



Дата: 28.10.2014

ПРОТОКОЛ № 10/2014
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.....	3
4 Определяемые показатели.....	4
5 Режимы испытаний.....	4
6 Результаты испытаний.....	4
6.1 Потребительские характеристики ГНСС.....	4
6.2 Работоспособность широкозонного функционального дополнения СДКМ.....	11
6.3 Покрытие сотовой связью в транспортном коридоре Север-Юг.....	13
Приложение 1. Обеспечение сотовой связью на участках транспортного коридора Север-Юг (все операторы, режимы GPRS и 3G).....	16
Приложение 2. Обеспечение сотовой связью на участках транспортного коридора Север-Юг (МТС, Билайн, Мегафон, режим GPRS).....	25
Приложение 3. Обеспечение сотовой связью на участках транспортного коридора Север-Юг (МТС, Билайн, Мегафон, режим 3G).....	34
Приложение 4. Схема подключения оборудования.....	43

1 ЦЕЛЬ ИСПЫТАНИЙ

1.1 Оценка потребительских характеристик ГНСС, контроль условий приема навигационных сигналов при движении по транспортному коридору Север – Юг (участок Москва - Сочи – Москва).

1.2 Исследование навигационной обстановки, получение сравнительных данных качества навигации по ГЛОНАСС, GPS, в совместном режиме ГЛОНАСС+GPS

1.3 Оценка доступности услуг дифференциальной навигации и использования относительных навигационных определений, реализации режима RTK.

1.4 Оценка помеховой обстановки в диапазоне радиочастот ГЛОНАСС/GPS.

1.5 Оценка качества навигационного обеспечения в транспортном коридоре Север-Юг в части покрытия сотовой связью для PPP и SiSnet СДКМ.

1.6 Проверка работоспособности широкозонного функционального дополнения СДКМ в зонах совместного действия с EGNOS.

1.7 Тип испытаний – плановый рейд по свободному маршруту.

2 ВРЕМЯ И МЕСТО ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

2.1 Испытания проводились с 23.10.2014 по 26.10.2014.

2.2 Место проведения испытаний – Московская, Тульская, Липецкая, Воронежская области, Краснодарский край (трасса М4).

3 СРЕДСТВА ПРОВЕДЕНИЯ ИСПЫТАНИЙ

3.1 Стационарный контрольный навигационный приемник - TRIMBLE NetR5 серийный номер 4711K05226, антенна Trimble - Zephyr II Geo серийный номер TRM41249.

3.2 Мобильный контрольный навигационный приемник основной – Javad Sigma (TRE_G3TH) серийный номер 00745, антенна GrAnt-G3T, серийный номер 01992.

3.3 Мобильный контрольный навигационный приемник резервный – NovAtel ProPak – V3 (H/W Rev. 5.01) серийный номер 01017629, антенна NovAtel GPS-702-GG (H/W Rev. 1.02), серийный номер 010117577.

3.4 Высокоинтегрированный модуль СН-5701, ТДЦК.468173.047-01 (ЗАО «КБ Навис», г.Москва), далее СН-5701 (2 шт).

3.5 Аппаратно-программный навигационный комплекс автомобильного транспорта автономный, зав.№ 9800013, ВАДП.468213.001 (ОАО «Российские космические системы»), далее – АПНК АТА.

3.6 3G SMART терминал Cinterion® EHS6T USB.

3.7 Данные наблюдений с референчных пунктов ex5e, ZWE2.

3.8 Схема подключения оборудования приведена в Приложении 4.

3.9 Методика проведения испытаний – в соответствии с эксплуатационной документацией МИДЛ (ГЮИД 469339.000)

3.10 Испытания проводились лабораторией 3010 Информационно-аналитического центра координатно-временного обеспечения ФГУП ЦНИИмаш (ИАЦ КВНО).

Контактная информация:

4 ОПРЕДЕЛЯЕМЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

4.1 Потребительские характеристики ГНСС:

- Количество видимых навигационных космических аппаратов (НКА) различных ГНСС
- геометрический фактор ухудшения точности PDOP

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

5 РЕЖИМЫ ИСПЫТАНИЙ

5.1 Перемещение по маршруту (рис.1): Москва - Сочи - Москва с записью:

- сырых измерений контрольных навигационных приемников,
- показаний СН-5701,
- показаний 3G терминала.

5.2 Определение локальных потребительских характеристик ГНСС на маршруте.

5.3 Расчет контрольных траекторий.

5.4 Расчет характеристик погрешности определения местоположения СН-5701 по сигналам различных ГНСС.

5.5 Расчет характеристик погрешности определения местоположения АПНК АТА при разных (дифференциальном и абсолютном) режимах навигации.

5.6 Определение зон покрытия сотовой связью в режимах GSM, GPRS, 3G транспортного коридора Север-Юг на участке Москва-Сочи.

6 РЕЗУЛЬТАТЫ ИСПЫТАНИЙ

6.1 Потребительские характеристики ГНСС

6.1.1 Маршрут движения при проведении испытаний

Испытания проводились при движении по участку Москва – Сочи транспортного коридора транспортного коридора Север–Юг в прямом (рис.1) и обратном направлении (рис.2).

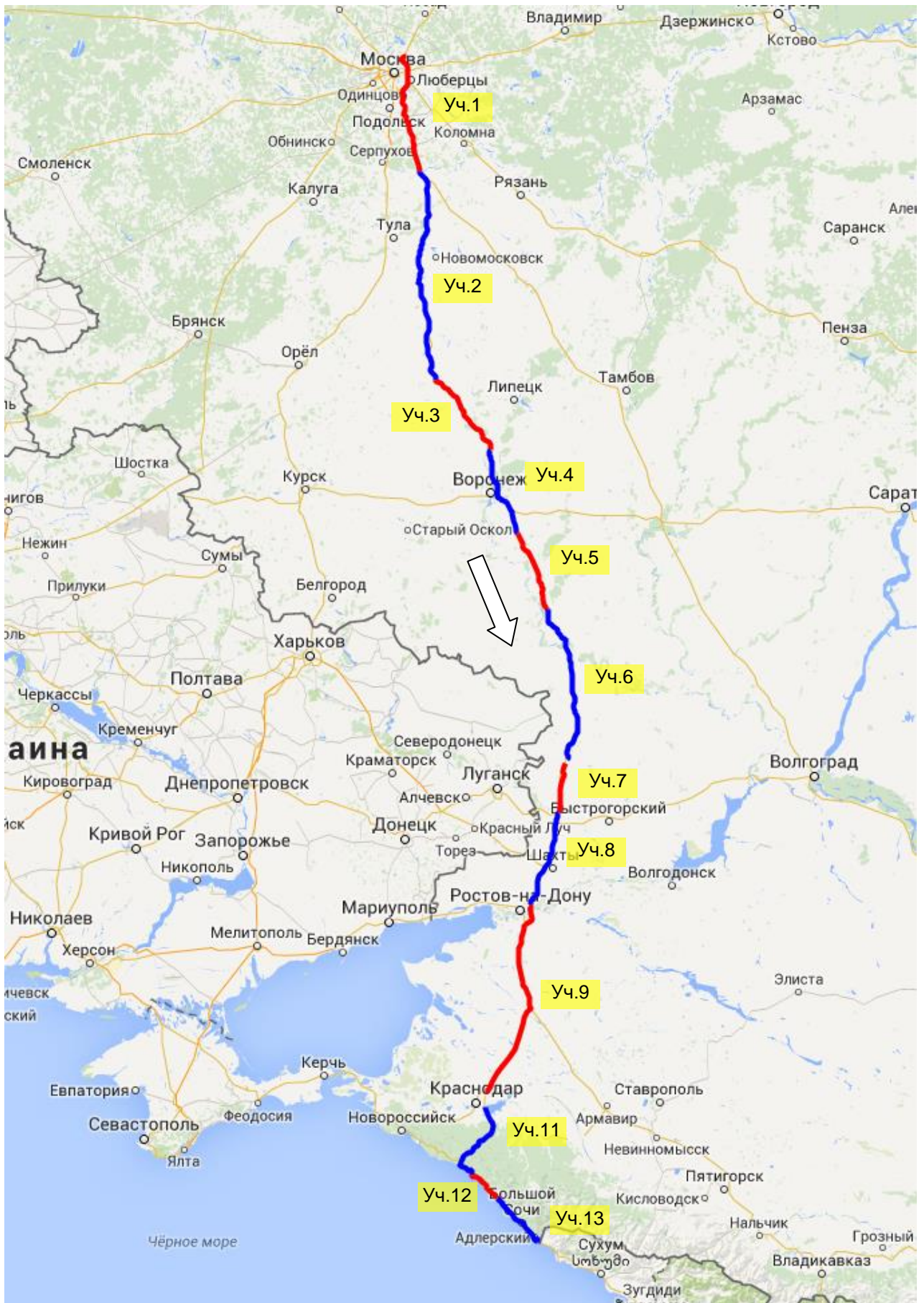


Рисунок 1 Маршрут проведения испытаний в прямом направлении

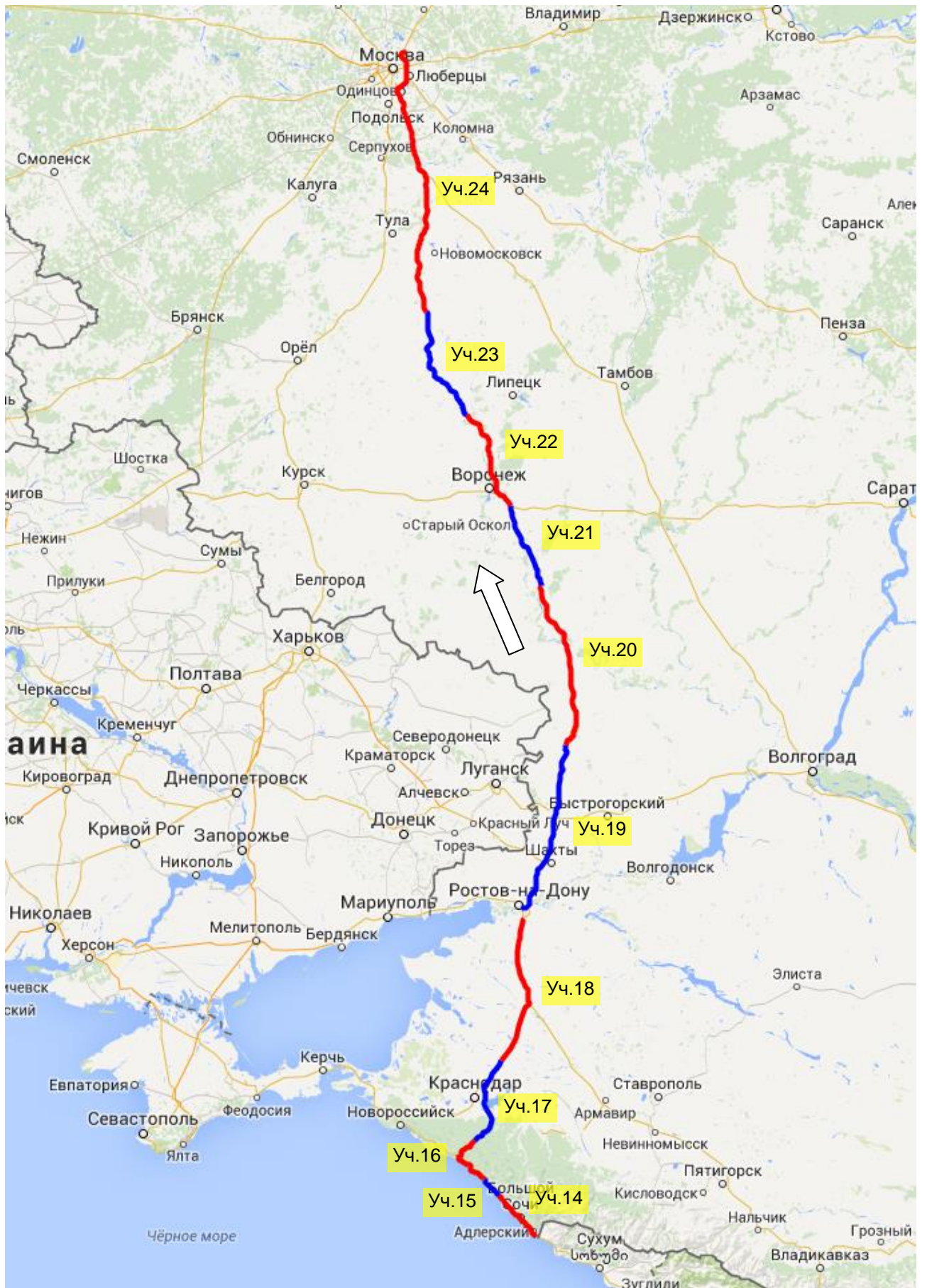


Рисунок 2 Маршрут проведения испытаний в обратном направлении

6.1.2 Оценка условий навигации по сигналам ГНСС

В качестве характеристик условий навигации по сигналам ГНСС приняты количество видимых НКА различных ГНСС и геометрический фактор PDOP. Оценка этих характеристик

проводилась по показаниям контрольного навигационного приемника Sigma. Результаты приведены на рисунках 3, 4.

