

УДК 621.396

DOI 10.47813/nto.3.2022.6.560-570 EDN [QWUVHH](#)



Инновационный подход к вопросам организации системы дальней связи и управления подводными робототехническими комплексами контроля экологического состояния акваторий Северного морского пути

Юрий Геннадьевич Ксенофонов

Государственный университет морского и речного флота имени адмирала
С.О. Макарова, ул. Двинская, 5/7, Санкт-Петербург, 198035, Российская Федерация

E-mail: ksefontov.ura@mail.ru

Аннотация. Процесс проведения исследования экологической обстановки водной среды с использованием подводных робототехнических комплексов, оснащенных специальными поисковыми системами, в том числе, телевизионными камерами, позволяет получать сведения о состоянии морского дна, определять наличие посторонних и опасных объектов, их идентификацию, параллельно используя элементы картографирования рельефа дна с целью предоставления в центр управления и координации необходимых данных. Так как арктическая зона России, в частности, Северный морской путь, имеет протяженность тысячи километров, проблема передачи сигналов управления и обмена информационными данными сегодня является достаточно актуальной. В качестве альтернативы дорогостоящей спутниковой группировке предлагается использовать относительно простую и дешевую сеть метеорной радиосвязи. Метеорная радиосвязь на ультракоротких волнах является одним из самых экономически целесообразных и статистически устойчивых телекоммуникаций в условиях Севера России. Для обеспечения ее нормального функционирования необходима не только теоретическая, но и практическая всесторонне проверенная разработка новых инновационных технологий. В статье приведены не только потенциальные возможности сети метеорной связи, но и целесообразность ее использования в арктических регионах, показана обоснованность и готовность к разработке и интеграции данных инноваций в технологии инфотелекоммуникаций Северного морского пути.

Ключевые слова: водная среда, экологический мониторинг, подводный робототехнический комплекс, Северный морской путь, инфотелекоммуникационные технологии, сеть метеорной радиосвязи.

Innovative approach to the organization of the long-distance communication system and control of underwater robotic systems for monitoring the ecological state of the waters of the Northern Sea Route

Yuriy Gennadievich Ksenofontov

Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, Dvinskaya 5/7, St.
Petersburg 198035, Russian Federation

E-mail: ksefontov.ura@mail.ru

Abstract. The process of conducting a study of the ecological situation of the aquatic environment using underwater robotic complexes equipped with special search systems, including television cameras, also allows you to obtain information about the state of the seabed for the presence of foreign and dangerous objects, their identification, in parallel using the elements of mapping the seabed relief in order to provide the control center and coordinate the necessary data. Since the Arctic zone of Russia, in particular, the Northern Sea Route has a length of thousands of kilometers, the problem of transmitting control signals and exchanging information data is quite urgent today. As an alternative to an expensive satellite constellation, it is proposed to use a relatively simple and cheap meteor radio communication network. Ultrashort meteor radio communication is one of the most economically feasible and statistically stable telecommunications in the North of Russia. To ensure its normal functioning, it is necessary not only theoretical, but also practical comprehensively tested development of new innovative technologies. The article presents not only the potential capabilities of the meteor communication network, but also the feasibility of its use in the Arctic regions, shows the validity and readiness for the development and integration of these innovations in the technology of information telecommunications of the Northern Sea Route.

Keywords: water environment, environmental monitoring, underwater robotic complex, Northern Sea Route, infotelecommunication technologies, meteor radio communication network.

1. Введение

В современном мире, несмотря на введение против России «недружественными» странами различного рода экономических ограничений, страна остается одним из крупнейших экспортеров углеводородов и твердых пород топлива. На сегодняшний день в мире отмечается достаточно высокий спрос на топливные ресурсы, преимущественно у азиатских партнеров. В связи с активным развитием Арктического шельфа потребовалось более активно задействовать морской транспорт, а также современные российские морские коридоры, такие как, например, Северный морской путь (СМП). Однако, с увеличением объемов морских грузоперевозок с каждым годом наблюдается рост числа аварий, имеющих место в северных акваториях, что, соответственно, в отдельных случаях может привести к загрязнению водной среды и ухудшению общей экологической обстановки в северных широтах. Таким образом, с целью предотвращения необратимых последствий причинения вреда окружающей среде на различных симпозиумах и конференциях на первом плане остро встает вопрос, связанный с обеспечением экологического мониторинга водной среды близ лежащих к России акваторий Мирового океана [1]. Огромное внимание уделяется методам дистанционного контроля состояния экологической обстановки непосредственно водной среды, ее поверхности, а также получению информации о нахождении на дне опасных объектов, что требует от государства проведения работ по экологической очистке дна и, соответственно, дополнительного финансирования данной отрасли. Кроме того следует отметить, что достижение поставленных целей практически неосуществимо без создания специальных научных инженерно-технических групп, в задачи которых входит проведение множества исследований как на уровне предотвращения экологических катастроф, так и своевременного обнаружения очагов возникновения экологической опасности. Так как с точки зрения мониторинга необходимо постоянно иметь полный необходимый объем информации о состоянии водной среды, необходимо создание специализированной интегрированной системы, базирующуюся на современных инфотелекоммуникационных технологиях с новейшими техническими средствами контроля. Соответственно, реализовать указанную стратегическую концепцию невозможно без использования подводных поисковых и разведывательных систем

