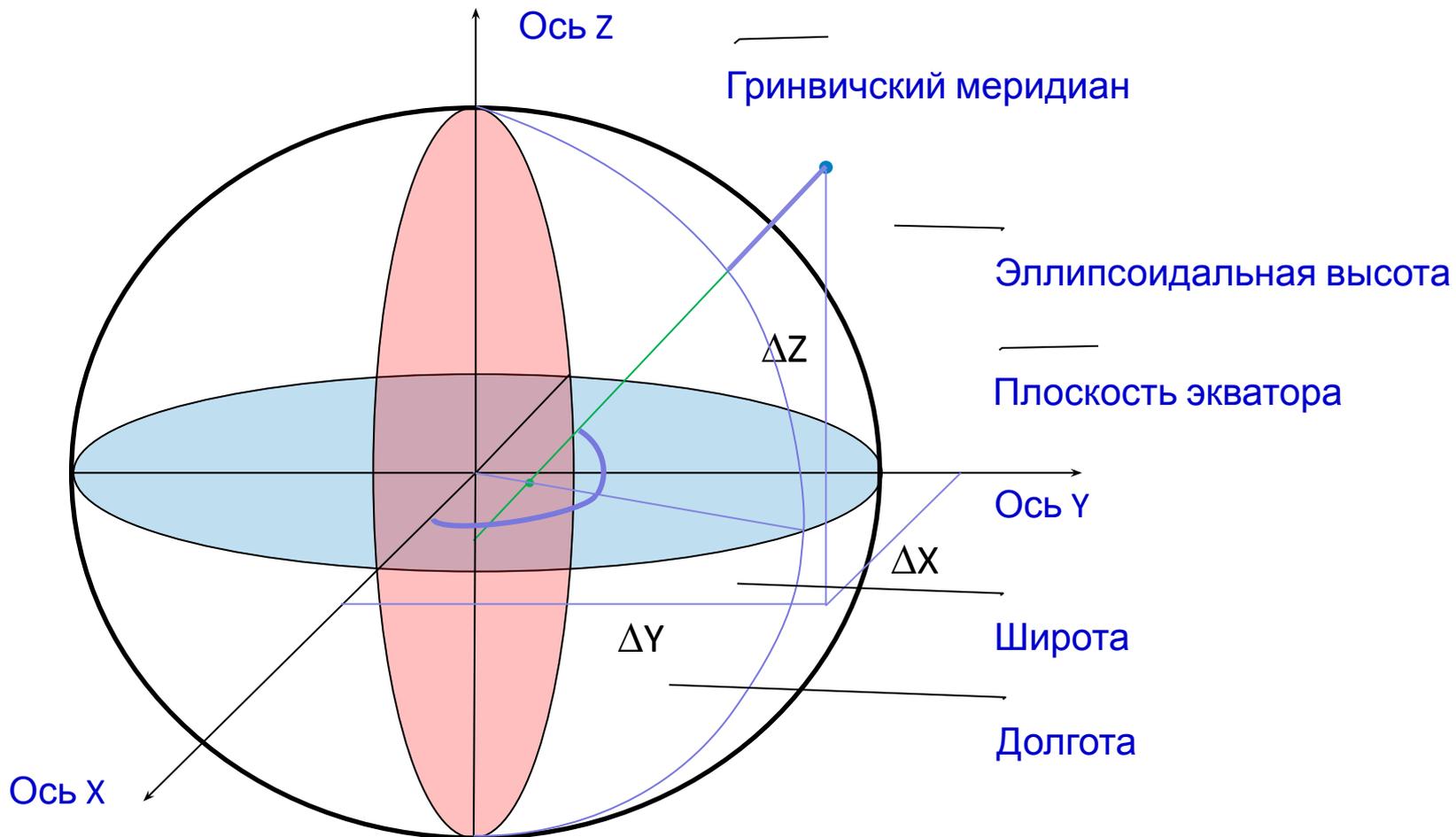
Вторые фазовые разности



Третьи фазовые разности



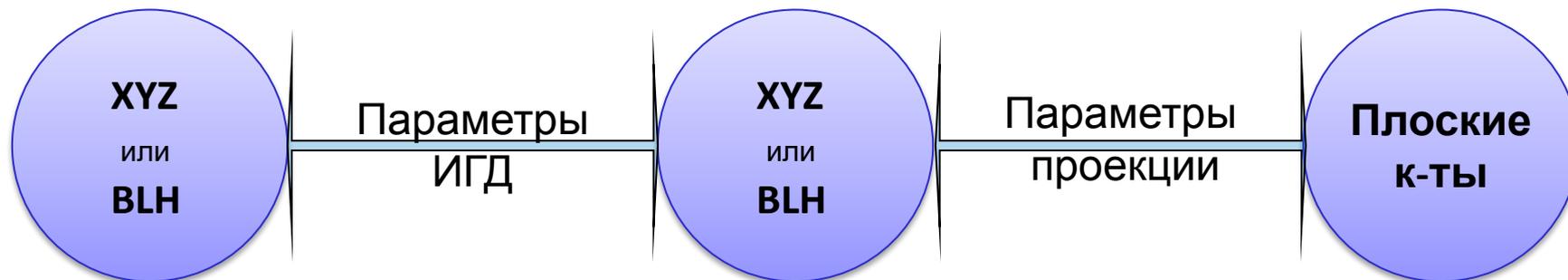
# Система отсчета WGS84





# Переход к местным системам координат

Использование параметров картографической проекции

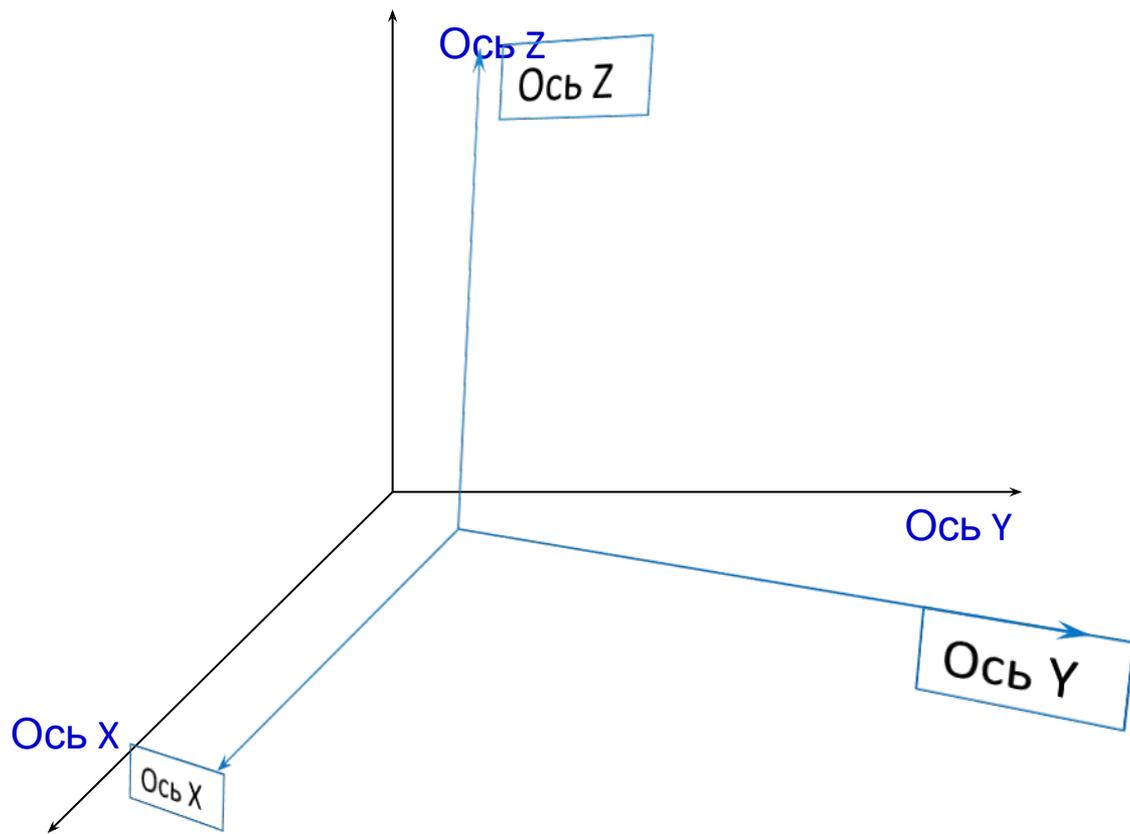




# Переход к местным системам координат

Использование параметров картографической проекции

## Параметры ИГД



7 параметров:

