



Дата: 31.07.2017

ПРОТОКОЛ № 2/2017
проведения испытаний с использованием
Мобильной измерительно-диагностической лаборатории (МИДЛ)

Содержание

Лист

1	Цель испытаний	3
2	Время и место проведения испытаний	3
3	Средства проведения испытаний	6
4	Испытываемые образцы НАП	6
5	Определяемые показатели	7
6	Режимы испытаний.....	8
7	Последовательность испытаний.....	11
8	Результаты испытаний	11
8.1	Потребительские характеристики условий навигации по сигналам ГНСС	11
8.2	Точность позиционирования НАП по сигналам ГНСС	14
8.2.2	НАП Delta.....	14
8.2.3	НАП Sigma	16
8.2.4	НАП ОС-103	17
8.2.5	НАП МНП-М9.1	18
8.2.6	НАП NV08С.....	19
8.2.7	НАП NV08С-СДКМ.....	20
8.3	Сравнение одночастотного и двухчастотного режимов работы НАП.....	20
8.4	Работоспособность и эффективность СДКМ	21
8.5	Покрытие маршрута эксперимента сотовой связью	22
9	Выводы	25
9.1	Выводы по условиям спутниковой навигации	25
9.2	Выводы по результатам испытаний НАП в абсолютном режиме.....	25
9.3	Выводы по результатам оценки СДКМ	25
9.4	Выводы по результатам проверки покрытия сотовой связью	26
Приложение 1.	Графики условий навигации на участках маршрута	27
Приложение 2.	Характеристики точности позиционирования НАП Delta.....	41
Приложение 3.	Характеристики точности позиционирования НАП Sigma	43
Приложение 4.	Характеристики точности позиционирования НАП ОС-103	45
Приложение 5.	Характеристики точности позиционирования НАП МНП-М9.1	47
Приложение 6.	Характеристики точности позиционирования НАП NV08С.....	49
Приложение 7.	Характеристики точности позиционирования НАП NV08С-СДКМ.....	51
Приложение 8.	Обеспечение сотовой связью на участках транспортного коридора.....	53

1 ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

1.1 Оценка локальных потребительских характеристик глобальных навигационных спутниковых систем (ГНСС) - ГЛОНАСС, GPS BEIDOU, GALILEO, контроль условий приема навигационных сигналов вдоль трассы эксперимента.

1.2 Оценка качества навигационного обеспечения в транспортном коридоре в части покрытия сотовой связью для реализации высокоточных методов спутниковой навигации (DGPS, RTK, PPP), а также организации систем мониторинга транспорта и грузов.

1.3 Проверка работоспособности и эффективности российской широкозонной системы дифференциальной коррекции и мониторинга (СДКМ, функциональное дополнение ГНСС).

1.4 Испытания образцов НАП в реальных условиях эксплуатации, сравнение точности навигационных определений в различных режимах работы.

1.5 Тип испытаний – плановый рейд по свободному маршруту.

2 ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

2.1 Испытания проводились в рамках совместного российско-китайского эксперимента по мониторингу и оценке характеристик ГНСС на маршруте экономического пояса «Шелкового пути» (в соответствии с Планом мероприятий рабочих групп в рамках российско-китайского Комитета проектов по стратегическому сотрудничеству в области спутниковой навигации).

2.2 Даты проведения испытаний российской стороной - с 31.07.2017 по 14.08.2017.

2.3 Место проведения испытаний:

маршрут в прямом направлении: Москва – Нижний Новгород - Чебоксары - Казань – Уфа – Челябинск - Курган – Омск – Новосибирск (протяженность - 3400 км).

маршрут в обратном направлении: Новосибирск – Омск – Курган – Челябинск - Уфа – Оренбург - Сагарчин – Оренбург - Самара – Пенза – Москва (протяженность - 4150 км).

Общая протяженность – 7550 км.

2.4 Основная часть маршрута приходится на автодороги: Федеральная автомобильная дорога М-7 «Волга», Федеральная автомобильная дорога М-5 «Урал», Федеральная автомобильная дорога Р-254 «Иртыш», автомобильная дорога федерального значения Р-402 Тюмень — Ишим — Омск, автомобильная дорога федерального значения Р-240 Уфа — Оренбург.

2.5 Маршрут эксперимента с разбивкой на участки показан на рисунках 1 и 2. Для обозначения границ участков участки отображены чередующимися цветами (синий и красный).

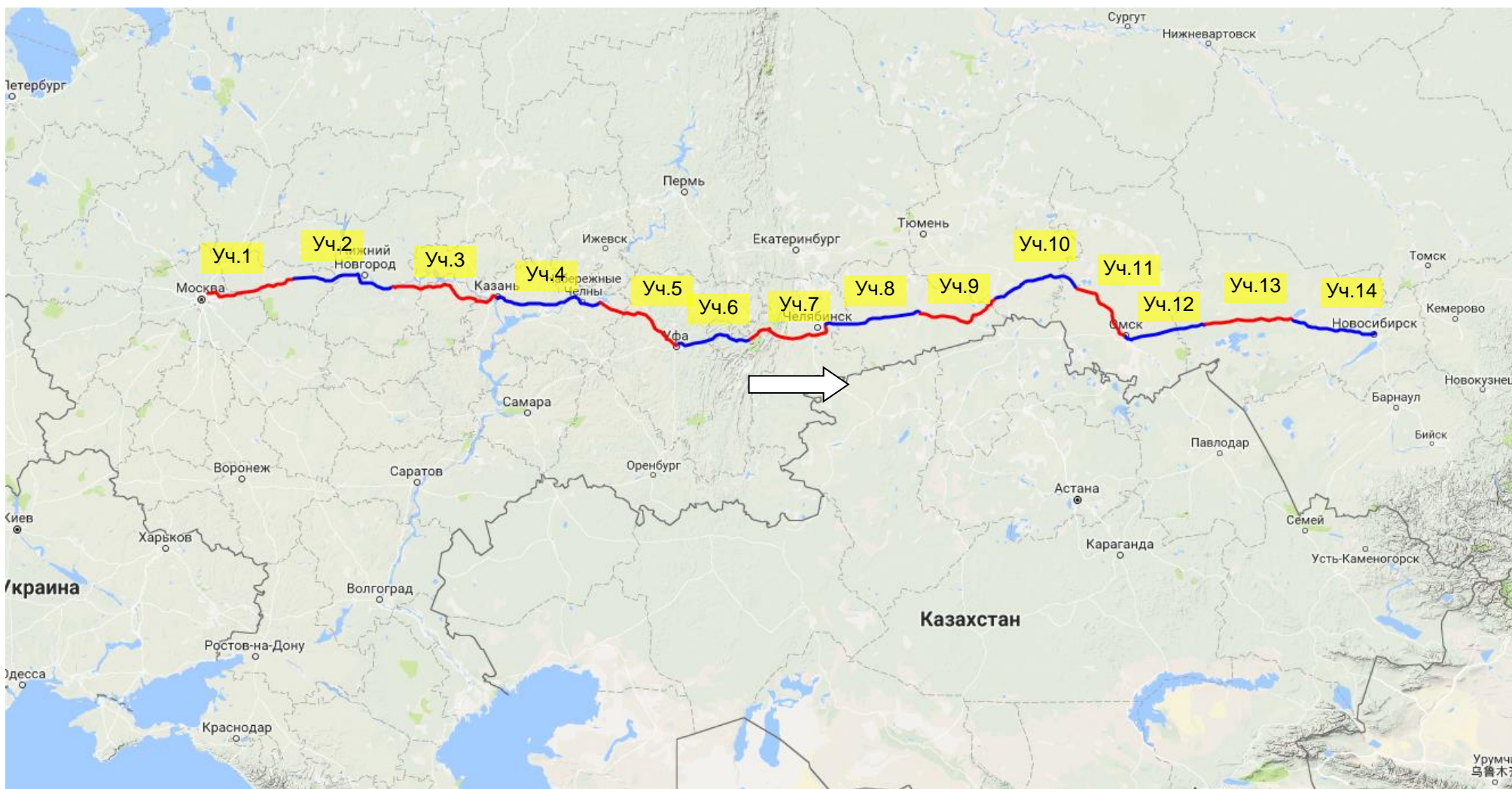


Рисунок 1 Маршрут проведения испытаний в прямом направлении (участки 1-14)

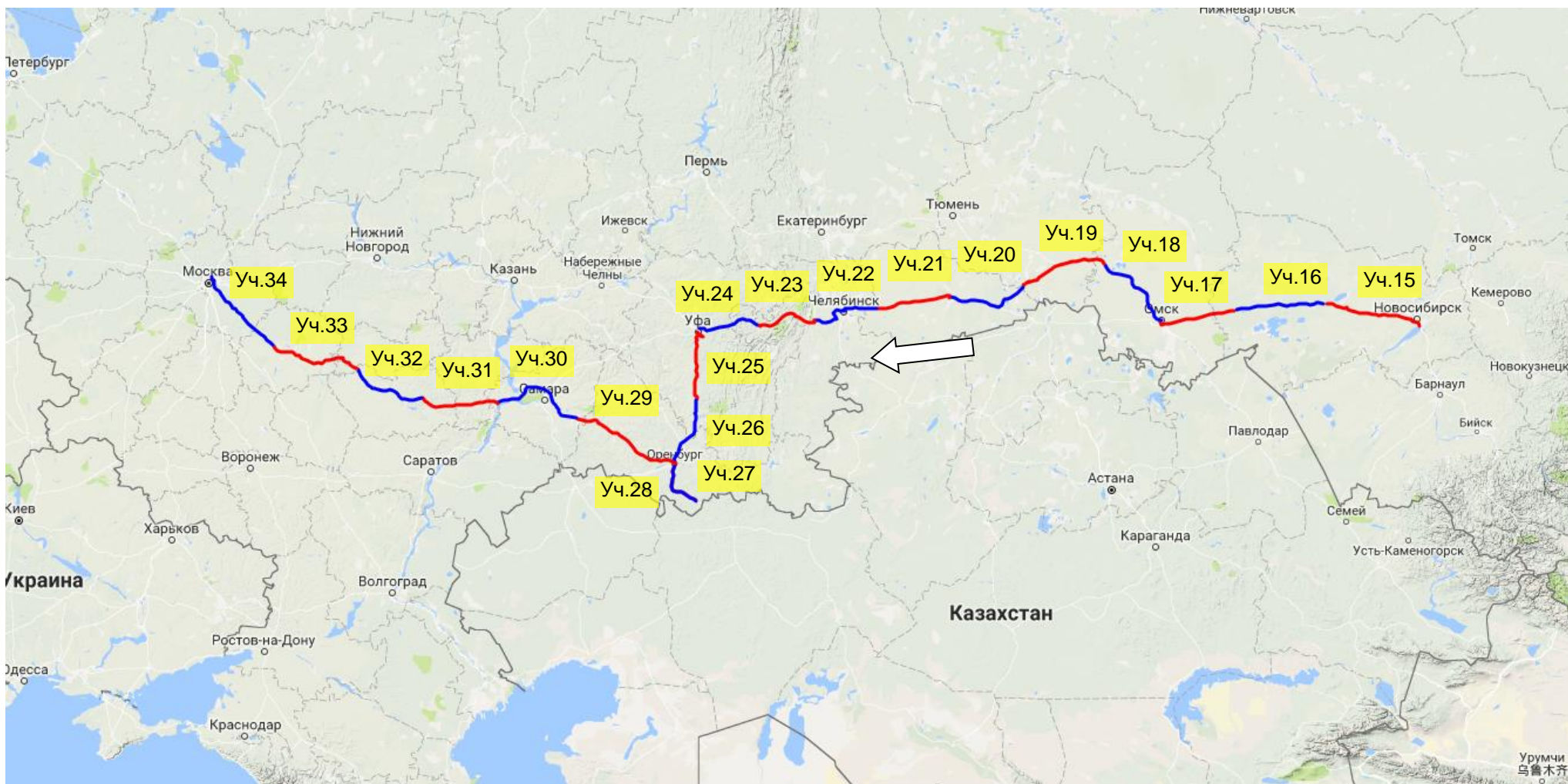


Рисунок 2 Маршрут проведения испытаний в обратном направлении (участки 15-34)



Рисунок 3 МИДЛ на трассе в Курганской области

3 СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

3.1 Лаборатория мобильная измерительно-диагностическая (МИДЛ), заводской номер 01, свидетельство об утверждении типа средств измерений RU.E.27.018.A № 43388, свидетельство о поверке № 8/832-09016-16 (действительно до 25 сентября 2017 г.).

3.2 3G SMART терминал Cinterion® EHS6T USB.

3.3 Испытания проводились Лабораторией развития прикладных потребительских центров отдела 3041 Информационно-аналитического центра координатно-временного обеспечения ФГУП ЦНИИмаш (ИАЦ КВНО).

Контактная информация:

ИАЦ КВНО ФГУП ЦНИИмаш

Адрес: Московская область, г. Королев, ул. Пионерская, д.4

Телефон: (495) 513-58-33, факс (495) 513-40-38

E-mail: midl@glonass-iac.ru

4 ИСПЫТЫВАЕМЫЕ ОБРАЗЦЫ НАП

Навигационный приемник Delta (Javad GNSS), f/w 3.6.7 Jul,28,2016, board TRE_3_4, далее – Delta.
Предоставлен Научно-исследовательским центром Javad GNSS, г.Москва



<p>Навигационный приемник Sigma-G3T (Javad GNSS), f/w 3.5.5 Mar,03,2014, board TRE_G3TH_5, далее - Sigma</p>	
<p>Навигационный приемник ОС-103 (ООО «Ориент Системс») Предоставлен ООО «Ориент Системс»</p>	
<p>Навигационный приемник NV08C-CSM (АО «КБ Навис», г. Москва), версия ПО - CSM24 04.09 28/06/16, далее - NV08C. Предоставлен ООО «НВС Навигационные Технологии»</p>	
<p>Навигационный приемник NV08C-CSM (АО «КБ Навис», г. Москва) с активированной функцией СДКМ, версия ПО - NVS RTK PR28 CSM24 P314, далее - NV08C-СДКМ. Предоставлен ООО «НВС Навигационные Технологии»</p>	
<p>Навигационный приемник МНП-М9.1, ЦВИЯ.468157.215 в составе отладочного средства ЦВИЯ.468219.015 (ООО «ИРЗ-Связь», г. Ижевск), далее - МНП-М9.1. Предоставлен ООО «ИРЗ-Связь»</p>	

5 ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

5.1 Потребительские характеристики ГНСС GPS, ГЛОНАСС, BEIDOU, GALILEO:

- количество видимых навигационных космических аппаратов (НКА) каждой ГНСС при угле места не менее 15°;
- геометрический фактор точности определения местоположения потребителя ГНСС в пространстве (PDOP) для каждой ГНСС при угле места не менее 15°.

5.2 Характеристики погрешности определения местоположения НАП по сигналам различных ГНСС и СДКМ: по высоте и в плане – среднеквадратическая погрешность (СКП), предельная погрешность по уровню вероятности 0.5, 0.95, 0.997.

5.3 Мощность сигнала базовых станций сети сотовой связи в режимах GSM, GPRS, 3G вдоль исследуемых участков транспортного коридора.

6 РЕЖИМЫ ИСПЫТАНИЙ

6.1 Все НАП были подключены к одной навигационной антенне через сплиттер. Антенна была установлена на антенной площадке на крыше МИДЛ.

6.2 Испытываемые образцы НАП на участках маршрута циклически переключались в режимы работы по сигналам с использованием различных комбинаций спутниковых систем ГЛОНАСС, BEIDOU, GPS и СДКМ.

6.3 Режимы работы НАП на участках маршрута приведены в таблице 1.

Таблица 1. Режимы работы НАП на участках маршрута

Участок	НАП					
	Delta	Sigma	OC-103	МНП-М9.1	NV08C	NV08C-СДКМ
1.	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
2.	ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
3.	ГЛО (1F)	GPS+ГЛО (2F)	ГЛО (2F)	ГЛО (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
4.	BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (2F)	BDS (2F)	BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
5.	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
6.	ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
7.	ГЛО (2F)	GPS+ГЛО (2F)	ГЛО (2F)	ГЛО (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
8.	BDS (2F)	GPS+ГЛО+СДКМ (2F)	BDS (2F)	BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
9.	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
10.	ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
11.	ГЛО (1F)	GPS+ГЛО (2F)	ГЛО (2F)	ГЛО (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
12.	BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (2F)	BDS (2F)	BDS (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
13.	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
14.	ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
15.	ГЛО (2F)	GPS+ГЛО (2F)	ГЛО (2F)	ГЛО (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
16.	BDS (2F)	GPS+ГЛО+СДКМ (2F)	BDS (2F)	BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
17.	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
18.	ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
19.	ГЛО (1F)	GPS+ГЛО (2F)	ГЛО (2F)	ГЛО (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
20.	BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (2F)	BDS (2F)	BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
21.	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
22.	ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
23.	ГЛО (2F)	GPS+ГЛО (2F)	ГЛО (2F)	ГЛО (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
24.	BDS (2F)	GPS+ГЛО+СДКМ (2F)	BDS (2F)	BDS (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
25.	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)

Участок	НАП					
	Delta	Sigma	OC-103	МНП-М9.1	NV08C	NV08C-СДКМ
26.	ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
27.	ГЛО (1F)	GPS+ГЛО (2F)	ГЛО (2F)	ГЛО (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
28.	BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (2F)	BDS (2F)	BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
29.	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
30.	ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
31.	ГЛО (2F)	GPS+ГЛО (2F)	ГЛО (2F)	ГЛО (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)
32.	BDS (2F)	GPS+ГЛО+СДКМ (2F)	BDS (2F)	BDS (1F)	GPS (1F)	GPS+СДКМ (1F)
33.	GPS+ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+BDS (2F)	GPS+ГЛО+BDS (1F)	ГЛО (1F)	ГЛО+СДКМ (1F)
34.	ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)	ГЛО+BDS (2F)	ГЛО+BDS (1F)	GPS+ГЛО (1F)	GPS+ГЛО+СДКМ (1F)

7 ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ИСПЫТАНИЙ

7.1 Перемещение МИДЛ по маршруту испытаний с регистрацией:

- первичных навигационных параметров, полученных с использованием многочастотных НАП Delta, Sigma, ОС-103.
- данных местоопределений всех испытываемых НАП в формате NMEA,
- данных мониторинга станций сотовой сети от 3G терминала.

7.2 Расчет локальных потребительских характеристик ГНСС на маршруте.

7.3 Расчет контрольных траекторий.

7.4 Расчет характеристик погрешности определения местоположения НАП по сигналам различных комбинаций ГНСС.

7.5 Расчет характеристик зон покрытия сотовой связью в режимах GSM, GPRS, 3G исследуемых участков транспортного коридора.

8 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

8.1 Потребительские характеристики условий навигации по сигналам ГНСС

8.1.1 В качестве характеристик условий навигации по сигналам ГНСС приняты количество видимых НКА ГНСС ГЛОНАСС/GPS/BEIDOU/GALILEO и PDOP для каждой из систем. Обе характеристики определялись при ограничении угла места выше 15°. Оценка этих характеристик проводилась по показаниям НАП Delta.

8.1.2 В приложении (Приложение 1) для участков 1-14 и 28-34, образующих два сегмента «Шелкового пути», приведены графики указанных характеристик.

8.1.3 В качестве интегральных характеристик условий навигации приняты среднее количество видимых НКА ГНСС ГЛОНАСС/GPS/BEIDOU/GALILEO, доля отсчетов, в которых количество НКА было не менее 4 и доля отсчетов, в которых значение PDOP не превышало 6.

8.1.3.1 Указанные интегральные характеристики для участков 1-14 и 28-34, образующих два сегмента «Шелкового пути», и итоговые значения по сегментам приведены в таблицах 2 и 3.

8.1.3.2 Диаграммы, иллюстрирующие условия навигации по ГЛОНАСС и BEIDOU, показаны на рисунках 4-7.

Таблица 2. Характеристики условий навигации на участках первого сегмента «Шелкового пути»

Участок	Среднее кол-во видимых НКА					Доля отсчетов с кол-вом НКА ≥ 4					Доля отсчетов с PDOP<6				
	GPS	GLN	BDS	GAL	GLN+BDS	GPS	GLN	BDS	GAL	GLN+BDS	GPS	GLN	BDS	GAL	GLN+BDS
1	9.1	7.4	4.8	3.6	12.2	100%	100%	93%	59%	100%	100%	98%	78%	42%	100%
2	8.5	7.1	5.3	4.8	12.5	100%	100%	100%	96%	100%	100%	98%	83%	79%	100%
3	8.9	7.7	4.9	4.8	12.6	100%	100%	97%	94%	100%	93%	100%	0%	80%	100%
4	7.9	7.9	5.6	3.6	13.5	100%	99%	99%	62%	100%	91%	99%	33%	41%	100%
5	9.0	6.5	4.2	4.1	10.7	100%	100%	93%	71%	100%	100%	100%	0%	11%	100%
6	6.6	7.7	6.3	4.6	14.0	100%	100%	99%	90%	100%	100%	100%	33%	62%	100%
7	8.9	6.0	6.0	3.5	12.0	100%	99%	100%	53%	100%	92%	94%	61%	41%	98%
8	8.6	7.2	4.8	4.9	12.0	100%	100%	99%	90%	100%	100%	100%	14%	77%	100%
9	6.6	6.9	7.9	4.2	14.8	100%	100%	100%	74%	100%	100%	100%	96%	63%	100%
10	9.3	6.4	8.4	5.5	14.8	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	90%	72%	100%
11	8.3	7.3	6.2	4.5	13.5	100%	100%	100%	83%	100%	100%	100%	23%	48%	100%
12	6.7	6.9	5.1	2.9	12.0	93%	100%	100%	27%	100%	92%	99%	2%	14%	100%
13	6.9	6.4	7.6	3.6	14.0	100%	100%	100%	56%	100%	100%	100%	100%	47%	100%
14	8.9	6.6	8.5	3.1	15.1	100%	100%	99%	28%	100%	100%	100%	99%	2%	100%
Итого	8.2	7.0	6.1	4.1	13.1	100%	100%	98%	72%	100%	98%	99%	50%	51%	100%

Таблица 3. Характеристики условий навигации на участках второго сегмента «Шелкового пути»

Участок	Среднее кол-во видимых НКА					Доля отсчетов с кол-вом НКА ≥ 4					Доля отсчетов с PDOP<6				
	GPS	GLN	BDS	GAL	GLN+BDS	GPS	GLN	BDS	GAL	GLN+BDS	GPS	GLN	BDS	GAL	GLN+BDS
28	8.1	6.0	5.8	3.2	11.8	100%	100%	98%	20%	100%	98%	99%	0%	4%	100%
29	5.9	6.9	4.8	1.5	11.7	100%	100%	97%	0%	100%	100%	93%	46%	0%	100%
30	7.9	6.3	7.0	2.4	13.2	100%	100%	100%	6%	100%	94%	100%	86%	6%	100%
31	6.0	6.2	4.0	2.3	10.2	100%	100%	98%	1%	100%	100%	100%	0%	0%	100%
32	6.7	6.7	5.8	1.7	12.4	100%	100%	99%	0%	100%	91%	96%	29%	0%	100%
33	6.9	6.8	4.6	3.0	11.5	100%	100%	96%	25%	100%	94%	100%	1%	8%	100%
34	7.4	6.7	5.5	2.7	12.2	100%	99%	97%	10%	100%	97%	96%	96%	10%	100%
Итого	7.0	6.5	5.3	2.4	11.9	100%	100%	98%	9%	100%	96%	98%	42%	5%	100%

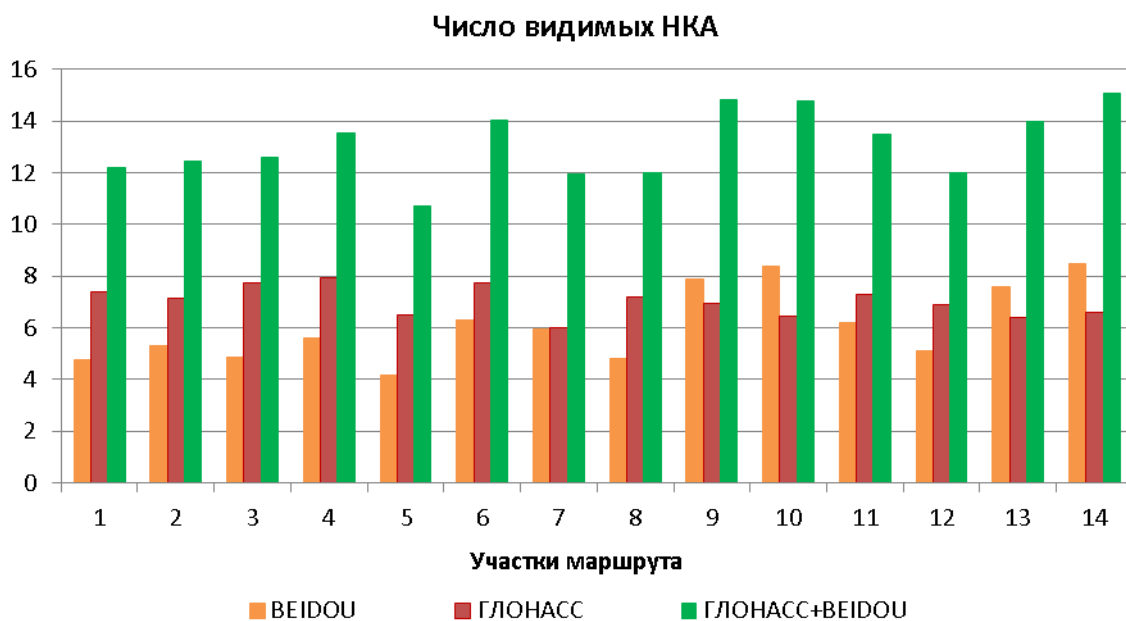


Рисунок 4 Число видимых НКА ГЛОНАСС и BEIDOU на первом сегменте «Шелкового пути»

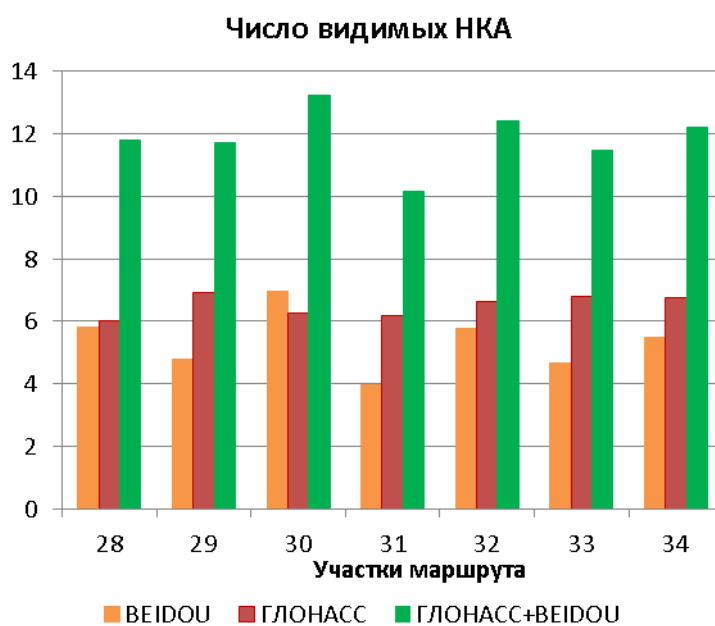


Рисунок 5 Число видимых НКА ГЛОНАСС и BEIDOU на втором сегменте «Шелкового пути»

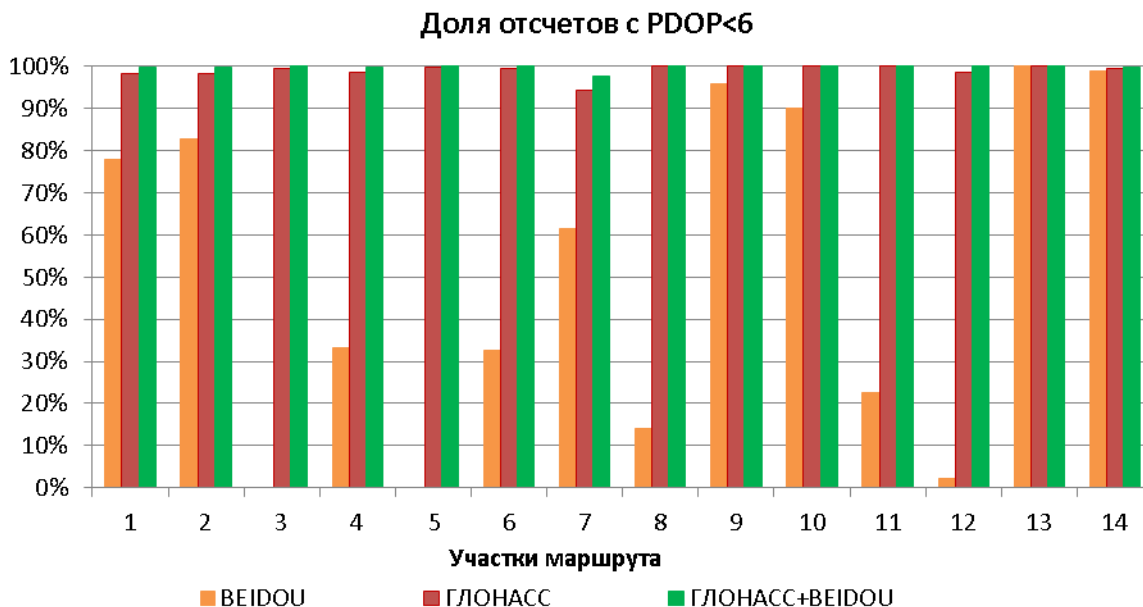


Рисунок 6 Доля отсчетов с PDOP<6 для ГЛОНАСС и BEIDOU на первом сегменте «Шелкового пути»

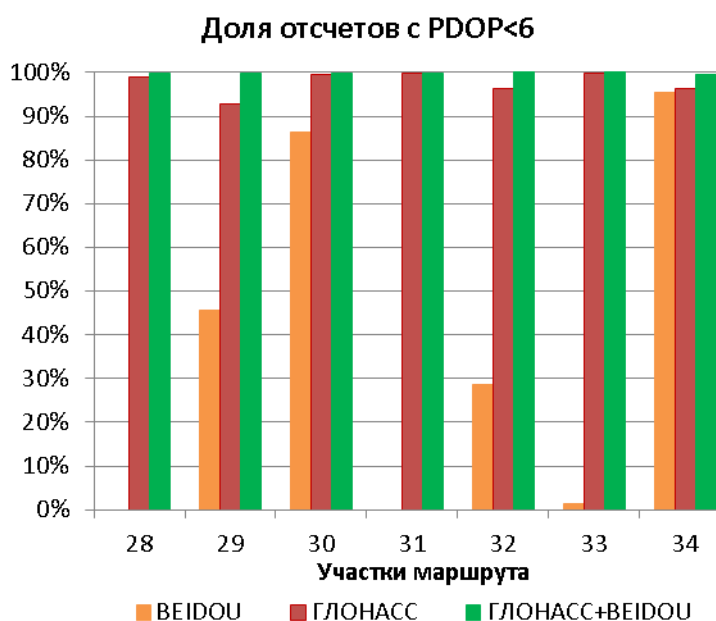


Рисунок 7 Доля отсчетов с PDOP<6 для ГЛОНАСС и BEIDOU на втором сегменте «Шелкового пути»

8.2 Точность позиционирования НАП по сигналам ГНСС

8.2.1 Оценка точности позиционирования НАП проводилась путем сравнения показаний испытываемых образцов НАП с контрольной траекторией, построенной при постобработке первичных навигационных параметров, полученных от многочастотных НАП, методами относительной привязки и PPP.

