

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ GNSS В УКРАИНЕ

A part of the research presented at the given article has been performed under the UKRAINE project. This project has received funding from the European GNSS Agency under the European Union's Horizon 2020 research and innovation programme under grant agreement No 641517

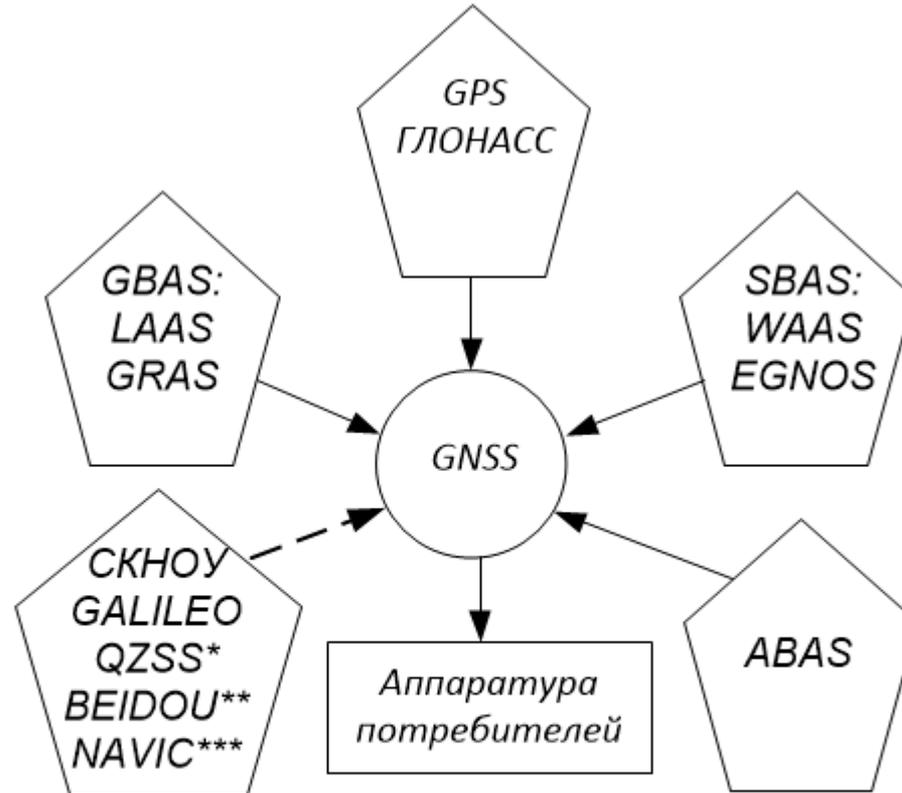
VI міжнародна науково-технічна конференція «ITSEC» (The 6th International Scientific Conference «ITSEC»), 17-19 мая 2016 г.
<http://ocs.nau.edu.ua/index.php/ITSEC>

Київ 2016

ОПРЕДЕЛЕНИЕ GNSS

GNSS – глобальная навигационная спутниковая система определения координат и времени, состоящая из созвездий спутников GPS, ГЛОНАСС, GALILEO, COMPASS, систем контроля целостности, точности, эксплуатационной готовности, непрерывности обслуживания посредством SBAS, GBAS, GRAS и аппаратуры потребителя

СОСТАВ GNSS

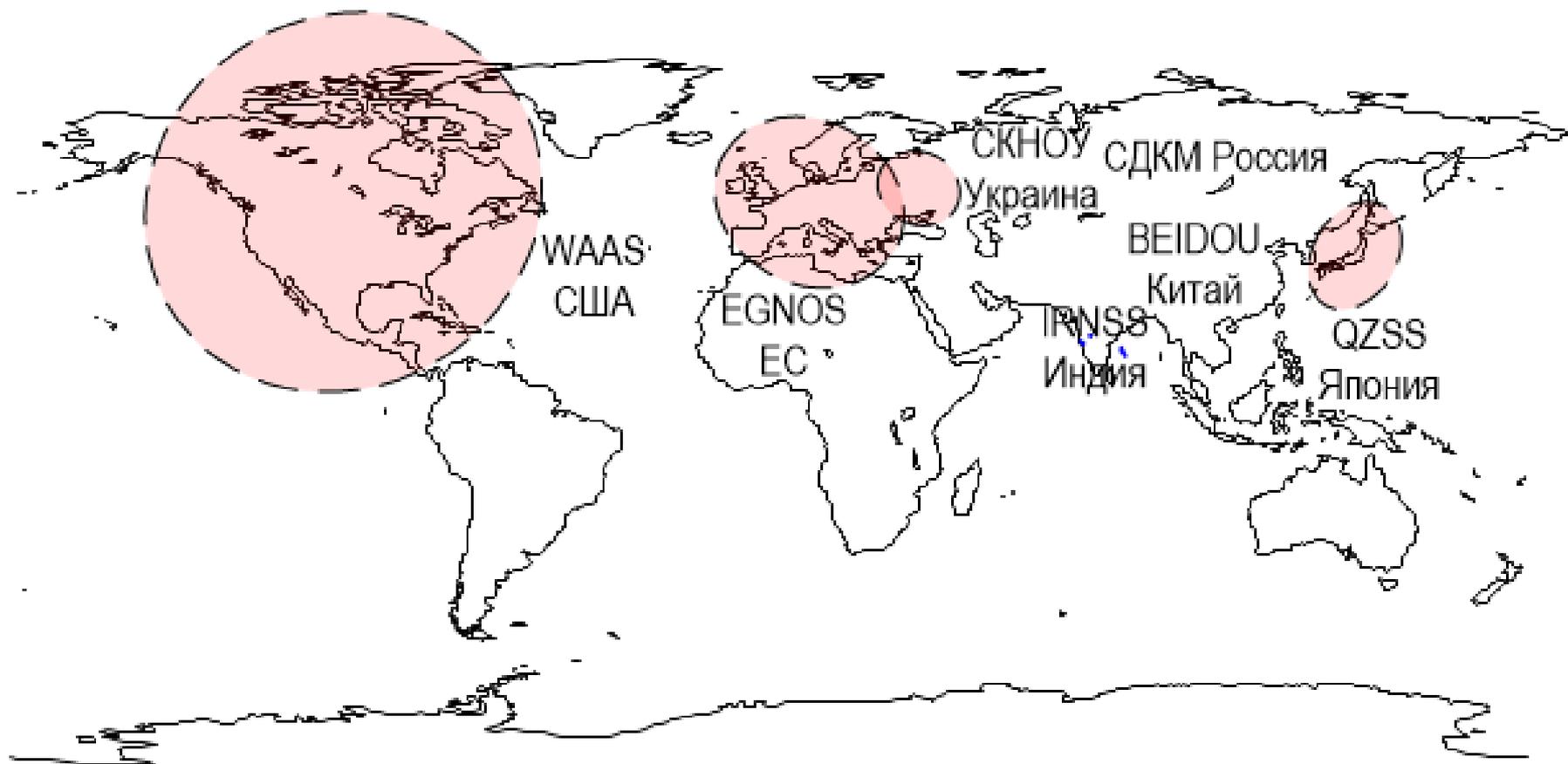


* квази зенитная спутниковая система под управлением Японии

** ранее называлась COMPASS под управлением Китая

*** ранее GAGAN, IRNSS под управлением Индии

ЗОНЫ ДЕЙСТВИЯ SBAS



ТРЕБОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К СИГНАЛУ В ПРОСТРАНСТВЕ

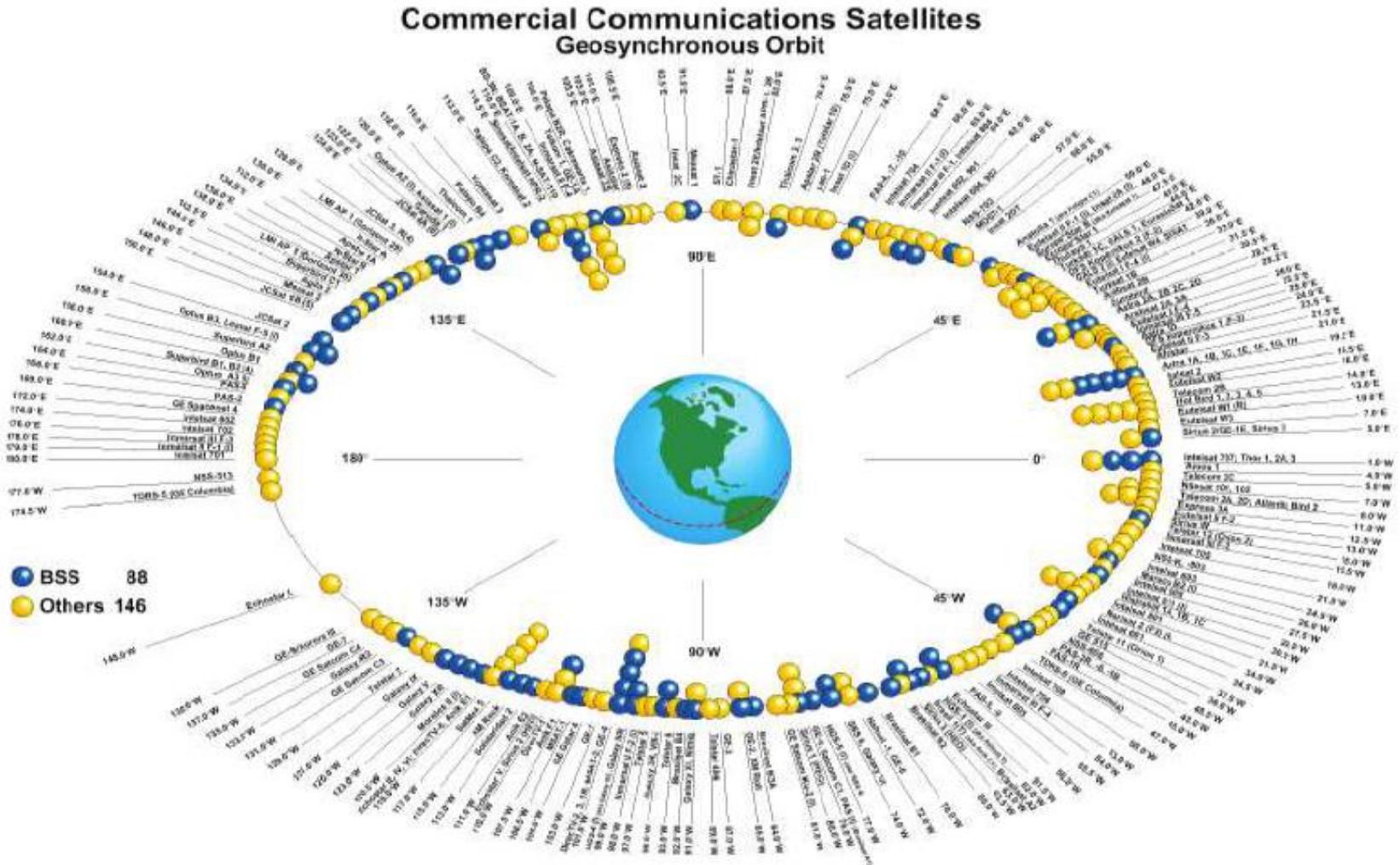
Operational Phase-of-Flight	Accuracy (95%)	Time-to-Alert	Integrity		Availability (Range)	Continuity (Loss of Nav.)	Associated RNP Type (H/V)
			Alert Limit	Probability of HMI			
Oceanic, En route & Remote	12.4 nm	2 min	12.4 nm	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10-5 / hr	5 – 20 (No Vertical)
Domestic En route	2.0 nm (3.7 km)	1 min	2.0 nm	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10-6 / hr	2 – 10 (No Vertical)
Terminal	0.4 nm (0.74 km)	30 sec	1.0 nm	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10-6 / hr	1 (No Vertical)
Non-Precision (LNAV)	220 m (720 ft)	10 sec	0.3 nm	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1 x 10-5 / hr	0.5 – 0.3 (No Vertical)
APV-1 (LNAV/VNAV)	100m	8 sec	556m (H) 50m (V)	10-7 / hr	0.99 – 0.99999	1-5 x 10-5 Approach	0.3/125
LPV (WAAS)	7.6 (16) m (H) 7.6 (20) m (V)	6 sec	40m (H) 50m (V)	1-2 x 10-7 / Approach	0.99 – 0.99999	1-5.5 x 10-5 / Approach	0.03/125
APV-2 (TBD) (Notional)	XXm (H) XXm (V)	5.2 sec	40m (H) 20m (V)	6 x 10-8/ Approach	0.99 – 0.99999	Y x 10-Z / hr	0.03/50
Precision (PT-1) Category I	16 m (H) 4.0 m (V)	6 sec	40 m (H) 10 m (V)	2 x 10-7 / Approach	0.99 – 0.99999	8.0 x 10-6 / Approach	0.02/40
Precision (PT-2) Category II	6.9 m (H) 2.0 m (V)	2 sec	17.3 m (H) 5.3 m (V)	2 x 10-9 / Approach	0.99 – 0.99999	4 x 10-6 / 15s	0.01/15
Precision (PT-3) Category III	6.2 m (H) 2.0 m (V)	2 sec 1 sec (goal)	15.5 m (H) 5.3 m (V)	2 x 10-9 / Approach	0.99 – 0.99999	2 x 10-6 / last 15s 1 x 10-7 / last 15s (vertical)	0.003/z

ТРЕБОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ К СИГНАЛУ В ПРОСТРАНСТВЕ

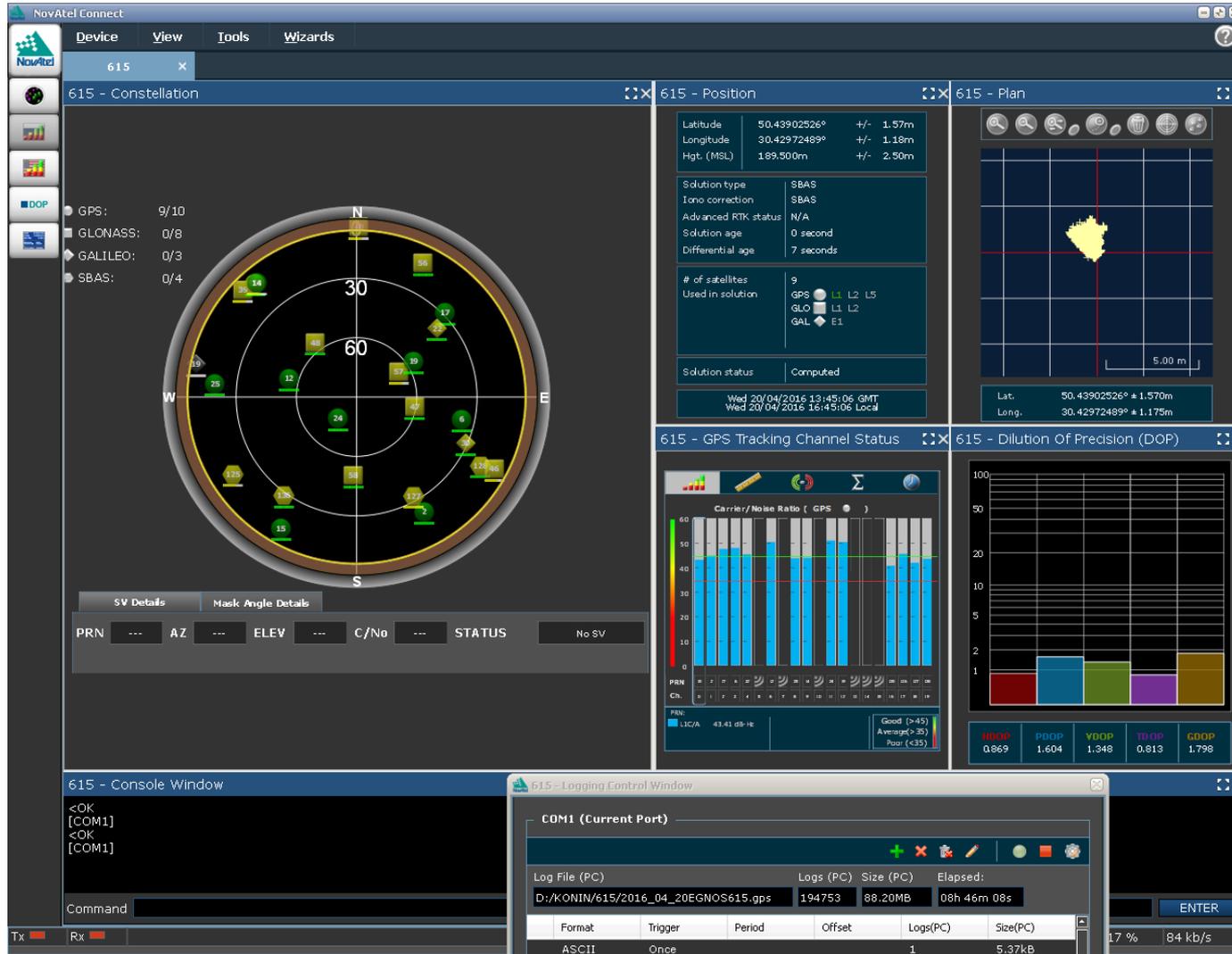
Типовая операция	Точность в горизонтальной плоскости с вероятностью 95%	Точность по вертикали с вероятностью 95%	Целостность	Время до предупреждения	Непрерывность	Эксплуатационная готовность	Соответствующие типы RNP
Полет по маршруту	3,7 км (2,0 м.мили)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	5 мин	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,99 до 0,99999	20...10
Полет по маршруту или в зоне аэродрома	0,74км (0,4 м. мили)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	15с	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,999 до 0,99999	5...10
Начальный заход на посадку, промежуточный заход на посадку, неточный заход на посадку (NPA), вылет	220м (720 фут)	Не назначена	$(1-10^{-7})/ч$	10с	От $(1-10^{-4})/ч$ до $(1-10^{-8})/ч$	От 0,99 до 0,99999	0,5 ... 0,3
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-I)	220м (720 фут)	20м (66 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	10с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,3/125
Заход на посадку с управлением по вертикали (APV-II)	16,0м (52 фут)	8,0м (26 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	6с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,03/50
Точный заход на посадку по 1 категории	16,0м (52 фут)	от 6,0 м до 4,0 м (20 фут- 13 фут)	$(1-2*10^{-7})$ за заход	6с	$(1-8*10^{-6})$ в любые 15 с	От 0,99 до 0,99999	0,02/40

ГЕОСТАЦИОНАРНАЯ ОРБИТА

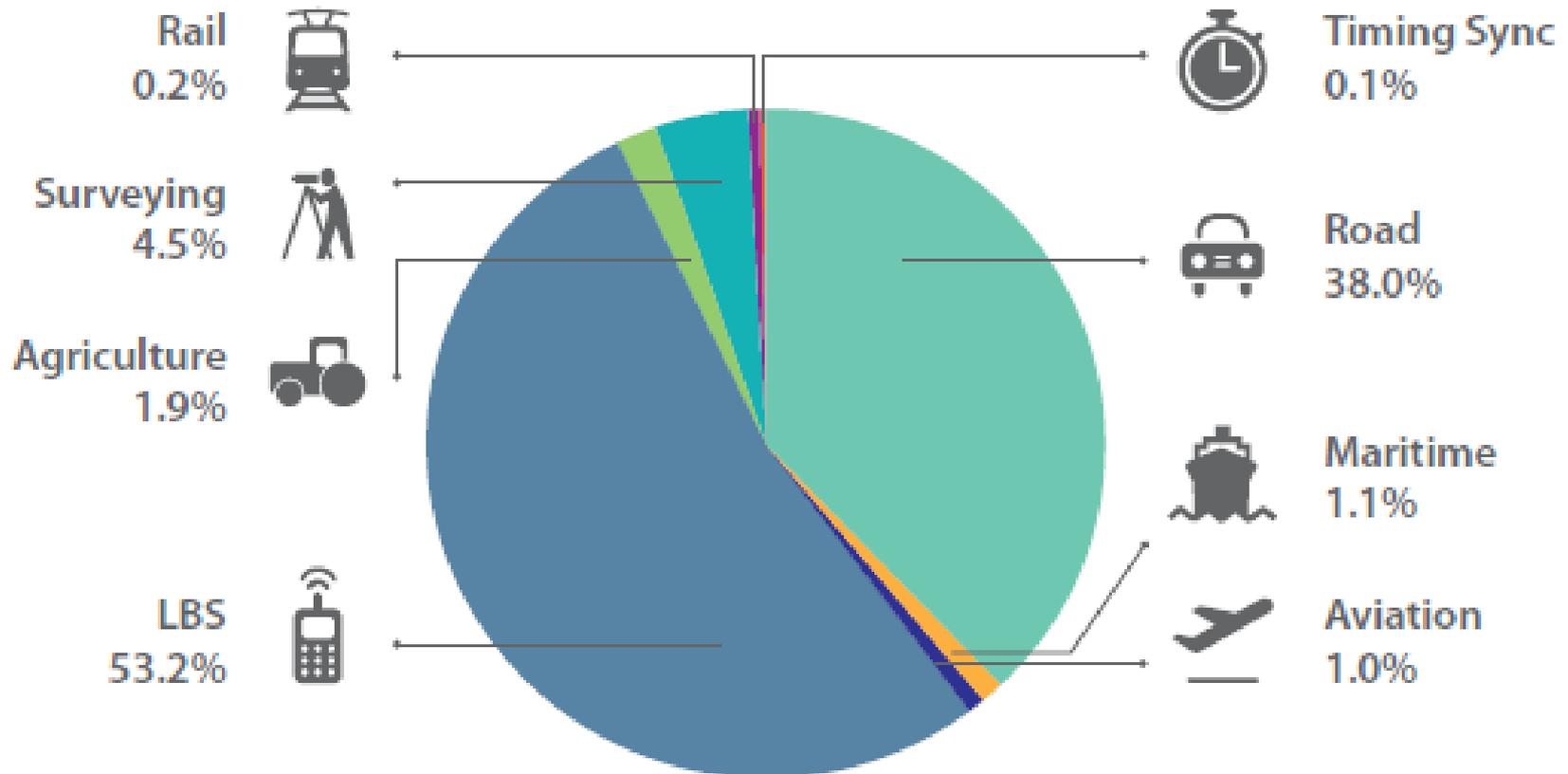
Figure 3: Geostationary Satellites by Orbital Location



