



ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ МОДЕЛЕЙ ИОНОСФЕРЫ В ЦЕЛЯХ КОРРЕКЦИИ ОДНОЧАСТОТНЫХ КООРДИНАТНЫХ ИЗМЕРЕНИЙ ГНСС

Ясюкевич Ю.В., Ясюкевич А.С., Затолокин Д.А.

Институт солнечно-земной физики СО РАН, Иркутск, Россия

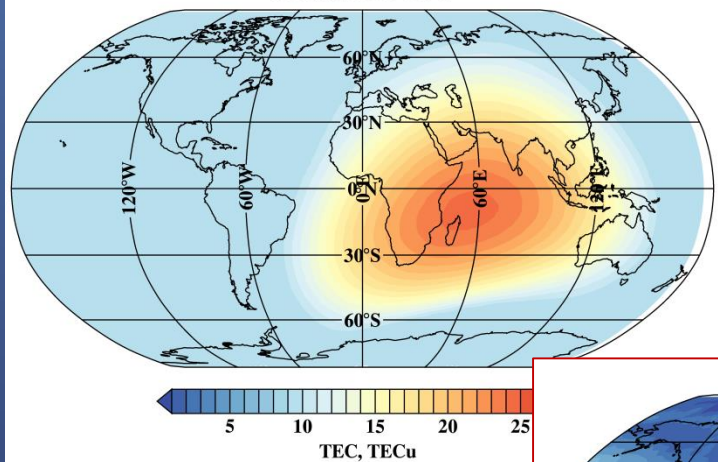
annpol@iszf.irk.ru

ВВЕДЕНИЕ

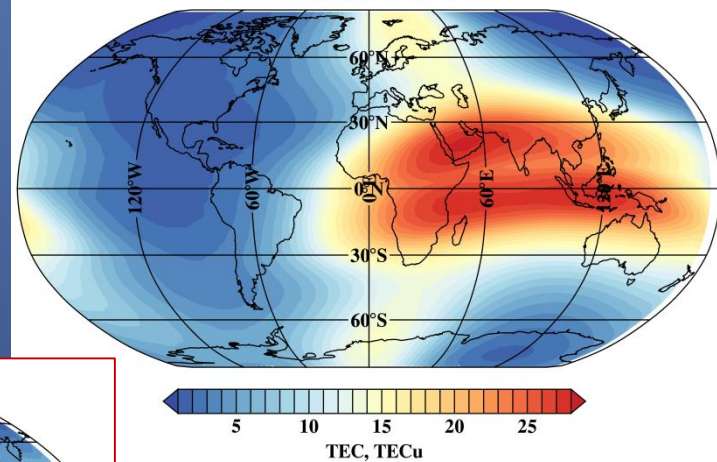
- ▶ В настоящее время большинство пользователей глобальных навигационных спутниковых систем используют одночастотное оборудование для оценки своих координат.
- ▶ Распространение радиосигнала ГНСС через ионосферу приводит к его задержке, поэтому одночастотные координатные измерения требуют регулярной коррекции для устранения возникающей вследствие этого ошибки в оценке дальности.
- ▶ Существует ряд моделей, разработанных для учета влияния ионосферы и соответствующей корректировки навигационных измерений.
- ▶ Точность моделей может значительно различаться в зависимости от сезона, местного времени, широты и геофизических условий.
- ▶ В работе мы анализируем точность работы четырех моделей: модели Клобучара (GPS), модели ГЛОНАСС, модели BeiDou (BDGIM), а также модели GEMTEC.
- ▶ Точность моделей оценивается исходя из значений ПЭС, которые они предоставляют. Мы также оцениваем эффективность каждой модели на основе величины ошибки окончательного координатного решения методом одночастотного позиционирования с коррекцией по данной модели.

