

# Прием сигналов глобальной навигационной системы Galileo в России

Сочетание аббревиатур GPS / ГЛОНАСС используется в технической литературе гораздо чаще, нежели термин «глобальные навигационные системы». Может быть, оттого, что короче, но, вероятнее, все-таки потому, что остальные известные навигационные системы глобальными называть не совсем корректно. Beidou ориентирована прежде всего на китайский рынок, QZSS — на японский, а европейский Galileo, обладающий всеми атрибутами глобальной системы, не имеет пока достаточного количества спутников, чтобы предоставлять навигационные услуги пользователям по всему миру. Опыт приема сигналов Galileo, приобретенный авторами в процессе исследования данного вопроса, лег в основу настоящей статьи.

Валерия Коринченко  
lera30002008@rambler.ru

Иван Малыгин  
pit\_pit2@mail.ru

При наличии на рынке глобальной навигации двух в той или иной степени успешно функционирующих систем (GPS и ГЛОНАСС) развитие третьей системы, предоставляющей те же самые услуги с похожей точностью и сервисом, вызывает законные вопросы. Обладает ли Galileo решающими преимуществами в сравнении с первыми двумя? Так ли уж она необходима пользователям Европы и всего остального мира? Выстраданная Европейским союзом (EU) и Европейским космическим агентством (ESA) [1] система Galileo несколько раз оказывалась на грани закрытия — то из-за недостатка финансирования странами — участницами проекта, то из-за политико-экономического давления США. Работа над ней началась в 1999 г., когда три главных участника — Германия, Франция и Италия — представили свои предложения по проектированию общей системы и сформировали команду инженеров для ее реализации. Объединенной Европе ощутило не хватало собственной навигационной системы, чтобы не зависеть от американской GPS и российской ГЛОНАСС. Возможно, одной из причин такой необходимости послужило загромождение точности сигналов GPS для гражданских приемников, примененное США во время бомбардировок Югославии, которые имели место в Европе примерно в то же самое время. Ответственно относящиеся к своим обязанностям чиновники Евросоюза решили, что ухудшение точности GPS совершенно неприемлемо в ряде случа-

ев, как, например, система автоматической посадки гражданских лайнеров, независимо от политической ситуации. В качестве основных преимуществ проектируемой системы перед существующими системами навигации было заявлено:

1. Полностью гражданское (не в интересах военных) управление системой. Предлагается стандартный бесплатный сигнал для всех пользователей с точностью определения местоположения не хуже 1 м по трем координатам и сигнал улучшенной точности порядка нескольких сантиметров за отдельную плату. То есть сигнал улучшенной точности не для военных применений, а именно коммерческих — для тех, кто готов платить.
2. Улучшенные возможности по поиску и спасению терпящих бедствие, так называемый сигнал Return Link Message (RLM). То есть в случае срабатывания аварийного маяка у попавших в беду путешественников не только их сигнал отправляется в координационный центр по спасению, но и в обратном направлении — из центра — приходит ободряющий сигнал, что ситуация под контролем и помощь уже в пути. Здесь навигационная система Galileo конкурирует с системой Cospas-Sarsat, предназначенной как раз для спасения людей, но функцией обратного сообщения не обладающей.
3. Высота орбиты 23 222 км (выше, чем у GPS и ГЛОНАСС), что дает некоторые преимущества определения местоположения пользователя в высоких широтах.

Первые спутники, GIOVE-A и GIOVE-B, выведенные на орбиту в 2005 и 2008 г., были предназначены для проверки используемых кодов, частот и точности установки времени. Рабочие же спутники были запущены лишь через три года после запуска тестовых. 21 октября 2011 г. российский «Союз-СТ-Б» при старте с космодрома в Гвиане вывел на орбиту первые два постоянных спутника Galileo IOV («Тэйс» и «Натали»), которые и стали первенцами данной навигационной системы [2]. С целью привлечения молодого поколения к космической и навигационной тематике организаторы проекта устроили конкурс рисунков для детей всех стран Евросоюза в возрасте от 9 до 11 лет. От участников требовалось нарисовать рисунок либо сделать аппликацию на тему космоса. В честь победителей данного конкурса и назывался один из спутников Galileo. Дальнейший запуск осуществлялся по намеченному расписанию и без особых проблем, если не считать трудности выведения пятого и шестого спутников 22 августа 2014 г. Из-за отказа разгонного блока «Фрегат-МТ» два спутника — «Милена» и «Дореза» — были выведены на нерасчетную орбиту. По данным Википедии, на январь 2016 г. в активном состоянии находятся 10 спутников Galileo, а еще два аппарата — на этапе ввода в эксплуатацию. Эти данные подтверждаются одним из ресурсов спутникового мониторинга (таблица) [3].