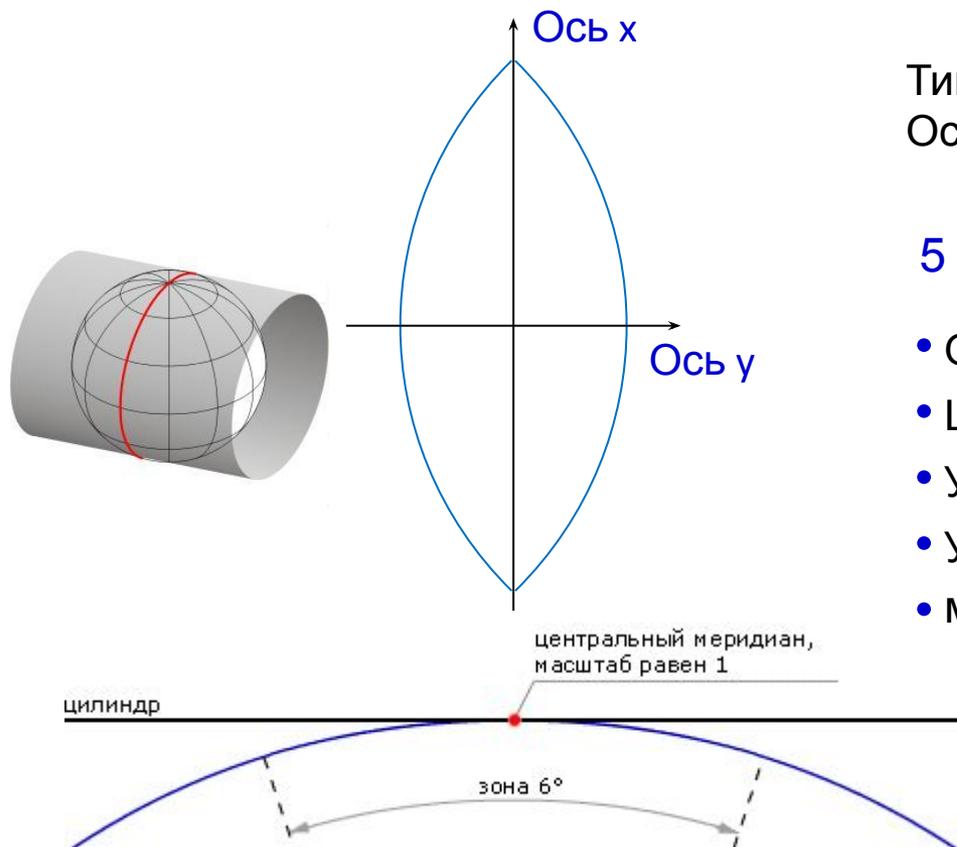
- Смещение по осям
- Разворот относительно каждой из осей
- Масштабный коэффициент



# Переход к местным системам координат

Использование параметров картографической проекции

## Параметры проекции Гаусса-Крюгера (Поперечная Меркатора)



Тип – цилиндрическая  
Особенности – равноугольная

5 параметров:

- Осевой меридиан
- Широта начала отсчета
- Условное смещение на восток
- Условное смещение на север
- Масштабный коэффициент



# Переход к местным системам координат

Использование параметров картографической проекции

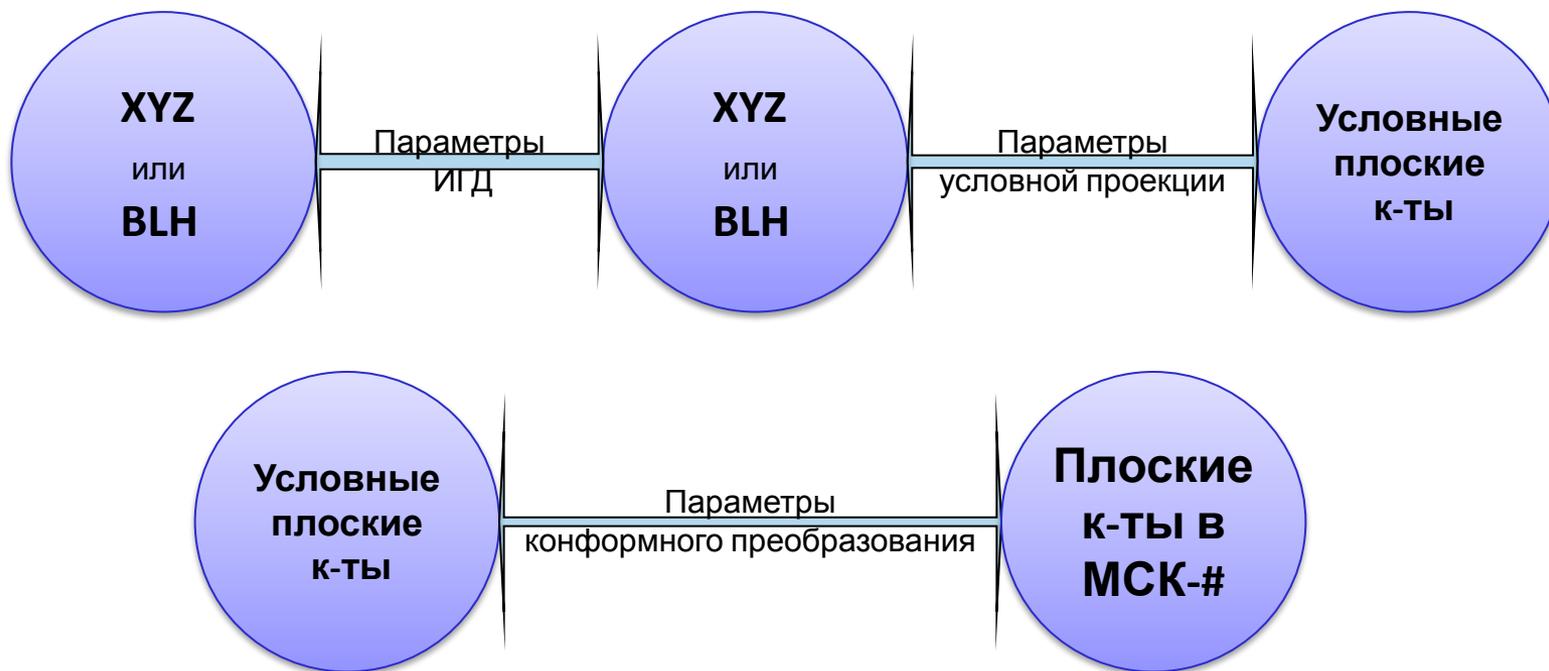
## Проекции используемые в РФ

	СК-42 зона #	СК-95 зона #	МСК-номер региона
ИГД	СК-42	СК-95	СК-42
Ширина зоны, градусов	6	6	3
Осевой меридиан	$6 \cdot N - 3$	$6 \cdot N - 3$	На текущий момент носит гриф «Секретно»
Широта начала отсчета	0	0	На текущий момент носит гриф «Секретно»
Условное смещение на восток	500 000 метров	500 000 метров	На текущий момент носит гриф «Секретно»
Условное смещение на север	0	0	На текущий момент носит гриф «Секретно»
Масштабный коэффициент	1	1	1



# Переход к местным системам координат

Использование локализации (калибровки)

