

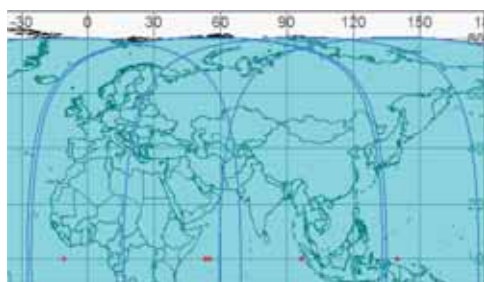
# Аспекты практического применения систем спутниковой связи в интересах морских служб



**Андрей ГРИЦЕНКО,**  
генеральный директор  
АО «ИКЦ «Северная Корона»

## Востребованные услуги связи

Какие услуги связи жизненно необходимы морякам? Те же, которыми пользуются все остальные



**Рис. 1.** Зоны радиовидимости спутников с услугой «морской VSAT» на СМП



**Рис. 2.** Вид на ГСО от одной из точек СМП

В морской и речной индустрии задействовано огромное количество специалистов разных профессий, а также большие и малые морские и речные суда, яхты, морские платформы, ледоколы, пассажирские паромы и лайнеры. Без надежной связи функционирование таких объектов будет представлять серьезную угрозу. Особенно при реализации новейших технических решений в этой области, как, например, беспилотное вождение кораблей разного класса и назначения. Поэтому очень важно, чтобы они были оснащены самими современными и надежными средствами радиосвязи, прежде всего спутниковыми.

жители нашей планеты: широкополосный доступ (ШПД), в том числе с малой задержкой времени при прохождении сигнала, голосовая связь, Интернет вещей (IoT) и др. Какие территории охвата? От региональной, включающей территорию России и прилегающих морей и океанов, до глобальной.

Рассмотрим российские и зарубежные системы и проекты, которые могут быть использованы в интересах морских служб.

## Услуги спутникового широкополосного доступа

Под широкополосным доступом будем понимать услуги передачи данных в направлении к абонентской станции (АС) на скоростях не менее 2 Мбит/с. Для ряда сервисов критичным является время задержки при передаче информации. Поэтому будем разделять системы, обеспечивающие работу в режиме «почти реального времени» и иные. К первым можно

отнести только системы на низких круговых орбитах (LEO), высота которых не превышает 1500 км.

Рассмотрим некоторые спутниковые системы, предоставляющие услуги ШПД.

### «Морской VSAT» с использованием геостационарных спутников

Услуги ШПД в данном случае организуются через геостационарные (ГСО) спутники прежде всего в Ки- и Ка-диапазонах частот. В России эта услуга позиционируется в первую очередь с предоставлением ШПД на Северном морском пути (СМП). В качестве космического сегмента разными (в том числе вторичными) операторами могут использоваться комбинации спутников «Ямал-402» (54,9° в. д.), «Экспресс-AM44/AM6/103/AM5», расположенных в позициях 11° з. д., 53° в. д., 96,5° в. д., 140° в. д.

Зоны радиовидимости спутников при ограничении на минимальный угол места (УМ) 1° отражены на рис. 1. На рис. 2 представлен вид на ГСО

с размещенными на ней спутниками от одной из точек СМП. Максимальный УМ из этой точки составляет 10°.

Малые углы места создают массу проблем. В частности, в процессе движения необходимо обеспечивать роуминг абонентской станции, переводя ее с одного спутника на другой. Кроме того, высока вероятность затенения рельефом местности или местными предметами (зданиями и сооружениями) при приближении корабля к берегу (рис. 3).

Работа абонентских станций осуществляется на границе (или даже за ней) зоны обслуживания спутников, что ухудшает энергетические характеристики радиоканала. Не говоря уже о дополнительных затуханиях на линии и дополнительном шуме со стороны Земли. Поэтому работа морского VSAT на СМП, как правило, организуется не выше чем в Ку-диапазоне (реже в С-диапазоне) частот на относительно небольших скоростях (2...10 Мбит/с в прямом и до 2 Мбит/с в обратном канале) с использованием антенн диаметром от 1,2 м. Необходимо учитывать существенное снижение коэффициента готовности радиоканала вследствие затенений рельефом и местными предметами.