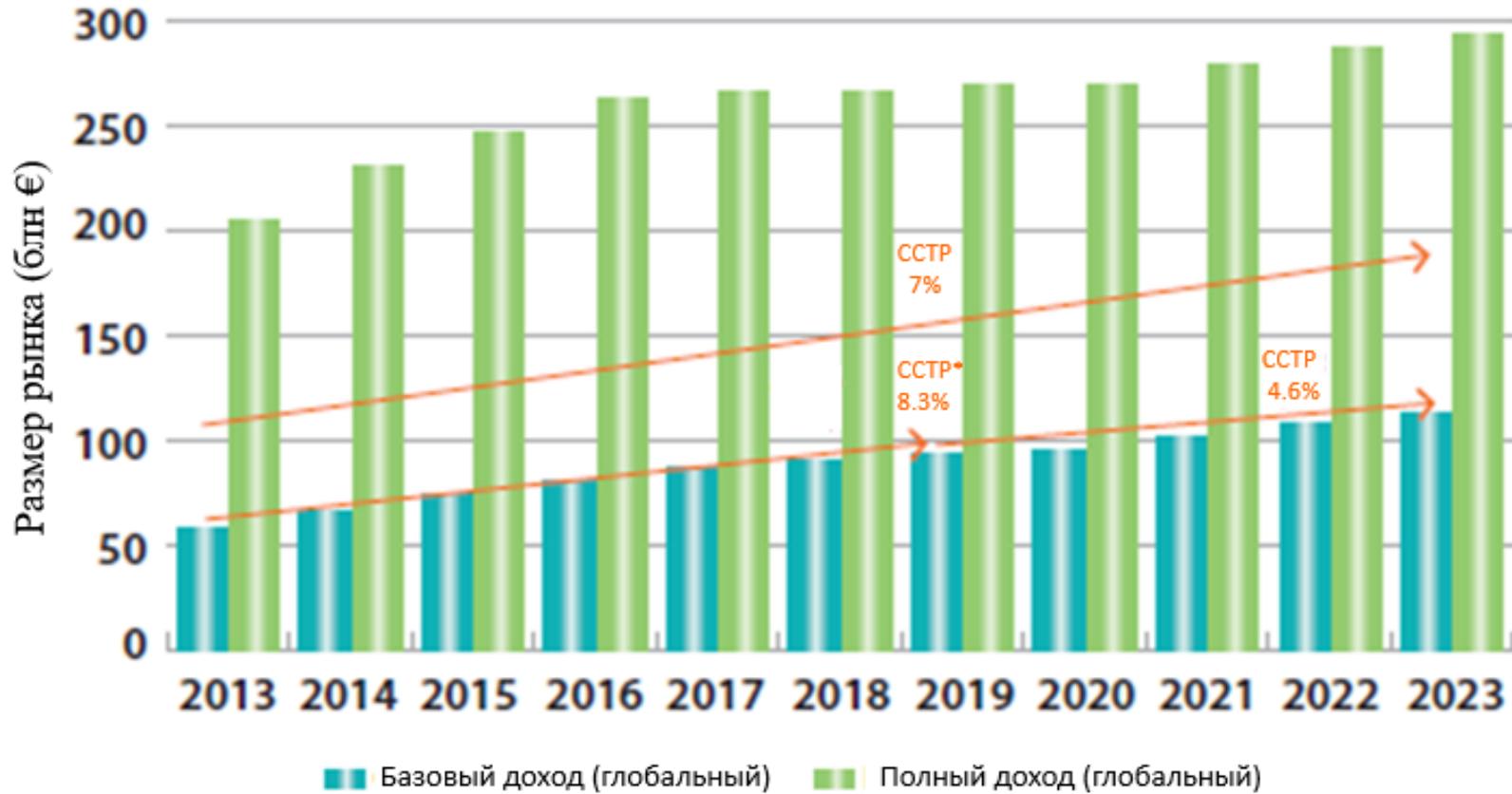
ЛАБОРАТОРИЯ НАУ- МГНОВЕННАЯ ВИДИМОСТЬ 25 НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ



Распределение GNSS услуг между пользователями 2013-2023



ДОХОДЫ ОТ GNSS



*ССТР - Совокупный среднегодовой темп роста

«ЭКОНОМИКА ??» ИЗ ПРЕДЫДУЩЕГО СЛАЙДА

Количество специалистов с высшим образование в области GNSS (количество новых рабочих мест к 2023 году) =

$$50 \times 10^9 \text{€} \times k_1 \times k_2 \times k_3 \times k_4 = 2000,$$

где

$50 \times 10^9 \text{€}$ - полный доход между 2023 и 2022 годами;

$k_1 = 0.01$ – пусть Украине достанется одна сотая этого дохода (мы входим в 10 космических государств);

$k_2 = 0.4$ - 40 % на развитие (создание рабочих мест);

$k_3 = 1/(20 \times 10^3)$ – стоимость нового рабочего места);

$k_4 = 0.01$ – на 100 рабочих 1 инженер.

GNSS технологии могут занять третью ступеньку после агро- и IT- технологий

СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ В НАУ

Учебные дисциплины

Глобальные спутниковые навигационные системы

Аэрокосмические информационные технологии

Спутниковые системы связи, навигации, наблюдения

Моделирование аэронавигационных систем

Спутниковые навигационные системы

Основы спутниковых авиационно-навигационных систем

Перспективные навигационные системы

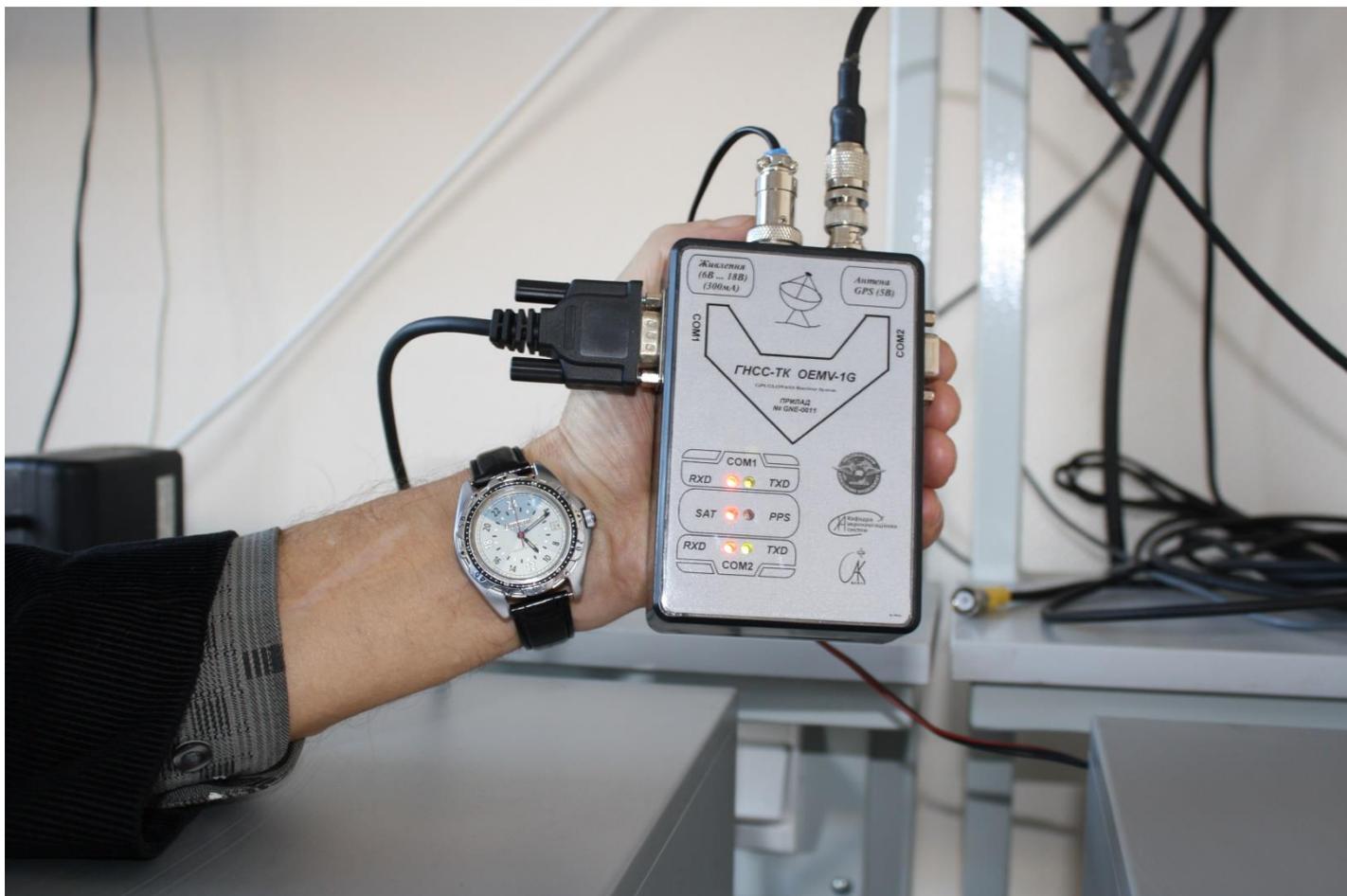
ЛАБОРАТОРИЯ СПУТНИКОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (учебный класс)



