

УДК 621.39

DOI: [10.26102/2310-6018/2025.51.4.001](https://doi.org/10.26102/2310-6018/2025.51.4.001)

## Анализ современного состояния и особенностей использования спутниковой связи в Арктической зоне РФ

М.Г. Кокорич✉, Н.В. Носкова, Е.О. Рускова

*Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики,  
Новосибирск, Российская Федерация*

**Резюме.** В статье рассмотрены вопросы доступности спутниковой связи в Арктической зоне Российской Федерации. Приведены сведения о действующих системах спутниковой связи, число которых в настоящее время ограничено из-за санкций и географических особенностей региона. После анализа фактически доступных систем спутниковой связи отмечается, что системы спутниковой связи с использованием геостационарной орбиты (ГСО) в настоящее время являются безальтернативным вариантом предоставления услуг передачи данных. Дан анализ проблем, характерных для использования геостационарной орбиты в условиях высоких широт, сделан обзор российских геостационарных спутников и условий их применения в Арктике с учетом зон покрытия лучей и диапазонов частот. Приведен результат расчета геометрических соотношений при организации связи спутника на ГСО с земными станциями в Арктическом регионе. Для дальнейшего исследования качества связи в самых северных участках региона рассчитан диапазон значений наклонной дальности и угла места, характерных для акватории Северного морского пути. Приведены результаты расчетов требуемого удаления земной станции от наземных объектов, позволяющие рационально расположить земную станцию как с точки зрения обеспечения прямой видимости спутника и требуемого угла места, так и для снижения шумовой температуры приемника.

**Ключевые слова:** спутниковая связь, геостационарная орбита, Арктический регион, угол места, наклонная дальность.

**Благодарности:** Исследование проведено в рамках Государственного задания Сибирского государственного университета телекоммуникаций и информатики, утвержденного Министерством цифрового развития, связи и массовых коммуникаций РФ, соглашение № 071-00003-25-00, 25.12.2024. «Разработка алгоритмов позиционирования для автономных объектов и анализ условий применения систем спутниковой связи с использованием геостационарной орбиты в условиях Крайнего Севера и акватории Северного морского пути».

**Для цитирования:** Кокорич М.Г., Носкова Н.В., Рускова Е.О. Анализ современного состояния и особенностей использования спутниковой связи в Арктической зоне РФ. *Моделирование, оптимизация и информационные технологии*. 2025;13(4). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=2018> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.001

## Analysis of the current state and specificities of satellite communication usage in the Arctic zone of the Russian Federation

M.G. Kokorich✉, N.V. Noskova, E.O. Ruskova

*Siberian State University of Telecommunications and Information Science, Novosibirsk,  
the Russian Federation*

**Abstract.** This paper examines the availability of satellite communications in the Arctic zone of the Russian Federation. It provides information on existing satellite communications systems, the number of which is currently limited due to sanctions and the geographic features of the region. After analyzing the actually available satellite communications systems, it is noted that satellite communications systems

using the geostationary orbit (GEO) are currently the only option for providing data transmission services. An analysis of the problems typical of using the geostationary orbit in high-latitude conditions is given; an overview of Russian geostationary satellites and the conditions of their use in the Arctic is made, taking into account the coverage areas of the beams and frequency ranges. The result of calculating the geometric relationships when organizing communications between a satellite in GEO and earth stations in the Arctic region is given. For further study of the quality of communication in the northernmost parts of the region, the range of slant range and elevation angle values typical for the waters of the Northern Sea Route is calculated. The results of calculations of the required distance of the earth station from ground objects are presented, allowing for rational placement of the earth station both from the point of view of ensuring direct visibility of the satellite and the required elevation angle, and for reducing the noise temperature of the receiver.

**Keywords:** satellite communication, geostationary orbit, Arctic region, elevation angle, slant range.

**Acknowledgments:** The study was conducted within the framework of the State Assignment of the Siberian State University of Telecommunications and Information Science, approved by the Ministry of Digital Development, Communications and Mass Media of the Russian Federation, agreement No. 071-00003-25-00, December 25, 2024. "Development of positioning algorithms for autonomous objects and analysis of the conditions for using satellite communication systems using a geostationary orbit in the Far North and the Northern Sea Route".