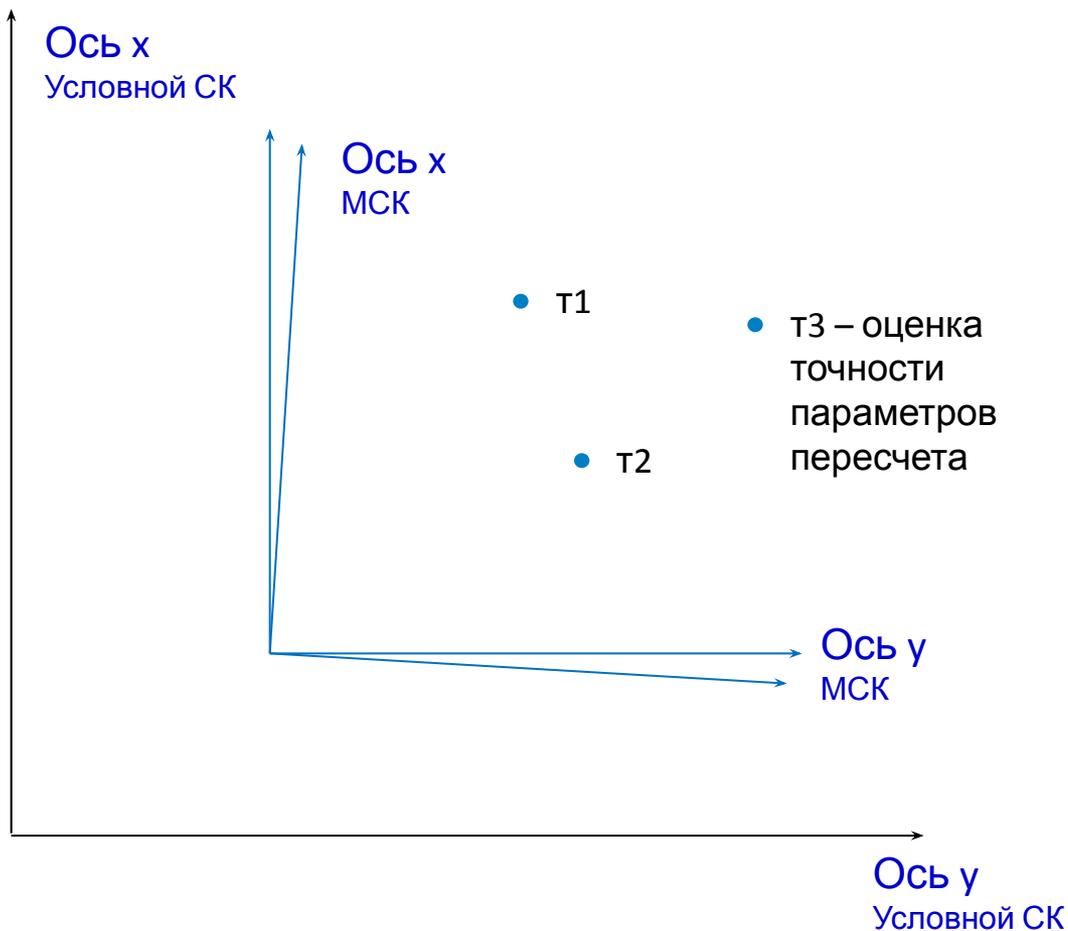


Условия: не менее 3-х точек измеренных друг относительно друга с известными координатами в МСК-#



# Переход к местным системам координат

## Использование локализации (калибровки)



### 4 параметра:

- Смещение по оси x
- Смещение по оси y
- Разворот осей
- Масштабный коэффициент



# Переход к местным системам координат

## Использование локализации (калибровки)

### Условные СК

**WGS84** – используется стереографическая проекция на эллипсоиде WGS84, что ведет к большим отклонениям на больших участках работ. Рекомендуется использовать на площадях до 25 кв. километров

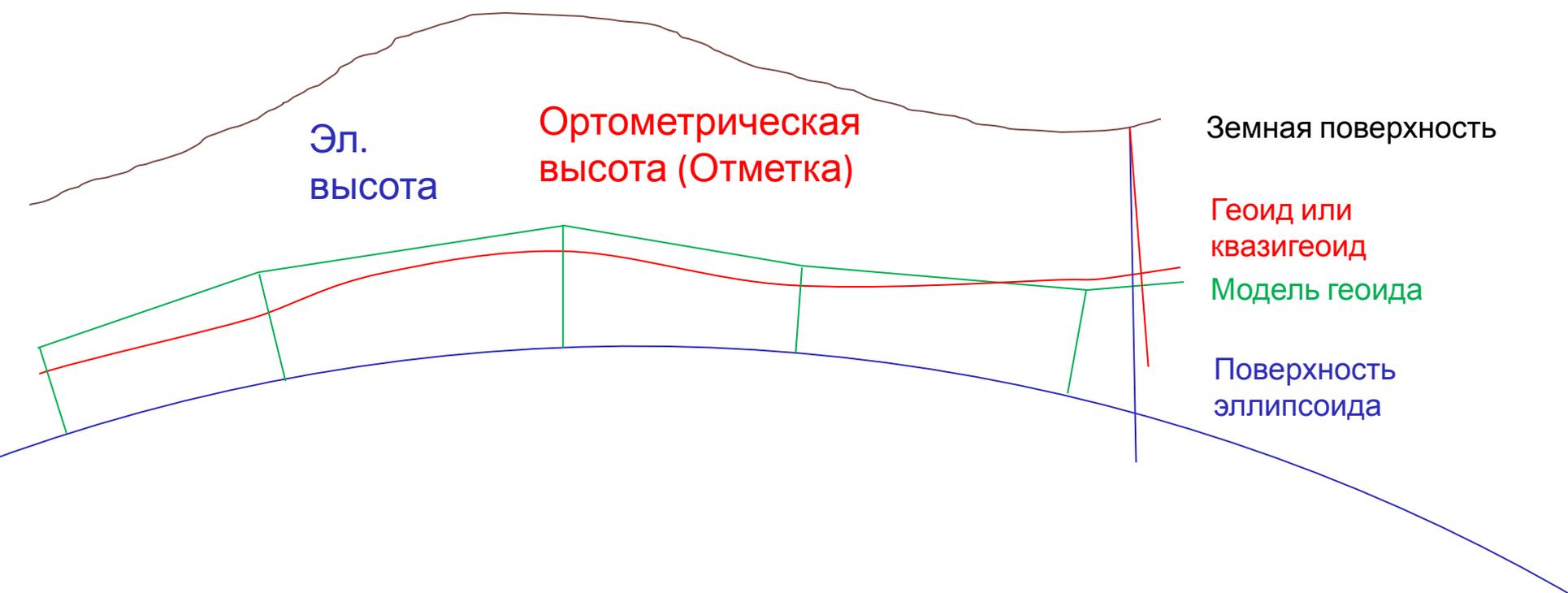
**СК-42 зона #** – можно использовать на больших площадях, но в некоторых случаях могут появляться большие отклонения в основном (когда осевой меридиан МСК и СК-42 разнесены относительно друг друга на несколько градусов)

**Произвольная СК** – используется в случае невозможности использования первых двух вариантов. В качестве параметров проекции пользователь может внести значения осевого меридиана равное целому числу градусов в долготе местоположения объекта.