(рисунок 1), в том числе с применением автономных подводных робототехнических комплексов.

Акватория Северного морского пути и ее береговая часть – это расстояния между центром управления и обработки данных и средствами передачи информации о состоянии экологической обстановки в тысячи километров, поэтому качественное информационное обеспечение вызывает определенные затруднения ввиду сложности и дороговизны реализации информационных каналов. К тому же, учитывая климатические условия Арктики, требуется специальное защищенное оборудование, что также приведет только к удорожанию всей системы. Поэтому, с точки зрения научного подхода, необходимо в кратчайшие сроки определить направления, цели, задачи и перспективы использования систем дистанционного управления и экологического мониторинга для снижения рисков возникновения неблагоприятных ситуаций в северных регионах России [2, 3].

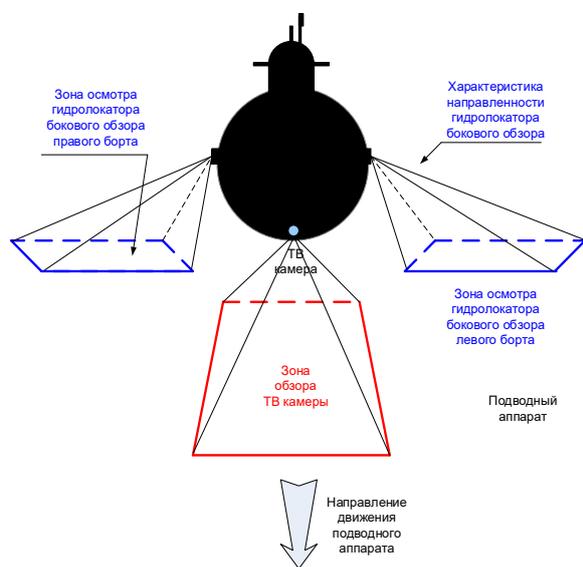


Рисунок 1. Многофункциональный подводный робототехнический комплекс контроля состояния водной среды.

2. Цель исследования

Северный морской путь – это большая техническая система, осуществляющая сложный морской транспортно-технологический процесс в динамически изменяющихся гидрометеорологических условиях Арктики России. Для поддержания его наиболее рационального функционирования этот процесс необходимо непрерывно контролировать и автоматизированно скоординированно управлять компонентами этого

процесса во всей широко разветвлённой топографически сложной инфраструктуре СМП. Такой контроль и управление производится с применением современных технологий. Сеть метеорной радиосвязи (СМР) на ультракоротких волнах (УКВ) является одним из наиболее устойчивых компонентов инфотелекоммуникационной инфраструктуры Арктических регионов России. В составе инфотелекоммуникаций СМР выполняет роль хребта статистически устойчивой и самой экономичной телекоммуникации на УКВ между автоматизированными системами управления (АСУ). Она обеспечивает передачу данных между этими объектами практически в любых гидрометеорологических условиях по прерывистым стохастически появляющимся энергетическим контактам на УКВ между абонентами АСУ различного назначения. Сущность устойчивой метеорной радиосвязи на УКВ состоит в том, что энергетический ресурс телекоммуникаций образуется путём использования возможности для передачи данных радиосигналов УКВ отраженных от плазменных следов вспыхнувших метеороидов. В зависимости от массы этих метеороидов и типа их вещества следы могут быть как насыщенными электронами, так и ненасыщенными. Так как метеороиды появляются стохастически, то для обеспечения устойчивой передачи данных по стохастически появляющимся энергетическим контактам на УКВ в СМР в районах СМП необходимо отработать технологию адаптации к разного рода стохастическим изменениям условий прохождения УКВ радиоволн отраженных от таких следов. Поскольку стохастический характер появления и исчезновения следов метеороидов не позволяет чисто теоретически решить эту задачу, то предлагается экспериментально исследовать и оптимизировать технологию процесса передачи данных, а по результатам экспериментов разработать научно-технические предложения по построению СМР для контроля за окружающей средой в пределах территории СМП.