### Система «Экспресс-РВ» (проект)

Цель проекта – предоставление услуг ШПД на территории России и в зоне Арктики прежде всего на подвижные абонентские станции.

Космический сегмент включает четыре спутника, размещаемые на высокоэллиптической орбите типа «Кентавр» («Молния», но имеющая свои особенности, – патент №2223205). Синхронное движение и переключение спутников обеспечивают эффект относительной неподвижности рабочего спутника в двух пространственных позициях над широтой примерно 63°.

Принцип обеспечения эффекта неподвижности поясняется на рис. 4. Для АС направление на спутник будет описывать в пространстве эллипс размером 12° на 2°.

Две условные позиции положения спутников формируют гарантированные (по углу места) зоны радиовидимости (ГЗРВ). На рис. 5 представлены ГЗРВ системы «Экспресс-РВ» по углам места 45, 50, 55 и 60°.

На СМП углы места видимости на спутник превышают 50°, что позволяет обеспечить качественный и надежный радиоканал.

В качестве сравнительной оценки на рис. 6 показаны результаты математического моделирования – графики изменения УМ на основные космические аппараты (КА) на ГСО и спутники системы «Экспресс-РВ» при движении по СМП, а также по фарватеру реки Лена (рис. 7).

В пределах ГЗРВ формируется зона обслуживания путем многолучевого покрытия узкими (2°) лучами. На рис. 8 показаны частичные (по лучам) зоны обслуживания системы «Экспресс-РВ». Арктика и СМП прикрывается лучами от спутника, работающего в совмещенной позиции (над Канадой). Этим достигается максимально полная загрузка системы трафиком с территории РФ.

Система работает в Ку-диапазоне частот (14/12 ГГц). Диаметры антенн абонентских станций составляют 0,6 и 1,2 м. Ожидаемые скорости передачи на абонентской линии участка «вниз» – до 70 Мбит/с. Система планируется к вводу в эксплуатацию в 2025–2030 гг.

### Система «Скиф» (проект)

Система «Скиф» (Сеть SKY-F, заявка в БР МСЭ 122520028 от 15.03.2022) предназначена для обеспечения высокоскоростного ШПД на фиксированные абонентские станции диаметром 1,8 и 2,4 м. В отличие от проекта «Экспресс-РВ» используется Ка-диапазон частот (30/18 ГГц). Скорости передачи на абонентских линиях могут составлять от 3 до 500 Мбит/с. Заявленная пропускная способность КА – 200 Гбит/с. Зона обслуживания – глобальная. Однако зоны обслуживания определяются положением сети шлюзовых



Рис. 3. Затенение рельефом местности и местными предметами



Рис. 4. Принцип работы системы «Экспресс-РВ»

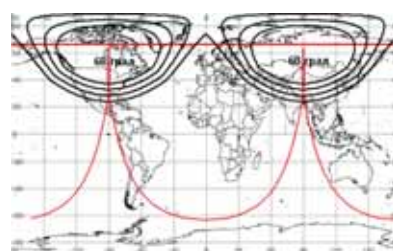


Рис. 5. ГЗРВ системы «Экспресс-РВ» при УМ 45, 50, 55 и 60°

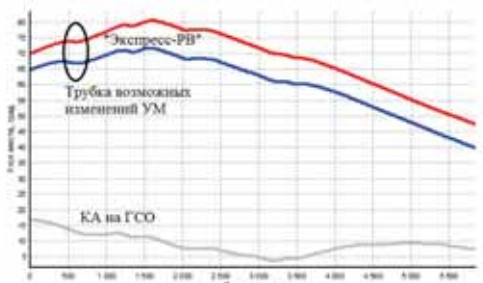


Рис. 6. Изменение УМ на ГСО и спутники системы «Экспресс-РВ» при движении по СМП

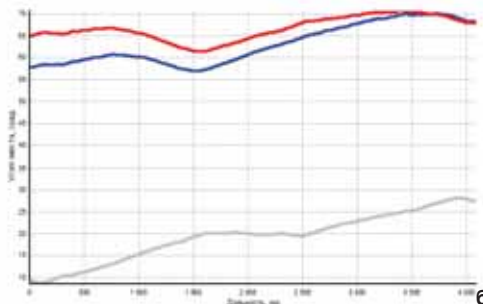


Рис. 7. Условия видимости спутников при движении по фарватеру реки Лена: а – фарватер реки Лена; б – графики изменения УМ на ГСО и спутники «Экспресс-РВ»

