

# Российская навигация – что будет завтра? Моделирование состояния координатно- временного обеспечения на территории РФ и мира



РОСКОСМОС

АГАТМ




ИКЦ «СЕВЕРНАЯ КОРОНА»

Елена Крившич, ФГУП «Организация «Агат»  
Андрей Гриценко, Центр «Северная корона»


Москва, 2017 г.

## ТЕКУЩИЕ ТРЕБОВАНИЯ

	ГЛОНАСС 	GPS 	BEIDOU 	GALILEO 
<b>Страна</b>	Россия	США	Китай	ЕС
<b>Зона покрытия</b>	Глобально	Глобально	Регионально - АТР	Глобально
<b>Характеристики:</b>				
<i>Точность в зоне покрытия, м</i>	2	0,7	10*	н/д
<i>Доступность в зоне покрытия, %</i>	95%	95%	90%	н/д

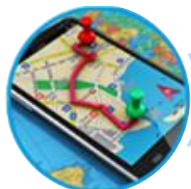
## ТРЕБОВАНИЯ НА 2030 Г

	Глобально	Глобально	Глобально	Глобально
<b>Зона покрытия</b>	Глобально	Глобально	Глобально	Глобально
<b>Характеристики:</b>				
<i>Точность в зоне покрытия, м</i>	0,7	0,1	0,1	0,1
<i>Точность в РФ, м</i>	0,1	0,1	0,1	0,1
<i>Доступность в зоне покрытия, %</i>	65%	84%	81%	85%
<i>Доступность в РФ, %</i>	92%	78%	79%	81%

 - Стадия развертывания

\* Заявленная точность (на практике точность выше)

# Основные потребители услуг ГНСС



## Услуги, основанные на данных о местоположении

- Целевая реклама
- Пространственно-ориентированный доступ к информационным ресурсам
- Геопространственные информационные системы
- Комплексная информация об окружающем пространстве



## Мониторинг

- Мониторинг местоположения людей животных и имущества
- Координация экипажей экстренных служб
- Мониторинг перемещения высокоценных грузов
- Оперативный мониторинг состояния железнодорожных путей



## Геодезия и картография

- Геодезическая съемка
- Кадастровые работы, межевание
- Поддержка проведения инженерных работ и строительства
- Актуализация карт и планов



## Строительство

- Автоматизированное управление строительной техникой
- Дорожные строительные работы
- Прокладке коммуникаций, трубопроводов и др.
- Строительство и ремонт железнодорожных путей



## Досуг и отдых

- Пеший туризм
- Рыбная ловля, охота
- Лодочный спорт
- Прокладке маршрутов путешествий
- Персональные аварийные маяки



## Наземный транспорт

- Автономное построение маршрутов движения
- Интеллектуальные транспортные системы
- Оперативный мониторинг состояния железнодорожных путей



## Сельское хозяйство

- Оптимизация посадки, полива и сбора урожая
- Повышение эффективности опыления посевов
- Обслуживание сельскохозяйственной техники



## Авиация

- Заход и посадка по категориям ИКАО
- Маршрутная навигация
- Повышение безопасности вертолетождения
- Навигация беспилотных летательных аппаратов



## Космос

- Отслеживания средств выведения
- Высокоточное определение орбит космических аппаратов
- Определение ориентации космического аппарата относительно Солнца



## Водный транспорт

- Подход и маневрирование в портах, на внутренних водных путях
- Навигация на внутренних водных путях
- Мониторинг и учёт флота



## Окружающая среда

- Мониторинг деформаций Земли
- Мониторинг параметров вращения Земли
- Мониторинг состава и состояния тропосферы и ионосферы
- Мониторинг водных и лесных ресурсов
- Добыча полезных ископаемых