# Переход к местным системам высот

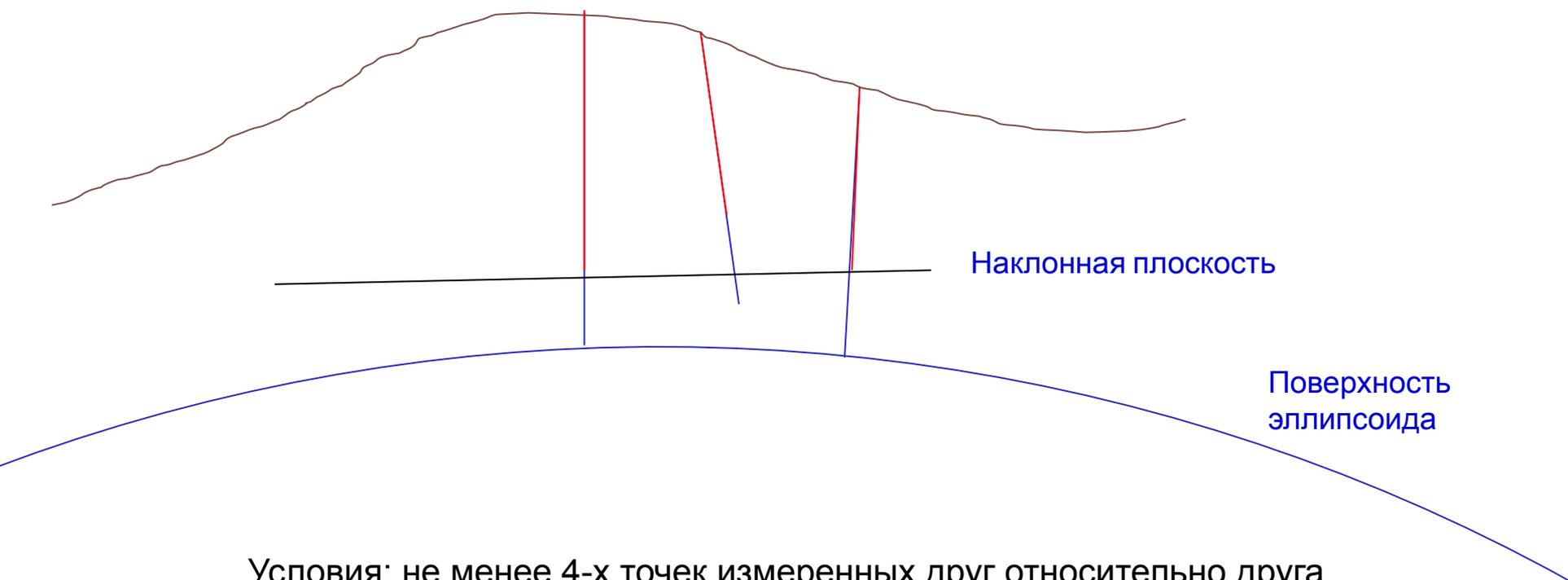
Использование модели геоида





# Переход к местным системам высот

## Использование локализации (калибровки)

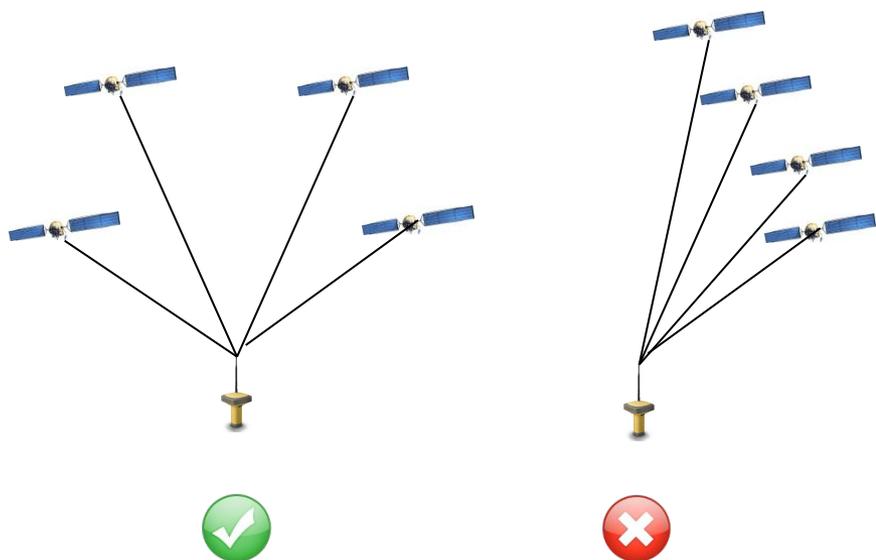


Условия: не менее 4-х точек измеренных друг относительно друга с известными координатами и высотами в МСК-#



# Источники ошибок при ГНСС измерениях

## Влияние расположения спутников



### Фактор понижения точности (DOP)

- GDOP – общий
- PDOP – позиционный
- HDOP – определения плановых координат
- VDOP – определения высот
- TDOP – времени

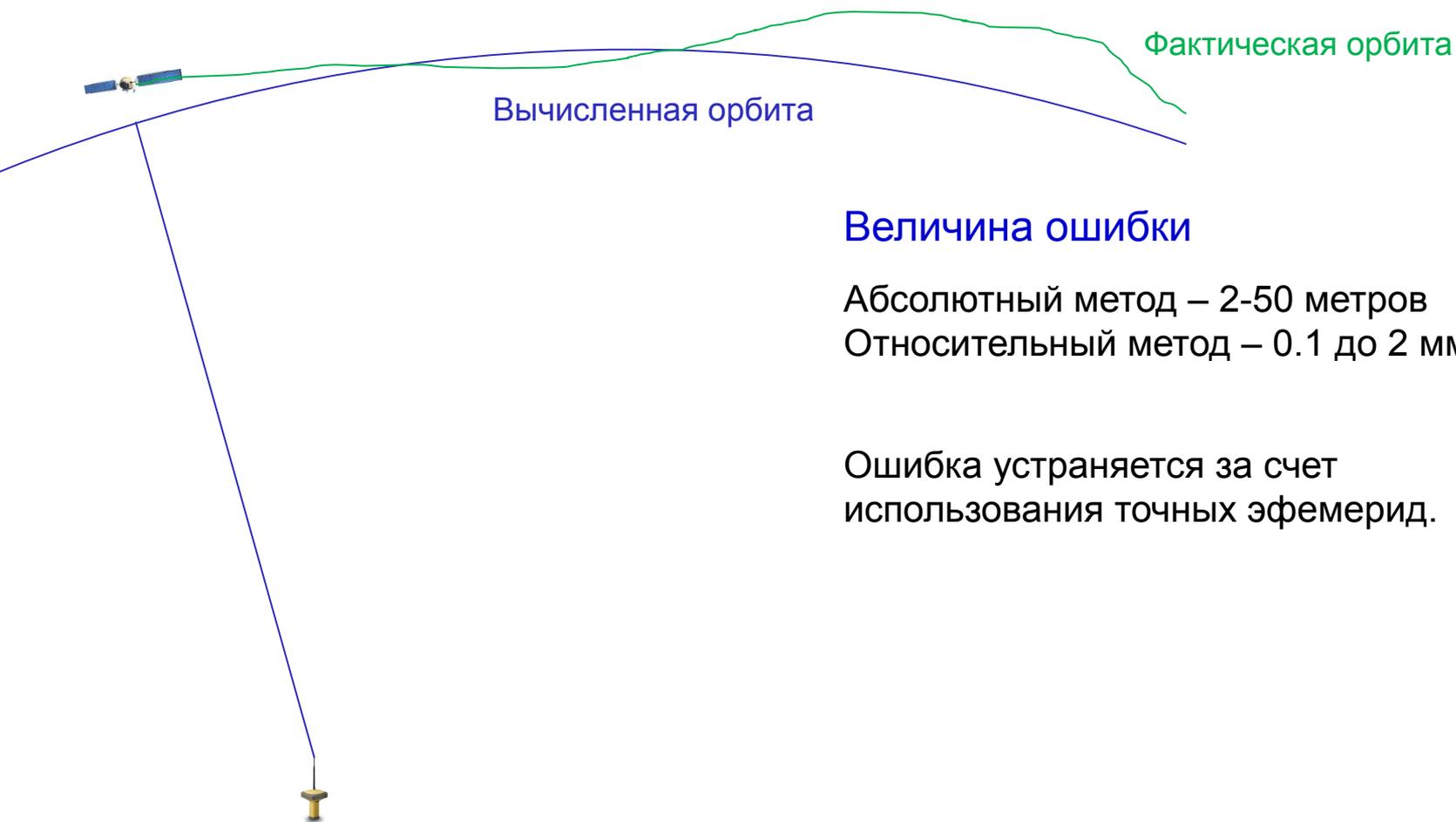
Чем меньше значение DOP, тем лучше.

Ошибка устраняется за счет выбора более благоприятного времени наблюдений.



