

# Стагнация рынка спутниковой связи

## и новые проекты

**В последние несколько лет множество публикаций было посвящено системам и развитию рынка спутниковой связи. Информация, предлагаемая в таких материалах, зачастую основана на рекламных заявлениях, что дает искаженное представление о действительности. В данной статье сделана попытка объективно проанализировать современное состояние отрасли спутниковой связи и перспективность новых многоспутниковых систем с учетом их технических особенностей.**

Валентин Анпилогов, к. т. н.

По оценке многих специалистов, рынок спутниковой связи составляет не более 2% от телекоммуникационного рынка. Это соотношение сохраняется уже много десятилетий. Несмотря на, казалось бы, малую рыночную значимость спутниковой связи, множество практических вопросов невозможно решить без привлечения ресурсов систем спутниковой связи в интересах как государства, так и бизнеса. Сегодня многие страны, даже те, которые не обладают потенциалом космической индустрии, стремятся создать свои национальные спутниковые системы и национальных операторов, в том числе с последующим выходом на международный рынок.

### О состоянии рынка спутниковой связи без рекламы

Уже практически все участники рынка спутниковой связи осознали, что его стагнация — это современная действительность. Традиционные системы спутниковой связи фиксированной спутниковой службы (ФСС), основанные на применении мощных геостационарных спутников Ku-диапазона, коммерчески не развиваются, доходы операторов уже несколько лет снижаются. Есть даже примеры подачи заявок о банкротстве (например, Intelsat [1]).

Относительно новое направление, связанное с созданием систем ФСС на основе геостационарных спутников HTS Ka, не оправдало надежд на формирование нового активного стимула развития рынка за счет массового предоставления услуг спутникового широкополосного доступа (ШПД). Сегодня объем предлагаемого ресурса спутников HTS примерно в два раза больше, чем это востребовано рынком. Заложенные на стапелях спутники HTS со сверхвысокой емкостью до 500 Гбит/с и даже до 1 Тбит/с (обозначают как VHTS) в ближайший год будут запущены. Анализ многочисленных публика-

ций показывает, что в 2020 году емкость всех спутников HTS составляла немногим более 2 Тбит/с, но уже в ближайшие три года возрастет примерно в 3–5 раз (до 6–10 Тбит/с), что еще более увеличит разрыв между предложением и спросом в сегменте спутникового ШПД, а в конечном итоге приведет к снижению стоимости трафика для потребителей ([www.gilat.com/wp-content/uploads/2017/02/Gilat-Webinar-HTS-HTS-Revolution-is-Here-with-NSR.pdf](http://www.gilat.com/wp-content/uploads/2017/02/Gilat-Webinar-HTS-HTS-Revolution-is-Here-with-NSR.pdf)).

Попытка создания принципиально новых систем ФСС на основе негеостационарных спутников, как хорошо известно, не принесла успеха в начале 2000-х годов [1]. Единственная современная действующая система O3b (проект разработан в первом десятилетии 2000-х, первые запуски спутников состоялись в 2013 году), основанная на использовании спутников на средневысотных орбитах, так и не показала своей коммерческой эффективности. От банкротства компанию O3b спас ее главный акционер — компания SES, после ее полного поглощения в 2016-м. В том же году доход от O3b, начиная с 2023-го, прогнозировался в размере \$680 млн (<https://spacenews.com/ses-exercises-option-to-buy-100-of-o3b-networks-will-raise-new-equity/>). После поглощения O3b в годовых отчетах SES ее коммерческая деятельность скрыта от внешнего анализа. Произойдет ли новый виток развития O3b за счет создания более мощной группировки O3b mPower, анонсированной в 2017 году, пока неясно. Но инвестиции вложены, ее развертывание начнется в период 2021–2022 гг. и завершится в 2024-м (всего будет запущено 12 КА). Пока можно констатировать, что в 2020 году доходы SES снизились относительно 2019-го на 5,4%. В первой половине 2021 года наблюдается снижение уже на 7,7% ([https://finance.yahoo.com/news/ses-h1-2021-results-053000081.html?fr=sycsrp\\_catchall](https://finance.yahoo.com/news/ses-h1-2021-results-053000081.html?fr=sycsrp_catchall)) относительно аналогичного периода 2020-го.