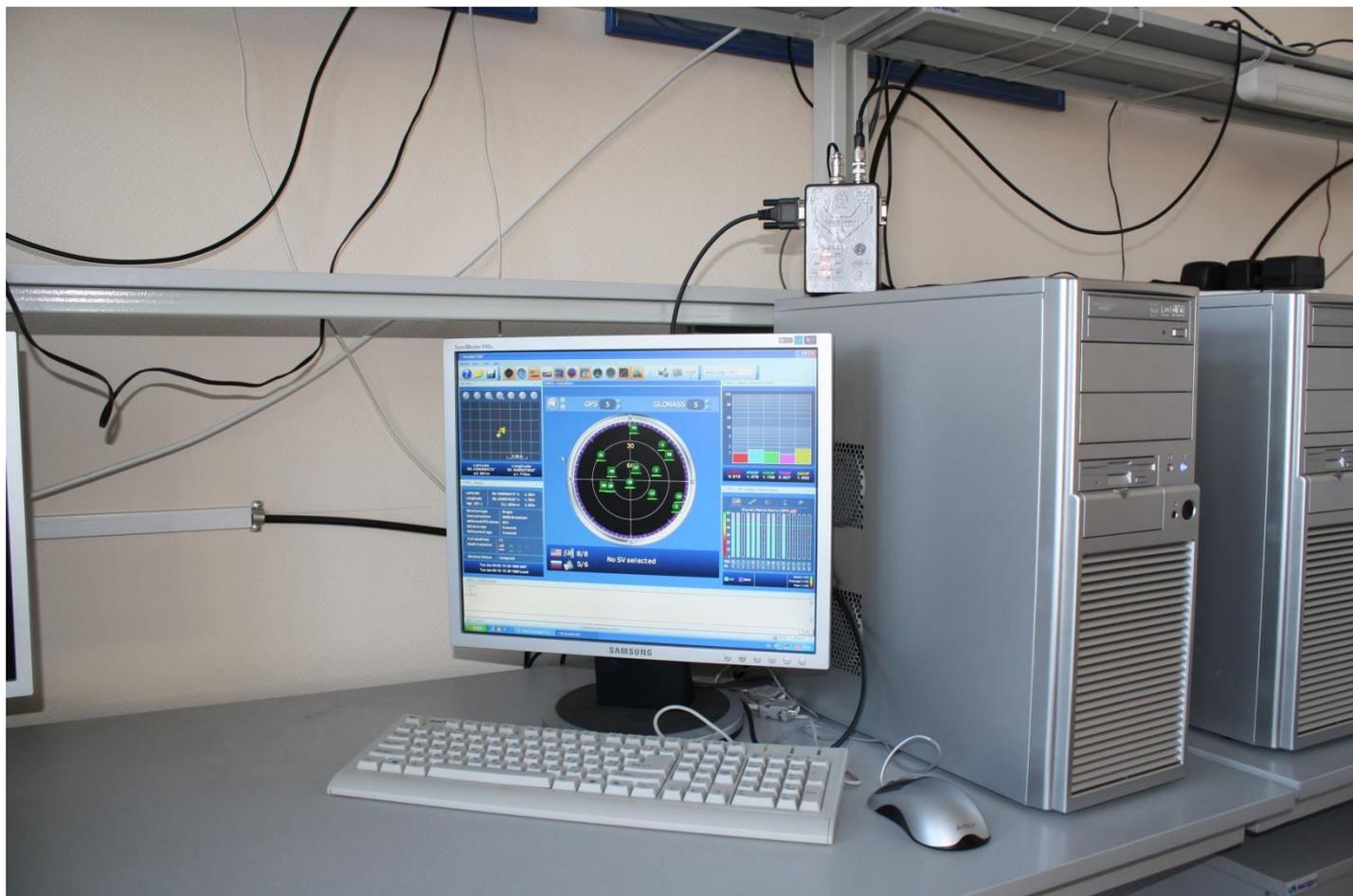
АНТЕННОЕ ПОЛЕ (GPS, ГЛОНАСС, EGNOS, GALILEO, OmniStar)



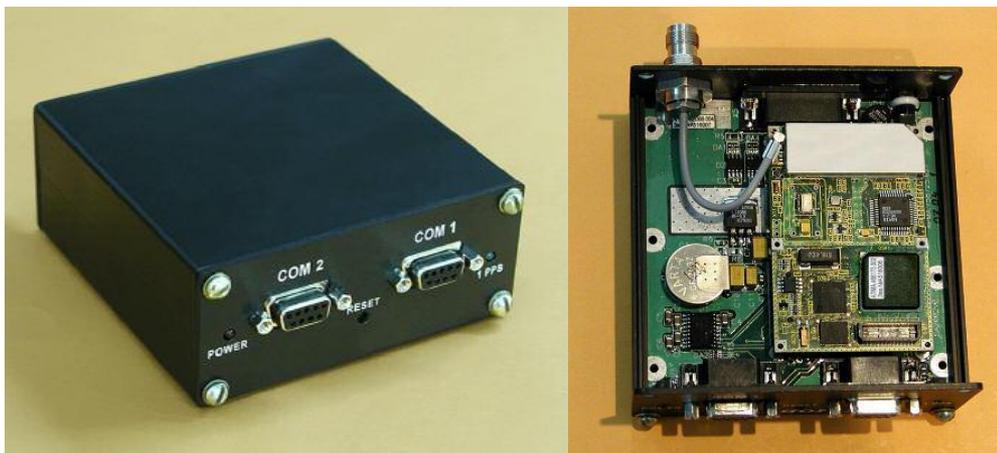
ГЛОНАСС-GPS-EGNOS приемник, разработанный в НУЦ «Аэрокосмический центр» НАУ и внедренный в учебный процесс



Учебный экспериментальный стенд с ГЛОНАСС-GPS-EGNOS приемником



EXPERIMENTAL EQUIPMENT: CN 4701 (SMELA)



BM_Ctrl - ver. 02.01

Дата	11.09.2008	Широта	50°26.34407N	Ск. по шир,м/с	-0.002	Ид. аппарат.	4701 01.06.18/10/05
Время	11:49:18	Долгота	30°25.79243E	Ск. по долг,м/с	0.003	Каналы	24
СКО, м	3.59	Высота	186.193 м	Ск. по выс,м/с	0.037	Раб. КА	7+4

Настройки

Выкл

Параметры:

COM1
19200
BINR

Произвол. пакеты

Ошибки пр.
0

- Запрос на тест РПУ (11->43)
- Запрос версии ПМО (1В->70)
- Контроль наличия связи (26->54)
- Прогноз геометр. фактора (В1->С1)
- Режим работы BINR (В2->С2)
- Доп. параметры работы (D7->E7)

Отмена всех запросов на передачу

Перезапуск системы (01)

- Запрос/установка сост. порта (0В->50)
- Установка параметров работы (0D->51)
- Запрет/разреш. исп. спутника (12->47)
- Запрос путевого угла и скор. (13->41)
- Состояние каналов приемника (17->42)
- Запрос измер. каналов РПУ (18->43,49)
- Запрос/загр. эфемерид, инфор. (19->49)
- Запрос парам. связи шкал врем. (1Е->74)
- Запрос парам. св. врем. и част. (1F->72)
- Запрос/загрузка альманаха (20->40)
- Количество исп. спутников (21->60)
- Запрос/устан. часового пояса (23->46)
- Запрос видимых спутников (24->52)
- Оцифровка метки времени (25->53)
- Запрос передачи вектора сост. (27->88)
- Ввод инф. о местополож. и врем (32->89)
- Выдача последнего решения (37->84,41)
- Выдача экстраполир. коорд. (38->85,41)
- Информация о каналах РПУ (39->87)
- Запрос измерений каналов РПУ (D4->E4)
- Запрос ионосферных парам. (2А->4А)
- Связь шк. GPS, ГЛОНАСС, UTC (2В->4В)

Станции фирмы NOVATEL



ГЕОДЕЗИЧЕСКИЙ КОМПЛЕКС (фирма TRIMBLE)



СТАНЦИЯ МОНИТОРИНГА СПУТНИКОВОГО НАВИГАЦИОННОГО ПОЛЯ





МОНИТОРИНГ GPS+GLONASS+EGNOS



NovAtel CDU

Device View Tools Help

Active Config V3

Plan View V3 - Constellation V3 - Dilution of Precision (DOP)

GPS 5 GLONASS 5

Latitude 50.439028168° ±0.881m Longitude 30.429729862° ±0.728m

V3 - Position

Latitude	50.439028168° ± 0.88m
Longitude	30.429729862° ± 0.73m
Hgt. (MSL)	188.119m ± 1.99m

Solution type WAAS
iono correction Multi-frequency
AdVanced RTK status N/A
Solution age 0 second
Differential age 6 seconds

of satellites 7
Used in solution L1 L2 L5

Solution Status Computed

Fri Jan 11 14:16:45 1980 GMT
Fri Jan 11 16:16:45 1980 Local

V3 - Console Window

```
[CONM1] chascontrol enable egnos 0 zerolatw  
[sbascontrol enable egnos 0 zerolatw
```

7/8 No SV selected
0/7

HDOP 1.000 PDOP 1.956 VDOP 1.681 TDOP 0.991 GDOP 2.193

Signal/Noise Ratio (GPS)

PRN	32	11	20	14	31	17	23	19	9	10	12	13	14	15		
Ch.	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Legend: L1C, L2P(Y), SBAS. Status: Good (>45), Average (>35), Poor (<35)

42% 44 kb/s

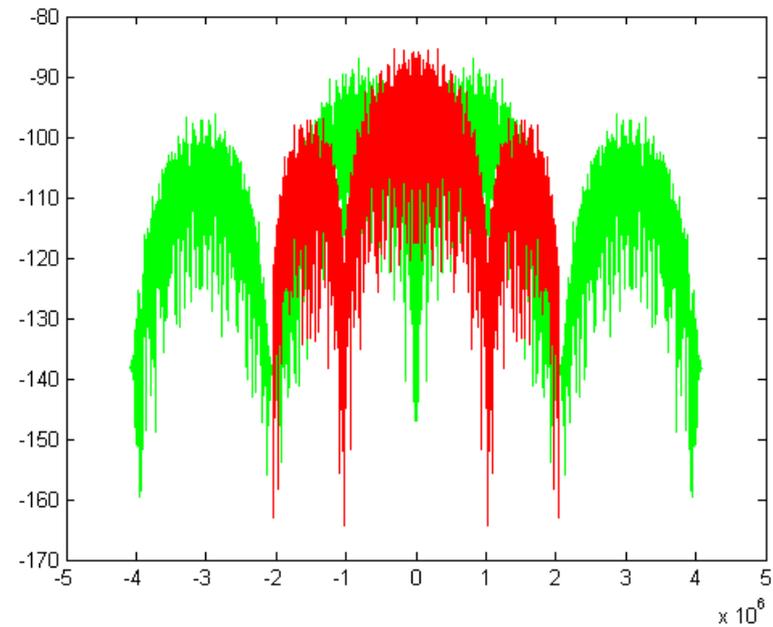
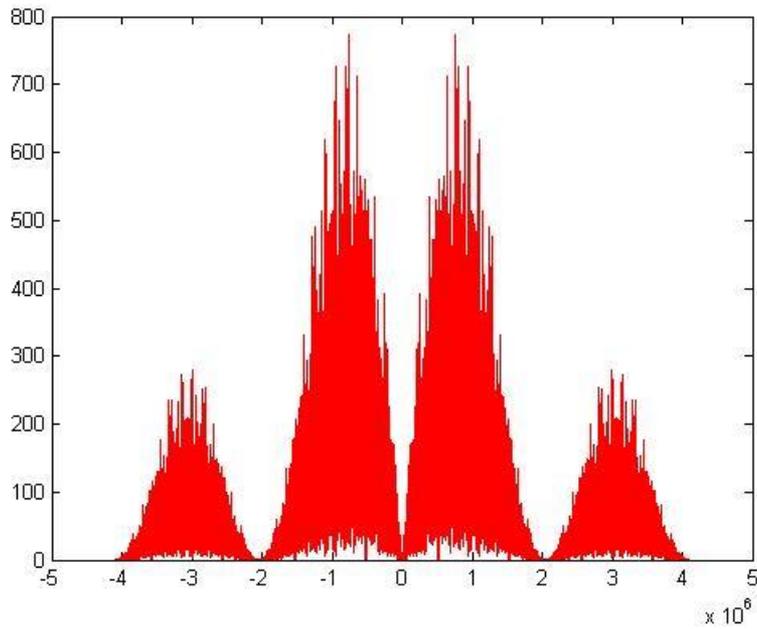
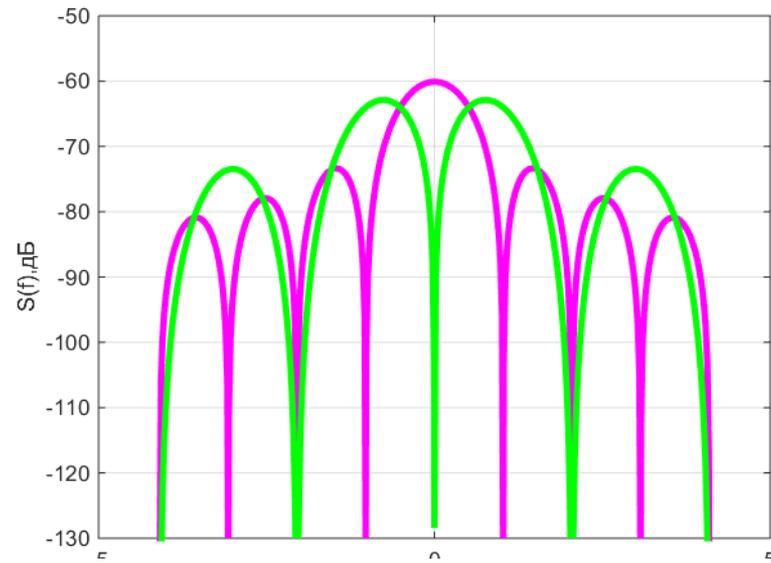
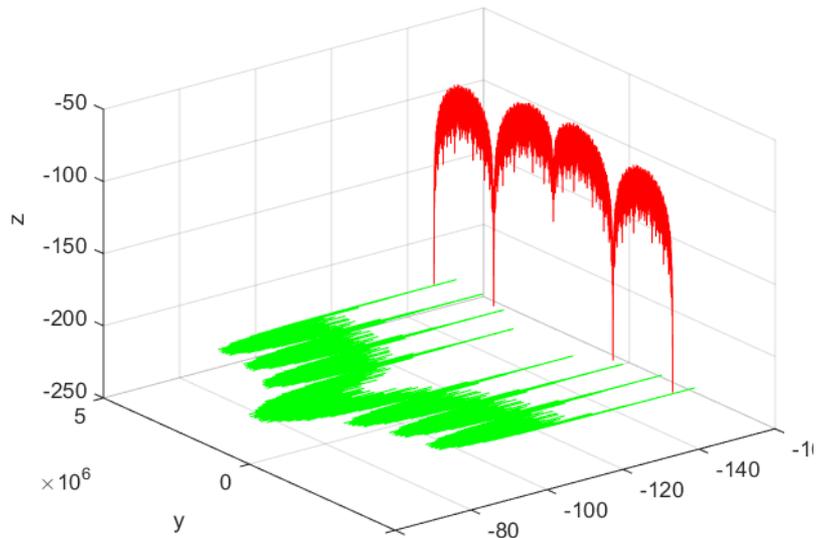
пуск NovAtel CDU Total Commander 6.0...