# Источники ошибок при ГНСС измерениях

## Ошибки орбит спутников



### Величина ошибки

Абсолютный метод – 2-50 метров

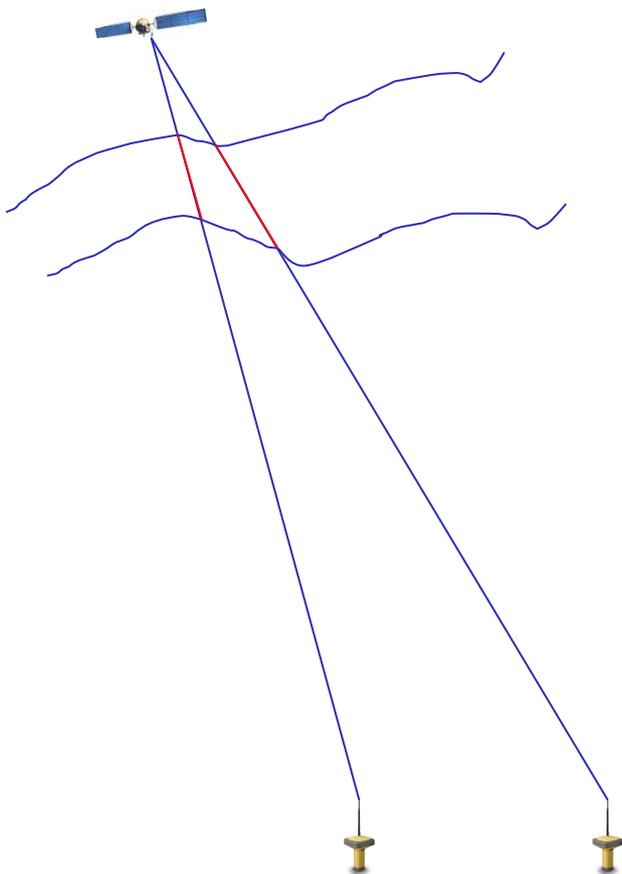
Относительный метод – 0.1 до 2 мм/км

Ошибка устраняется за счет использования точных эфемерид.



# Источники ошибок при ГНСС измерениях

## Влияние ионосферы



### Величина ошибки

Абсолютный метод – 0.5-100 метров

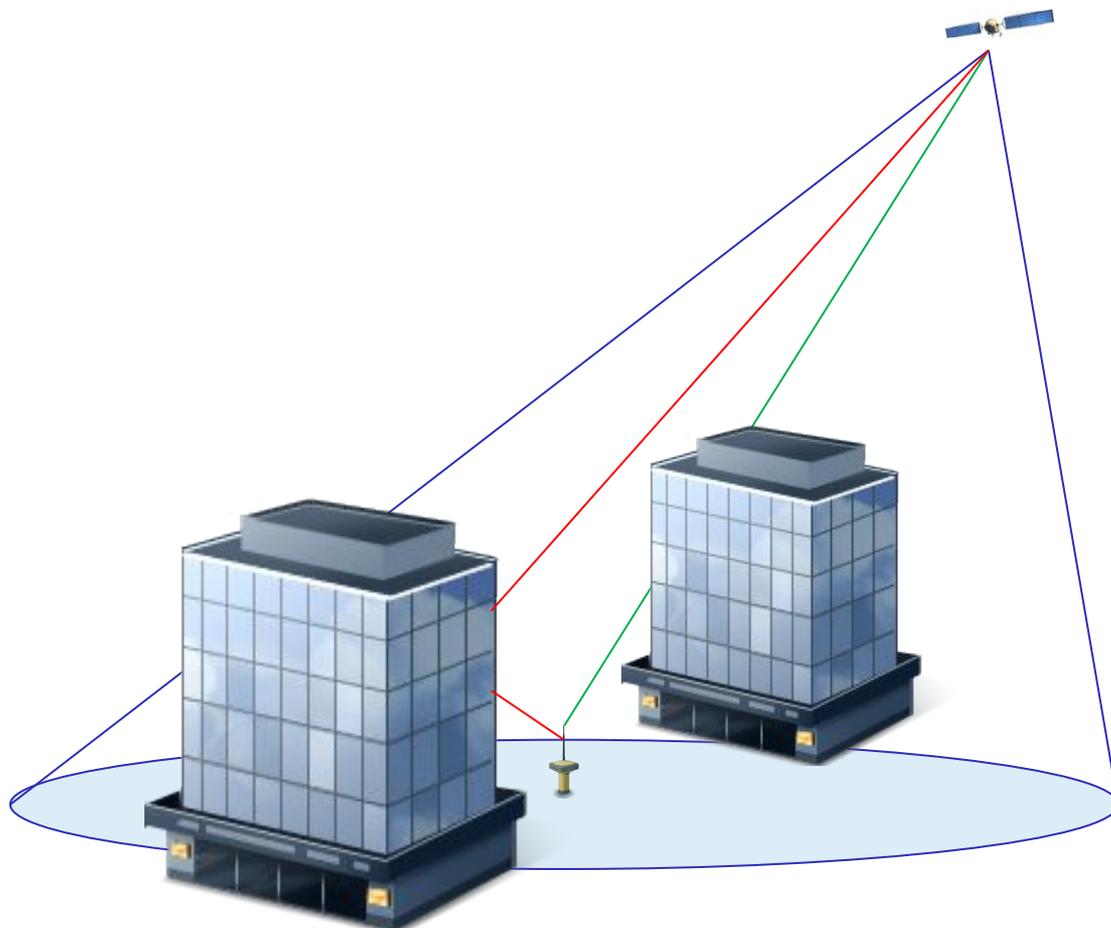
Относительный метод – 1 до 50 мм/км

Ошибка устраняется за счет использования данных получаемых по второй частоте.



# Источники ошибок при ГНСС измерениях

## Многолучевость (многопутность сигнала)



### Величина ошибки

Абсолютный метод – мм...см

Относительный метод – мм...см

Ошибка устраняется за счет правильного выбора мест установки ГНСС приемника, а так же путем исключения спутника из обработки после предварительного анализа.



# Основные виды оборудования ГНСС

## Классификация

### По типу используемой ГНСС

- **Односистемное**
  - GPS
  - ГЛОНАСС
  - Galileo
- **Многосистемное**
  - GPS/ГЛОНАСС
  - GPS/Galileo
  - GPS/ГЛОНАСС/Galileo



# Основные виды оборудования ГНСС

## Классификация

По типу принимаемых сигналов

- Кодовое
- Фазовое





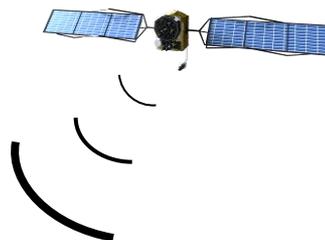
# Основные виды оборудования ГНСС

## Классификация

### По количеству частот

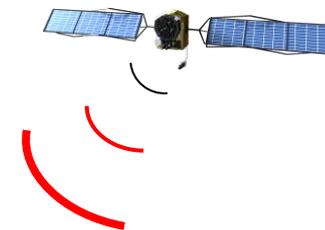
- Одночастотное

- L1



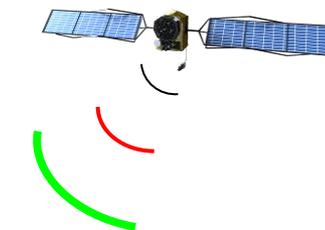
- Двухчастотное

- L1/L2



- Многочастотное

- L1/L2/L5





# Основные виды оборудования ГНСС

## Классификация

По назначению оборудования

- Навигационное
- Геодезическое
- ГИС
- OEM





# Основные виды оборудования ГНСС

Классификация

По конструкции

- Модульное
- Интегрированное
- OEM





# Общий принцип комплектации оборудования

## Статика



- X 2** GNSS приемник
- X 2** Адаптер трегера
- X 2** Трегер
- X 2** Деревянный штатив (тяжелый)

## Дополнительно:



Внешнее питание

# Общий принцип комплектации оборудования

## Быстрая статика



- X 2** GNSS приемник
- X 2** Адаптер трегера
- X 2** Трегер (с оптическим центриром)
- X 2** Деревянный штатив (стандартный)

## Дополнительно:



Внешнее питание



# Общий принцип комплектации оборудования

## RTK база

...или ГНСС приемник  
со встроенными GSM  
и радиомодемами

Адаптер трегера

Трегер (с оптическим  
центриром)

...или внешний радиомодем

Деревянный штатив (стандартный)

## Дополнительно:



Внешнее питание

Внешний  
GSM  
модем...