Таблица. Статистические параметры работы абонентских каналов Starlink

Абонентский терминал (ник пользователя), координаты	Период	КА-АТ, Мбит/с		АТ-КА, Мбит/с		Ping, мс		SNR, дБ	
		95%	5%	95%	5%	95%	5%	Основной интервал	Минимум
Канада (drooff) 46.3 с.ш. 79.45 з.д.	05.07–15.08	20–298,2	0,9–20	5,7–48,2	0,45–5,7	23,9–79,3	79,3–473,3	6–9	3 (15 ч)
США (Webluke) 38.8 с.ш. 107.0 з.д.	27.06–15.08	42–411,1	6,3–42	4,1–51,3	0,9–4,1	44–100	100–203,2	9	3–6 (21 ч)
Великобритания (Chanadler) 52.5 с.ш. 1.5 з.д.	31.05–15.08	44,9–310,2	2–44,9	6,2–38,3	0,6–6,2	21,1–52,2	52,2–844,7	8–9	6 (31 ч) 3 (2 ч)
Германия (Dish_a) 48.3 с.ш. 10.9 в.д.	31.05–15.08	43,9–412,1	7,2–43,9	9–75,2	0,4–9,0	21–61,4	61,4–731,3	6–9	2–5 (32 ч)
Австрия (jekedo) 47.4 с.ш. 16.2 в.д.	20.06–15.08	84,4–414,6	1,9–84,4	19,2–70,3	1,6–19,2	19,6–51,2	19,6–364,8	7,5–9	4,5–6,6 (9 ч)
Нидерланды (dexstar) 52.7 с.ш. 4.8 в.д.	20.06–15.08	56,6–398,3	5,7–56,6	13,2–76,5	1,9–76,5	18,5–51,5	51,5–120,5	7,5–9	6 (7 ч)

Не лучше обстоят дела и у операторов систем подвижной спутниковой службы (ПСС). Уже много лет объем абонентской базы персональной телефонии, которая приносит им основной доход, не увеличивается. Например, в системе Iridium (<https://investor.iridium.com/annual-reports>) рост абонентской базы наблюдается только в сегменте спутникового IoT. Число коммерческих абонентов сервисов телефонии (Voice and Data) в период 2016–2020 гг. не растет и составляет примерно 350 тыс., а число подключений IoT (IoT Data) увеличилось с 413 тыс. до 962 тыс. (в первом полугодии 2021-го 1 085 000 подключений). Но создать коммерческий прорыв в сегменте спутникового IoT не удается, поскольку неадекватно высокие цены оборудования и трафика (ARPU немного менее \$9). Хотя в 2020 году уже примерно 30% дохода Iridium формируется за счет спутникового IoT. Но темп наращивания подключений IoT каждый год немного снижается — примерно с 25 до 20% за пять лет.

Столь грустная картина, наблюдаемая на протяжении последних лет, заставляет участников рынка спутниковой связи искать новые пути развития, основанные на новых технологических решениях, и предпринимать попытки внедрения на зарождающиеся рынки (например, как дополнение к 5/6G), чтобы в дальнейшем обеспечить свою коммерческую эффективность.

## О проектах OneWeb и Starlink без рекламы

Одним из активно продвигаемых трендов является создание низкоорбитальных систем ШПД [2]. Среди многочисленных проектов выделяются две системы: OneWeb и Starlink. Однако OneWeb уже потерпела локальную неудачу [1, 3, 4], но успешно прошла период банкротства и получила новые инвестиции ([www.quiltyanalytics.com/wp-content/uploads/2020-0708-Brief-OneWeb-Chapter-II.pdf](http://www.quiltyanalytics.com/wp-content/uploads/2020-0708-Brief-OneWeb-Chapter-II.pdf)). Впрочем, дальнейшее развитие системы OneWeb непонятно, поскольку изменилась бизнес-модель по отношению к исходному проекту. Если изначально система была ориентирована на рынки B2C и B2B/B2G, то в преддверии банкротства сообщалось, что основной рынок OneWeb — это только B2B/B2G, что вызвало судебные претензии со стороны одного из инвесторов — компании Intelsat ([www.satellitetoday.com/business/2019/09/23/intelsat-sues-oneweb-and-softbank/](http://www.satellitetoday.com/business/2019/09/23/intelsat-sues-oneweb-and-softbank/)). В 2021 году продолжилось наращивание орбитальной группировки, но уже заявлено о разработке новой технологии формирования абонентских лучей, которая будет предусматривать скачкообразную переориентацию лучей в зависимости от интенсивности трафика в локальных зонах обслуживания ([www.eenewseurope.com/news/](http://www.eenewseurope.com/news/)

[oneweb-leads-ps32m-beam-hopping-satellite-project](#)). Но такое решение все же оптимально при ориентации на индивидуальных пользователей (рынок B2C), а не на коллективный доступ, поэтому непонятно, по какому пути будет происходить развитие. Заявлено, что экспериментальный спутник будет готов в 2022 году, а обновление группировки планируется с 2025-го. Разработку полезной нагрузки ведут компании SatixFy и SWISSto12 при поддержке Европейского космического агентства.