Типичный спутник Galileo последнего поколения весит 700 кг, должен отработать на орбите 12 лет и имеет в своем составе следующие основные части [4]:

- антенна L-диапазона — для передачи навигационных сигналов;
- антенна поиска и спасения — для приема сигналов бедствия с аварийных маяков на Земле и передачи их на наземные станции;
- антенна С-диапазона — для приема сигналов синхронизации бортовых часов с наземным оборудованием;
- две антенны S-диапазона — для передачи телеметрии и приема команд управления;
- инфракрасные земные датчики и датчики направления на Солнце;
- лазерный рефлектометр — при необходимости позволяет измерить высоту расположения спутника с точностью до нескольких сантиметров;
- радиаторы — для рассеивания избыточного тепла, выделяемого бортовой электроникой;
- водородные квантовые часы;
- рубидиевые атомные часы;
- контроллер часов для согласования работы и синхронизации часов между собой и с сигналами от Земли;

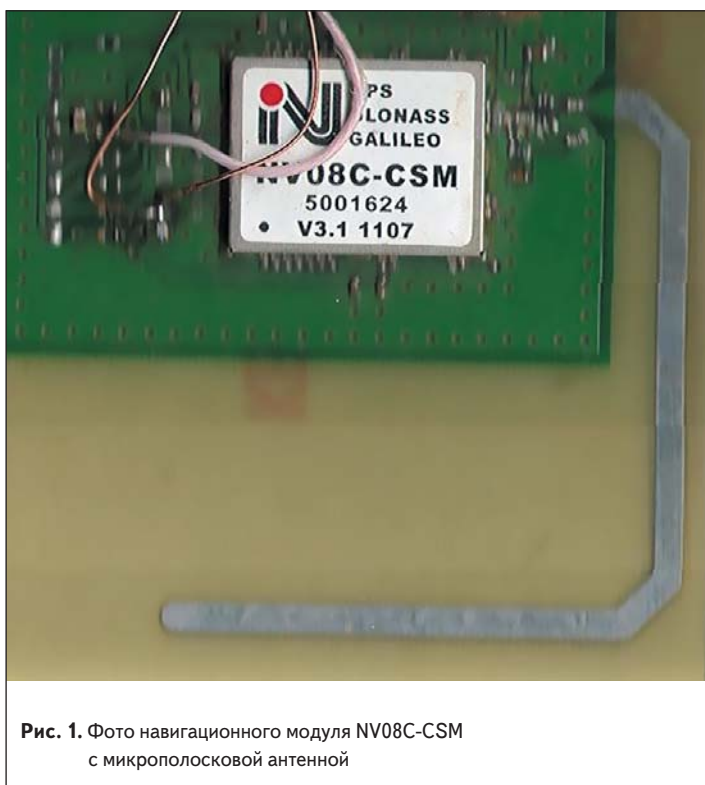


Рис. 1. Фото навигационного модуля NV08C-CSM с микрополосковой антенной

Таблица. Спутники Galileo, находящиеся в настоящее время на орбитах и доступные для отслеживания

