

# Система широкополосного доступа в Арктике на основе высотных платформ и геостационарных спутников с наклоном

**Broadband access system in the Arctic based on high-altitude platforms and geostationary satellites with inclination**



**Валентин Анпилов**

Заместитель генерального директора АО «ВИСАТ-ТЕЛ», к.т.н.

**А**ктивизация деятельности России в зоне Арктики в ближайшей перспективе может столкнуться с рядом сдерживающих факторов. Одним из них является слабая инфраструктура систем связи и передачи данных. Создание такой современной инфраструктуры на основе исключительно спутниковых систем требует затрат, которые оцениваются в миллиарды долларов, а их технико-экономическая эффективность сомнительная [1]. В настоящее время в Арктической зоне можно воспользоваться услугами персональной связи и передачи данных (до 1,4 Мбит/с), предоставляемых системой Iridium Next. Однако стоимость этих услуг очень высокая. Кроме того, для коллективного пользования можно применить геостационарные спутники «Экс-



**Андрей Гриценко**

Генеральный директор АО «Информационный Космический Центр «Северная Корона», к.т.н.

пресс АМ». Но для этого требуются дорогие полноповоротные антенны, скорость каналов не превышает нескольких Мбит/с, а их работа неустойчива и не везде может быть обеспечена.

Создаваемая система спутникового широкополосного доступа (ШПД) StarLink не может обслуживать зону Арктики, а время развертывания ее полярного эшелона пока не определено. Но и нет оснований ожидать прорывного развития, поскольку не решена главная проблема таких систем – создание дешевой сканирующей антенной решетки абонентского терминала даже для фиксированного применения [2, 3].

Возобновление проекта OneWeb возможно, но маловероятно, что к 2024 г. будет решена проблема абонентских терминалов как для

фиксированного использования, так и для работы в движении.

Перспективная система ШПД «Экспресс-РВ» (рис. 1) должна быть развернута начиная с 2024 г. Здесь та же проблема – дешевые сканирующие антенны абонентских терминалов для работы в движении. Таким образом, как минимум ближайшие пять лет услуги современной телекоммуникационной инфраструктуры в Арктике будут недоступны. Дополнительно следует учитывать проблему электромагнитной совместимости между негеостационарными системами, что может свести вообще к нулю перспективность их применения [4–7] в Ku- и Ka-диапазонах.

Соответственно, требуются нетрадиционные решения, которые могут оперативно решить задачу организации современной телекоммуникационной инфраструктуры в Арктике.

## **НAPS-платформа и КА на ГСО**

Одним из решений по оперативному развертыванию системы ШПД в зоне Арктики является использование НAPS-платформ. По терминологии ИТУ, НAPS – это радиостанция, расположенная на объекте на высоте 20–50 км в определенной номинальной фиксированной точке относительно Земли. Движение атмосферы на высотах около 20 км таково, что платформа непрерывно дрейфует около этой номинальной точки без существенных затрат на управление движением НAPS.