8.2.2 НАП Delta

8.2.2.1 Детальные количественные характеристики точности позиционирования НАП Delta на участках маршрута эксперимента по сигналам различных ГНСС и в различных

режимах работы приведены в приложении (Приложение 2).

8.2.2.2 Итоговые характеристики точности позиционирования НАП Delta в различных режимах работы приведены в таблице 4 и в виде диаграмм на рисунках 8-9.

Таблица 4. Итоговые предельные погрешности позиционирования НАП Delta ($p=0.95$)

Режим	В плане, м	По высоте, м
Одночастотный режим		
GPS+ГЛОНАСС+BDS (1F)	2.01	2.91
ГЛОНАСС+BDS (1F)	3.48	6.54
ГЛОНАСС (1F)	4.89	9.20
BDS (1F)	8.78	7.53
Двухчастотный режим		
GPS+ГЛОНАСС+BDS (2F)	1.51	2.58
ГЛОНАСС+BDS (2F)	4.39	6.95
ГЛОНАСС (2F)	5.80	8.27
BDS (2F)	10.03	11.93

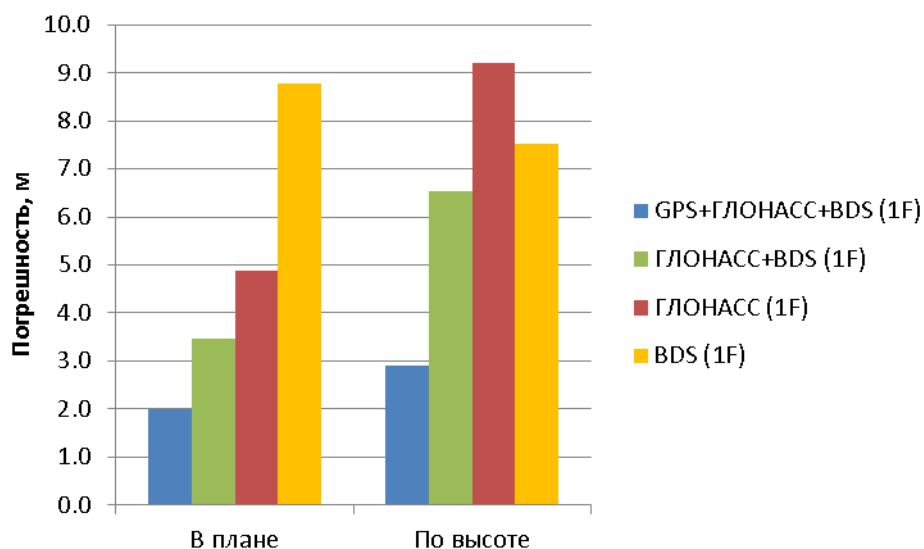


Рисунок 8 Итоговые предельные погрешности позиционирования Delta ($p=0.95$) в одночастотном режиме

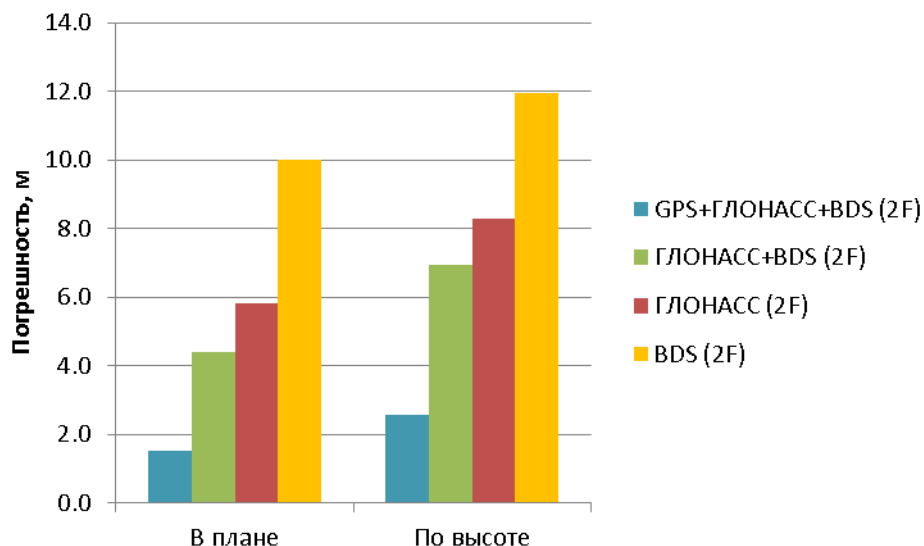


Рисунок 9 Итоговые предельные погрешности позиционирования Delta ($p=0.95$) в двухчастотном режиме

8.2.3 НАП Sigma

8.2.3.1 Детальные количественные характеристики точности позиционирования НАП Sigma на участках маршрута эксперимента по сигналам различных ГНСС и в различных режимах работы приведены в приложении (Приложение 3).

8.2.3.2 Итоговые характеристики точности позиционирования НАП Sigma в различных режимах работы приведены в таблице 5 и в виде диаграмм на рисунках 10 и 11.

Таблица 5. Итоговые предельные погрешности позиционирования НАП Sigma ($p=0.95$)

Режим	В плане, м	По высоте, м
Одночастотный режим		
GPS+ГЛОНАСС (1F)	2.39	3.67
GPS+ГЛОНАСС+СДКМ (1F)	2.46	3.61
Двухчастотный режим		
GPS+ГЛОНАСС (2F)	5.65	8.53
GPS+ГЛОНАСС+СДКМ (2F)	7.12	9.00

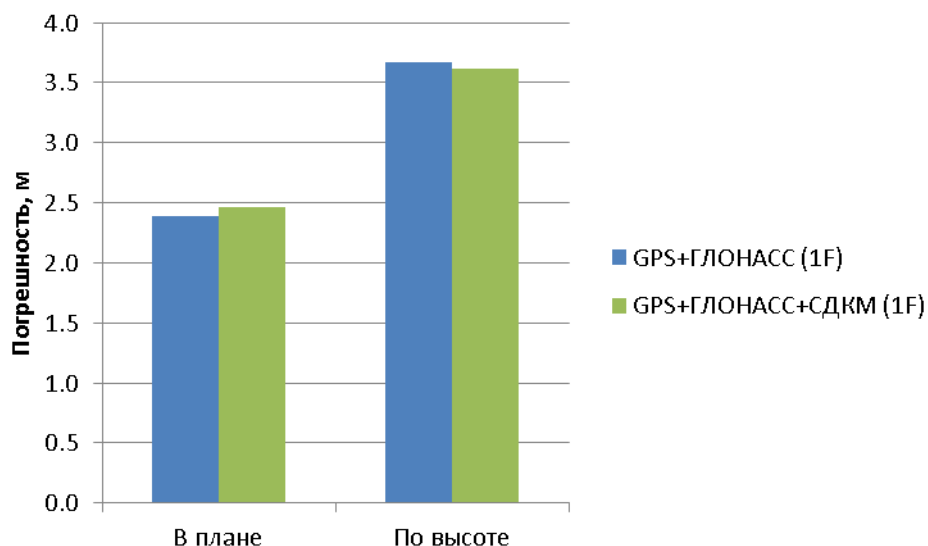


Рисунок 10 Итоговые предельные погрешности позиционирования Sigma ($p=0.95$) в одночастотном режиме

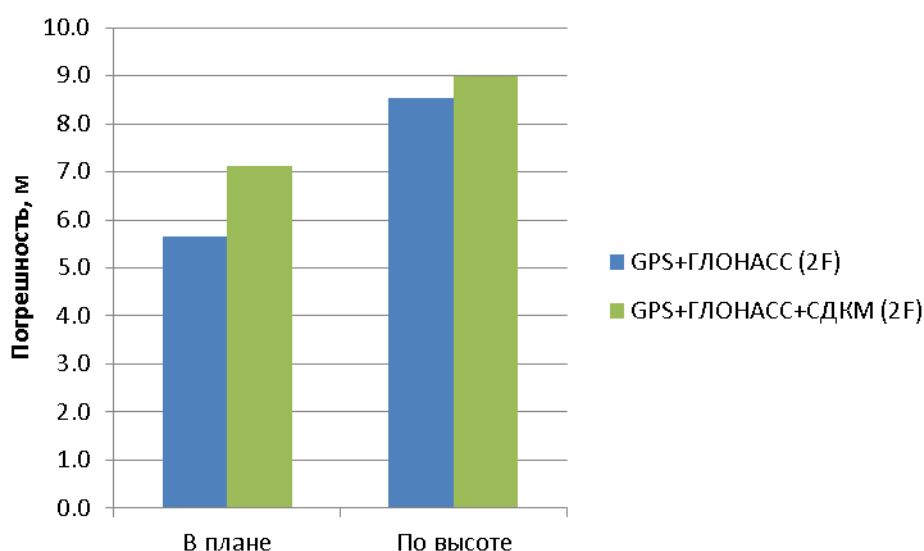


Рисунок 11 Итоговые предельные погрешности позиционирования Sigma ($p=0.95$) в двухчастотном режиме

8.2.4 НАП ОС-103

8.2.4.1 Детальные количественные характеристики точности позиционирования НАП ОС-103 на участках маршрута эксперимента по сигналам различных ГНСС и в различных режимах работы приведены в приложении (Приложение 4).

8.2.4.2 Итоговые характеристики точности позиционирования НАП ОС-103 в различных режимах работы приведены в таблице 6 и в виде диаграммы на рисунке 12.

Таблица 6. Итоговые предельные погрешности позиционирования НАП ОС-103 ($p=0.95$)

Режим	В плане, м	По высоте, м
GPS+ГЛОНАСС+BDS (2F)	2.65	3.33
ГЛОНАСС+BDS (2F)	4.91	6.51
ГЛОНАСС (2F)	7.38	10.64
BDS (2F)	7.59	9.09

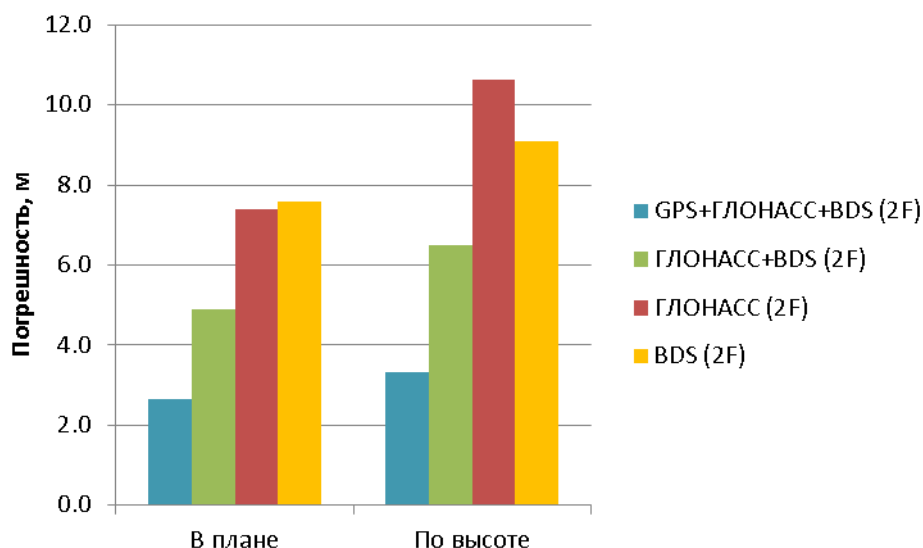


Рисунок 12 Итоговые предельные погрешности позиционирования ОС-103 (p=0.95)

8.2.5 НАП МНП-М9.1

8.2.5.1 Детальные количественные характеристики точности позиционирования НАП МНП-М9.1 на участках маршрута эксперимента по сигналам различных ГНСС и в различных режимах работы приведены в приложении (Приложение 5).

8.2.5.2 Итоговые характеристики точности позиционирования НАП МНП-М9.1 в различных режимах работы приведены в таблице 7 и в виде диаграмм на рисунке 13. Ввиду больших отклонений в показаниях НАП при работе по сигналам BEIDOU итоговые оценки в данном режиме не подводились.

Таблица 7. Итоговые предельные погрешности позиционирования НАП МНП-М9.1 (p=0.95)

Режим	В плане, м	По высоте, м
GPS+ГЛОНАСС+BDS (1F)	5.43	8.10
ГЛОНАСС+BDS (1F)	6.98	13.28
ГЛОНАСС (1F)	10.76	15.95

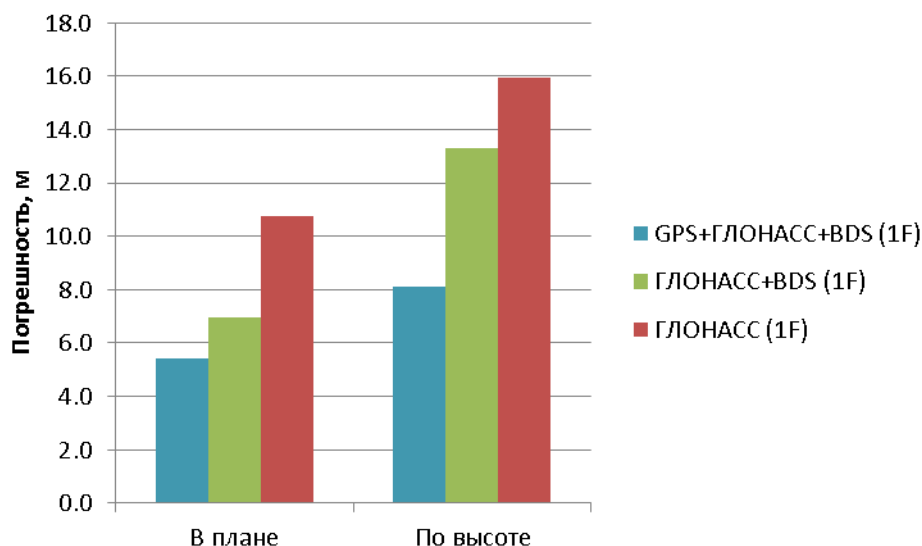


Рисунок 13 Итоговые предельные погрешности позиционирования МНП-М9.1 ($p=0.95$) в одночастотном режиме

8.2.6 НАП NV08C

8.2.6.1 Детальные количественные характеристики точности позиционирования НАП NV08C на участках маршрута эксперимента по сигналам различных ГНСС и в различных режимах работы приведены в приложении (Приложение 6).

8.2.6.2 Итоговые характеристики точности позиционирования НАП NV08C в различных режимах работы приведены в таблице 8 и в виде диаграмм на рисунке 14.

Таблица 8. Итоговые предельные погрешности позиционирования НАП NV08C ($p=0.95$)

Режим	В плане, м	По высоте, м
GPS (1F)	2.09	3.02
ГЛОНАСС (1F)	6.12	11.02
GPS+ГЛОНАСС (1F)	2.20	3.68

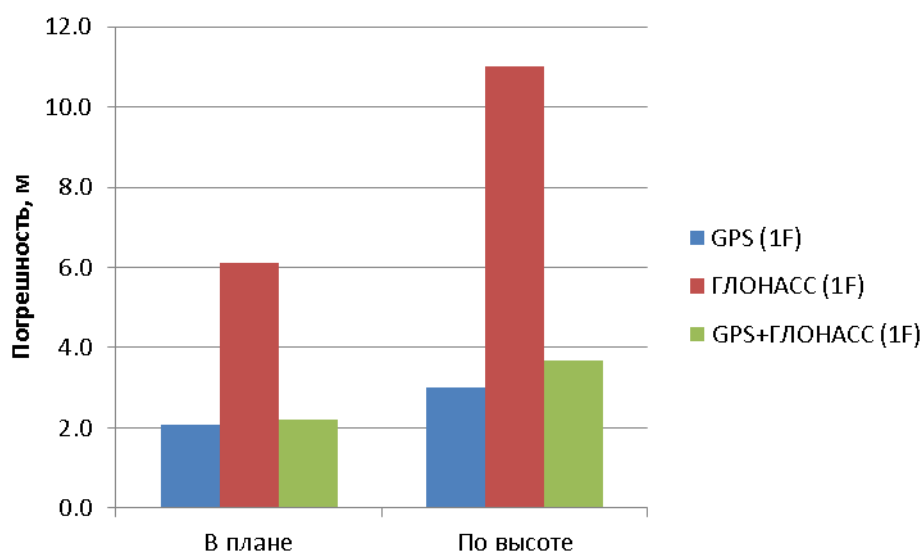


Рисунок 14 Итоговые предельные погрешности позиционирования NV08C ($p=0.95$) в одночастотном режиме

8.2.7 НАП NV08С-СДКМ

8.2.7.1 Анализ показаний NV08С-СДКМ показал, что их временные отметки сдвинуты 1с вперед относительно контрольной траектории. При расчете характеристик временные отметки были скорректированы на -1с.

8.2.7.2 Детальные количественные характеристики точности позиционирования NV08С-СДКМ на участках маршрута эксперимента по сигналам различных ГНСС и в различных режимах работы приведены в приложении (Приложение 7).

8.2.7.3 Итоговые характеристики точности позиционирования NV08С-СДКМ в различных режимах работы приведены в таблице 9 и в виде диаграммы на рисунке 15.

Таблица 9. Итоговые предельные погрешности позиционирования NV08С-СДКМ (p=0.95)

Режим	В плане, м	По высоте, м
GPS+СДКМ (1F)	1.96	2.47
ГЛОНАСС+СДКМ (1F)	1.82	2.71
GPS+ГЛОНАСС+СДКМ (1F)	1.70	2.77

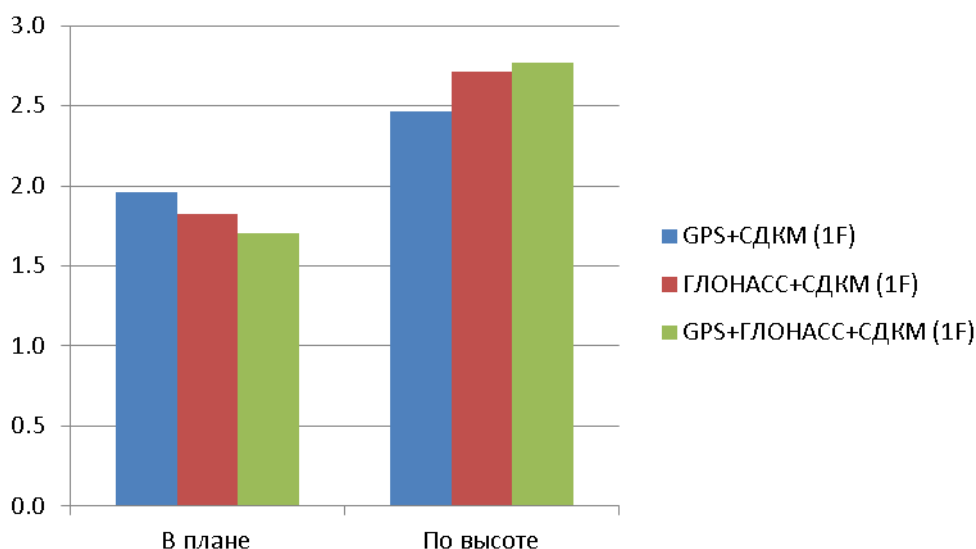


Рисунок 15 Итоговые предельные погрешности позиционирования NV08С-СДКМ (p=0.95)

8.3 Сравнение одночастотного и двухчастотного режимов работы НАП

8.3.1 Сравнение одночастотного и двухчастотного режимов проводилось на основе показаний НАП производства Javad GNSS – Delta и Sigma. Остальные НАП работали или только в одночастотном или только в двухчастотном режимах. В таблице 10 и на диаграмме на рисунке 16 показаны итоговые предельные погрешности местоопределений в плане (P=0.95) Delta и Sigma в обоих режимах.

Таблица 10 Итоговые предельные погрешности местоопределений в плане (P=0.95) в одночастотном и двухчастотном режимах

Комбинация ГНСС	НАП	Предельная погрешность, м	
		Одна частота	Две частоты
GPS+ГЛОНАСС+BDS	Delta	2.01	1.51

ГЛОНАСС+BDS	Delta	3.48	4.39
ГЛОНАСС	Delta	4.89	5.80
BDS	Delta	8.78	10.03
GPS+ГЛОНАСС	Sigma	2.39	5.65
GPS+ГЛОНАСС+СДКМ	Sigma	2.46	7.12

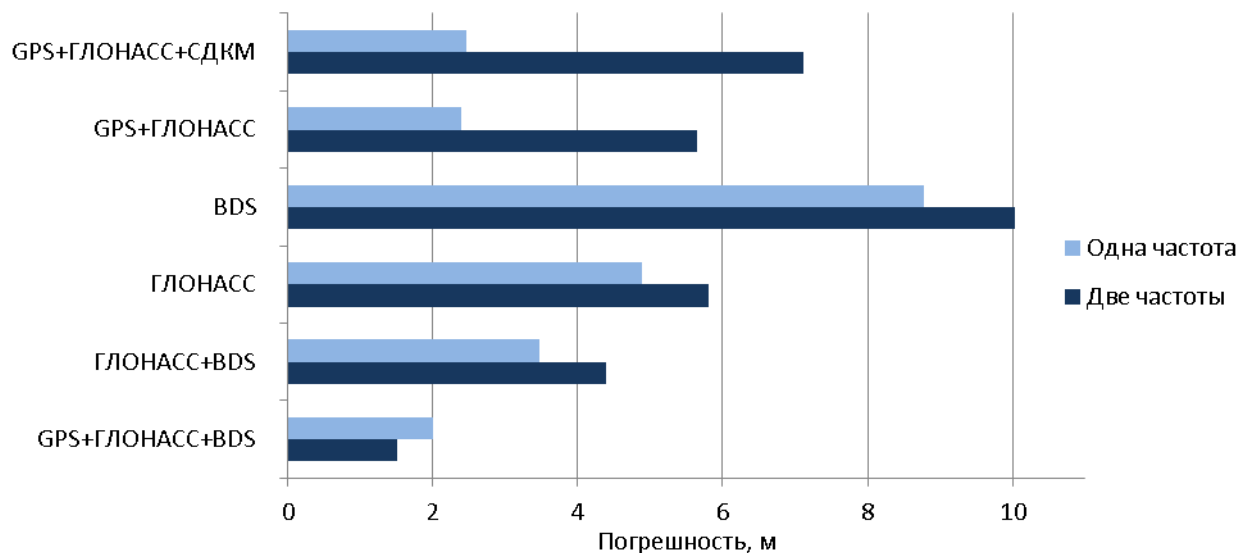


Рисунок 16 Итоговые предельные погрешности местоопределений в плане (P=0.95) в одночастотном и двухчастотном режимах

8.4 Работоспособность и эффективность СДКМ

8.4.1 Проверка работоспособности широкозонного функционального дополнения СДКМ и оценка его эффективности проводились с использованием НАП Sigma и двух НАП на базе NV08C-SCM, один из которых работал в абсолютном режиме, а другой аналогичный был настроен на прием КИ СДКМ от спутников PRN-125, PRN-140, PRN-141. При этом Sigma переключалась на участках между абсолютным режимом и режимом СДКМ, а также между одночастотным и двухчастотным режимами. А образцы НАП на базе NV08C-SCM переключались между режимами GPS / ГЛОНАСС / GPS+ГЛОНАСС.

8.4.2 Данные о количестве местоопределений в дифференциальном режиме (абсолютные и в процентах по отношению к общему количеству местоопределений с разрешенным дифрежимом) для НАП Sigma и приведены в таблице 11.