Название спутника	Номер по каталогу NORAD	Дата запуска	Период обращения, мин
GALILEO 11 (268)	41175	17 декабря 2015	844,7
GALILEO 12 (269)	41174	17 декабря 2015	844,7
GALILEO 10 (206)	40890	11 сентября 2015	844,7
GALILEO 9 (205)	40889	11 сентября 2015	844,7
GSAT0204	40545	27 марта 2015	844,7
GSAT0203	40544	27 марта 2015	844,7
GALILEO 6 (262)	40129	22 августа 2014	776,2
GALILEO 5 (261)	40128	22 августа 2014	776,2
GALILEO-FM4	38858	12 октября 2012	844,7
GALILEO-FM3	38857	12 октября 2012	844,7
GALILEO-FM2	37847	21 октября 2011	844,7
GALILEO-PFM	37846	21 октября 2011	844,7
GIOVE-B	32781	27 апреля 2008	870,6
GIOVE-A	28922	28 декабря 2005	850

- генератор навигационного сигнала;
- гироскопы — для измерения вращения спутника.

Для улучшения помехоустойчивости и электромагнитной совместимости с традиционными навигационными сигналами в системе Galileo применяются мультиплексированные меандровые шумоподобные сигналы MBOC (Multiplexed Binary Offset Carrier Modulated Signals) [5].

Перейдем к экспериментальной части. Нами были выбраны два отечественных навигационных модуля, способные принимать и обрабатывать сигналы Galileo: NV08C-CSM (в дальнейшем «Навис») [6] и ML8088s (в дальнейшем «Навиа») [7]. Выбор был обусловлен предыдущими исследованиями навигационных модулей для использования в аэрологическом радиозонде, результаты которых были изложены в [8]. Для связи модулей с компьютером применялась микросхема виртуального COM-порта FT232R [9]. Чтобы минимизировать возможные неточности измерений, вызванные особенностями спроектированных печатных плат и индивидуальными особенностями навигационных модулей, были изготовлены образцы с керамическими и микрополосковыми антеннами (рис. 1 и 2). Вопросы проектирования и исполь-



Рис. 2. Фото навигационного модуля ML8088s с микрополосковой антенной

зования простейших микрополосковых антенн для таких применений были рассмотрены в [10].

Для визуализации данных, получаемых от навигационных приемников, были использованы программы Storegis версий 8.1.3.2 и 8.1.1.0, Navia Glonass+GPS версии 1.12.0.61 и GNSS Viewer Customer версии

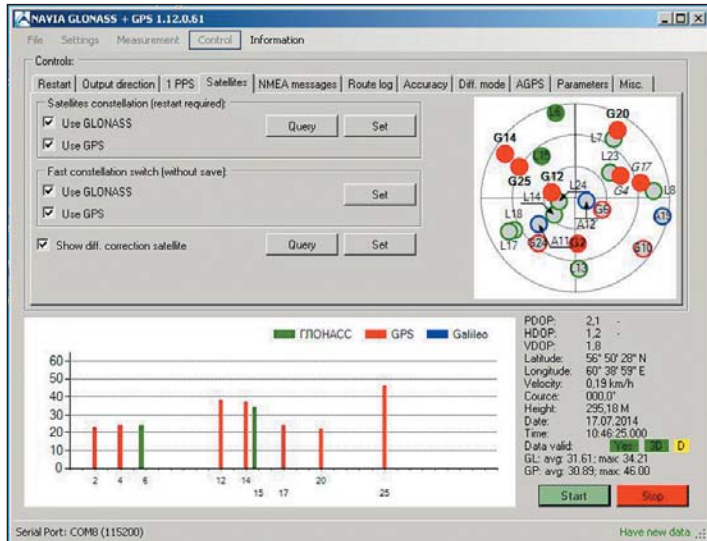


Рис. 3. Окно программы NAVIA с тремя спутниками Galileo (показаны синим цветом)