## Связь и синхронизация

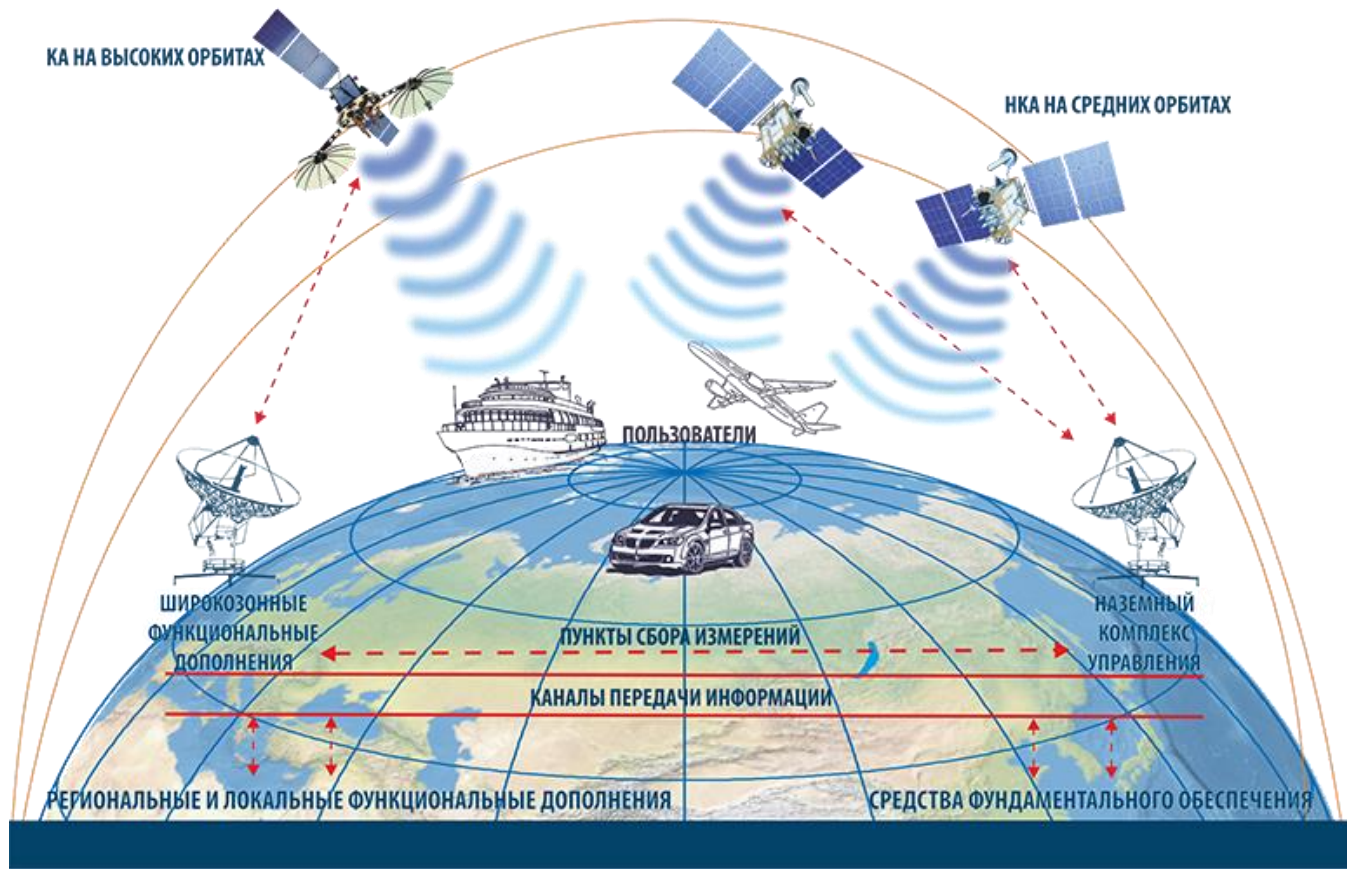
- Синхронизация работы линий электропередач
- Синхронизация средств связи и телекоммуникаций
- Синхронизация времени разнесённых в пространстве потребителей
- Всемирное скоординированное время (UTC)