Таблица 11 Оценка доли местоопределений Sigma с использованием КИ СДКМ

Участок	Всего отсчетов	Дифрежим по КИ СДКМ	
		Отсчетов	Доля от общего числа
2	13 859	12 693	92%
4	14 895	13 404	90%
6	12 564	9 029	72%
8	13 025	12 652	97%
10	9 322	8 849	95%
12	11 667	11 159	96%
14	11 076	10 956	99%

16	8 978	8 202	91%
18	11 178	11 177	100%
20	10 176	10 115	99%
22	15 516	12 231	79%
24	11 184	9 683	87%
26	10 316	10 316	100%
28	10 829	10 319	95%
30	16 077	16 072	100%
32	9 744	9 454	97%
34	15 782	14 733	93%
Итого	206 188	191 044	93%

8.4.3 Итоговые предельные погрешности местоопределений в плане ($P=0.95$) в абсолютном режиме и при приеме КИ СДКМ приведены в таблице 12 и в виде диаграммы на рисунке 17.

Таблица 12 Итоговые предельные погрешности местоопределений в плане ($P=0.95$) в абсолютном режиме и при приеме КИ СДКМ

НАП, режим	Погрешность, м	
	Абсолютный режим	Прием КИ СДКМ
Sigma, GPS+ГЛОНАСС (1F)	2.39	2.46
Sigma, GPS+ГЛОНАСС (2F)	5.65	7.12
NV08C, GPS (1F)	2.09	1.96
NV08C, ГЛОНАСС (1F)	6.12	1.82
NV08C, GPS+ГЛОНАСС (1F)	2.20	1.70

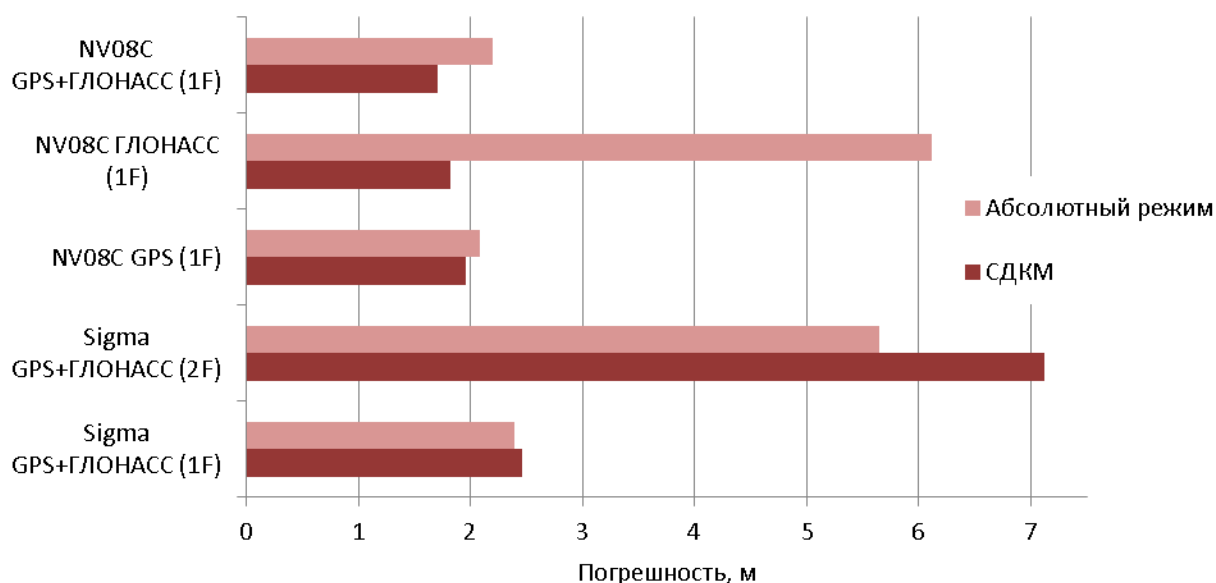


Рисунок 17 Итоговые предельные погрешности местоопределений в плане ($P=0.95$) в абсолютном режиме и при приеме КИ СДКМ

8.5 Покрывание маршрута эксперимента сотовой связью

8.5.1 Для оценки качества навигационного обеспечения в транспортном коридоре в

части покрытия сотовой связью использовался 3G SMART терминал Cinterion® EHS6T USB. Терминал оснащен функцией мониторинга сети сотовых станций. Устройство имеет 5 диапазонов UMTS (WCDMA/FDD): 800, 850, 900, 1900 и 2100 и 4 диапазона GSM: 850, 900, 1800, 1900.

8.5.2 В процессе движения с помощью специальной программы и 3G терминала производился сбор данных о сети сотовой связи. Эти данные записывались в файлы-протоколы с привязкой к координатам местности, полученным с НАП Delta.

8.5.3 По завершении испытаний файлы были обработаны специальной программой, которая позволяет анализировать доступность и уровень сигнала с базовых станций всех доступных операторов сотовой связи в режимах: GSM, GPRS, 3G.

8.5.4 В таблице 13 перечислены сотовые операторы, сигнал от базовых станций которых был зарегистрирован в процессе испытаний (идентификация в соответствии с Network Codes List, Википедией и support.cnord.ru).

Таблица 13 Сотовые операторы на трассах транспортного коридора

PLMN-код оператора	Оператор сотовой связи
25001	МТС
25002	Мегафон
25099	Билайн
25020	Tele2
25027	Летай (ПАО «Таттелеком»)
25035	Motiv
40177	Mobile Telecom Service LLP (Казахстан)
40101	Beeline (Kar-Tel Ltd, Казахстан)
40107	н/д
40102	К-Cell (Казахстан)

8.5.5 Результаты оценки доступности сотовой связи в различных режимах на участках первого и второго сегментов «Шелкового пути» представлены в таблицах 14-15 и на рисунках 18-19. Покрытие в рассматриваемой точке на трассе считалось достаточным при уровне сигнала оператора связи в данном режиме не менее минус 95 дБмВт.

Таблица 14 Покрытие сотовой связью первого сегмента трассы «Шелкового пути»

Режим	Участок													
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
GSM/GPRS	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3G	91%	93%	89%	87%	79%	54%	47%	42%	48%	69%	69%	55%	43%	48%

Таблица 15 Покрытие сотовой связью второго сегмента трассы «Шелкового пути»

Режим	Участок						
	28	29	30	31	32	33	34
GSM/GPRS	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
3G	99%	88%	89%	88%	83%	66%	99%

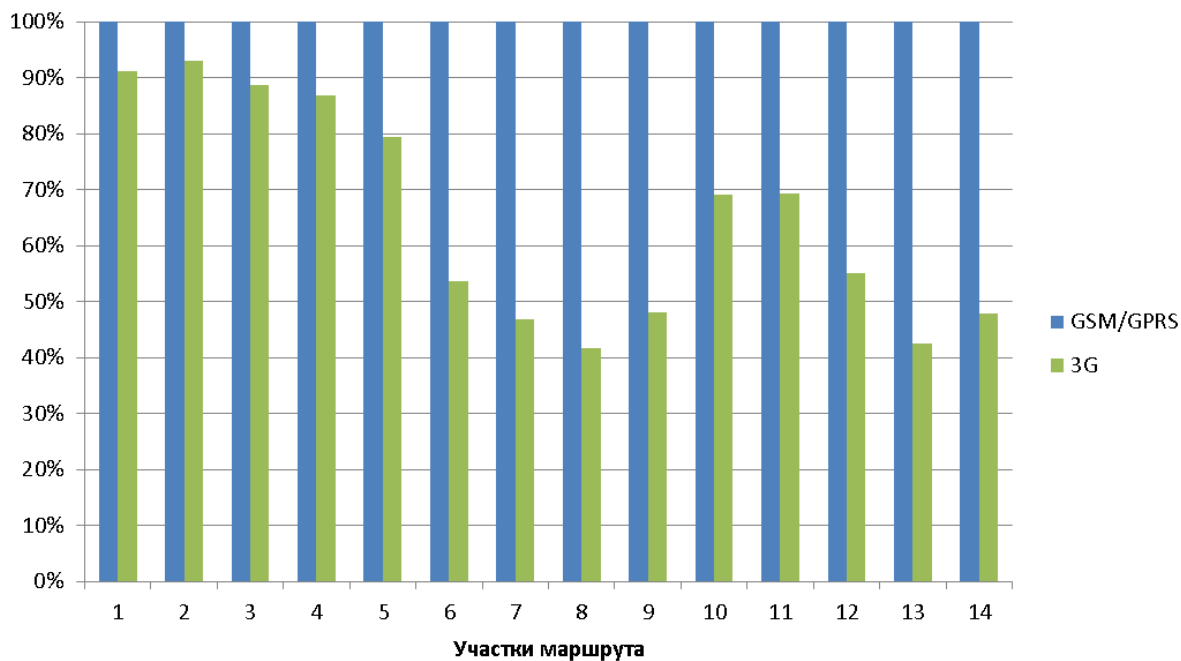


Рисунок 18 Покрытие сотовой связью первого сегмента трассы «Шелкового пути»

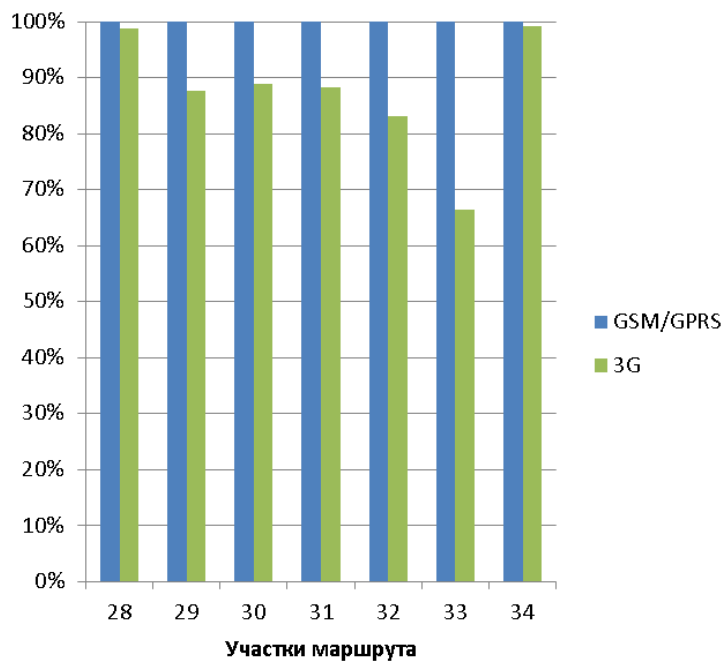


Рисунок 19 Покрытие сотовой связью первого сегмента трассы «Шелкового пути»

8.5.6 Карты покрытия участков транспортного коридора сотовой связью в различных режимах приведены в приложении (Приложение 8).

9 ВЫВОДЫ

9.1 Выводы по условиям спутниковой навигации

9.1.1 Количество наблюдаемых НКА ГЛОНАСС и GPS и их расположение достаточны для уверенной навигации как в совмещенном режиме, так и отдельно по ГЛОНАСС и по GPS на всем протяжении маршрута эксперимента. При достаточно жестком ограничении по углу места – больше 15° условия навигации были хорошими в 98-99% случаев для ГЛОНАСС и 96-98% случаев для GPS.

9.1.2 Условия навигации отдельно по BEIDOU сильно колебались от времени и улучшались по мере продвижения на восток, что объясняется зональным, не полностью глобальным, покрытием BEIDOU (в настоящее время полное покрытие обеспечивается на территории Китая). Условия навигации по BEIDOU были хорошими в 42-50% случаев.

9.1.3 При использовании совместно ГЛОНАСС и BEIDOU условия навигации на участках «Шелкового пути» были хорошими в 100% случаев.

9.1.4 Условия навигации отдельно по GALILEO нельзя назвать удовлетворительными. Они также сильно зависели от времени. При этом доля отсчетов, в которых условия были хорошими, сократилась с 51% для первого сегмента до 5% для второго сегмента. Вероятно, это могло быть связано с сокращением количества НКА в действующей группировке или регламентными работами, проводимыми в это время.

9.2 Выводы по результатам испытаний НАП в абсолютном режиме

9.2.1 Практически все испытанные образцы НАП показали точность позиционирования, достаточную для уверенной навигации по всем комбинациям ГНСС, в которых они испытывались. Исключение – МНП-М9.1, который показал недопустимо большие отклонения в режиме работы только по BEIDOU.

9.2.2 Лучшие итоговые показатели среди НАП по точности позиционирования по отдельным ГНСС: ГЛОНАСС – 4.82м (Delta), BEIDOU – 7.82м (Delta), GPS – 2.09м (NV08C) (здесь и далее оцениваются предельные погрешности позиционирования в плане при вероятности 0.95).

9.2.3 Лучшую точность позиционирования в совмещенном режиме показала Delta – 2.01м.

9.2.4 Во всех случаях использование комбинации ГНСС давало лучшие результаты по сравнению с работой по сигналам отдельной ГНСС.

9.3 Выводы по результатам оценки СДКМ

9.3.1 В испытаниях КИ от СДКМ принимали две модели НАП – NV08C-CSM и Sigma.

9.3.2 По показаниям НАП Sigma доля местоопределений в дифференциальном режиме при использовании КИ от СДКМ от общего числа составила 93%. При этом в подавляющем большинстве случаев использовалась КИ, ретранслируемая спутником PRN-140.

9.3.3 В работе NV08C при получении КИ СДКМ наблюдалось улучшение точности позиционирования по сравнению с абсолютным режимом. Особенно значительное улучшение – более, чем в три раза, наблюдалось в режиме ГЛОНАСС. В совмещенном режиме ГЛОНАСС+GPS улучшение составило порядка 25%.

9.3.4 НАП Sigma тестировалась в одночастотном и двухчастотном режимах при работе по ГЛОНАСС+GPS. В двухчастотном режиме при получении КИ СДКМ погрешность позиционирования по сравнению с абсолютным режимом увеличивалась на 25%, в одночастотном режиме погрешность существенно не менялась.


9.4 Выводы по результатам проверки покрытия сотовой связью

9.4.1 Покрытие трассы «Шелкового пути» в режиме GSM/GPRS совокупностью операторов сотовой связи составляет 100%.

9.4.2 Покрытие трассы сотовой связью в режиме 3G совокупностью операторов составляет для первого сегмента - 65%, для второго сегмента – 86%. Проблемным в режиме 3G можно считать большинство участков восточнее Урала, где покрытие составляет меньше 50%. Исключение - Омская область, где покрытие приближается к 70%.

9.4.3 Таким образом, передача корректирующей информации для высокоточных методов спутниковой навигации, а также данных мониторинга транспорта и грузов по сетям сотовой связи в транспортном коридоре возможна: в режиме GPRS (максимальная скорость 171.2 Кбит/с) практически в 100% случаев, в режиме 3G (максимальная скорость 3.6 Мбит/с) – от 65% до 86% в зависимости от выбранного маршрута.

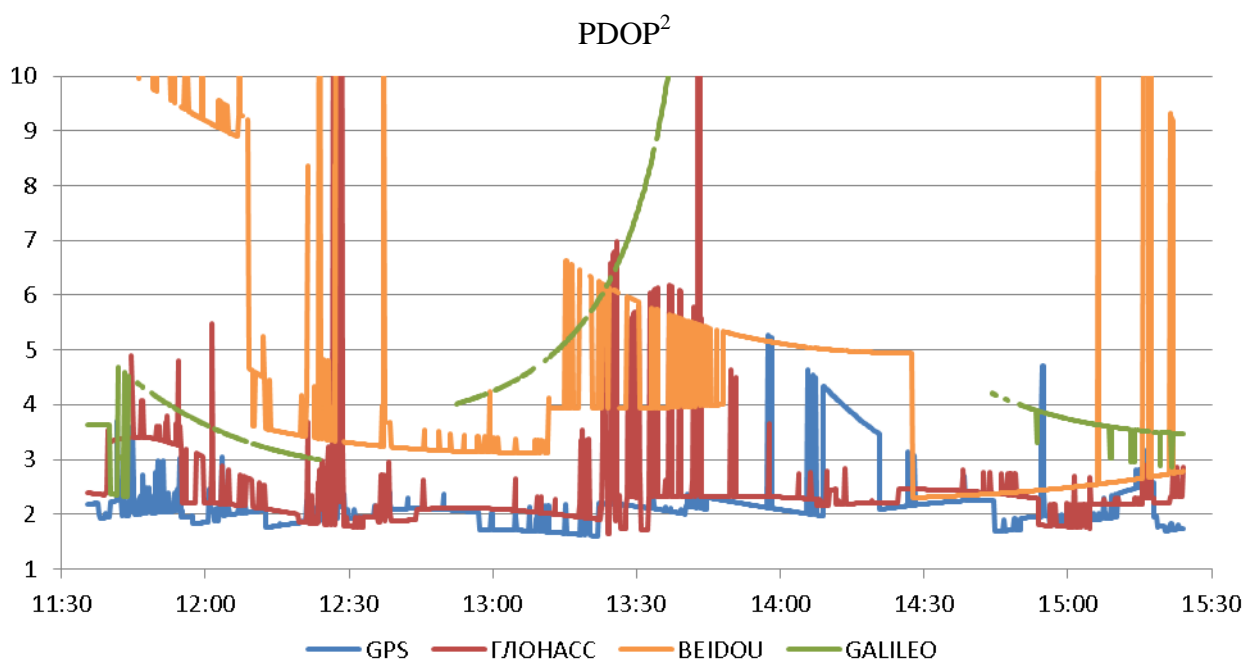
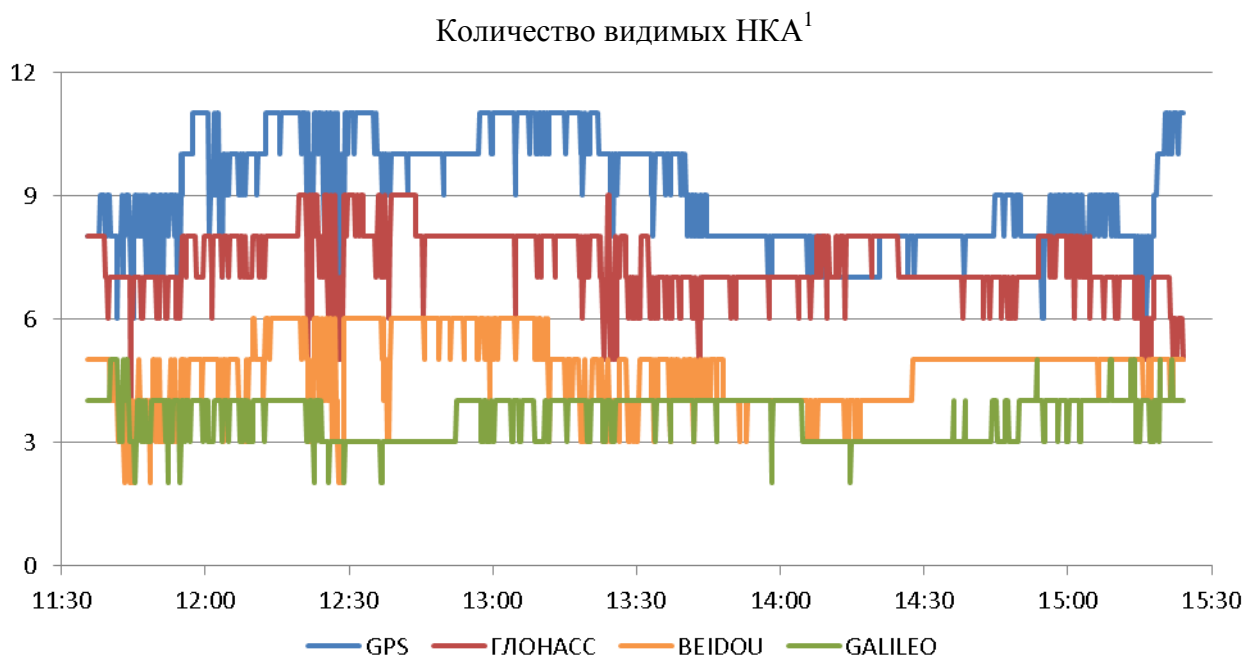
И.о. начальника лаборатории отд. 3041



В.Л.Лапшин

Приложение 1. Графики условий навигации на участках маршрута

Участок 1

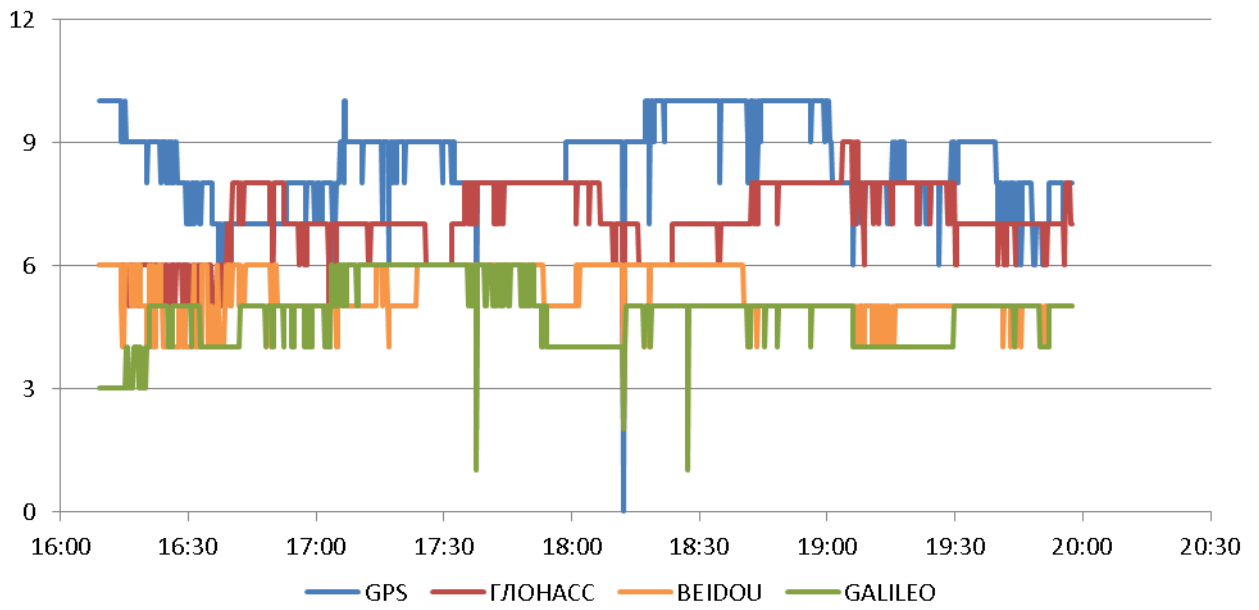


¹ Здесь и далее количество видимых НКА указано для углов места не менее 15°

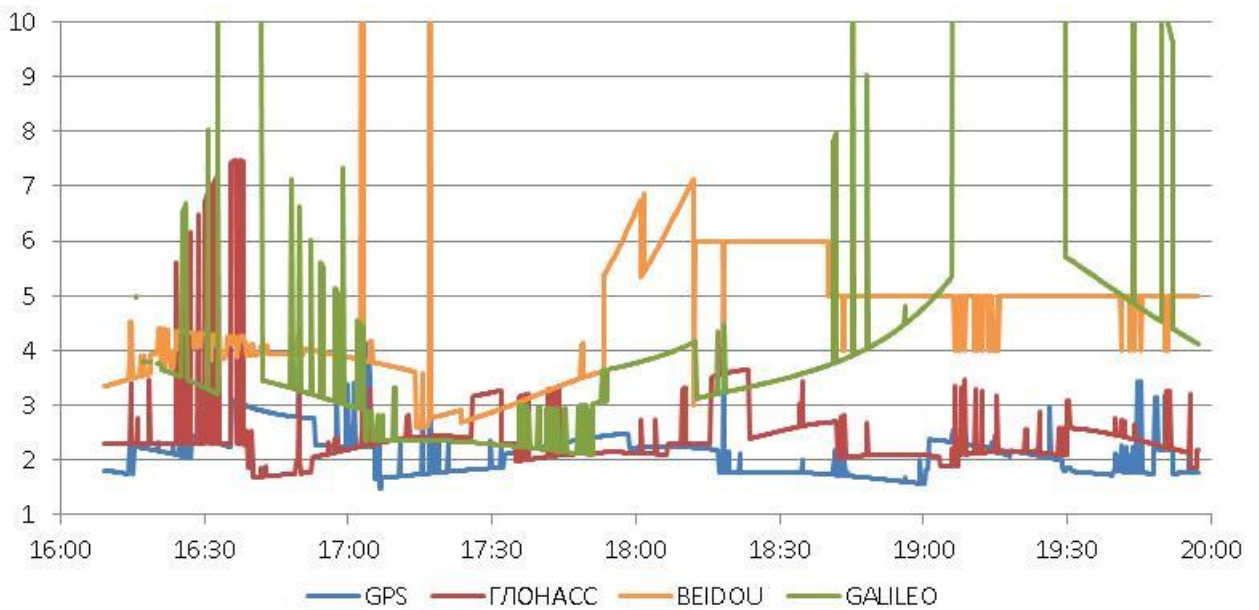
² Здесь и далее PDOP рассчитан по НКА с углами места не менее 15°