3. Методы и материалы исследования

Актуальность предлагаемых исследований состоит не только в том, что освоение СМП и Арктики России связаны с необходимостью создания и дальнейшего совершенствования системы дистанционного экологического мониторинга при помощи сложных технических средств контроля, находящихся на большой территории и на значительных удалениях друг от друга. Но при этом СМР являются одними из наиболее

экономически целесообразных и, в то же время, статистически устойчивых компонентов инфотелекоммуникационной системы Арктики России.

Сегодня СМР на УКВ широко используются во всём мире (рисунок 2).

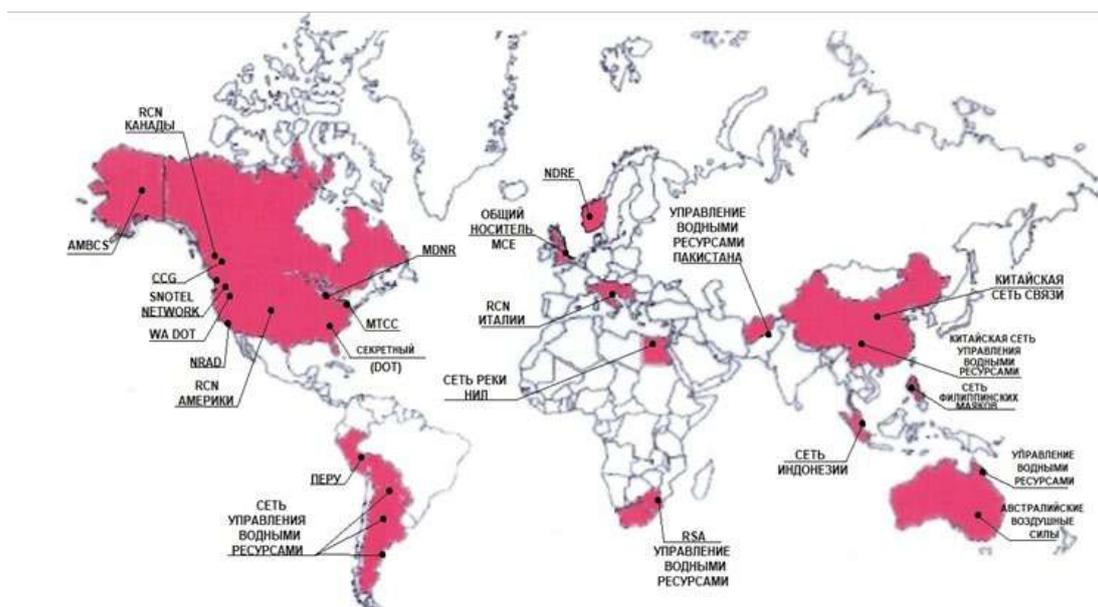


Рисунок 2. Регионы использования систем метеорной радиосвязи в настоящее время в мире.

Соединенные Штаты Америки уже давно и всесторонне используют этот «бесценный» дар природы – телекоммуникационный ресурс на УКВ через следы метеороидов. На территории этой заокеанской страны установлены и уже в течение многих лет постоянно эксплуатируются более 5000 установок метеорной радиосвязи для предупреждения об опасностях техногенного характера (ураганов, штормов, торнадо, цунами и т.п.). Однако, пока даже в более технологически развитых странах метеорная связь не задействована в сфере контроля состояния гидросферы.

Поскольку подводная экологическая разведка на Арктическом шлейфе стала популярна только лишь в последние годы, сегодня широко обсуждаются такие вопросы, как передача видеоизображений в водной среде на надводные аппараты, прием и обработка информационных данных состояния экологической обстановки соответствующими центрами, а также методы управления подводными робототехническими комплексами при условии нахождения их на значительных расстояниях друг от друга (500-2000 км). Поэтому, в рамках данной статьи

обосновывается целесообразность применения в Северном морском пути не только крайне дорогостоящий искусственно создаваемый спутниковый телекоммуникационный ресурс, но и метеорную радиосвязь. Следует отметить, что применение только УКВ радиоканала исключает необходимость международного согласования частотного ресурса для группировок радиоэлектронных средств в инфраструктуре арктических регионов России, в том числе СМП [4].

Анализ основных направлений развития метеорной связи в России показал, что в арктических регионах применение метеорной связи на УКВ наиболее целесообразно [5]. В ряде исследований отмечена важность СМР как средство обеспечения доведения информации до робототехнических комплексов в северных морях [6]. Комплексное использование как ненасыщенных, так и насыщенных следов метеороидов позволяет осуществлять как своевременную одностороннюю передачу коротких формализованных сообщений (КФС) через ненасыщенные следы, так и файловый обмен данными через насыщенные [7].