Если говорить о индивидуальном обслуживании абонентов, то наиболее активно развивается система Starlink. Орбитальная группировка насчитывает уже тысячи спутников, и ее наращивание продолжается — с 2022 года планируется запускать сразу по 400 спутников на Starship. Используется технология со скачкообразным изменением положения абонентских лучей. Но самое главное — появились абонентские терминалы Starlink [5], что дает возможность перейти к предоставлению услуг на рынке B2C. Из анализа публикаций следует, что в конце 2021 года может начаться переход от экспериментальной бета-версии

к коммерческой эксплуатации, как минимум в США и Канаде. По состоянию на середину августа 2021-го в сети зарегистрировано уже 90 тыс. абонентских терминалов (сообщается, что имеется примерно 500 тыс. потенциальных заявок). Столь успешное начало для спутникового рынка вызвало целую волну бравурных публикаций в массовых изданиях во всем мире. Действительно, для спутникового рынка это прорыв по темпам наращивания абонентской базы. Но, как известно, черт кроется в деталях. Эти детали кратко отражены в таблице, основанной на статистических данных, предоставляемых сайтом <https://starlinkstatus.space/stations>.

Статистика основана на данных, получаемых от 23 абонентов в Северной Америке и 12 абонентов в Европе. Конечно, значение Ping вызывает вопросы, поскольку информация доставляется через серверы (Miami, Vancouver, Los Angeles, Toronto, Frankfurt). Собственно, это и побудило разработчиков Starlink размещать центральные станции сопряжения непосредственно с дата-центрами, увеличивать их число (рис. 1, более 40 GW) и начать тестирование межспутниковых радиолиний.

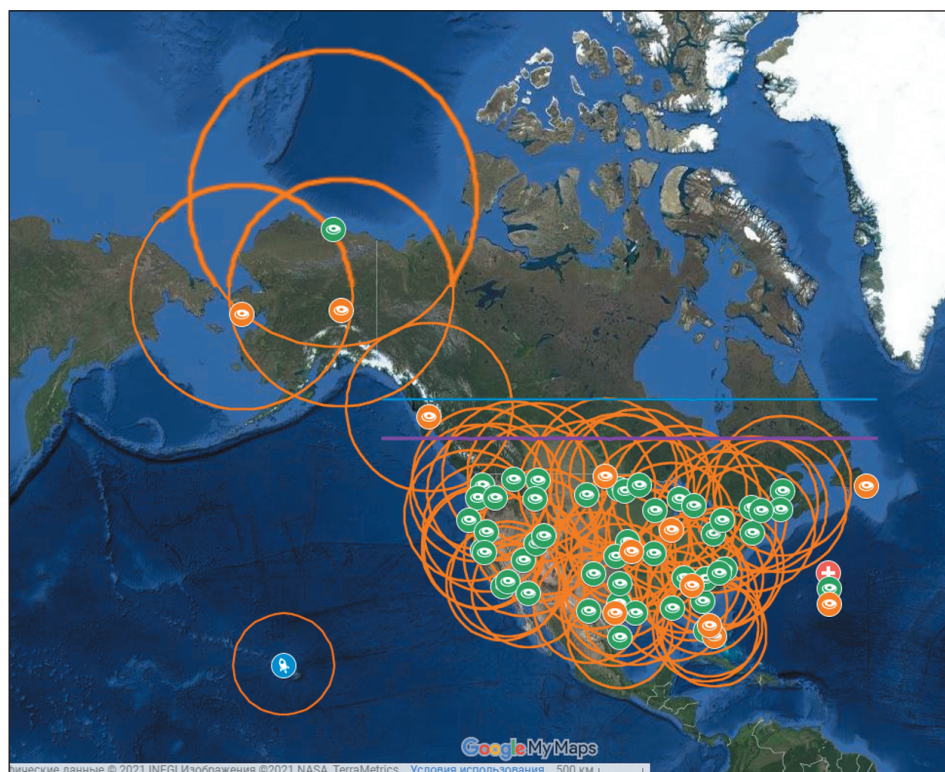
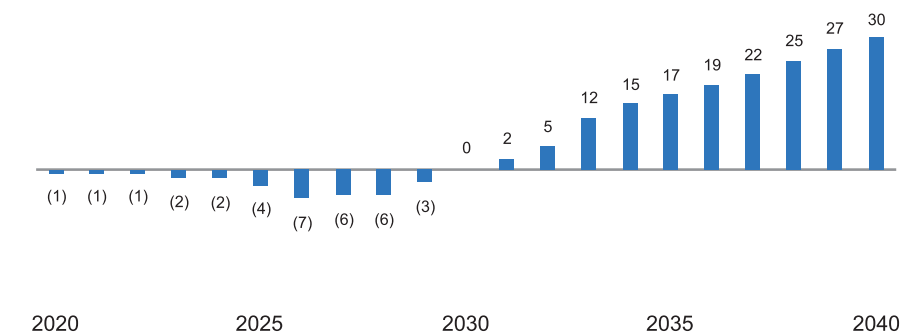


