

ЭЛЕКТРОННАЯ КОМПОНЕНТНАЯ БАЗА И ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ

УДК 629.056.8

АНАЛИЗ РАБОТЫ СПУТНИКОВОЙ СИСТЕМЫ В УСЛОВИЯХ ОТКЛЮЧЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ ОТ НАВИГАЦИОННЫХ СИСТЕМ НЕДРУЖЕСТВЕННЫХ СТРАН

© 2023 г. К. В. Гундоров^{1,*}, В. Н. Сулейманов¹, Д. А. Медведков¹

¹Военный инновационный технополис «ЭРА», Анапа, Россия

*E-mail: era_1@mil.ru

Поступила в редакцию 06.07.2023 г.

После доработки 06.07.2023 г.

Принята к публикации 05.10.2023 г.

Рассмотрена потенциальная возможность отключения Российской Федерации от спутниковых систем таких стран, как США, Евросоюз, Япония. Приводится краткая теоретическая справка о работе спутниковой навигации. На основе данных специализированного сервиса выявляется возможность применения спутниковых технологий в условиях отключения от ряда систем. На основании полученных данных сформулирован вывод о возможных последствиях при отключении России от некоторых систем спутниковой навигации. Особое внимание уделено перспективам использования спутниковой навигации в рамках работы Вооруженных сил Российской Федерации.

DOI: 10.56304/S2782375X23020067

ВВЕДЕНИЕ

История развития человечества неразрывно связана с движением. В древности жизнь человека напрямую зависела от успешной охоты, результат которой заключался в умении ориентироваться на местности. По мере своего становления общество осуществляло глобальные переселения народов, великие географические открытия, военные походы. Перечисленные факторы послужили причиной возникновения такой науки, как навигация.

С научно-техническим прогрессом происходило развитие данной науки, которое способствовало появлению новых методов ориентирования на местности, открытию новых направлений в навигационном обеспечении. Одним из таких научных направлений стала спутниковая навигация. Ее появление послужило толчком в развитии науки и техники, определило методику ведения боевых действий, способствовало развитию гражданской инфраструктуры (в частности, в сфере транспорта и сельского хозяйства).

Приведенные выше обстоятельства послужили причиной для создания собственных навигационных систем ряда стран: США, Россия, Китай, Япония, Индия, страны Евросоюза.

Использование спутниковых систем различных стран в гражданской сфере характеризуется высокой эффективностью применения. Поскольку большое количество спутников дает избыточность измерений, заложенные в аппаратуру

алгоритмы позволяют выбирать наиболее удачные созвездия для более точного позиционирования, и необходимость в планировании сеансов спутниковых наблюдений отпадает.

Произошедшие за последние годы военные конфликты показали, что наличие собственной спутниковой системы является важнейшим условием обороноспособности государства, так как из-за отсутствия отечественных наработок в данной сфере приходится использовать зарубежные аналоги. При этом существует большая вероятность отключения наших систем от глобальной навигационной спутниковой системы.

Актуальность данной темы заключается в том, что в связи со сложной мировой геополитической обстановкой и происходящими последними событиями имеется вероятность отключения Российской Федерации от ряда навигационных спутниковых систем, поэтому возникает необходимость в прогнозировании последствий на этот случай.

ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

Принцип работы глобальной спутниковой системы основан на определении пространственных векторов от расположенных в небе спутников и до места установки приемника (пространственная линейная засечка), при этом координаты самих спутников и параметры их орбит являются заведомо известными — координаты спутников определяются от станций наземного слежения.

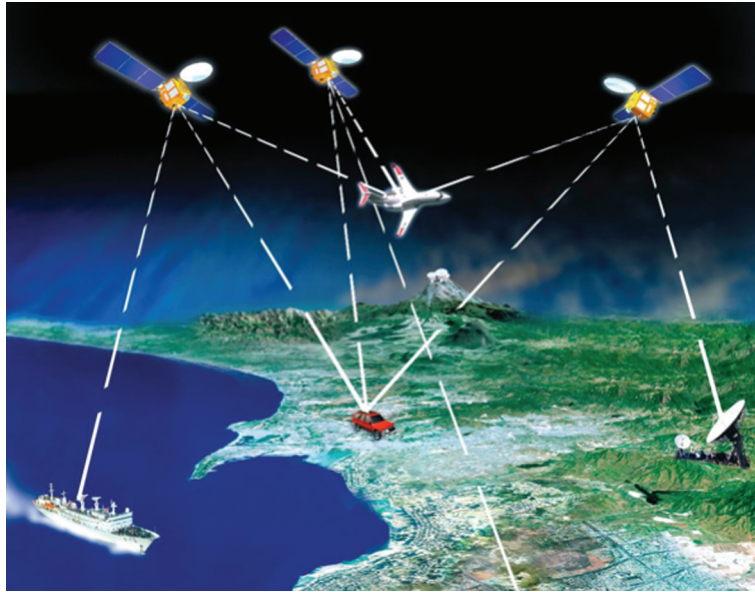


Рис. 1. Принцип работы спутниковой навигации.