4. Полученные результаты

Поскольку все возможные соединения осуществляются с использованием энергетических контактов на УКВ через ионизированные следы вспыхнувших метеороидов на высоте порядка 90 км, то фактически обеспечивается возможность обмена данными между любыми объектами, расположенными на расстояниях до 2000 км. Предлагаемая двухчастотная схема телекоммуникаций позволит отработать технологии как частой односторонней передачи КФС типа SMS (в среднем одно КФС в секунду), так и дуплексный обмен файлами данных между ЭВМ, установленными на объектах абонентов, но уже с перерывами, достигающими 4-х минут и более. Таким образом, по существу предлагается внедрение инноваций в инфраструктуру СМП [8, 9].

Предлагаемая сеть метеорной радиосвязи СМП (СМР СМП) состоит в основном из четырёх региональных подсетей метеорной радиосвязи на УКВ с центрами в морских портах СМП Мурманск, Диксон, Тикси и Певек (рисунок 3).

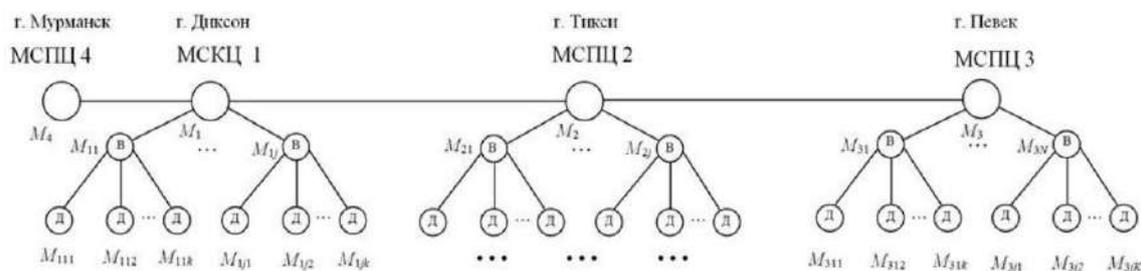


Рисунок 3. Топология сети метеорной радиосвязи СМР: МСКЦ – морской спасательно-координационный центр (г. Дикси), МСПЦ – морской спасательный подцентр, В – ведущая станция, Д – ведомая станция (датчик контроля).

Так как в морских портах Северного морского пути располагается морской спасательный координационный центр (в г. Диксон) и морские спасательные подцентры (МСПЦ) в морских портах Мурманск, Тикси и Певек, предлагается в их уже существующую цифровую базу интегрировать так называемую систему управления и контроля экологической обстановки водной среды. Достоинство такой инфотелекоммуникационной сети, главным образом, заключается в том, что сами центры, подцентры, ведущие и ведомые станции (датчики) могут находиться на расстоянии друг от друга на расстоянии до 2000 км. Ведомые станции СМР получают информационные данные непосредственно с датчиков контроля (ведомых станций), которые могут располагаться как на надводных морских судах, имеющих связь с автоматизированным подводным робототехническим комплексом по водной среде при помощи лазерного луча или гидроакустического канала, так и на береговой части, собирая при этом информацию со специализированного оборудования, основанного на различных физических принципах контроля водной среды. На рис. 4 показан один из вариантов использования метеорного радиоканала при организации связи и управления безэкипажными судами при проведении работ по экологической очистке в качестве альтернативы спутниковой группировке.

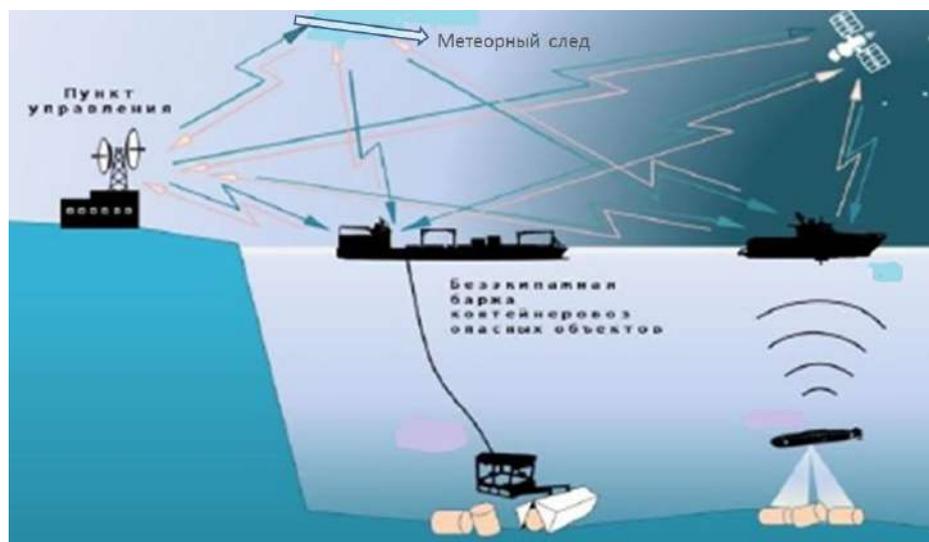


Рисунок 4. Вариант применения локальной СМР в арктической зоне России.