EN 16:19

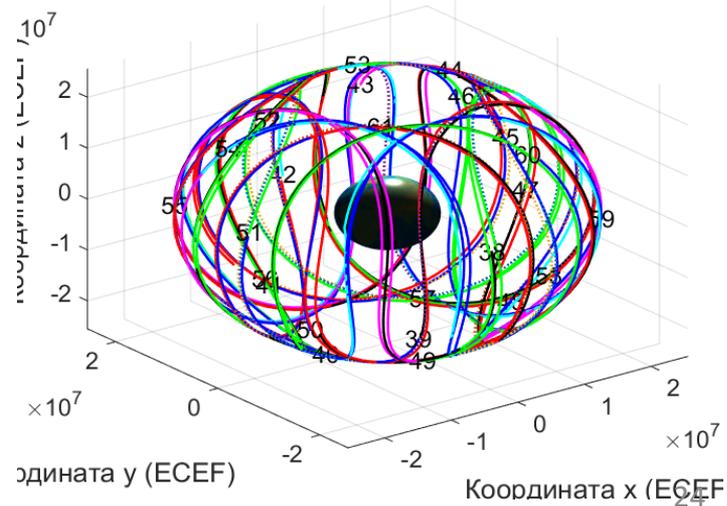
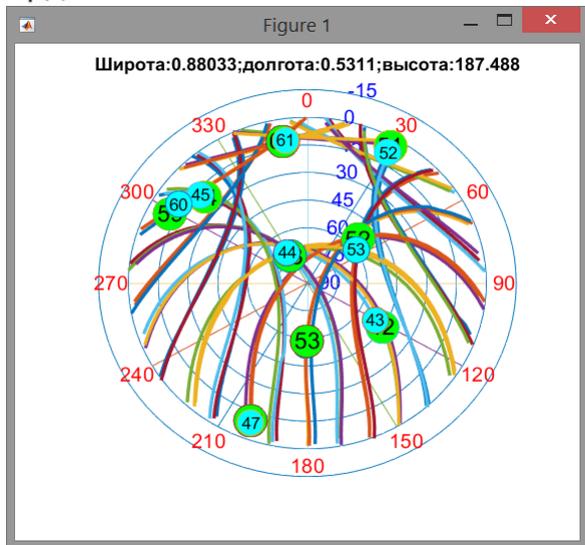
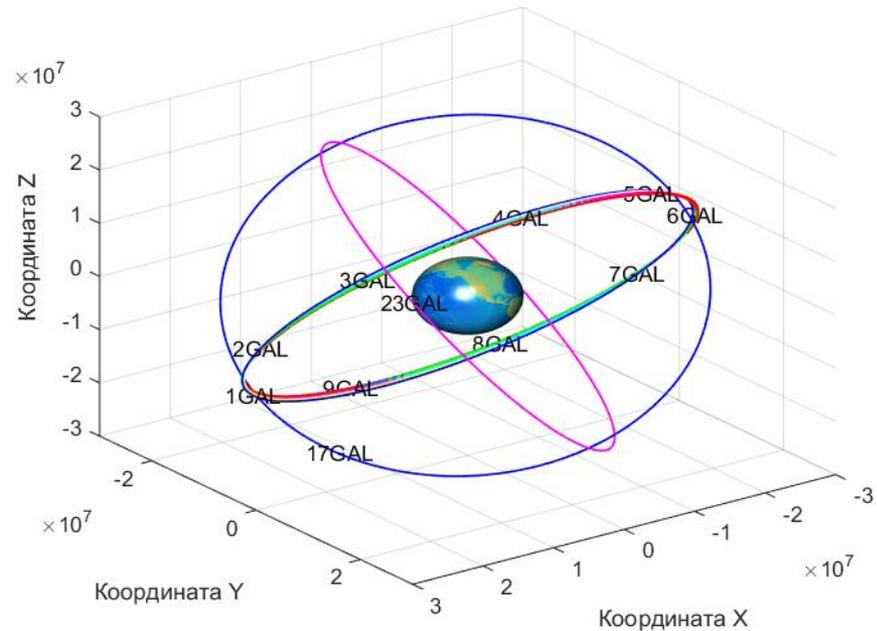
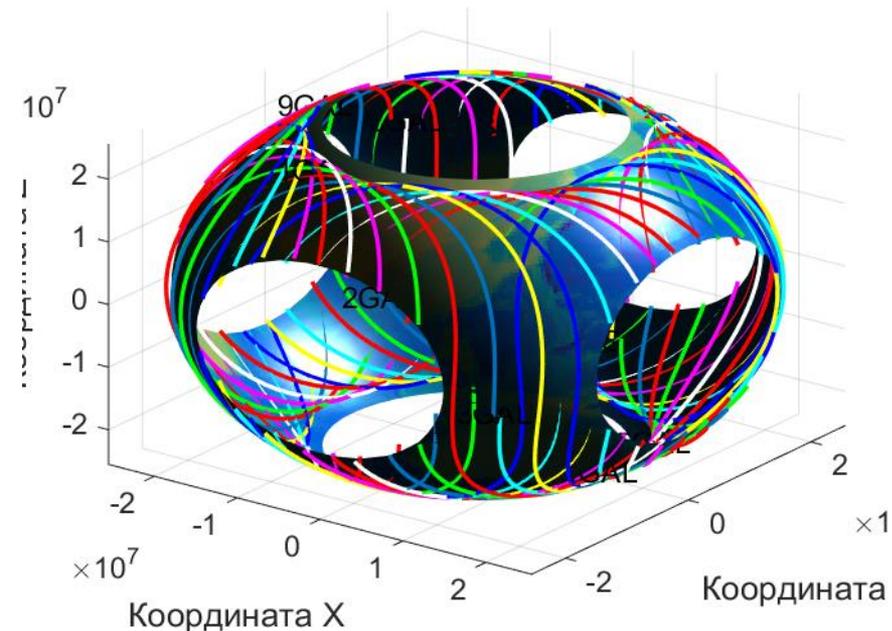
РАБОТА В ЕДИНОЙ СЕТИ СИСТЕМЫ КНО УКРАИНЫ