# Существующие и перспективные КА Глонасс



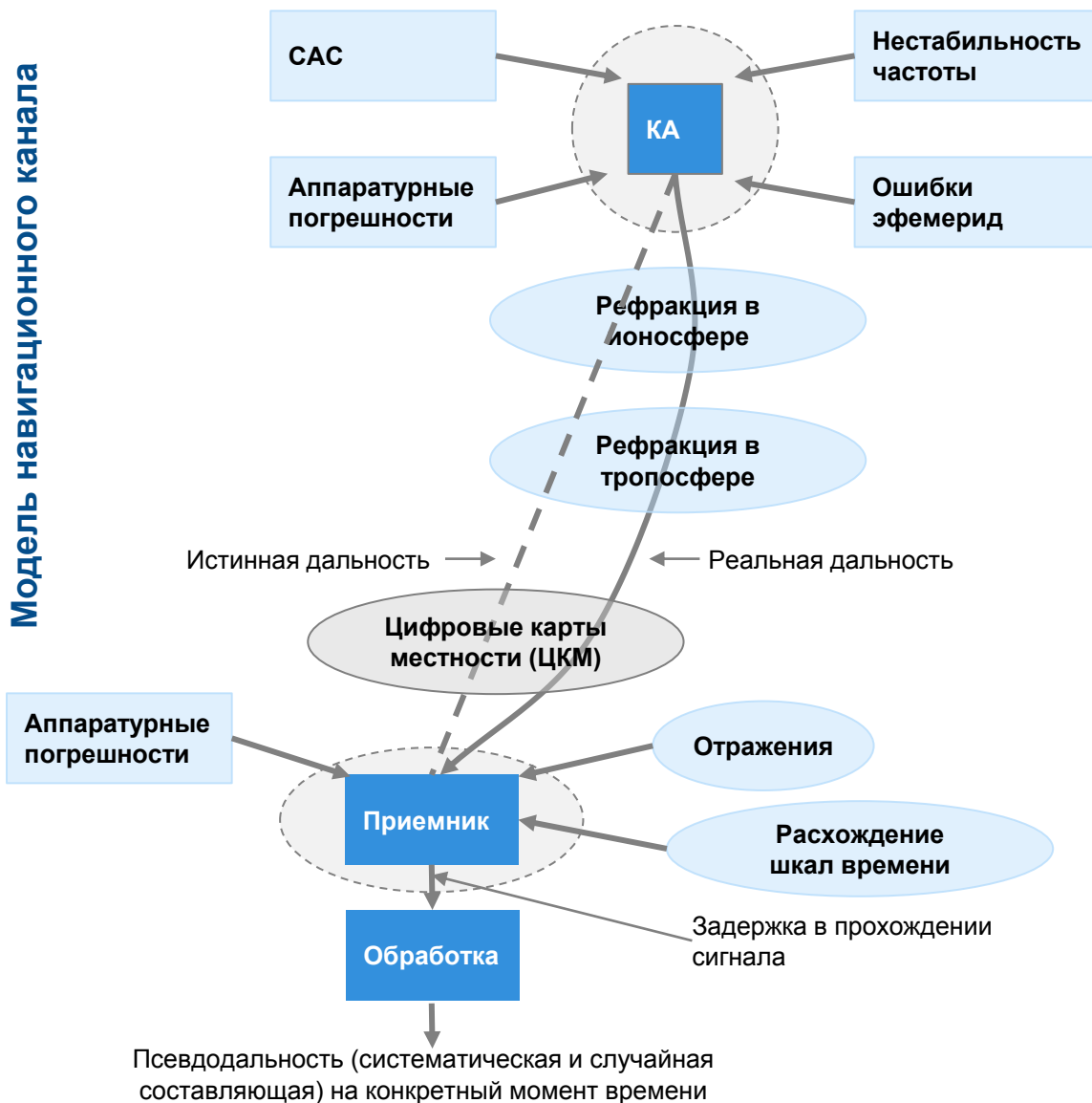
Характеристики	КА «ГЛОНАСС»	КА «ГЛОНАСС-М»	КА «ГЛОНАСС-К»	КА «ГЛОНАСС-К2»
Годы развертывания	1982-2005	2003-2016	2011-2018	После 2017
Состояние	Выведен из эксплуатации	В эксплуатации	В разработке на основе проведенных ЛИ	В разработке
Параметры орбиты (рассматриваются вопросы развития ОГ ГЛОНАСС после 2020 года)		Круговая Высота – 19 100 км Наклонение – 64,8° Период обращения – 11 ч 15 мин 4 с		
Количество КА в ОГ (по целевому назначению)		24		
Количество орбитальных плоскостей		3		
Количество КА в каждой плоскости		8		
Используемые средства выведения		РН «Союз 2.1б», РН «Протон-М»		
Гарантированный срок активного существования, лет	3,5	7	10	10
Масса КА, кг	1 500	1 415	935	1 600
Габариты КА, м		2,71x3,05x2,71	2,53x3,01x1,43	2,53x6,01x1,43
Энергопотребление, Вт		1 400	1 270	4 370
Тип исполнения КА	Герметизированный	Герметизированный	Негерметизированный	Негерметизированный