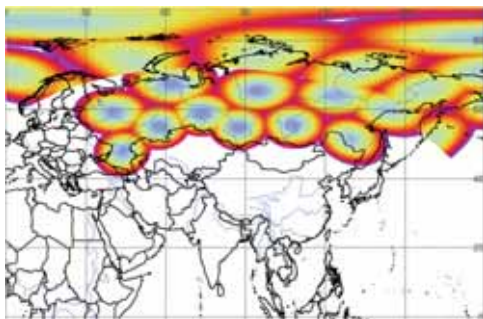


Рис. 8. Парциальные зоны обслуживания системы «Экспресс-РВ»

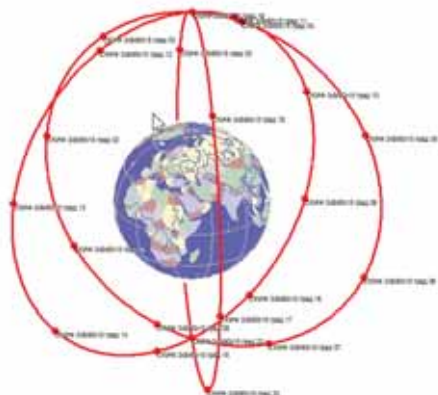


Рис. 9. Структура ОГ системы «Скиф»

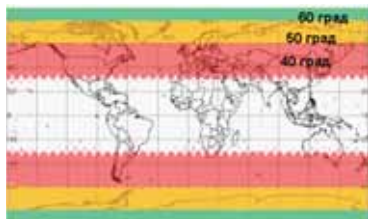


Рис. 10. ГЗРВ системы «Скиф» при УМ 40, 50 и 60°

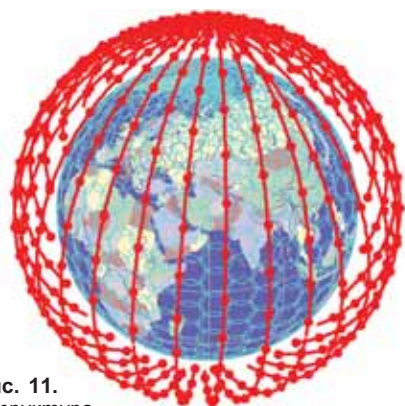


Рис. 11. Структура полной группировки системы OneWeb

станций, так как межспутниковых линий нет. Это первая российская система на средних (МEO) орбитах. При полном

развертывании ОГ будет включать 24 спутника (три плоскости по 8 КА). Структура ОГ отражена на рис. 9. Такая структура обеспечивает глобальное покрытие на УМ 35°. ГЗРВ для более высоких углов места представлена на рис. 10.

Межспутниковых линий в системе нет, поэтому реальная зона обслуживания определяется положением наземных станций сопряжения (шлюзов), которые дополнительно должны иметь доступ к оптическим магистральным сетям. При размещении шлюзов на территории РФ зона обслуживания накроет северную часть России и СМП. Поскольку размещение привязанных к оптике шлюзов в океанах не представляется возможным, сервис ШПД для кораблей на океанских просторах недоступен.

Концепция применения системы «Скиф» созвучна системе ОЗВ – спутники узкими лучами будут прикрывать заранее определенные зоны обслуживания.

Абонентской станции необходимо найти ближайший спутник и выполнить его сопровождение вплоть до выхода из зоны радиовидимости, после чего переключиться на новый. Время работы с одним космическим аппаратом на углах места выше 20° зависит от пространственного положения спутника и может достигать 1 часа 20 минут. Во избежание перерыва в связи нужно использовать две антенные системы.

Система «Скиф» может быть использована на крупных морских объектах, требующих высокой скорости доступа в Интернет (например, на пассажирских паромах или круизных лайнерах), но при условии, что маршрут движения кораблей пролегает вблизи материков.

Первый спутник «Скиф-Д» был запущен в конце 2022 г. Это демонстрационный космический аппарат, не предназначенный для предоставления услуг. Запуск шести штатных космических аппаратов запланирован на 2024–2027 гг.