# Общий принцип комплектации оборудования

## RTK ровер



Веха



ГЛОНАСС/Галилео приемник со встроенными модемами



Прием радиомодема GSM

Полевой контроллер с ПО



Крепление контроллера на веху

## Дополнительно



Внешнее питание



Кабель приемник-контроллер

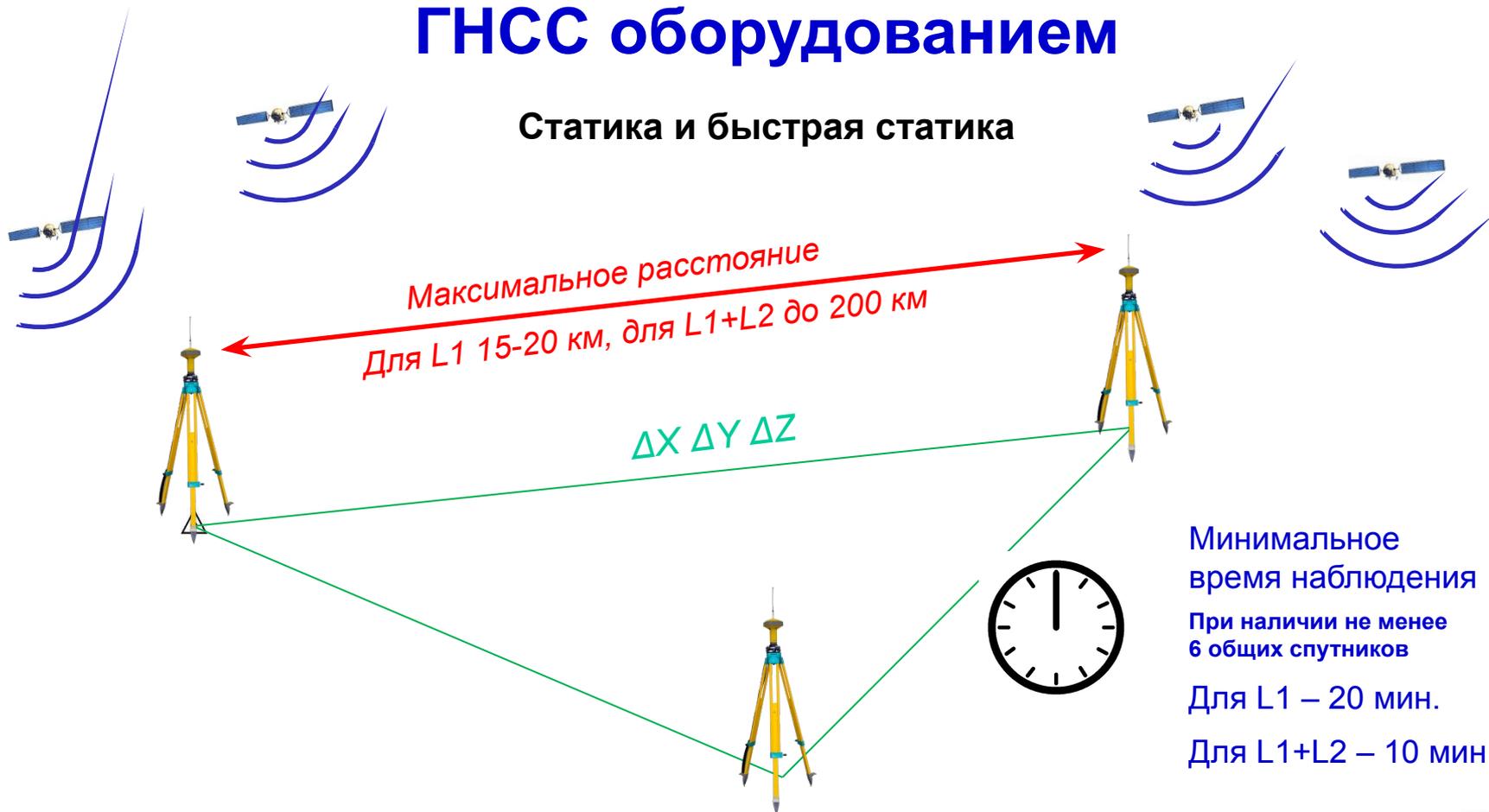


Трипод или бипод



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

## Статика и быстрая статика



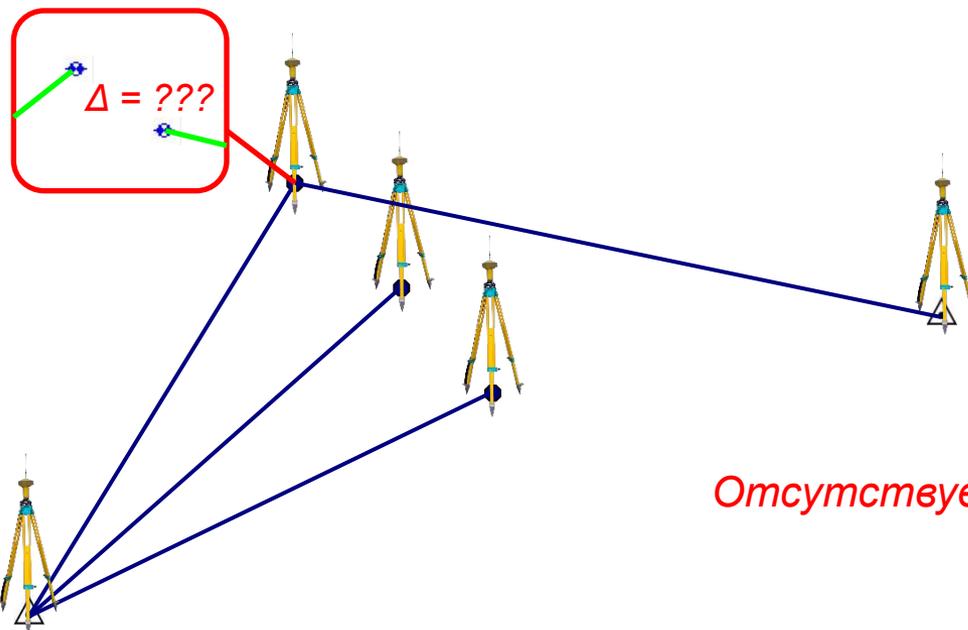
Получение координат – после обработки

Вид работ – создание съемочного обоснования и сгущение сетей



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

Статика и быстрая статика  
Висячие наблюдения (ромашка, веер, висячка и т.п.)