Рис. 1. Иллюстрация расположения GW Starlink в США и Канаде.

[www.google.com/maps/d/viewer?mid=1H1x8jZs8vfyj60TvkGpbYs\\_grargieVw&ll=57.538860675346825%2C-113.47239669534738&z=3](http://www.google.com/maps/d/viewer?mid=1H1x8jZs8vfyj60TvkGpbYs_grargieVw&ll=57.538860675346825%2C-113.47239669534738&z=3)

**Exhibit 10: We Estimate ~\$33bn of Cash Burn From 2020-2030, Before Going Cash Flow Positive in 2031**

**STARLINK: FREE CASH FLOW (\$b)**



Source: Morgan Stanley Research

**Рис. 2.** Прогнозируемый денежный поток Starlink

Вызывают некоторые вопросы и значения SNR, поскольку точность измерения непонятна и размерность неопределенная. Но можно предполагать, что SNR не превышает 9–9,5 дБ, и это хорошо согласуется с оценками в [5]. Знание SNR дает возможность объективно оценить потенциальную мгновенную скорость канала при загрузке. Как известно, символьная скорость абонентского канала Starlink (версия Gen1) в направлении абонента 240 Мс/с, что соответствует максимальной скорости цифрового потока 540 Мбит/с (при 8PSK 3/4 DVB-S2x). Но нужно отметить, что это скорость на всех абонентов, «живущих» в луче (локальная зона обслуживания несколько десятков километров в диаметре). Пока в каждом положении луча «живет» только один абонентский терминал, регистрируемая скорость может быть близка к 540 Мбит/с (абонент только принимает и не передает информацию). По мере увеличения числа абонентов придется делиться емкостью с соседями [6].

Из всех абонентских терминалов, участвующих в наборе статистики, в таблице представлены источники, расположенные в широтах 40–53 с.ш. с наиболее полными данными. Но это не предел для повышения северных широт обслуживания. Предположительно потенциал обслуживания может достигать до 55–57 с.ш.

Анализ статистических данных показывает, что рекламируемые параметры пока остаются рекламой, а не надежной действительностью. При этом существуют принципиальные проблемы перехода системы Starlink к реальной коммерческой эксплуатации, что требует решения ряда ключевых задач:

- Снижение себестоимости абонентского терминала фиксированного применения с \$1500 (это минимальная себестоимость по заявлению Маска; по оценке экспертов, минимум в два раза больше).
- Снижение энергопотребления абонентского терминала фиксированного применения и исключение ограничений его работы

на передачу (сегодня может работать не более 30 мин, а при нагреве до +50 °С происходит автоматическое отключение).

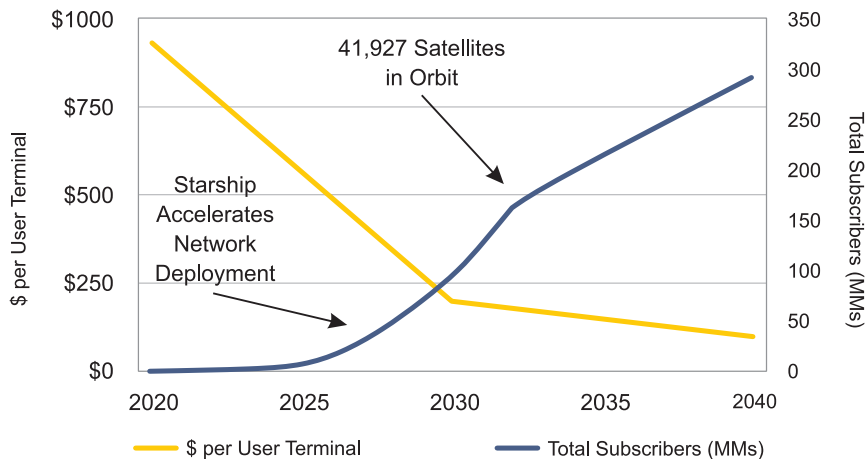
- Разработка нового дешевого терминала для применения на подвижных средствах, который обеспечит сканирование луча антенной решетки абонентского терминала в широком угловом секторе (до +/-70° от зенита и 360° по азимуту) и соответствующие эксплуатационные условия.