Местоположение потребителя получают путем определения точки пересечения измеренных расстояний при различных положениях спутника. Поскольку местоположение потребителя определяется в трехмерных координатах, а из-за разной точности часов возникает уход их показаний, то для определения пространственного местоположения необходимо иметь минимум четыре спутника [1].

На точность геопозиционирования влияет и геометрический фактор — геометрия расположения спутников на небосводе. Прежде всего это вызвано атмосферными коррекциями, поскольку при прохождении через ионосферу сигнал замедляется, а замедление зависит от угла приемника к спутнику. Схема принципа работы представлена на рис. 1 [2].

В настоящее время существуют четыре глобальные навигационные спутниковые системы:

GPS (США), ГЛОНАСС (Россия), Galileo (Евросоюз), BeiDou (Китай). Помимо этого, имеются региональные спутниковые системы: QZSS (Япония), IRNSS (Индия). Региональные спутниковые системы зачастую применяются на локальной территории. Совместное использование перечисленных выше систем в гражданских целях позволяет иметь необходимое количество спутников в любой момент времени, а также на основе специальных алгоритмов подбирать наилучшую их конфигурацию. Основные характеристики глобальных систем приведены в табл. 1 [3].

После начала Россией специальной военной операции (СВО) на территории Украины в информационном пространстве возникали сообщения о возможном отключении России от системы GPS. Поскольку в списке недружественных стран по отношению к РФ помимо США числятся Япо-

Таблица 1. Характеристики спутниковых систем

Параметр	GPS NAVSTAR	ГЛОНАСС	GALILEO	BDS COMPASS
Начало разработки	1973	1976	2001	1983
Число НС (резерв)	31 (1)	24 (2)	27 (3)	44 (5)
Число орбитальных плоскостей	6	3	3	3
Число НС в орбитальной плоскости (резерв)	4	8 (1)	9 (1)	9
Высота орбиты (расчетная), км	20183	19100	23224	21528
Система дифференциальной коррекции	WAAS	СДКМ	EGNOS	SNAS
Точность	5 м (без DGPS)	4.5 м, 7.4 м (без DGPS)	1 м (открытый сигнал)	10 м (открытый сигнал)
Система отсчета	WGS-84	ПЗ-90.11	ETRF-00	CGCS —2000

Примечание. НС — навигационная система.

Рис. 2. Исходные данные для планирования сеанса.

ния и страны Евросоюза, в данной работе рассмотрим сценарий отключения России от навигационных систем GPS, Galileo и QZSS. На этом основании смоделирована ситуация неиспользования описанных выше систем при планировании наблюдений. Планирование наблюдений в моделируемых условиях происходило с помощью специального сервиса, который предоставлял сведения о количестве планируемых видимых спутников на определенную дату, их геометрию, а также их расположение на небосводе в определенную эпоху.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Эксперимент заключался в осуществлении планирования сеансов наблюдений с помощью открытого сервиса [4].

В качестве выбранной местности для планирования наблюдений был выбран город Северодонецк (Россия, ЛНР). Выбор данного города обусловлен проводимыми там активными боевыми действиями в рамках СВО, что позволяет судить о возможности использования спутниковых систем в военных целях при условии отключения России от систем недружественных стран (однако данное условие предполагает отсутствие радиоподавления в момент спутниковых наблюдений). Планирование осуществлялось на 5, 15, 25 августа 2022 г. с 0:00 по 0:00 ч следующего дня. Результаты планирования были получены с помощью сервиса GNSSTrimblePlaning [4].

В качестве исходных данных были внесены:

- географическая широта места (48°55'46.98" с.ш.);
- географическая долгота места (38°31'24.81" в.д.);
- высота над уровнем моря 73 м;
- угол отсечки (угол между линией горизонта и направлением на небосвод, в пределах которого отсутствует прием сигнала) 10°;

- дата предполагаемого сеанса (5 августа);
- время начала (0:00 ч);
- продолжительность наблюдений (24 ч);
- часовой пояс (на территории г. Северодонецк действует часовой пояс UTC+3);
- используемые спутниковые системы: ГЛОНАСС, IRNSS, BeiDou.

Исходные данные представлены на рис. 2.

На рис. 3–6 показаны: схема возвышения спутников над горизонтом, количество наблюдаемых спутников по часам, факторы понижения точности (**DOP**), видимость спутников по продолжительности.