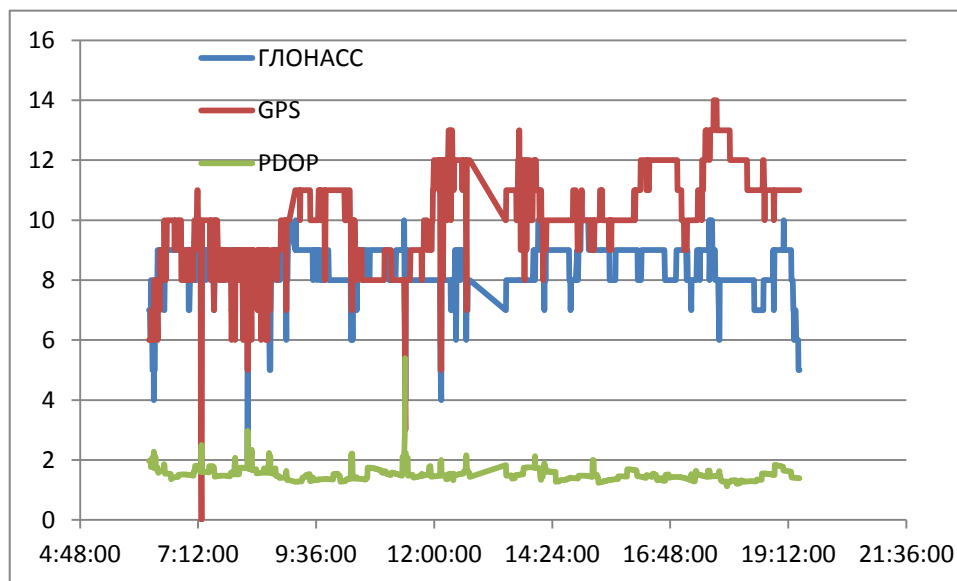


Рисунок 3 Количество видимых НКА и фактор PDOP при прохождении маршрута в прямом направлении в первый день пути

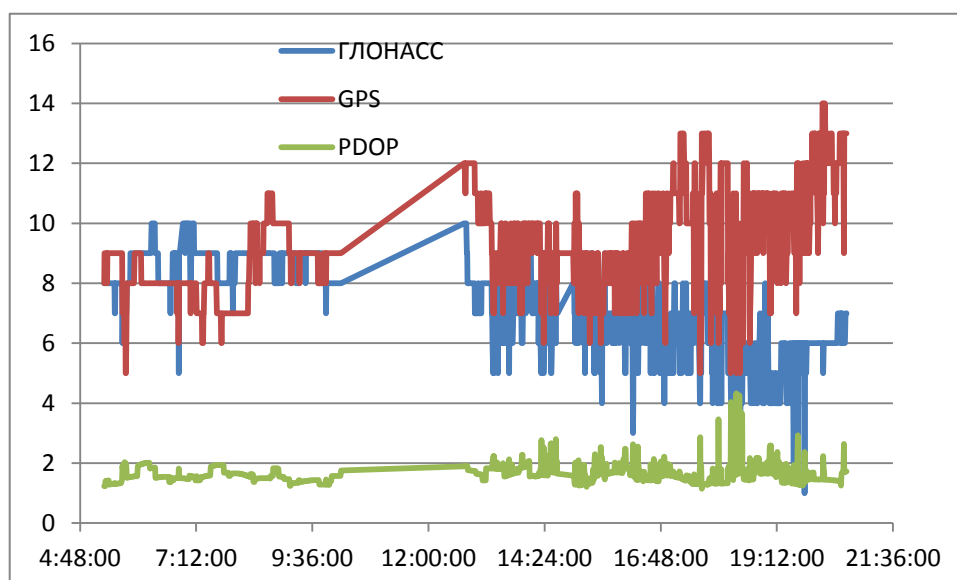


Рисунок 4 Количество видимых НКА и фактор PDOP при прохождении маршрута в прямом направлении во второй день пути

Таблица 1. Средние значения количества видимых НКА и фактора PDOP

	Маршрут в Сочи в первый день пути	Маршрут в Сочи во второй день пути
НКА ГЛОНАСС	8.4	7.3
НКА GPS	10.3	9.3
PDOP	1.52	1.60

6.1.2.1 Оценка точности позиционирования НАП по сигналам ГНСС

Оценка точности позиционирования НАП проводилась путем сравнения показаний НАП СН-5701 с контрольной траекторией, построенной при постобработке методом относительной привязки по показаниям контрольного навигационного приемника Sigma и

данных референсных пунктов.

Для сравнительной оценки точности позиционирования НАП по различным ГНСС маршрут был разбит на участки - в прямом направлении с 1 по 13, в обратном – с 14 по 24. При движении по участкам маршрута НАП циклически переключался на следующие режимы работы:

- только по сигналам GPS;
- только по сигналам ГЛОНАСС;
- по сигналам ГЛОНАСС и GPS.

Режимы работы СН-5701 на участках маршрута приведены в Таблице 2.

Таблица 2. Режимы работы СН-5701 на участках маршрута

Направление движения	Номер участка	Режим МНП-М7
Москва - Сочи	1	ГЛОНАСС+GPS
	2	GPS
	3	ГЛОНАСС
	4	ГЛОНАСС+GPS
	5	GPS
	6	ГЛОНАСС
	7	ГЛОНАСС+GPS
	8	GPS
	9	ГЛОНАСС
	10	ГЛОНАСС+GPS
	11	ГЛОНАСС+GPS
	12	GPS
	13	ГЛОНАСС
Сочи - Москва	14	ГЛОНАСС+GPS
	15	GPS
	16	ГЛОНАСС
	17	ГЛОНАСС+GPS
	18	GPS
	19	ГЛОНАСС
	20	ГЛОНАСС+GPS
	21	GPS
	22	ГЛОНАСС
	23	ГЛОНАСС+GPS
	24	GPS

Количественные характеристики точности позиционирования НАП на маршруте при работе по сигналам различных ГНСС приведены в Таблице 3.

Таблица 3 Характеристики точности позиционирования НАП Навис при работе по сигналам различных ГНСС

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во удавшихся 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		
Режим - ГЛОНАСС										
3	11.59	10.75	16.77	19.62	2.92	3.01	4.25	5.23	3 858	1.63
6	9.44	8.92	15.16	18.11	5.69	4.86	8.47	9.11	7 869	1.74
9	9.06	7.11	15.55	24.08	3.75	3.08	5.95	9.68	6 953	1.76
13	13.86	8.71	19.18	93.08	4.88	3.94	7.54	18.57	10 354	2.34
16	14.08	13.97	19.84	26.97	2.87	1.91	5.35	10.31	5 707	2.36
19	12.15	11.99	14.43	15.98	2.81	2.58	3.13	6.63	341	1.87
22	9.99	9.07	16.67	19.22	2.17	2.07	3.58	4.49	4 406	1.70
Итого	11.50	9.50	17.28	40.35	4.04	3.37	6.33	10.95	39 488	1.98
Режим - GPS										
2	9.05	8.49	13.73	16.54	2.84	1.88	6.88	13.15	2 479	1.69
5	10.37	10.52	12.53	14.85	0.66	0.50	1.17	1.91	5 491	1.52
8	7.13	6.93	9.76	11.82	2.93	2.89	3.83	3.90	428	1.76
12	13.96	13.19	19.30	25.20	2.11	1.21	4.37	8.91	6 458	1.83
15	9.28	8.07	14.94	19.27	1.98	1.46	3.23	10.44	4 596	1.89
18	7.81	7.31	12.15	14.18	2.27	2.13	3.09	3.82	7 390	1.50
21	6.98	6.04	10.94	14.03	2.09	1.53	3.49	3.82	3 545	1.58
24	8.95	8.18	14.36	20.00	2.01	1.72	3.22	5.28	10 226	1.38
Итого	9.58	8.94	14.18	18.17	1.95	1.52	3.36	6.06	40 613	1.59
Режим - ГЛОНАСС+GPS										
1	6.23	5.98	8.81	11.89	2.07	2.02	2.81	3.69	7 765	1.19
4	12.01	11.84	15.47	20.04	1.95	1.59	2.99	5.21	5 060	1.06
7	5.02	3.46	9.37	12.91	1.90	1.81	2.77	2.90	2 288	1.04
11	12.84	12.60	16.49	23.53	1.41	1.11	2.68	3.85	6 527	1.32
14	7.24	6.53	11.58	15.34	2.01	1.54	2.99	7.85	4 073	1.27

17	12.50	12.28	15.67	17.69	2.09	1.92	3.08	5.10	6 374	1.11
20	7.34	5.21	13.69	22.74	4.46	3.26	7.04	11.84	7 866	1.07
23	9.73	9.43	13.66	15.99	1.18	1.02	2.00	2.91	3 073	1.04
Итого	9.33	8.63	13.31	18.13	2.32	1.92	3.58	5.89	43 026	1.15

6.2 Работоспособность широкозонного функционального дополнения СДКМ

6.2.1 Проверка работоспособность широкозонного функционального дополнения СДКМ проводилась с использованием автономного аппаратно-программного навигационного комплекса автомобильного транспорта (АПНК АТА), предоставленного ОАО «Российские космические системы».

6.2.2 При прохождении маршрута Москва-Сочи комплекс работал в дифференциальном режиме навигации, получая корректирующую информацию от сервера РКС. При прохождении этого маршрута в обратном направлении комплекс был переведен в автономный режим работы.

6.2.3 Характеристики точности позиционирования комплекса в дифференциальном и автономном режиме были получены путем сравнения соответствующих треков с контрольной траекторией, построенной средствами МИДЛ. Результаты приведены в таблице 4.

6.2.4 Анализ полученных данных показывает, что при получении корректирующей информации наблюдается улучшение точности позиционирования по высоте. Так предельная погрешность по уровню вероятности 0.95 определения координат при переходе в дифрежим уменьшилась с 14.49 м до 6.06 м. Заметного изменения точности позиционирования в плане по уровню вероятности 0.95 не наблюдается. При этом приблизительно в 2 раза уменьшается ошибка в плане по уровням вероятности 0.5 и 0.997, а также среднеквадратическая погрешность. Следует отметить, что испытываемый образец продемонстрировал неустойчивую работу, часто выходя из режима навигации. Результаты, полученные на участках трассы, имеют большой разброс. Для получения более достоверных данных желательно повторить испытания с устойчиво работающей аппаратурой.

Таблица 4. Характеристики точности позиционирования АПНК АТА

Участок	По высоте, м				В плане, м				Кол-во удавшихся 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		
Дифф. режим										
2	3.45	2.52	5.14	7.06	1.27	1.26	1.67	2.04	256	2.30
3	2.83	0.40	10.43	13.03	2.42	1.87	5.06	8.31	188	2.20
6	0.27	0.20	0.54	0.63	0.95	0.95	1.09	1.13	159	2.00
7	1.12	0.83	1.99	3.24	1.15	0.77	2.30	3.95	1 959	2.16
11	3.57	0.82	9.12	12.47	3.35	0.85	9.09	14.55	1 749	3.46
13	6.84	2.68	15.80	33.13	4.02	1.76	9.49	17.38	299	2.60
Итого	2.59	1.00	6.06	9.20	2.22	0.94	5.38	8.82	4 610	2.69
Абсолютный режим										
14	9.61	9.64	11.13	11.29	6.61	4.36	10.98	19.30	798	3.65
15	9.28	9.07	10.59	28.41	3.34	1.37	4.36	21.61	117	2.44
16	15.74	13.83	27.14	49.22	10.42	2.43	22.17	59.49	783	4.70
17	13.27	12.39	18.71	24.20	2.66	2.42	3.99	5.99	6 349	1.82
18	8.54	7.89	11.86	19.51	3.00	1.91	4.88	13.79	7 338	2.28
20	9.96	5.69	19.12	19.70	5.56	2.64	11.86	12.28	1 498	2.18
21	7.01	6.87	9.74	12.94	3.71	2.45	5.75	19.72	3 287	2.23
22	11.30	10.05	16.69	27.66	2.73	1.78	4.27	15.73	4 494	1.98
23	9.12	9.20	10.51	15.36	1.35	1.03	2.21	3.46	2 996	1.75
24	13.16	8.53	9.88	107.31	9.07	0.69	1.43	95.17	768	2.00
Итого	10.35	9.38	14.49	23.65	3.40	2.06	5.32	15.52	28 428	2.16

6.3 Покрытие сотовой связью в транспортном коридоре Север-Юг

6.3.1 Для оценки доступности услуг сотовой связи для реализации методов PPP и SiSnet СДКМ в транспортном коридоре Север-Юг 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.

6.3.2 В процессе движения по маршруту Москва-Сочи-Москва 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 навигационного приемника CH-5701.

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

6.3.4 В таблице 5 перечислены сотовые операторы, сигнал от базовых станций которых зарегистрирован МИДЛ в процессе проведения испытаний (идентификация с соответствии с [Network Codes List](#)).

Таблица 5 Сотовые операторы на участке Москва-Сочи

PLMN-код оператора	Оператор сотовой связи
25001	МТС
25099	Билайн
25002	Мегафон
25039	Ростелеком (Uraltel)
25020	Теле2
25501	UMC, Ukraine
25506	Astelit, Ukraine
25503	Kyivstar, Ukraine
28601	Turkcell, Turkey
28602	Telsim (Vodafone), Turkey
28603	Aria, Turkey
28988	
28967	

6.3.5 Анализ показал, что на исследованной трассе зона покрытия GPRS практически совпадает с зоной покрытия GSM. Другими словами, везде, где есть сотовая связь, возможна пакетная передача данных с использованием технологии GPRS. Обобщенные результаты доступности сотовой связи в режиме GPRS на участках трассы представлены в таблице 6 и на рисунке 5.

Таблица 6 Покрытие участков трассы Москва- Сочи сотовой связью в режиме GPRS

Оператор	Участок трассы								Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	
МТС	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Билайн	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Мегафон	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
Прочие	32%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	93%
Все	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%

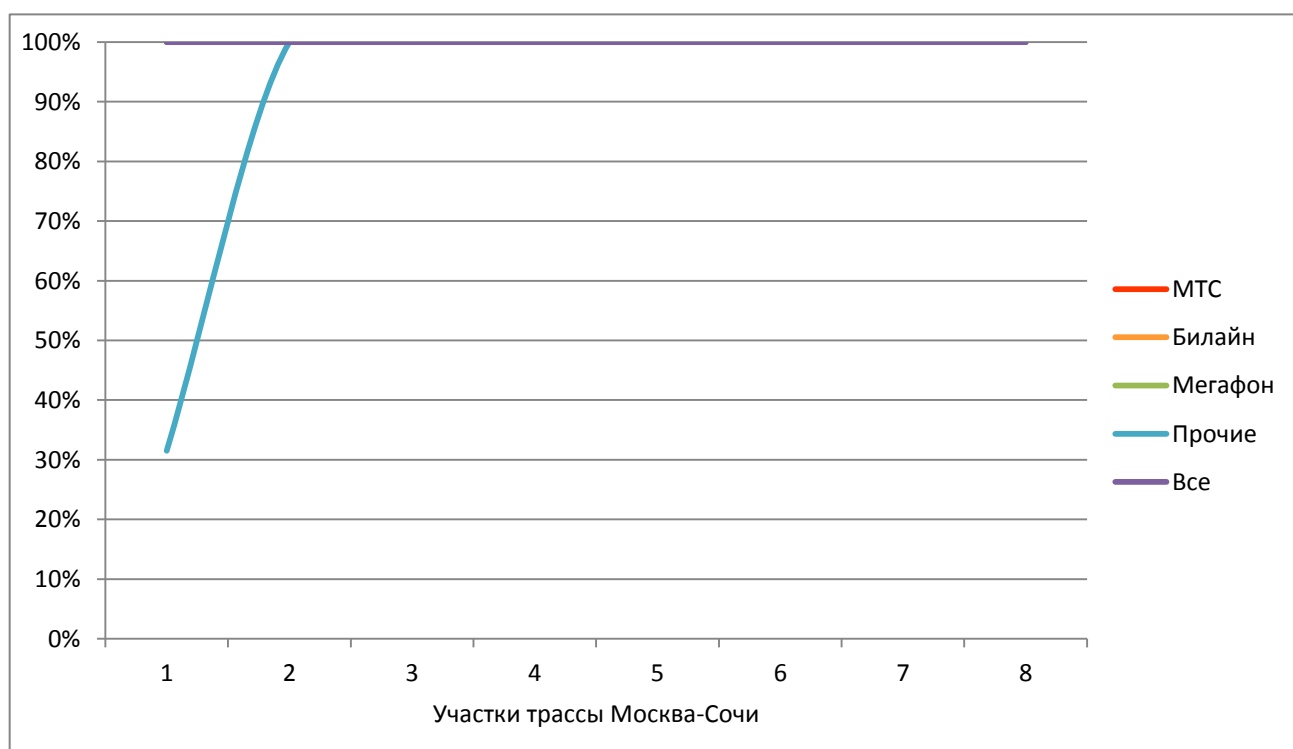


Рисунок 5 Покрытие участков трассы Москва- Сочи сотовой связью в режиме GPRS

6.3.6 Обобщенные результаты доступности сотовой связи в режиме 3G на участках трассы представлены в таблице 7 и на рисунке 6.

