

**Актуальное состояние возможностей и результатов
ИАЦ КВНО в области мониторинга и оценки характеристик ГНСС и
информационной поддержки потребителей**

Глотов В.Д., Аржанников А.А., Лапшин В.Л., Бакаева Е.В., Жиленко С.Д.

ИАЦ КВНО АО «ЦНИИмаш», г. Королев, Московской обл., Россия

Информационно-аналитический центр координатно-временного и навигационного обеспечения АО «ЦНИИмаш» решает, помимо прочих, задачи по расширенному мониторингу радионавигационного поля всех глобальных навигационных спутниковых системы (ГНСС), оценке характеристик данных систем, в том числе локальных потребительских, и информационной поддержке потребителей на основе Прикладного потребительского центра системы ГЛОНАСС.

В докладе приведена информация о предоставляемых видах информационной поддержки российских и зарубежных гражданских потребителей системы ГЛОНАСС в режиме онлайн на пяти языках. Проиллюстрирован тезис о том, что информационная поддержка построена по принципу предоставления актуальной информации для потребителя любого уровня компетенции – от глобальных оценок геометрии приема сигнала до детальных финальных и предварительных оценок характеристик на основе эфемеридно-временной информации Системы контроля и подтверждения характеристик радионавигационного поля системы ГЛОНАСС.

Кроме того, в ИАЦ КВНО имеется широкий спектр средств мониторинга локальных потребительских характеристик ГНСС, в том числе посредством динамических испытаний, а также значительный опыт в части проведения таких испытаний. Наглядно представлены маршруты проведения масштабных динамических испытаний по мониторингу радионавигационного поля ГНСС на участках автомобильных транспортных коридоров.

Отдельно приведена информация об аналитических продуктах, разрабатываемых ИАЦ КВНО, в частности о глобальной ионосферной карте ИАЦ КВНО. Освещены возможные области ее применения в научно-исследовательских целях.

Также обоснована актуальность одного из дальнейших перспективных направлений развития возможностей оценки характеристик – оценка потоков корректирующей информации услуг и систем функционального дополнения.

В заключение представлена обобщенная потенциальная польза для российского исследователя в области спутниковой навигации, которую представляют указанные в докладе возможности и результаты в области мониторинга и оценки характеристик ГНСС и информационной поддержки потребителей.



Актуальное состояние возможностей и результатов ИАЦ КВНО в области мониторинга и оценки характеристик ГНСС и информационной поддержки потребителей

Готов В.Д., Аржанников А.А., Лапшин В.Л., Бакаева Е.В., Жиленко С.Д.

ИАЦ КВНО, АО «ЦНИИмаш»
г. Королев, Московская область, Россия

Десятая Всероссийская конференция
«Фундаментальное и прикладное координатно-временное и навигационное обеспечение» (КВНО-2023)
г. Санкт-Петербург, 17 – 21 апреля 2023 г.

- I. Информационная поддержка потребителей на базе ИАЦ КВНО
- II. Оценки характеристик ГНСС, рассчитанные ИАЦ КВНО
- III. Оценки точности ЭИ ГЛОНАСС Международной службой по ГНСС
- IV. Примеры финальных оценок характеристик ГЛОНАСС и GPS на базе СКПХ
- V. Аналитические продукты и услуги по проведению испытаний ИАЦ КВНО
- VI. Динамические испытания по мониторингу характеристик ГНСС
- VII. Оценка ионосферы
- VIII. Перспективные направления развития оценки характеристик в ИАЦ КВНО
- IX. Выводы



Прикладной потребительский центр Госкорпорации «Роскосмос» на базе ИАЦ КВНО обеспечивает непрерывную информационную поддержку российских и зарубежных гражданских потребителей системы ГЛОНАСС в режиме онлайн на пяти языках



Текущее состояние орбитальных группировок и альманахов, суточный и часовой мониторинг признаков пригодности системы ГЛОНАСС и других ГНСС



Оценки характеристик ГЛОНАСС и других ГНСС, в том числе финальные и предварительные оценки на основе ЭВИ ГЛОНАСС и GPS в рамках СКПХ



Сообщения потребителям системы ГЛОНАСС (СПСГ) и официальные бюллетени ЦУС ГЛОНАСС



Ссылки на официальные документы системы ГЛОНАСС (ИКД и СТЭХОС) и другие нормативно-правовые документы в области спутниковой навигации (е.g. ГОСТы)



Справочная информация о спутниковой навигации, системе ГЛОНАСС и других ГНСС, новости в области спутниковой навигации, ответы на часто задаваемые вопросы

У веб-сайта ИАЦ КВНО первые позиции в поисковой выдаче (Яндекс, русскоязычный сегмент Google) по запросу ГЛОНАСС на русском и английском языках

Информационная поддержка построена по принципу предоставления актуальной информации для потребителя любого уровня компетенции – от справочных материалов до оценок ЭВИ ГЛОНАСС и GPS в рамках СКПХ

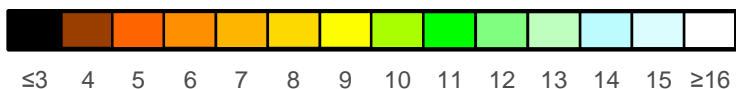
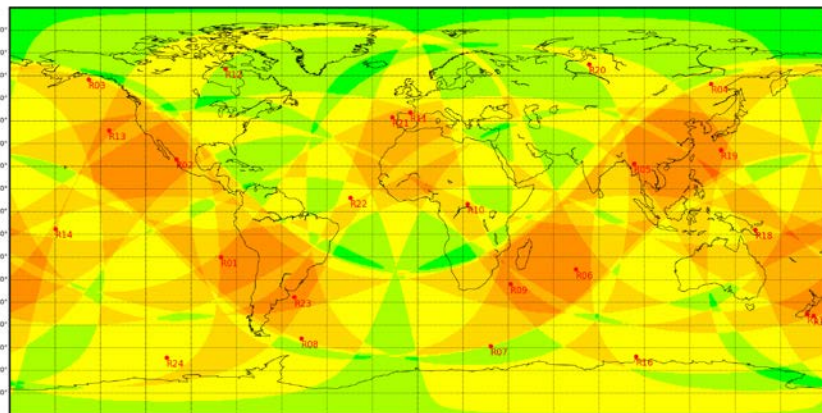