На основе приведенных выше данных видно, что на всем протяжении сеанса количество наблюдаемых спутников в среднем составляет 25 штук. При этом постоянно наблюдаемых спутников (без захода за горизонт и угол отсечки) на всем протяжении наблюдается 5 штук (спутники C60, N06, I03, C05, C02). Геометрический фактор понижения точности (**PDOP**) в максимальной позиции составляет 2.1 балла, что является отличным результатом при выполнении наблюдений, который позволяет достичь геодезической точности позиционирования (с точностью до первых см). Данные результаты получены при условии, что в группировке ГЛОНАСС на данный период работает 22 из 24 спутников.

Для получения более надежных результатов и установления динамики планирование наблюдений осуществлялось 3 раза с равными временными промежутками (на 5, 15 и 25 августа). Результаты планирования на 15 августа представлены на рис. 7–9.

Из данных на 15 августа видно, что среднее количество наблюдаемых спутников составляет 27 штук, максимальная величина **PDOP** состав-

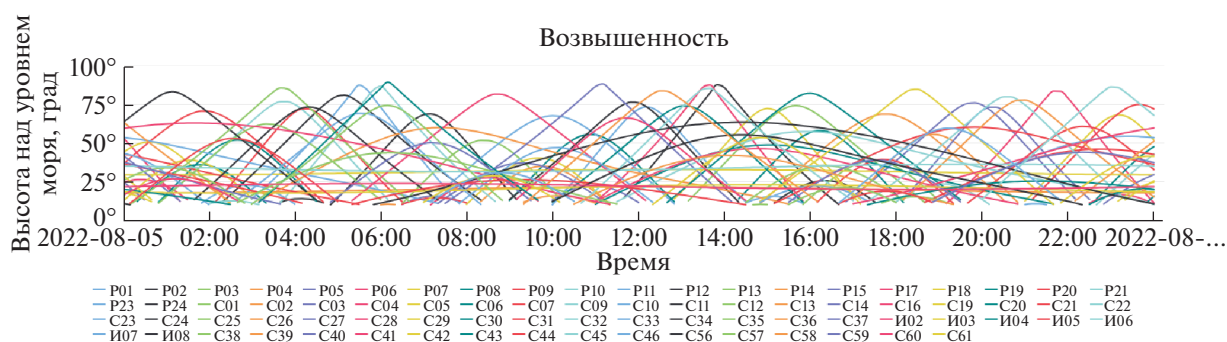


Рис. 3. Схема возвышенности спутников.

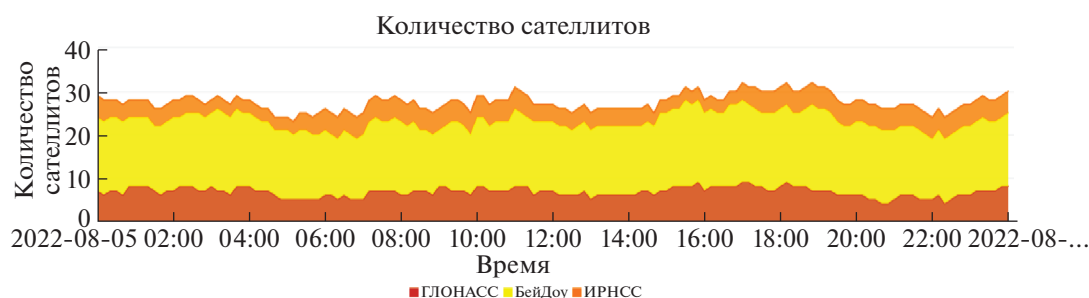


Рис. 4. Количество наблюдаемых спутников.

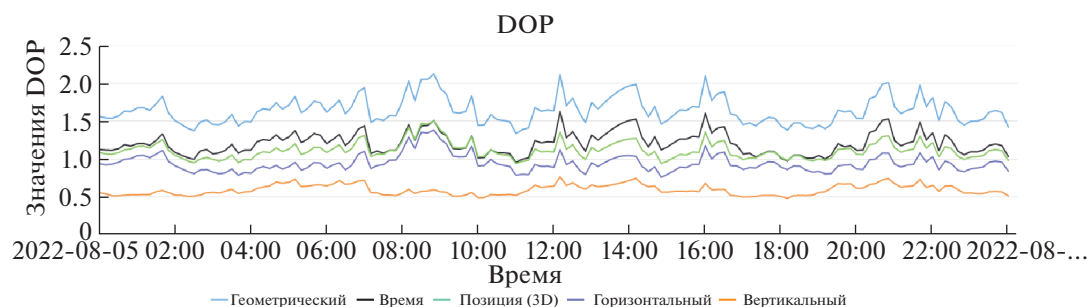


Рис. 5. Факторы понижения точности.

