



ОАО «АВИАЦИЯ И ПРИКЛАДНАЯ ЭКОЛОГИЯ»



Использование систем высокоточного позиционирования на базе технологий глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) в задачах маркшейдерско-геодезического обеспечения недропользования

ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

«Промышленная безопасность и геолого-маркшейдерское обеспечение работ при добыче углеводородного сырья»

25 февраля - 1 марта 2013 года, г. Тюмень, ул. Орджоникидзе, 46, отель «Тюмень»

СОДЕРЖАНИЕ

- 1) Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП).
- 2) Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах.
- 3) Современные задачи маркшейдерско-геодезического обеспечения недропользования, решаемые с использованием СТП.
- 4) Подход TRIMBLE к реализации СТП. Опыт реализации второй очереди СТП Ямало-Ненецкого автономного округа.

1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)

ГНСС (GNSS) –

международная глобальная навигационная спутниковая система

Находится в ведении Международного комитета по ГНСС (МКГ) - [International Committee on Global Navigation Satellite Systems](#) (ICG)

Состав ГНСС

4 национальных ГНСС:

GPS - США, ГЛОНАСС – Россия, GALILEO – ЕС, COMPASS – Китай

2 региональные навигационные спутниковые системы (РНСС):

IRNSS (Indian Regional Navigation Satellite System - Индия)

QZSS (Quasi-Zenith Satellite System – Япония)

Чтобы отличить международную ГНСС от национальных ГНСС, первую в рамках дискуссий МКГ стали называть МГНСС (IGNSS) или мульти-ГНСС.

1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)

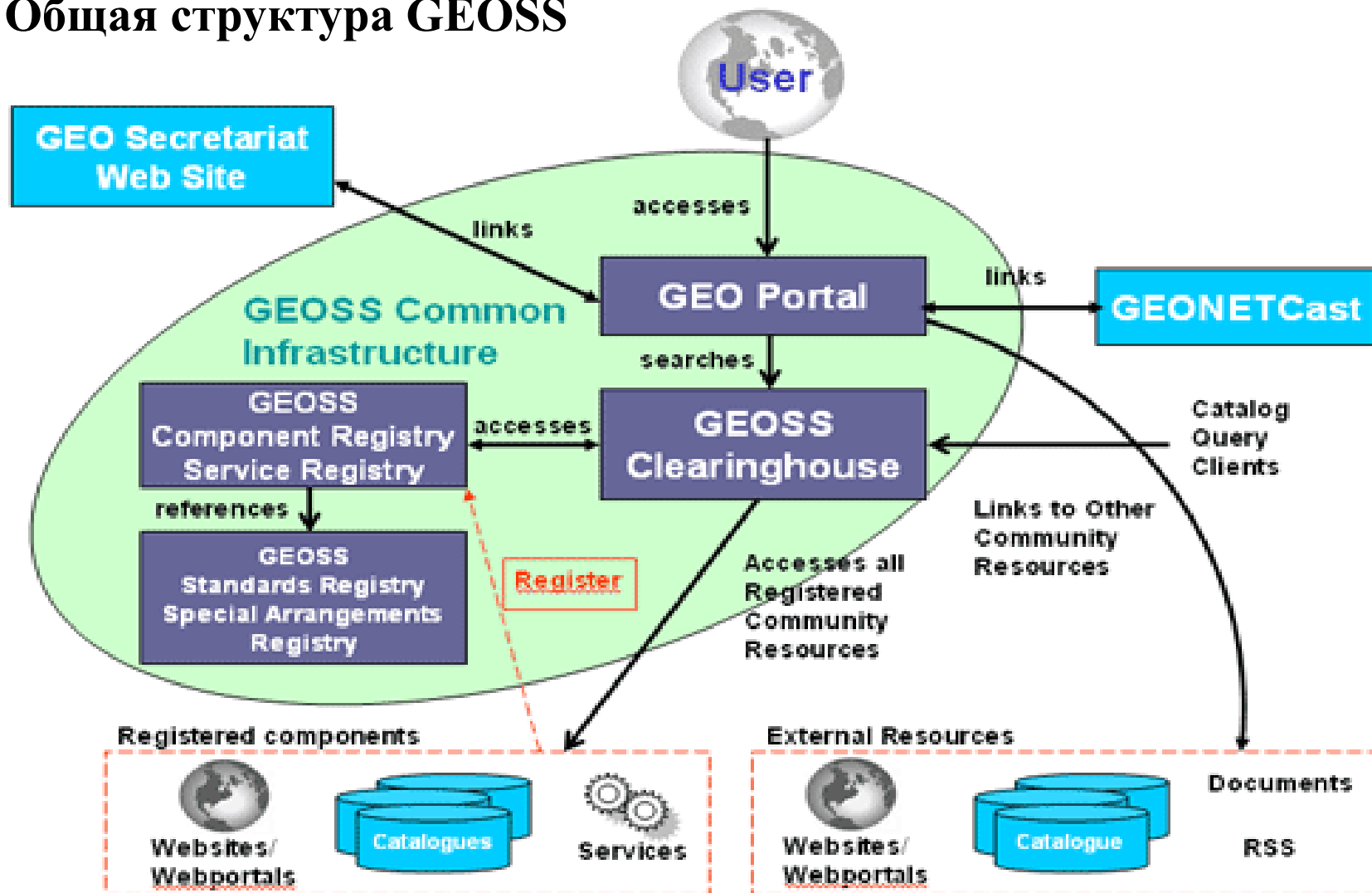
Согласно прогнозам МКГ уже через **5-7 лет** МГНСС будет включать в себя не менее **ста** навигационных КА, связанных с **сотнями** связных КА, **десятками КА** дистанционного зондирования Земли (ДЗЗ), **Интернетом** и **сотнями миллионов** потребителей.