<https://glonass-iac.ru>

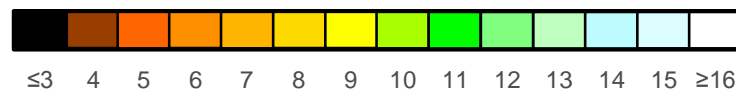
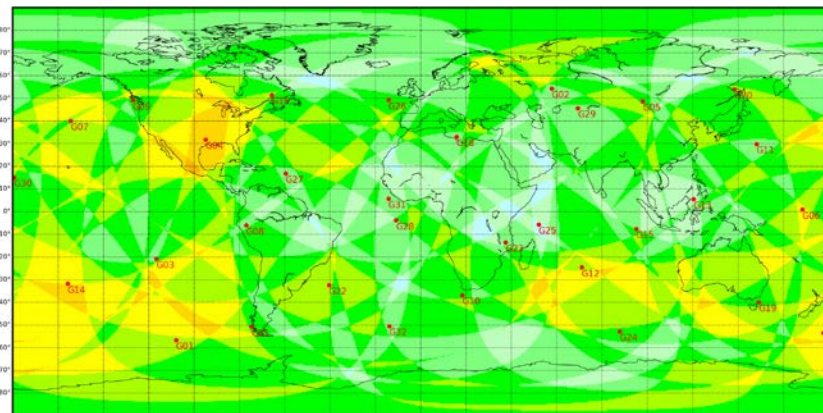
Видимость НКА ГНСС

на основе измерений сигналов в диапазоне L1, при углах места $\geq 5^\circ$, за 6 марта 2023 г.