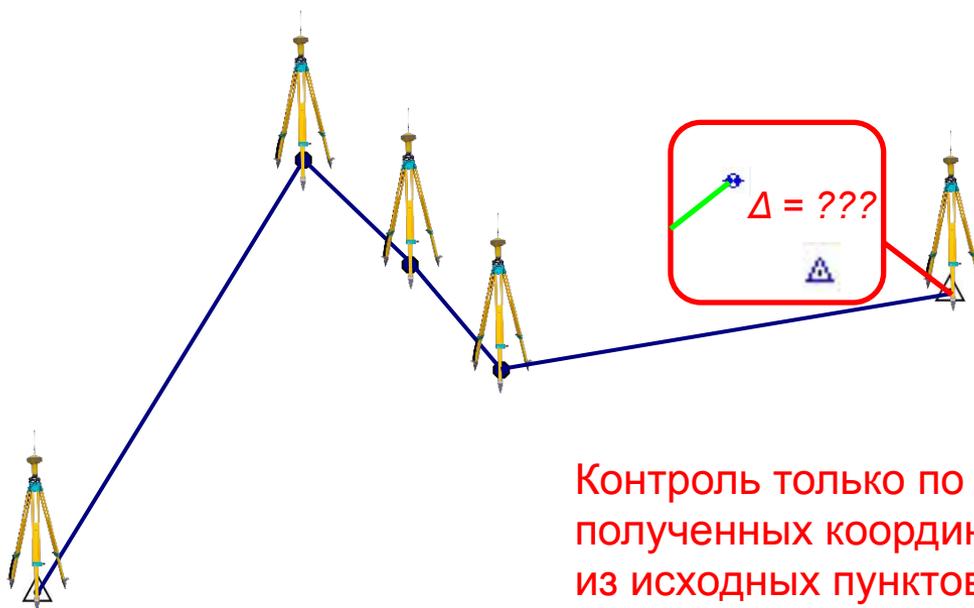


*Отсутствует контроль!*



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

Статика и быстрая статика  
Наблюдения в виде хода

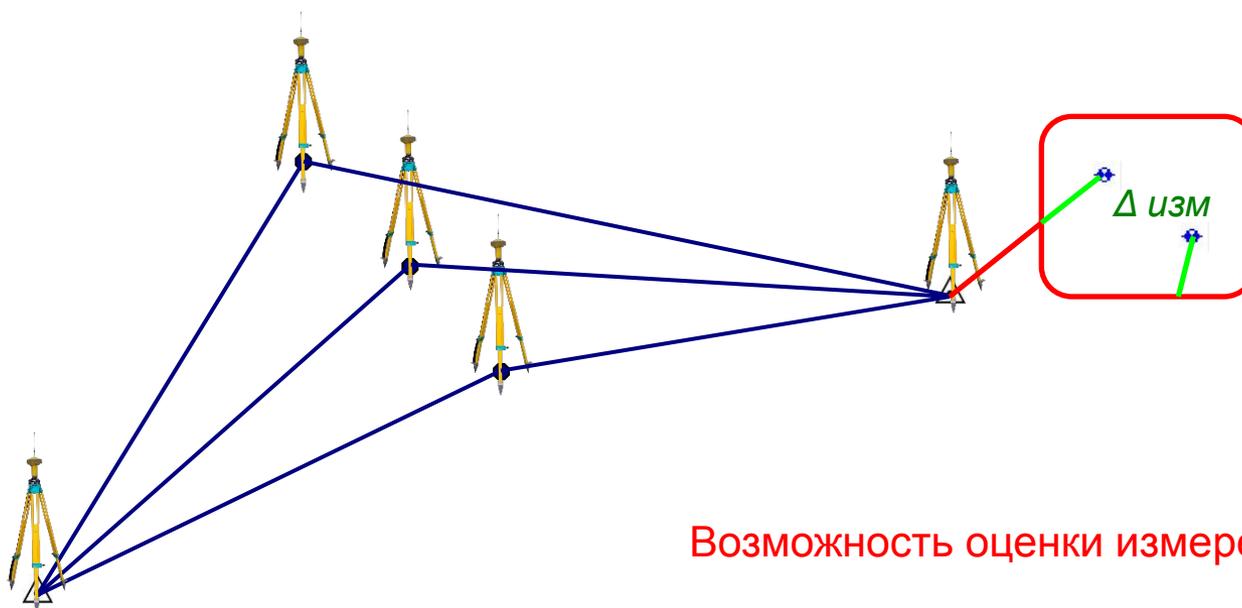


Контроль только по сравнению  
полученных координат одного  
из исходных пунктов.



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

Статика и быстрая статика  
Наблюдения в виде сети

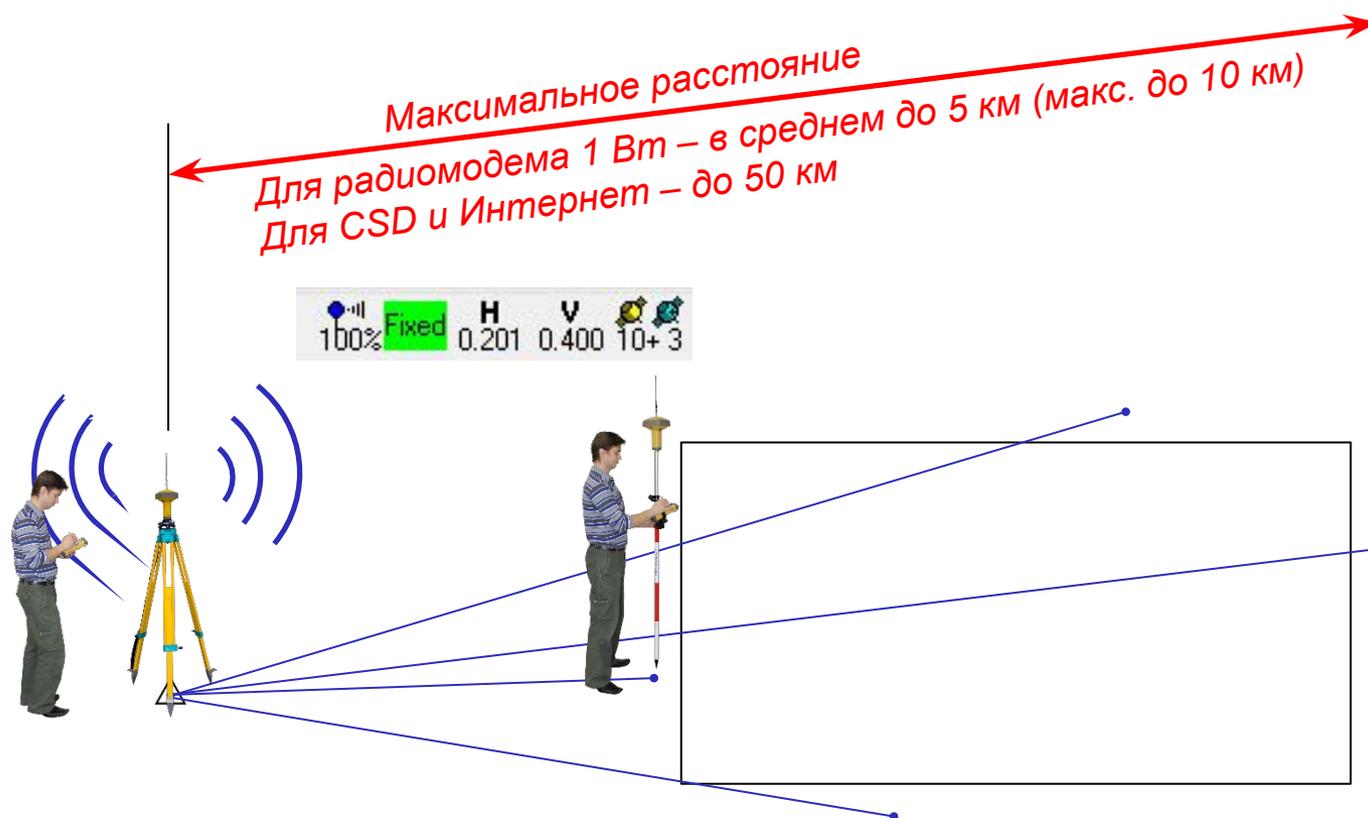


Возможность оценки измерений



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

## Кинематика в режиме реального времени (RTK)



Получение координат – в момент измерения

Доп. условие – передача корректирующей информации

Вид работ – съемка ситуации и рельефа, вынос в натуру

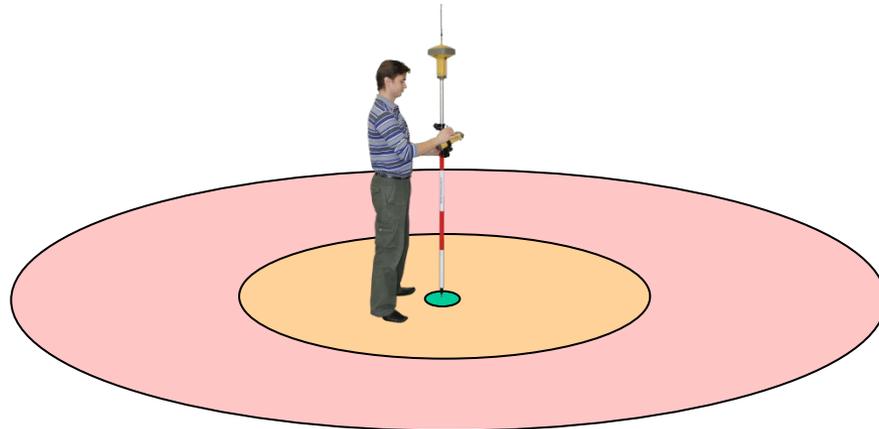


# Виды работ, выполняемых GNSS оборудованием

Кинематика в режиме реального времени (RTK)