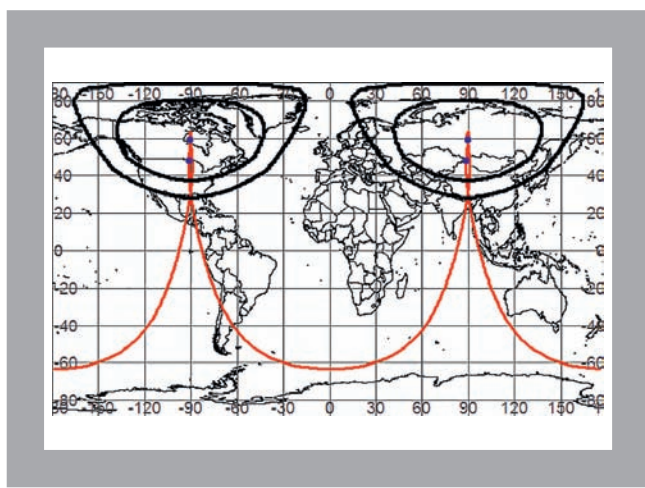


Рис. 1

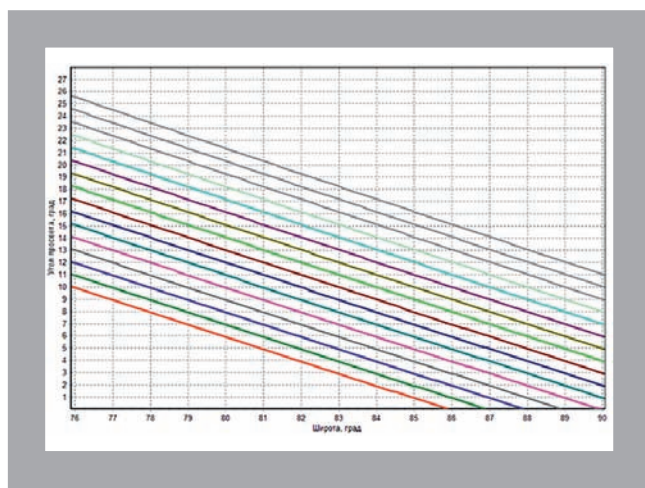


Рис. 2

При размещении HAPS на высоте 20 км условия наблюдения ГСО существенно меняются. На рис. 2 представлены графики зависимости угла просвета (угол от кромки Земли) в направлении на ГСО в функции широты положения HAPS для табулированных значений наклона КА (от 0 до 15 град. с шагом 1 град.).

Из рис. 2 видно, что угол просвета ГСО на широте HAPS 80 град. составит 6 град. При этом на Земле в этой же точке угол места будет не более 2 град., что практически ограничивает создание каналов связи со спутником на ГСО как по скорости, так и по месту размещения абонентской станции. Вид ГСО со спутниками для двух этих положений представлен на рис. 3.

Из этого следует, что существует принципиальная возможность под-

ключения HAPS к магистральным каналам через геостационарные КА (см. рис. 3).

Анализ показал, что для организации ШПД, например, на Северном морском пути (СМП) достаточно нескольких КА на ГСО, к примеру тех, которые используются ФГУП “Космическая связь” для построения VSAT-сети на СМП. Как следует из рис. 2, ШПД может быть реализован даже на Северном полюсе. Но для этого потребуются КА на ГСО с наклоном 5...6 град. В перспективе может быть целесообразным развертывание на ГСО микрогруппировки малых спутников, ориентированных на обслуживание HAPS и использование V- или более высокочастотного диапазона частот (например, 60 ГГц), поскольку отсутствуют потери в атмосфере и гидрометеорах.

## HAPS-платформа как “последняя миля”

Обслуживание абонентов организуется в зоне радиопокрытия HAPS. Основные параметры зоны обслуживания, определяемые геометрическими соотношениями, представлены на рис. 4.

Как видно из рисунка, при высоте размещения HAPS 20 км и ограничении на минимальный угол места 15 град. диаметр зоны обслуживания составит 145 км, а площадь — 16,5 кв. км.

В качестве полезной нагрузки HAPS может быть использована типовая базовая станция стандарта 4G. В качестве примера в табл. 1 представлен расчет радиолинии стандарта LTE на участке “вниз” с исходными данными, соответствующими решению ГКРЧ № 18-46-02.

## Вид на ГСО



Рис. 3

## Параметры зоны обслуживания

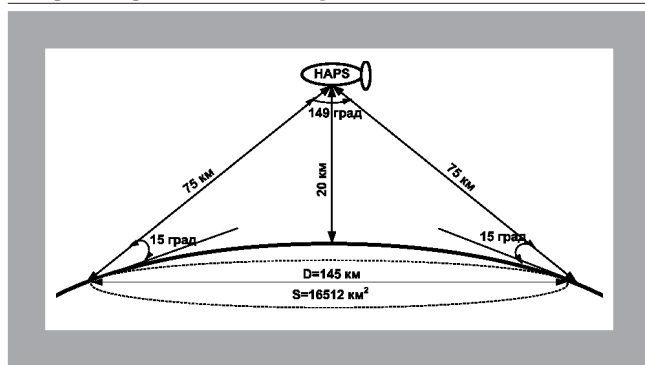


Рис. 4



## Пример радиопокрытия на участке СМП для обеспечения услуг широкополосной связи в интересах широкого круга пользователей с абонентскими устройствами типа “смартфон”



Рис. 5

Как следует из табл. 1, в пределах зоны обслуживания можно обеспечить широкополосный доступ на обычные абонентские станции типа “смартфон”.

Следует отметить, что ограничивающим фактором является задержка в канале “НAPS – абонент”, которая нормируется в стандарте 4G, причем наклонная дальность не может быть более 100 км.

### Пример радиопокрытия на участке СМП

Пример радиопокрытия на отдельном участке СМП, где предполагается обеспечить услуги широкополосного доступа в интересах фиксированных и подвижных потребителей, которые имеют обычные абонентские устройства типа “смартфон”, представлен на рис. 5.