### Система «МегаФон 1440» (проект)

Рассмотренные системы и проекты принципиально не способны обеспечить услуги ШПД с малым временем задержки в прохождении сигнала. За решение данной задачи взялась компания «МегаФон». В 2020 г. было создано предприятие «МегаФон 1440», переименованное позднее в «Бюро 1440», задачей которого и являются разработка и создание спутниковой системы ШПД с малым временем задержки.

Однако об успехах компании в этом направлении и о ближайших перспективах проекта в настоящее время практически ничего не известно.

### Система OneWeb (вводится в эксплуатацию)

Система OneWeb предназначена для обеспечения высокоскоростного ШПД на фиксированные наземные и подвижные воздушные и морские абонентские станции. Система имеет малое время задержки сигнала, так как разворачивается на LEO-орбитах. Используемый диапазон частот – Ku. Заявленная скорость передачи на абонентской линии: 200 Мбит/с «вниз» и 50 Мбит/с «вверх». Зона обслуживания – теоретически глобальная. Зоны обслуживания определяются также положением сети шлюзовых станций, поскольку межспутниковых линий нет.

В состав орбитальной группировки должно войти 648 спутников (18 плоскостей по 36 спутников в плоскости). По состоянию на 17.10.2022 на рабочей орбите высотой 1220 км находилось 426 спутников. Еще около сотни спутников осуществляли автономный подъем высоты своей орбиты за счет ресурсов собственной двигательной установки. В планах компании увеличение количества спутников в плоскостях до 49 (мощность ОГ составит 882 КА).

Структура орбитальной группировки представлена на рис. 11, а предельная по размеру зона обслуживания, предполагающая, что в любой точке континентов



может быть размещена станция сопряжения, на рис. 12. Реальная зона обслуживания будет существенно меньше.

Полное развертывание системы первого этапа запланировано до 2027 г.

### Система Starlink (вводится в эксплуатацию)

Система Starlink предназначена для обеспечения высокоскоростного ШПД прежде всего на фиксированные и мобильные (связь с остановок) абонентские станции. Система с малым временем задержки сигнала, так как ОГ разворачивается на LEO-орбитах. Используемый диапазон частот – Ku и Ka. Скорость передачи на абонентской линии: около 70 Мбит/с «вниз» и 20 Мбит/с «вверх». Эквивалентный диаметр антенн абонентских станций – 0,7 м.

На спутниках первого этапа межспутниковые линии не используются. Поэтому зона обслуживания определяется положением сети станций сопряжения. Каждый шлюз должен быть привязан к магистральным оптическим каналам. На спутниках второго этапа предполагается использование лазерных межспутниковых линий. В этом случае зона обслуживания становится глобальной.

Космический сегмент выполнен в многоэшелонном варианте. Эшелонирование обеспечивается прежде всего по наклонению орбиты. Основной эшелон сформирован на высоте 550 км с наклонением 53°. На этом эшелоне сейчас расположено 2800 спутников. Часть выведенных спутников находится в стадии перемещения за счет ресурсов собственной двигательной установки с опорной орбиты (высота около 300 км) на рабочую. Два дополнительных эшелона с наклонением 70° и 97,65° (это солнечно-синхронная орбита) предназначены для обслуживания северных территорий Земли.

На рис. 13 представлена действующая орбитальная группировка. На рис. 14 показаны графики количества наблюдаемых спутников (максимум и минимум на интервале наблюдения) в функции

широты положения абонентской станции. Система способна обслуживать территории не только до 60° с. ш., но и выше, включая СМП и Арктику.

Несмотря на то что система получила достаточно широкое распространение в разных регионах мира, ее эксплуатация на территории России в ближайшем обозримом будущем маловероятна из-за отсутствия разрешения на использование радиочастот. Но она может использоваться за пределами территории России на катерах и яхтах, зарегистрированных на территории других государств.

### Проект Space Norway HEOSAT

HEOSAT (Arctic Satellite Broadband Mission) – норвежский проект системы спутниковой связи двойного назначения. В данный материал он попал потому, что на борту спутников помимо полезных нагрузок L-, X- и Ku-диапазонов будет установлен и ретранслятор Ka-диапазона, который уже арендован компанией Inmarsat. Основная задача этой полезной нагрузки – полярное дополнение сети GlobalExpress. Развертывание системы планируется на начало 2023 г.