Участок 2

Количество видимых НКА

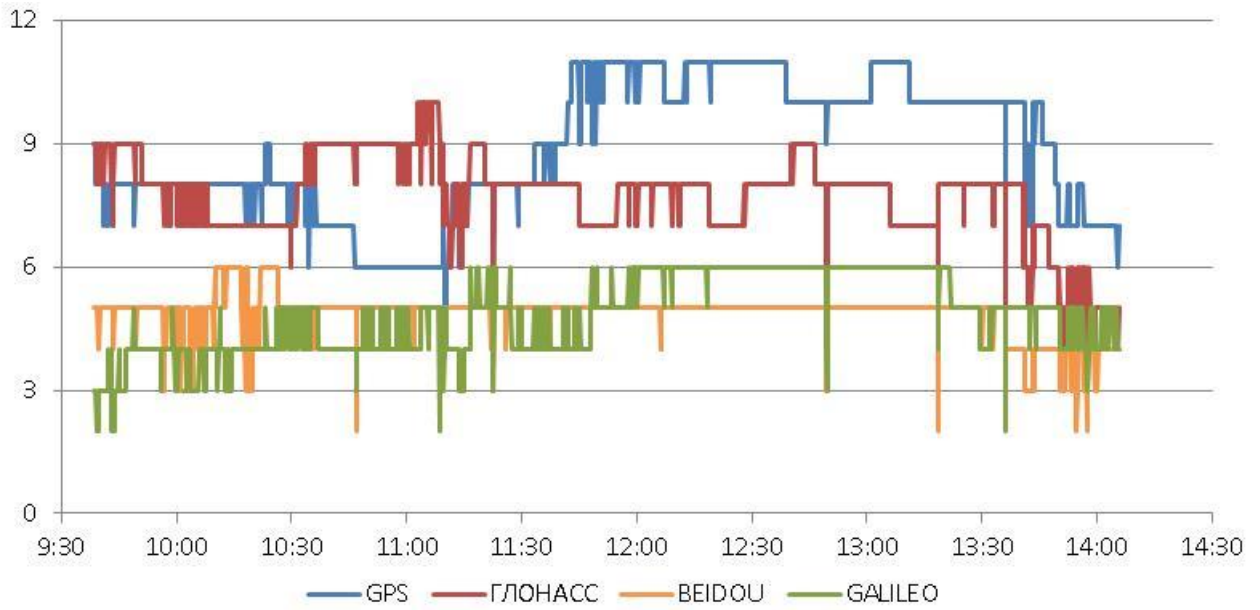


PDOP

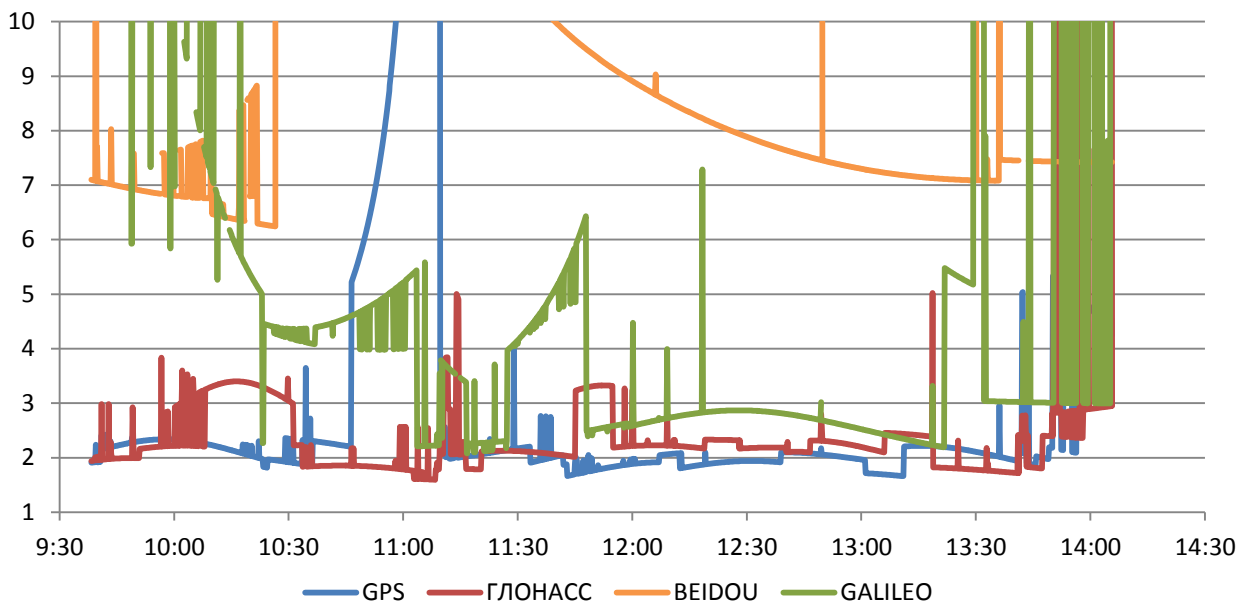


Участок 3

Количество видимых НКА

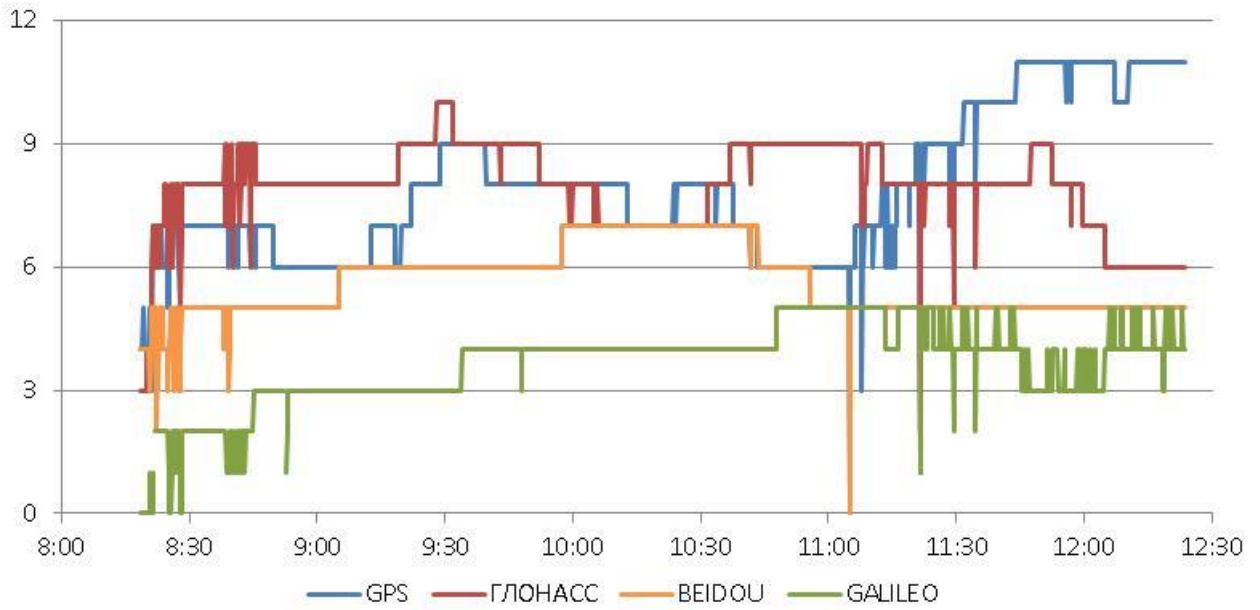


PDOP

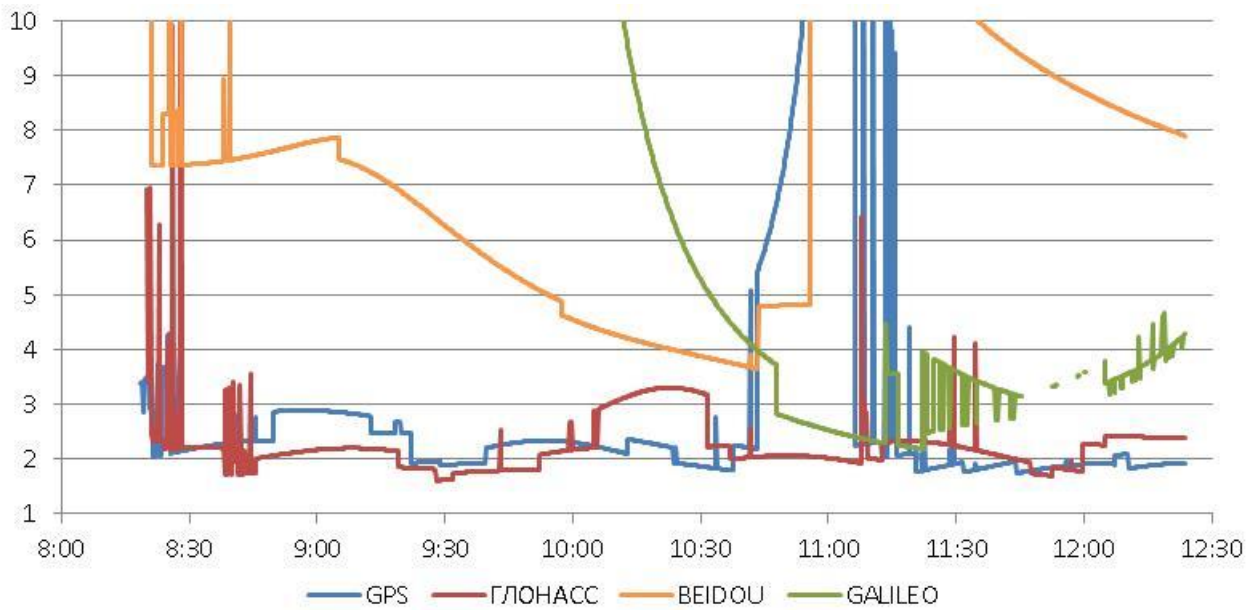


Участок 4

Количество видимых НКА

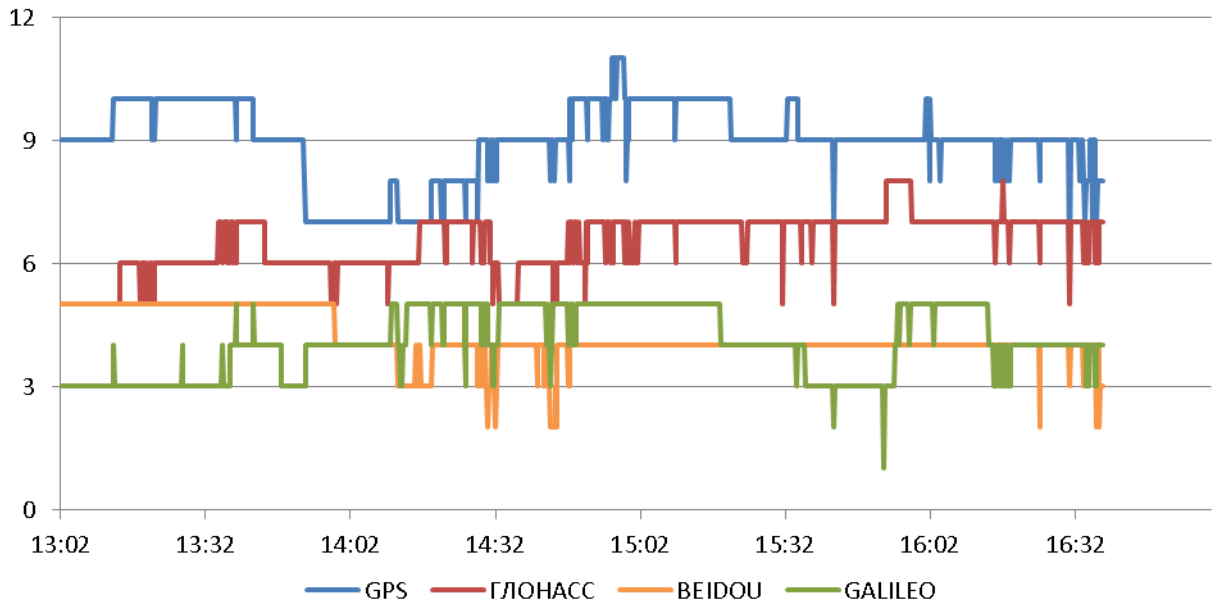


PDOP

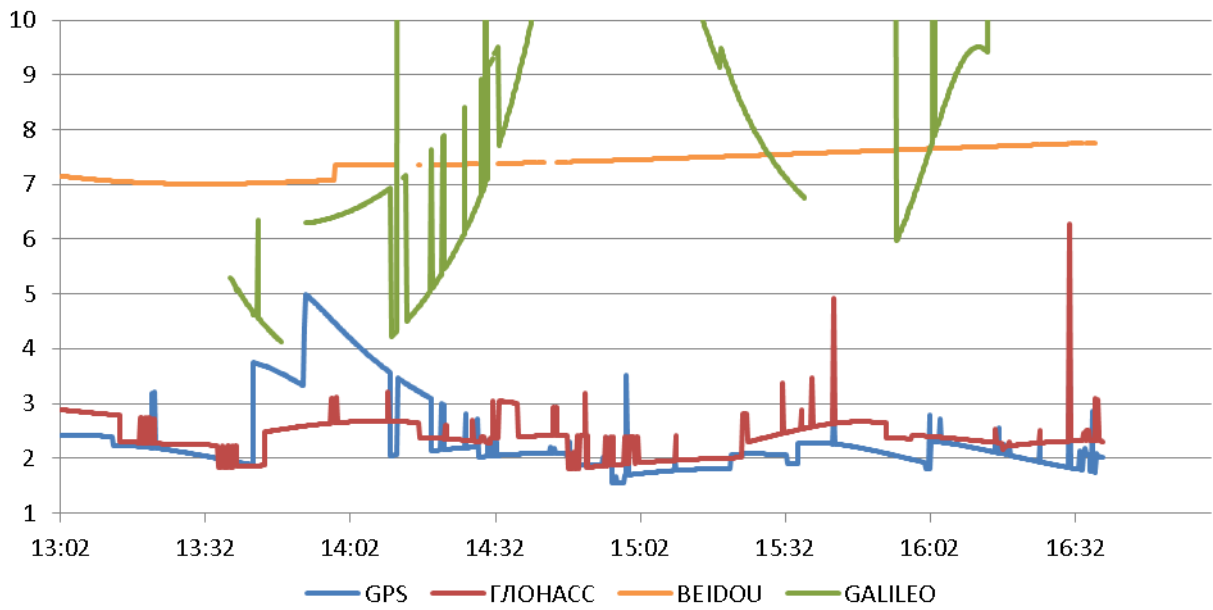


Участок 5

Количество видимых НКА

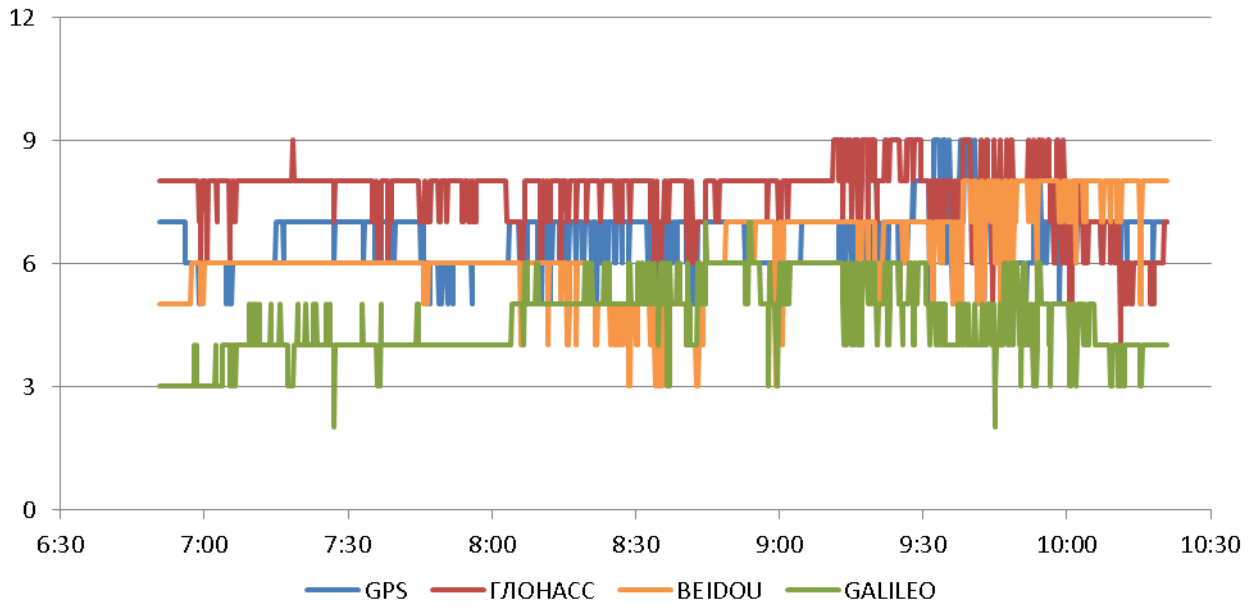


PDOP

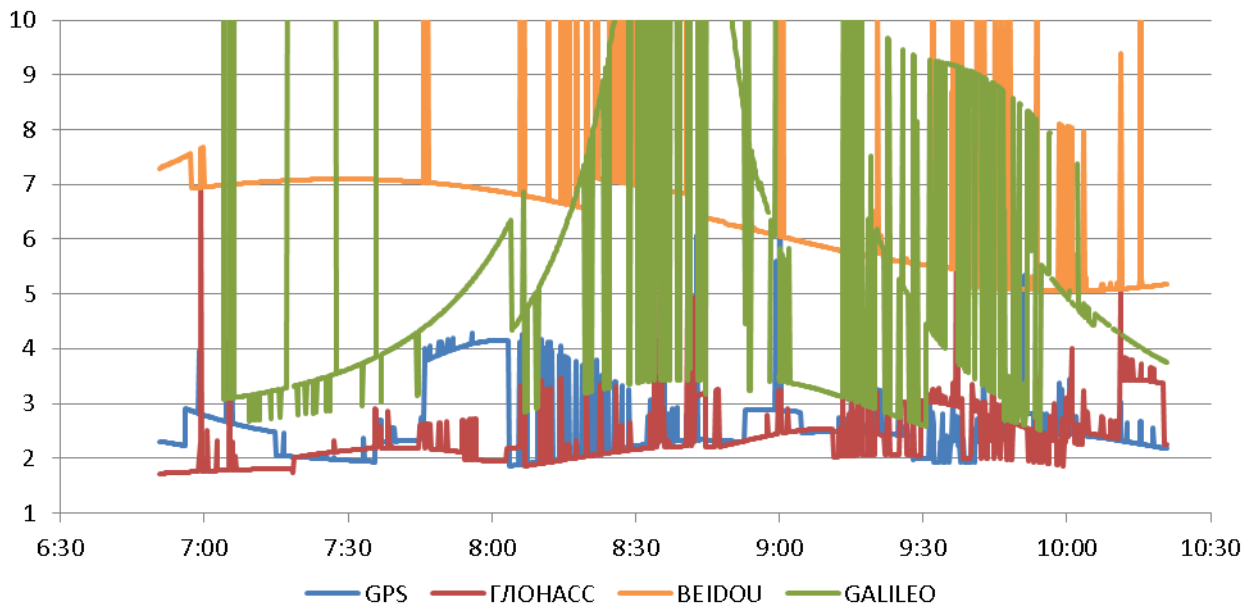


Участок 6

Количество видимых НКА

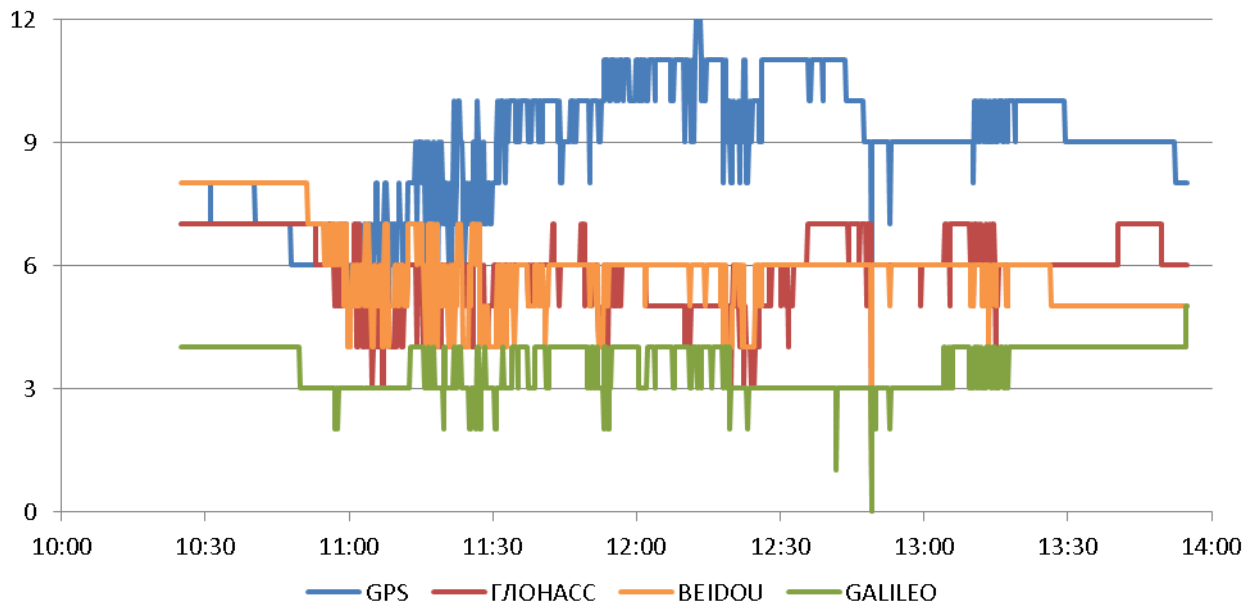


PDOP

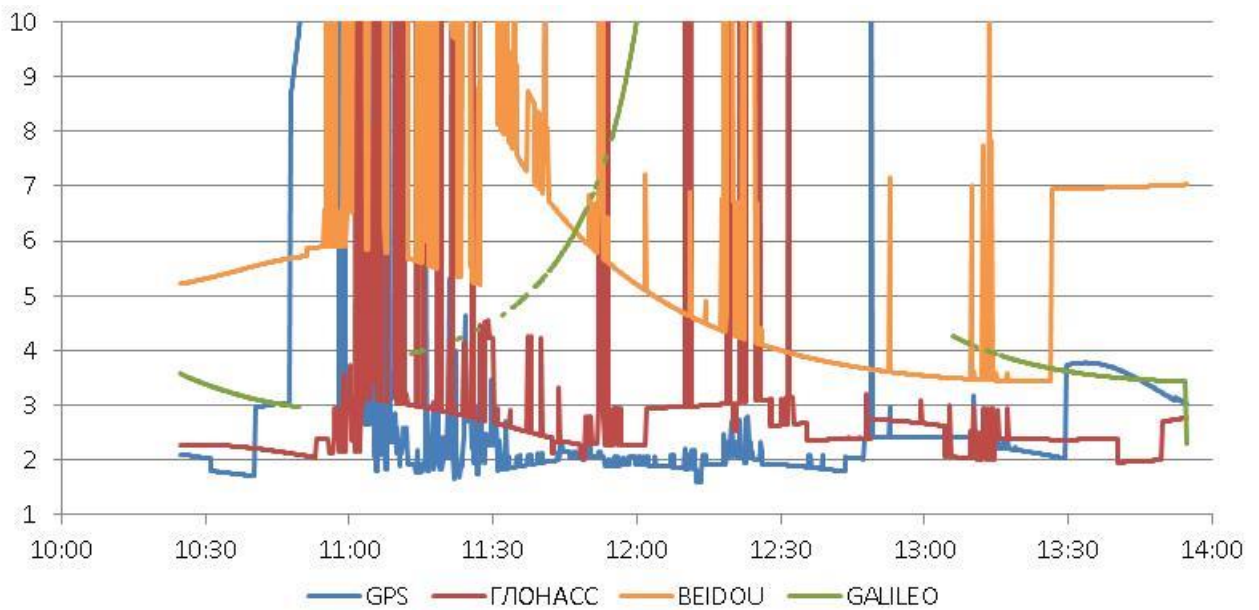


Участок 7

Количество видимых НКА

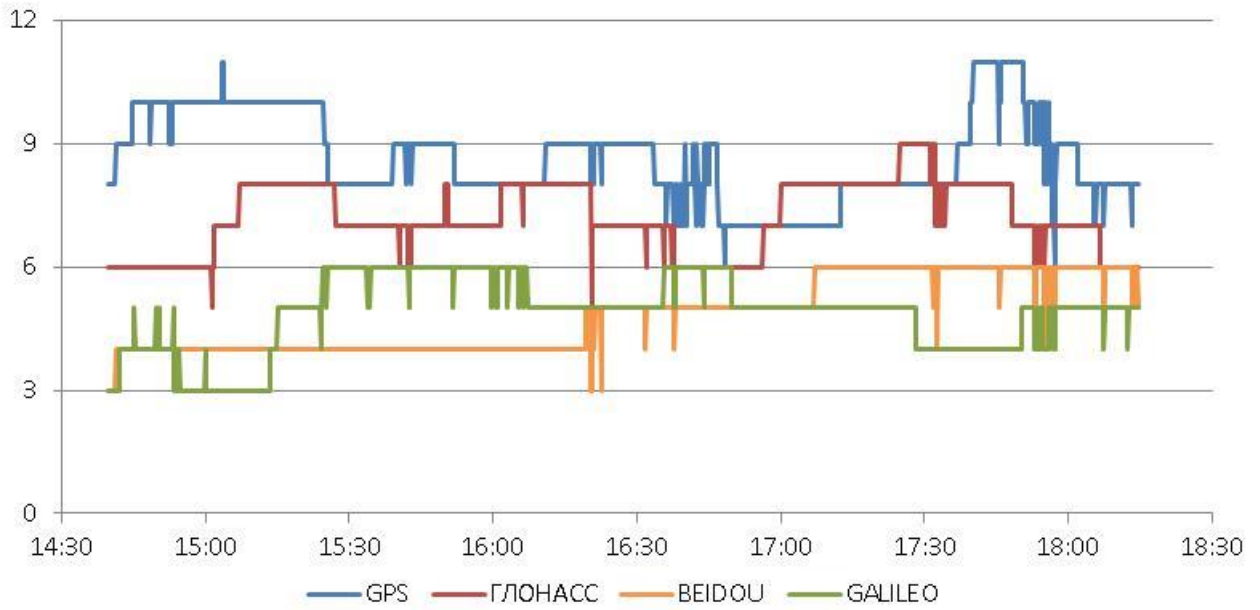


PDOP

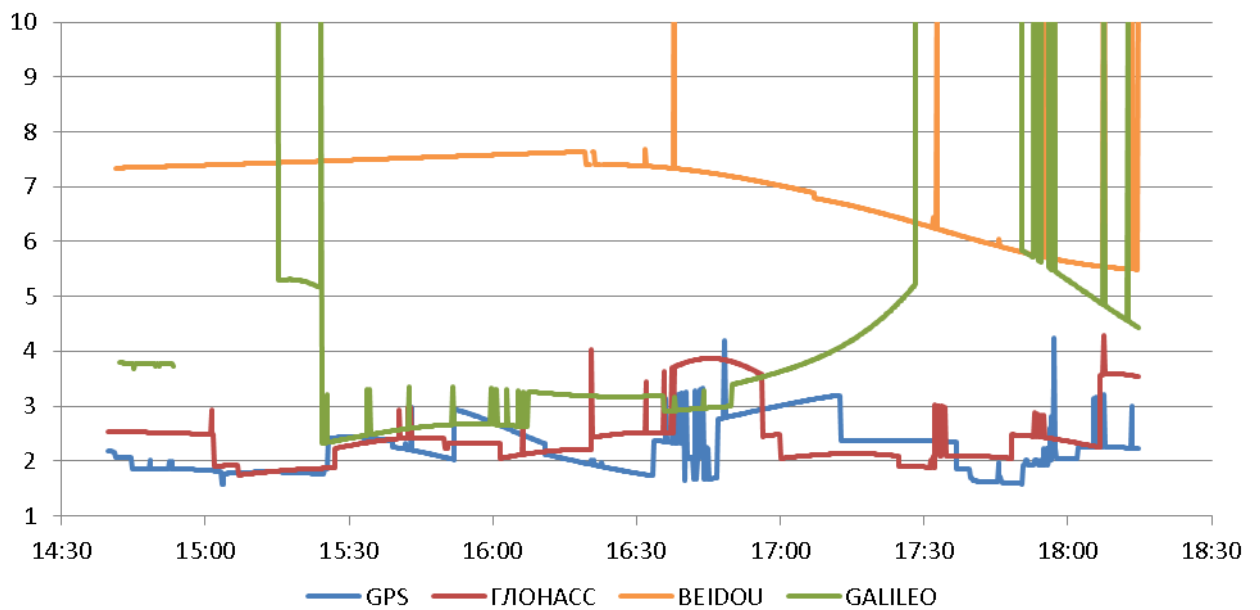


Участок 8

Количество видимых НКА

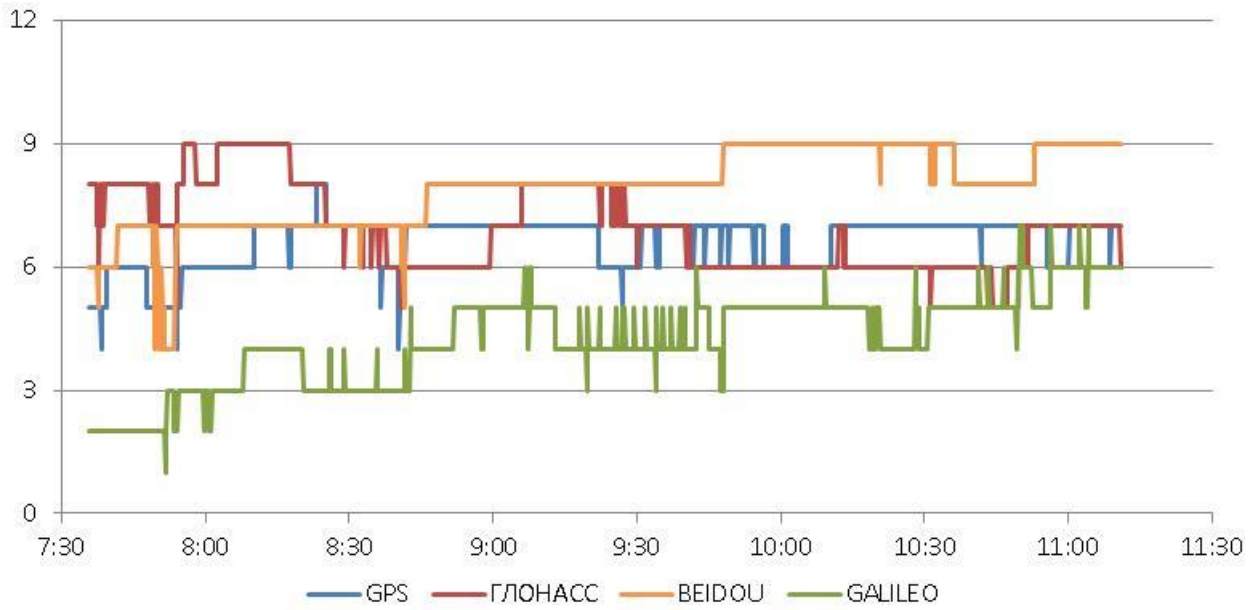


PDOP

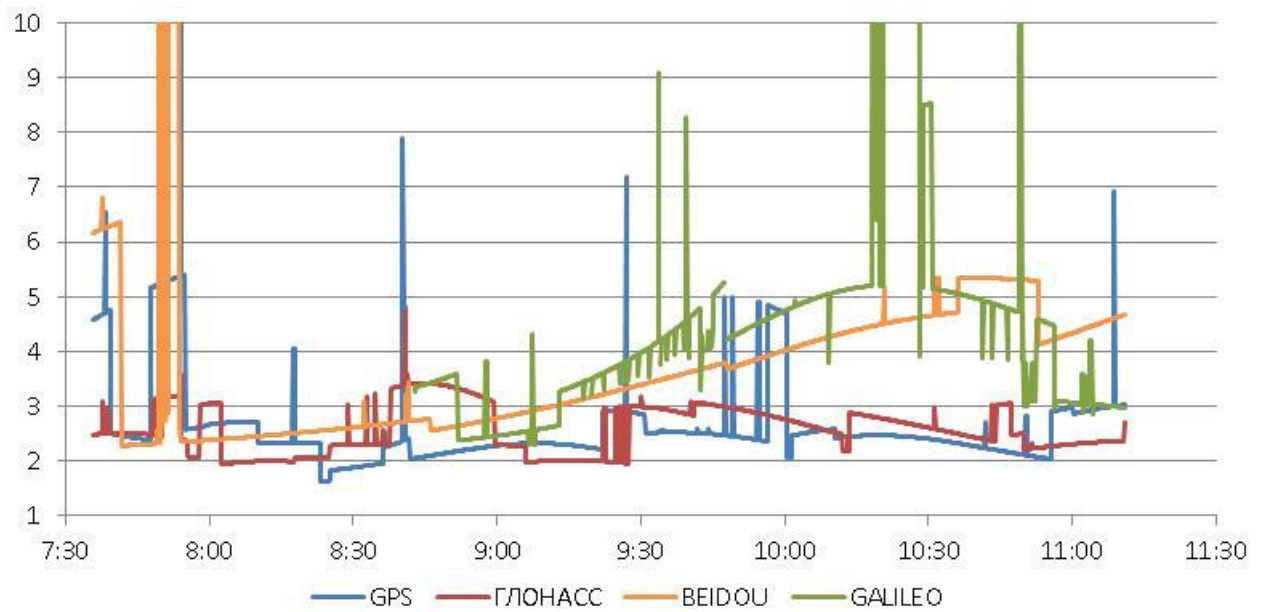


Участок 9

Количество видимых НКА

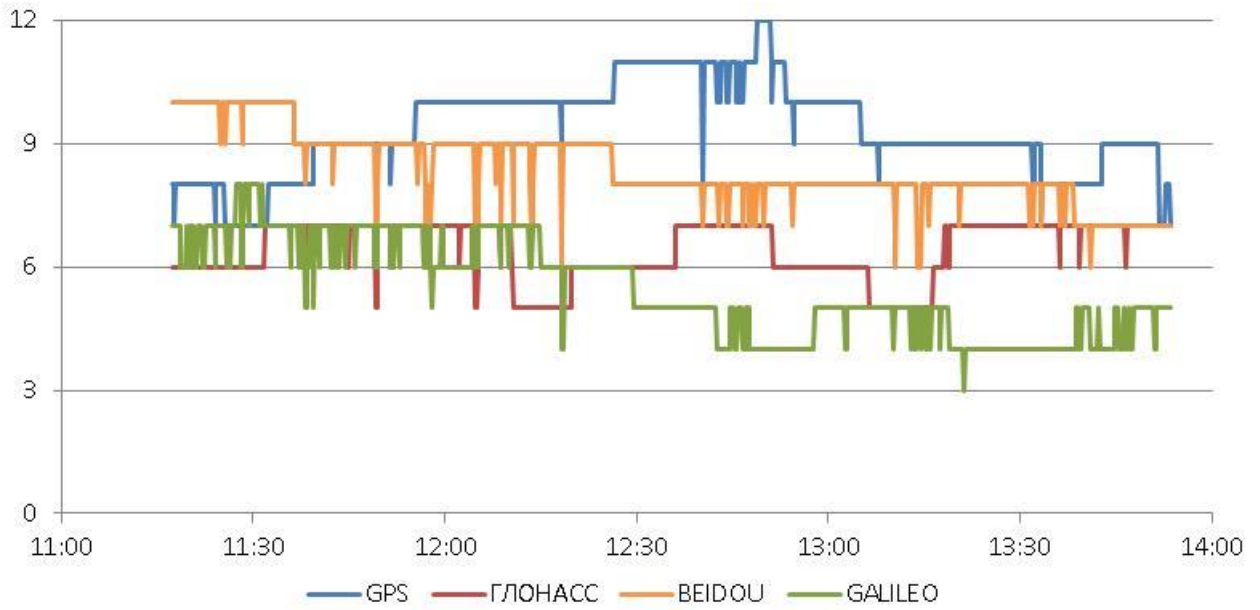


PDOP

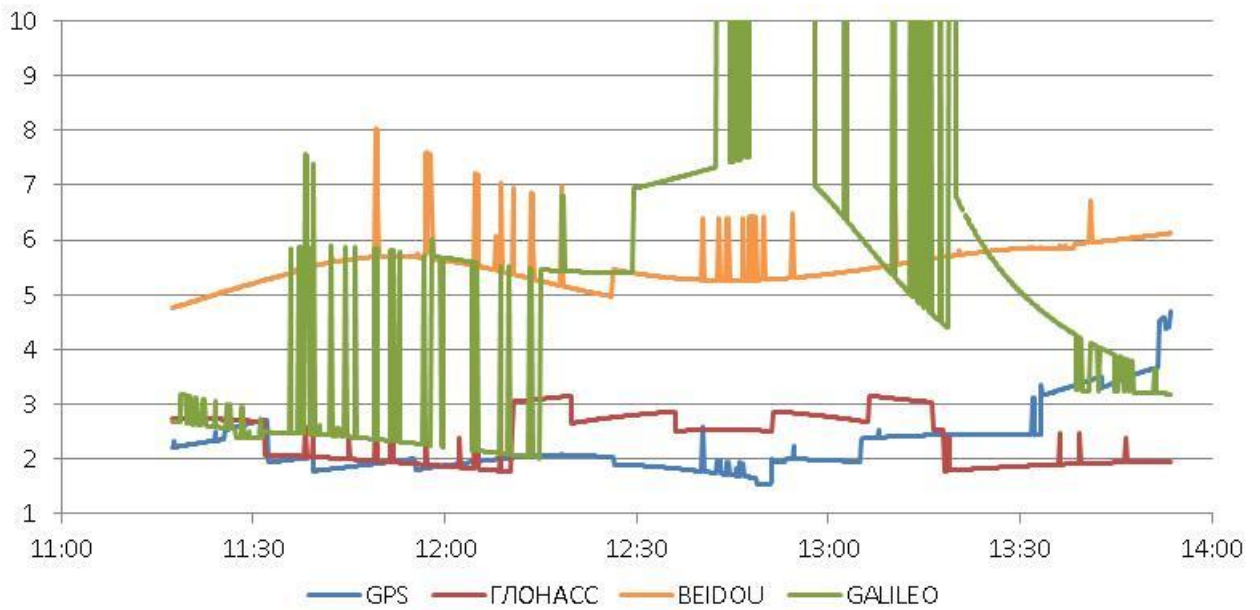


Участок 10

Количество видимых НКА

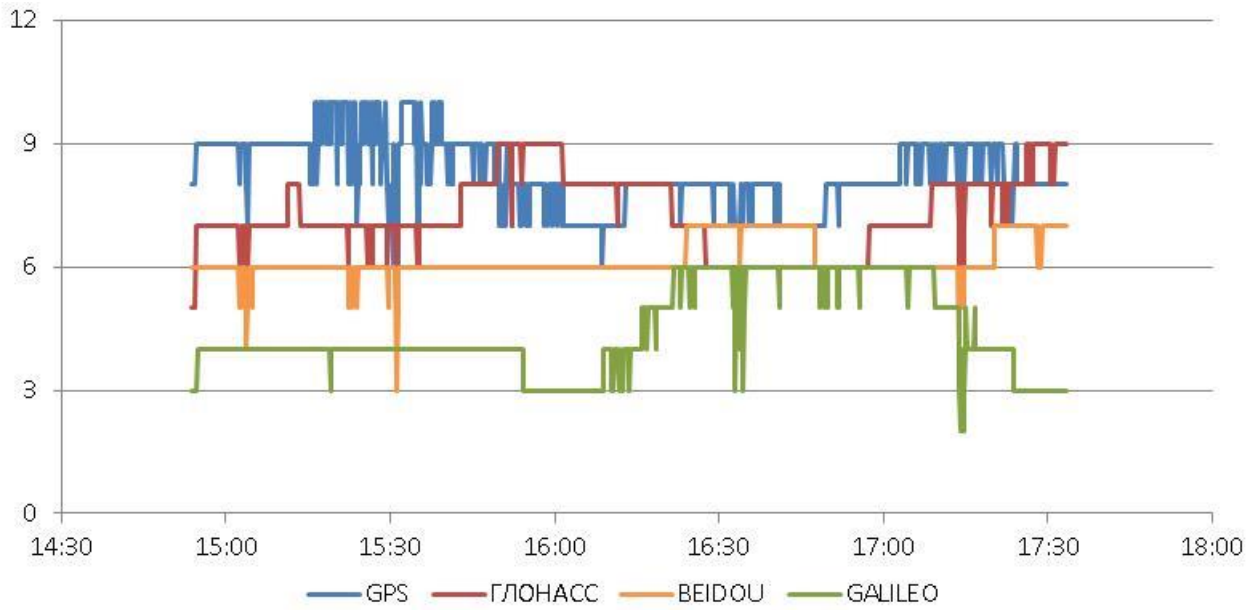


PDOP

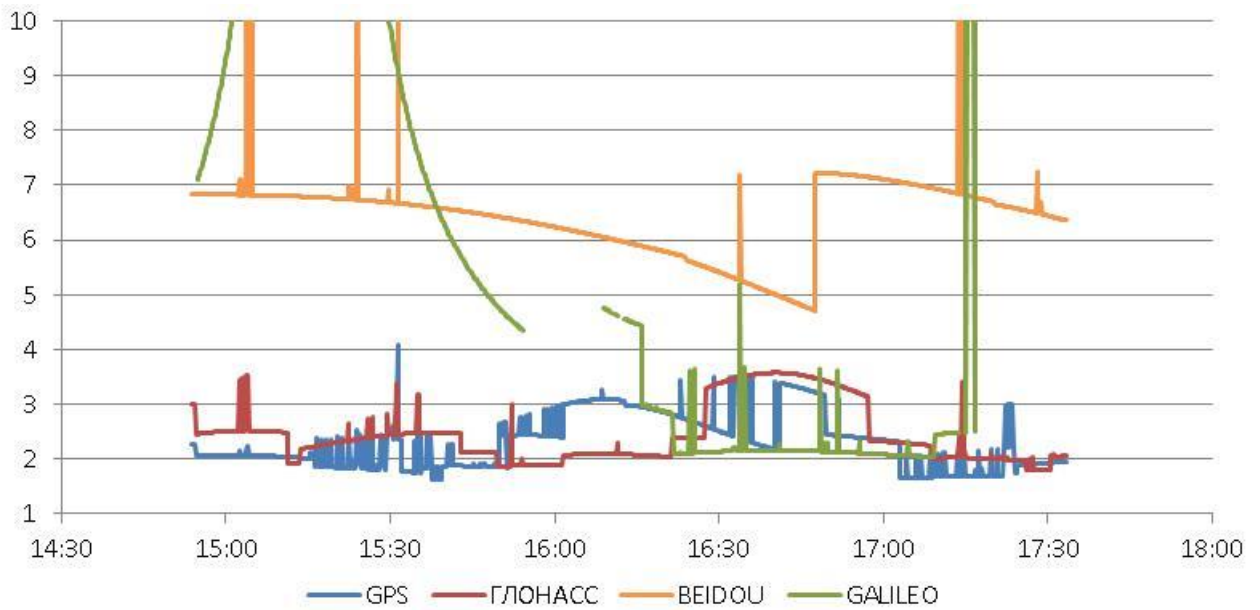


Участок 11

Количество видимых НКА

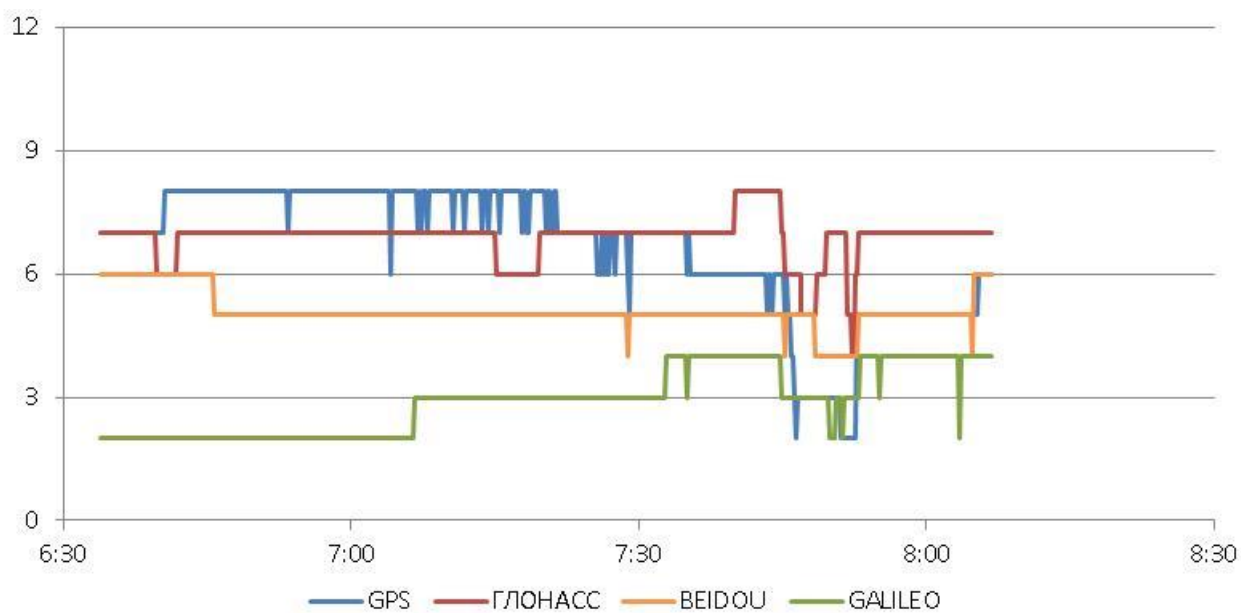


PDOP

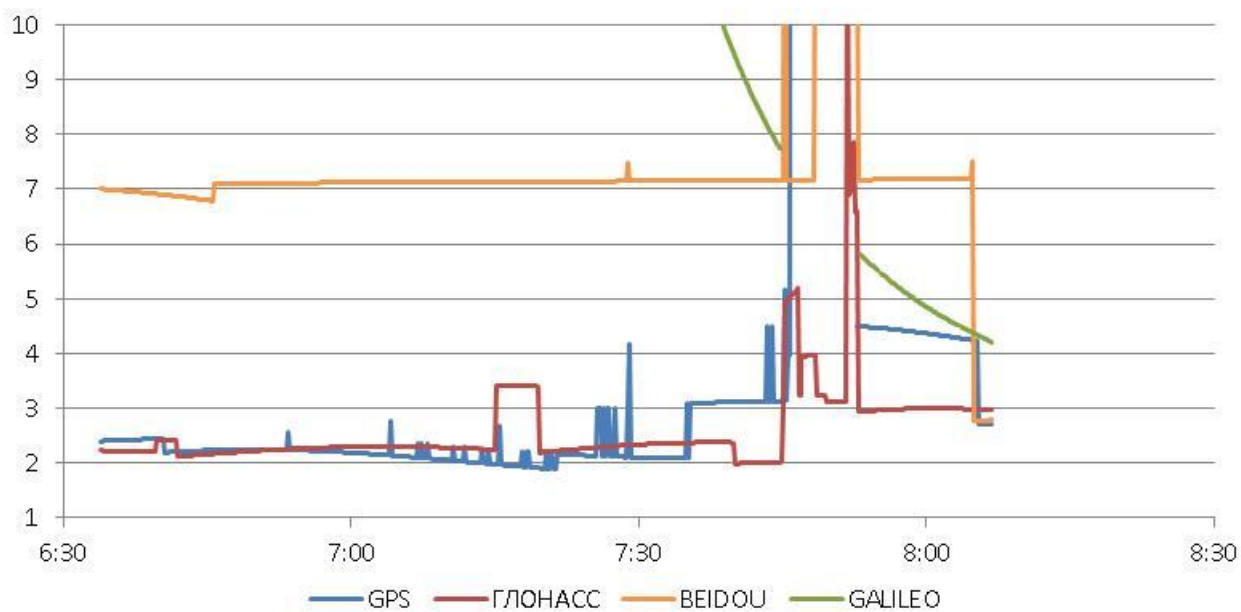


Участок 12

Количество видимых НКА

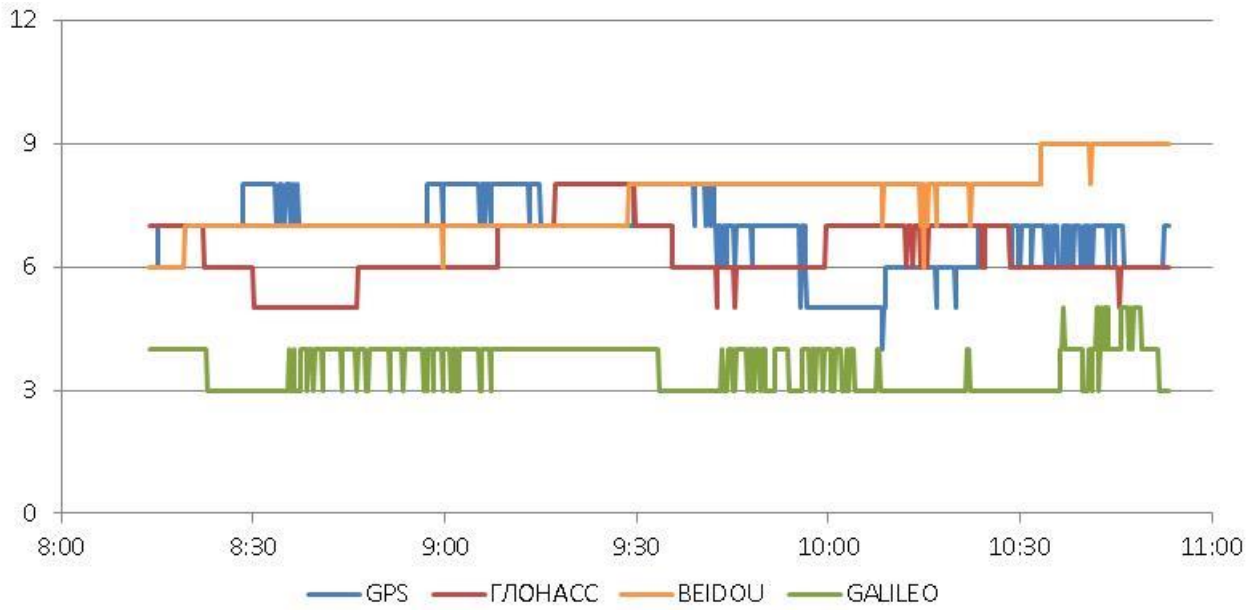


PDOP

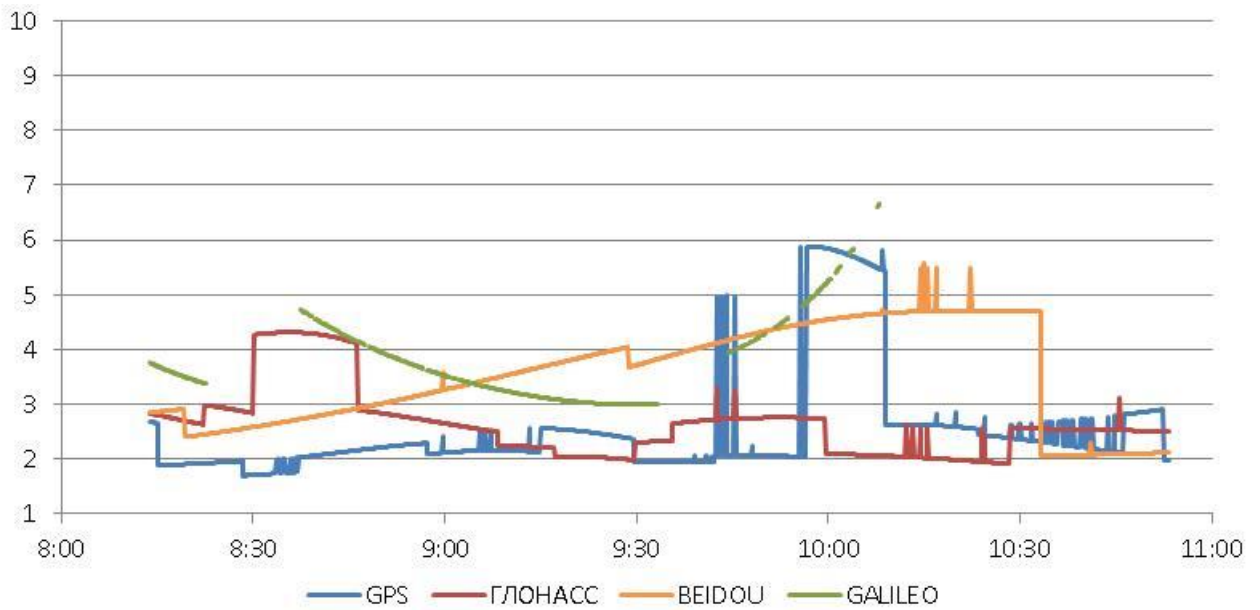


Участок 13

Количество видимых НКА

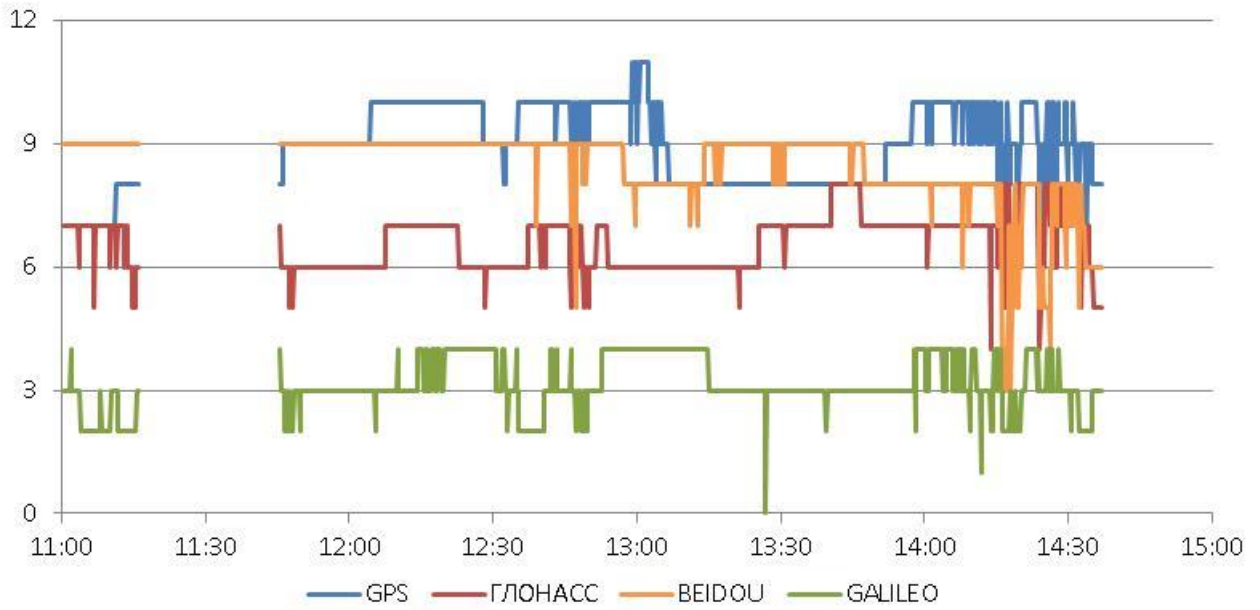


PDOP

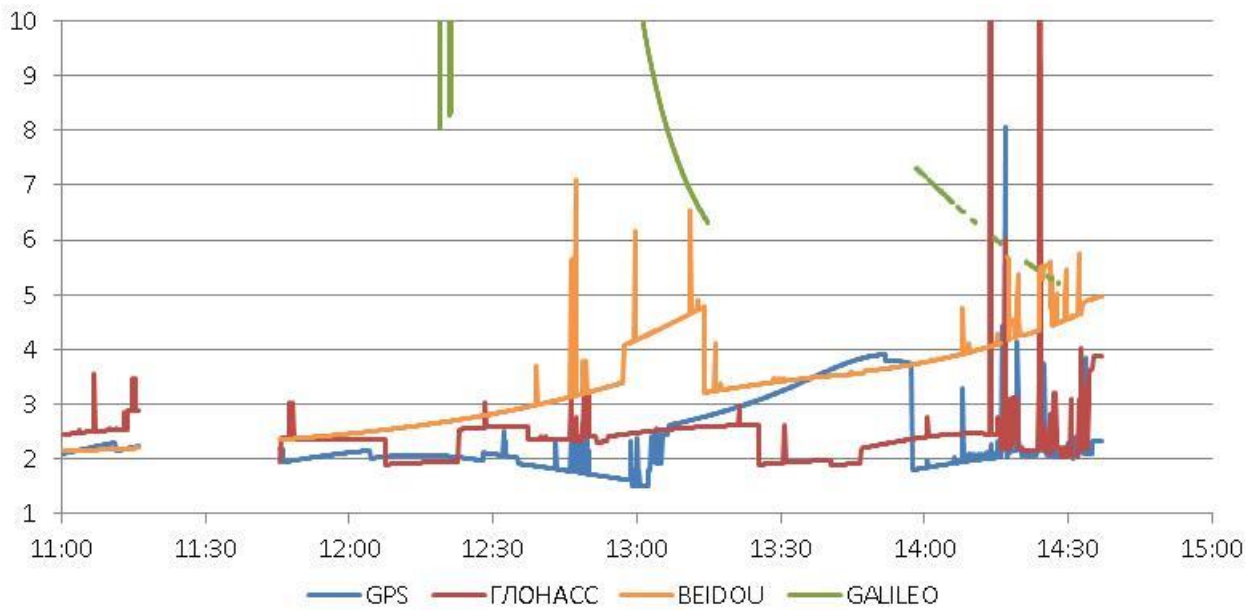


Участок 14