ПЭС 1 ЯНВАРЯ 2020 Г., 12:00 UT

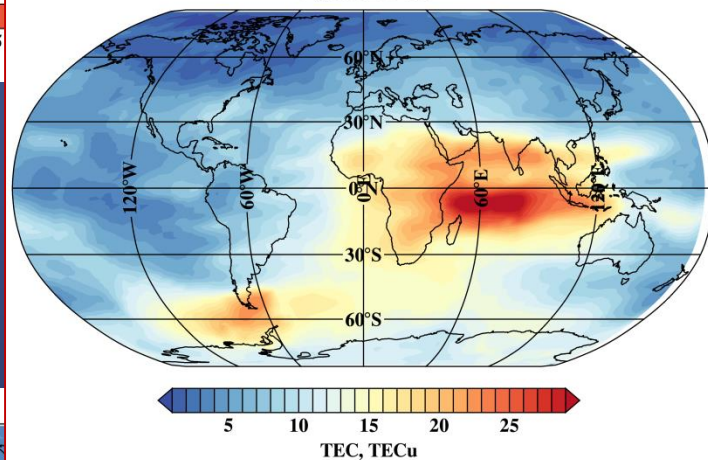
Klobuchar DOY 1



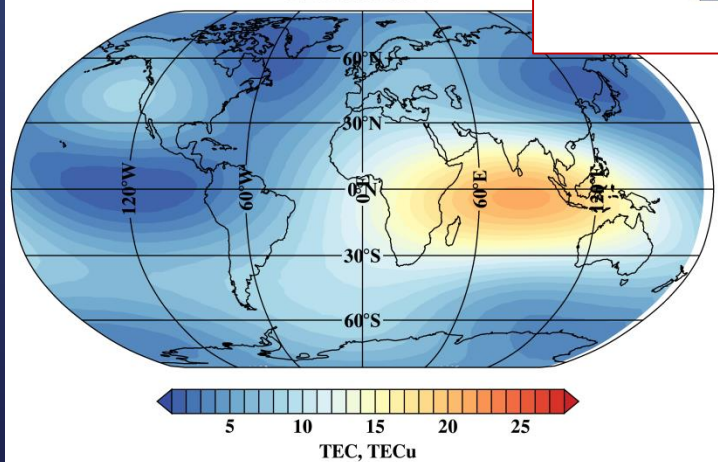
GLONASS DOY 1



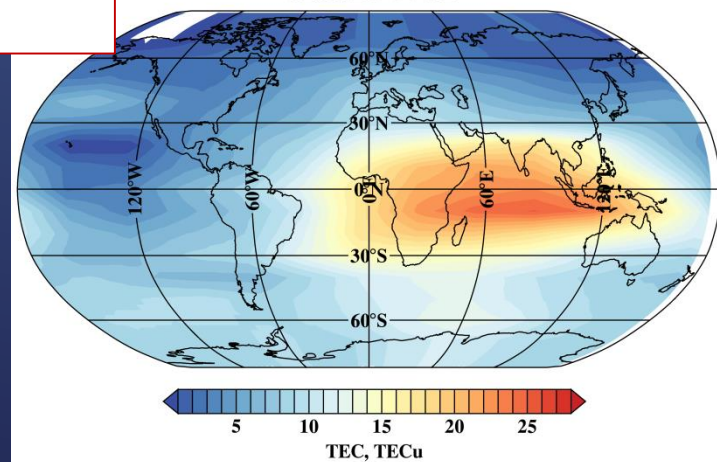
UQRG DOY 1



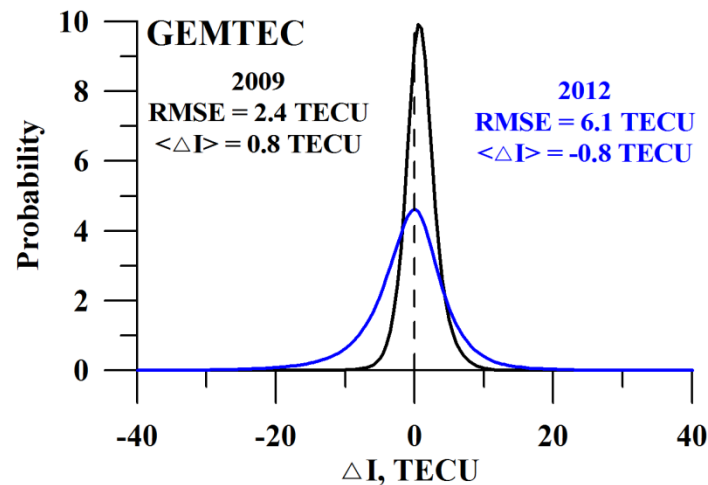
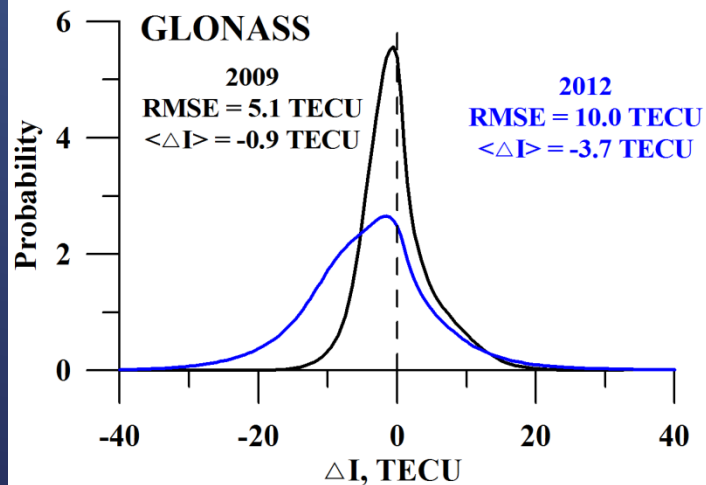