### Выводы

На основе НAPS-платформ можно оперативно развернуть систему голосовой связи и широкополосного доступа на Северном морском пути и в зоне Арктики. Интеграция развернутых НAPS-систем в единую инфраструктуру обеспечивается геостационарными спутниками связи. В зоне обслуживания каждой НAPS-платформы предоставляются услуги широкополосного доступа 4G на обычные типовые абонентские станции устройства типа “смартфон”. В качестве базовой технологии может быть использован стандарт LTE. Начальный уровень системы с действующими КА на ГСО, в том числе работающими за пределами САС,

можно развернуть ориентировочно за один год. На следующем этапе для поддержки систем на основе НAPS может быть создана микрогруппировка малых КА на ГСО с заданным наклонением.

Естественно, для дальнейшего анализа предлагаемого решения и формирования проектных материалов требуется дополнительное моделирование системы и выполнение технико-экономических оценок.

В этой связи следует отметить, что Европейское космическое агентство уже прорабатывает реализацию спутниковых систем на основе НAPS [8, 9], в том числе выполняющих и задачи ДЗЗ как сегмента идеологической платформы Space 4.0.

### Литература:

1. Анпилогов В., Урличич Ю. Тенденции развития спутниковых технологий и критерий оценки их технико-экономической эффективности // Технологии и средства связи. 2016. № 2 (113). С. 46–53.
2. Анпилогов В., Шишлов А., Эйбус А. Анализ систем LEO-HTS и реализуемости фазированных антенных решеток для абонентских терминалов // Технологии и средства связи. 2015. № 6–2 (111). С. 14–26.
3. Анпилогов В., Денисенко В., Зимин И., Кривошеев Ю., Чекушкин Ю., Шишлов А. Проблемы создания антенн с электрическим сканированием луча для абонентских терминалов спутниковых систем связи в Ku- и Ka-диапазонах // Первая мила. 2019. № 3 (80). С. 16–27.

## Пример расчета радиолинии стандарта LTE на участке “вниз”

Параметр	Значение
Полоса частот, МГц	5
Рабочая частота, МГц	1800
Тип дуплекса	TDD
Число ресурсных блоков	25
Число поднесущих	300
Циклический префикс	Нормальный
Модуляция*	64QAM/16QAM/QPSK
Предельная скорость потока, Мбит/с	25
Мощность передатчика, дБм	43
Усиление антенны, дБи	18
ЭИИМ, дБм	61
Чувствительность приемника, дБм	-77...-103
Допустимые потери на линии, дБ	138...164
Потери на участке до границы зоны, дБ	135 дБ

\* На линии “вверх” QPSK.

Таблица 1

4. Анпилогов В., Гриценко А., Чекушкин Ю., Зимин И. Результаты анализа совместной работы систем OneWeb и “Экспресс-РВ” в Ku-диапазоне // Технологии и средства связи. 2019. № S1. С. 48–54.

5. Anpilogov V.R., Gritsenko A.A., Chekushkin Y.N., Zimin I.V. A conflict in the radio frequency spectrum of LEO-HTS and NEO-HTS systems. В сборнике: Proceedings – 5th International Conference on Engineering and Telecommunication, EnT-MIPT 2018. 5. 2018. С. 122–125.

6. Анпилогов В.Р., Гриценко А.А., Чекушин Ю.Н. Результаты анализа совместной работы систем OneWeb и “Экспресс-РВ” в Ku-диапазоне // Технологии и средства связи. 2018. № 6–2. С. 4.

7. Анпилогов В., Гриценко А. Результаты моделирования многоспутниковых систем связи на низких и высокоэллиптических орбитах и оценка помеховой обстановки при совместном использовании полос радиочастот // Технологии и средства связи. 2017. № 6 (122). С. 42–47.

8. Объединение HAPS Alliance займется продвижением “стратосферного интернета”, <https://www.ixbt.com/news/2020/02/24/obedinenie-haps-alliance-zajmetsja-prodvizheniem-stratosfernogo-interneta.html>

9. HAPS – missions to the edge of space to watch over Earth [https://www.esa.int/Enabling\\_Support/Space\\_Engineering\\_Technology/HAPS\\_missions\\_to\\_the\\_edge\\_of\\_space\\_to\\_watch\\_over\\_Earth](https://www.esa.int/Enabling_Support/Space_Engineering_Technology/HAPS_missions_to_the_edge_of_space_to_watch_over_Earth)