На базе указанных КА международным сообществом под эгидой ООН активно развиваются **десятки систем** наблюдения Земли, объединённых в Глобальную систему систем наблюдения Земли ([ГЧЗ](#)) - Global Earth Observing System of Systems ([GEOSS](#))

Одна из систем наблюдения Земли, входящих в [ГЧЗ](#), - Глобальная геодезическая система наблюдений ([ГГЧН](#)) –
Global Geodetic Observing System ([GGOS](#)) -,
основу которой составляет МГНСС

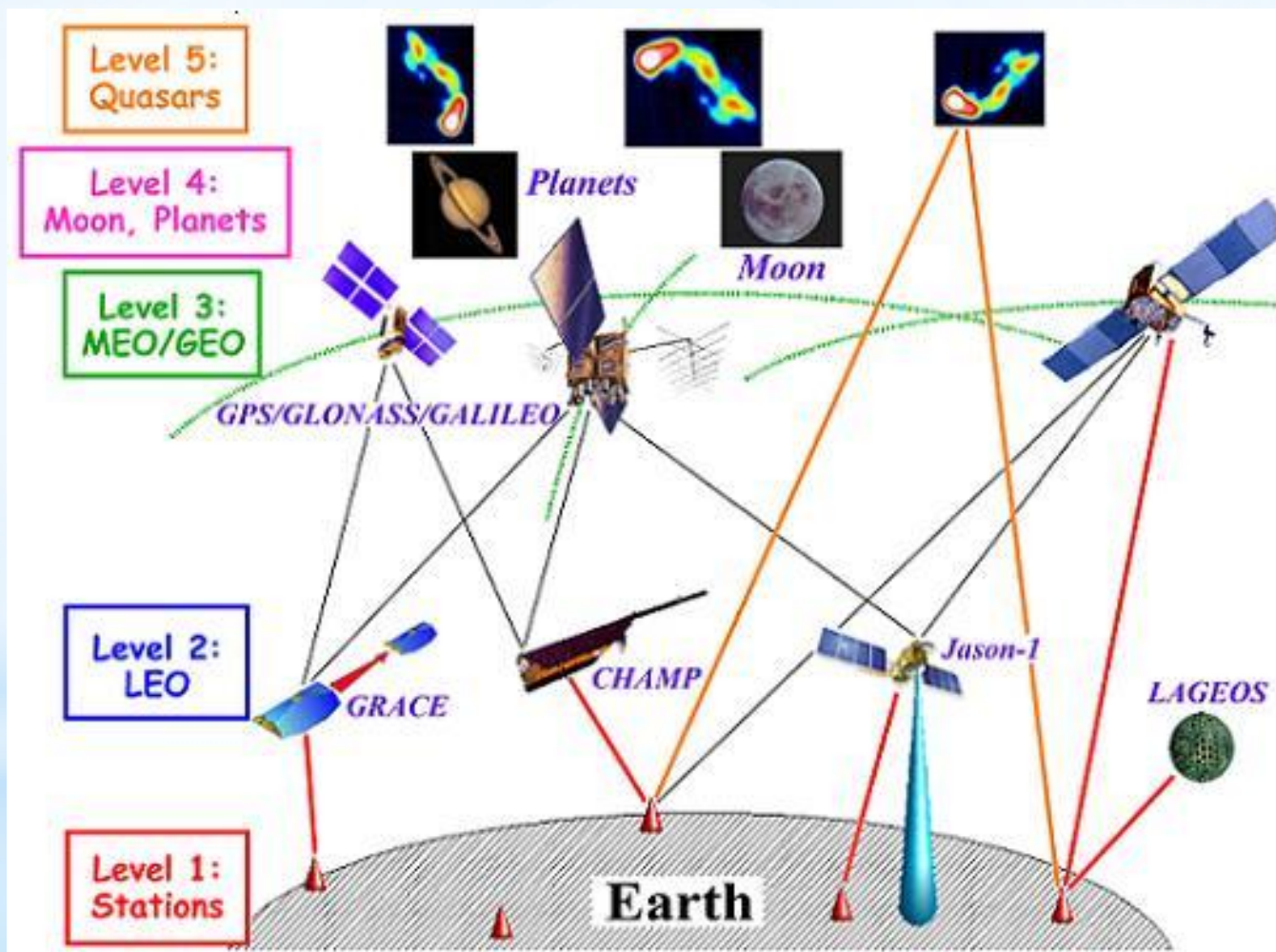
1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)

Общая структура GEOSS



1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)

ГГСН. Уровни инфраструктуры



**1. Краткий обзор современного состояния ГНСС.
Понятие системы точного позиционирования (СТП)**

«Штатный» режим дифференциальной навигации – DGPS (DGNSS) *имеет
многие ограничения*

Режим непосредственного использования измерений
«фазы несущей»

Несущим радиосигналам ГНСС (длина волны порядка $\lambda = 20$ см)
и кратковременной стабильности частоты ОГ (10^{-13})

соответствует

миллиметровая точность слежения за фазой несущей
(1^0 в фазовой мере, т.е. $1/360$ от λ)
в следящих фильтрах ГНСС-приемников

1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)

Выделение «чистой» фазы из ПШС
(классический вариант – применение квадратуры ПШС)

Метод структурных функций,
названный применительно к ГНСС методом 1-х, 2-х и 3-х (k-х) разностей

Разрешение неоднозначности измерений на фазе несущей

Геодезическая задача

определение длин геоцентрических векторов, соединяющих два ГНСС-приёмника, с погрешностью единиц сантиметров, и если один из ГНСС-приёмников находился на точке с известными координатами, то с сантиметровой точностью эти координаты «передаются»
на точку стояния второго приёмника