Количество видимых НКА



PDOP



Приложение 2. Характеристики точности позиционирования НАП Delta

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местоопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
GPS+ГЛОНАСС+BDS, одна частота										
1	2.25	1.94	3.57	5.27	1.08	0.84	1.77	3.98	9 423	1.40
9	0.99	0.48	1.54	5.10	1.53	1.41	2.28	3.24	10 634	1.00
17	0.52	0.37	0.95	1.23	2.26	2.39	2.85	2.98	7 430	0.96
25	1.88	1.42	2.64	11.00	1.15	1.08	1.50	3.20	12 237	1.07
33	2.99	2.43	4.67	6.40	1.03	0.60	1.96	3.90	14 969	1.19
Итого	1.89	1.46	2.91	6.28	1.33	1.15	2.01	3.50	54 693	1.13
ГЛОНАСС+BDS, одна частота										
2	5.84	5.18	9.56	12.68	2.61	2.28	4.19	6.18	10 375	1.74
10	1.63	1.39	2.76	3.91	2.82	2.75	4.06	6.10	7 227	
18	3.13	1.93	5.79	7.87	1.27	0.80	2.44	3.89	7 155	1.58
26	3.45	2.42	5.85	7.06	2.13	1.88	3.22	3.77	10 273	1.60
34	4.19	1.70	7.09	22.08	2.24	1.45	3.37	14.32	15 127	1.61
Итого	3.86	2.56	6.54	12.41	2.24	1.80	3.48	7.80	50 157	1.40
ГЛОНАСС, одна частота										
3	9.91	5.21	13.54	59.98	5.48	3.05	5.88	43.16	11 502	2.39
11	5.04	5.26	7.33	8.87	3.41	3.26	5.27	6.71	6 825	1.94
19	4.26	2.92	7.99	9.23	3.26	3.35	4.62	5.71	8 204	1.82
27	3.82	1.73	6.86	16.64	2.73	2.46	3.88	7.04	11 596	2.03
Итого	5.97	3.67	9.20	26.73	3.80	2.97	4.89	17.59	38 127	2.08
BDS, одна частота										
4	4.72	2.74	11.94	13.72	6.04	2.92	15.03	16.43	12 512	
12	3.66	2.10	5.89	6.49	4.25	3.97	5.99	7.13	4 240	
20	1.86	1.58	3.01	4.12	1.58	1.59	1.92	2.49	9 425	
28	5.25	5.21	6.97	7.78	6.14	5.84	8.60	10.37	10 137	
Итого	4.00	3.05	7.53	8.73	4.70	3.51	8.78	10.03	36 314	0.00