**For citation:** Kokorich M.G., Noskova N.V., Ruskova E.O. Analysis of the current state and specificities of satellite communication usage in the Arctic zone of the Russian Federation. *Modeling, Optimization and Information Technology*. 2025;13(4). (In Russ.). URL: <https://moitvivr.ru/ru/journal/pdf?id=2018> DOI: 10.26102/2310-6018/2025.51.4.001

## Введение

Развитие Арктической зоны РФ вот уже долгие годы является одним из приоритетных направлений Российской политики, что отражено в ряде документов высшего уровня: Стратегия развития Арктической зоны Российской Федерации и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года, Указ Президента РФ от 5 марта 2020 года № 164 «Об Основах государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2035 года» (редакция от 21 февраля 2023 года).

Согласно Указу Президента РФ от 2 мая 2014 г. № 296 «О сухопутных территориях Арктической зоны Российской Федерации», Арктическая зона РФ – это сухопутные территории, определенные, а также прилегающие к этим территориям внутренние морские воды, территориальное море, исключительная экономическая зона и континентальный шельф Российской Федерации.

Повышенное внимание к Арктике обусловлено как политическими, так и экономическими факторами. Помимо запасов углеводородов как на материке, так и на шельфе Северного Ледовитого океана, все большее внимание уделяется развитию транспортной инфраструктуры, особенно акватории Северного морского пути (СМП), актуальность которого возрастает под воздействием климатических изменений, темп которых в Арктике выше, чем в целом в мире. Причем в Указе Президента РФ от 5 марта 2020 года № 164 отдельно отмечается отставание сроков развития инфраструктуры Северного морского пути (СМП) от сроков реализации экономических проектов в Арктической зоне. Сложности в реализации арктических проектов очевидны и обусловлены объективными причинами: критически сложные климатические условия, низкая плотность населения, как следствие низкий и неравномерный уровень развития транспортной и телекоммуникационной инфраструктуры.

Вопросам развития телекоммуникационных сетей Арктического региона уделяется большое внимание в профессиональном сообществе. Так, с 2012 года проводится конференция «Связь на Русском Севере», где все заинтересованные лица и

компании имеют возможность обсуждать проблемы и делиться опытом строительства и эксплуатации телекоммуникационных сетей в экстремальных условиях Арктики. Это касается всех направлений: оптических и радиорелейных линий связи, цифрового телевизионного вещания, коротковолновой и спутниковой радиосвязи.

Очевидно, что использование спутниковых систем связи является самым оперативным способом подключения удаленных объектов к Российской и глобальной телекоммуникационной сети. Это открывает возможности решения множества технологических и социальных вопросов для различных групп пользователей: объекты нефтегазового комплекса, морские суда, объекты Минобороны и ФСБ России, удаленные поселения, метеорологические и навигационные станции и многое другое.

На данный момент число систем спутниковой связи, предоставляющих услуги на национальном и глобальном уровне, велико и продолжает расти. Однако сложившаяся санкционная политика некоторых стран в отношении России поставила под запрет использование таких глобальных низкоорбитальных систем спутниковой связи, как Globalstar, OneWeb, Starlink, что дало толчок комплексной программе развития космической информационной инфраструктуры России «Сфера» с оптимистичным сценарием сроков развертывания орбитальных группировок до 2030 года.

Целью исследования, приведенного в статье, является определение систем спутниковой связи, пригодных для организации передачи данных, в условиях высоких широт РФ и их ограничений на использование.

Для достижения данной цели необходимо последовательно решить следующие задачи:

- 1) Рассмотреть системы спутниковой связи, фактически доступные для российских пользователей в Арктическом регионе;
- 2) Выделить системы, предоставляющие услуги передачи данных и не подверженные санкционным рискам;
- 3) Определить ограничения на организацию спутникового радиоканала с точки зрения обеспечения требуемой зоны видимости, минимальных углов места в месте расположения земных станций и влияния наземных объектов;
- 4) Определить пределы изменения геометрических параметров спутниковой линии связи для дальнейших исследований энергетических соотношений в условиях высоких широт.

## Материалы и методы

В качестве исходных материалов для исследования использованы актуальные сведения и практический опыт применения систем спутниковой связи, работающих в Арктических регионах РФ в настоящее время. Анализ проведен исходя из их географической доступности в рассматриваемом регионе, перечня предоставляемых услуг и сложившейся политико-экономической обстановки.

### 1. Система спутниковой связи Iridium.

Iridium обеспечивает глобальное покрытие поверхности Земли включая полярные районы, причем использование межспутниковых каналов позволяет поддерживать связь, даже над территориями без наземных шлюзовых станций. Несмотря на санкции Iridium продолжает работать в России и активно используется для голосовой связи (в том числе защищенной), для морских и авиационных сервисов, передачи SMS-сообщений, передачи данных со скоростью, заявленной оператором [1] от 176 Кбит/с до 704 Кбит/с.