1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)

Ограничения геодезической задачи

- 1.) необходимость одновременно наблюдать обоими ГНСС-приёмниками одного и того же КА ГНСС на достаточно длинном временном интервале (в несколько десятков минут)
- 2.) неучтённая часть влияния атмосферы

Преодоление ограничений геодезической задачи

- 1.) разработка технологий определения высокоточных орбит КА ГНСС и высокоточных координат опорных наземных пунктов (ОНП) (пункты сети IGS), с которых постоянно наблюдаются КА ГНСС
- 2.) разработка моделей и технологий учёта атмосферы

**1. Краткий обзор современного состояния ГНСС.
Понятие системы точного позиционирования (СТП)**

PPP (precise point positioning)

Метод определения высокоточных координат точек по фазовым наблюдениям ГНСС с использованием высокоточных координат КА ГНСС и высокоточных координат ОНП

Использование метода DGNSS дало начало разработке и использованию различных систем высокоточного позиционирования (СТП)

Разработка и развитие метода PPP – выходу СТП на качественно новый уровень высокоточного позиционирования, прежде всего, связанный с устранением большинства ограничений метода DGNSS

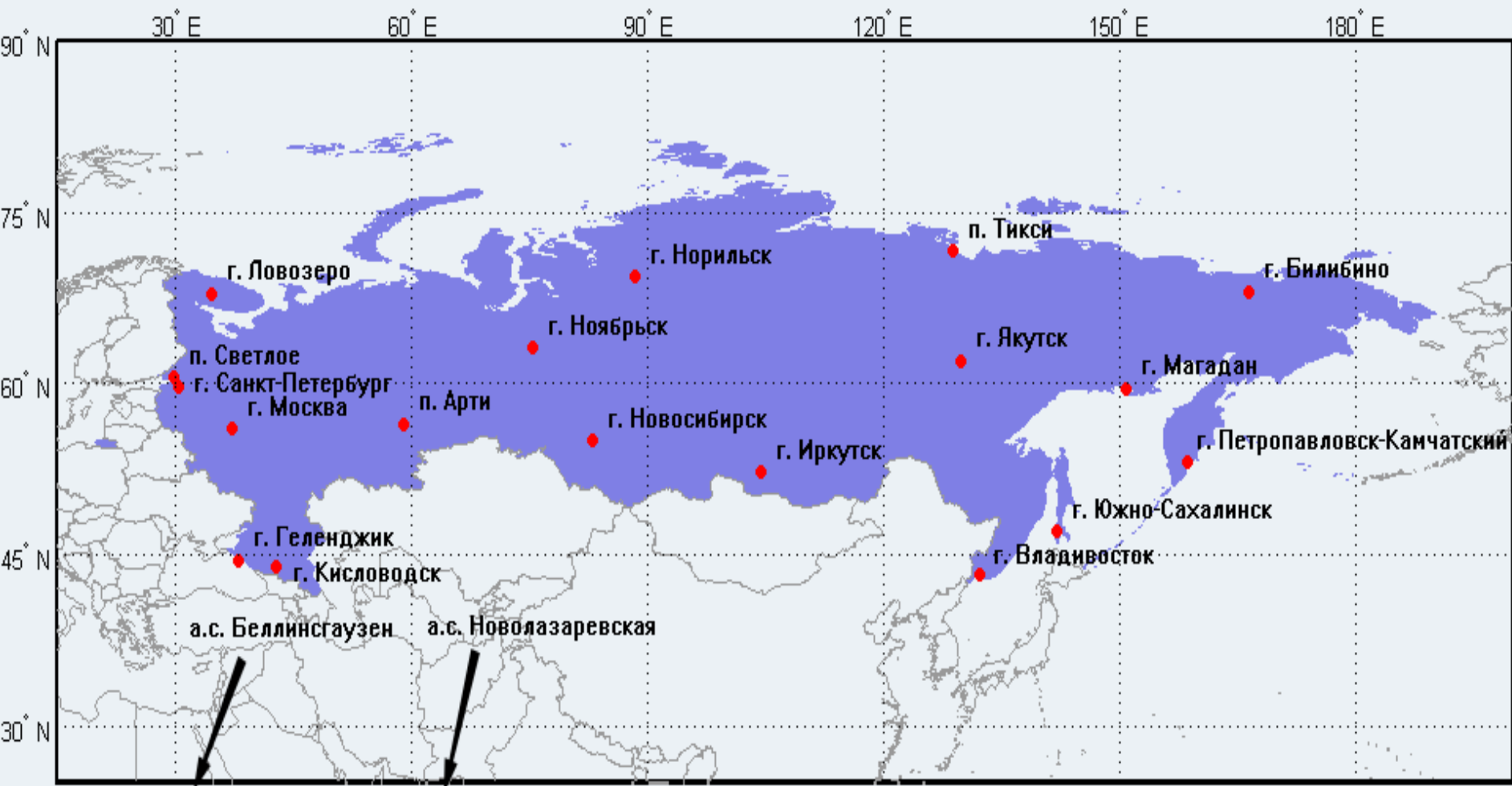
**1. Краткий обзор современного состояния ГНСС.
Понятие системы точного позиционирования (СТП)**

**DGNSS-сервис высокоточного местоопределения (ВМ) Российской
системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ)**

Сервис ВМ предназначен для определения абсолютных координат неподвижных потребителей на основе обработки измерений ГНСС ГЛОНАСС/GPS с использованием эфемеридно-временной информации СДКМ.