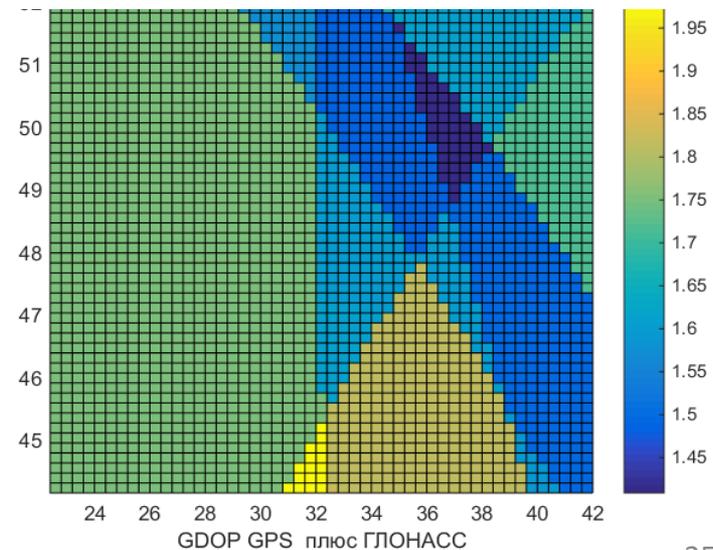
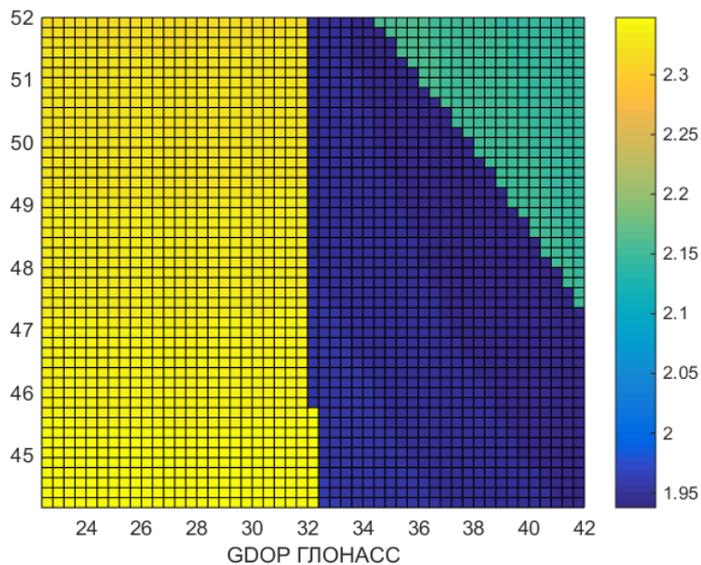
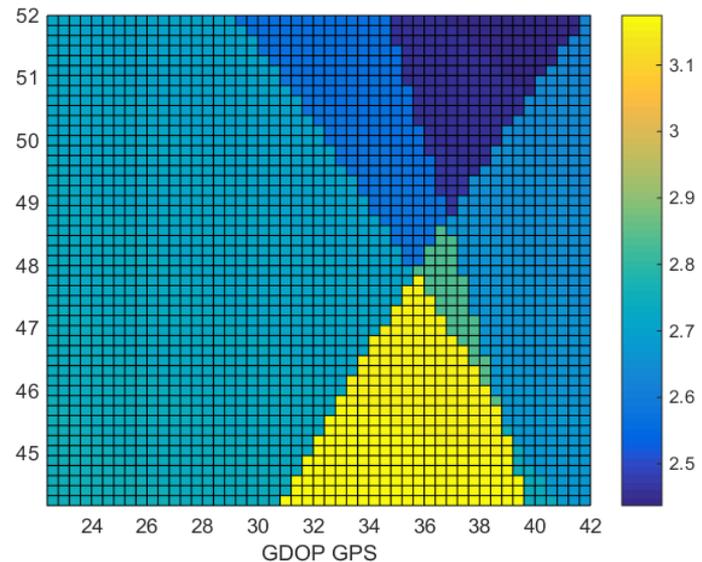
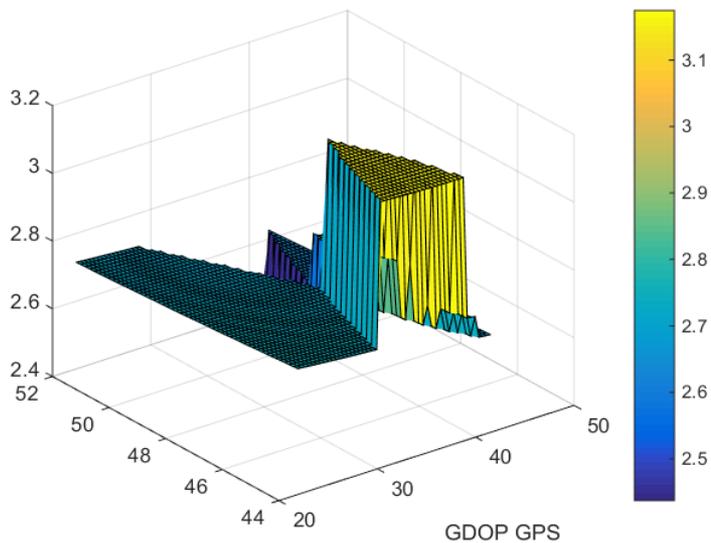
ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ СИГНАЛОВ GNSS (СИГНАЛЫ GALILEO)



ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ОРБИТ НАВИГАЦИОННЫХ СПУТНИКОВ

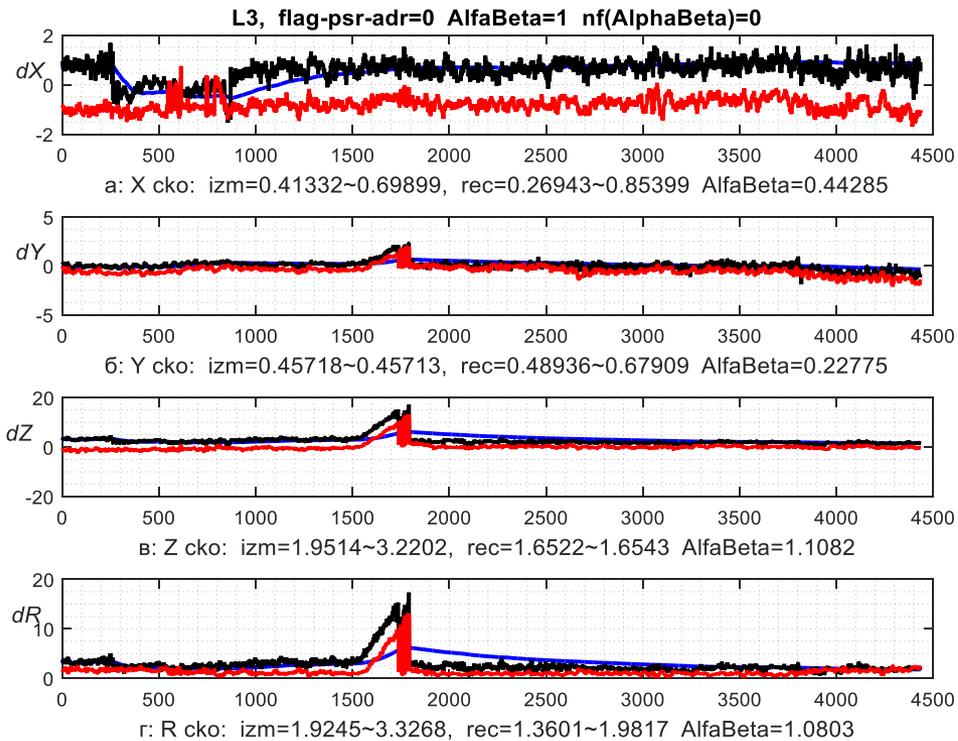


ИЗУЧЕНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЕ, МОДЕЛИРОВАНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОГО ФАКТОРА (DOP {Lat*Lon})

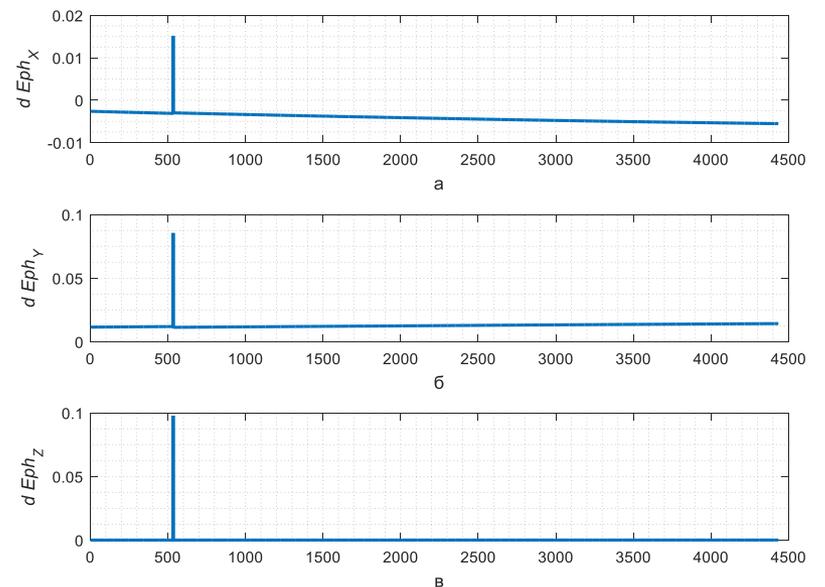


ПРОГРАММИРОВАНИЕ+МОДЕЛИРОВАНИЕ+ЭКСПЕРИМЕНТ (при решении навигационной задачи)