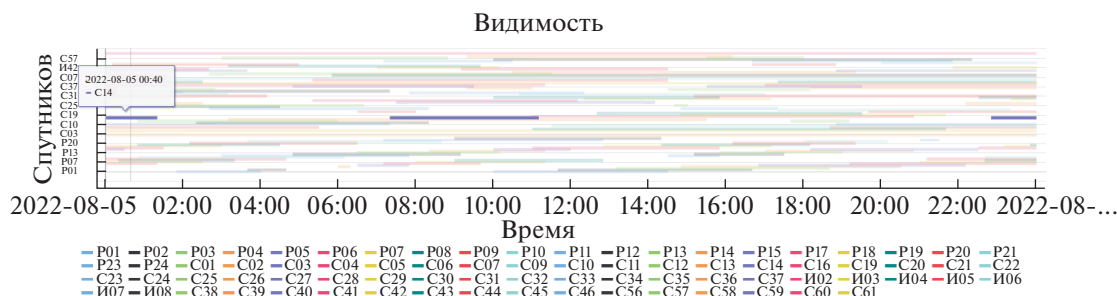


Рис. 6. Видимость спутников по часам.

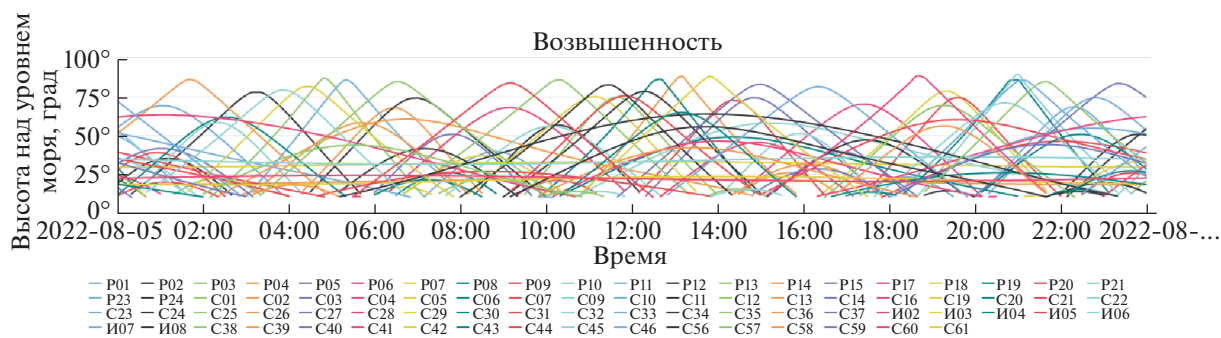


Рис. 7. Схема возвышенности спутников на 15 августа.

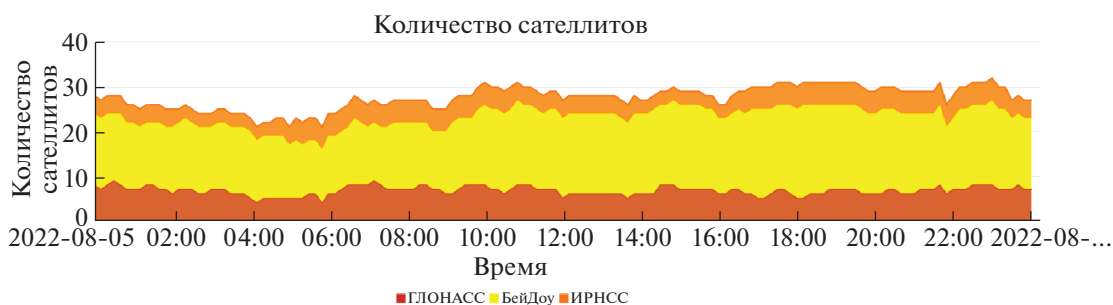


Рис. 8. Количество наблюдаемых спутников на 15 августа.

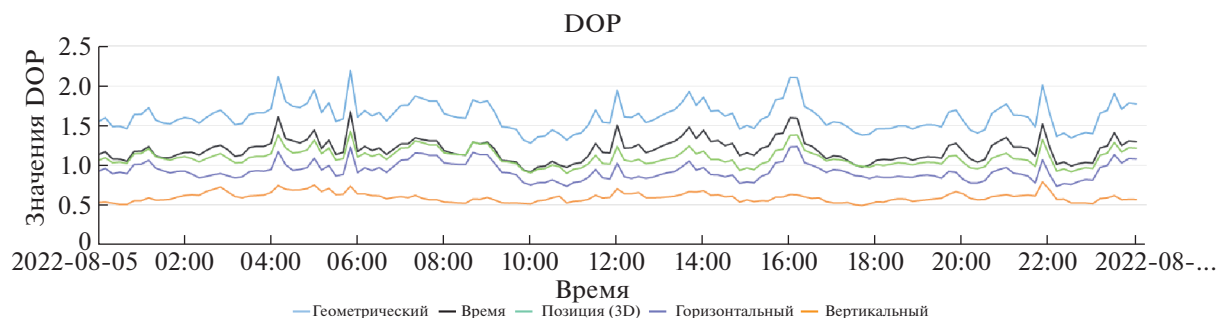


Рис. 9. Факторы понижения точности на 15 августа.