Размещение станций СДКМ

1. Краткий обзор современного состояния ГНСС.
Понятие системы точного позиционирования (СТП)



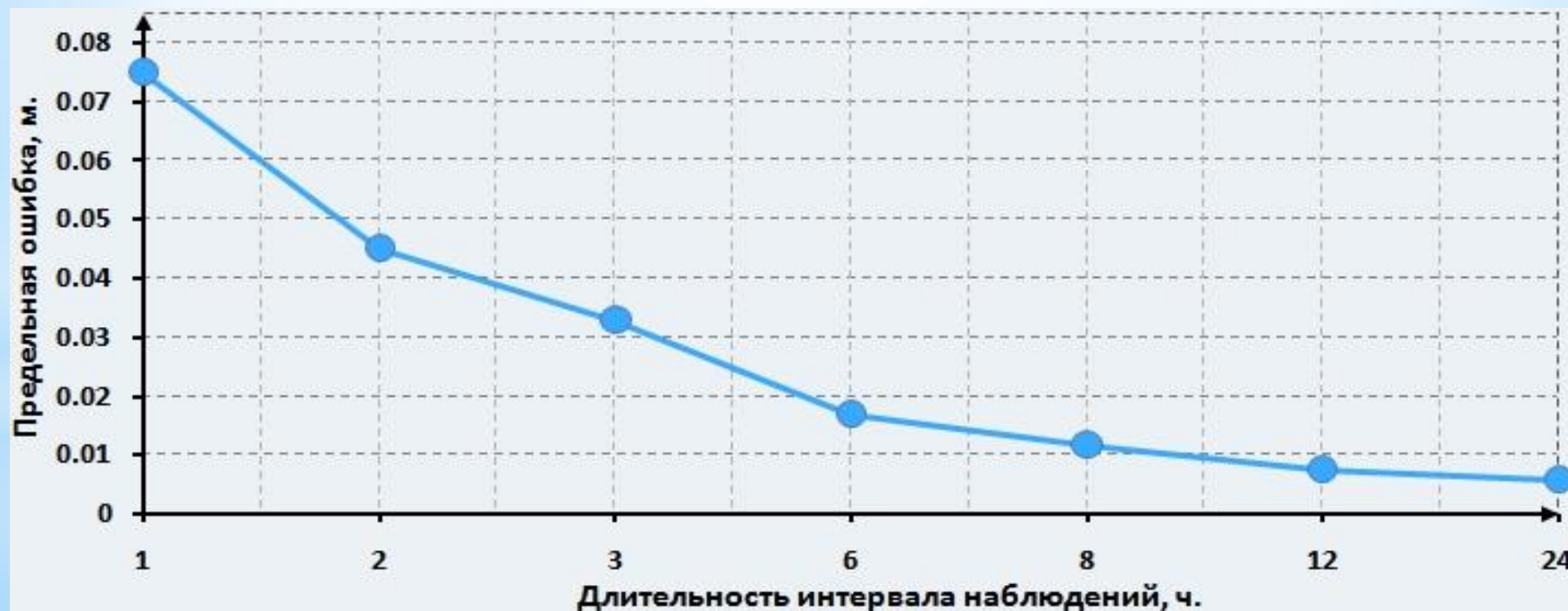


1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)

Высокоточное местоопределение по ГНСС ГЛОНАСС/GPS

Сервис высокоточного местоопределения (ВМ) предназначен для определения абсолютных координат неподвижных потребителей на основе обработки измерений ГНСС ГЛОНАСС/GPS с использованием эфемеридно-временной информации СДКМ.

Доступ к сервису высокоточного местоопределения для потребителей осуществляется с помощью программы "ВМ СДКМ". После установки программы на компьютер пользователя с доступом к сети Интернет необходимо выбрать файл с навигационными измерениями в формате RINEX и нажать кнопку "Обработать". Через несколько минут после загрузки и обработки файла на сервере СДКМ в окне программы отобразятся уточненные координаты.



1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)