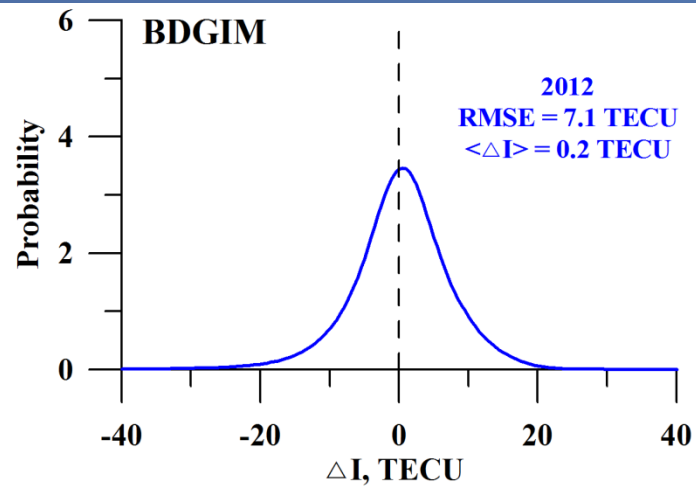
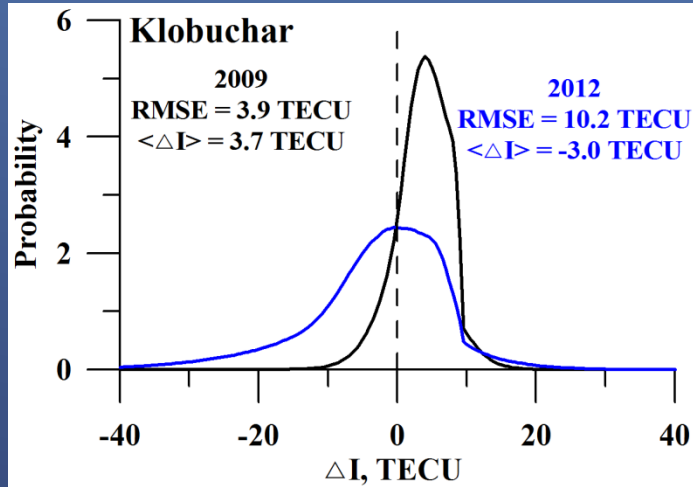
BDGIM DOY 1



GEMTEC DOY 1

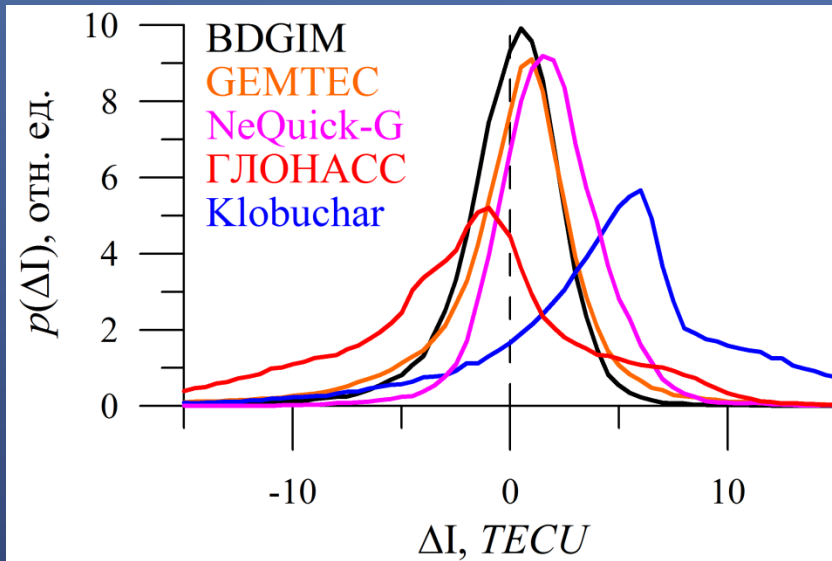


ОТКЛОНЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ПЭС В ГОДЫ РАЗНОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ



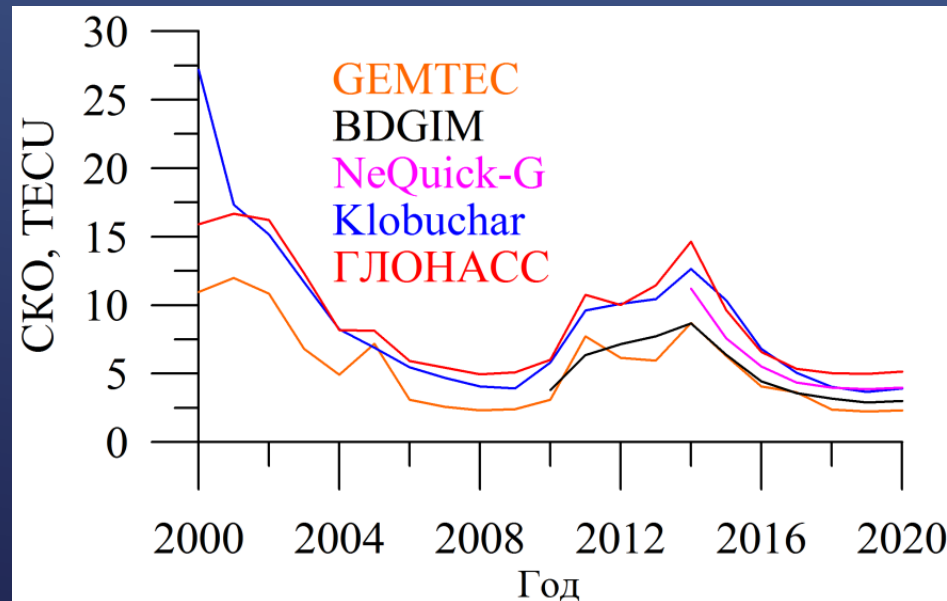
- Значительное систематическое смещение у модели Клобучара при низкой СА
- Отклонения в оценке ПЭС и СКО увеличиваются в условиях роста солнечной активности для всех моделей (СКО до 10 TECU)
- Лучшие результаты получены для моделей BDGIM и GEMTEC ($\langle \Delta I \rangle \approx 1$ TECU)

ОТКЛОНЕНИЯ МОДЕЛЬНЫХ ВЕЛИЧИН ПЭС НА СТАНЦИИ IRKJ (ИРКУТСК)