Автоподорожесурveillance (Ав(Б)х)

Точность 0,02 метра



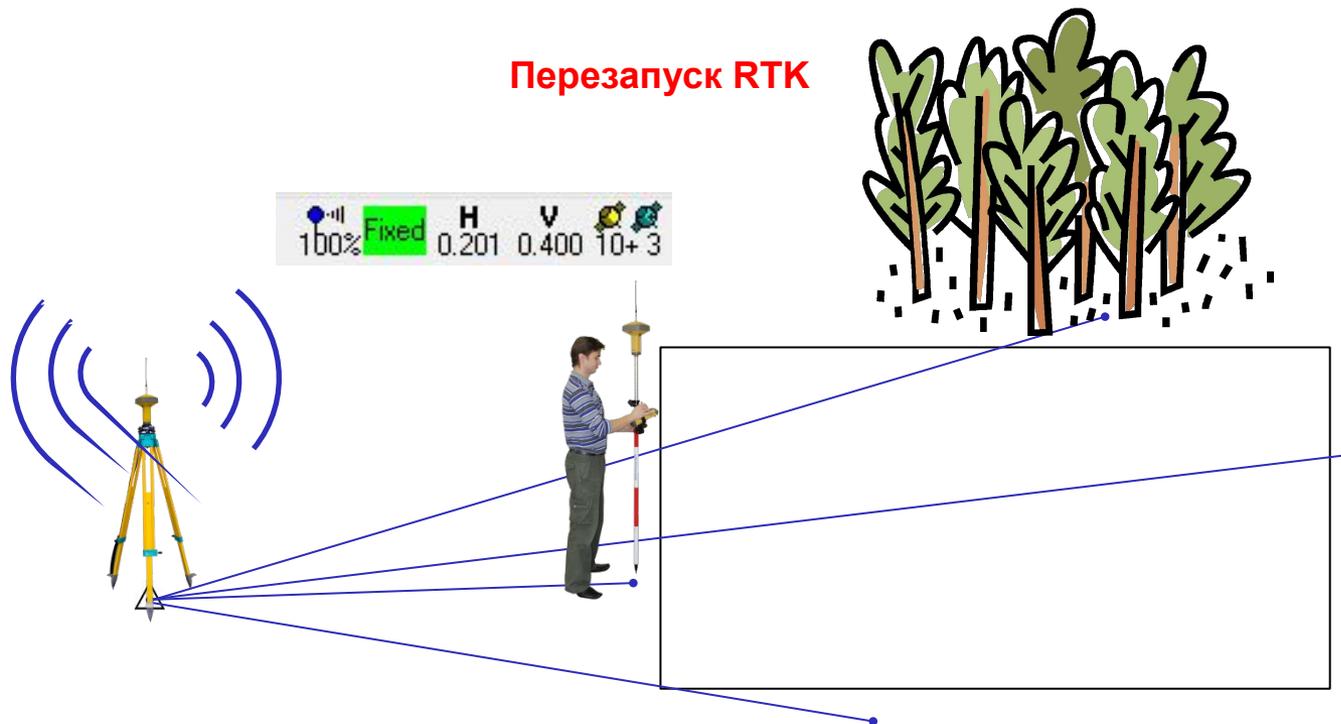
Получение координат – в момент измерения  
Доп. условие – передача корректирующей информации  
Вид работ – съемка ситуации и рельефа, вынос в натуру



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

Кинематика в режиме реального времени (RTK)

Перезапуск RTK

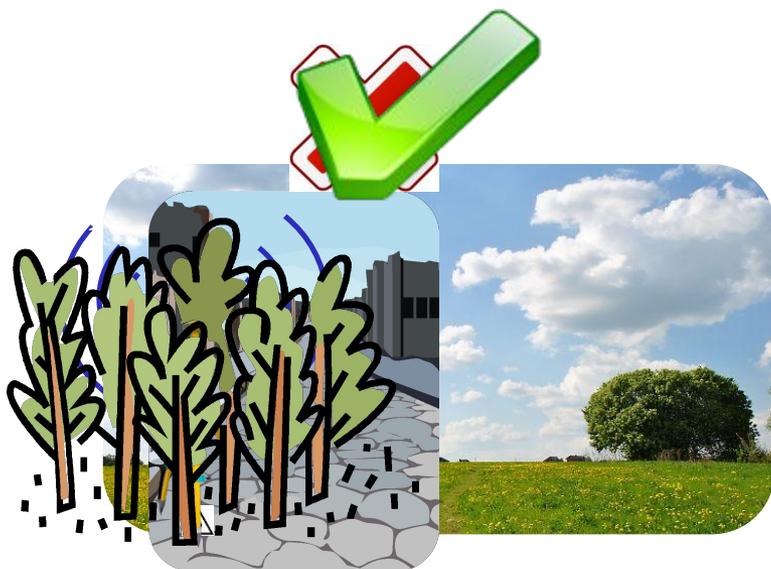


Перезапуск измерений при ухудшении условий наблюдений



# Виды работ, выполняемых GNSS оборудованием

Кинематика в режиме реального времени (RTK)



- Постоянные срывы слеживания спутников
- Малое число спутников
- Многолучевость

Хорошие условия приема сигналов на базовом приемнике.



# Виды работ, выполняемых ГНСС оборудованием

Кинематика в режиме реального времени (RTK)

Обязательные условия:

- Хорошие условия приема сигналов на базовом приемнике (открытая местность с минимальным числом помех)
- Обязательное получение корректирующей информации от приемника, установленного на точке с известными координатами.
- Удаление от приемника на точке с известными координатами не должно превышать: для L1 – 5 км, для L2 – 40-50 км.
- Перезапуск измерений при ухудшении условий наблюдений.



# Методы связи в RTK

## Радиосвязь



До 10 км



1 Вт



До 5 км



До 2 км

### Плюсы:

- Нет оплаты услуг связи
- Работает в любой точке Земли
- Нет ограничения количества подключений

### Минусы:

- Требуется получение разрешительных документов
- Малая дальность работы
- Зависимость от местности



# Методы связи в RTK

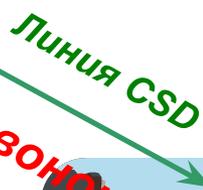
## GSM связь (CSD соединение)



Линия  
занята



Встроенный  
GSM модем



Звонок



### Плюсы:

- Работы на больших расстояниях (до 50 км)

### Минусы:

- Поминутная тарификация
- Зона обслуживания зависит от сотового оператора
- Качество связи сотового оператора влияет на работу
- Количество одновременно работающих подвижных приемников равно числу модемов на базовой станции

# Методы связи в RTK

## Интернет соединение (TCP/IP)

Встроенный  
GSM модем  
или  
сервер



### Плюсы:

- Работы на больших расстояниях (до 50 км)
- Одновременная работа нескольких пользователей (для встроенного модема до 5)
- Тарификация за переданный трафик (до 5 Мб в час)

### Минусы:

- Зона обслуживания зависит от сотового оператора
- Качество связи сотового оператора влияет на работу
- Необходимость получения статического IP для sim-карты установленной на базе



## Стационарна БС



## Сервер



## Плюсы:

- Работы на больших расстояниях (до 50 км)
- Одновременная работа нескольких пользователей
- Тарификация за принятый трафик (до 5 Мб в час)
- Защита от несанкционированного подключения

## Минусы:

- Зона обслуживания зависит от сотового оператора
- Качество связи сотового оператора влияет на работу

***Спасибо за внимание!***

• (495) 921-22-08 • [www.gsi.ru](http://www.gsi.ru)