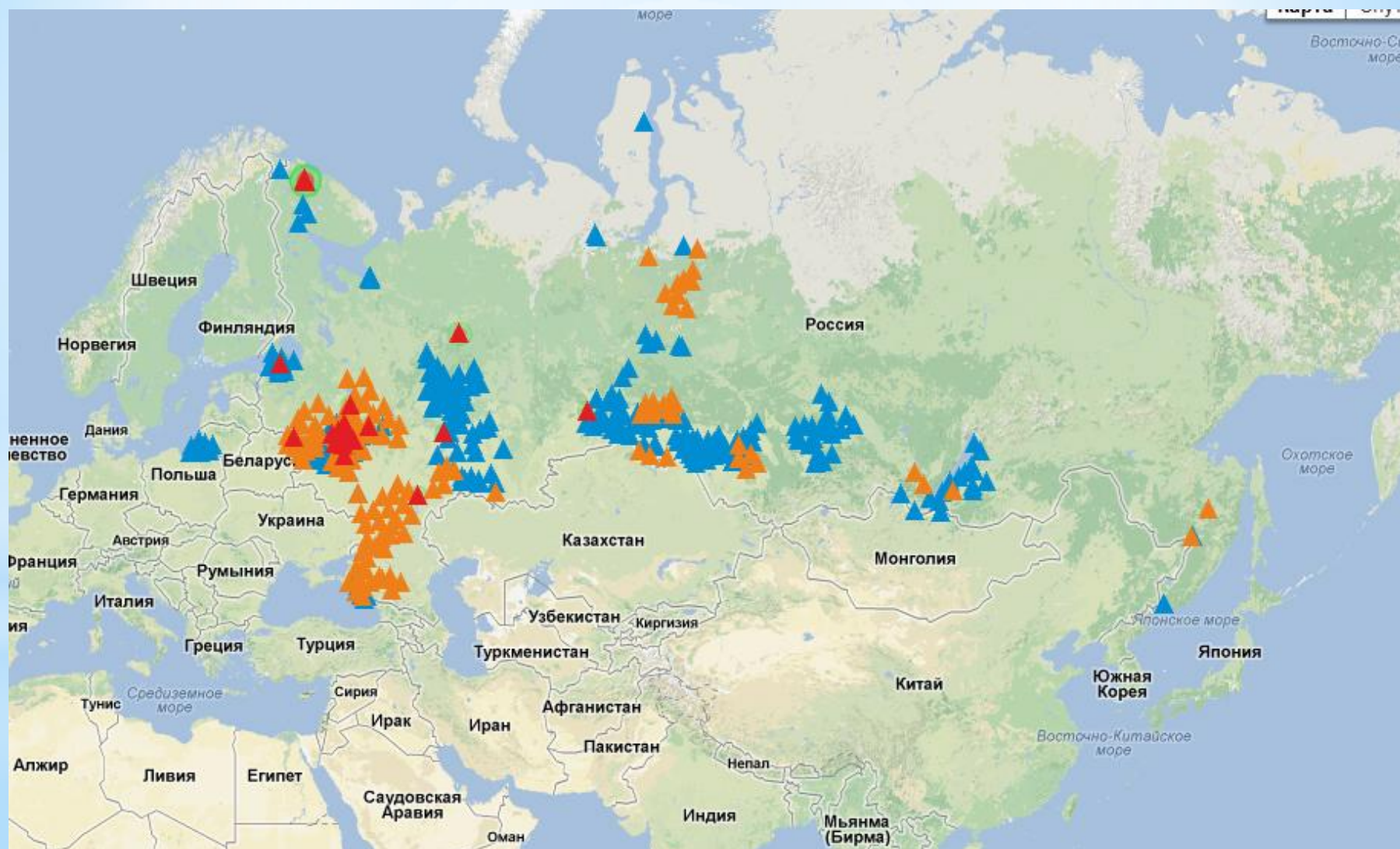
DGNSS-сервис дифференциальной коррекции (СДК) «Data X-change/Клуб обмена данными» компании «Руснавгеосеть»

Сервис СДК предназначен для обеспечения потребителей дифференциальными навигационными поправками внутри зоны покрытия навигационного поля Сети, состоящей из базовых станций, принадлежащих Операторам.

Клуб обмена данными – сообщество операторов, предоставляющих друг другу поправки с принадлежащих им базовых станций. При подключении одной станции, оператор получает доступ к данным, передаваемым любой другой станцией, подключенною к сервису. После года использования сервиса, оператор может выбрать другую станции для получения данных.

Размещение станций СДК

1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)



1. Краткий обзор современного состояния ГНСС. Понятие системы точного позиционирования (СТП)



Преимущества операторского обмена

Подключение к сервису Data X-change даст оператору следующие возможности:

- увеличение зоны покрытия собственной сети или одиночной станции;
- выбор оптимальной конфигурации станций в зависимости от основного вида работ;
- надежное сетевое решение;
- три одновременных RTK-подключения (но не более 10, если в состав сети оператором Клуба подключено более 3 базовых станций);
- неограниченный объем данных для постобработки на всей площади покрытия сети меж операторского обмена с возможностью выбора станций - источников поправок;

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

Политика МКГ

национальные ГНСС предоставляются государствами-
собственниками мировому сообществу вместе с входящими в эти
ГНСС национальными геоцентрическими системами координат
(ГСК)

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

Данные МКГ о национальных ГНСС и входящих в них национальных ГСК

Страна	ГНСС	Полная эксплуатационная готовность (год)	Геоцентрическая система координат
США	GPS	1995	WGS84 (в версии WGS-84/G1150, введённой в 2002 г.)
РФ	ГЛОНАСС	2010	ПЗ-90 (в версии ПЗ-90.02, введённой в 2007 г.)
ЕС	GALILEO	2016 (не ранее)	ITRS/GTRF
Китай	COMPASS	2020	CGCS/CTRF 2000

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

По оценке МКГ

WGS-84/G1150 и GTRF совпадают с Международной земной опорной системой и поддерживающей её Международной земной опорной сетью ITRS/ITRF на сантиметровом уровне (по координатам опорных пунктов),
ПЗ-90.02 совпадает с ITRS/ITRF на дециметровом уровне (по параметрам трансформации).

Мировая тенденция

сближение национальных ГСК с ITRS/ITRF

Переход национальных ГНСС на ITRS/ITRF не планируется МКГ, однако в МКГ и других специализированных международных организациях активно обсуждается вопрос и предпринимаются практические шаги по приданию системе ITRS/ITRF статуса международного стандарта.

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

В России до последнего времени велись и дискуссии о том, как развивать в 21 веке в России системы координат.

Немаловажными факторами в этих дискуссиях были, с одной стороны, явное технологическое опережение в России системой WGS-84 системы ПЗ-90 и, с другой стороны, весьма проблемное внедрение геодезической системы СК-95.

В геодезических работах благодаря повсеместному использованию геодезических GPS-приёмников, в России широко используется система WGS-84, именуемая как «рабочая».

Все проблемы и огрехи пересчёта геодезических GPS-съёмок из WGS-84 в СК-42, а тем более в СК-95, и затем в многочисленные местные и условные системы координат, хорошо известны всем практикующим геодезистам, маркшейдерам, изыскателям пр.

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

«Концепция развития отрасли геодезии и картографии до 2020 года»

утверждена 17 декабря 2010 года
распоряжением Правительства РФ №2378-р

Продекларировано создание высокоэффективной системы геодезического обеспечения, для чего сказано о необходимости осуществить, в т.ч.,
определение параметров высокоточной геоцентрической системы
координат Российской Федерации.