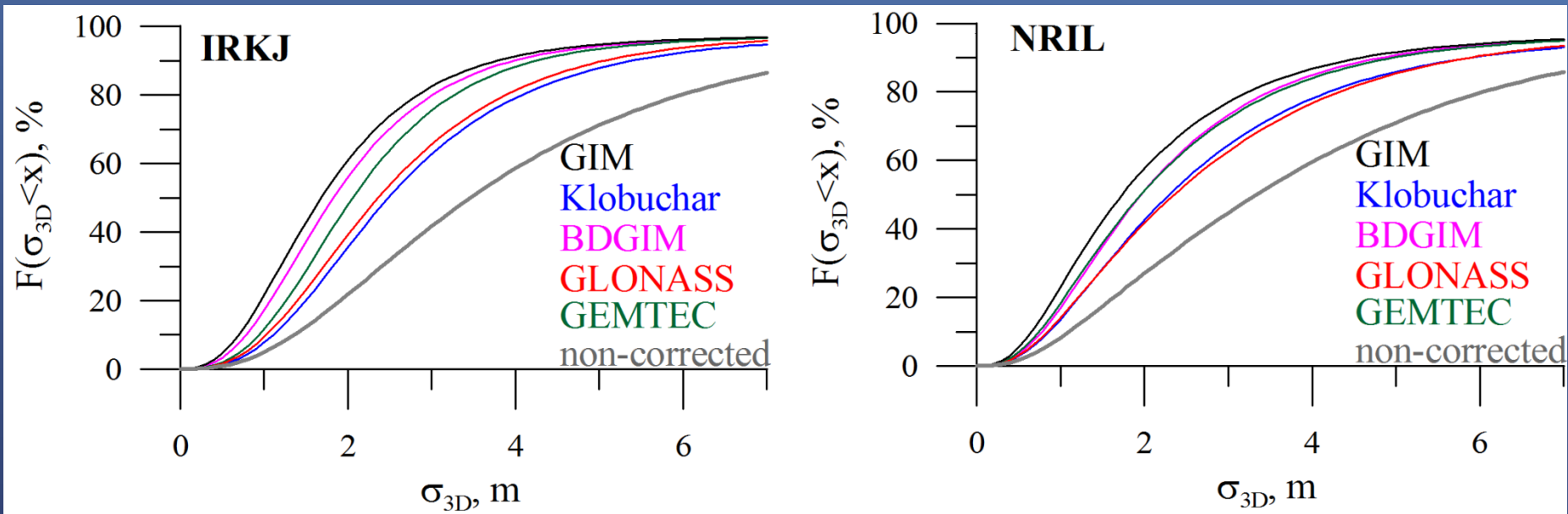


Функции распределения отклонений ПЭС по разным моделям от данных ионосферных карт (ΔI) в Иркутске:

- значительное систематическое смещение у модели Клобушара,
- наиболее точные результаты у моделей BDGIM и NeQuick,
- выраженная зависимость от уровня солнечной активности



ИНТЕГРАЛЬНЫЕ ФУНКЦИИ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ 3D-ОШИБКИ С КОРРЕКЦИЕЙ ПО ИССЛЕДУЕМЫМ МОДЕЛЯМ.

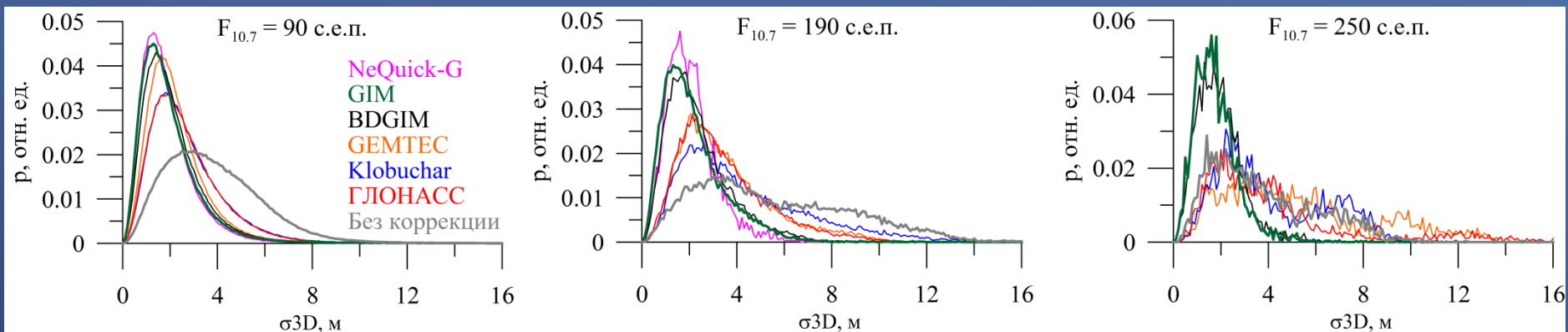


Наиболее точное решение получено с применением ионосферной коррекции с использованием моделей BDGIM и GEMTEC.

На станции IRKJ, для модели BDGIM величина полной 3D-ошибки определения координат в 55% случаев не превышает 2 м относительно эталонного решения, в то время как для моделей Клобушара и ГЛОНАСС - только ~ в 40 % случаев.

На станции NRIL 3D-ошибка менее 2 м регистрируется в 55% случаев для моделей BDGIM и GEMTEC.