Суточная нестабильность БСУ, в соответствии с ТЗ/фактическая	$5 \cdot 10^{-13} / 1 \cdot 10^{-13}$	$1 \cdot 10^{-13} / 5 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-13} / 5 \cdot 10^{-14}$	$1 \cdot 10^{-14} / 5 \cdot 10^{-15}$
Тип сигналов	FDMA	В основном FDMA (CDMA на КА 755-761)	FDMA и CDMA	FDMA и CDMA
Сигналы с открытым доступом (для сигналов FDMA приведено значение центральной частоты)	L1OF (1602 МГц)	L1OF (1602 МГц) L2OF (1246 МГц) начиная с №755: L3OC (1202 МГц)	L1OF (1602 МГц) L2OF (1246 МГц) L3OC (1202 МГц) начиная с №17Л: L2OC (1248 МГц)	L1OF (1602 МГц) L2OF (1246 МГц) L1OC (1600 МГц) L2OC (1248 МГц) L3OC (1202 МГц)
Сигналы с санкционированным доступом	L1SF (1592 МГц) L2SF (1237 МГц)	L1SF (1592 МГц) L2SF (1237 МГц)	L1SF (1592 МГц) L2SF (1237 МГц) начиная с №17Л: L2SC (1248 МГц)	L1SF (1592 МГц) L2SF (1237 МГц) L1SC (1600 МГц) L2SC (1248 МГц)
Наличие межспутниковых линий связи	–	+	+	+
▪ Радио оптическая	–	–	–	+
Наличие системы поиска и спасения	–	–	+	+