Таблица 7 Покрытие участков трассы Москва- Сочи сотовой связью в режиме 3G

Оператор	Участок трассы								Итого
	1	2	3	4	5	6	7	8	
МТС	89%	72%	71%	61%	58%	78%	85%	79%	75%
Билайн	92%	96%	84%	62%	94%	92%	90%	53%	77%
Мегафон	89%	80%	69%	40%	49%	78%	81%	63%	66%
Прочие	16%	0%	0%	0%	0%	0%	15%	11%	6%
Все	97%	97%	94%	78%	94%	94%	96%	87%	91%

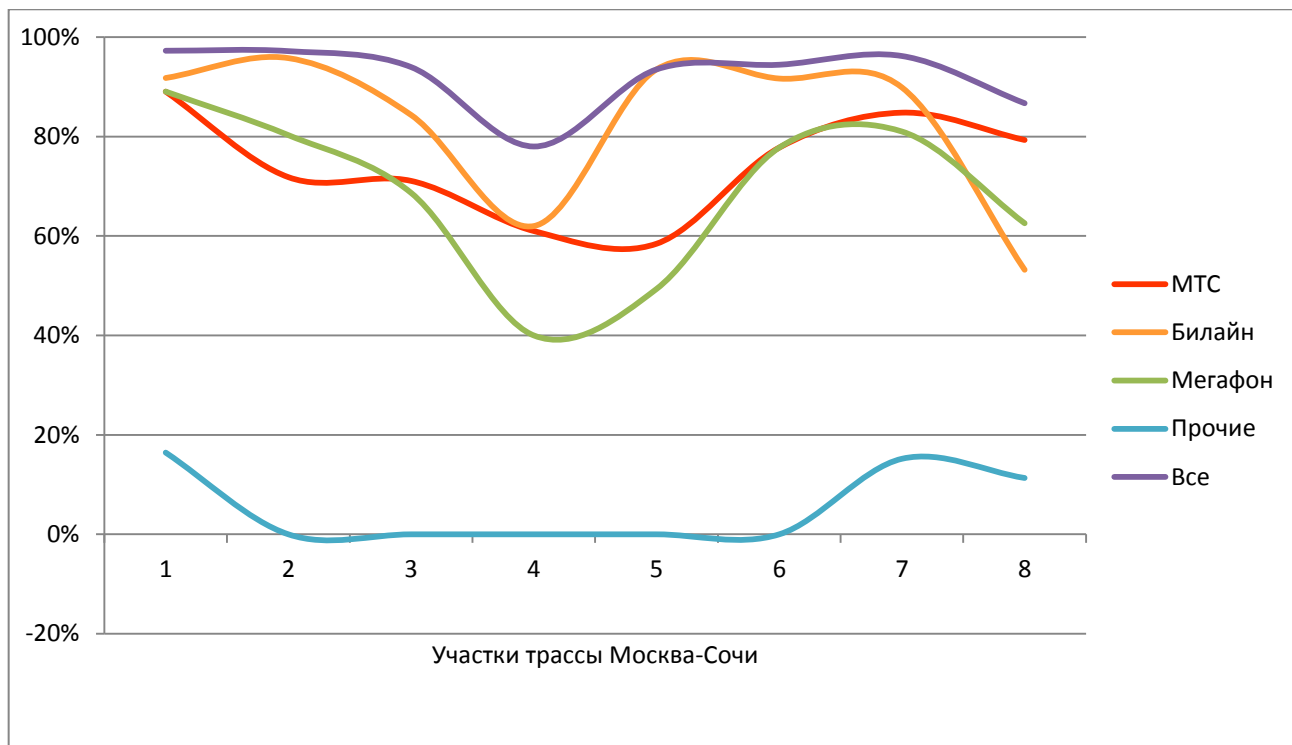


Рисунок 6 Покрытие участков трассы Москва- Сочи сотовой связью в режиме 3G

6.3.7 Более детально покрытие участков трассы Москва-Сочи сотовой связью в режимах GPRS и 3G приведено в Приложениях 1, 2, 3.

Протокол подготовили:
 гл. специалист лаб.3010
 ведущий инженер лаб.3010

В.Л. Лапшин
 Э.А. Соколова

Приложение 1. Обеспечение сотовой связью на участках транспортного коридора Север-Юг (все операторы, режимы GPRS и 3G)

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, параллельных маршруту. Левее – линия, соответствующая режиму **GPRS**. Правее - линия, соответствующая режиму **3G**.