В низкоорбитальной системе Iridium используются 75 спутников, из которых 66 являются основными и 9 – резервными. На территории РФ располагается станция сопряжения наземного и космического сегментов со спутниками Iridium NEXT в г. Ижевске [2].

Стабильная зона покрытия на данный момент не имеет альтернатив для Российского Севера, что делает Iridium востребованным в морских перевозках, для полярных экспедиций, для мониторинга транспорта и нефтяных платформ, а также для путешественников в малонаселенных районах.

Тем не менее, санкционное давление сказывается и здесь: с 2022 года компанией Iridium официально прекращены поставки новых терминалов, абоненты, подключенные до 2022 года, могут испытывать проблемы с обновлением программного обеспечения терминалов. Подключение новых абонентов и активация SIM-карт ведется через третьи страны, что не соответствует правилам Роскомнадзора по регистрации спутниковых терминалов и телефонов.

## 2. Система спутниковой связи Inmarsat

Inmarsat по-прежнему остается одной из самых надежных спутниковых систем связи в России, особенно для морских, авиационных и удаленных наземных пользователей. Оператор обеспечивает стабильное соединение в Арктике на широтах не выше 75 градуса северной широты [2].

Перечень доступных сервисов достаточно широк:

- Телефонная связь с использованием терминалов IsatPhone 2 и IsatPhone Pro.
- Судовые терминалы Fleet One, позволяющие получать метеорологическую и картографическую информацию, передавать сообщения по протоколу IP.
- Передача данных BGAN (Broadband Global Area Network) с заявленной скоростью до 492 Кбит/с
- Текстовые сообщения и безопасность (GMDSS – глобальная морская система связи при ЧС) в рамках системы Inmarsat-C.
- связь Classic Aero и JetConnekt для пилотов и пассажиров корпоративной авиации.
- Телеметрия, сбор информации и удаленный контроль объектов – Inmarsat M2M.

Тем не менее со 2 марта 2022 года Inmarsat официально приостановил продажи новых терминалов и SIM-карт российским клиентам, отключение коснулось и российских авиакомпаний, сервис FleetBroadband работает без официальной поддержки. Подключение новых абонентов осуществляется через параллельный импорт.

## 3. Система спутниковой связи «Гонец»

«Гонец» – российская низкоорбитальная спутниковая система связи, использующая околополярную орбиту на высоте 1500 км. Зона покрытия является потенциально глобальной, однако активное использование сосредоточено над территорией России, где расположены 7 региональных шлюзовых станций. Отличительной особенностью является стабильное покрытие в высоких широтах [3].

Возможности предоставления услуг ограничены низкими скоростями передачи информации в спутниковом канале связи. Так, на данный момент это [4]:

- Передача коротких сообщений до 768 байт.
  - Пакетная передача данных до 9,6 кБит/с.
  - Передача данных ГЛОНАСС/GPS.
  - Циркулярное оповещение в случаях ЧС.
  - Ретрансляция телеметрии, данных дистанционного зондирования Земли и данных Росгидромета.
- Возможна голосовая связь на устройствах Гонец-Д1.

Система «Гонец» входит в состав федерального проекта «Сфера» и в настоящее время ведется подготовка к запуску новой группировки «Гонец-М1» с более качественными характеристиками. Планируется расширение орбитальной группировки

до 28 спутников с сохранением орбиты 1500 километров, планируется 24 рабочих спутника, 4 спутника в резерве [5, 6].

Для нового поколения спутников «Гонец-М1» предусматривается значительное увеличение пропускной способности и продление срока службы до 10 лет [4]. Проект «Сфера» предусматривает развертывание наземного и космического сегментов до конца 2029 года, причем это будет плавный переход с сохранением обслуживания. Это позволит существенно увеличить общую пропускную способность системы и начать обслуживание новых сегментов потребителей, а также снизит ожидание сеанса связи.

#### 4. Геостационарные спутники.

Спутники на геостационарной орбите (ГСО) обеспечивают большую пропускную способность, и применяются во многих сферах, но их использование в Арктике ограничено ввиду низкого угла места, с которым приходит спутниковый сигнал в точку приема, что сильно затрудняет связь в высоких широтах [7]. Сложности начинаются на широтах выше  $75^{\circ}$  с. ш., а выше  $81^{\circ}$  с. ш. связь отсутствует ввиду невидимости геостационарной орбиты из-за горизонта.