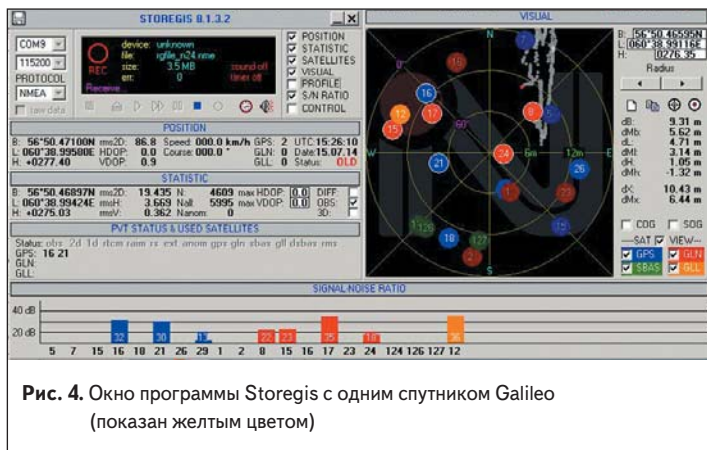


Рис. 4. Окно программы Storegis с одним спутником Galileo (показан желтым цветом)

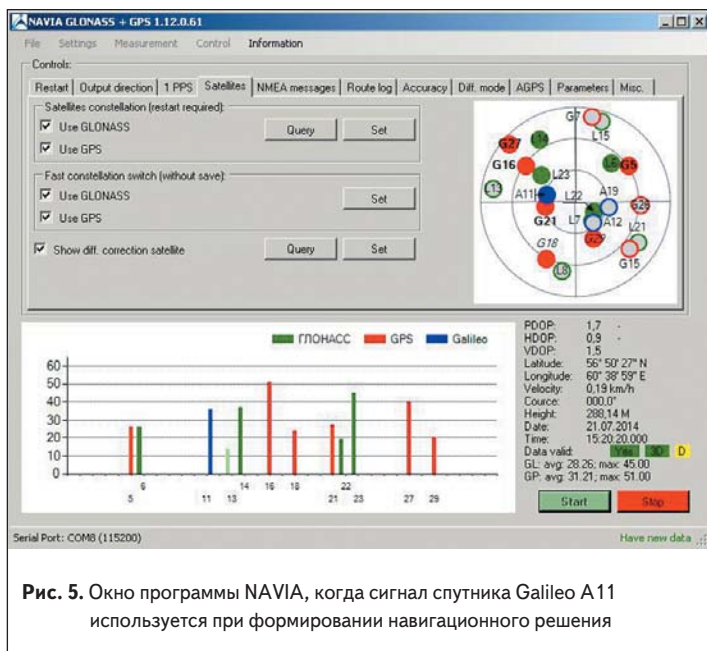


Рис. 5. Окно программы NAVIA, когда сигнал спутника Galileo A11 используется при формировании навигационного решения

2.0.189 в качестве привлеченного арбитра, так как были выявлены расхождения между показаниями первых двух программ.

Максимальное количество спутников Galileo, одновременно находящихся над Екатеринбургом, которое удалось зафиксировать в процессе экспериментов с помощью приемника «Навия», равно трем (рис. 3). Навигационный приемник «Навис» также позволяет принимать сигналы спутников Galileo (рис. 4). Несмотря на то, что уровень сигнала принимаемых спутников, как правило, высок, навигационный приемник «Навия» очень редко использует их для формирования решения (рис. 5).

Что касается результатов обработки данных навигационных приемников различными программами визуализации, то в процессе настоящего исследования были получены любопытные несоответствия. Например, при отображении данных, получаемых с навигационного приемника «Навия», программа Storegis определяет спутники Galileo как спутники SBAS — спутники дифференциальных поправок (на рис. 6 они показаны зеленым цветом), в то время как программа GNSS Viewer выдает верную информацию о принадлежности аппаратов (рис. 7). Конечно, программа визуализации конкретной фирмы-изготовителя предназначена для работы, прежде всего, со своим фирменным модулем, поэтому обвинять разработчиков Storegis было бы неправильно. Но обратить внимание на такую особенность их продукта авторы считают полезным.

В то же время данные навигационного приемника «Навис» обрабатываются программами Storegis и GNSS Viewer однозначно. Так, например, один и тот же спутник Galileo отображается в той же пространственной позиции под номером 12 в программе Storegis и под номером 162 в программе GNSS Viewer (рис. 8 и 9 соответственно).