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местоопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
GPS+ГЛОНАСС+BDS, две частоты										
5	1.43	0.58	3.12	6.41	2.00	1.98	2.57	4.01	9 442	1.08
13	1.14	1.07	1.79	2.20	0.75	0.72	1.17	1.36	9 561	0.98
21	1.63	1.09	3.15	8.41	0.99	0.87	1.37	4.05	8 923	1.05
29	1.46	1.10	2.33	7.21	0.64	0.57	1.01	2.07	11 198	1.07
Итого	1.41	0.96	2.58	6.07	1.07	1.02	1.51	2.82	39 124	1.05
ГЛОНАСС+BDS, две частоты										
6	4.47	3.11	8.03	11.52	3.37	1.75	4.81	19.70	8 789	2.02
14	3.98	3.68	6.17	9.59	2.20	1.59	3.64	7.41	7 006	1.36
22	4.40	3.37	7.37	18.77	3.65	2.76	5.02	17.59	10 170	1.86
30	3.59	2.65	6.40	7.69	2.65	2.34	4.06	6.52	15 294	1.36
Итого	4.04	3.10	6.95	11.56	2.97	2.19	4.39	12.21	41 259	1.62
ГЛОНАСС, две частоты										
7	8.76	1.90	7.29	61.26	4.31	1.74	5.22	29.51	6 788	2.93
15	6.43	4.57	11.60	17.15	5.25	3.54	5.97	31.45	7 557	2.27
23	6.49	3.08	9.90	34.78	4.49	2.54	6.71	25.85	6 507	3.31
31	41.78	1.56	5.49	45.13	36.97	2.13	5.50	27.77	10 448	2.30
Итого	18.75	2.68	8.27	39.72	15.48	2.47	5.80	28.64	31 300	2.64
BDS, две частоты										
8	7.17	5.29	10.04	28.28	8.66	6.36	12.61	40.94	11 804	
16	4.45	4.23	7.58	9.56	2.30	2.17	3.06	3.59	6 941	
24	12.47	1.64	12.86	92.96	23.41	3.35	17.43	173.52	6 169	
32	10.51	3.91	17.07	63.50	4.08	2.44	6.97	21.03	9 115	
Итого	8.47	4.04	11.93	45.62	8.81	3.91	10.03	52.02	34 029	0.00

Приложение 3. Характеристики точности позиционирования НАП Sigma

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местоопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
GPS+ГЛОНАСС, одна частота										
1	3.09	2.42	5.26	12.69	1.78	1.18	3.09	8.27	9 404	1.54
5	2.34	1.77	4.19	6.80	1.91	1.75	2.73	5.59	9 698	1.23
9	0.87	0.69	1.54	3.02	1.57	1.18	2.79	4.33	10 633	1.19
13	2.45	2.25	3.70	4.85	0.69	0.51	1.20	1.50	9 565	1.17
17	1.59	1.54	2.44	3.23	2.07	1.96	2.86	3.40	7 417	1.16
21	2.83	2.61	4.46	5.21	1.09	1.04	1.65	2.34	9 830	1.25
25	2.26	1.63	3.87	7.72	1.63	1.20	2.64	6.04	13 372	1.21
29	0.70	0.33	1.04	4.08	0.51	0.42	0.77	2.35	11 227	1.27
33	3.75	3.19	5.70	8.26	1.77	1.20	3.45	5.44	14 931	1.30
Итого	2.27	1.86	3.67	6.36	1.44	1.13	2.39	4.46	96 077	1.26
GPS+ГЛОНАСС+СДКМ, одна частота										
2	2.51	0.81	3.32	25.08	1.55	0.60	1.91	14.59	10 310	1.79
6	3.10	1.23	4.72	13.85	1.81	1.13	2.77	7.26	9 056	2.54
10	1.24	0.46	2.24	5.52	1.39	0.69	2.10	9.87	7 293	2.08
14	2.19	0.72	2.94	8.54	1.76	0.81	2.54	9.26	7 167	2.01
18	1.44	0.88	2.03	10.56	1.14	1.04	1.81	2.34	7 159	1.53
22	2.94	1.03	5.10	15.64	1.90	0.86	3.89	10.72	10 237	2.95
26	1.04	0.60	2.12	4.68	0.78	0.47	1.42	4.03	10 250	1.33
30	1.30	0.49	2.02	9.16	0.91	0.64	1.47	4.43	15 282	1.38
34	2.94	0.62	6.49	16.80	1.93	0.58	3.84	9.09	15 131	1.94
Итого	2.11	0.74	3.61	12.66	1.46	0.73	2.46	7.92	91 885	1.92
GPS+ГЛОНАСС, две частоты										
3	5.29	3.03	8.71	18.79	4.46	3.49	6.89	20.51	11 523	1.72
7	6.12	3.32	9.77	17.29	2.93	1.87	4.59	12.83	7 586	1.85
11	7.30	6.22	11.56	13.01	5.67	5.71	8.02	8.39	6 826	1.55
15	3.02	2.41	4.75	10.18	3.38	2.67	5.54	9.73	7 553	1.85

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местоопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
19	7.24	6.87	11.72	13.67	4.43	3.37	7.58	8.23	8 208	1.42
23	3.88	2.40	7.44	10.98	2.73	1.93	4.53	7.94	7 382	1.97
27	6.33	2.70	10.53	35.07	4.53	2.54	6.05	28.56	11 655	1.62
31	2.51	1.76	4.26	10.36	1.62	1.05	2.48	10.68	10 583	1.71
Итого	5.17	3.43	8.53	17.18	3.71	2.75	5.65	14.53	71 316	1.70
GPS+ГЛОНАСС+СДКМ, две частоты										
4	7.40	3.06	9.68	60.66	4.04	3.13	6.17	25.55	12 597	2.86
8	3.02	1.92	5.50	15.11	3.79	3.63	5.97	9.11	12 213	1.82
12	2.24	1.93	4.45	5.29	3.43	3.39	4.47	4.70	4 241	2.33
16	4.45	2.82	8.29	18.97	3.37	2.83	5.52	16.21	6 978	2.79
20	3.48	1.81	5.78	23.55	3.31	2.61	4.91	16.45	9 505	2.23
24	8.35	5.17	15.56	36.20	4.99	3.46	7.96	31.61	7 562	2.56
28	4.59	2.51	8.21	15.35	4.99	4.60	7.79	10.28	10 368	1.88
32	9.75	3.90	14.08	59.21	6.54	2.84	13.14	42.97	9 306	2.74
Итого	5.57	2.86	9.00	31.76	4.36	3.34	7.12	20.17	72 770	2.38

Приложение 4. Характеристики точности позиционирования НАП ОС-103

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
GPS+ГЛОНАСС+BDS, две частоты										
1	2.48	1.82	4.64	7.65	1.64	1.33	2.89	4.58	9 440	1.34
5	2.33	1.74	4.45	6.44	1.64	1.44	2.45	3.52	9 763	1.05
9	1.57	1.09	2.29	8.54	1.59	0.98	2.86	5.96	10 739	1.02
13	2.23	2.07	3.56	4.41	1.56	0.65	1.91	11.01	9 565	1.00
17	1.30	0.85	2.41	4.25	2.09	1.97	3.39	4.15	7 404	0.98
21	1.77	1.33	3.35	4.99	1.74	1.53	2.96	3.48	9 823	1.05
25	2.11	1.62	3.67	6.29	1.89	1.61	3.10	3.99	13 459	1.02
29	1.98	1.72	3.51	4.31	0.87	0.75	1.42	1.77	11 227	1.07
33	1.31	0.89	2.38	4.58	1.50	1.16	2.87	4.23	14 944	1.16
Итого	1.88	1.45	3.33	5.72	1.59	1.25	2.65	4.66	96 364	1.08
ГЛОНАСС+BDS, две частоты										
2	8.45	7.09	13.93	22.68	3.32	2.74	5.56	9.18	10 357	1.89
6	4.97	3.68	9.23	14.61	3.36	2.21	6.14	14.26	8 278	1.80
10	1.94	1.46	3.61	7.35	3.20	2.68	5.06	7.73	7 293	1.34
14	2.59	1.41	3.84	18.29	2.67	2.20	4.13	12.73	7 156	1.41
18	3.62	2.90	6.61	9.10	2.17	1.21	5.09	7.06	7 176	1.53
22	2.70	1.45	4.77	6.68	3.06	1.66	3.81	6.82	10 262	1.44
26	4.40	2.88	6.35	15.55	2.74	2.36	4.41	7.51	10 293	1.55
30	2.27	1.34	4.86	7.75	2.78	2.41	4.38	7.52	15 281	1.42
34	5.94	2.14	5.47	16.80	6.24	2.95	5.63	13.63	14 903	1.69
Итого	4.21	2.66	6.51	13.22	3.46	2.34	4.91	9.63	90 999	1.57
ГЛОНАСС, две частоты										
3	8.76	4.60	12.26	32.93	5.11	3.65	7.74	20.72	11 353	2.19
7	6.24	4.39	8.93	12.71	4.95	2.95	7.94	25.93	6 677	2.34
11										
15	9.38	4.89	17.48	37.84	5.00	2.65	10.58	23.66	8 318	2.31

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местоопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
19	2.75	1.68	5.56	9.86	4.54	4.66	6.96	9.99	8 216	1.86
23	6.69	4.55	12.15	17.57	4.89	3.18	5.52	38.47	6 111	2.59
31	4.38	3.55	7.58	11.62	2.97	2.14	5.47	7.77	10 267	2.15
Итого	6.43	3.93	10.64	21.22	4.52	3.20	7.38	19.67	50 942	2.22
BDS, две частоты										
4	5.39	2.70	12.33	17.50	4.89	3.54	10.05	14.76	12 223	5.79
8	4.21	3.71	6.69	8.93	3.47	3.06	5.53	7.65	10 209	6.65
12	6.01	4.65	9.94	12.42	4.81	4.52	6.94	8.47	3 962	6.45
16	4.40	3.67	7.51	9.85	5.03	4.85	7.48	11.79	6 684	5.54
20	6.81	6.22	9.95	11.63	6.21	5.95	8.46	10.23	4 936	6.98
24	3.39	2.54	5.89	13.59	2.58	2.10	4.00	10.02	4 448	7.16
28	5.12	4.31	9.42	13.79	4.73	3.73	9.10	13.68	9 686	6.18
32	4.30	1.78	8.92	22.60	4.33	3.78	6.44	12.69	7 786	9.31
Итого	4.90	3.53	9.09	14.14	4.50	3.82	7.59	11.63	59 934	6.67

Приложение 5. Характеристики точности позиционирования НАП МНП-М9.1

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местоопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
GPS+ГЛОНАСС+BDS, одна частота										
1	8.34	5.70	17.83	32.37	4.98	2.89	11.82	14.75	9 473	0.85
5	3.56	2.41	6.70	15.26	4.70	4.58	5.88	8.97	8 932	0.91
9	4.11	2.49	7.27	21.91	5.20	4.52	6.04	25.99	10 518	0.94
13	2.69	2.62	3.78	4.97	3.47	3.29	4.55	4.71	9 565	0.92
17	3.39	3.07	5.21	5.44	3.92	3.31	6.08	6.39	7 640	0.88
21	3.04	1.48	6.40	10.15	1.79	1.38	3.48	5.62	9 452	0.95
25	4.64	3.34	10.42	18.22	3.91	3.38	6.18	10.32	13 367	0.90
29	2.76	2.36	4.92	5.78	1.91	1.68	2.93	3.32	11 167	0.92
33	4.44	3.02	8.96	10.07	2.41	2.30	3.29	4.10	14 735	0.98
Итого	4.14	2.95	8.10	13.86	3.51	2.99	5.43	9.23	94 849	0.92
ГЛОНАСС+BDS, одна частота										
2	9.67	7.75	16.80	18.30	2.96	2.73	5.04	5.71	10 178	1.39
6	6.56	6.13	10.01	14.94	3.43	3.27	5.03	8.24	8 081	1.53
10	4.81	3.25	6.95	23.50	4.56	3.45	7.47	19.98	7 293	1.24
14	15.63	4.52	21.98	108.73	9.66	2.96	14.79	68.41	6 368	1.26
18	6.70	4.69	12.51	24.26	3.17	2.43	5.94	6.68	10 106	1.54
22	3951.92	5.22	12.03	45886.26	924.15	4.01	7.23	10890.68	5 521	1.67
26	5.76	4.38	11.14	18.24	2.37	2.24	3.79	4.58	10 273	1.45
30	29.13	3.39	6.52	17.18	17.03	3.21	4.99	9.08	15 273	1.31
34	13.71	1.98	21.53	110.72	6.10	3.75	10.70	40.81	14 664	1.34
Итого	260.69	4.36	13.28	2926.57	64.51	3.10	6.98	702.91	87 757	1.40
ГЛОНАСС, одна частота										
3	6.83	5.59	11.68	24.31	6.02	4.77	10.62	17.27	10 282	1.74
7	14.82	8.73	15.49	112.04	10.91	4.89	19.16	65.19	7 612	1.80
11										
15	9.26	7.82	15.34	24.96	4.94	3.76	11.14	12.55	7 381	1.85

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местоопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
19	5.42	2.25	10.89	16.13	6.74	7.20	9.83	12.01	8 204	1.70
23	230.16	7.68	27.14	142.99	65.13	6.19	10.73	58.40	6 720	1.95
27	7.63	5.98	12.65	25.40	4.96	4.45	7.88	8.62	11 197	1.82
31	9.48	5.79	21.18	37.78	4.30	3.53	8.40	14.84	10 577	1.90
Итого	32.73	6.13	15.95	49.45	12.51	4.87	10.76	24.38	61 973	1.82
BDS, одна частота										
4	3.13	2.23	7.09	11.01	3.49	2.19	7.53	13.37	11 826	5.72
8	38.84	8.20	11.22	44.32	59.98	6.45	10.43	48.76	10 008	7.07
12	2449.29	10.86	5358.82	13864.46	772.14	6.33	1640.26	4275.37	439	6.34
16	2.92	2.57	4.46	6.88	1.47	0.96	2.80	3.59	6 977	3.39
20	2.85	1.99	3.64	15.83	2.44	0.52	1.37	14.94	9 503	2.54
24	16746.45	48.28	43767.00	49217.85	13764.06	29.86	30409.98	33337.91	602	14.87
28	38.09	5.40	9.75	267.44	49.44	5.15	10.46	338.83	10 048	6.77
32	582.78	10.96	153.90	5600.57	101.26	13.07	56.76	639.49	8 251	4.48
Итого	291.76	5.62	526.07	1481.00	184.41	4.90	343.88	545.33	57 654	5.25

Приложение 6. Характеристики точности позиционирования НАП NV08C

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
GPS+ГЛОНАСС										
1	1.74	1.16	3.45	6.21	1.08	0.74	1.91	4.40	9 473	1.03
4	2.65	1.74	5.45	9.10	0.94	0.78	1.61	2.00	12 605	1.06
7	4.14	1.54	5.15	8.63	1.83	1.11	2.59	3.12	7 612	1.10
10	1.33	0.61	2.68	6.85	1.97	1.91	2.97	3.52	7 293	1.03
13	2.18	2.10	2.92	5.91	1.54	1.46	2.14	2.41	6 539	1.07
16	1.11	0.95	1.92	2.63	1.56	1.43	2.34	2.92	6 978	1.01
19	1.63	1.23	2.85	3.59	1.00	0.84	1.64	3.24	8 226	1.03
22	1.56	0.87	3.27	5.66	1.05	0.83	1.82	3.22	10 260	1.05
25	2.21	1.38	4.61	9.04	1.28	1.01	2.00	4.41	13 488	1.05
28	1.43	1.11	2.45	4.34	2.12	1.90	3.30	4.45	10 255	1.03
31	2.02	1.32	3.97	6.75	1.18	1.07	1.86	2.55	10 583	1.09
34	1.82	1.12	3.78	6.09	1.45	1.13	2.48	5.64	14 942	1.06
Итого	1.99	1.26	3.68	6.45	1.38	1.15	2.20	3.62	118 254	1.05
GPS										
2	1.57	0.84	3.17	6.67	1.49	1.38	2.22	3.16	10 181	1.37
5	1.88	1.22	3.53	7.23	1.23	1.02	2.36	3.17	9 698	1.50
8	1.20	0.66	2.39	3.08	1.42	1.29	2.19	3.04	12 223	1.44
11	0.84	0.44	1.77	3.00	1.52	1.42	2.24	4.42	7 046	1.45
14	1.16	0.78	2.00	4.62	1.26	0.74	1.60	7.62	7 200	1.46
17	1.10	0.96	1.83	3.05	3.22	3.42	4.26	4.55	7 652	1.46
20	0.78	0.53	1.46	2.37	1.29	1.26	1.86	2.38	9 514	1.49
23	2.27	1.65	4.28	6.52	1.08	0.89	1.90	2.54	7 274	1.62
26	1.97	1.44	3.75	5.99	0.96	0.73	1.55	5.01	10 290	1.40
29	2.08	1.19	4.35	7.27	0.93	0.72	1.68	2.08	11 172	1.60
32	1.91	1.11	4.04	6.12	0.89	0.78	1.47	1.84	9 322	1.57
Итого	1.54	0.98	3.02	5.15	1.35	1.21	2.09	3.48	101 572	1.49

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
ГЛОНАСС										
3	7.06	5.21	13.07	19.85	3.88	3.04	6.84	8.86	11 551	1.81
6	6.88	5.31	12.72	24.78	2.88	2.09	5.52	8.11	8 209	1.87
9	3.75	2.82	6.44	7.29	3.52	2.18	7.07	8.05	10 739	1.86
12	7.60	7.71	9.83	10.87	2.40	2.27	3.45	3.98	2 357	1.78
15	8.03	5.40	14.46	17.61	4.42	3.81	8.10	9.63	8 455	1.92
18	4.99	4.10	8.97	10.68	3.67	3.66	4.93	8.37	7 181	1.88
21	4.22	3.27	7.98	9.64	2.86	2.80	4.09	6.33	9 459	1.81
24	9.45	7.03	16.99	22.83	4.14	2.70	8.49	10.14	7 574	1.94
27	6.08	3.69	11.60	15.81	3.05	2.82	4.32	8.77	11 564	1.84
30	4.87	3.56	9.29	13.48	3.73	3.03	6.33	7.79	15 347	1.81
33	6.29	4.96	11.24	17.85	3.83	3.17	6.31	7.37	14 980	1.84
Итого	6.06	4.50	11.02	15.67	3.57	2.91	6.12	8.14	107 416	1.85

Приложение 7. Характеристики точности позиционирования НАП NV08С-СДКМ

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местоопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
GPS+ГЛОНАСС+СДКМ										
1	1.76	1.36	3.13	5.01	1.07	0.81	1.90	3.13	7 080	1.10
4	2.82	1.36	2.61	25.64	1.04	0.54	1.28	8.46	9 670	1.11
7	4.44	1.41	2.58	26.94	1.65	0.73	1.67	2.98	3 527	1.16
10	1.17	0.60	3.01	3.72	1.26	1.17	1.84	2.26	5 588	1.07
13	2.45	2.31	3.43	5.89	0.77	0.57	1.25	3.42	5 951	1.20
16	1.28	1.01	2.26	2.93	0.97	0.92	1.40	1.72	4 383	1.04
19	1.76	1.07	3.18	6.15	1.29	0.95	2.12	5.92	5 102	1.08
22	1.73	1.32	3.12	5.71	1.19	0.82	1.95	6.05	4 721	1.13
25	2.56	1.32	2.75	22.63	1.13	0.73	1.87	6.83	8 387	1.10
28	1.60	1.11	2.66	4.80	0.94	0.76	1.55	2.49	6 440	1.07
31	1.10	0.57	2.10	4.94	0.77	0.57	1.37	2.81	6 646	1.15
34	1.79	0.58	2.57	15.48	1.68	0.69	2.22	13.27	9 129	1.10
Итого	2.02	1.15	2.77	11.75	1.14	0.75	1.70	5.57	76 624	1.11
GPS+СДКМ										
2	2.72	0.78	2.59	26.99	1.63	1.02	1.94	14.04	7 209	1.09
5	2.75	1.03	3.24	26.87	1.61	1.17	2.14	12.07	6 739	1.12
8	0.95	0.60	2.00	2.90	1.32	1.13	2.09	5.07	7 621	1.10
11	1.71	1.26	3.33	4.95	2.06	2.06	2.77	3.14	4 418	1.07
14	1.75	1.15	3.11	7.63	1.07	0.84	1.65	4.86	3 336	1.08
17	0.62	0.36	1.26	2.45	2.45	2.31	3.45	3.85	4 808	1.11
20	0.87	0.52	1.81	2.74	1.00	0.94	1.45	2.19	5 977	1.10
23	1.24	0.92	2.36	3.34	1.18	0.89	2.20	3.34	3 338	1.21
26	1.63	1.40	2.72	3.89	1.13	0.98	1.69	3.36	6 462	1.06
29	0.93	0.54	1.82	2.51	0.71	0.55	1.25	1.65	7 017	1.16
32	5.34	1.03	3.22	57.71	3.27	0.63	1.48	37.17	5 823	1.16
Итого	1.90	0.85	2.47	13.76	1.57	1.10	1.96	8.67	62 748	1.11

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во местопределений	Средний PDOP
	СКП	Предельная погрешность			СКП	Предельная погрешность				
		P=0.5	P=0.95	P=0.997		P=0.5	P=0.95	P=0.997		
ГЛОНАСС+СДКМ										
3	1.93	1.39	3.44	6.86	0.91	0.67	1.41	2.36	8 009	1.13
6	2.26	1.17	4.52	10.22	2.89	0.94	2.75	6.81	3 714	1.19
9	1.86	0.54	1.86	15.05	1.32	0.76	1.91	7.98	8 230	1.15
12	0.75	0.63	1.37	1.80	0.98	0.94	1.38	1.69	2 664	1.11
15	2.13	1.88	3.59	4.95	1.25	0.91	2.20	3.99	3 922	1.17
18	1.92	1.67	3.13	4.91	1.12	0.90	1.97	3.09	3 326	1.16
21	1.30	0.93	2.37	4.05	1.34	1.27	2.03	2.57	5 940	1.15
24	1.48	0.84	2.34	3.59	1.34	1.22	2.14	2.92	3 480	1.15
27	1.72	1.52	2.80	3.91	0.98	0.73	1.80	3.44	7 242	1.11
30	1.42	1.07	2.57	3.98	0.84	0.68	1.50	2.48	9 639	1.11
33	1.30	0.88	2.40	5.03	1.04	0.81	1.76	3.59	9 264	1.15
Итого	1.63	1.11	2.71	6.22	1.19	0.85	1.82	3.79	65 430	1.14

Приложение 8. Обеспечение сотовой связью на участках транспортного коридора

На диаграммах, приведенных в данном приложении, уровень сигнала в точке маршрута показан цветом в соответствии со следующей легендой:



При этом за уровень сигнала принимается максимальный сигнал среди всех доступных станций всех операторов сотовой связи.

На всех диаграммах – две линии, параллельные маршруту. Верхняя линия, соответствует режиму GSM/GPRS. Нижняя линия соответствует режиму 3G.