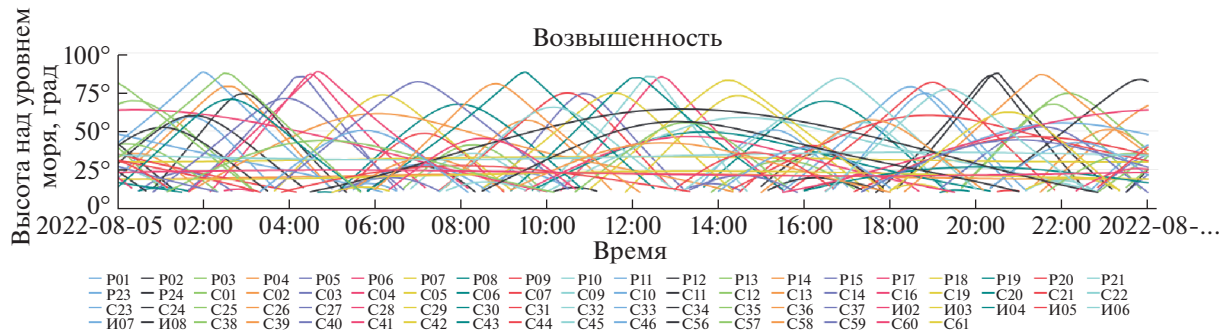


Рис. 10. Схема возвышенности спутников на 25 августа.

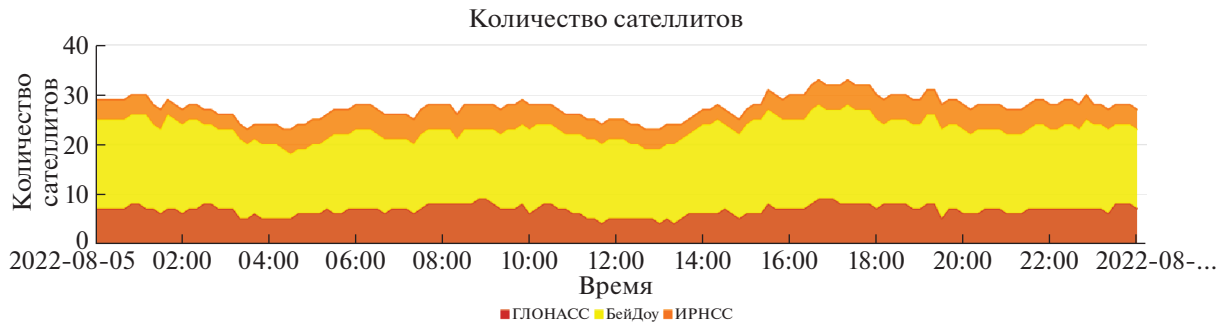


Рис. 11. Количество наблюдаемых спутников на 25 августа.

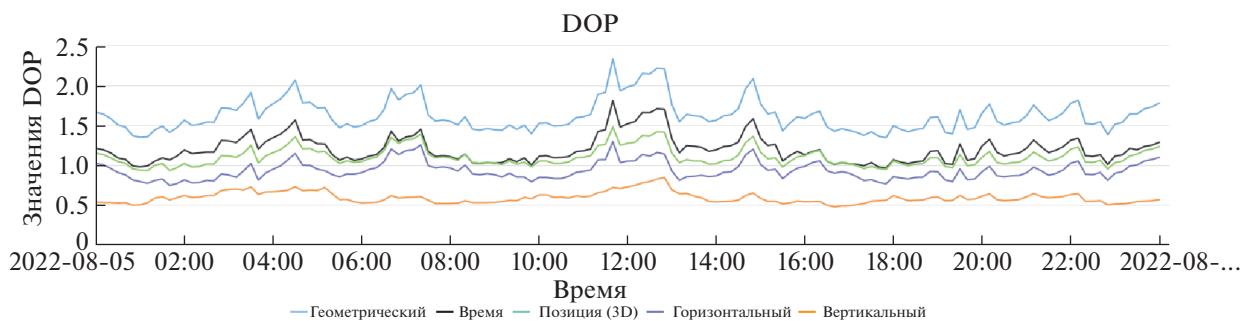


Рис. 12. Факторы понижения точности на 25 августа.

Рис. 13. Исходные данные для планирования.

ляет 2.25. Результаты планирования на 25 августа представлены на рис. 10–12.

Из данных на 25 августа видно, что среднее количество наблюдаемых спутников составляет 28, максимальная величина PDOP составляет 2.4.