Эти работы, по косвенным данным, уже идут. Насколько успешно — пока непонятно, но технические проблемы тут более грандиозные, чем создание орбитальной группировки, состав которой непрерывно уточняется. Последние уточнения заявлены в FCC в августе 2021 года (орбиты Gen2 дополнены высотами 328 км, 340 км и т. п. с разнообразными наклонениями, частоты станций сопряжения диапазоном E, а частоты абонентских радиолучей диапазоном Ka).

Но все отвлеченнее проявляются проблемы ЭМС между негеостационарными системами в Ku- и Ka-диапазонах [7–9]. Решения этой задачи пока нет, кроме распределения радиочастотного спектра между операторами систем. Анализ проблемы ЭМС возможен только путем имитационного моделирования с учетом баллистического построения систем и их радиотехнических параметров.

Не следует забывать, что системы Starlink, OneWeb и им подобные заявлены как коммерческие системы, то есть вложенные затраты (CAPEX) должны окупиться за обозримый период времени с учетом текущих расходов на эксплуатацию и потерю ценности орбитальной группировки (OPEX). Из опубликованной Morgan Stanley финансовой модели Starlink (рис. 2, 3) следует несколько контрольных точек (<https://ia803108.us.archive.org/12/items/6416324-SPACE-20190917-SpaceX-valuation-Morgan-Stanley/6416324-SPACE-20190917-SpaceX-valuation-Morgan-Stanley.pdf>). Ближайшая точка — в 2022 году необходимо иметь в составе сети 1 млн активных абонентских терминалов. Вторая принципиальная точка — достижение окупаемости начальных затрат в \$33 млрд в 2030 году, что подразумевает наличие в сети 96 млн активных абонентских терминалов (в месяц нужно подключать примерно 900 тыс., с учетом неизбежного оттока подписчиков!). При этом предполагается, что стоимость абонентского терминала должна составить \$200. Ну а счастье должно наступить в 2040 году, когда в сети будет 292 млн абонентских терминалов при стоимости по \$100 за штуку и чистый доход достигнет \$29 млрд в год. Чрезвычайно сомнительной выглядит и заложенная в модели стоимость запуска, которая в перспективе составляет \$5 млн для Falcon 9 и \$10 млн для Starship. Конечно, 2030-й, а тем более 2040-й — это отдаленная перспектива, а вот 2022 год вполне может показать реальность планов Starlink.

**Exhibit 13: We Expect the Declining Cost of User Terminals Will Drive Subscribers on the Network**



Source: Morgan Stanley Research

**Рис. 3.** Прогнозируемая стоимость абонентского терминала и их числа в сети Starlink

## Сверхновые проекты

Кроме проектов низкоорбитальных систем ШПД, появляются и иные инновационные проекты, которые можно отнести к системам ПСС. Идея заключается в том, чтобы создать условия, при которых непосредственно с низкоорбитального

спутника обеспечить условия для работы абонентов с обычным типовым «смартфоном» (без модификации Hard и Soft). Тем самым создать бесшовную сеть, объединяющую сотовые сети и спутниковую сеть. Пока известно два таких проекта — это многоспутниковые низкоорбитальные проекты Lynk Global, Inc. (США) и AST & Science, LLC (США). Окончательных проектных параметров обеих систем пока нет, предварительные сведения представлены в [4]. Конечно, проектные параметры со временем меняются. Например, в июне 2021-го появились новые сведения о системе Lynk, параметры которой опубликованы в заявках в FCC SAT-LOA-20210511-00064. Интересно отметить, что по отношению к более ранним данным [4] масса спутника увеличена с 25 до 85 кг. Но сама идея не претерпела изменений — предоставление услуги (периодической) с использованием типовых «смартфонов» сотовой сети (GSM и LTE). Подробный анализ новых проектных параметров заслуживает отдельной аналитической статьи, поскольку намечается принципиально новое направление развития спутниковой связи, основанное на адаптации технологии сотовых сетей.