Рисунок 20 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 1

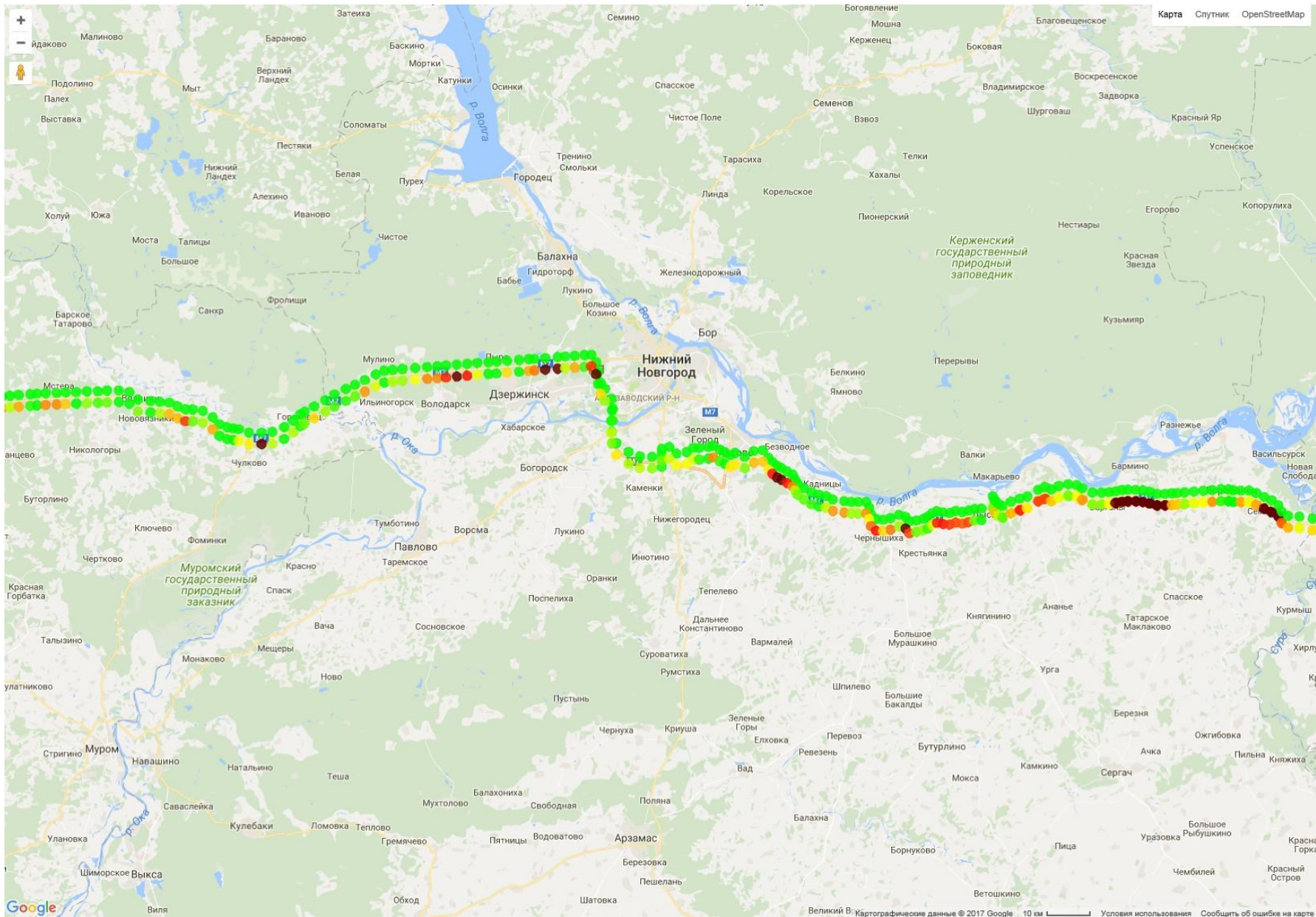


Рисунок 21 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 2

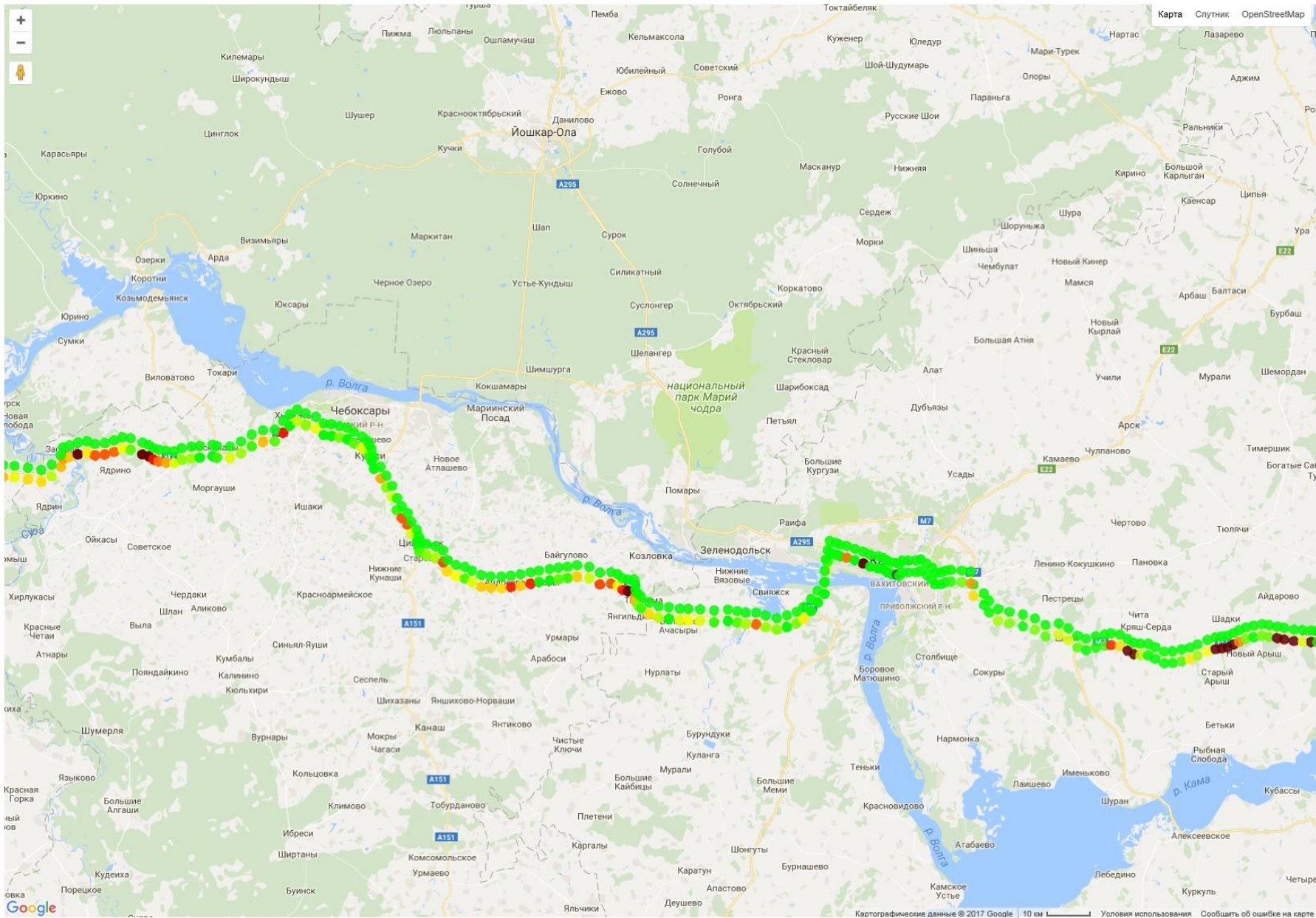


Рисунок 22 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 3

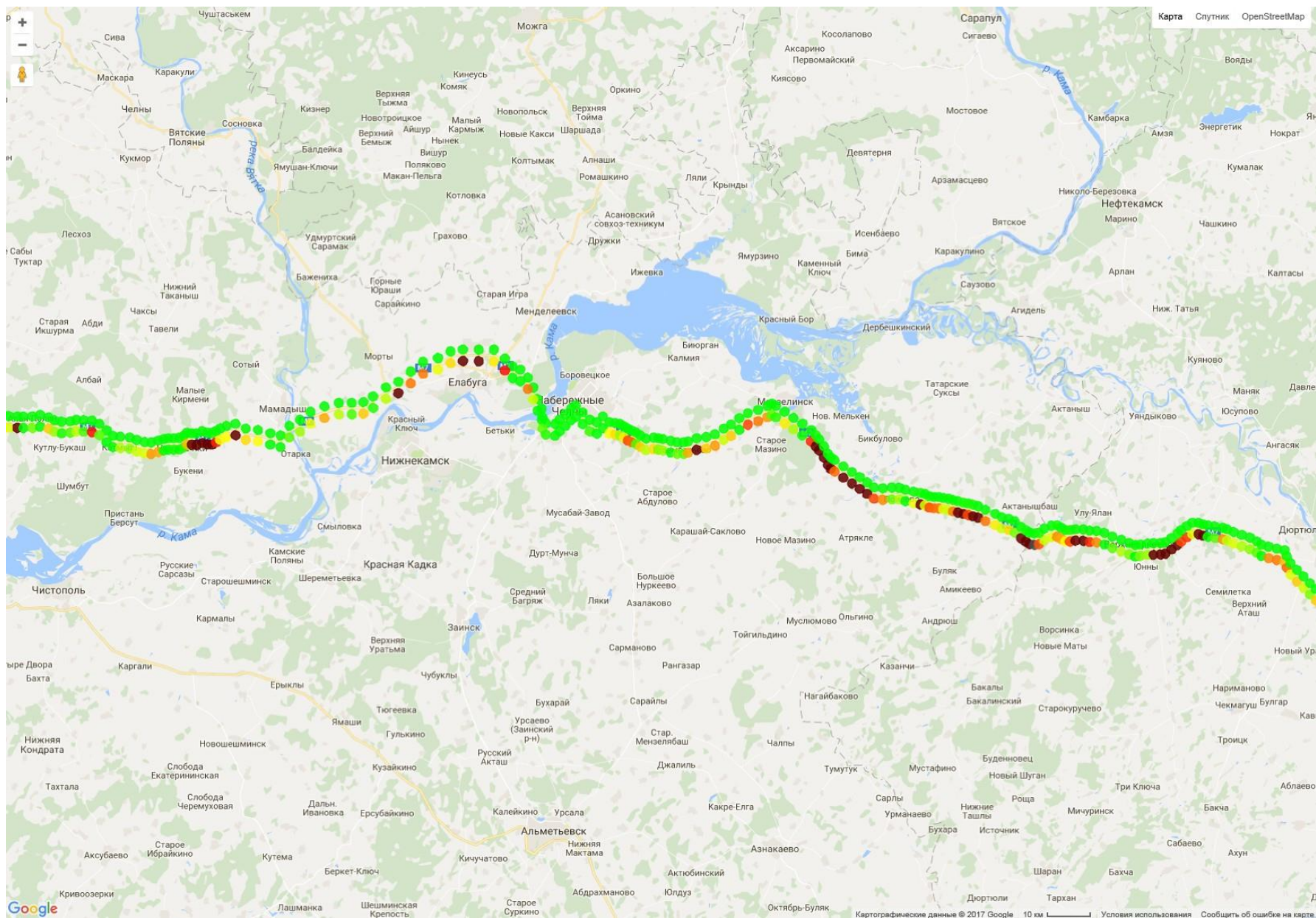


Рисунок 23 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 4

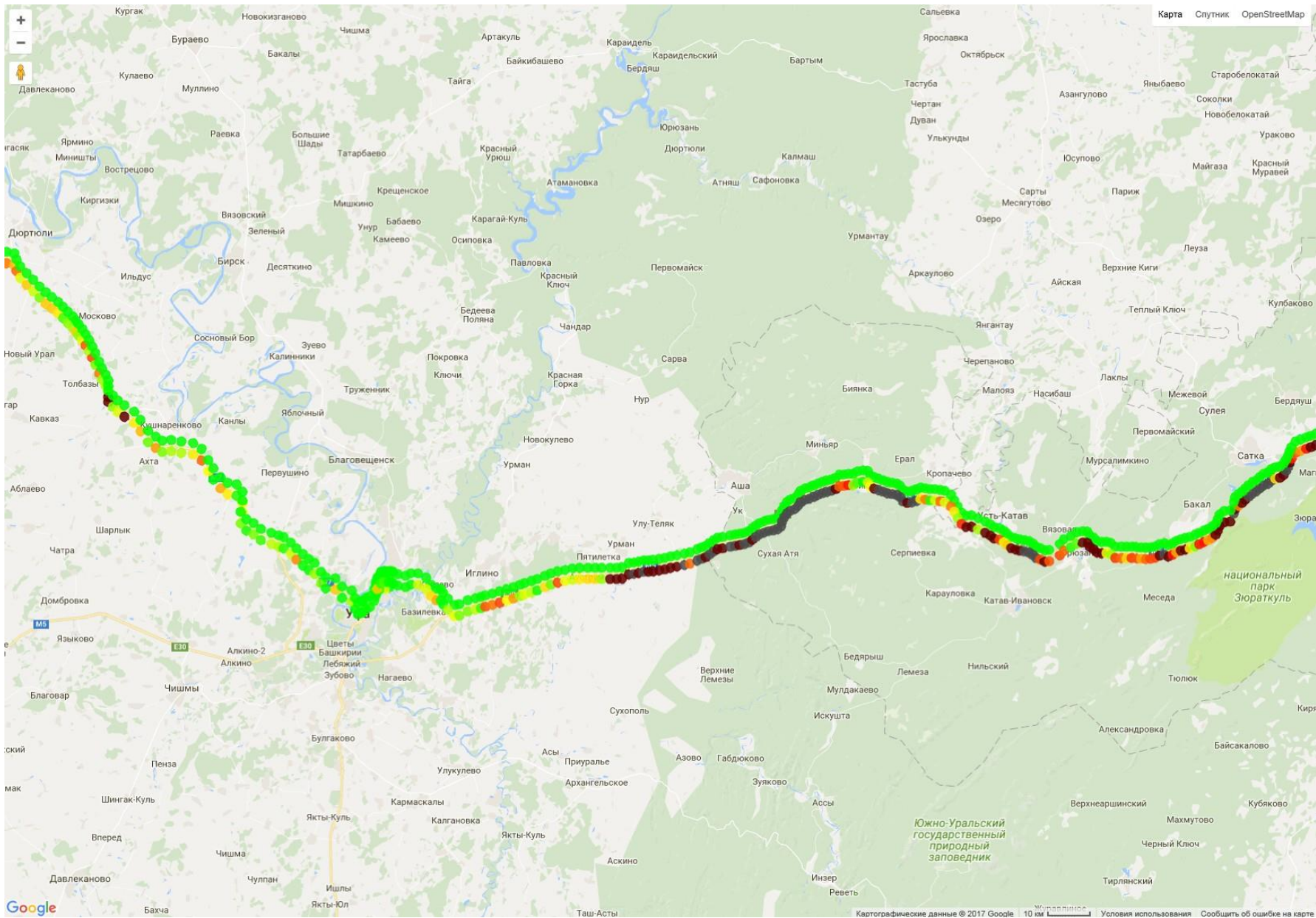


Рисунок 24 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 5

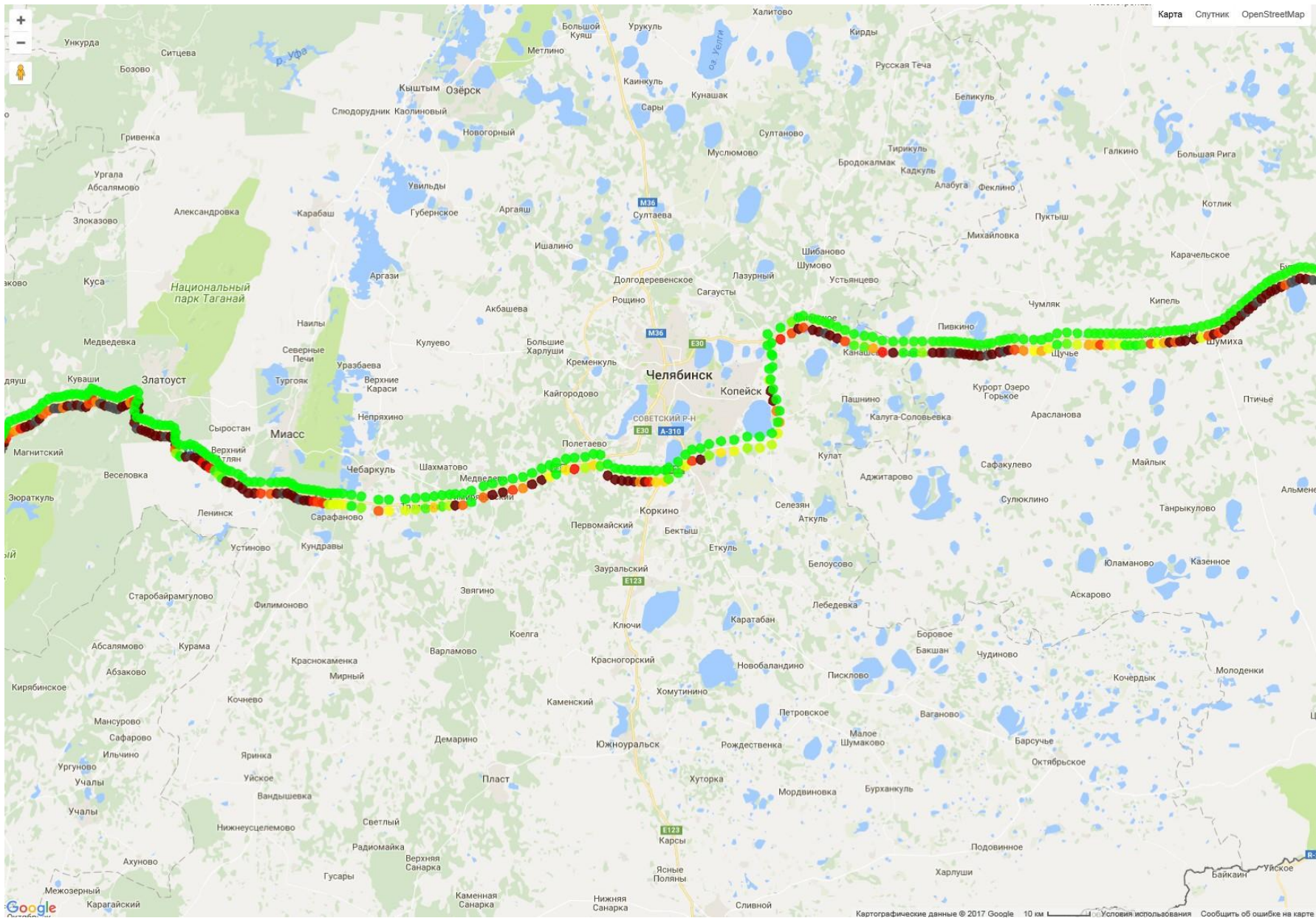


Рисунок 25 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 6

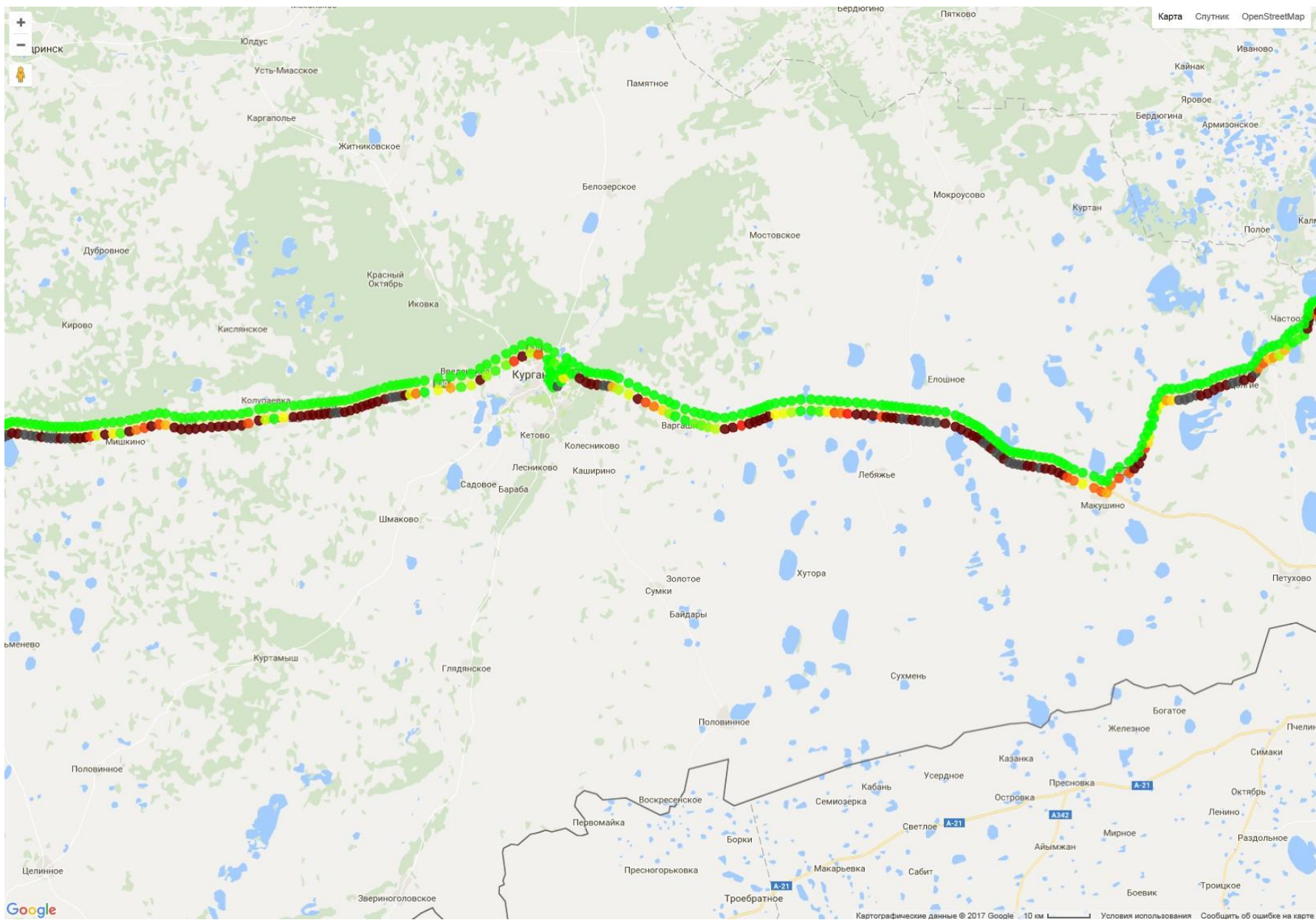


Рисунок 26 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 7

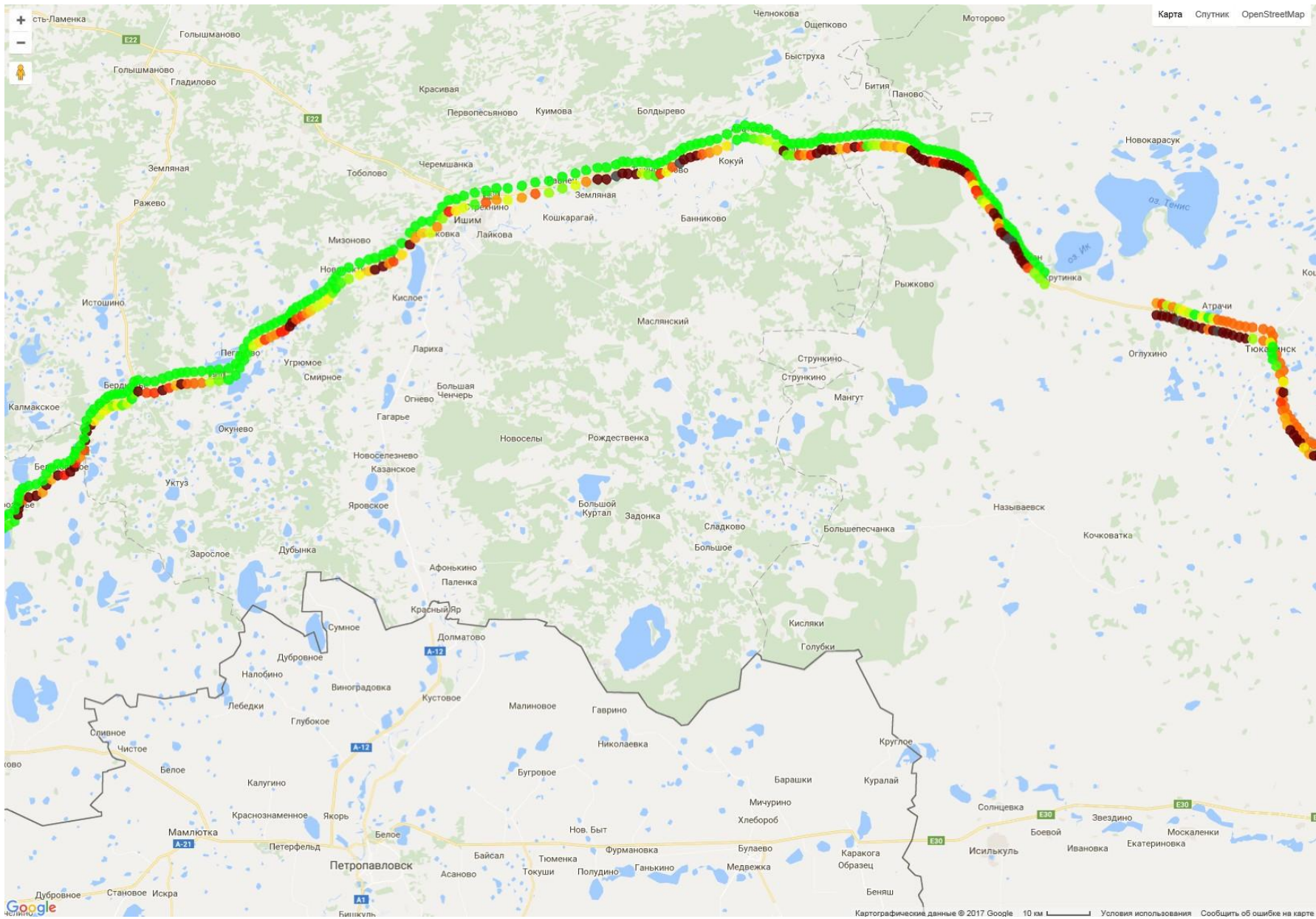


Рисунок 27 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 8

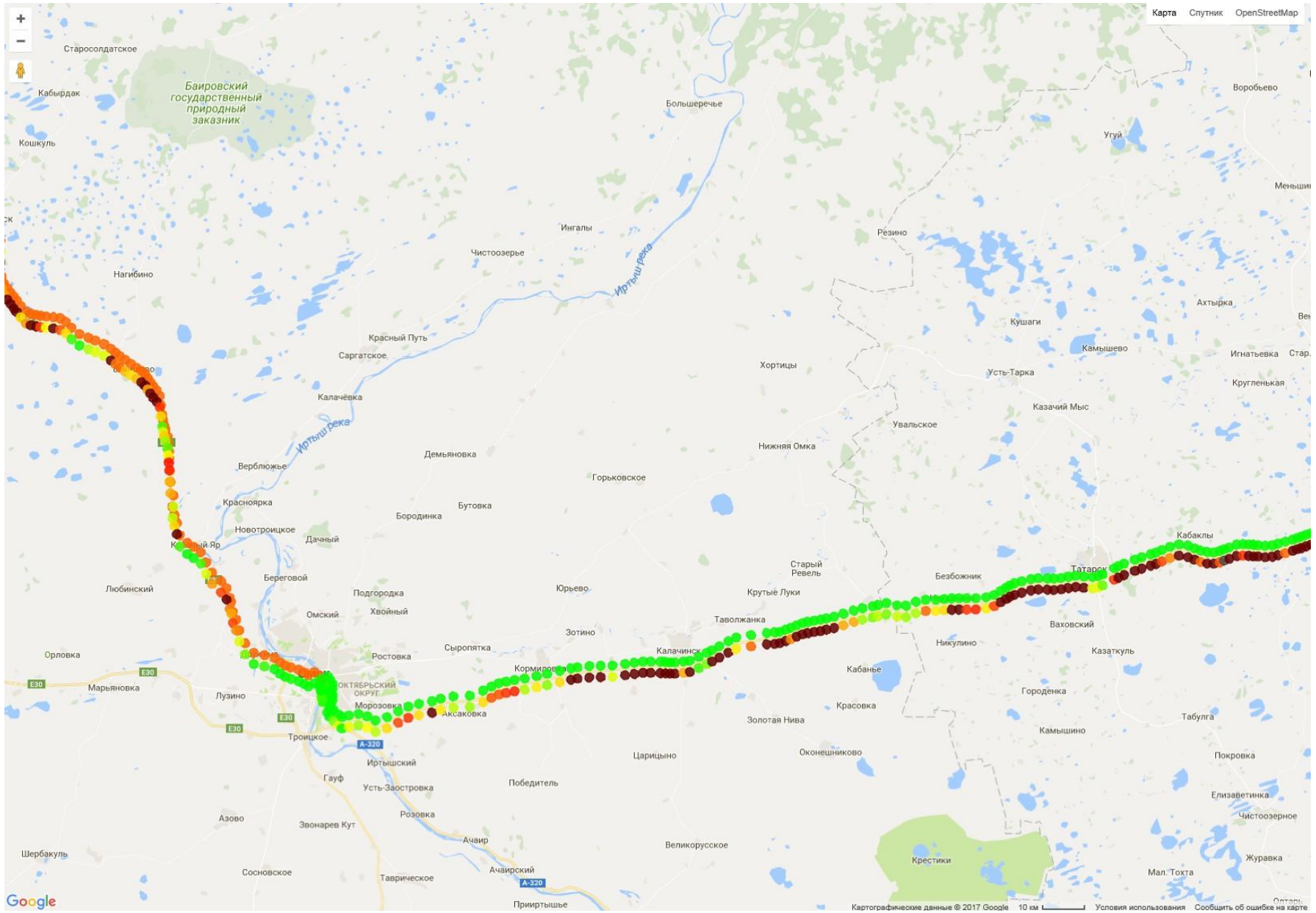