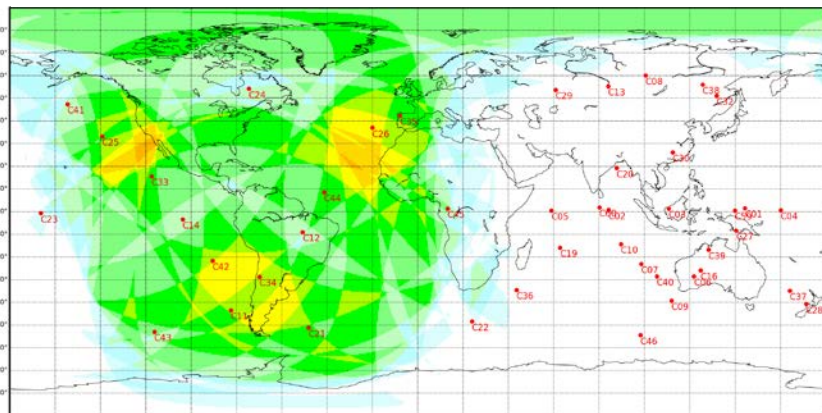
Глобальная видимость НКА ГЛОНАСС



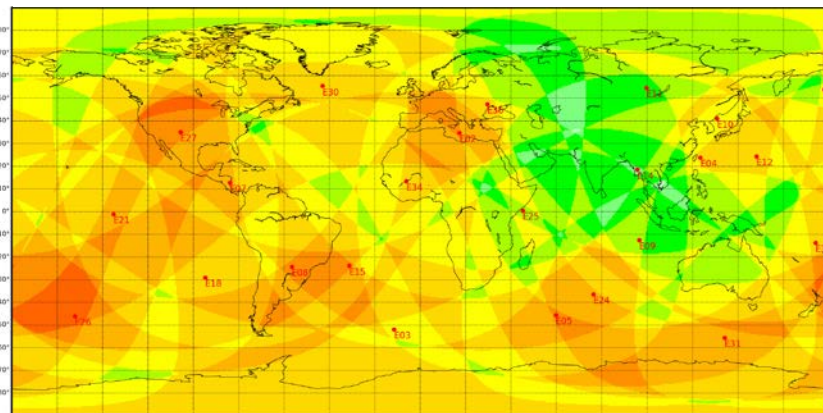
Глобальная видимость НКА GPS



Глобальная видимость НКА BeiDou



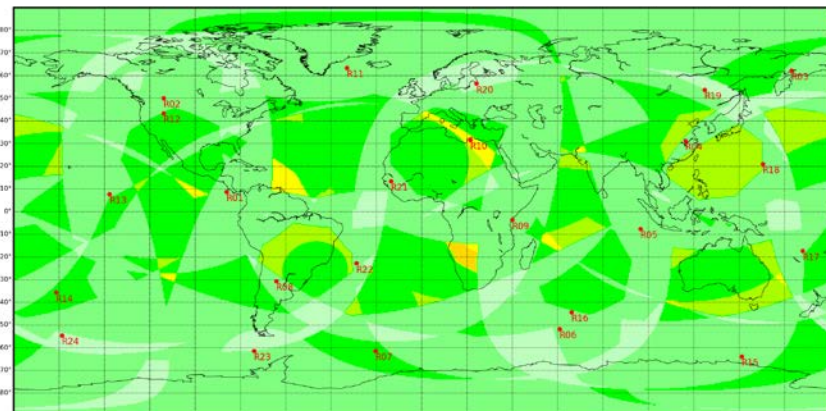
Глобальная видимость НКА Galileo



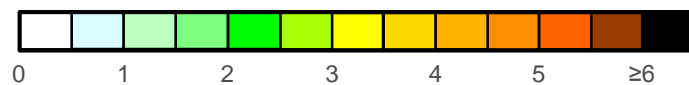
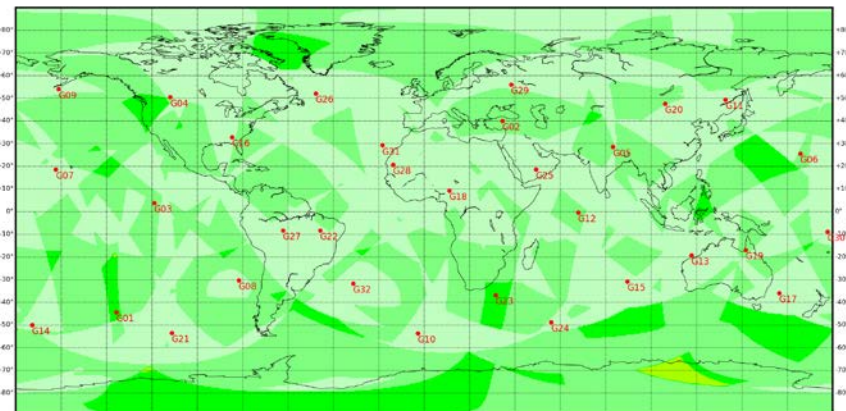
PDOP НКА ГНСС

на основе измерений сигналов в диапазоне L1, при углах места $\geq 5^\circ$, за 6 марта 2023 г.

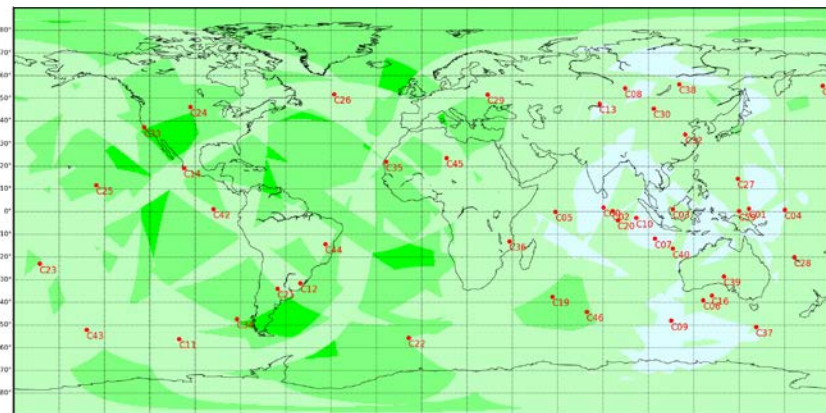
Глобальный PDOP НКА ГЛОНАСС



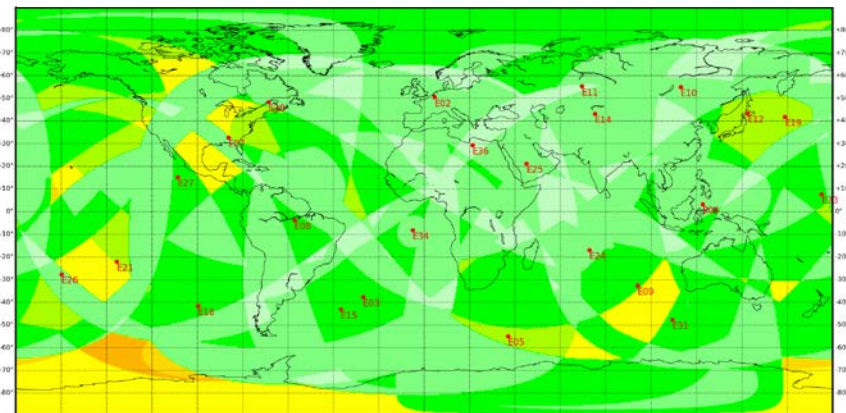
Глобальный PDOP НКА GPS



Глобальный PDOP НКА BeiDou



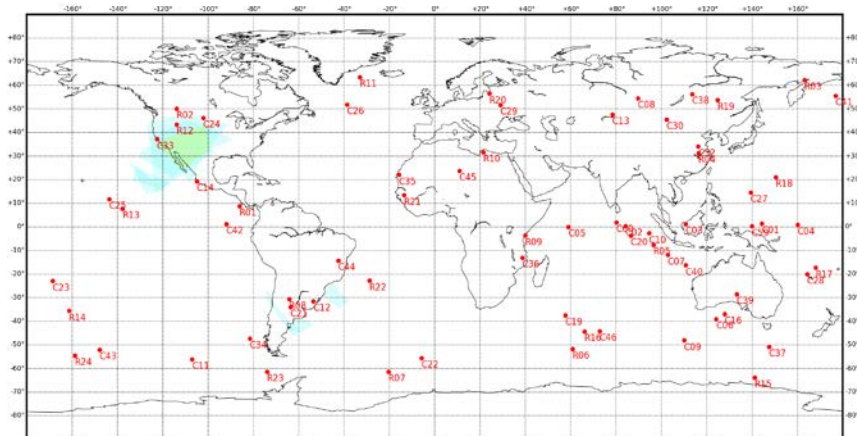
Глобальный PDOP НКА Galileo



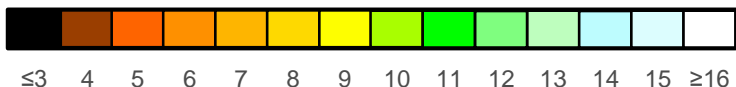
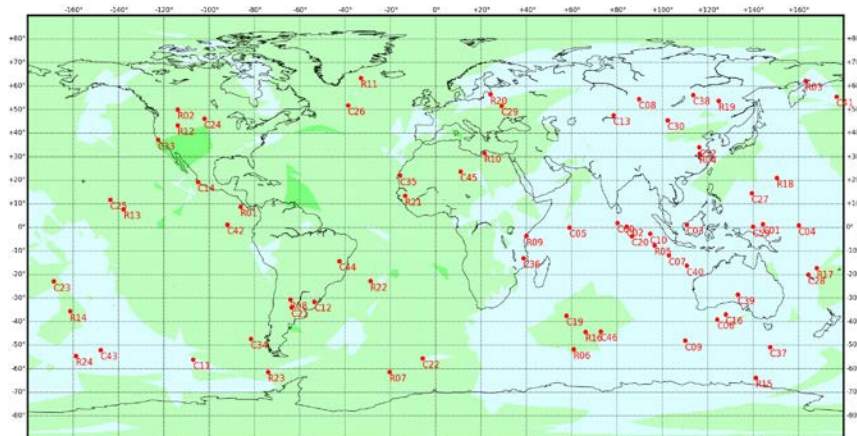
PDOP и видимость НКА ГЛОНАСС + Бэйдоу

на основе измерений сигналов в диапазоне L1, при углах места $\geq 5^\circ$, за 6 марта 2023 г.