Нужно отметить, что Inmarsat GlobalXpress – практически глобальная система ШПД в Ka-диапазоне, построенная с использованием «тяжелых» КА (спутники пятой серии) на геостационарной орбите. Каждый спутник покрывает всю подспутниковую зону (включая моря и океаны) довольно узкими лучами, обеспечивая на глобальной основе (за исключением приполярных районов) услуги ШПД. Полярное дополнение сделает эту систему действительно глобальной.

Орбитальная группировка в составе двух космических аппаратов будет развернута в одной плоскости на эллиптической орбите с эксцентриситетом 0,55 и высотой в апогее 43 510 км (см. рис. 15а). При этом система обеспечит обслуживание в широтной полосе выше 60° на углах места более 20° (см. рис. 15б).

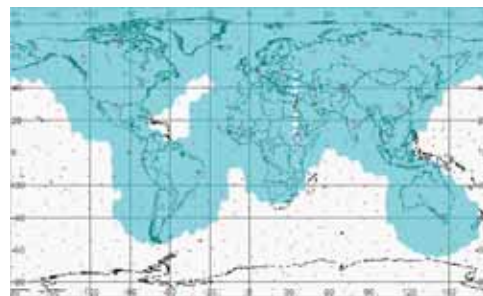


Рис. 12. Предельная зона обслуживания системы OneWeb

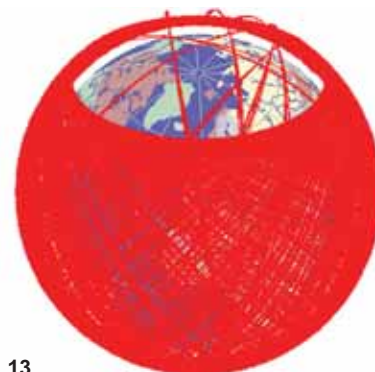


Рис. 13. Структура группировки системы Starlink по состоянию на 12 декабря 2022 г.

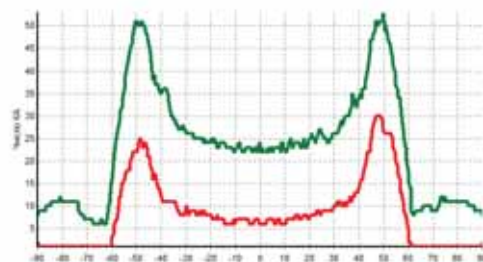


Рис. 14. Количество (минимальное и максимальное) наблюдаемых КА на УМ более 25° в функции широты по состоянию на 12 декабря 2022 г



а) Структура орбитальной группировки

б) ГЗРВ при УМ=10, 20° и 30°

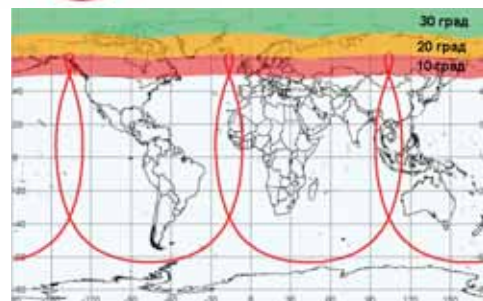
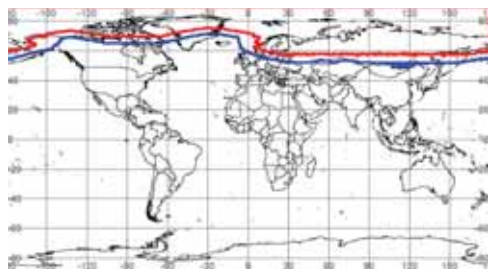


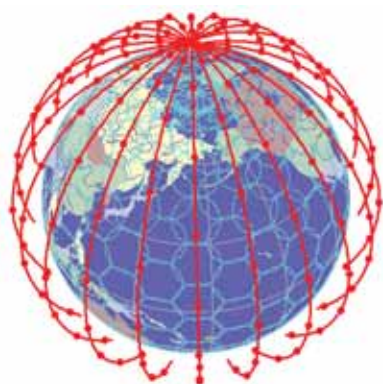
Рис. 15. Система HEOSAT



**Рис. 16.**  
Структура будущей орбитальной группировки системы «Гонец»



**Рис. 17.** Зона обслуживания модернизированной системы «Гонец» при УМ = 10° (красная линия) и УМ = 5° (синяя линия)



**Рис. 18.**  
Структура орбитальной группировки системы «МараФон»



**Рис. 19.** Проектный облик спутника системы «МараФон»

Что касается возможности использования этой системы на территории РФ, то на сайте ФГУП «Морсвязьспутник» указано: «На территории Российской Федерации услуги «Инмарсат» пятого поколения GX в настоящий момент не предоставляются». Но нужно отметить, что с вводом полярного дополнения она станет первой истинно глобальной системой ШПД, правда, с большой временной задержкой.