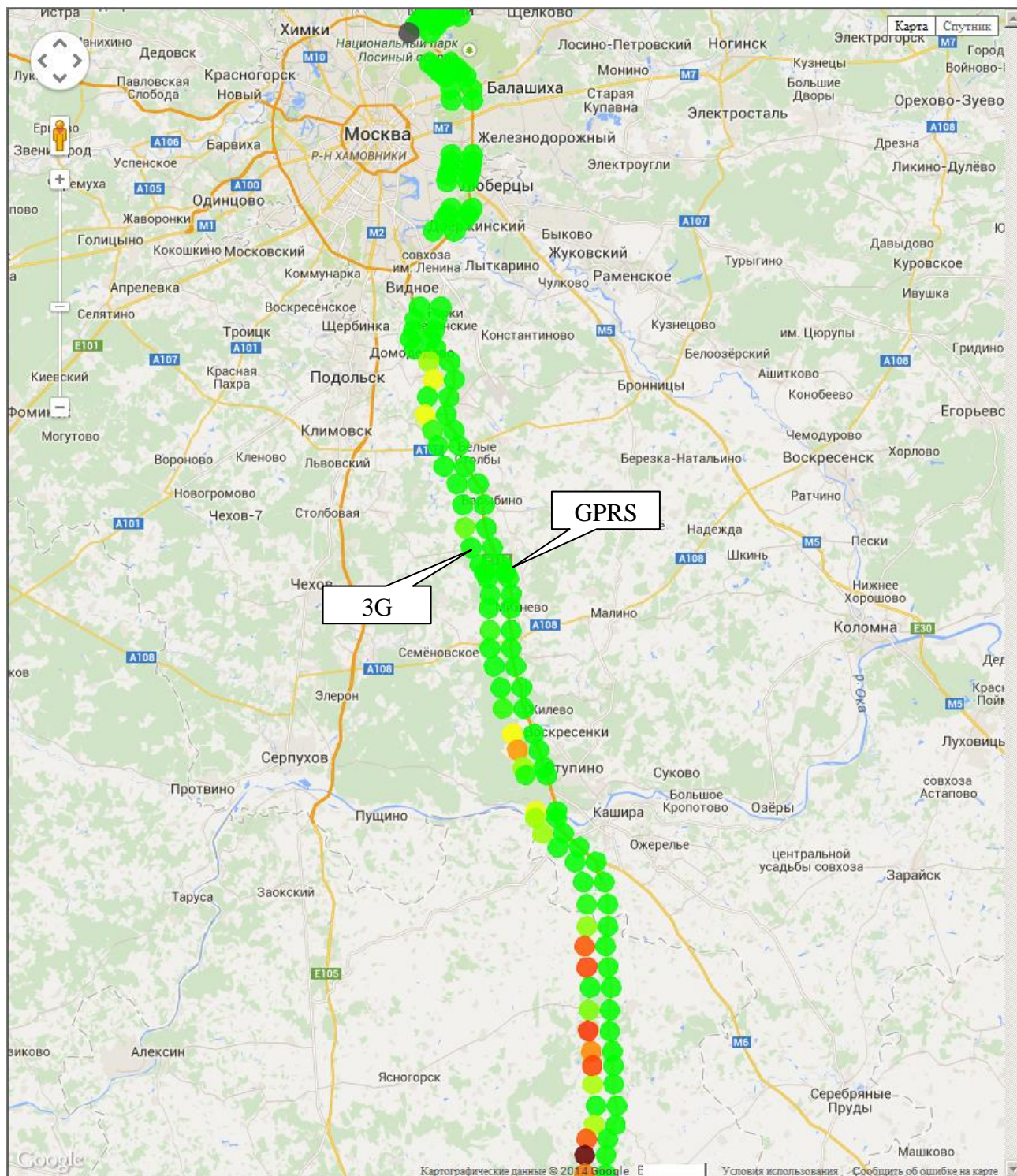


Рисунок 7 Участок 1. Все сотовые операторы

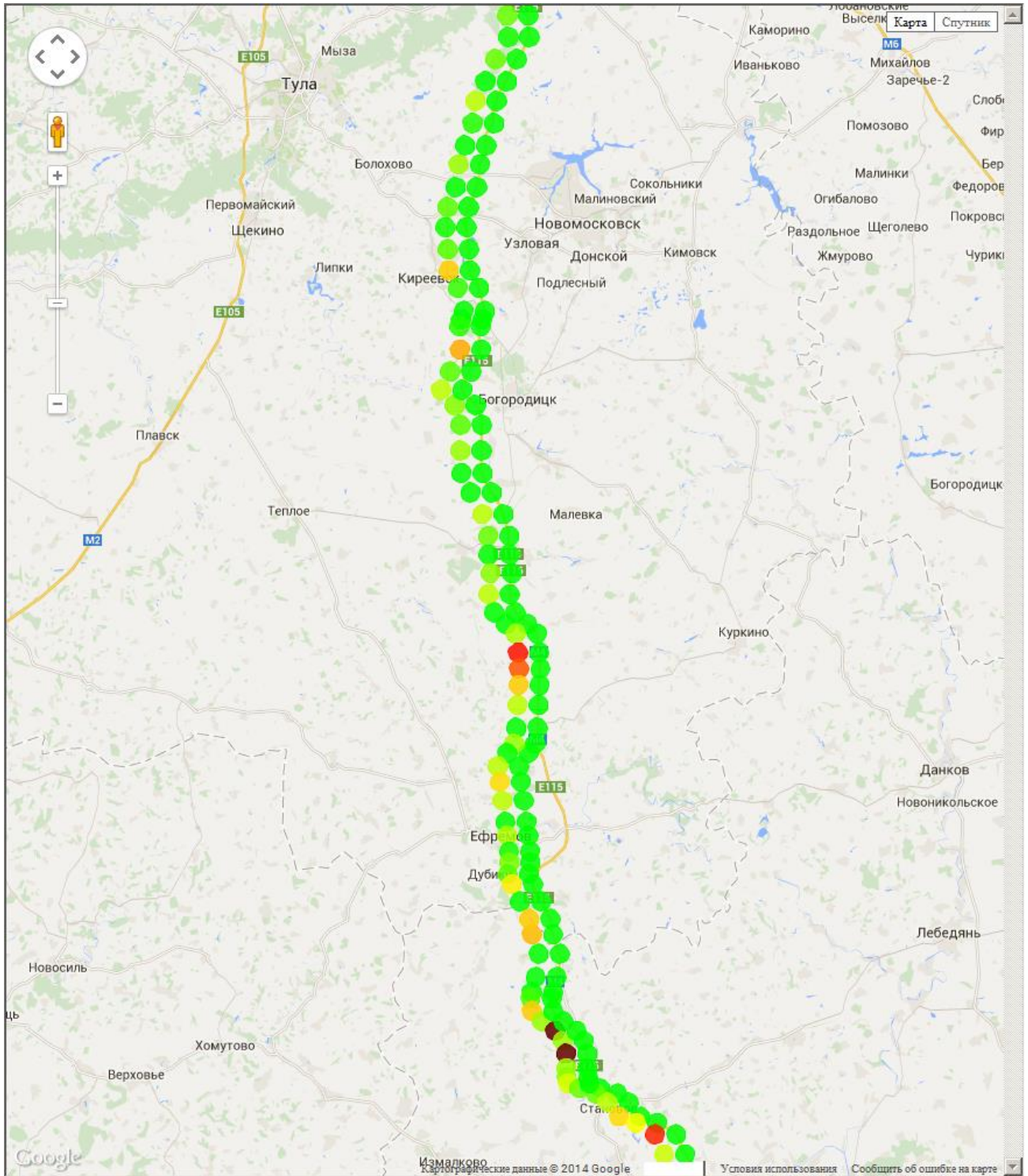


Рисунок 8 Участок 2. Все сотовые операторы

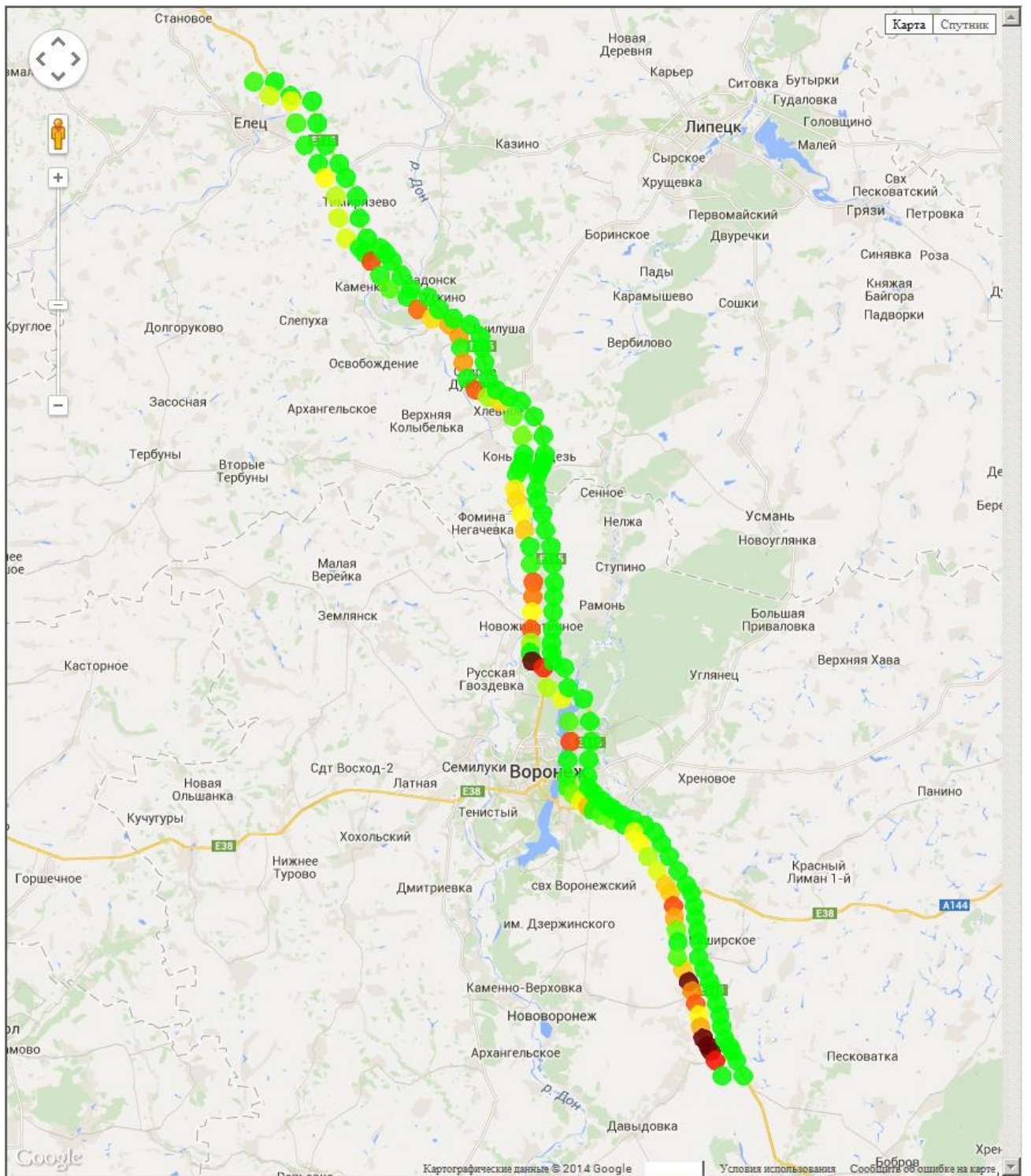


Рисунок 9 Участок 3. Все сотовые операторы

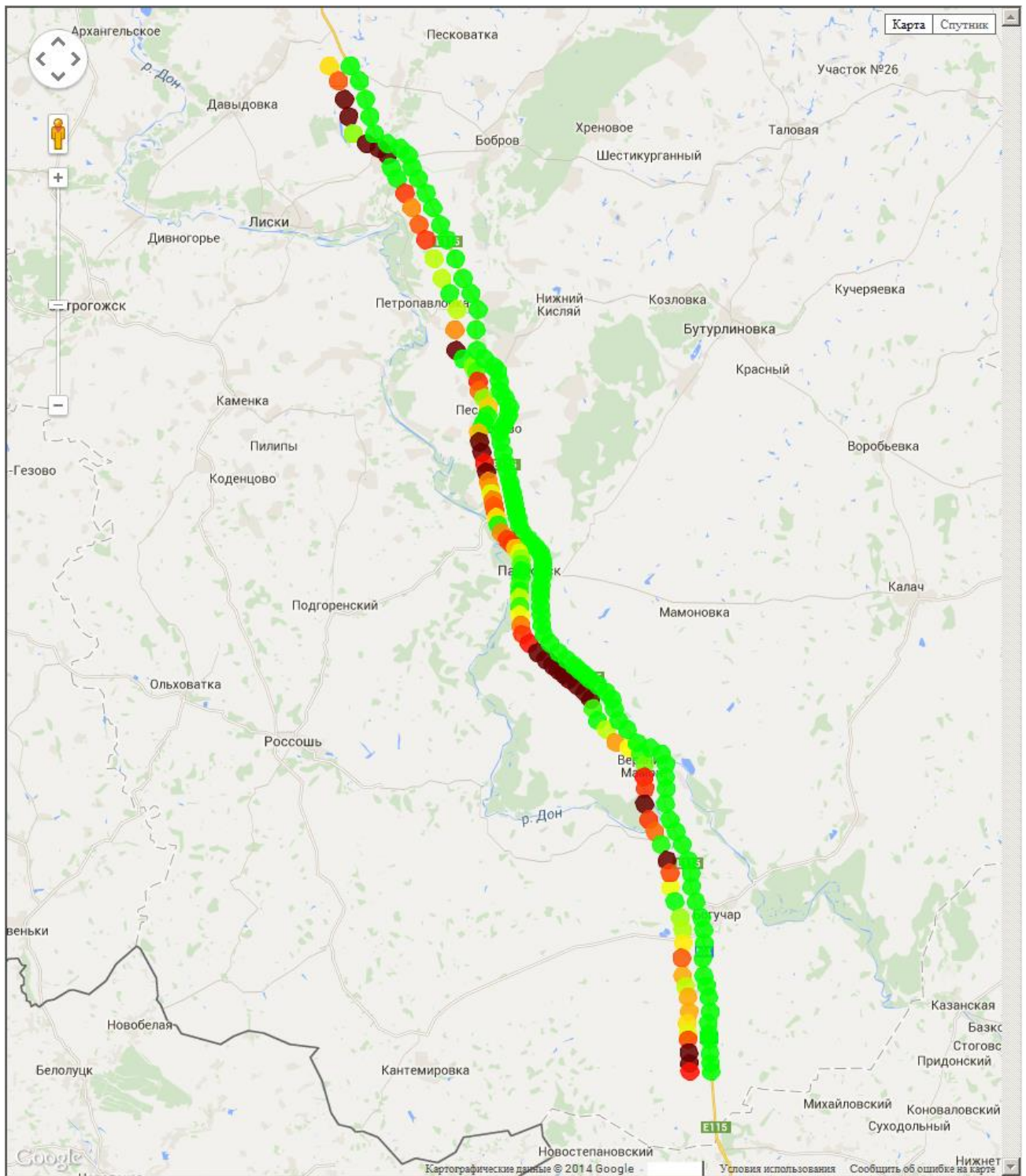


Рисунок 10 Участок 4. Все сотовые операторы

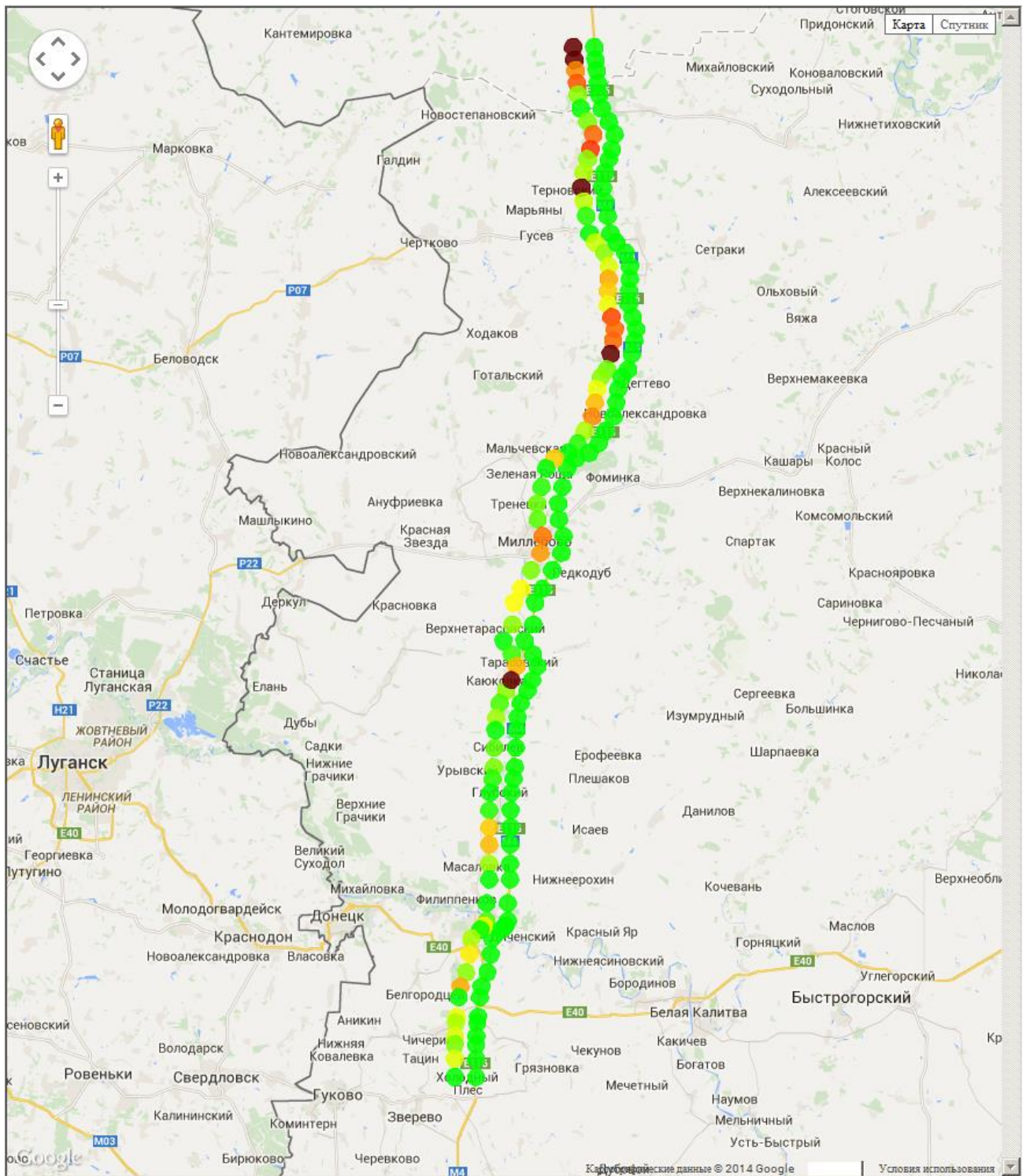


Рисунок 11 Участок 5. Все сотовые операторы

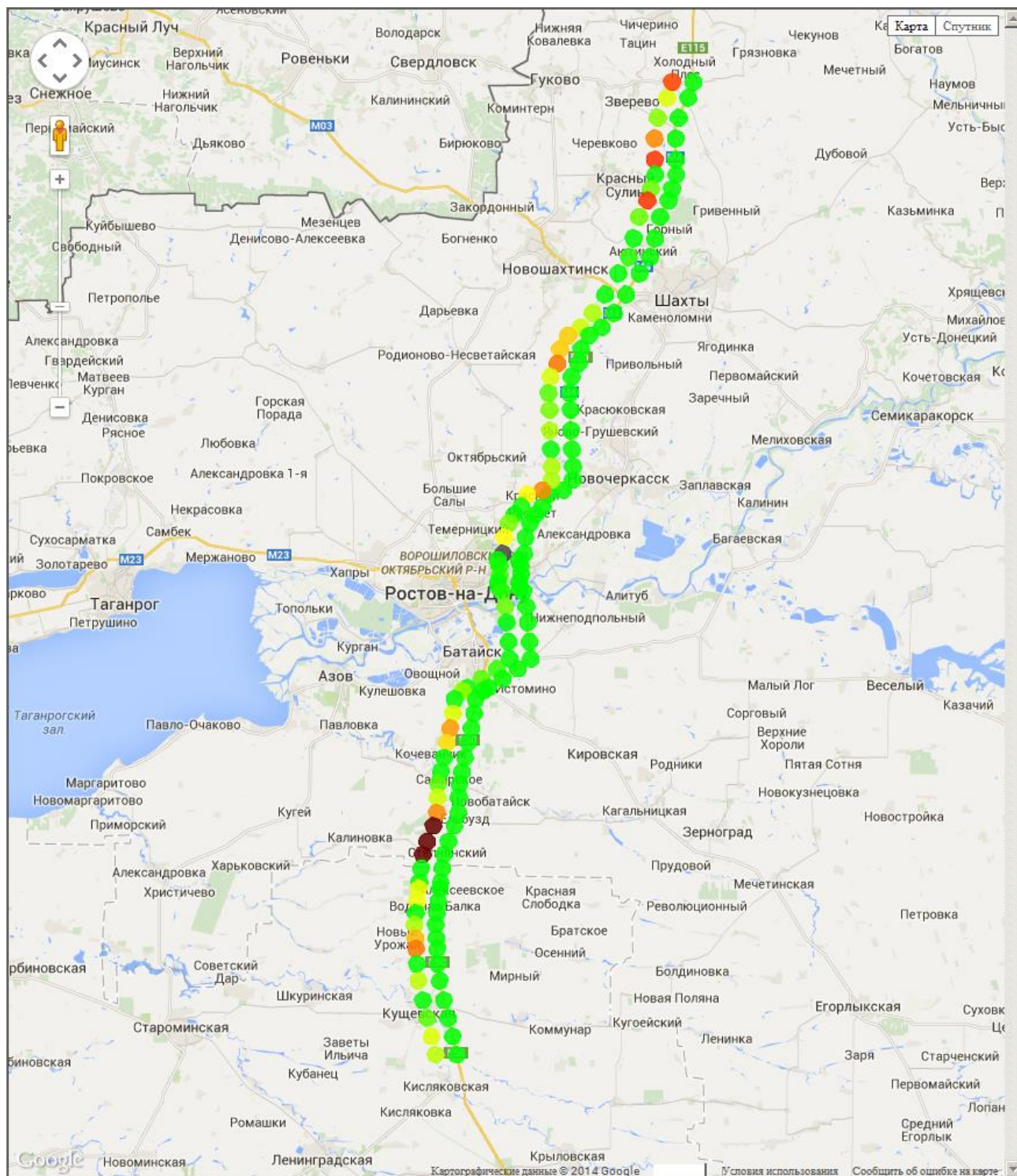


Рисунок 12 Участок 6. Все сотовые операторы

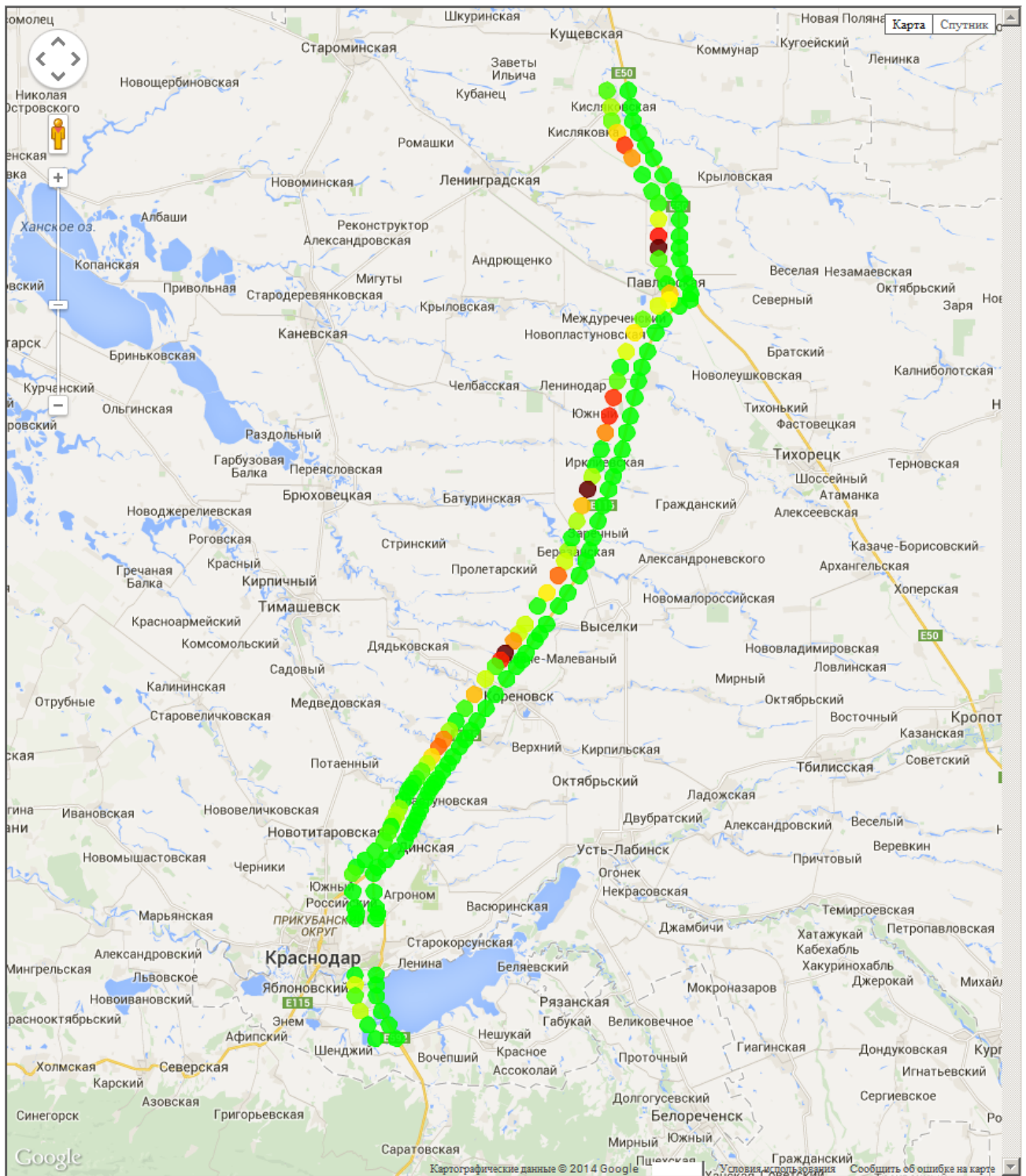