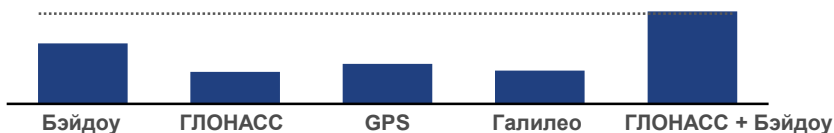
Глобальная суточная видимость
НКА ГЛОНАСС + Бэйдоу



Глобальный суточный PDOP
НКА ГЛОНАСС + Бэйдоу



Средняя глобальная суточная видимость
(06.03)



Средний суточный PDOP
(06.03)

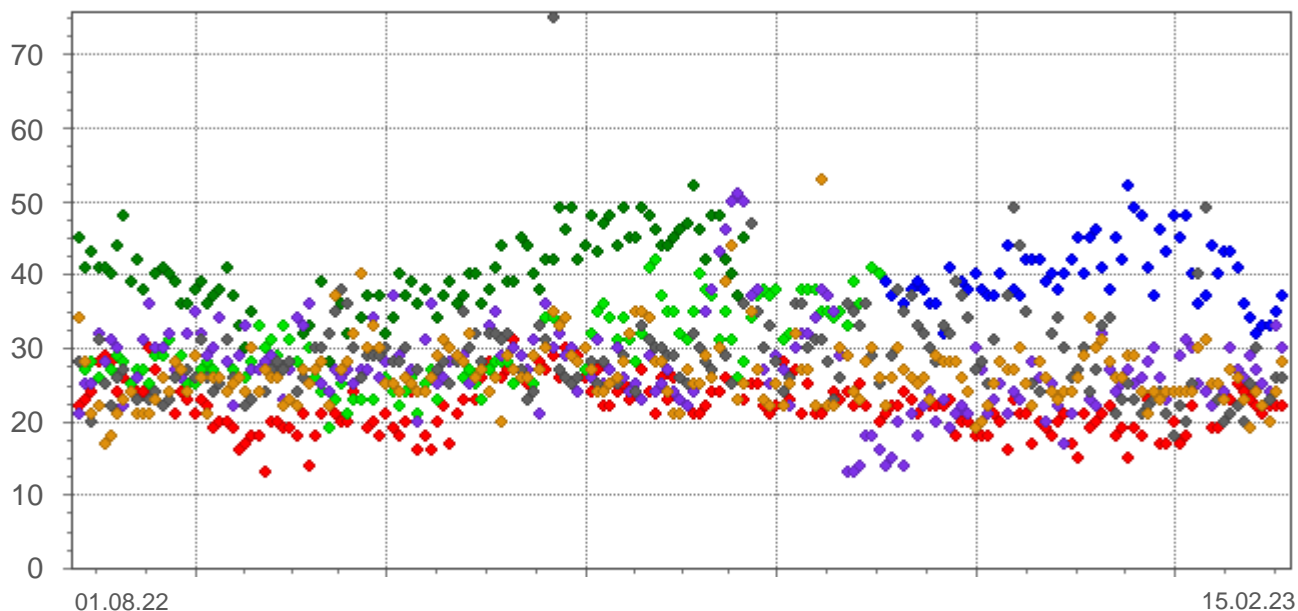


Совместное использование ГЛОНАСС и Бэйдоу улучшает характеристики геометрии приема сигнала для конечного потребителя



Финальные и предварительные оценки характеристик в рамках Системы контроля и подтверждения характеристик радионавигационного поля системы ГЛОНАСС в интересах гражданских потребителей (СКПХ) формируются на основе точной ЭВИ ИАЦ КВНО

Оценка точности эфемерид ГЛОНАСС службой IGS
СКП относительно финальных данных, мм