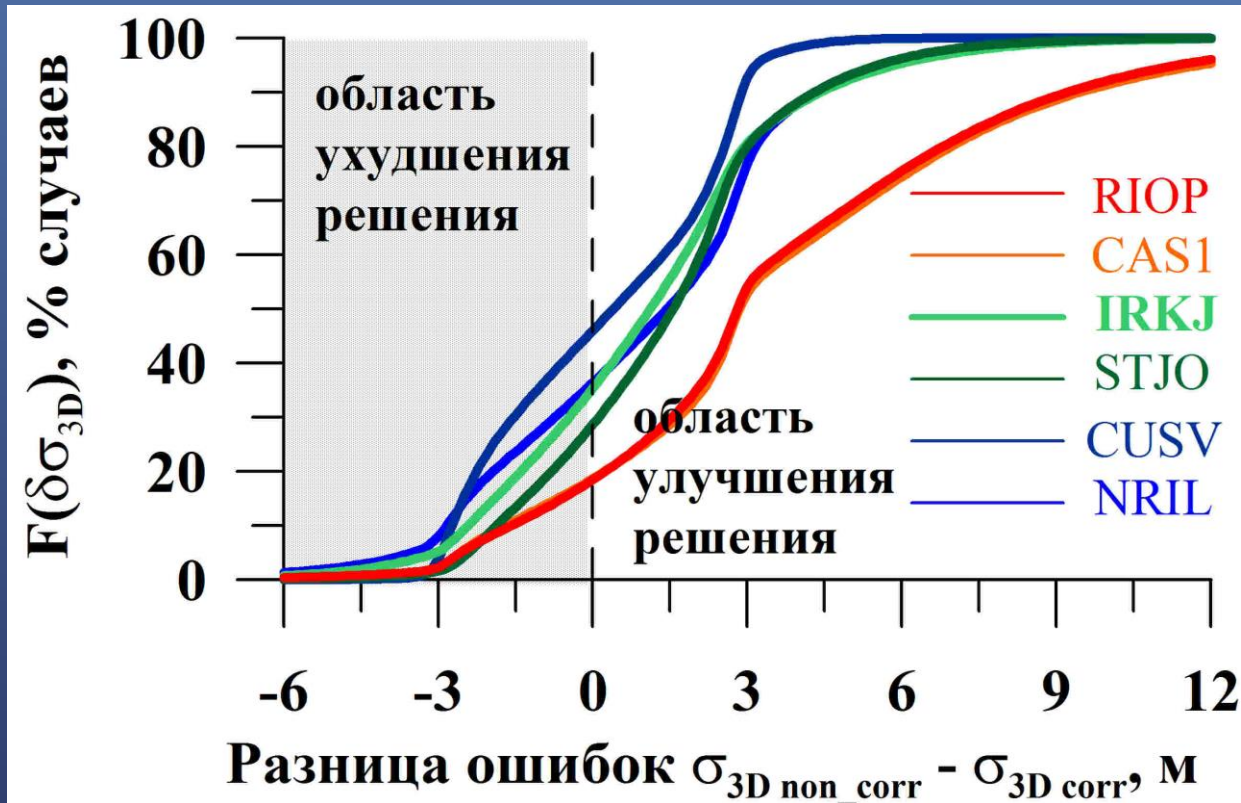
РАСПРЕДЕЛЕНИЯ 3D-ОШИБКИ С КОРРЕКЦИЕЙ ПО ИССЛЕДУЕМЫМ МОДЕЛЯМ В ГОДЫ РАЗНОЙ СОЛНЕЧНОЙ АКТИВНОСТИ (IRKJ)



Для всех моделей выражена зависимость точности координатного решения от уровня солнечной активности, задаваемого с помощью индекса F10.7.

При высоком уровне солнечной активности ($F_{10.7} \geq 250$ с.е.п.) использование моделей Клобушара, ГЛОНАСС и GEMTEC приводит к ухудшению точности решения по сравнению с некорректированными координатами.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МОДЕЛИ КЛОБУЧАРА ДЛЯ ИОНОСФЕРНОЙ КОРРЕКЦИИ



Использование модели Клобучара для коррекции может приводить к ухудшению точности трехмерного позиционирования в ~ 20-45% случаев по сравнению с некорректированным решением.

Для среднеширотной станции IRKJ ухудшение зарегистрировано в ~35% случаев.

Ухудшение решения регистрируется чаще в приполярных регионах, реже - в экваториальном, и связано с неверной оценкой полного электронного содержания (ПЭС) в ионосфере моделью.

- ▶ Выполнено тестирование наиболее известных и распространенных моделей ПЭС в приложении к оценке ионосферных параметров и к точности навигации.
- ▶ Для всех моделей показана выраженная зависимость точности определения ПЭС и величины ошибки координатного решения от уровня солнечной активности.
- ▶ Показано, что использование модели Клобучара для коррекции может приводить к ухудшению точности трехмерного позиционирования в ~ 20-45% случаев. Худший результат коррекции выявлен для высокоширотных станций.
- ▶ Сделан вывод, что из рассмотренных моделей наиболее перспективной с точки зрения ионосферной коррекции одночастотного решения является модель **BDGIM**. Относительным недостатком модели является отсутствие данных до 2010 г., однако этот недостаток влияет только на ретроспективные исследования, а не на оперативную коррекцию.



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

Исследование выполнено при поддержке РФФИ, грант 20-45-383010