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

Постановление Правительства Российской Федерации
от 28 декабря 2012 года №1463
«О единых государственных системах координат»

- 1) геодезическая система координат 2011 года (ГСК-2011) - для использования при осуществлении геодезических и картографических работ
- 2) общеземная геоцентрическая система координат "Параметры Земли 1990 года" (ПЗ-90.11) - для использования в целях геодезического обеспечения орбитальных полетов и решения навигационных задач
- 3) система геодезических координат 1995 года (СК-95) и единая система геодезических координат 1942 года (СК-42) применяются до 1 января 2017 г. в отношении материалов (документов), созданных с их использованием

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

ГСК-2011 по сути является геоцентрической,
и получена прямыми геодезическими построениями от ITRF.

Перевод всех геодезических и картографических работ на ГСК-2011 означает не только их перевод на «геоцентрику», технологически не связанную с прежними геодезическими построениями в СК-42 и СК-95, но и переход на другой, общеземной эллипсоид, а следовательно, и на другую высотную отсчётную основу.

Если в геодезическом производстве будут более широко применяться двухсистемные (ГЛОНАСС/GPS) геодезические ГНСС-приёмники, то ещё одной задачей перевода геодезических работ на ГСК-2011 является её согласование с ПЗ-90.11.

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

Каталог координат пунктов ФАГС Росреестра в новой государственной геоцентрической системе координат

Название пункта	ID пункта	X	V_X	Y	V_Y	Z	V_Z
Астрахань	AST2	2949692,3405	-0,0218	3282119,8042	0,0137	4589708,7926	0,0074
Владивосток (г. Артём)	VLDV	-3119695,3612	-0,0743	3441015,5182	-0,0218	4356693,1350	-0,0210
Екатеринбург	EKTR	1710671,3812	-0,0225	3046094,3855	-0,0106	5318708,0024	-0,0337
Москва (ЦНИИГАиК)	CNG1	2846194,1653	-0,0251	2185227,7305	0,0089	5255558,0293	-0,0008
Новосибирск	NSK1	447670,3035	-0,0282	3638117,3848	0,0048	5202281,5637	0,0024
Ноябрьск	NOYA	724812,9545	-0,0260	2792377,7919	0,0047	5669450,3291	0,0009
Ростов-на-Дону	RSTZ	3340374,9089	-0,0214	2772044,1108	0,0122	4657615,4658	0,0065
Самара	SAMR	2447584,2332	-0,0252	2941190,8191	0,0092	5085911,6867	0,0018
Чита	CHI2	-1565264,8858	-0,0373	3603732,3338	-0,0022	5008283,0325	-0,0052

2. Особенности использования систем координат в ГНСС и прикладных задачах

ПЗ-90 является общеземной, т.е. глобальной,
такой как WGS-84 и ITRS.

ГСК-2011 имеет территориальный охват
(Россия и прилегающие территории).

По такому пути уже более 10 лет назад пошли США, Канада, ЕС
и многие другие страны

В США и Канаде параллельно с применением WGS-84 заканчивается переход от
традиционных референцных национальных геодезических основ на
национальные геоцентрические (пространственные) системы координат – NSRS
(National Geodetic Reference System)

В ЕС - на EUREF (European Reference Frame)).

3. Современные задачи маркшейдерско-геодезического обеспечения недропользования, решаемые с использованием СТП

Основные задачи маркшейдерско-геодезического обеспечения рационального недропользования в соответствии с РД 07-603-03 :

- строительство, реконструкции маркшейдерской опорной сети или восстановления утраченных пунктов опорной и разбивочной сетей;
- наблюдение за деформациями земной поверхности и инженерных сооружений различных уровней ответственности на подрабатываемых территориях;
- обновления планов земной поверхности в процессе строительства или после его завершения;
- съемки горных выработок и составления горной графической документации перед сдачей объекта в эксплуатацию.

3. Современные задачи маркшейдерско-геодезического обеспечения недропользования, решаемые с использованием СТП

1. Строительство и реконструкция опорных маркшейдерских сетей

Базовые станции (БС) систем точного позиционирования (СТП) - высокостабильные носители систем координат, связаны с мировыми геоцентрическими системами координат и имеют средства контроля целостности сети, наблюдение и учет деформаций пунктов в реальном масштабе времени.

Наиболее полно на современном этапе удовлетворяют требования п.20 («..обеспечения полноты и точности измерений и расчетов..») и п.35 (расположение пунктов вне зон деформаций) РД 07-603-03.

3. Современные задачи маркшейдерско-геодезического обеспечения недропользования, решаемые с использованием СТП

+ Преимущества СТП:

- Высокоэффективная централизованная удаленная обработка спутниковой измерительной информации.
- Меньшая требуемая плотность пунктов опорных маркшейдерских сетей.
- Снижение затрат на создание и поддержание в работоспособном состоянии опорных маркшейдерских сетей.
- Повышение оперативности, качества и достоверности получаемой измерительной информации.

3. Современные задачи маркшейдерско-геодезического обеспечения недропользования, решаемые с использованием СТП

2. Наблюдение за деформацией земной поверхности и инженерных сооружений на подрабатываемых территориях

Построения систем мониторинга деформаций земной поверхности и инженерных сооружений в реальном времени 24 часа в сутки 7 дней в неделю.

Минимальные затраты на поддержание системы в работоспособном состоянии взамен выполнения мониторинговых наблюдений, связанных с непосредственным присутствием исполнителей на исходных и (или) мониторинговых пунктах.