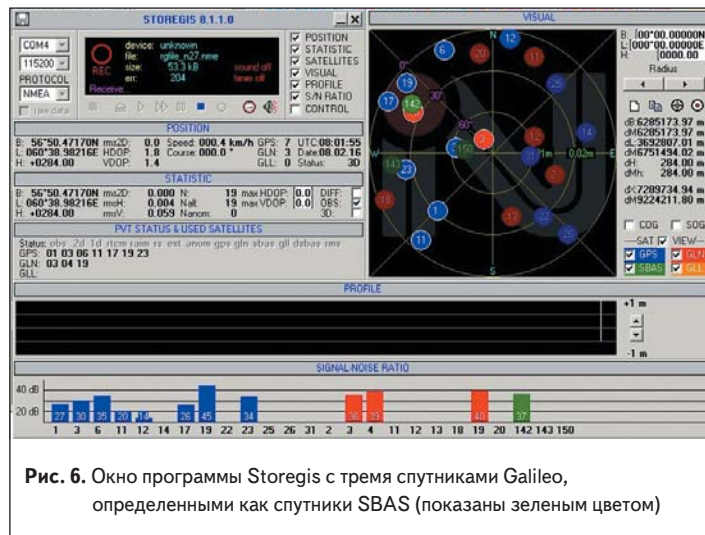


Рис. 6. Окно программы Storegis с тремя спутниками Galileo, определенными как спутники SBAS (показаны зеленым цветом)

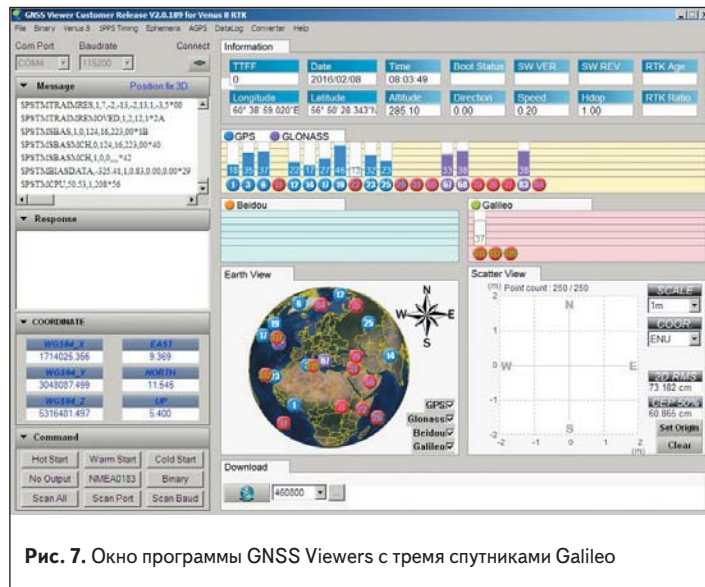
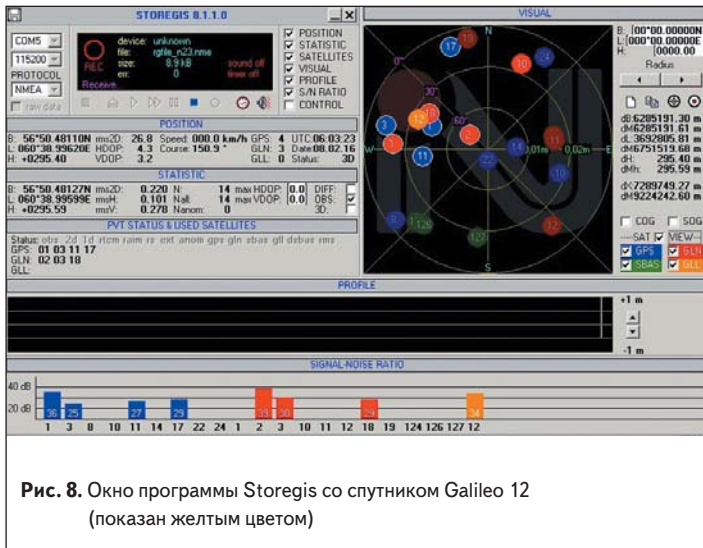