Из-за того, что спутник находится над экватором, его сигнал падает под очень маленьким углом к горизонту. Это приводит к сильному затуханию, снижению мощности сигнала у поверхности Земли и, как следствие, к ухудшению отношения сигнал/шум. Значительно возрастает чувствительность спутникового канала связи к погодным условиям, что требует применения антенн с большим диаметром, чем в средних широтах. В России представлены основные геостационарные системы «Экспресс» и «Ямал», параметры и зоны покрытия которых представлены на официальных сайтах ФГУП «Космическая связь» и АО «Газпром космические системы», соответственно. Данные орбитальные группировки предоставляют услуги связи в арктических регионах, но эффективность у них очень ограничена [8].

Несмотря на перечисленные выше сложности, геостационарные спутники используются в доступных для этого зонах Арктического региона для обеспечения передачи данных, телефонной связи, мониторинга и телевизионного вещания (для доставки мультиплексов РТРС и индивидуального приема). Более того, на данный момент это немногие отечественные системы спутниковой связи, стабильно работающие в режиме непрерывной передачи данных.

Эффективность работы спутников на ГСО во многом определяется особенностями расположения спутников относительно наземных приемников. В условиях высоких широт возникают специфические задачи, связанные с углами места, зоной покрытия и качеством сигнала, что требует детального анализа геометрических соотношений при организации связи. В связи с этим особое внимание уделяется изучению параметров взаимодействия спутников на ГСО с наземными станциями в Арктике, что является ключевым аспектом для обеспечения устойчивой и надежной коммуникации в данном регионе.

Возможность применения конкретного геостационарного спутника на заданной территории определяется расположением луча, проецируемого на земную поверхность. Так, российские спутники на ГСО расположены от  $11^{\circ}$  з. д. до  $183^{\circ}$  в. д., охватывая все восточное полушарие. В Таблице 1 приведены российские спутники по долготе с запада на восток.

Используя данные операторов геостационарных спутников с официальных сайтов, проведен анализ зон покрытия спутников «Экспресс» и «Ямал», которые охватывают Арктический регион, при этом ориентировка производилась на официальную карту акватории Северного морского пути, представленную на официальном сайте ФГУБ Главсевморпути, как наиболее сложную арктическую территорию для организации спутниковой связи с помощью терминалов типа морской

VSAT. Предварительно определено, что на рассматриваемой территории невозможно применение Ка диапазона в силу особенностей ориентации лучей, а число доступных лучей С и Ки диапазонов ограничено.

Таблица 1 – Точки стояния спутников Ямал и Экспресс  
Table 1 – The orbital positions of the Yamal and Express satellites

Тип спутника	Точка стояния
Экспресс-АМ44	11° з. д.
Экспресс-АМ8	14° з. д.
Экспресс-АМУ1	36° в. д.
Ямал-601	49° в. д.
Экспресс-АМ6	53° в. д.
Ямал-402	54,90° в. д.
Экспресс-АТ1	56° в. д.
Экспресс-80	80° в. д.
Ямал-401	89,95° в. д.
Экспресс-103	96,5° в. д.
Экспресс-АМУ3	103° в. д.
Экспресс-АТ2	140° в. д.
Экспресс-АМУ7	145° в. д.
Ямал-202	163,5° в. д.
Ямал-300к	182,95° в. д.

Для наведения антенны на геостационарный искусственный спутник Земли (ИСЗ) в пределах известной зоны обслуживания спутника, антенну необходимо установить по геометрическим соотношениям: азимуту ( $A_3$ ) и углу места ( $\beta$ ). При этом однозначно определяется и длина пути прохождения сигнала, называемая наклонной дальностью (линия  $d$ ) – расстояние между точкой расположения земной станции (ЗС) и точкой расположения спутника (точка ИСЗ ГСО)<sup>1,2</sup>.

Для вычисления длины пути  $d$  используется выражение:

$$d = R_3 \frac{\sqrt{1 + \gamma_0^2 - 2 \cdot \gamma_0 \cdot \cos \psi}}{\gamma_0}, \quad (1)$$

где  $R_3 = 6370$  км – радиус Земли<sup>1</sup> [9];

$$\gamma_0 = \frac{R_3}{R_3 + H} = 0,1511, \quad (2)$$

где  $H = 35794$  км – высота геостационарной орбиты.