## Услуги персональной подвижной радиосвязи

Услуги персональной подвижной радиосвязи предоставляют достаточно много компаний: Iridium, Thuraya, Globalstar, Inmarsat и др. Лидерство Iridium в части глобальной персональной спутниковой связи очевидно, особенно в северных регионах, где реальная альтернатива этой системе отсутствует. В России в настоящее время аналогичной системы нет. Но замысел есть – идет разработка системы «Гонец» нового поколения. И если ее текущая функциональность ограничена пакетной передачей данных, то модернизированная система будет способна предложить услуги подвижной персональной связи, напомним, типа «трубка в руке».

Будущая структура ОГ в составе 28 спутников представлена на рис. 16. Использование межспутниковых линий не планируется. Поэтому зона обслуживания будет определяться положением станций сопряжения. Если будут использованы действующие станции сопряжения системы «Гонец», то зона обслуживания, в пределах которой будет обеспечена голосовая связь, будет соответствовать представленной на рис. 17.

Услуги голосовой связи будут доступны на большей части территории России, на СМП и в зоне Арктики. Следовательно, они могут быть востребованы моряками, работающими на кораблях, обслуживающих СМП, а также расположенных в фарватерах рек Сибири и Дальнего Востока.

## Спутниковый IoT

Спутниковый Интернет вещей – это, по сути, отдельный независимый канал телеметрии, который с заданной интенсивностью или непрерывно может передавать данные, содержащие информацию об определенном объекте. Например, о состоянии подвижных объектов (яхт, танкеров, круизных лайнеров и др.), в том числе координаты положения, техническое состояние, а также о состоянии груза (каждого перевозимого контейнера или объема и массы выловленной рыбы и т.д.).

В России в настоящее время действующих систем IoT нет, однако в рамках ФЦП «Сфера» в ближайшие годы планируется развернуть спутниковую систему «Марафон IoT». Кроме того, в конце 2022 г. было объявлено о новом российском спутниковом проекте IoT, получившем название TELUM LEO 1. Рассмотрим эти проекты более детально.

### Система «Марафон IoT» (проект)

Спутниковая система «Марафон IoT» предназначена для предоставления услуг IoT как в режиме реального времени (в S-диапазоне частот), так и с заданной интенсивностью или по запросу (в ISM диапазоне частот, не требующем лицензирования). В качестве технологической платформы LPWAN в проекте предполагается использование технологии LoRa, получившей достаточно широкое распространение не только в России, но и в мире.

Цель проекта – дополнить действующие и разворачиваемые наземные сети IoT спутниковым компонентом, обеспечивающим простое подключение и обслуживание готовых абонентских устройств в любой точке поверхности Земли, что по сути означает создание глобальной гибридной сети IoT.

В состав орбитальной группировки должны войти 264 спутника (включая 12 резервных) массой около 50 кг каждый, которые планируются к развертыванию на 12 приполярных LEO-орбитах высотой 750 км. Структура ОГ показана на рис. 18, проектный облик спутника – на рис. 19.



В системе не используются межспутниковые линии. Это значит, что зона обслуживания формируется сетью шлюзовых станций. Однако, в отличие от систем ШПД, шлюзы в данном случае не требуют подключения к магистральным оптическим каналам. Следовательно, разместить такой шлюз можно и на острове в океане. Для обслуживания всей территории России и зоны Арктики, в том числе СМП, как показало моделирование, достаточно пяти станций сопряжения, размещенных на территории России.

Система будет обеспечивать ряд дополнительных сервисов, в частности, создание поля контроля морских и речных судов (АИС) и авиационных систем (АЗН-В), где будут использоваться типовые АС этих систем.