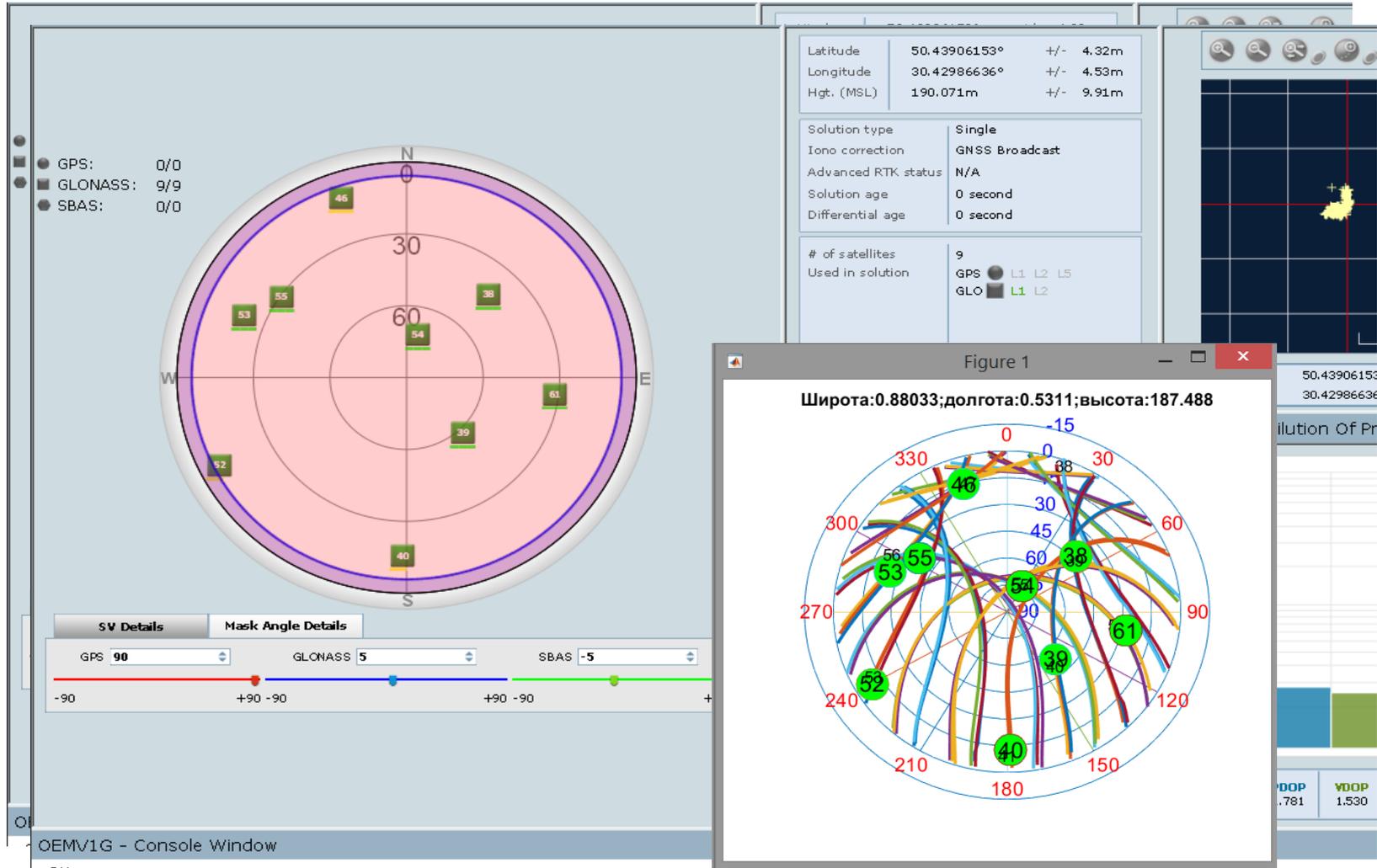
ПОЗИЦИЯ



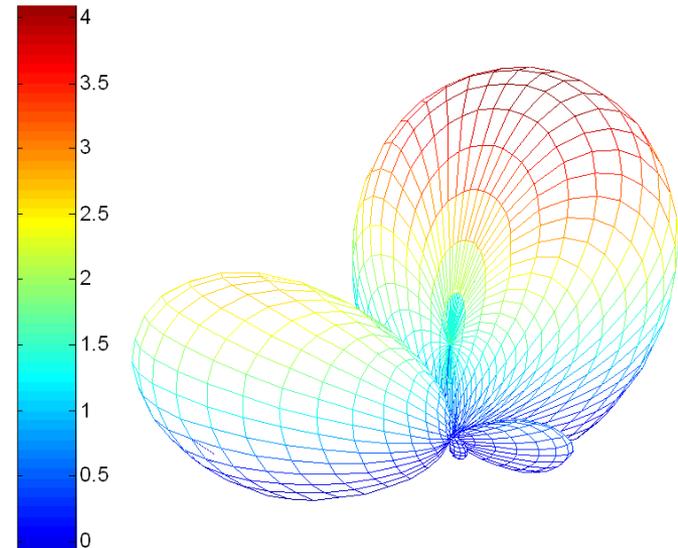
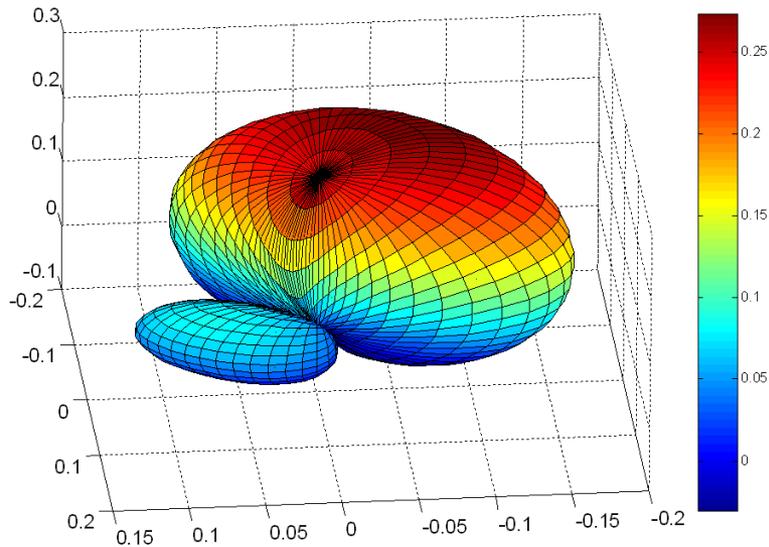
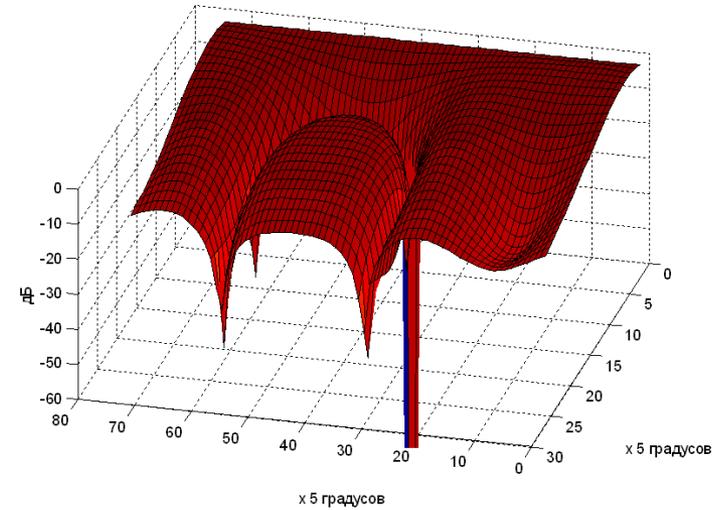
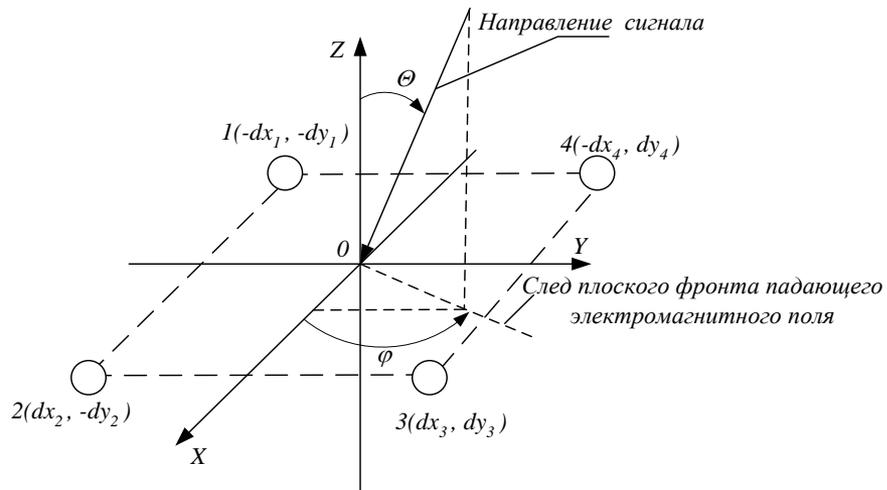
ЭФЕМЕРИДЫ



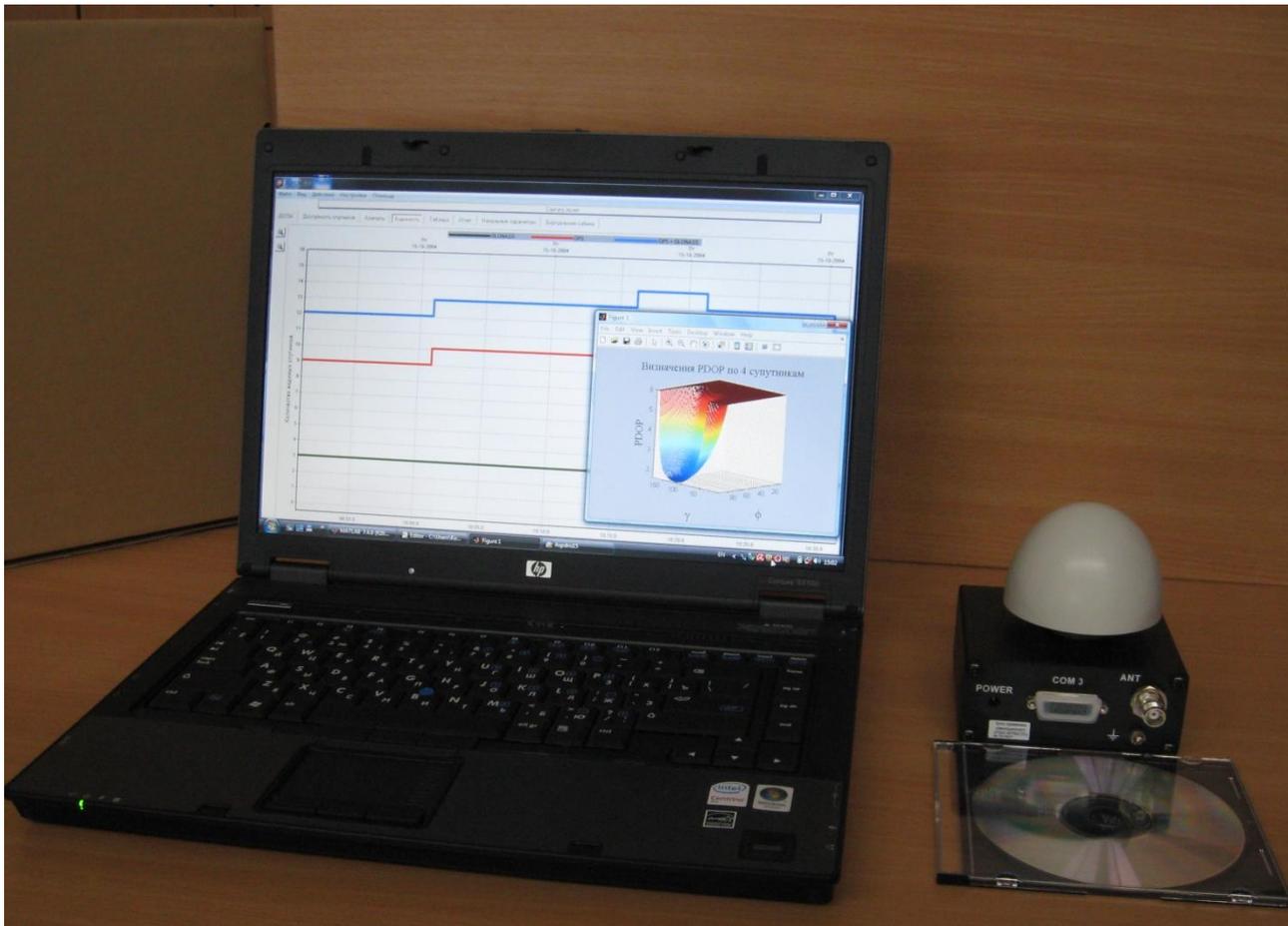
ПРОГРАММИРОВАНИЕ+МОДЕЛИРОВАНИЕ+ЭКСПЕРИМЕНТ



ANTI-JAMMING BY THE ADAPTIVE ANTENNA ARRAY



АВТОМАТИЗИРОВАННАЯ СИСТЕМА ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДОСТУПНОСТИ СПУТНИКОВ ГЛОНАСС, GPS на маршруте воздушного судна



НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ

Проект Украина (международная программа ГОРИЗОНТ 2020)