Значение параметра  $\cos \psi$  рассчитывается по формуле:

$$\cos \psi = \cos \phi_{зс} \cdot \cos \Delta \lambda, \quad (3)$$

где  $\Delta \lambda$  – определяется из выражения:

$$\Delta \lambda = \lambda_{зс} - \lambda_{сп}, \quad (4)$$

где  $\lambda_{зс}$  – долгота расположения земной станции,  $\lambda_{сп}$  – орбитальная позиция выбранного спутника,  $\phi_{зс}$  – широта расположения земной станции.

Значение угла места можно определить из выражения [9, 10]:

<sup>1</sup> Камнев В.Е., Черкасов В.В., Чечин Г.В. *Спутниковые сети связи*. Москва: Альпина Паблишер; 2004. 536 с.

<sup>2</sup> Кантор Л.Я., Аскинази Г.Б., Быков В.Л. *Спутниковая связь и вещание*. Москва: Радио и связь; 1988. 342 с.

$$\beta = \arctg\left(\frac{\cos\psi - \gamma_0}{\sqrt{1 - \cos^2\psi}}\right). \quad (5)$$

Величины наклонной дальности и угла места являются важными параметрами при энергетическом расчете спутниковой линии связи, так как определяют ослабление сигнала при распространении от ИСЗ до земной станции.

Так, для самых северных участков можно использовать ИСЗ «Ямал» и «Экспресс», причем целесообразно использовать спутники с точкой стояния, максимально близкой к долготе ЗС.

### Результаты и обсуждение

Для выбора ИСЗ на ГСО значение угла места считается определяющим, так как при угле места меньше пяти градусов прием сигнала затруднен из-за резкого роста ослабления в атмосфере, возможности затенения спутника наземными объектами и роста атмосферных шумов и помех.

В качестве примера приведен один из самых сложных участков расчета – полуостров Таймыр с координатами 74,66° с. ш., 99,05° в. д.

В настоящее время полуостров Таймыр – наименее освоенный регион РФ из-за практически полного отсутствия дорог, заболоченности и низкой концентрации населения.

При этом полуостров богат минерально-сырьевыми базами: залежи нефти, газа, молибдена, и другие, геологическая изученность которых тормозится отсутствием стабильной связи [11]. Администрация региона развивает национальный туризм, который также невозможен без устойчивых систем связи [12]. Помимо этого, предполагается использование систем связи для обеспечения безопасности в тундре.

При вычислении значений использованы формулы для геометрических соотношений между спутниками на ГСО и точками на земной поверхности.

Как видно из Таблицы 2, для точки с координатами 74,66° с. ш., 99,05° в. д. выбор доступных спутников ограничен, тем более с учетом рекомендованных практиками углов места не менее пяти градусов.

Таблица 2 – Расчет углов места и наклонной дальности для полуострова Таймыр  
Table 2 – Calculation of elevation angles and sloping range for the Taimyr Peninsula

Тип ИСЗ	Точка стояния ИСЗ	Угол места, град.	Наклонная дальность, км	Доступные диапазоны частот
Экспресс-АМ44	11° з. д.	–	42587	С и Ku
Экспресс-АМ8	14° з. д.	–	42500	С и Ku
Экспресс-АМУ1	36° в. д.	–	41881	Ка и Ku
Ямал-601	49° в. д.	1,5	41559	С и Ка
Экспресс-АМ6	53° в. д.	2,2	41470	С и Ku
Ямал-402	54,90° в. д.	2,5	41430	Ku
Экспресс-АТ1	56° в. д.	2,7	41407	Ku
Экспресс-80	80° в. д.	6	41037	С и Ku
Ямал-401	89,95° в. д.	6,7	40964	С и Ku
Экспресс-103	96,5° в. д.	6,8	40994	С и Ku
Экспресс-АМУ3	103° в. д.	6,8	40946	С и Ku
Экспресс-АТ2	140° в. д.	3,1	41365	Ku
Экспресс-АМУ7	145° в. д.	2,2	41468	С и Ku
Ямал-202	163,5° в. д.	–	41919	С
Ямал-300к	182,95° в. д.	–	42467	С и Ku

В рамках исследования аналогичные расчеты проведены для характерных точек по пути следования маршрута СМП (всего 22 точки), выделены российские ИСЗ, обеспечивающие максимально возможные углы места для различных участков СМП.

Из проведенных расчетов для дальнейших исследований получен диапазон значений углов места (1–25 градусов) и наклонной дальности (39079–41585 км), которые наблюдаются в Арктической зоне РФ.