Рисунок 13 Участок 7. Все сотовые операторы

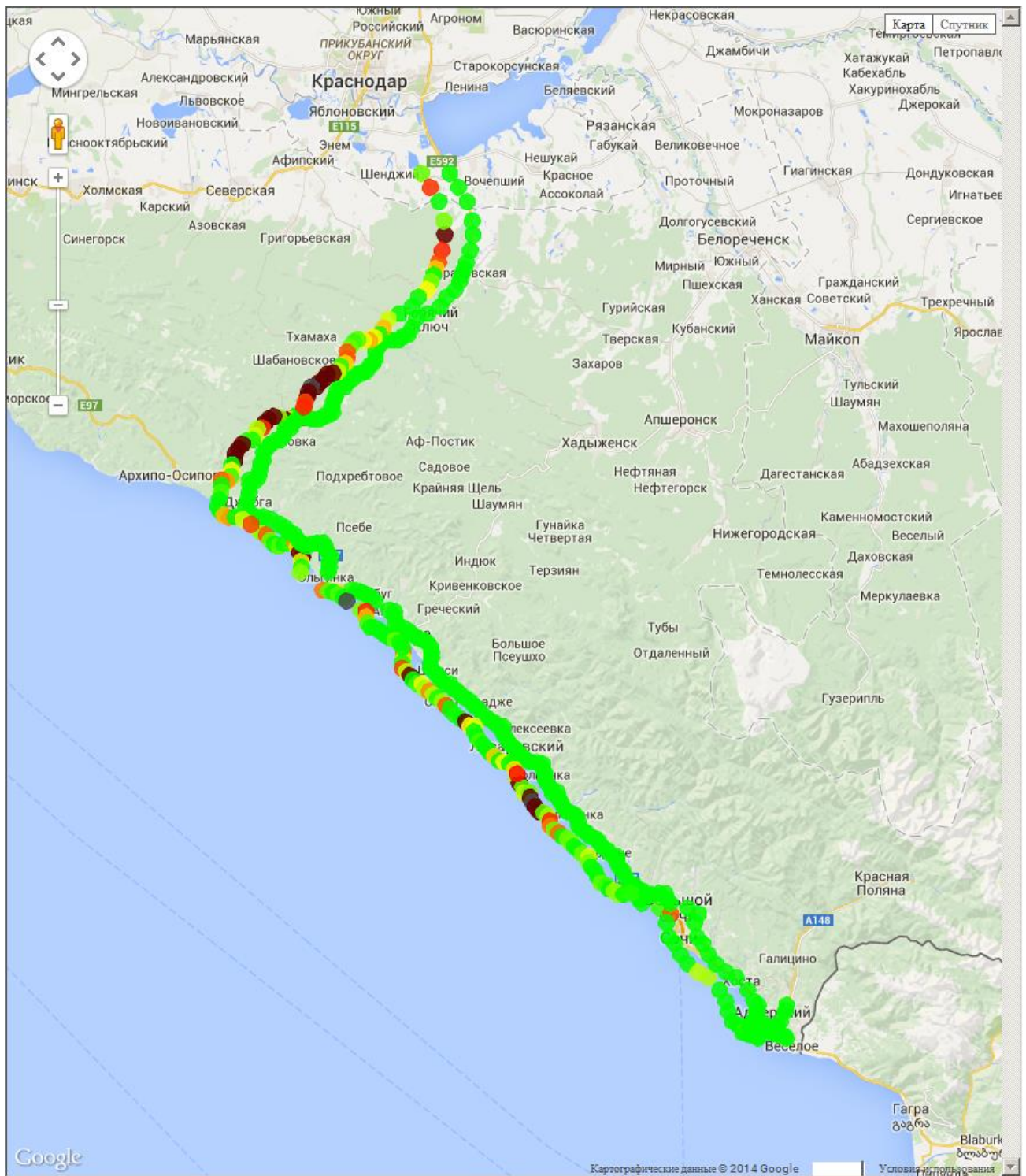


Рисунок 14 Участок 8. Все сотовые операторы

Приложение 2. Обеспечение сотовой связью на участках транспортного коридора Север-Юг (МТС, Билайн, Мегафон, режим GPRS)

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



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

На всех диаграммах – три линии, идущих параллельных маршруту, соответственно для трех операторов сотовой связи. По центру - линия, соответствующая **МТС**. Левее – линия **Мегафон**. Правее – линия **Билайн**.