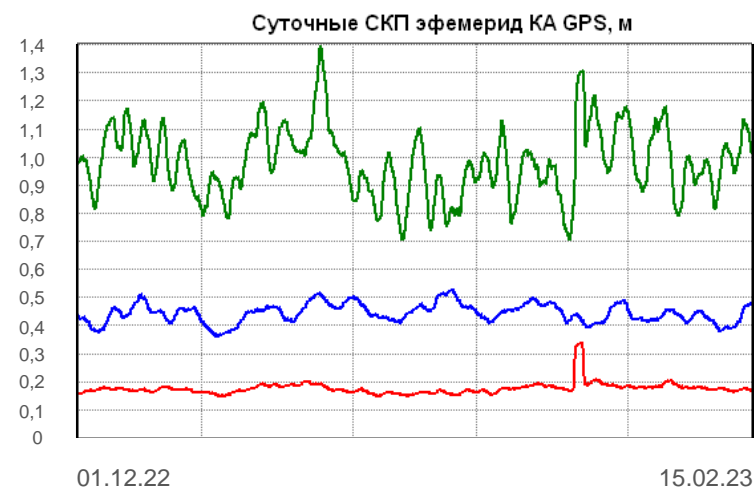
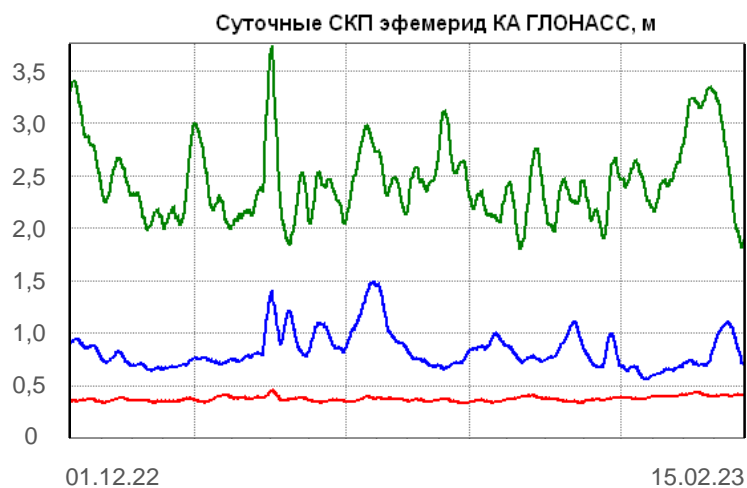
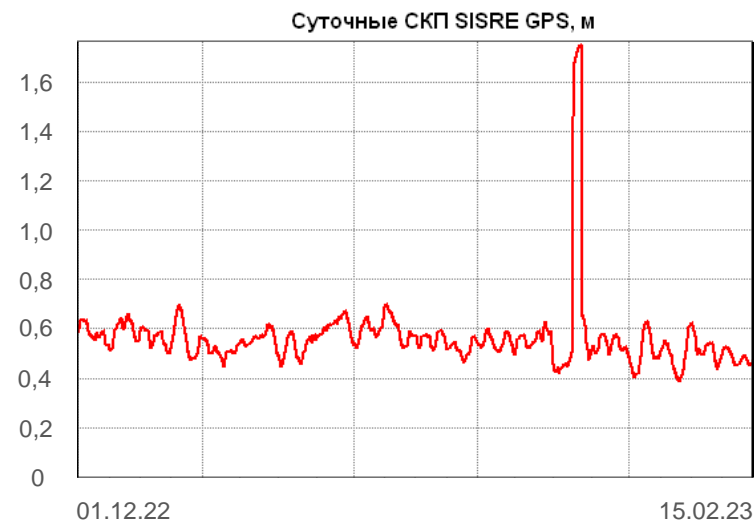
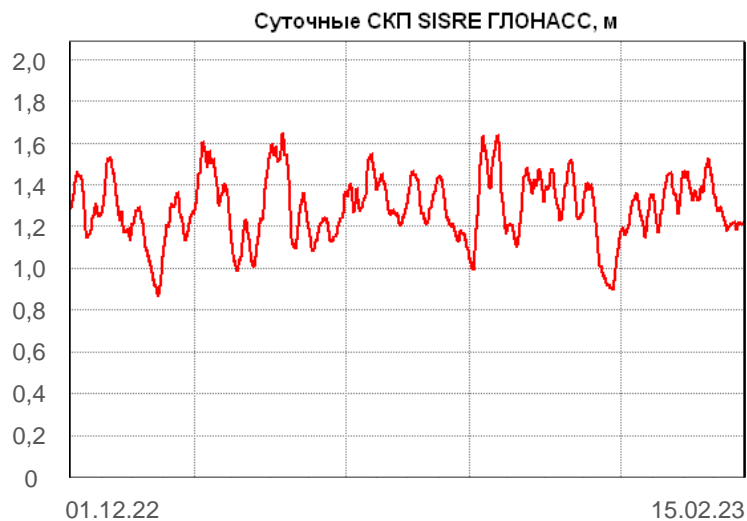


- | | | | |
|--|--|---|----------|
| Европейский центр определения орбит | Европейское космическое агентство | Национальный центр космических исследований Франции | ИАЦ КВНО |
| Министерство природных ресурсов Канады | Европейский центр управления космическими полетами | Потсдамский центр наук о Земле им. Гельмгольца | |

Точность ЭВИ ИАЦ КВНО оценивается на международном уровне и сопоставима с точностью других зарубежных центров анализа

Подробнее: https://glonass-iac.ru/skph/own_products/IACIGS/

Примеры оценок характеристик ГЛОНАСС и GPS на базе СКПХ



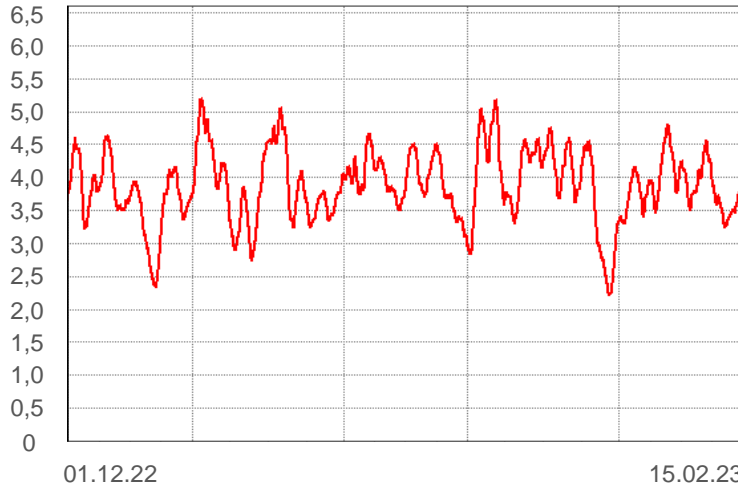
■ по радиусу ■ вдоль орбиты ■ в боковом направлении

■ по радиусу ■ вдоль орбиты ■ в боковом направлении

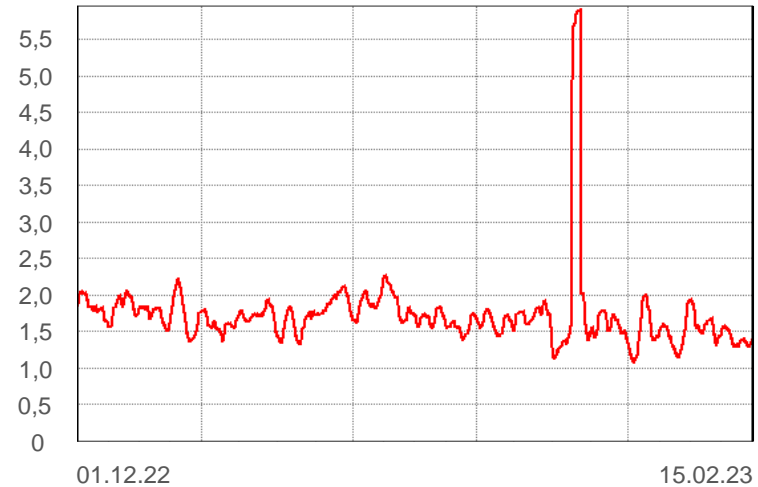
Подробнее: https://glonass-iac.ru/skph/fh_products/ref/