Поскольку количество наблюдаемых спутников, их геометрия и видимость зависят не только от времени наблюдения, но и от места наблюдения, возникает необходимость в проверке условия на другой, более удаленной территории. В ка-

честве места выбран г. Ноябрьск, расположенный в Ханты-Мансийском автономном округе. Планирование наблюдений также осуществлялось на 5, 15 и 25 августа. Исходные данные для планирования:

- широта $63^{\circ}11'51.84''$ с.ш.;
- долгота $75^{\circ}24'11.84''$ в.д.;
- высота 114 м;
- часовой пояс UTC+5.

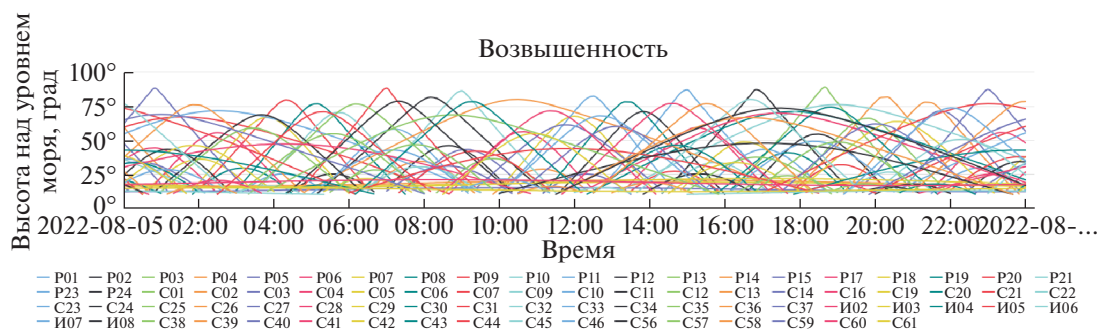


Рис. 14. Количество спутников на 5 августа (г. Ноябрьск).

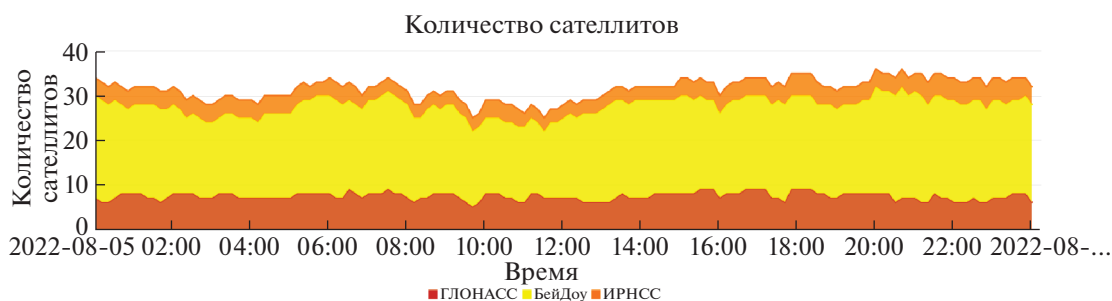


Рис. 15. Возвышение спутников на 5 августа (г. Ноябрьск).

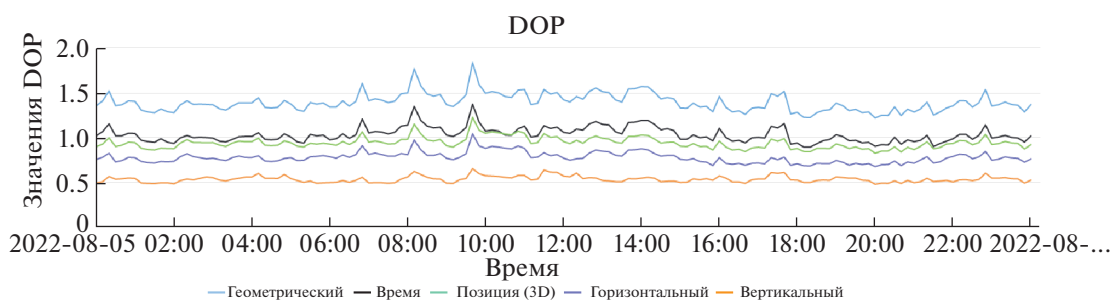


Рис. 16. Факторы понижения точности на 5 августа (г. Ноябрьск).

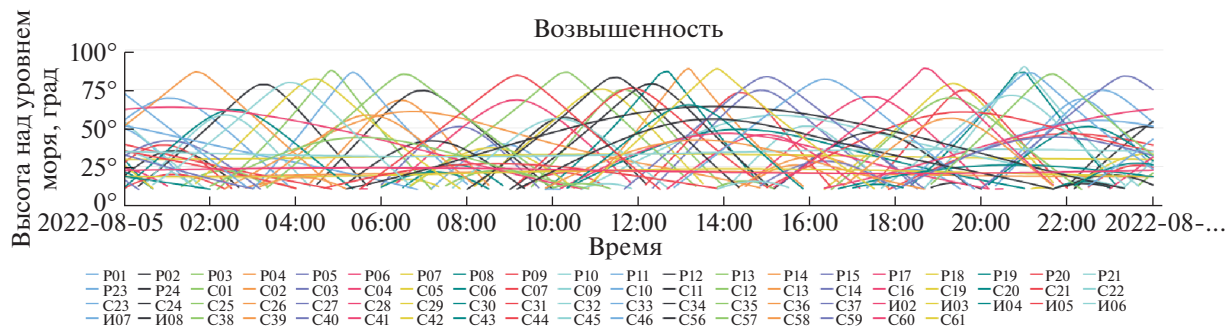


Рис. 17. Схема возвышения спутников на 15 августа (г. Ноябрьск).