# Структура космического комплекса ГЛОНАСС



# Оценка качественных характеристик ГНСС «Глонасс»: модель канала

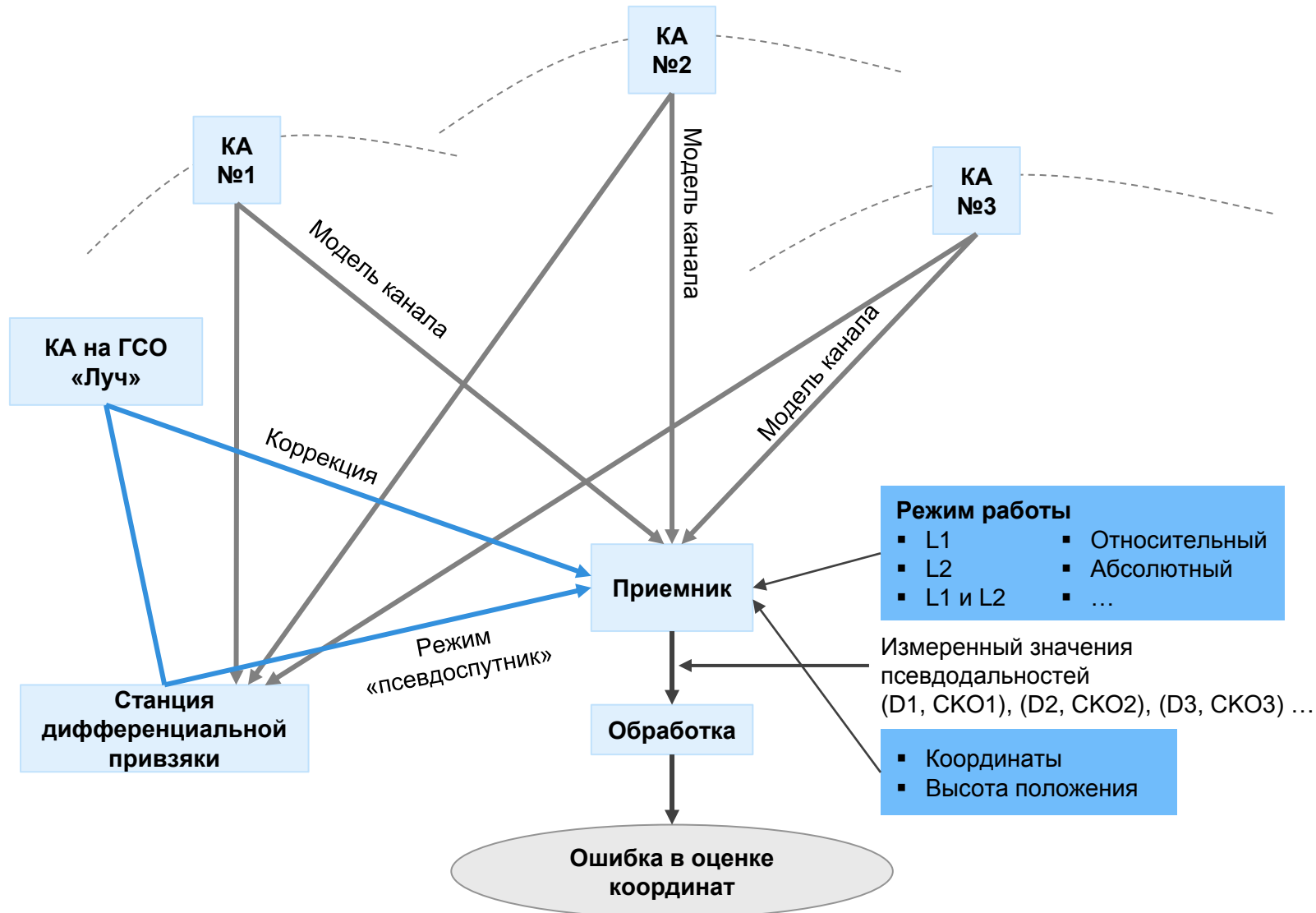
Модель навигационного канала



## Особенности

- Учет всех основных составляющих суммарной ошибки измерения псевдодальности
- Учет детальных характеристик каждого КА
- Учет режимов работы аппаратуры потребителя

# Оценка качественных характеристик ГНСС «Глонасс»: работа системы



## **А** Геометрический фактор

- Пространственно-временной (GDOP)
- Пространственный (PDOP)
- Горизонтальный (HDOP)
- Вертикальный (VDOP)
- Временной (TDOP)

## **Б** Среднеквадратическое отклонение

- Пространственных координат (UPNE)
- Горизонтальных координат (UHNE)
- Вертикальных координат (UVNE)
- Оценки времени (UTE)