Примеры оценок характеристик ГЛОНАСС и GPS на базе СКПХ

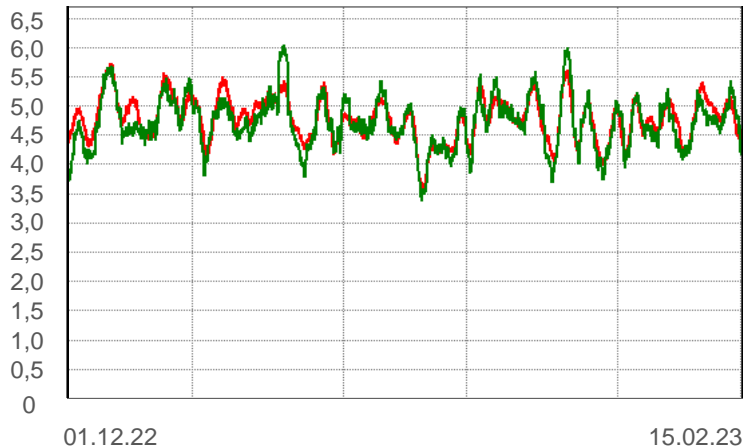
Суточные СКП поправок часов КА ГЛОНАСС, нс



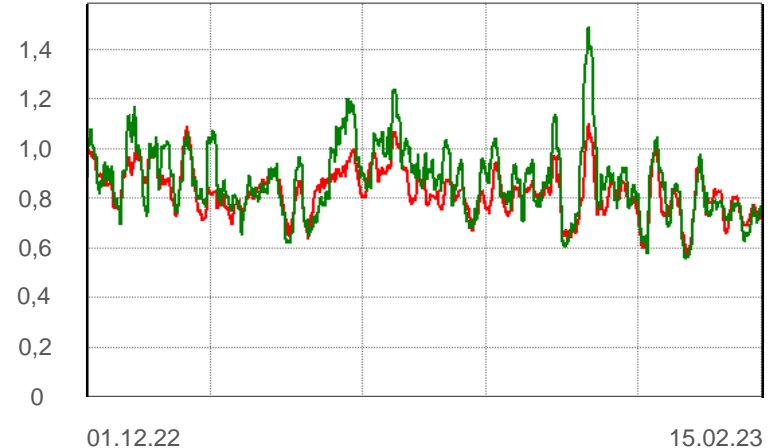
Суточные СКП поправок часов КА GPS, нс



СКП определения координат по ГЛОНАСС за прошедшие сутки при условии PDOP<2, м



СКП определения координат по GPS за прошедшие сутки при условии PDOP<2, м



■ глобально ■ по России

■ глобально ■ по России

Подробнее: https://glonass-iac.ru/skph/fh_products/ref/



ИАЦ КВНО разрабатывает собственные аналитические продукты и оказывает услуги юридическим лицам по проведению испытаний.

Аналитические продукты

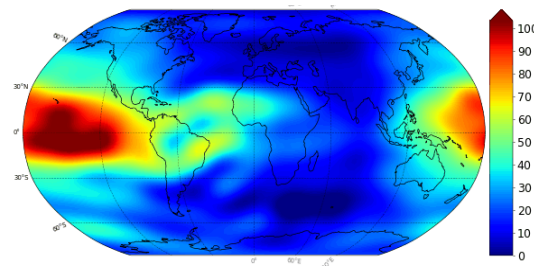


Формируемая ИАЦ КВНО точная ЭВИ (Rapid, Ultra-Rapid, Final) с собственным и международным (IGS) анализом точности



Глобальная карта ионосферы, разработанная ИАЦ КВНО
<https://glonass-iac.ru/iono/maps/>

Глобальная карта ионосферы ИАЦ КВНО (на 02.03.23)



Средства проведения испытаний



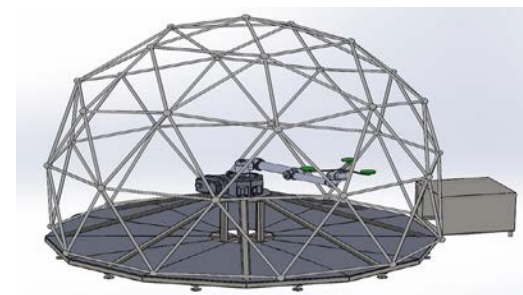
Мобильная измерительно-диагностическая лаборатория (МИДЛ)
https://glonass-iac.ru/teststands/midl/about_midl/



Стенд испытаний НАП в кинематическом режиме (СИНАКР)
<https://glonass-iac.ru/teststands/sinakr/>



Стенд испытаний НАП на имитаторе сигналов ГНСС (СИНАИС)
<https://glonass-iac.ru/teststands/sinais/>



Модель СИНАКР. При испытаниях, НАП или его антенна (до 7 одновременно) перемещается роботом-манипулятором внутри радиопрозрачного укрытия

Полноценный доступ к аналитическим продуктам ИАЦ КВНО, а также к расширенному перечню оценок характеристик ГЛОНАСС и других ГНСС и другой актуальной информации возможен с помощью FTP-сервера ИАЦ КВНО

<ftp://ftp.glonass-iac.ru>

Уникальных посетителей за 2022 год – 167 188
Уникальных посетителей в среднем за месяц – 13 932
Объем скаченных данных за год – 7,3 ТБ
Объем скаченных данных в среднем за месяц - 608 ГБ

Динамические испытания по мониторингу характеристик ГНСС



Карта масштабных динамических испытаний ИАЦ КВНО за 2017 – 2022 гг.