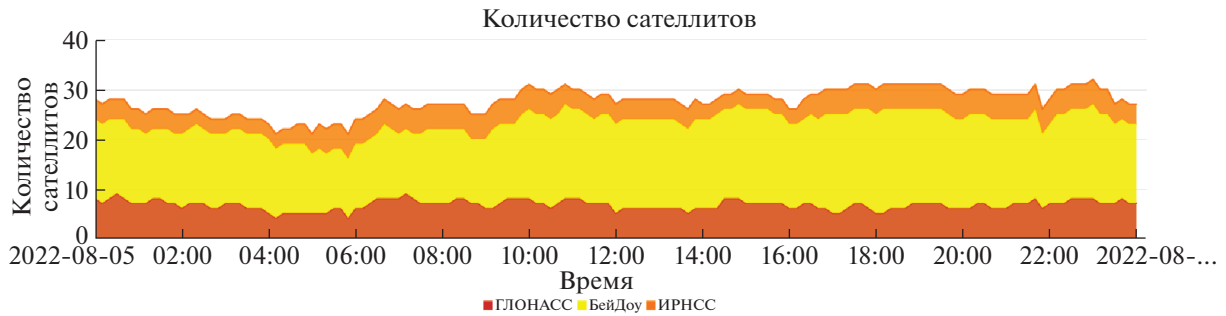


Рис. 18. Количество спутников на 15 августа (г. Ноябрьск).

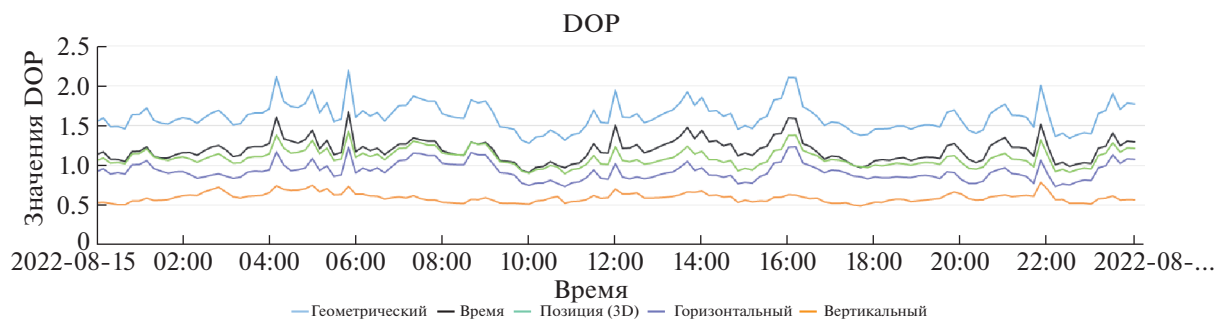


Рис. 19. Факторы понижения точности на 15 августа (г. Ноябрьск).

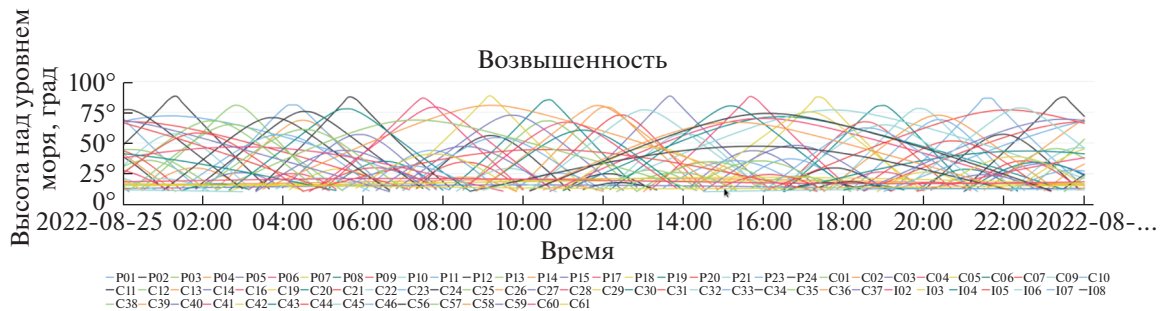


Рис. 20. Схема возвышения спутников на 25 августа (г. Ноябрьск).