Но не только в системах спутниковой связи, но и в системах передачи данных (что тоже связь) наблюдается аналогичный подход при создании многоспутниковых систем с целевой функцией «Интернета вещей» [4,10], в частности это происходит и в системе «Марафон IoT», где предусмотрена адаптация технологии LoRa и протокола LoRaWAN [10]. Интересная деталь: в августе 2021-го появилось сообщение, что SpaceX купила Swarm. Система Swarm, как и система «Марафон IoT», основана на применении технологии LoRa, но в ней используются не управляемые в пространстве пикоспутники (масса 400 г). Поэтому по техническим параметрам система Swarm принципиально хуже, однако с начала 2021-го на орбите действует уже 72 таких спутника (анонсирована коммерческая эксплуатация), а по проекту предусмотрено

увеличение до 150. Цель этого приобретения пока непонятна. Одна из версий — исключить риски столкновений, которые создает Swarm (орбиты в пределах 400–550 км), для спутников Starlink при их выводе с 300 км на заданные 550-км орбиты ([www.youtube.com/watch?v=B9eCpPJlcdc&ab\\_channel=EliasEccli](http://www.youtube.com/watch?v=B9eCpPJlcdc&ab_channel=EliasEccli)) для создаваемой сегодня группировки, а тем более для группировки, которая была заявлена в августе текущего года и предполагает высоты рабочих орбит начиная примерно с 300 км.

## Заключение

Представленный анализ рынка спутниковой связи и новых направлений его развития выполнен с акцентом не на благостные реляции, а на выявление проблем и новых тенденций, которые практически не освещаются в массовых изданиях, поскольку требуют глубокого погружения в технические первоисточники. Цель — привлечь внимание к новым, только зарождающимся тенденциям. Причем эти тенденции связаны не только с поиском новых технологических направлений развития, но и, видимо, с поиском новых бизнес-решений на основе слияний и поглощений компаний на фоне стагнации и реструктуризации рынка спутниковой связи, движущей силой которого является строительство финансовых пирамид (<https://ia803108.us.archive.org/12/items/6416324-SPACE-20190917-SpaceX-valuation-Morgan-Stanley/6416324-SPACE-20190917-SpaceX-valuation-Morgan-Stanley.pdf>).

В заключение следует отметить, что до тех пор, пока системы спутниковой связи будут создавать на основе проприетарных технологий и протоколов, массовости использования их ресурсов достичь не получится. Чтобы преодолеть барьер в 2%, следует особое внимание уделять возможности адаптации для применения в спутниковых системах связи технологий массовых наземных сетей и созданию гибридных бесшовных сотовых и LPWAN-сетей на этой основе. ■

## Литература

1. Урличич Ю. М. Банкротство технологий многоспутниковых низкоорбитальных систем широкополосного доступа или банкротство компаний? // Технологии и средства связи. 2021. № S1.
2. Анпилогов В., Урличич Ю. Тенденции развития спутниковых технологий и критерии оценки их технико-экономической эффективности // Технологии и средства связи. 2016. № 2.
3. Урличич Ю. М. Высокоинформативные системы связи и вещания HTS и LEO/MEO-HTS: бумажные проекты или прорывные направления космической индустрии // Технологии и средства связи. 2016. № 6-2.
4. Урличич Ю. М. Старые и новые идеи в спутниковой связи // Первая миля. 2021. № 3.
5. Анпилогов В., Пехтерев С., Шишлов А. Антенная решетка и абонентский терминал Starlink // Технологии и средства связи. Спецвыпуск «Спутниковая связь и вещание — 2021». 2020.
6. Анпилогов В. Р., Афонин А. А. Методика вероятностей оценки пропускной способности многолучевой спутниковой сети массового обслуживания // Электросвязь. 2011. № 7.
7. Анпилогов В., Гриценко А., Чекушкин Ю., Зимин И. Результаты анализа совместной работы систем OneWeb и «Экспресс-РВ» в Ku-диапазоне // Технологии и средства связи. Спецвыпуск «Спутниковая связь и вещание — 2019». 2018.
8. 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.
9. Анпилогов В. Проблемы реализации и имплементации систем LEO-HTS // Технологии и средства связи. 2016. № 6.
10. Анпилогов В., Нгуен Дык Ань. Технологии LPWAN и возможность их адаптации для спутниковых сетей IoT // Первая миля. 2020. № 6.