За последние пять лет ИАЦ КВНО успешно провел 8 масштабных (более 500 км) динамических испытаний на участках транспортных коридоров вдоль следующих автомобильных маршрутов:

- Москва – Новосибирск – Оренбург – Москва в 2017 г.
- Москва – Выборг – Москва в 2018 и 2019 г.
- Москва – Архангельск – Москва в 2018 г.
- На трассах полуострова Крым в 2018 г.
- Москва – Астрахань – Воронеж – Москва в 2019 г.
- Москва – Смоленск – Москва в 2020 г.
- Москва – Казань – Москва в 2022 г.
- Москва – Петрозаводск – Москва в 2022 г.

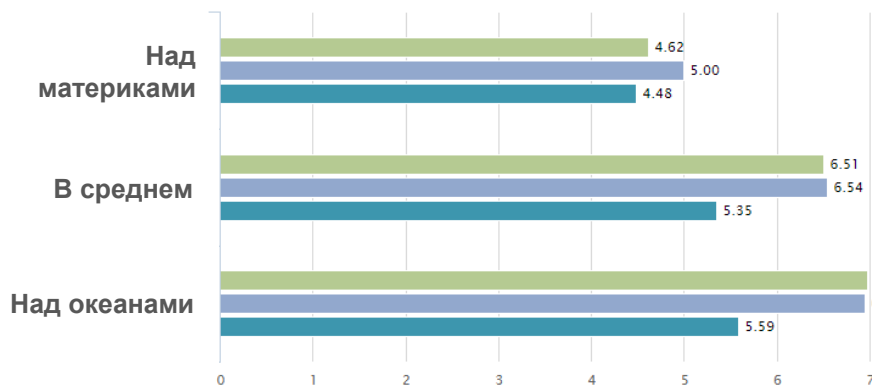
Протоколы этих и других испытаний ИАЦ КВНО с оценками потребительских характеристик ГНСС в реальных условиях эксплуатации доступны здесь: <https://glonass-iac.ru/teststands/midl/experience/>



Указанные испытания проведены с использованием Мобильной измерительно-диагностической лаборатории (МИДЛ) на базе минивэна. Некоторые ее возможности:

- испытания образцов НАП в реальных условиях эксплуатации, в том числе в сложных условиях приема сигнала
- оценка локальных потребительских характеристик всех ГНСС с использованием НАП геодезического класса
- анализ помеховой обстановки и локализация источников маскирующих помех
- мониторинг покрытия сотовой связи, в т.ч. для использования потоков ЭВИ услуг PPP и другой КИ
- оценка точностных характеристик при использовании КИ функциональных дополнений (SBAS, PPP, RTK, ЛККС)

Оценка точности ионосферной карты ИАЦ КВНО относительно карт других центров анализа (в TECu, на 02.03)

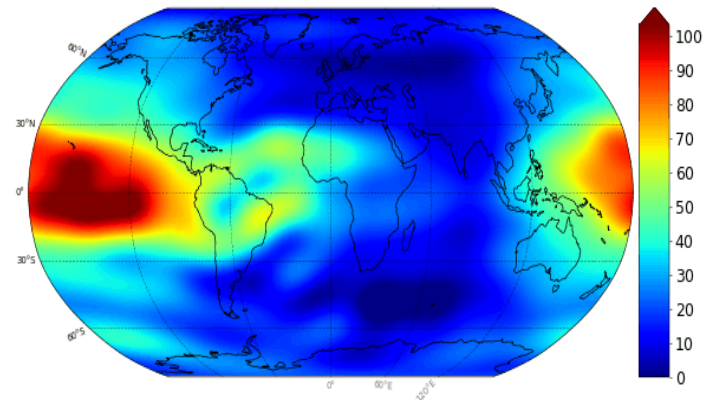


- Европейский центр определения орбит
- Уханьский Университет
- Лаборатория реактивного движения NASA

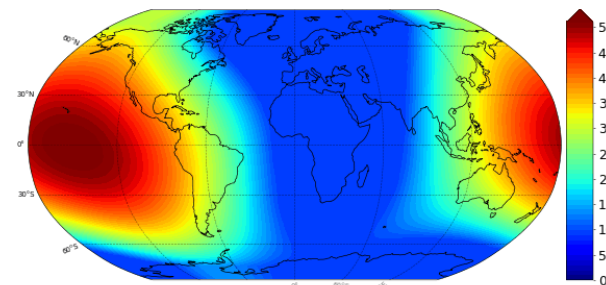
Возможности применения глобальной ионосферной карты ИАЦ КВНО:

- Оценка точности моделей ионосферы, передаваемых в навигационных сообщениях всех ГНСС
- Оценка точности моделей ионосферы, передаваемых в сообщениях SBAS (СДКМ, BDSBAS, EGNOS)
- Оценка влияния ионосферной задержки на точность местоопределения во время статических и динамических испытаний по мониторингу характеристик ГНСС.

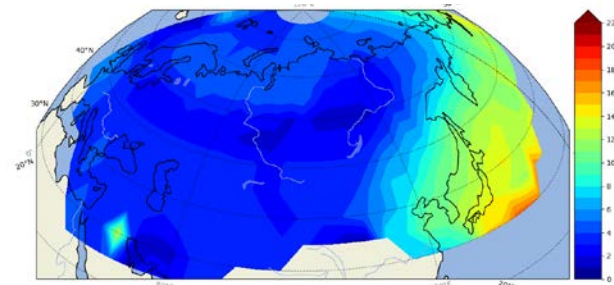
Глобальная карта ионосферы ИАЦ КВНО (Rapid, на 02.03.23)



Глобальная ионосферная модель Клубучара в навигационном сообщении НКА GPS (на 02.03.23)