Основная цель- внедрение EGNOS в Украине

В частности в рамках этого проекта проводится

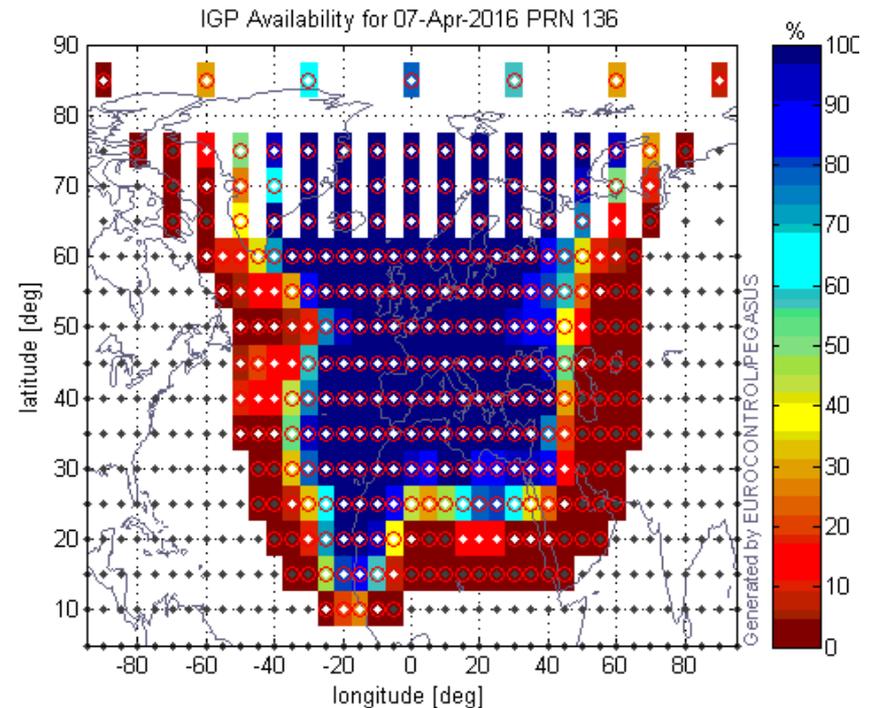
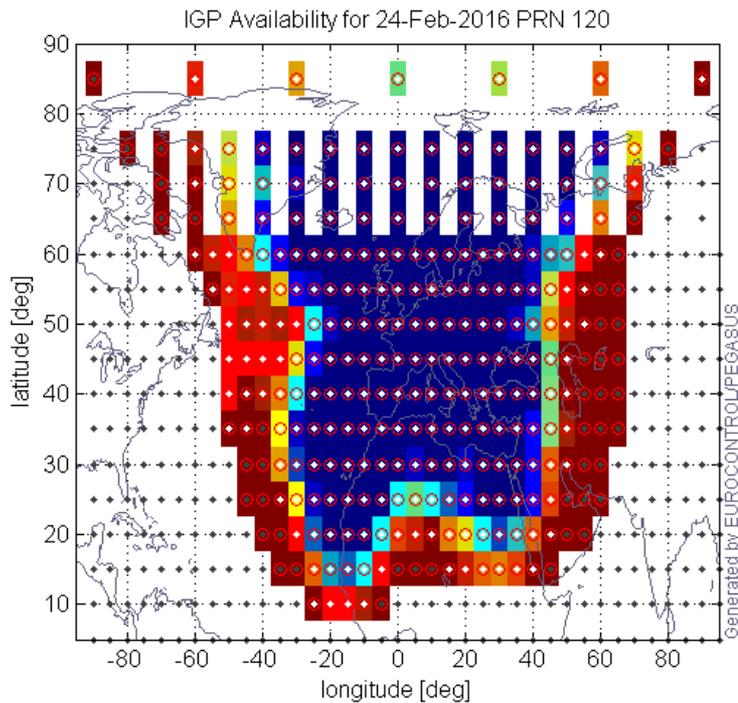
мониторинг сигнала EGNOS на полигоне кафедры аэронавигационных систем и Аэрокосмического центра Национального авиационного университета.

Систематические исследования начаты с сентября 2015 года. Подробные отчеты обработанных данных представляются на сайте www.asc.nau.edu.ua.

Некоторые результаты изображены на следующем слайде.

ИОНОСФЕРНАЯ СЕТКА - ДОСТУПНОСТЬ

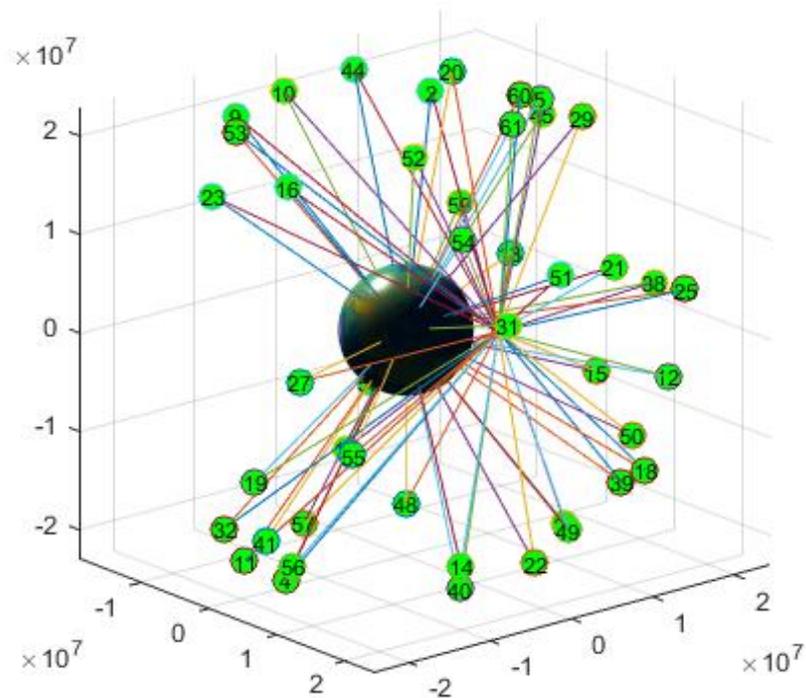
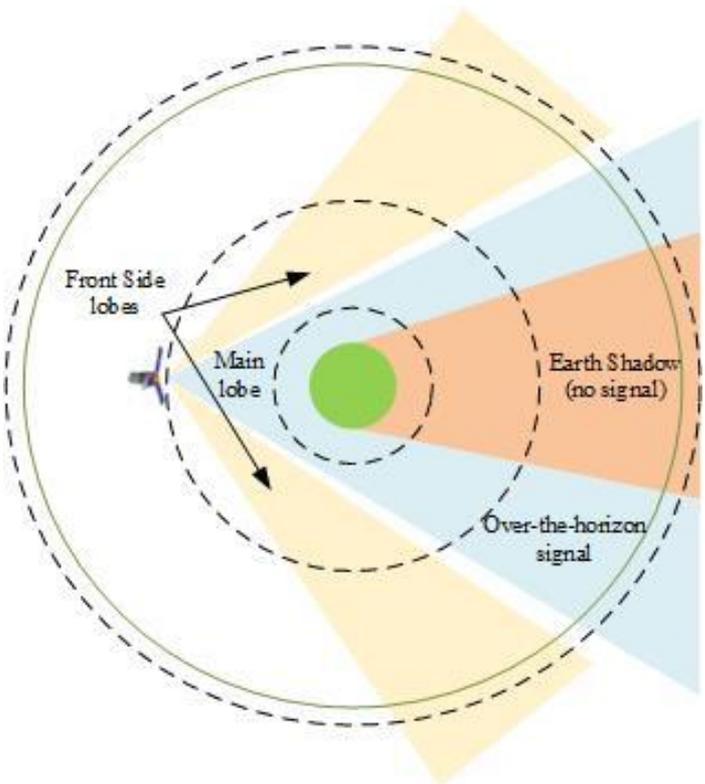
Чтобы обеспечить покрытие сигналом EGNOS всей территории Украины необходимо сместит на восток границу ионосферной сетки



Установка в Украине RIMS – станций обеспечит
Полномасштабное применение технологий EGNOS

НАУЧНЫЕ ПРОЕКТЫ

СПУТНИКОВАЯ НАВИГАЦИЯ ДЛЯ АВТОНОМНОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ КОСМИЧЕСКИХ АППАРАТОВ



ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС

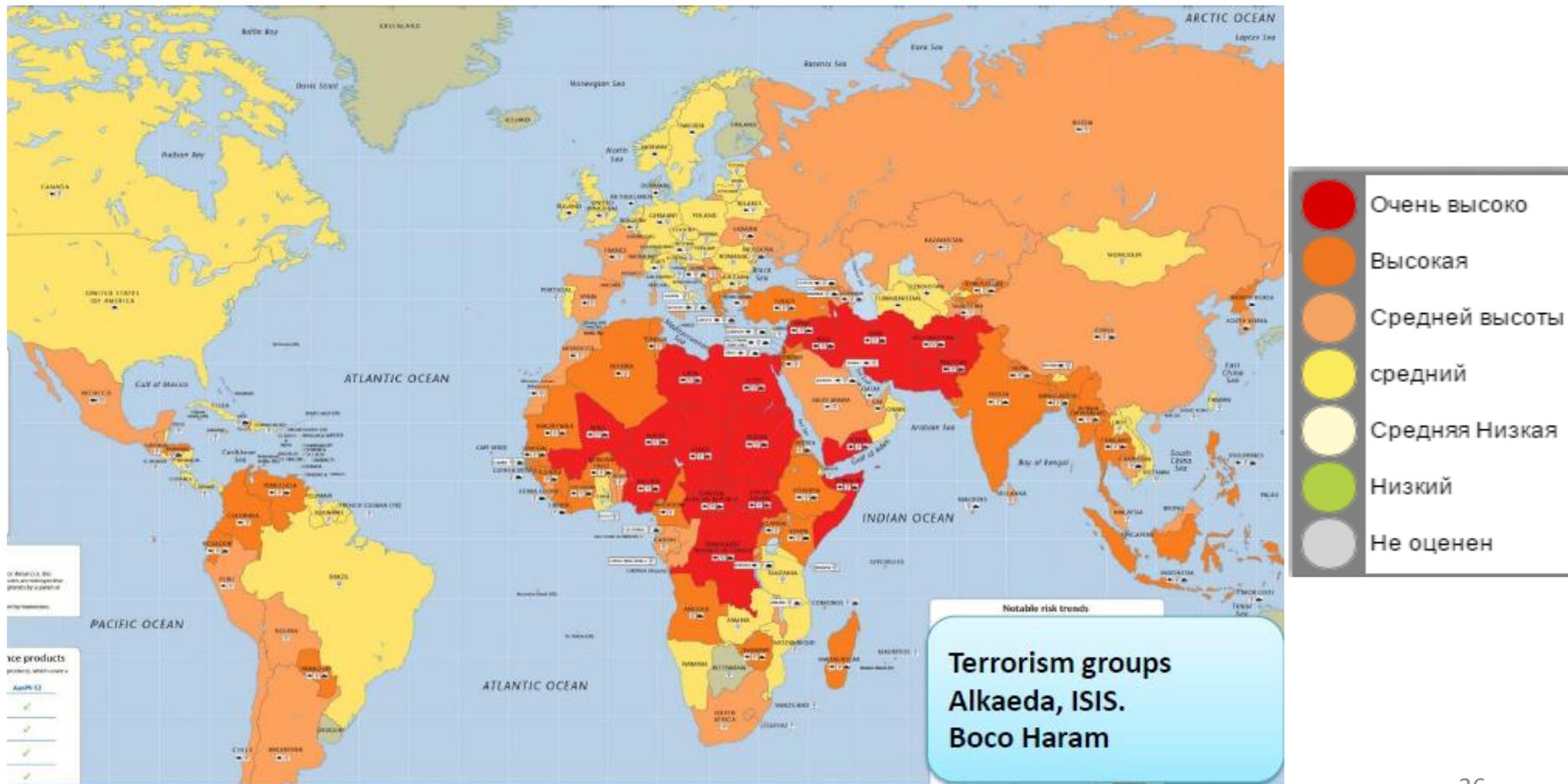


ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЙ РЕСУРС



ВЫЗОВЫ: GNSS- терроризм/ Refaat

Rashad, 15 PNTAB meeting Marrriott Waterfront, Annapolis,
June 12, 2015



СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