Развертывание штатной группировки запланировано на 2024–2027 гг.

### Система TELUM LEO 1 (проект)

Новый проект спутникового IoT был представлен на одной из конференций, проходившей в конце 2022 г. Как показал анализ поданных в Бюро радиосвязи МСЭ заявок, 20 июня 2022 г. была зарегистрирована заявка №122520078 на одноименную спутниковую систему.

Согласно поданной заявке, орбитальная группировка системы планируется к развертыванию на одном из трех высотных эшелонов: 385 км, 585 км и 1500 км с обратным наклоном (98°). В состав ОГ должно войти 152 спутника, развернутых в восьми плоскостях. Структура орбитальной группировки представлена на рис. 20.

Работа системы планируется в отдельных полосах частот диапазонов 160 МГц и 400 МГц. Отличительной чертой системы является использование очень легких КА – всего 1,5 кг.

С учетом того, что основные технические решения по этой системе не опубликованы, прогнозировать успешность проекта пока сложно.

## Услуги гибридных сетей и систем

Относительно новой тенденцией, способной в обозримом будущем серьезно изменить ситуацию на рынке услуг спутниковой связи, является гибридизация систем и услуг. Суть гибридной сети заключается в том, что в зоне обслуживания наземной радиосети канал подвижному абоненту предоставляет наземная сеть, а за ее пределами происходит автоматическое переключение на спутниковую сеть (рис. 21). В качестве типовой абонентской станции рассматривается прежде всего смартфон.

Естественно, гибридная сеть – это договоренность операторов наземной и спутниковой сети при технической возможности. Реализация также связана с энергетикой радиолиний, что делает эффективным использование прежде всего спутников на низких LEO-орбитах. Следовательно, в ближайшей перспективе следует ожидать развертывания спутников нового поколения, поддерживающих данную технологию.

В настоящее время известно о соглашении компаний SpaceX и T-Mobile. Apple пытается договориться с оператором системы Globalstar. Смартфон компании Huawei Mate 50 Pro будет поддерживать работу с Beidou-3. Федеральная комиссия США по связи одобрила проект Lynk в составе 10 КА на LEO, предназначенных для предоставления связи на абонентские устройства за пределами зон обслуживания наземных систем. Компания AST SpaceMobile, планирующая развертывание собственной орбитальной группировки, заключила партнерские соглашения более чем с 25 операторами мобильной связи во всем мире.

Безусловно, это пока не полноценные услуги голосовой связи, а передача небольших текстовых сообщений. Но все впереди. И это надо учитывать при планировании развития систем радиосвязи в интересах морской индустрии.

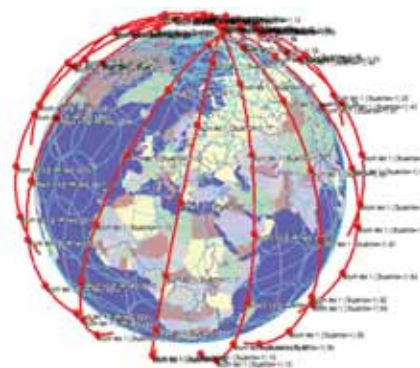


Рис. 20. Структура орбитальной группировки системы TELUM LEO 1

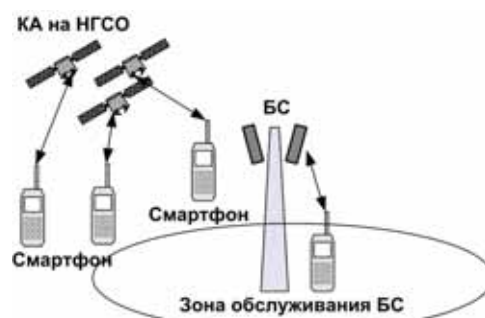


Рис. 21. Сущность гибридных систем

## Заключение

Резюмируя все вышесказанное, можно сделать следующие выводы.