Как указано выше, при малых углах места вероятно затенение спутника наземными препятствиями. При этом необходимо учитывать не только возможность/невозможность наведения антенны на спутник, но и вклад топографических объектов в шумовую обстановку и, как следствие, ухудшение отношения сигнал/шум на входе приемника земной станции.

Основными источниками затенения являются [13]:

- поперечный уклон почвы (крен) относительно направления приема и продольный уклон с понижением уровня почвы в направлении приема повышают шумовую добротность приемной антенны
- существование холмов или других топографических возвышенностей на земной поверхности приводит к увеличению шумовой температуры (ШТ) антенны;
- попадание в «красную» зону инженерных сооружений (строительные объекты, линии электропередач и т. д.) приводит к дополнительному увеличению ШТ антенны по сравнению с первым случаем, т. к. такие объекты имеют более высокие шумовые характеристики.

Для исключения данных явлений необходимо соблюдение расстояния между земной станцией и объектом на земной поверхности (Рисунок 1).

Используя геометрию взаимного расположения объекта известной высоты  $H$  на удалении  $R$  от земной станции можно построить графики зависимости угла поднятия на объект  $\alpha$  от расстояния  $R$  до него. На Рисунке 2 приведен пример для препятствий с высотой 20, 50 и 100 метров.

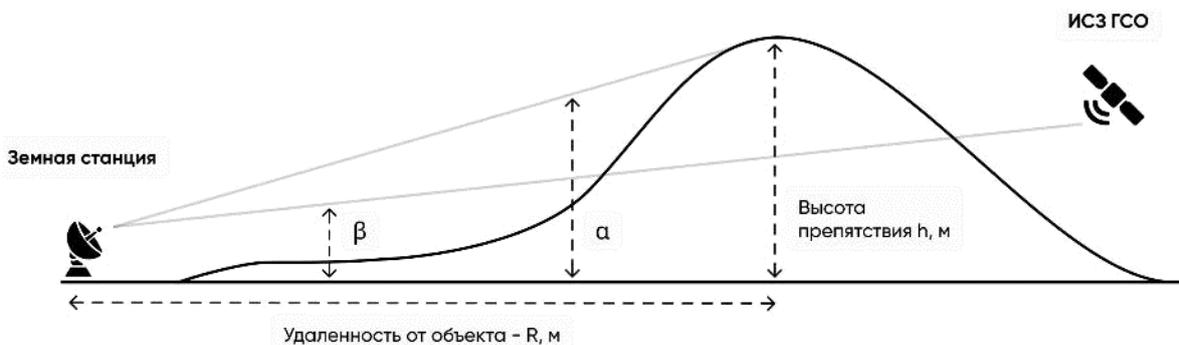


Рисунок 1 – Пояснение эффекта «затенения» спутника  
 Figure 1 – Explanation of the satellite "shading" effect

Таким образом, зная угол места, необходимый для наведения антенны на известный спутник можно выяснить, на каком расстоянии от объекта можно размещать антенну земной станции, чтобы исключить затенение спутника препятствием.

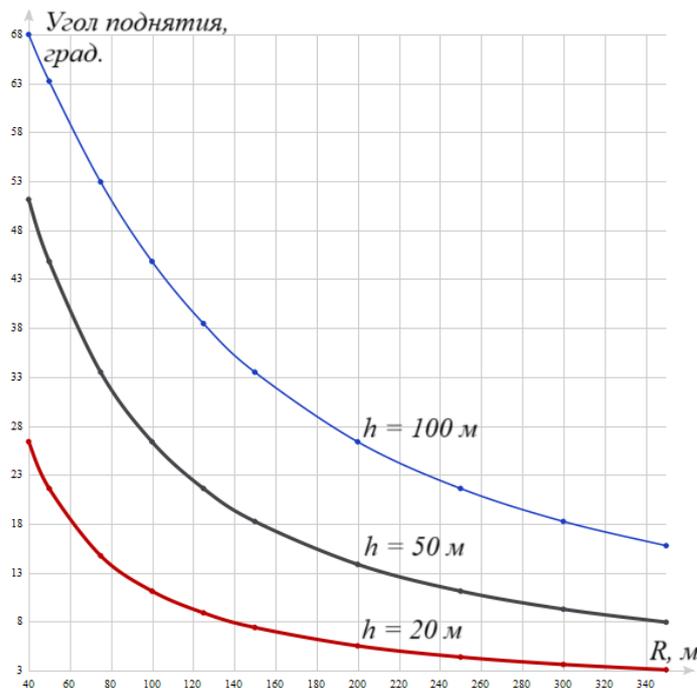


Рисунок 2 – Зависимость угла поднятия от расстояния между ЗС и препятствием  
Figure 2 – The dependence of the elevation angle on the distance between the PC and the obstacle