Рис. 7. Окно программы GNSS Viewers с тремя спутниками Galileo

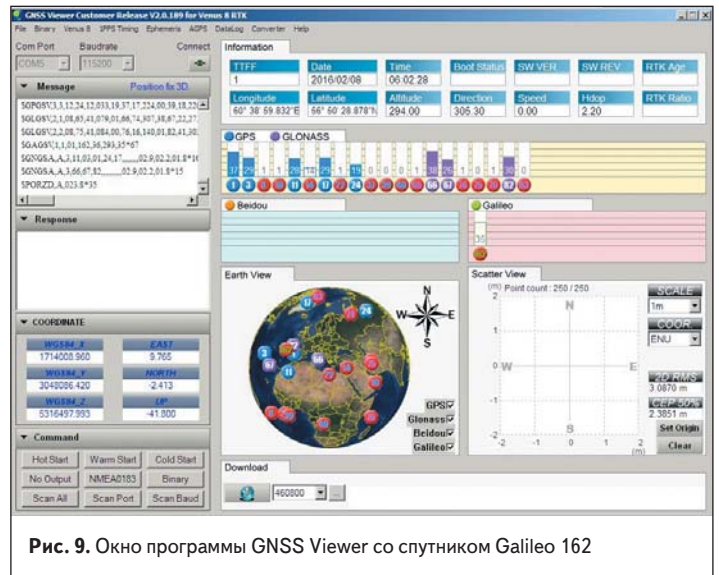


По результатам проведенной работы можно сделать следующие выводы:

1. Прием сигналов навигационных спутников системы Galileo на территории России возможен, для этого не требуется никакого специального оборудования: ни антенны, ни приемника — принимаемые данные участвуют в формировании приемником навигационного решения.
2. При использовании данных системы Galileo при формировании навигационного решения не выявлено улучшения точности определения местоположения абонента, времени поиска либо любых других преимуществ — прежде всего вследствие количественного превосходства в аппаратах систем GPS и ГЛОНАСС.
3. Программное обеспечение Storegis КБ «Навис» не всегда корректно отображает данные спутников системы Galileo, принятые с навигационных модулей сторонних производителей. ■

## Литература

1. [www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/The\\_future\\_of\\_Galileo/What\\_is\\_Galileo](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_of_Galileo/What_is_Galileo)
2. [http://position-news.ru/2012/01/natalia\\_thijs\\_tara\\_milena\\_-\\_names\\_of\\_the\\_galileo\\_satellites.html](http://position-news.ru/2012/01/natalia_thijs_tara_milena_-_names_of_the_galileo_satellites.html)
3. [www.n2yo.com/satellites/?c=22](http://www.n2yo.com/satellites/?c=22)



4. [www.esa.int/Our\\_Activities/Navigation/The\\_future\\_of\\_Galileo/Satellite\\_anatomy](http://www.esa.int/Our_Activities/Navigation/The_future_of_Galileo/Satellite_anatomy)
5. М. С. Ярлыков. Полные сброс-сигналы и их корреляционные функции // Радиотехника и электроника. 2015. Том 60. № 9.
6. <http://nvs-gnss.ru/products/oem-modul/item/2-nv08c-csm.html>
7. <http://naviglonass.ru/product/ml8088s/>
8. Малыгин И. В., Плохих О. В., Сычугов С. Г., Кудинов С. И., Иванов В. Э. Исследование приемного модуля сигналов ГЛОНАСС/GPS навигационного аэрологического радиозонда // Материалы 24-й Международной конференции «СВЧ-техника и телекоммуникационные технологии». КрыМиКо'2014. Сентябрь, 2014.
9. [www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232R.htm](http://www.ftdichip.com/Products/ICs/FT232R.htm)
10. Малыгин И. В., Иванов В. Э. К вопросу об использовании простейших антенн ГЛОНАСС/GPS-приемников // Беспроводные технологии. 2013. № 2.
11. В. Лата, В. Мальцев. Галилео: как Европа движется в космос // Индекс безопасности. № 1 (92). Том 16.
12. А. П. Белаш. Спутниковая навигационная система «Галилей» // Вестник Камчатского государственного технического университета. 2009. Вып. 9.