3. Современные задачи маркшейдерско-геодезического обеспечения недропользования, решаемые с использованием СТП

Постоянно действующие исходные пункты при проведении маркшейдерских съемок, выполнении аэрофотосъемки, воздушного и мобильного лазерного сканирования.

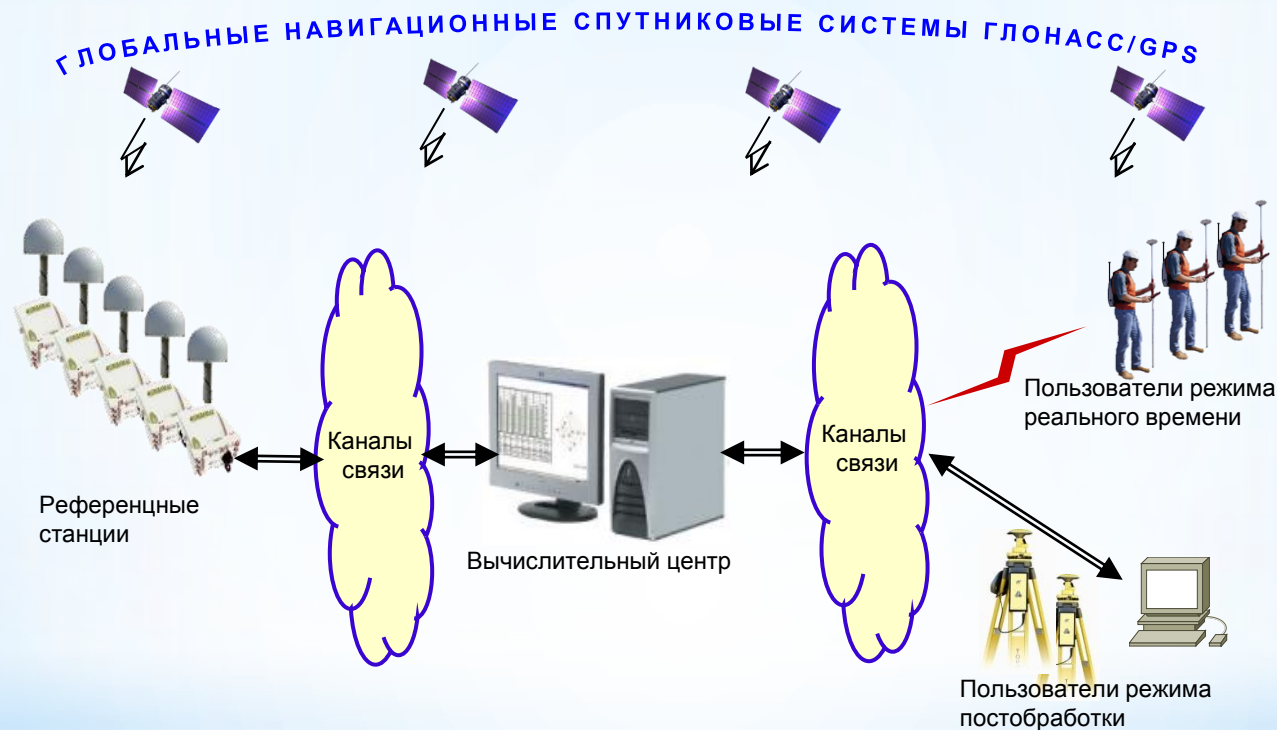
- использование уже существующих сетей БС без затрат;
- включение в существующие сети уже реализованных маркшейдерских сегментов СТП;
- реализация гарантированной высокой точности в зоне покрытия сети;
- повышенный уровень контроля измерений;
- возможность высокоточного преобразования координат между геоцентрическими, геодезическими и местными системами координат;
- удаленная обработка без доступа к методике преобразования СК и «ключам» с получением дифф. поправок.

4. Подход TRIMBLE к реализации СТП. Опыт реализации второй очереди СТП Ямало-Ненецкого автономного округа

Основным назначением СТП является геодезическое обеспечение производственной деятельности с предоставлением услуг точного позиционирования потребителям в режимах реального времени и в режиме постобработки.

Режим реального времени позволяет определять (в пределах минуты после установки спутникового приёмника на определяемой точке) координаты объекта со средней квадратической ошибкой 2 см в плане и 3 см по высоте

4. Подход TRIMBLE к реализации СТП. Опыт реализации второй очереди СТП Ямало-Ненецкого автономного округа.



СВТП состоит из следующих основных элементов: ГНСС, референчные станции (РС), вычислительный центр (ВЦ), каналы связи, пользователи СВТП, геодезическая инфраструктура

4. Подход TRIMBLE к реализации СТП. Опыт реализации второй очереди СТП Ямало-Ненецкого автономного округа.

Для определения точности привязки сети референционных станций к системе ITRF используются координаты референционных станций в системе ITRF, определяемые на 5-суточных интервалах измерений с привязкой к опорным пунктам сети IGS. По уклонениям координат РС от общего решения (в интервале 5 суток) вычисляются средние квадратические ошибки (СКО) координат референционных станций в системе ITRF.