Рисунок 28 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 9

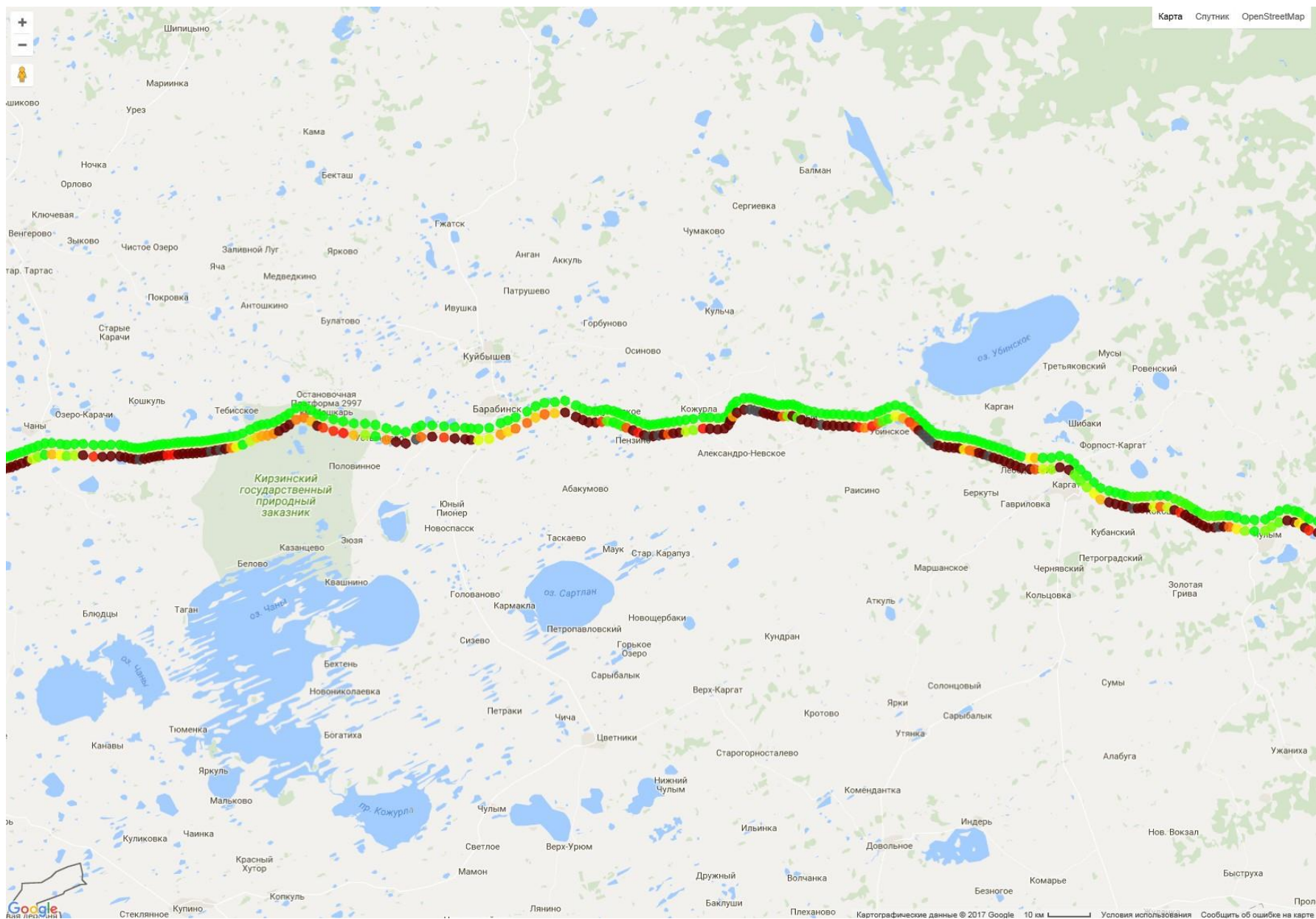


Рисунок 29 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 10

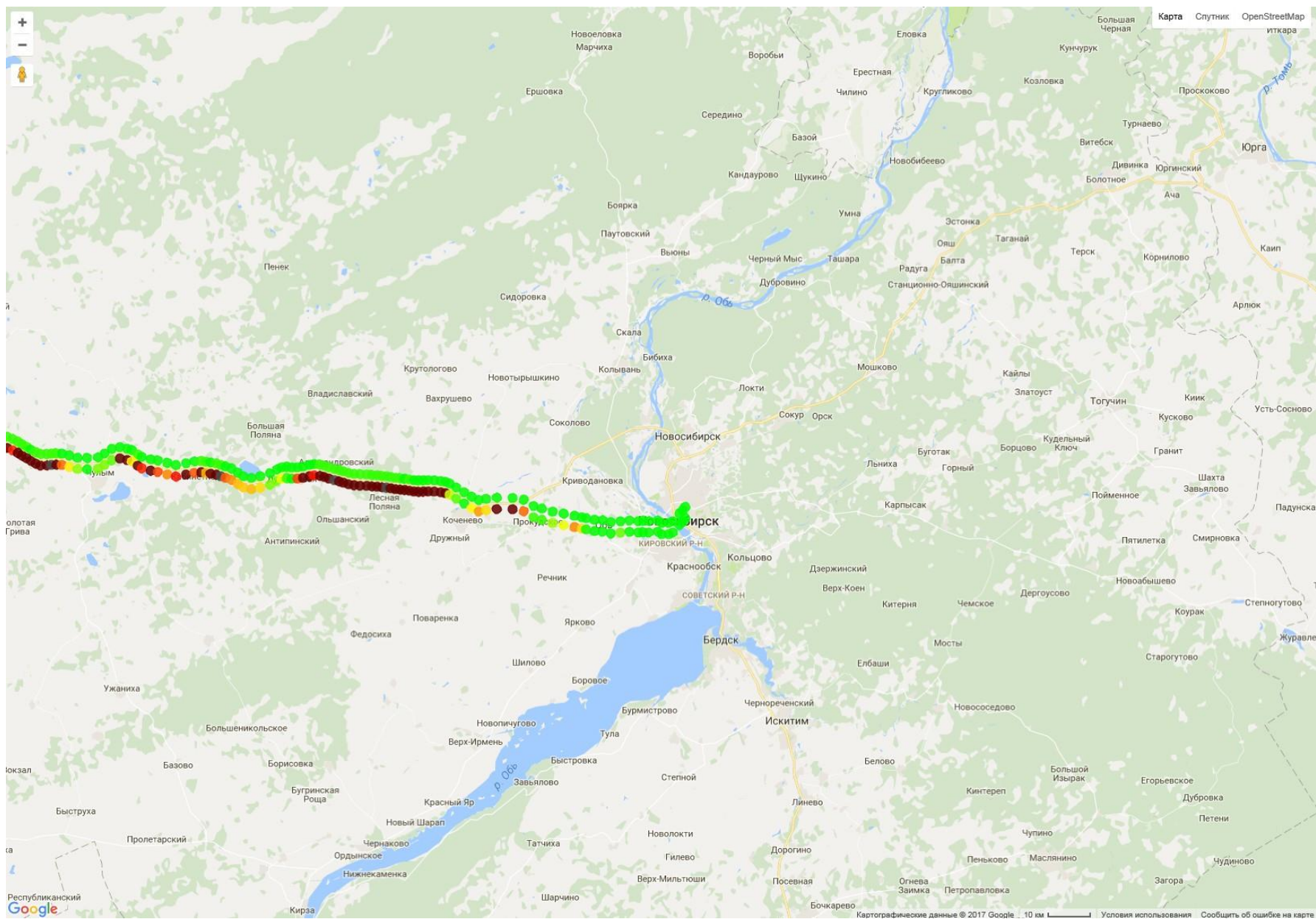


Рисунок 30 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 11

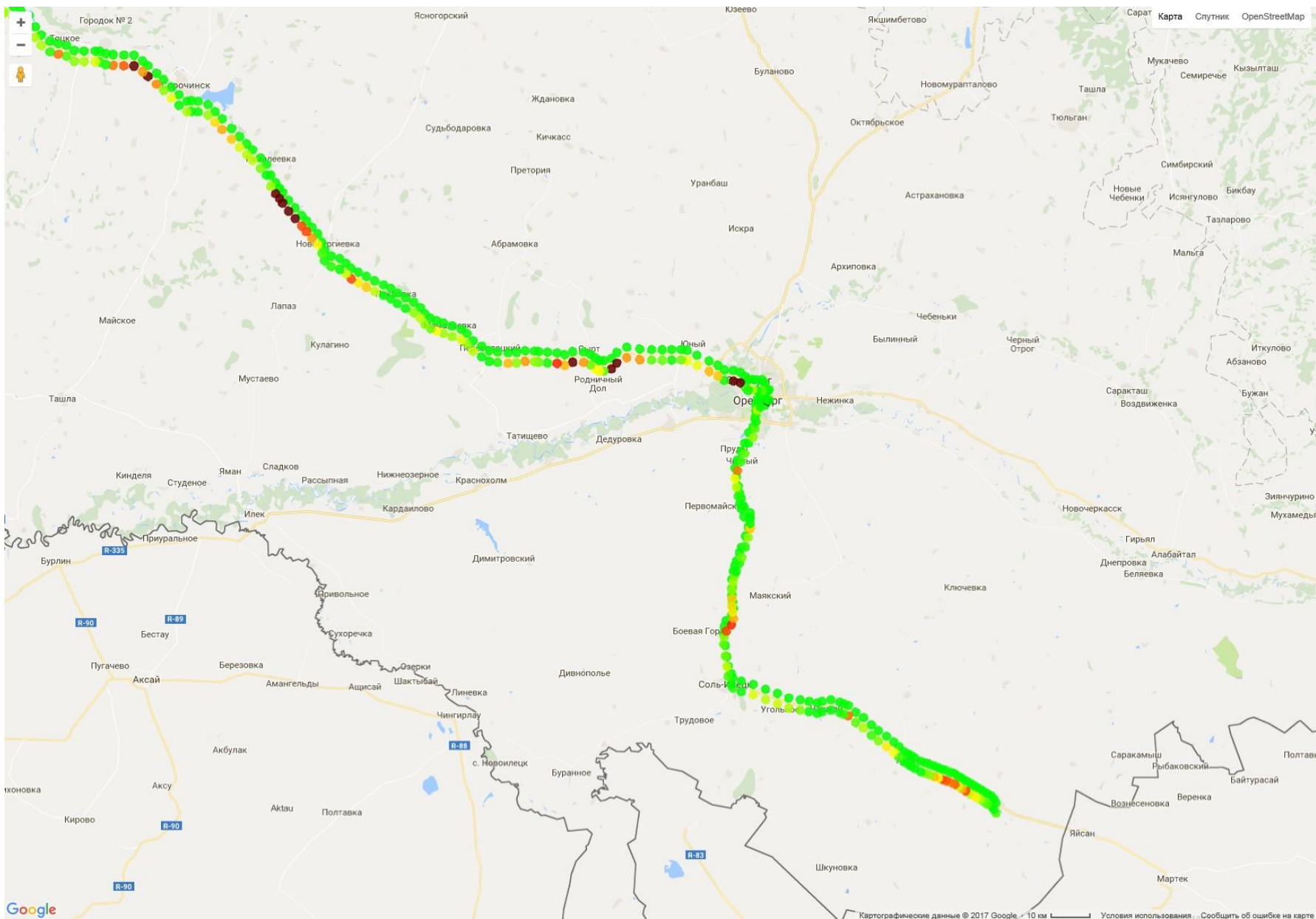


Рисунок 31 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 12

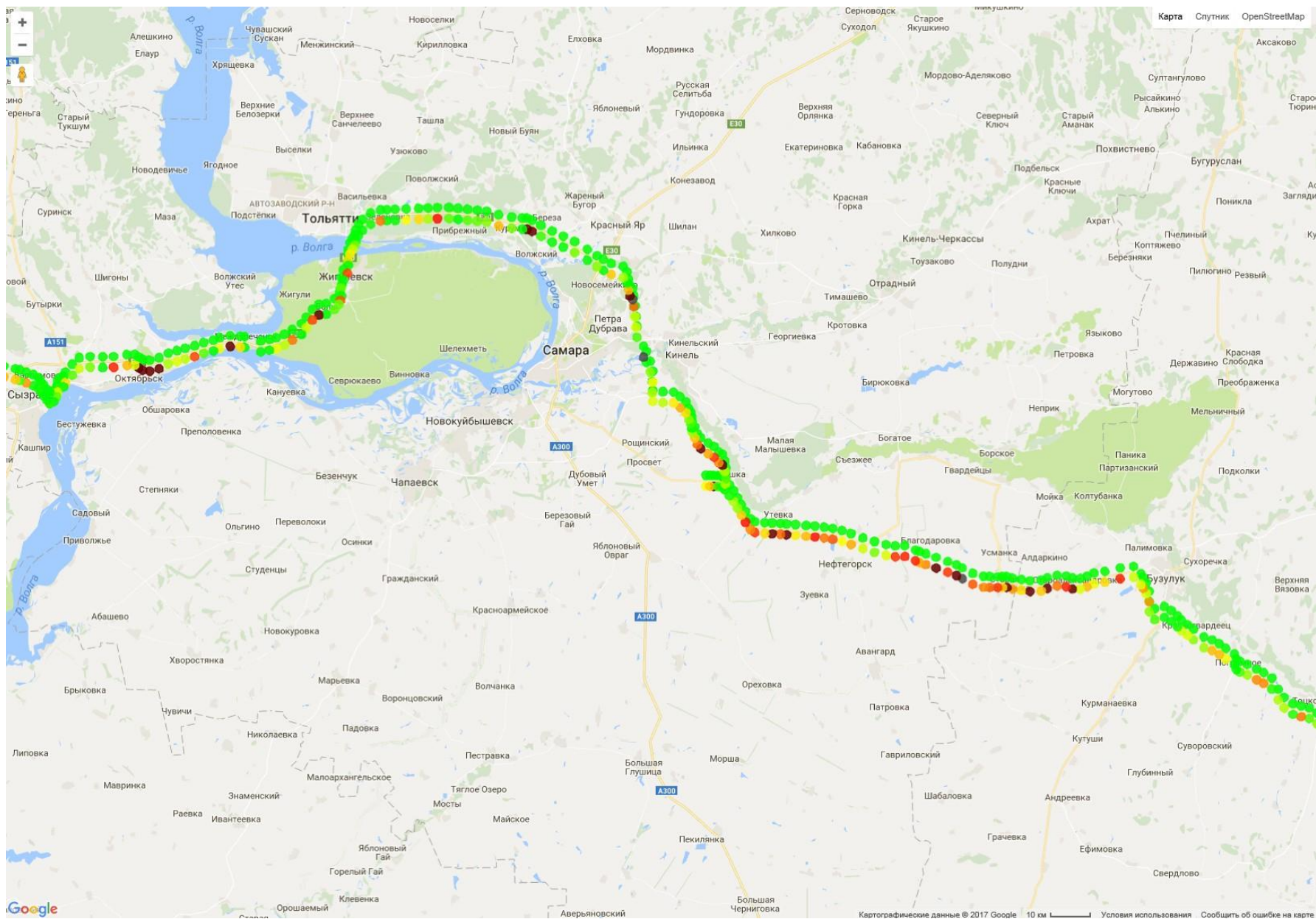


Рисунок 32 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 13

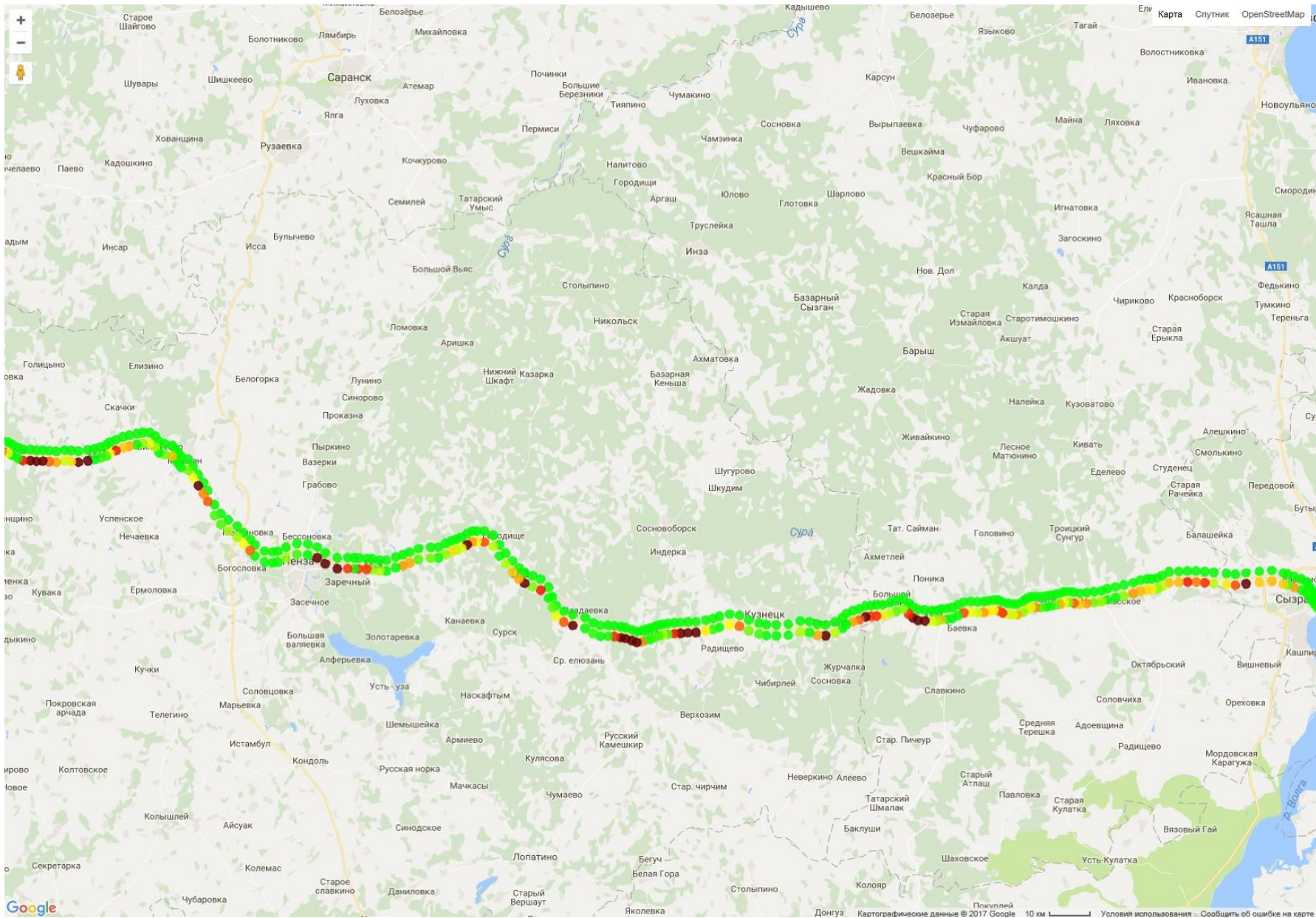


Рисунок 33 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 14

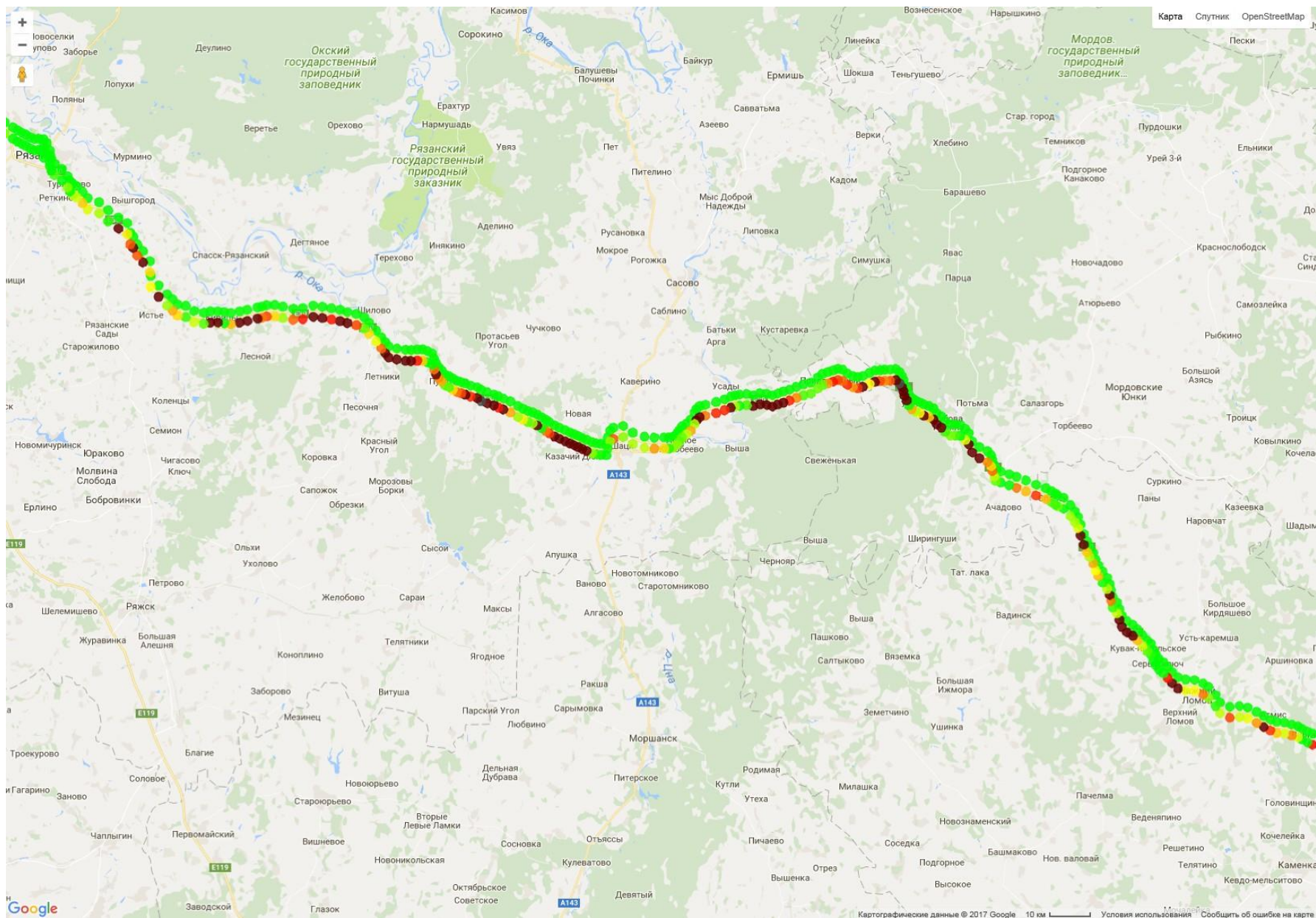


Рисунок 34 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 15

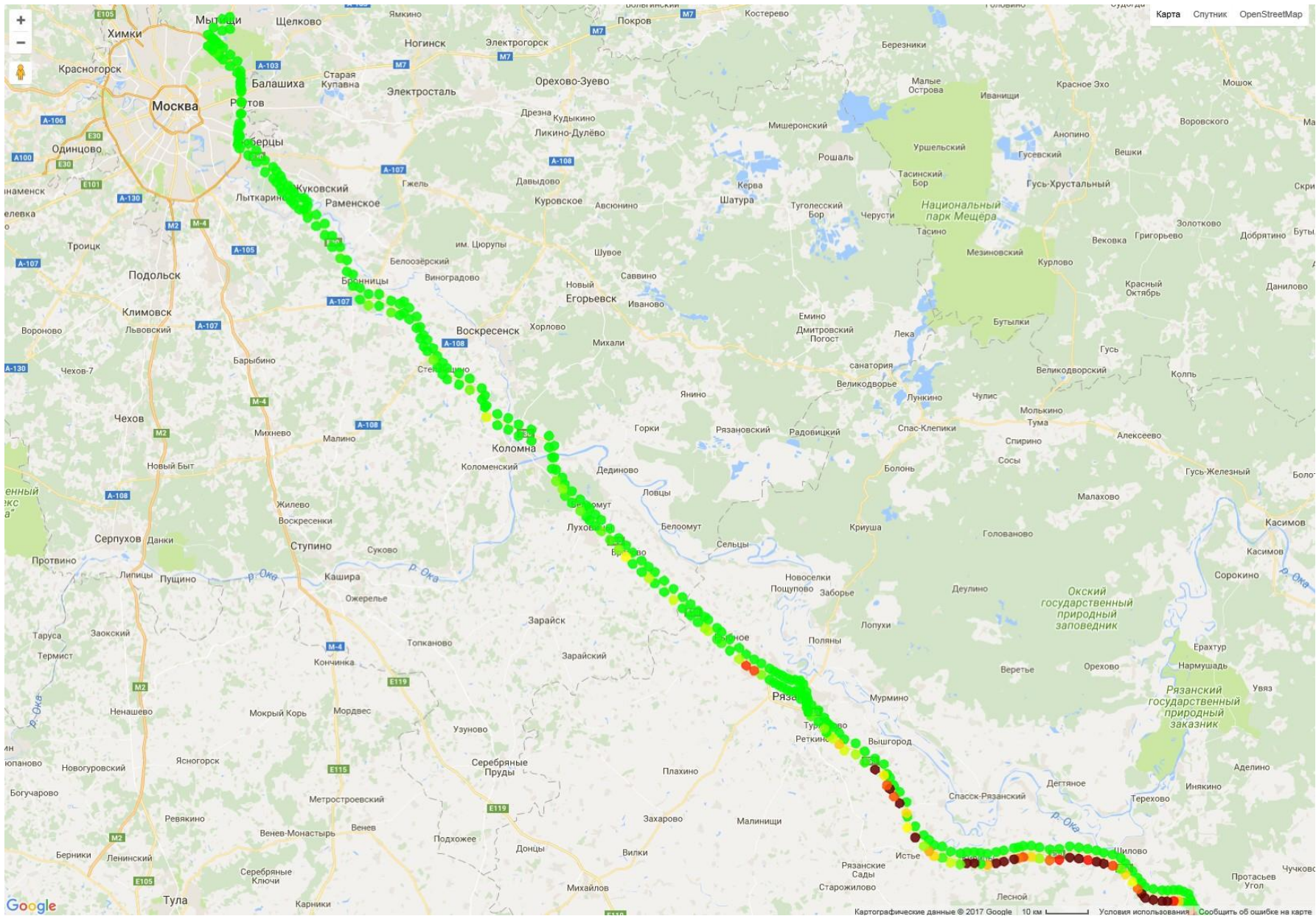


Рисунок 35 ПОКРЫТИЕ GSM/GPRS/3G. Все сотовые операторы. Фрагмент 16