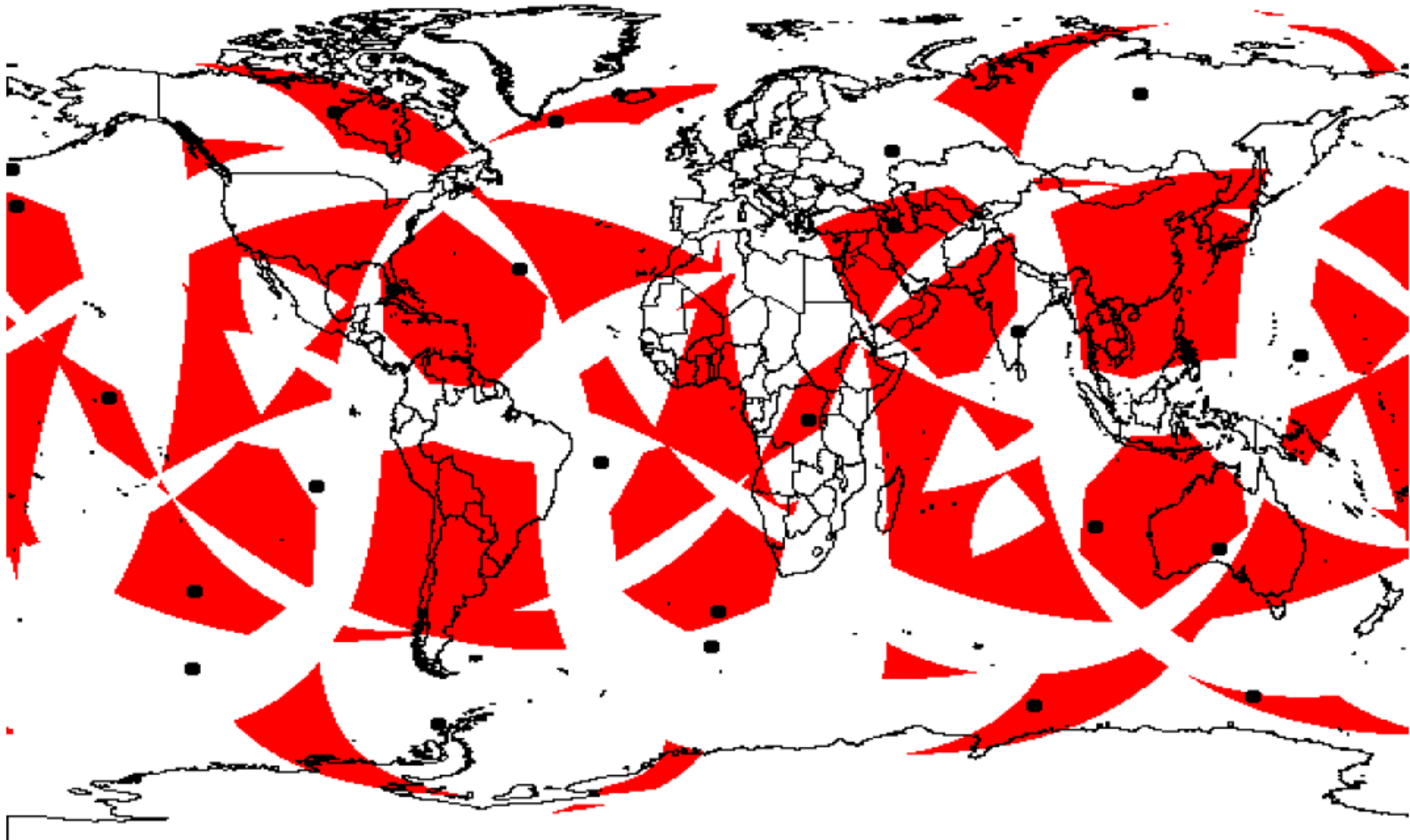
## **Особенности**

- Состояние КА учитывается по бинарному принципу «Да/нет» - «активен» или «не активен»
- Детальные характеристики аппаратуры каждого КА - не учитываются
- Оценка точностных характеристик системы выполняется на основе «ГФ» и обобщенного параметра «СКО измерения псевдодальности»
- Позволяет оперативно и при минимальных исходных данных получить оценки качества покрытия навигационным (и временным) полем, на выходе - мгновенные и интегральные карты покрытия, СКО в зонах покрытия и т.д.
- Позволяет учесть перекрытия на КА по цифровым картам местности (ЦКМ)
- Учет работы сети станций дифференциальной привязки – возможен в «грубом» режиме
- Модель оптимальна для получения экспресс-оценки качественных характеристик ГНСС и вероятного сценария их изменений