Как видно из Рисунка 2, работа при малых углах места требует относить земную станцию спутниковой связи от препятствия на значительное расстояние даже при малой высоте объекта. Так, при необходимости работы со спутником на ГСО с углом места 13 градусов требуемое расстояние от объекта высотой 20 метров составляет 82 метра, а от объекта высотой 50 метров – свыше 200 метров.

Таким образом, систематизация сведений о спутниках на ГСО в условиях высоких широт и особенностях обеспечения максимально возможных углов места и прямой видимости для земных станций является определяющим, но не окончательным условием для успешного установления соединения. Полученные результаты являются основой для энергетического расчета спутниковой радиолинии, что позволит определить минимальные системные требования для земных станций спутниковой связи и обеспечения требуемой скорости передачи информации.

### Заключение

Несмотря на многообразие систем спутниковой связи в мире, Арктический регион России остается в сложной ситуации с точки зрения доступной широкополосной спутниковой связи. Это обусловлено как географическими, так и политическими причинами. В ожидании реализации отечественных проектов, аналогов Starlink, геостационарные орбиты остаются единственным вариантом доступа к сети интернет для множества частных и корпоративных клиентов. Разработка рекомендаций по выбору геостационарных спутников, мест установки земных станций и определению их режима работы является способом преодолеть объективные проблемы и использовать ресурсы ГСО.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ / REFERENCES

1. Жильцова В.В., Бочарова В.В. Современные спутниковые системы связи. В сборнике: *Морские исследования на Дальнем Востоке: сборник докладов VII научно-практической конференции, 19 ноября 2024 года, Владивосток, Россия*. Владивосток: Морской государственный университет имени адмирала Г.И. Невельского; 2024. С. 89–92.  
Zhilczova V.V., Bocharova V.V. Modern Satellite Communication Systems. In: *Morskie issledovaniya na Dal'nem Vostoke: sbornik dokladov VII nauchno-prakticheskoi konferentsii, 19 November 2024, Vladivostok, Russia*. Vladivostok: Morskoi gosudarstvennyi universitet imeni admirala G.I. Nevel'skogo; 2024. P. 89–92. (In Russ.).
2. Сухоручкина И.Н., Сухоручкина А.А. Информационно-технологическое обеспечение сетей электросвязи России для интеграции глобальных сетей связи Евразии. *Научно-техническая информация. Серия 1: Организация и методика информационной работы*. 2023;(4):25–33. <https://doi.org/10.36535/0548-0019-2023-04-4>  
Sukhoruchkina I.N., Sukhoruchkina A.A. Information Technology Support for Telecommunication Networks in Russia for the Integration of Global Communication Networks in Eurasia. *Scientific and Technical Information Processing*. 2023;(4):25–33. (In Russ.). <https://doi.org/10.36535/0548-0019-2023-04-4>
3. Гриценко А.А. Аспекты практического применения систем спутниковой связи в интересах морских служб. *Connect*. 2022;(11–12):74–80.
4. Жаров А. Многофункциональная система персональной спутниковой связи «Гонец-Д1М»: состояние и перспективы развития. *Технологии и средства связи*. 2013;(6–2):72–78.  
Zharov A. Multifunctional System for Personal Satellite Communication Gonets-D1M: Current State and Prospects. *Communication Technologies & Equipment*. 2013;(6–2):72–78. (In Russ.).
5. Черенков П.Г., Манойло А.В., Диордиев М.Н. Развитие цифровых сервисов спутниковой системы «Гонец». В сборнике: *Созвездие Роскосмоса: траектория науки: материалы II Отраслевой научно-практической конференции, 04–06 октября 2023 года, Красноярск, Россия*. Красноярск: Сибирский государственный университет науки и технологий имени академика М.Ф. Решетнева; 2023. С. 21.
6. Беков С.А. Российская спутниковая система «Гонец». В сборнике: *Погружение в науку: материалы региональной молодежной научной конференции проводимой в рамках проекта «Школа молодежных научных исследований «Ты сможешь как я» при поддержке Ростовского государственного экономического университета (РИНХ), 14 июня 2024 года, Ростов-на-Дону, Россия*. Ростов-на-Дону: Ростовский государственный экономический университет; 2024. С. 13–16.
7. Анпилогов В., Гриценко А. Система широкополосного доступа в Арктике на основе высотных платформ и геостационарных спутников с наклоном. *Технологии и средства связи*. 2020;(S1):81–83.  
Anpilogov V., Gritsenko A. Broadband Access System in the Arctic Based on High-Altitude Platforms and Geostationary Satellites with Inclination. *Communication Technologies & Equipment*. 2020;(S1):81–83. (In Russ.).
8. Гриценко А.А. О перспективах развития спутниковой связи в России: заметки участника конференции SATCOMRUS 2024. *Первая миля*. 2024;(7):38–41. <https://doi.org/10.22184/2070-8963.2024.123.7.38.41>  
Gritsenko A.A. On the Prospects of Satellite Communications Development in Russia: Notes of a Participant of the SATCOMRUS 2024 Conference. *Last Mile*. 2024;(7):38–41. (In Russ.). <https://doi.org/10.22184/2070-8963.2024.123.7.38.41>