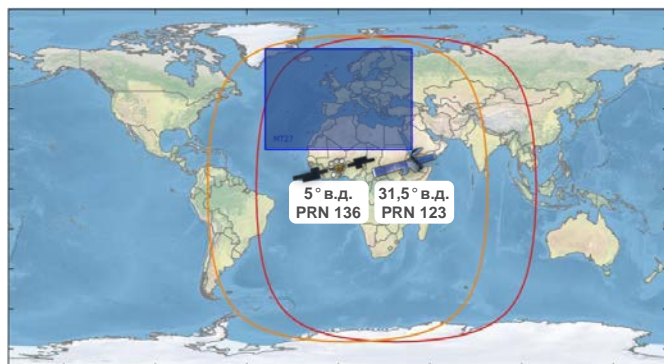


Региональная ионосферная модель в кадре СДКМ (на 01.12.22)



Перспективные направления развития оценки характеристик в ИАЦ КВНО

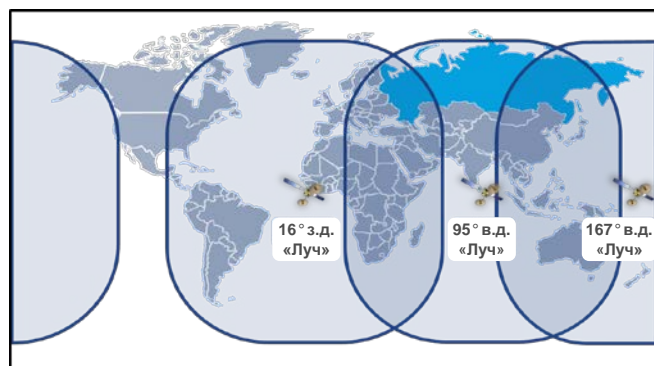
Одним из наиболее перспективных направлений развития возможностей оценки характеристик в ИАЦ КВНО является оценка характеристик потоков корректирующей информации (КИ) российских и зарубежных услуг функционального дополнения на основе технологий SBAS и PPP



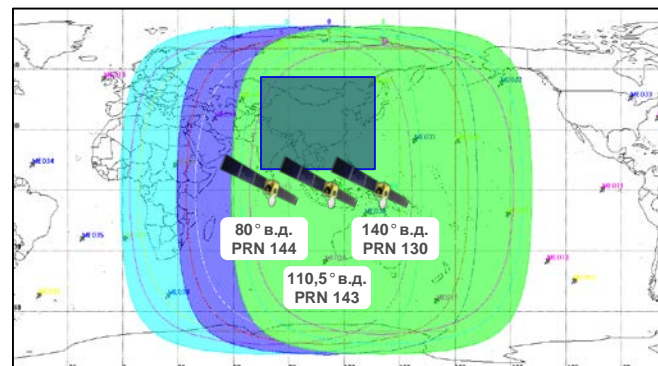
Покрывение сигналов SBAS L1 (1575,42 МГц) системы EGNOS и зона действия системы EGNOS распространяются на часть территории РФ



Глобальная зона действия услуги высокой точности (HAS) системы Galileo распространяются на большую часть территории РФ (территории, исключенные из зоны действия услуги, заштрихованы красным)



Примерное покрытие сигналов SBAS L1 (1575,42 МГц), SBAS L5 (1176,45 МГц) и L3CBO (1202,025 МГц), которые будут транслироваться БРТК СДКМ-КФД на геостационарных КА МКСР «Луч» для предоставления услуги повышенной надежности и точности (SF и DFMC) и услуги высокой точности системы ГЛОНАСС



Покрывение сигналов BDSBAS-B1C (1575,42 МГц) и PPP-B2b (1207,14 МГц), передаваемых геостационарными КА BDS-3 распространяется примерно на всю территорию РФ. Официальная зона действия услуг BDSBAS и PPP системы BeiDou распространяется на небольшую часть территории РФ

- ИАЦ КВНО обеспечивает непрерывную информационную поддержку российских и зарубежных гражданских потребителей системы ГЛОНАСС в режиме онлайн на пяти языках.
- Информационная поддержка построена по принципу предоставления актуальной информации для потребителя любого уровня компетенции – от справочных материалов до нормативно-правовых документов и технических стандартов, от глобальных оценок геометрии приема сигнала до подробных финальных и предварительных оценок характеристик на основе ЭВИ в рамках СКПХ.
- ИАЦ КВНО имеет широкий спектр средств и значительный опыт в части мониторинга локальных потребительских характеристик ГНСС, в том числе посредством динамических испытаний.
- ИАЦ КВНО разрабатывает собственные аналитические продукты. В их числе глобальная ионосферная карта, которую возможно использовать в т.ч. для оценки точности ионосферных моделей, передаваемых в составе ЦИ сигналов всех ГНСС и некоторых систем функционального дополнения космического базирования (SBAS).
- Одним из наиболее перспективных направлений развития является оценка характеристик потоков корректирующей информации (КИ) российских и зарубежных услуг функционального дополнения на основе технологий SBAS и PPP.

Польза для российского исследователя:

- Доступ на сайте ИАЦ КВНО и посредством FTP-сервера к информации об актуальном состоянии, признаках пригодности и альманахе всех ГНСС, ежесуточным глобальным оценкам характеристик ГНСС, к финальным и предварительным оценкам характеристик на основе ЭВИ в рамках СКПХ, а также к собственным аналитическим продуктам ИАЦ КВНО.
- Доступ на сайте ИАЦ КВНО к протоколам испытаний МИДЛ с оценками потребительских характеристик ГНСС в реальных условиях эксплуатации.
- Возможность получить доступ (в т.ч. безвозмездный) к широкому спектру средств проведения испытаний НАП, мониторинга потребительских характеристик ГНСС, в том числе с использованием КИ функциональных дополнений.



Спасибо за внимание!

Готов В.Д., к.т.н., GlotovVD@tsniimash.ru

Информационно-аналитический центр координатно-временного и
навигационного обеспечения (ИАЦ КВНО)
АО «Центральный научно-исследовательский институт машиностроения»
(АО «ЦНИИмаш»)

2023 год