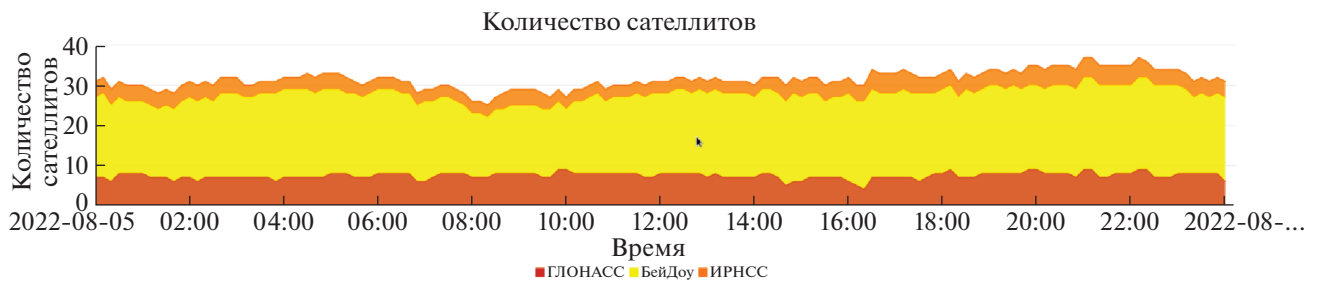


Рис. 21. Количество спутников на 25 августа (г. Ноябрьск).

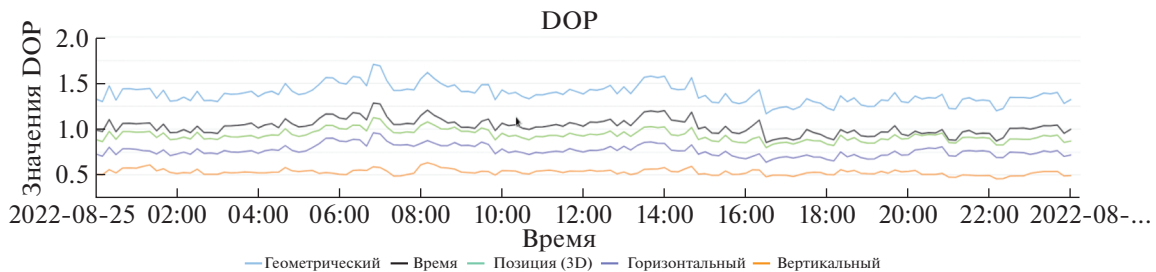


Рис. 22. Факторы понижения точности на 25 августа (г. Ноябрьск).

Данные по продолжительности, началу сеансов, углам отсечек и используемым системам остаются неизменными.

Результаты планирования на 5, 15, 25 августа приведены на рис. 13–22. Данные были получены аналогичным образом [4].

ВЫВОДЫ

Полученные данные свидетельствуют о приемлемых условиях для спутниковых наблюдений на территории г. Северодонецка в условиях отключения России от спутниковых систем недружественных стран. Полученные условия наблюдений (фактор понижения точности, количество спутников и их видимость) позволяют достичь геодезической точности при наблюдениях (до первых см).

Исходя из этого можно сделать вывод, что при отключении России от спутниковых систем недружественных стран пользование спутниковой навигацией не изменится: задачи геодезического и навигационного обеспечения войск при выполнении СВО будут решены при помощи спутниковых систем России, Китая и Индии (ГЛОНАСС, BeiDou, IRNSS).

По данным планирования на территорию г. Ноябрьск показаны отличные результаты предполагаемых наблюдений: среднее количество наблюдаемых спутников составляет около 30 штук, фактор понижения точности практически не пре-

вышает 2 баллов, что свидетельствует о благоприятной геометрии спутников.

Представлен анализ работы спутниковых систем в условиях отключения Российской Федерации от спутниковых систем GPS (США), Galileo (Евросоюз), QZSS (Япония). Анализ осуществлялся по данным планирования сеансов спутниковых наблюдений на разные территории через равные временные промежутки. Результаты планирования показали, что использование спутниковых систем в условиях отключения от систем недружественных стран не скажется на точности и качестве спутниковых наблюдений, поскольку оставшиеся системы удовлетворяют основным требованиям по минимальному количеству и геометрии спутников.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Антонович К.М. // Использование спутниковых радионавигационных систем в геодезии в 2 т. Т. 2. Монография. М.: ФГУП «Картгеоцентр», 2005. С. 334.
2. Погрешности навигационных решений спутниковых систем // «ГЛОНАСС-иак». <https://glonass-iac.ru>
3. Данные о навигационных системах // «Студреф». <https://studref.com>
4. Специализированный сервис планирования наблюдений «GNSSPlaning» // «GNSSTrimblePlaning». <https://gnssplanning.com>