9. Серокуров И.С., Фефилова А.Д. Расчет линии передающего тракта наземной приемо-передающей станции для спутниковой системы связи с геостационарными ИСЗ. В сборнике: *Исследования молодых ученых: материалы LXXXII Международной научной конференции, 20–23 мая 2024 года, Казань, Россия*. Казань: Издательство Молодой ученый; 2024. С. 87–106.
10. Брониковский Е.А. Разработка программы расчета энергетического бюджета спутниковой линии связи. В сборнике: *Нанотехнологии. Информация. Радиотехника (НИР-23): материалы Всероссийской молодежной научно-практической конференции, 18 апреля 2023 года, Омск, Россия*. Омск: Омский государственный технический университет; 2023. С. 363–368.
11. Балдин В.А., Мунасыпов Н.З., Романов А.П. Северный морской путь – транспортная основа освоения минерально-сырьевых ресурсов Таймыра. *Минеральные ресурсы России. Экономика и управление*. 2024;(3):46–65.  
Baldin V.A., Munasyrov N.Z., Romanov A.P. The Northern Sea Route Is the Transport Basis for the Development of Taimyr Mineral Resources. *Mineral Resources of Russia. Economics and Management*. 2024;(3):46–65. (In Russ.).
12. Еремеева А.Ф. Перспективы развития туристических центров в составе туристско-рекреационного кластера на полуострове Таймыр. *Молодой ученый*. 2023;(39):19–22.
13. Сомов А.М., Отнякин С.П. Выбор места дислокации антенн земных станций спутниковой связи. *Труды научно-исследовательского института радио*. 2014;(1):42–51.

#### ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ / INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

**Кокорич Марина Геннадьевна**, кандидат технических наук, доцент кафедры цифрового телерадиовещания и систем радиосвязи, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Российская Федерация.  
e-mail: [kokorich@mail.ru](mailto:kokorich@mail.ru)

**Marina G. Kokorich**, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor at the Department of Digital Broadcasting and Radio Communication Systems, Siberian State University of Telecommunications and Information Science, Novosibirsk, the Russian Federation.

**Носкова Наталья Владимировна**, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры цифрового телерадиовещания и систем радиосвязи, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Российская Федерация.  
e-mail: [cj\\_78@mail.ru](mailto:cj_78@mail.ru)

**Natalia V. Noskova**, Candidate of Engineering Sciences, Docent, Associate Professor at the Department of Digital Broadcasting and Radio Communication Systems, Siberian State University of Telecommunications and Information Science, Novosibirsk, the Russian Federation.

**Рускова Екатерина Олеговна**, ассистент кафедры цифрового телерадиовещания и систем радиосвязи, Сибирский государственный университет телекоммуникаций и информатики, Новосибирск, Российская Федерация.  
e-mail: [ruskovakatusa@gmail.com](mailto:ruskovakatusa@gmail.com)

**Ekaterina O. Ruskova**, Assistant at the Department of Digital Broadcasting and Radio Communication Systems, Siberian State University of Telecommunications and Information Science, Novosibirsk, the Russian Federation.

*Статья поступила в редакцию 08.07.2025; одобрена после рецензирования 01.09.2025; принята к публикации 19.09.2025.*

*The article was submitted 08.07.2025; approved after reviewing 01.09.2025; accepted for publication 19.09.2025.*