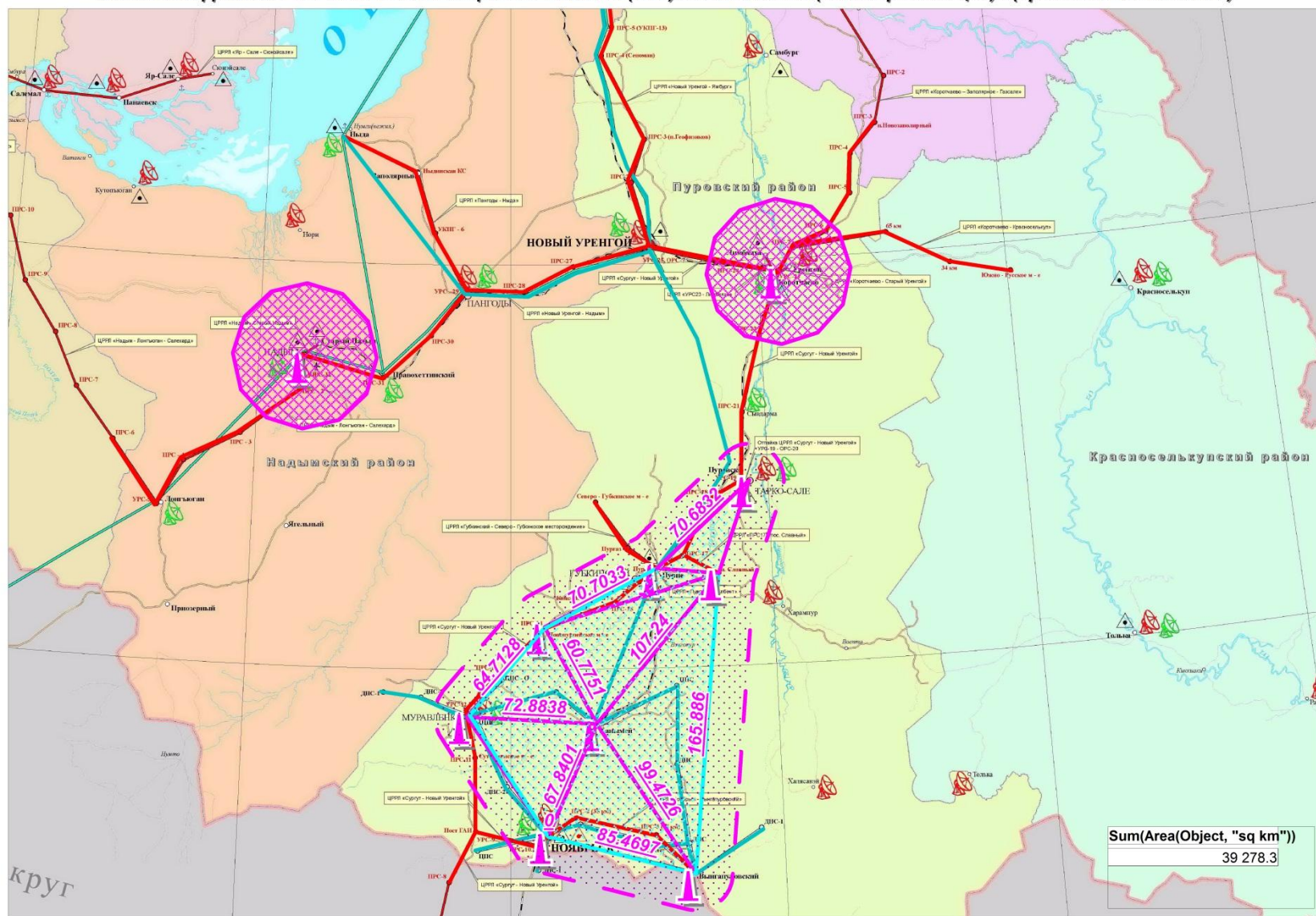
4. Подход TRIMBLE к реализации СТП. Опыт реализации второй очереди СТП Ямало-Ненецкого автономного округа.

На 2-ом этапе реализована сеть в составе 10 пунктов, 8 из которых предназначены для создания сети в режиме виртуальных базовых станций в дополнение к 2-ум, уже имеющимся.

Вычислительный центр организован в г.Ноябрьск.



СХЕМА СОЗДАНИЯ СЕТИ ТОЧНОГО ПОЗИЦИОНИРОВАНИЯ (СТП) ЯНАО в 2012 г. (2 этап реализации) - (проект от 25.10.2012 г.)



4. Подход TRIMBLE к реализации СТП. Опыт реализации второй очереди СТП Ямало-Ненецкого автономного округа.

Преимущества реализованной СТП:

- реализация сетевых решений с постоянным уровнем точности определения координат потребителей 1-2 см в зоне покрытия сети;
- непрерывный характер работы;
- реализация доступа пользователей с высокоточным определением их местоположения в реальном масштабе времени;
- надежное преобразование в любые системы координат;
- возможность удаленного доступа с мониторингом состояния сети и контролем ее целостности;
- централизованная обработка и хранение данных.

ВЫВОДЫ И ПРЕДЛОЖЕНИЯ

Системы точного позиционирования СТП на базе технологий ГНСС являются современным и высокотехнологическим средством эффективного маркшейдерско-геодезического обеспечения рационального недропользования.

Предлагаем включить в п.2 «решения конференции» рекомендацию о развитии технологий использования систем точного позиционирования в недропользовании на базе глобальных навигационных спутниковых систем (ГЛОНАСС, GPS, Galileo, COMPASS) и государственных геоцентрических систем координат (ГСК-2011 и ПЗ-90.11) и включение их методического описания в разрабатываемые отраслевые и корпоративные НТД.



Адрес: 129345 Россия, г. Москва, ул. Тайнинская, д. 7

Тел., факс: (495) 474-10-97, (495) 474-13-28, (495) 474-15-30, (925)-518-42-58

http://aviaecology.ru/

e-mail: aereoecology@bk.ru

р/счет 40702810600000007953 в ЗАО АКБ «Центрокредит» г. Москва,

кор. счет 30101810700000000514,

БИК 044525514

ИНН 7716580450/КПП 771601001

СХЕМА ПРОЕЗДА:



**СПАСИБО
ЗА ВНИМАНИЕ !**