1. Безопасность эксплуатации, а также возможности по дальнейшему динамичному развитию морских и речных подвижных объектов любого тоннажа и назначения, в том числе обеспечение беспилотного движения, зависят от доступности базовых сервисов и услуг систем спутниковой связи в любой точке маршрута движения.
2. К базовым услугам можно отнести ШПД, в том числе с малым временем задержки, сервисы IoT и подвижной персональной связи. Зоны обслуживания должны включать как прибрежные зоны и внутренние фарватеры рек РФ, так и мировые океанские просторы.
3. В части ШПД единственной системой, технически способной предоставить услуги в любой точке мира, является

Inmarsat GlobalXpress (с учетом ввода в эксплуатацию полярного дополнения HEOSAT). Однако услуги этой системы российским потребителям недоступны.

4. Российские сети ШПД типа «морской VSAT» прикрывают в пределах прибрежные территории России и некоторых континентов. Но предоставление обслуживания на океанских просторах в эти системы не закладывалось.
5. Развертывание российской региональной системы «Экспресс-РВ» обеспечит услуги ШПД на территории РФ (фарватеры рек) и на Северном морском пути. На других территориях морей и океанов услуги технически не доступны.
6. Для предоставления услуг ШПД за пределами территории РФ наземный сегмент перспективной системы «Скиф» должен включать разветвленную международную сеть шлюзов, привязанных к магистральным оптическим каналам. Очевидно, что развернуть такую сеть в ближайшей перспективе не представляется возможным. Однако с учетом того, что в состав орбитальной группировки входит небольшое число спутников (по проекту от 12 до 24), целесообразно проработать возможность использования в системе межспутниковых линий. В этом случае РФ получит хотя бы одну систему ШПД с глобальным обслуживанием, в том числе в интересах морских подвижных объектов.
7. Услуги ШПД со стороны действующих LEO систем Starlink и OneWeb для российских потребителей в ближайшей перспективе будут недоступны.
8. Услуги подвижной персональной связи на глобальной основе доступны всем российским пользователям от систем Iridium. Однако здесь возникают вопросы по стоимости и конфиденциальности обслуживания. Поэтому необходимо максимально оперативное развертывание модернизированной системы «Гонец» с функцией предоставления услуг персональной связи.
9. Системы IoT – это как минимум один независимый и относительно дешевый канал передачи информации о состоянии морских/речных подвижных объектов и их грузов в пункты мониторинга и управления (диспетчерские). Ключевой фактор успеха – приоритетное развертывание российской системы «Марафон IoT».
10. Гарантированное обеспечение телекоммуникационных услуг морских объектов РФ в настоящее время реализуется геостационарной группировкой спутников «Экспресс» и «Ямал». Однако этого недостаточно, в частности, по территории покрытия. Необходимы оперативная доработка и ввод в эксплуатацию систем «Экспресс-РВ», «Скиф», «Гонец» и «Марафон IoT». ■

## Полимеры для 4D-печати компонентов космических аппаратов

Специалисты Первого Московского государственного медицинского университета имени И.М. Сеченова (Сеченовского университета) в составе группы исследователей разработали полимерные материалы для 4D-печати компонентов космических аппаратов, которые превосходят аналоги. Отличительное свойство этих полимеров – устойчивость к высоким температурам. «Благодаря включению в состав высокотехнологичного ароматического полиамида ученые получили прочные трехмерные структуры с высокой термической стабильностью (выше 350 °С). По этим эксплуатационным характеристикам разработанные фотополимеры значительно превосходят доступные сейчас на рынке и описанные в научных статьях полимерные интеллектуальные материалы», – сообщили ТАСС в Сеченовском университете. Фотополимерные составы принимают требуемую форму и застывают при воздействии света. В частности, их можно использовать для создания космического оборудования, которое должно работать в условиях

вакуума, ультрафиолетового и ионизирующего излучений. Новые полимеры отличаются отличной памятью формы при температуре перехода выше 150 °С. Трехмерным структурам можно придавать различную форму, вследствие воздействия температуры структуры возвращаются к первоначальной геометрии. Специалисты выяснили, что это свойство сохраняется и при радиационном облучении. В выполнении работ участвовали ученые Байкальского института природопользования Сибирского отделения РАН, Института фотонных технологий ФИИЦ «Кристаллография и фотоника» РАН и Сибирского государственного университета науки и технологий им. академика М.Ф. Решетнева. Результаты работы опубликованы в журнале Chemical Engineering Journal. Сеченовский университет разрабатывает инновационные решения по направлению «Исследовательское лидерство» в рамках федеральной программы «Приоритет 2030» (национальный проект «Наука и университеты»).