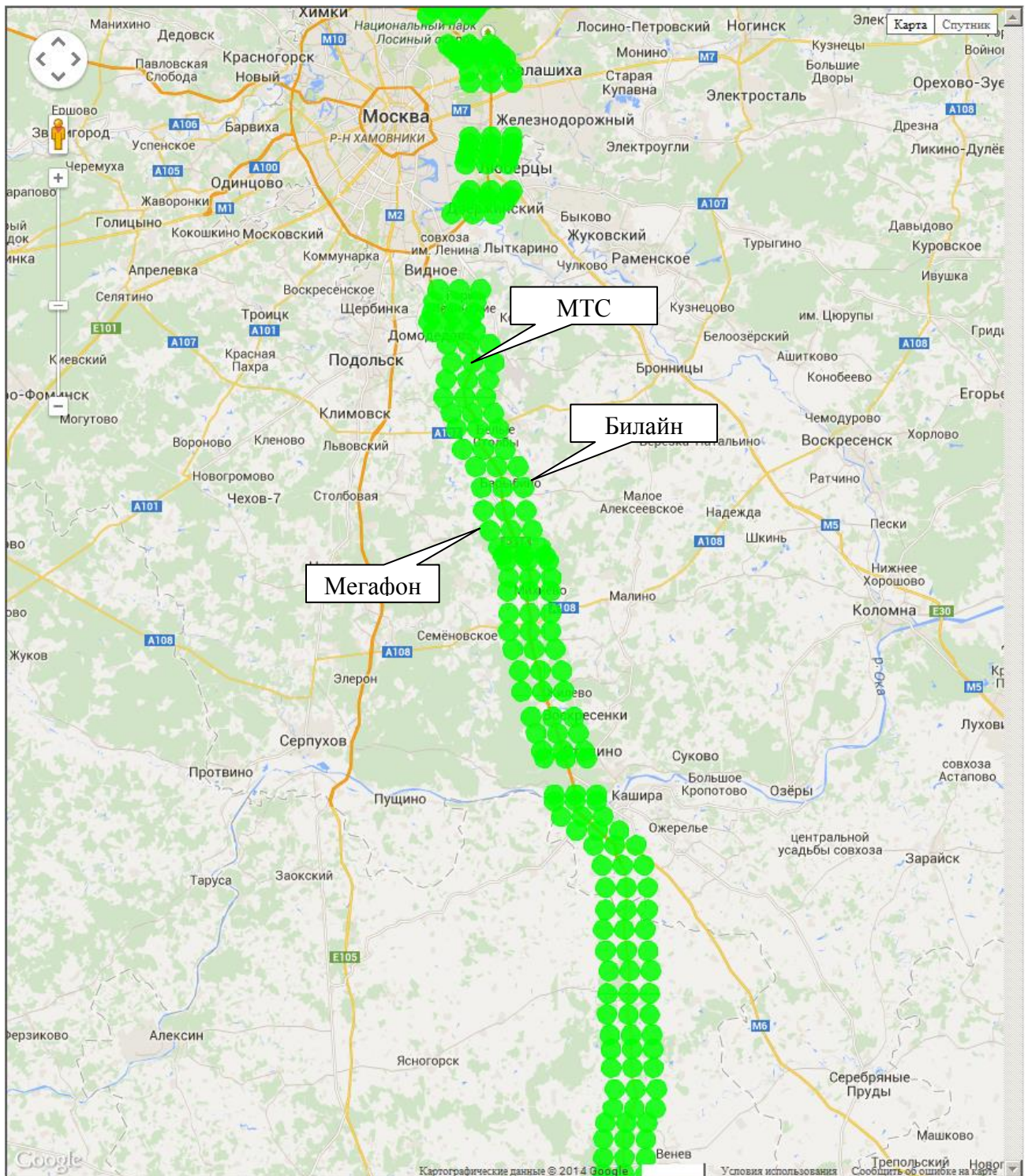


Рисунок 15 Участок 1. Режим GPRS

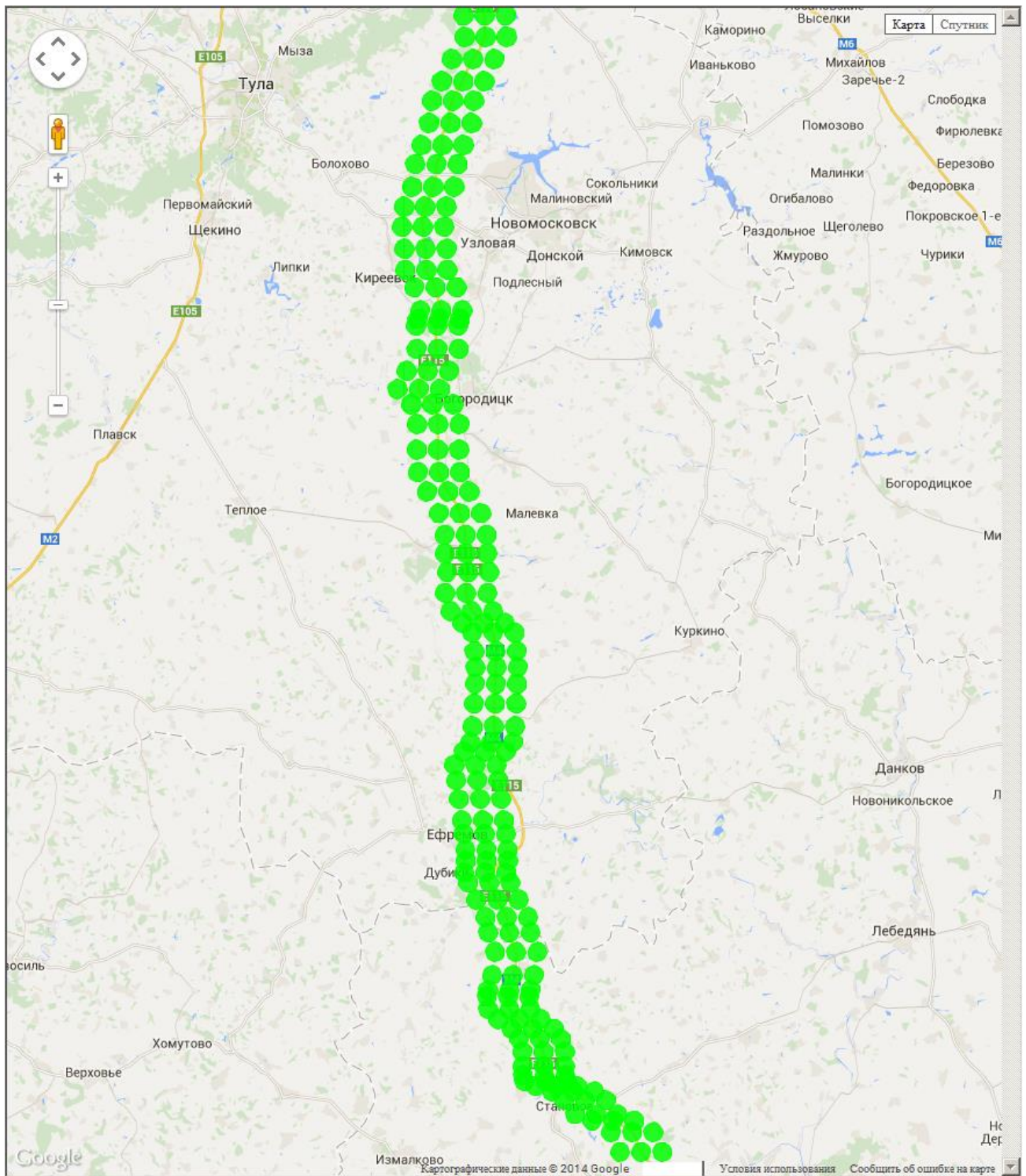


Рисунок 16 Участок 2. Режим GPRS

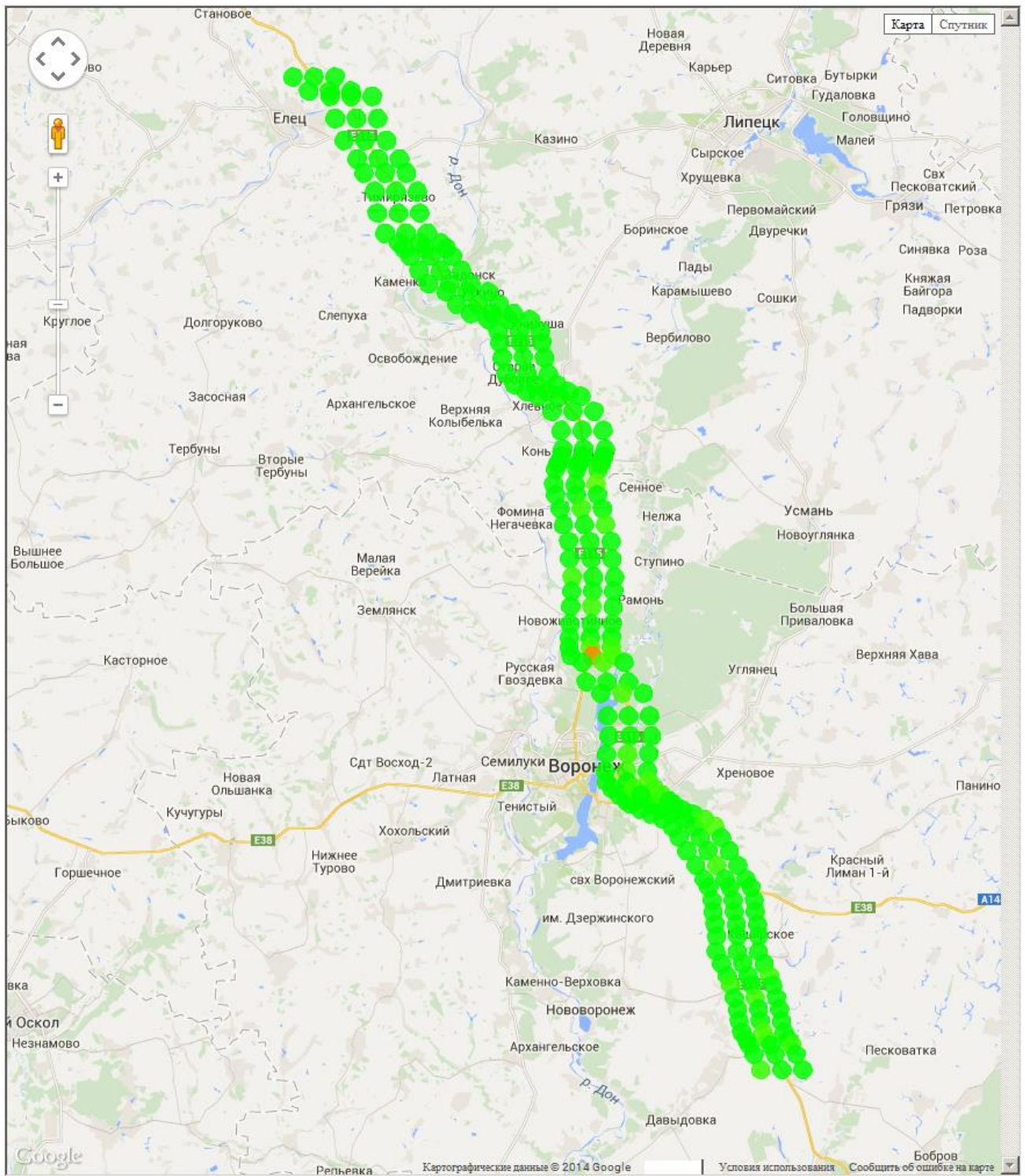


Рисунок 17 Участок 3. Режим GPRS

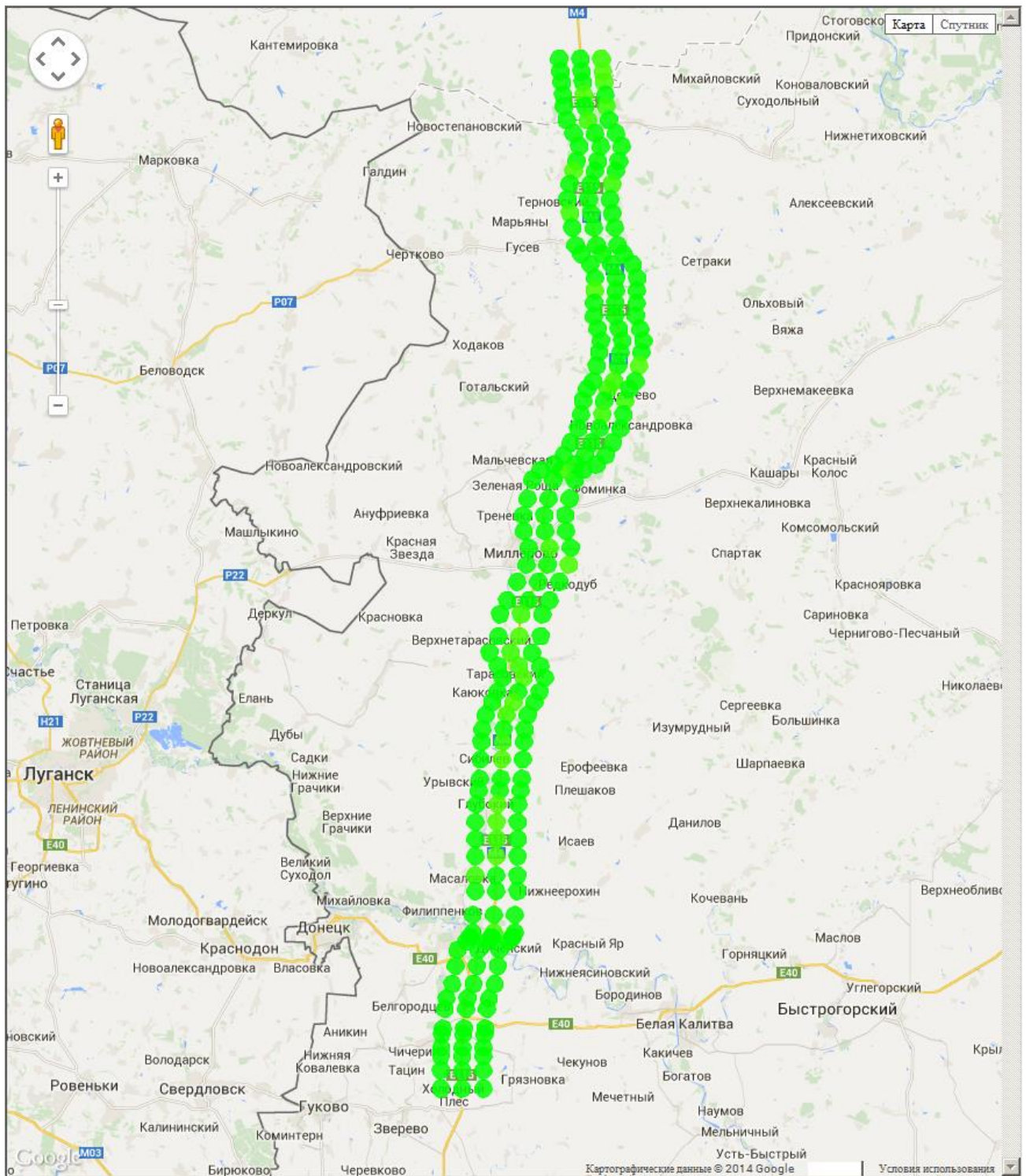


Рисунок 19 Участок 5. Режим GPRS

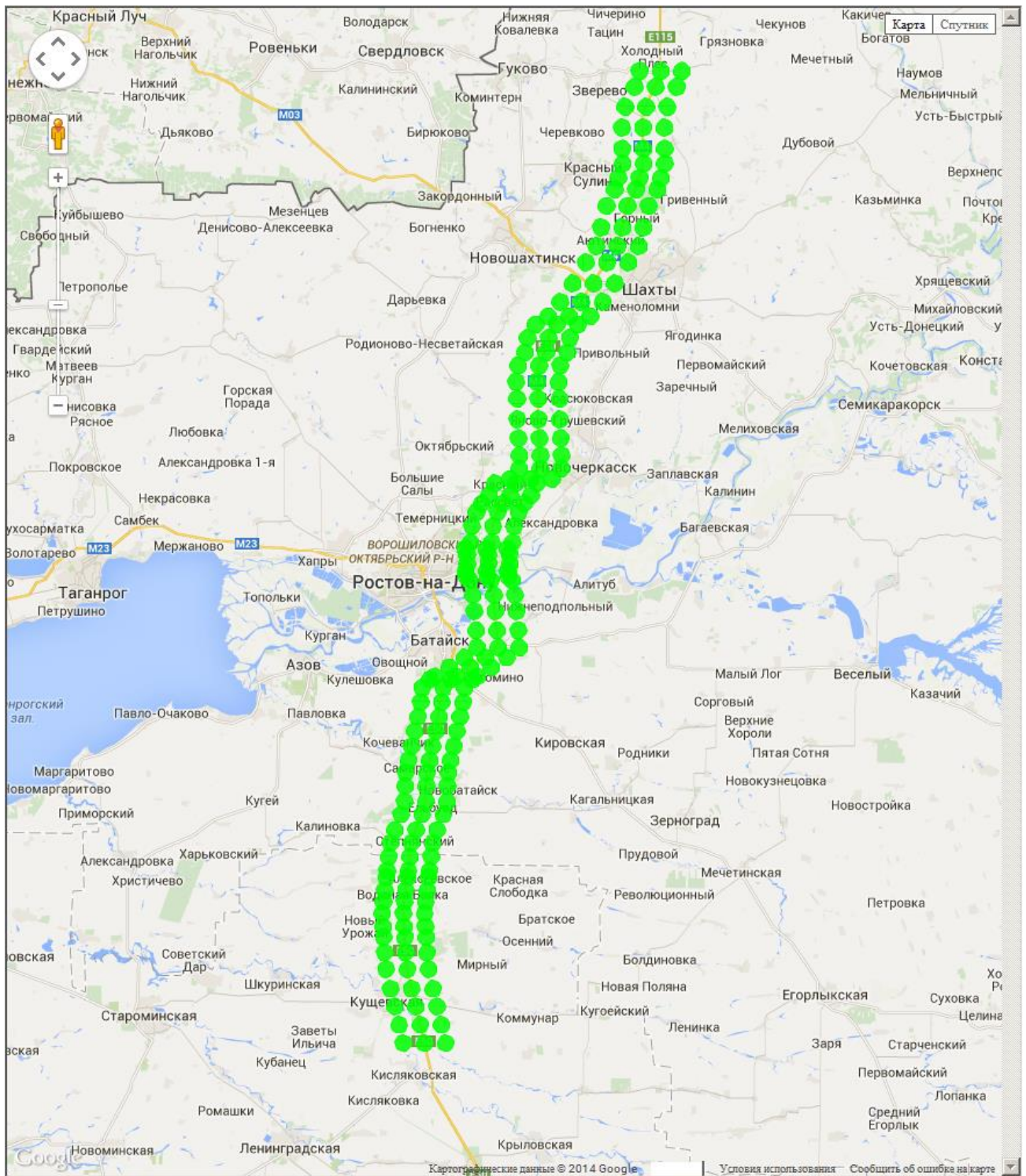


Рисунок 20 Участок 6. Режим GPRS

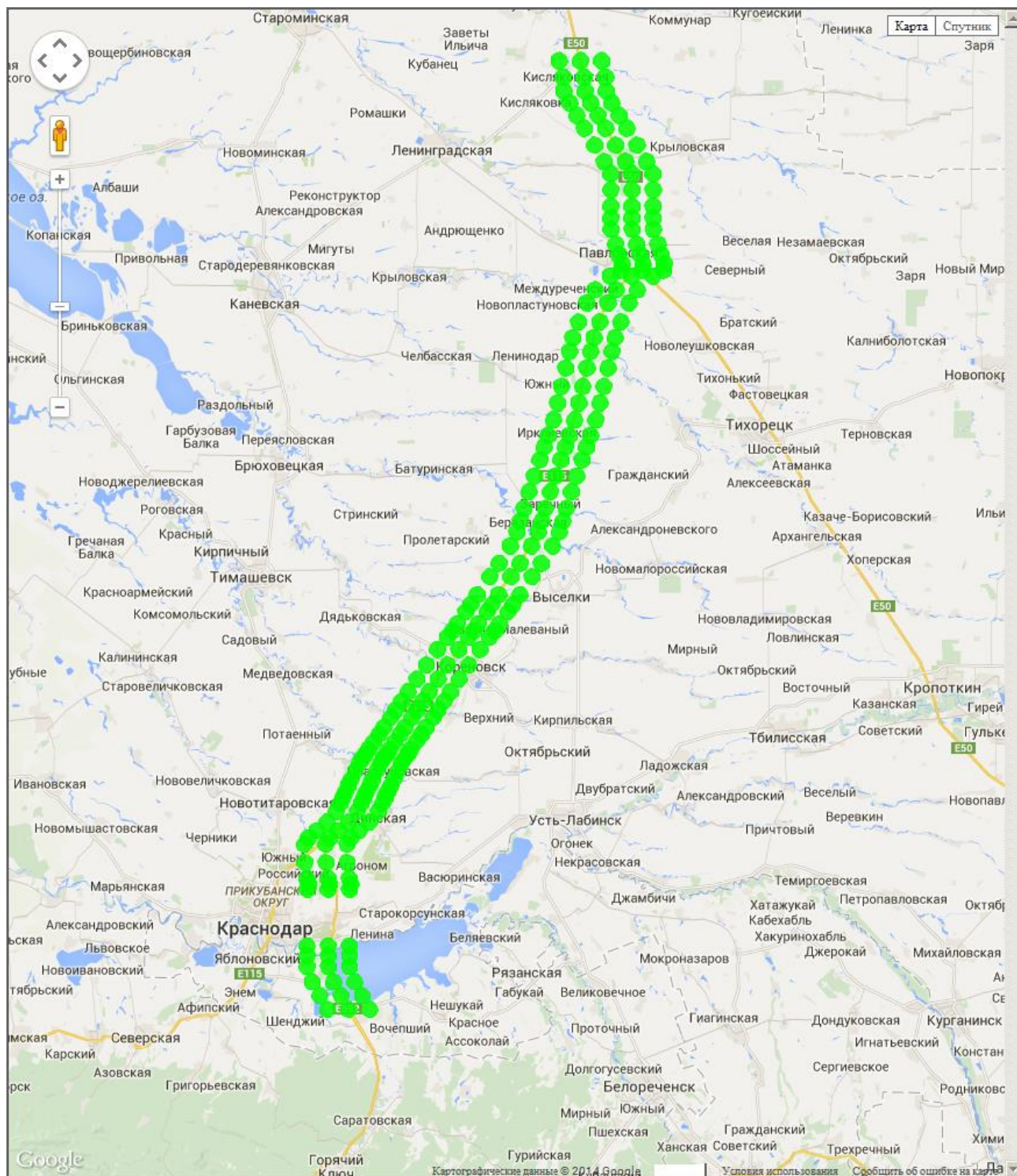


Рисунок 21 Участок 7. Режим GPRS

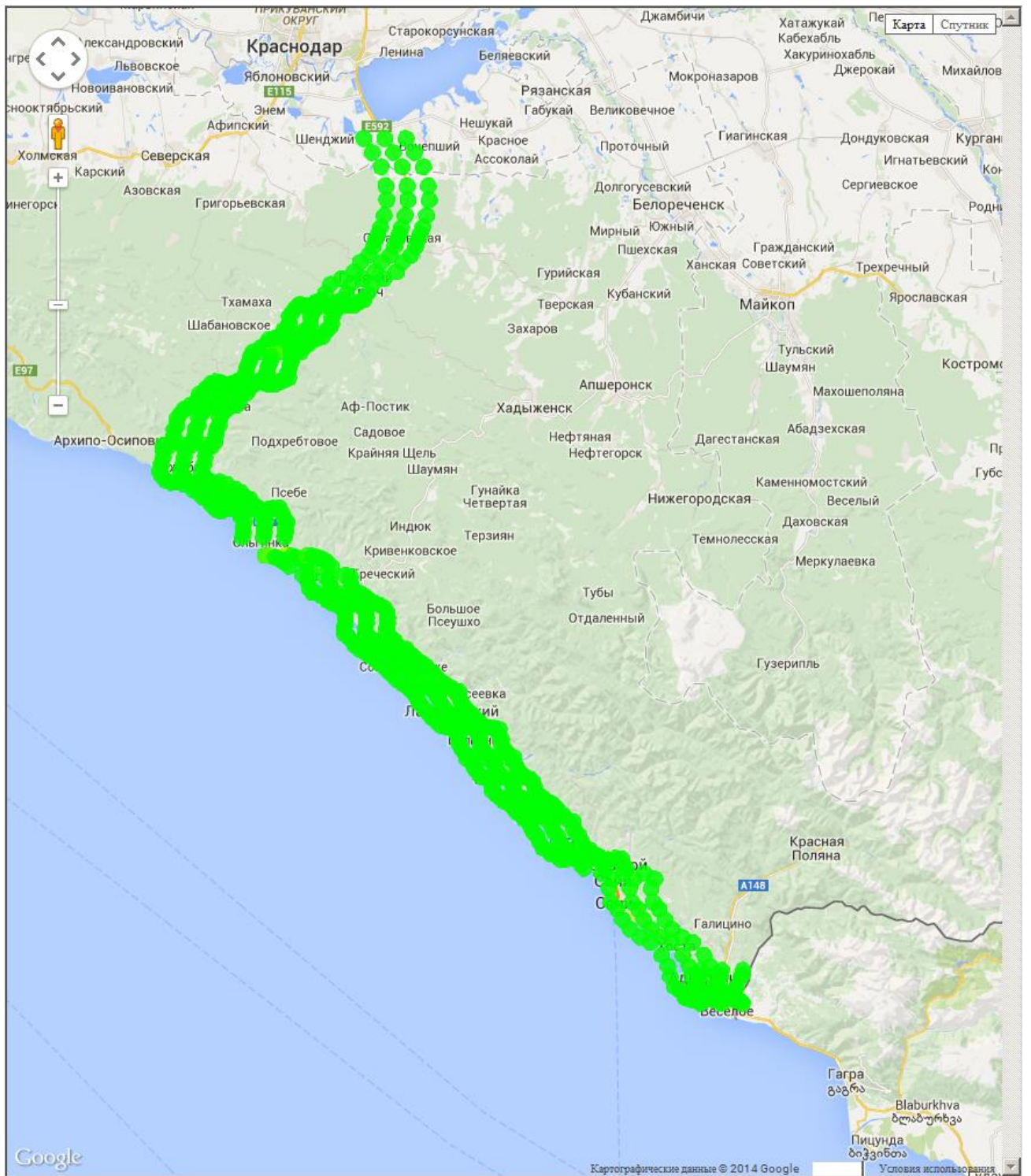


Рисунок 22 Участок 8. Режим GPRS

Приложение 3. Обеспечение сотовой связью на участках транспортного коридора Север-Юг (МТС, Билайн, Мегафон, режим 3G)

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



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

На всех диаграммах – три линии, идущих параллельных маршруту, соответственно для трех операторов сотовой связи. По центру - линия, соответствующая **МТС**. Левее – линия **Мегафон**. Правее – линия **Билайн**.