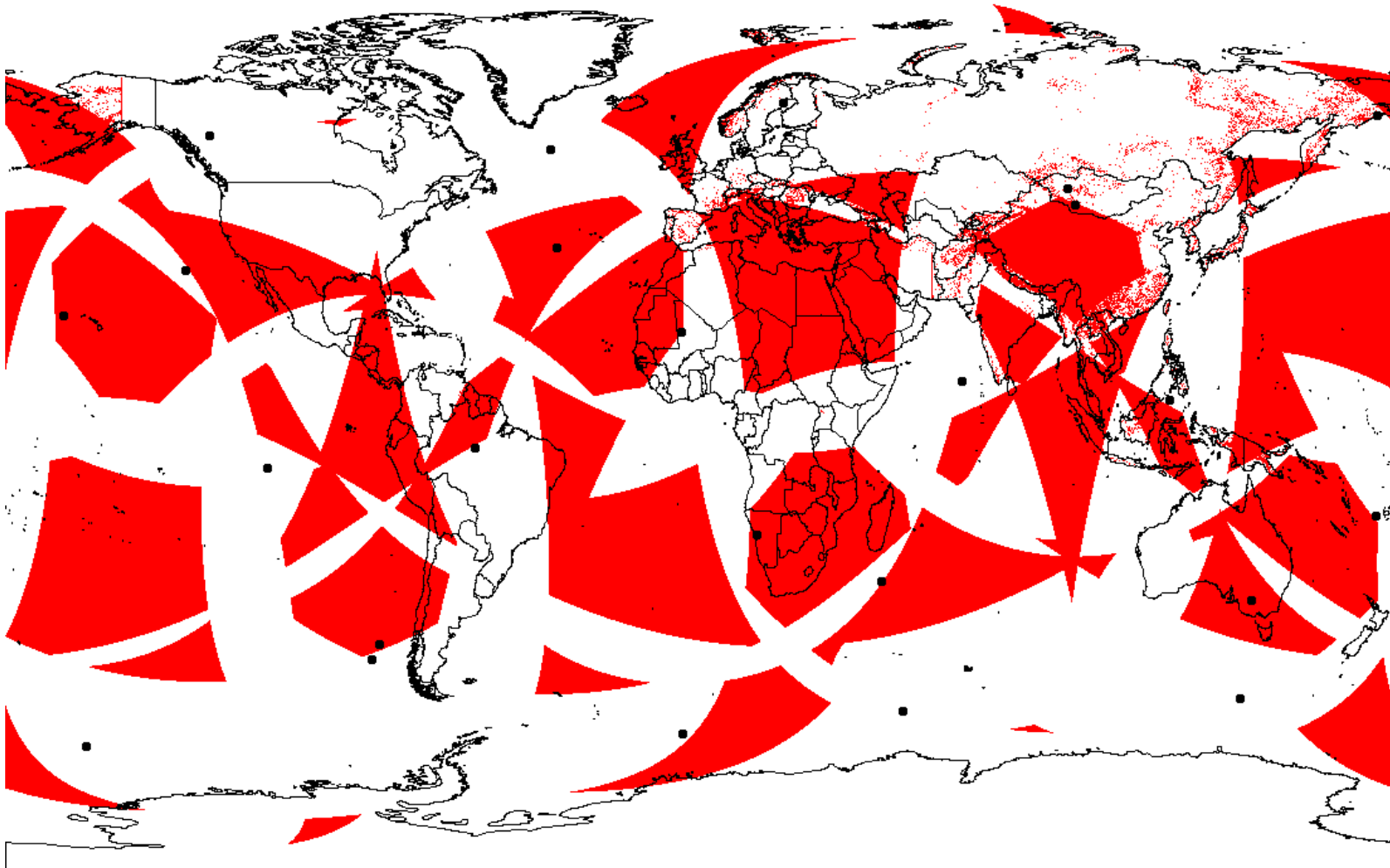
# Результаты моделирования: мгновенная доступность без учета карт местности

УМ > 5 град без учета ЦКМ



# Результаты моделирования: мгновенная доступность с учетом карт местности

УМ > 5 град с учетом ЦКМ (карты формата SRTM3, территория Евразии)



# Уточнение оценки качества навигационного поля – дальнейшие планы

## Особенности

- Детализация всех составляющих ошибок, определяющих координатно-временные определения у потребителя
- Учет состояния аппаратуры каждого КА
- Учет работы сети станций дифференциальной привязки
- Оценка интегральной доступности
- Оценка зон видимости и координатно-временного обеспечения в условиях города (с учетом городской застройки)