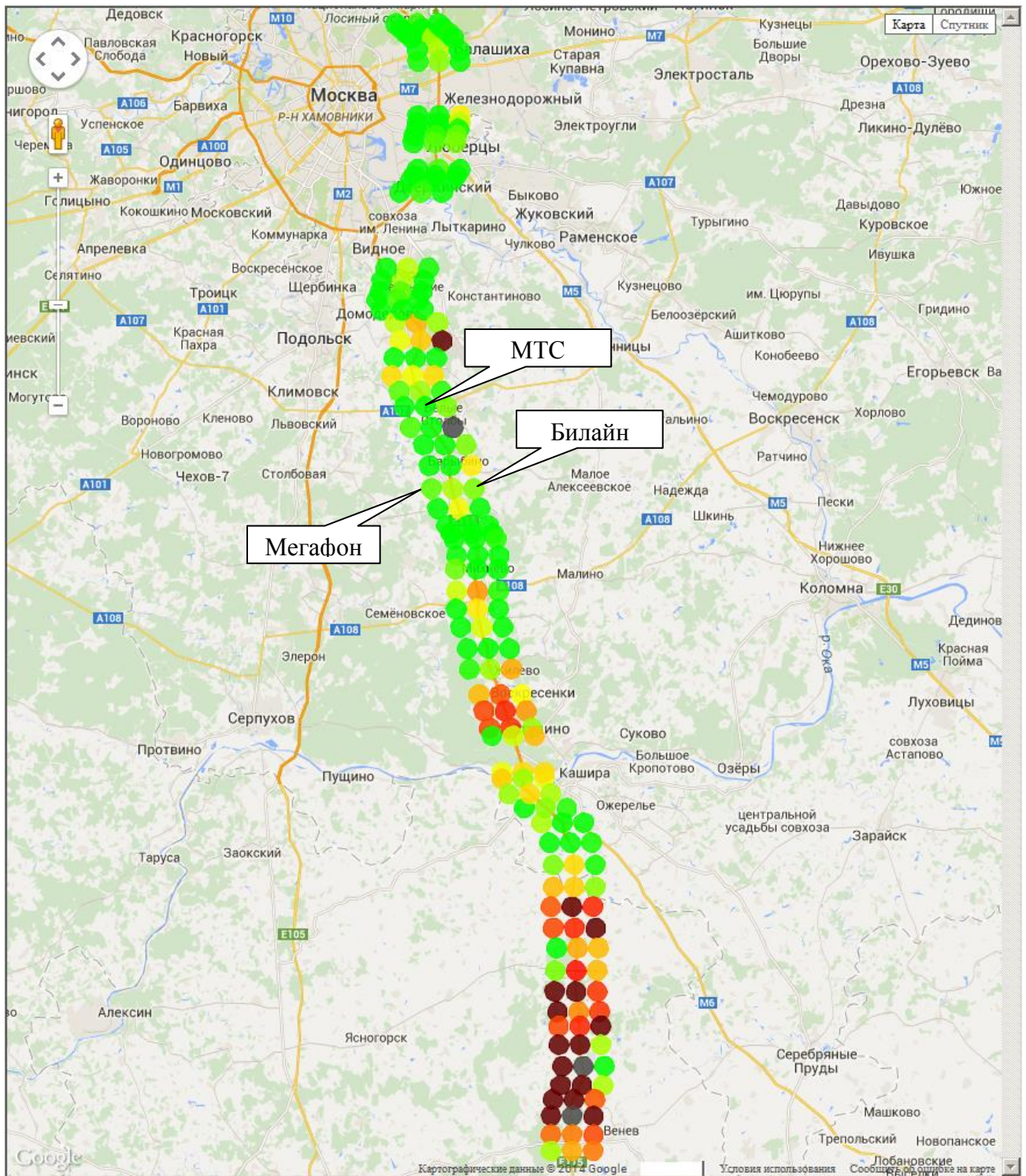


Рисунок 23 Участок 1. Режим 3G

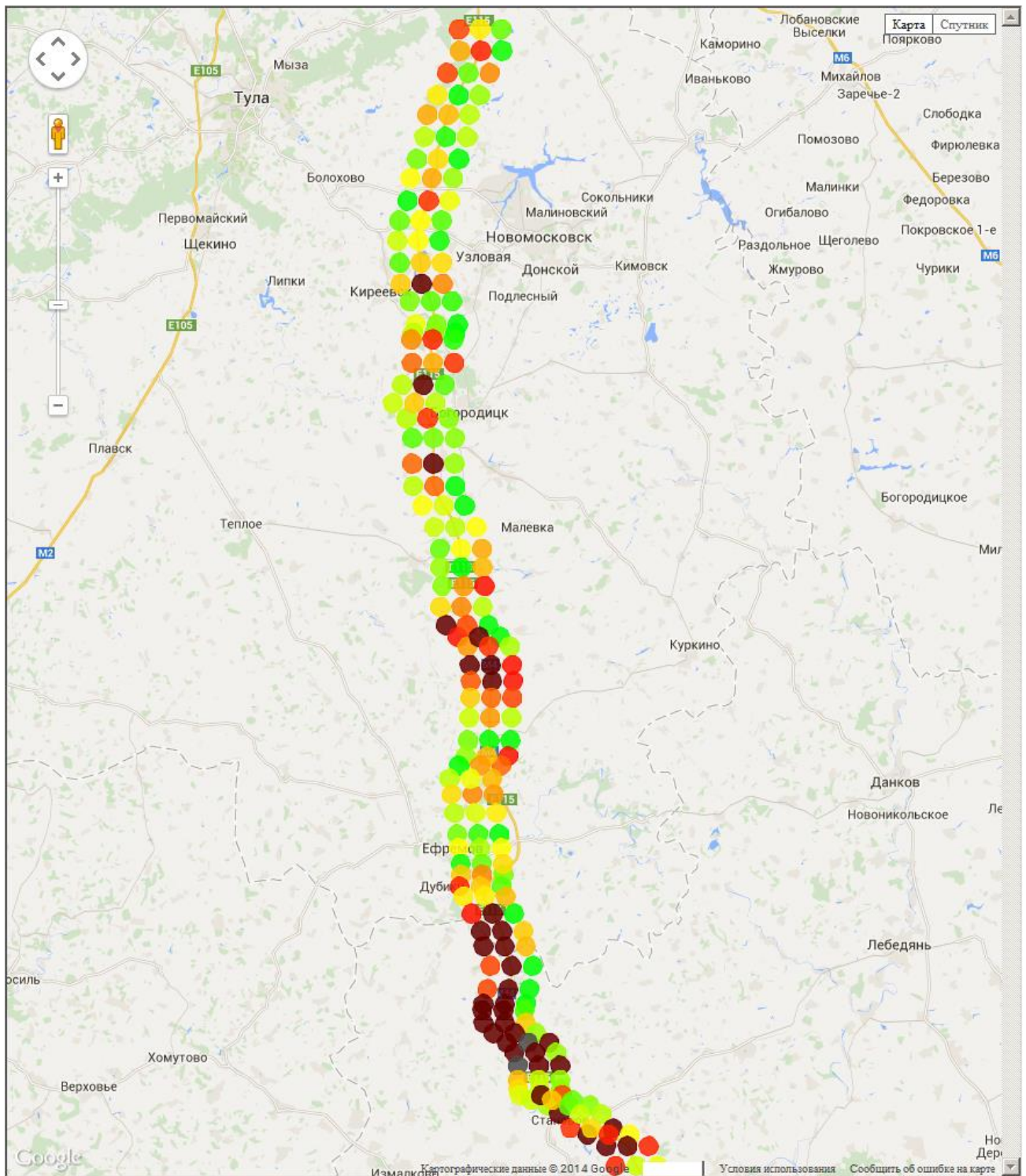


Рисунок 24 Участок 2. Режим 3G

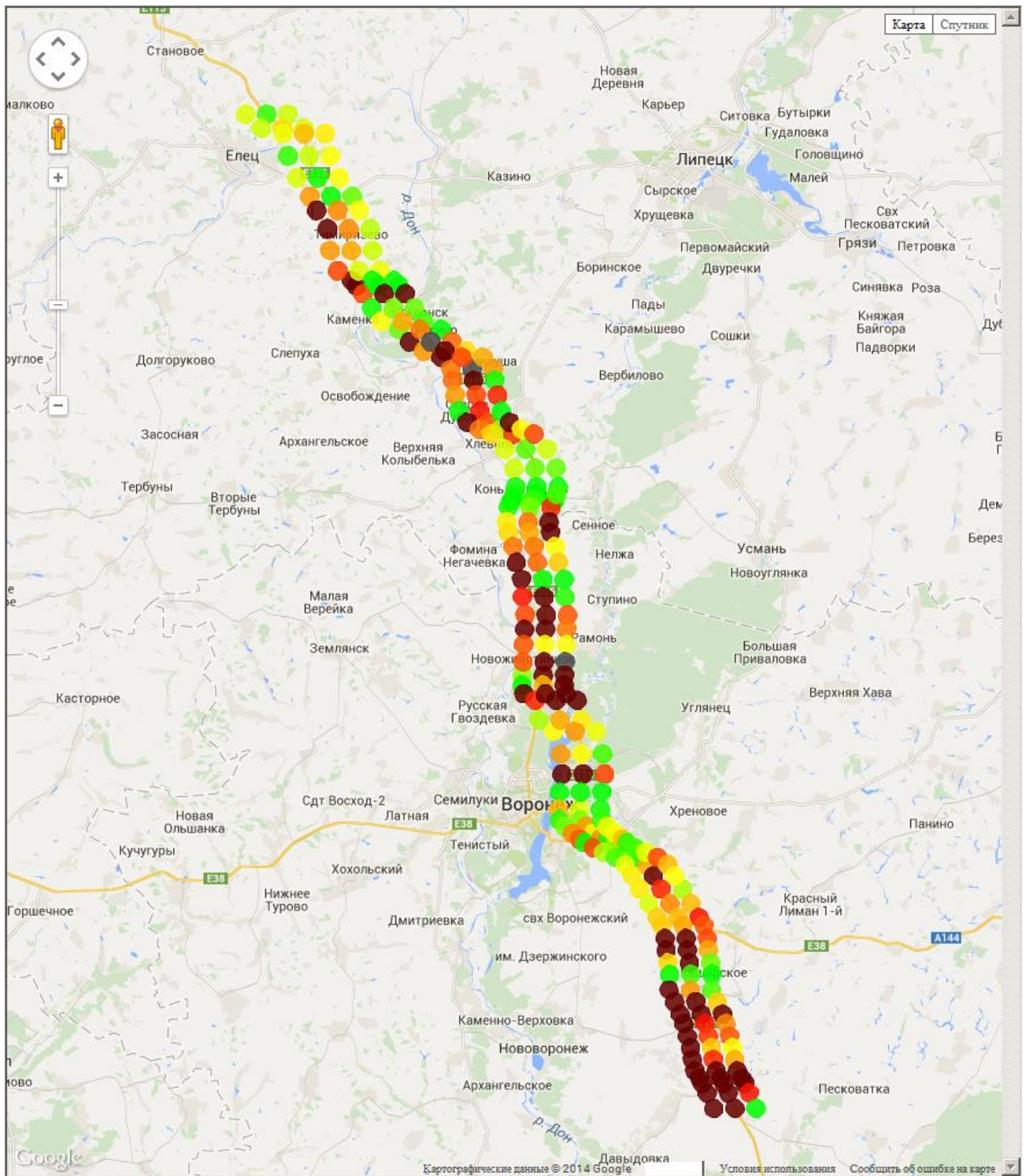


Рисунок 25 Участок 3. Режим 3G

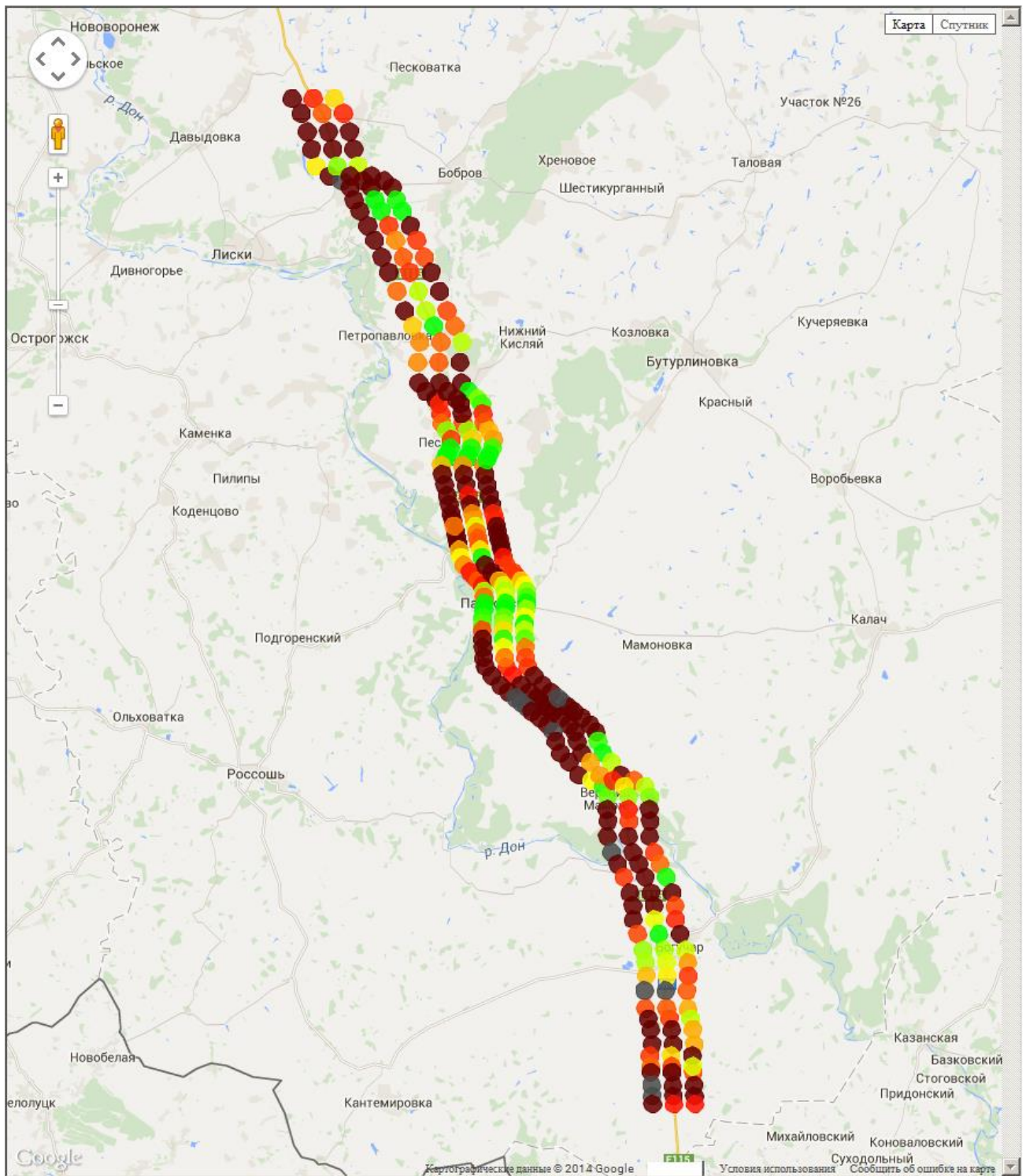


Рисунок 26 Участок 4. Режим 3G

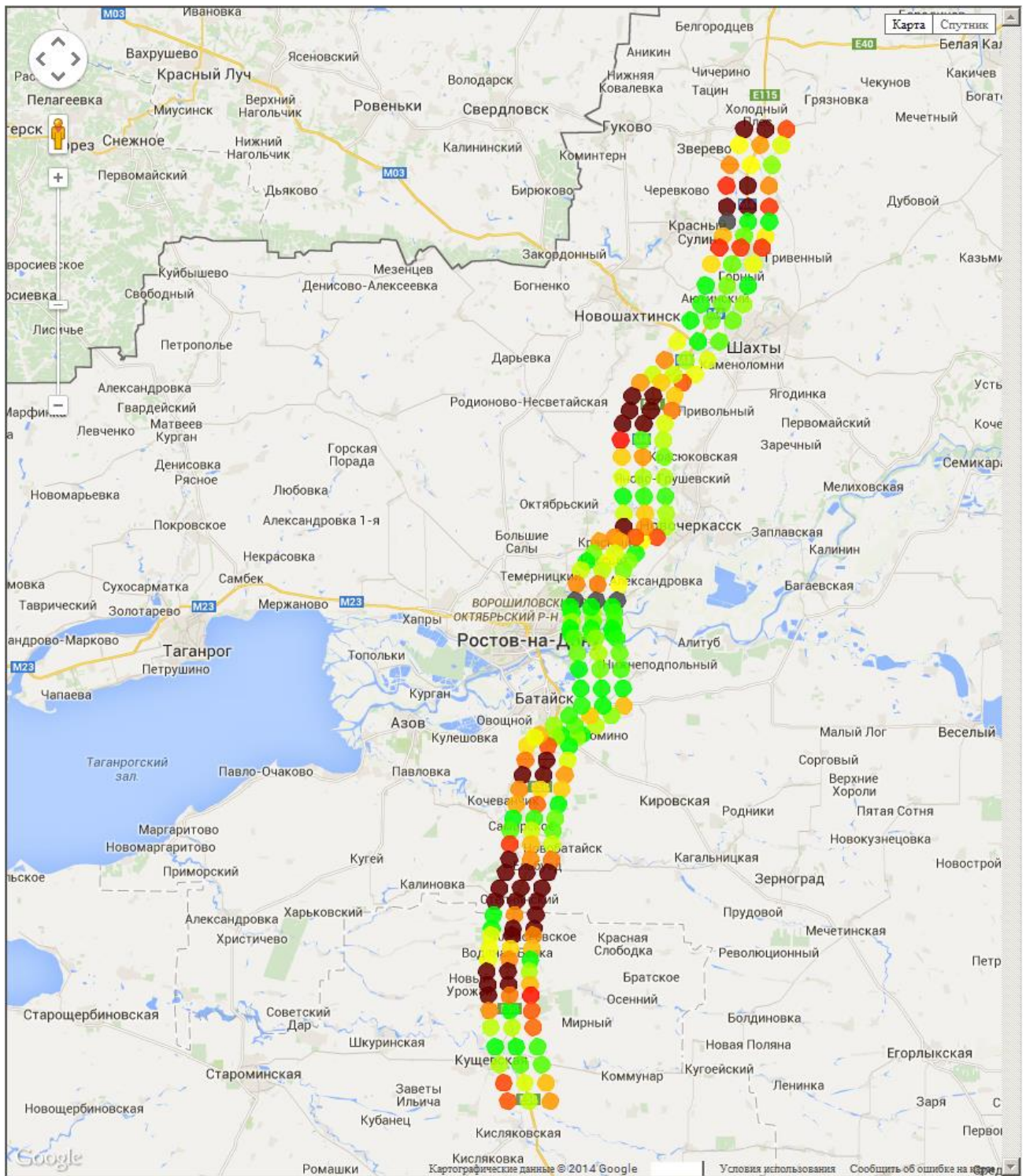


Рисунок 28 Участок 6. Режим 3G

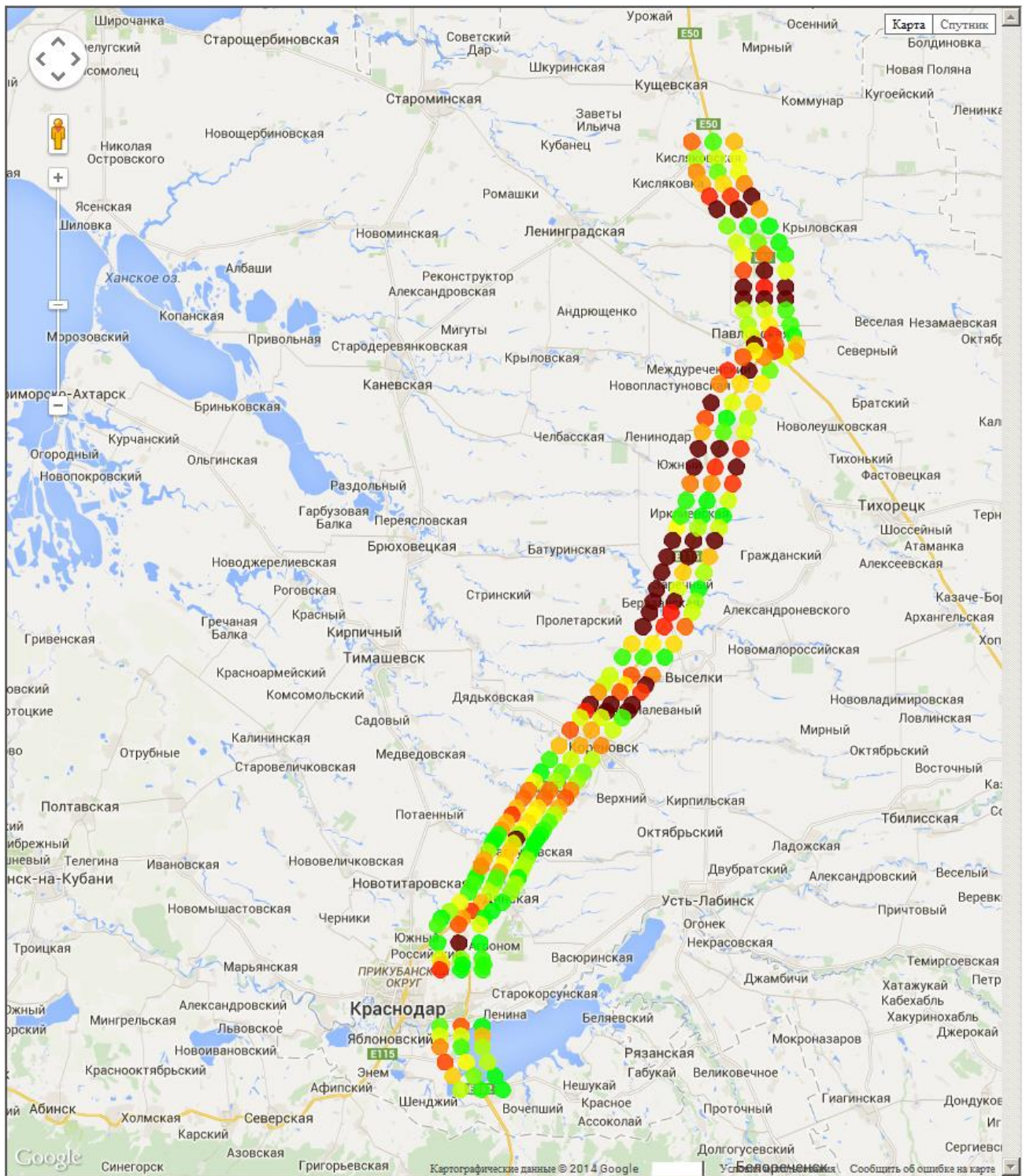


Рисунок 29 Участок 7. Режим 3G

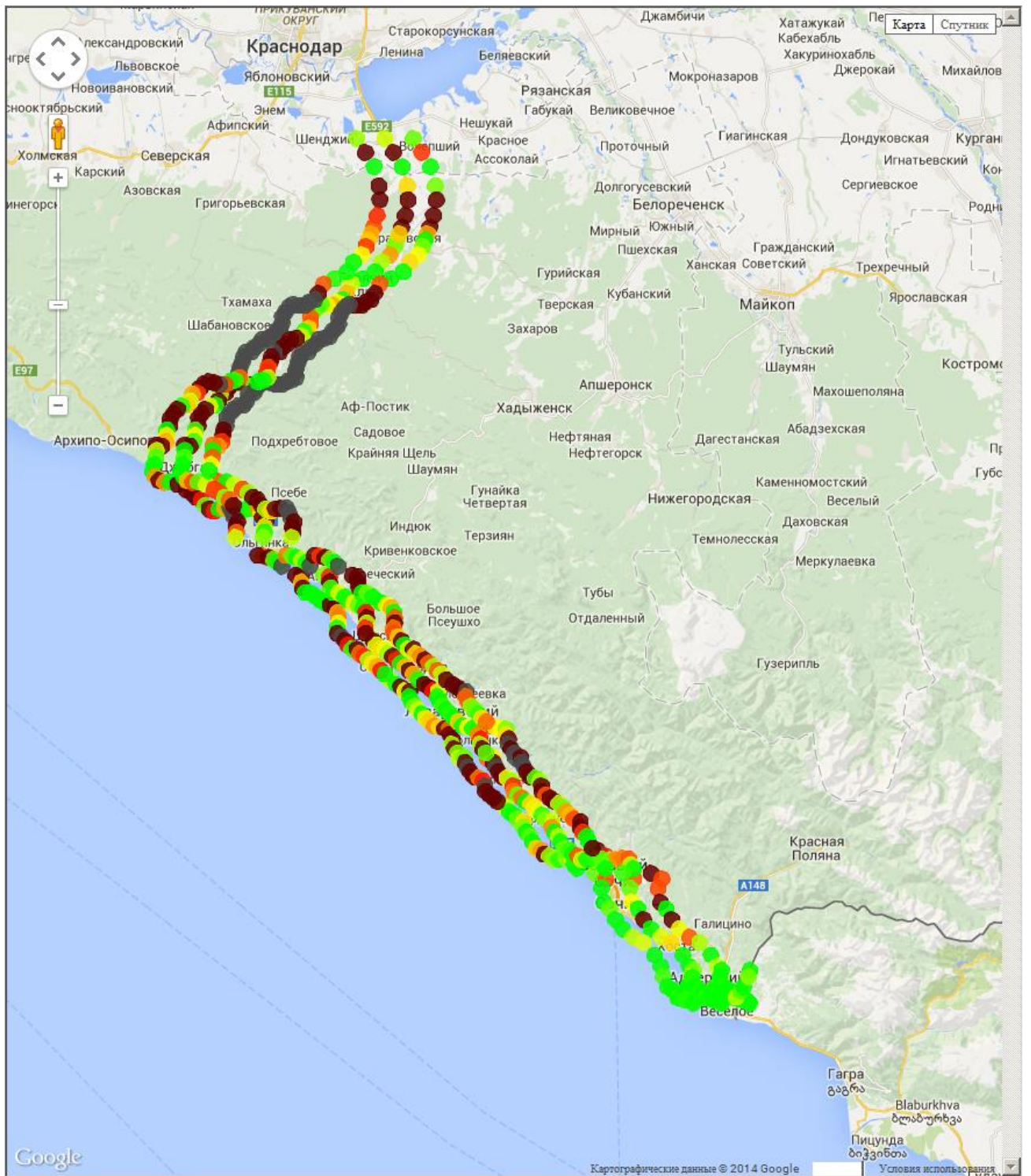


Рисунок 30 Участок 8. Режим 3G

Приложение 4. Схема подключения оборудования