Из рисунка видно, как подводный робототехнический комплекс (справа) осуществляет поиск и идентификацию опасных объектов и передает данные на безэкипажное судно-ретранслятор, которое далее при помощи метеорной УКВ связи передает нужные координаты в пункт управления, который, в свою очередь, управляет безэкипажным контейнеровозом. При помощи дополнительного робототехнического средства вещества, представляющие экологическую опасность, поднимаются на судно и в дальнейшем утилизируются.

Процесс информационного взаимодействия между станциями и надводными объектами ввиду прерывистости связи (существования кратковременного энергетического контакта между ними) осуществляется при помощи коротких формализованных сообщений (КФС). Пример технологии передачи КФС через ненасыщенные следы метеороидов представлен на рисунок 5.

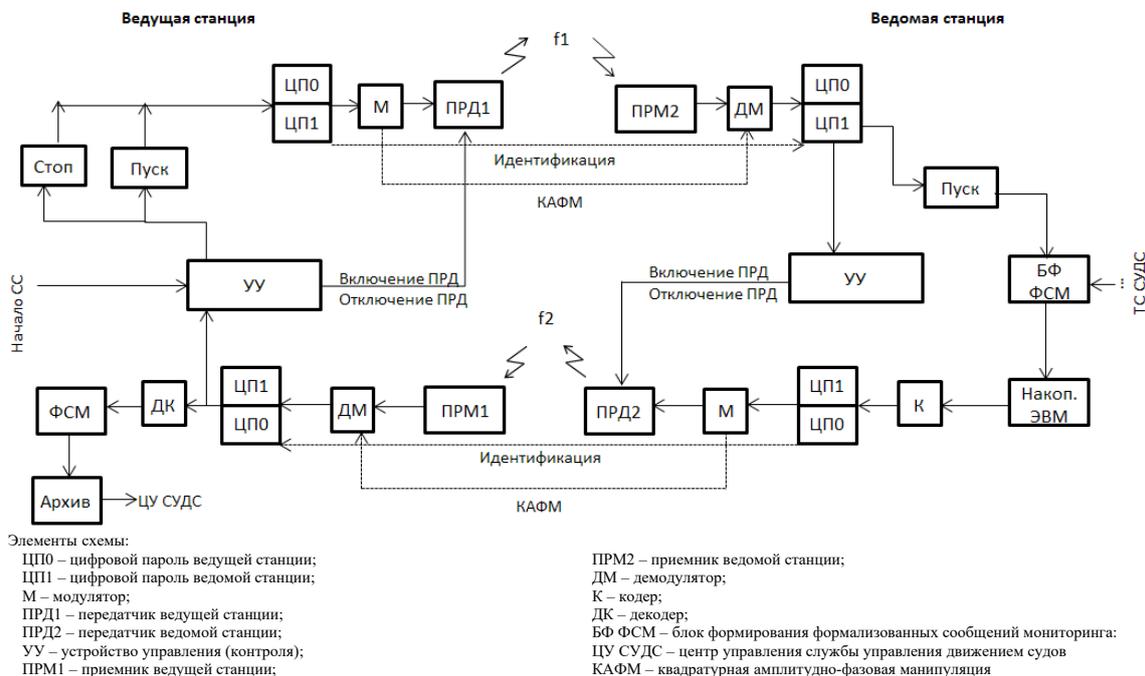


Рисунок 5. Функциональная схема сети односторонней передачи коротких формализованных сообщений типа SMS.

5. Выводы

Функционирование современной системы дистанционного экологического мониторинга арктических регионов Северного морского пути может быть обеспечено не только с применением дорогостоящих спутниковых систем связи и телекоммуникаций, но и с использованием экономически более целесообразных статистически устойчивых сетей метеорной радиосвязи на УКВ, осуществляющих передачу данных по прерывистым стохастическим каналам между объектами, которые могут находиться на расстоянии до 2000 км друг от друга. При этом должны осуществляться прием и обработка не только текстовых, но и графических сообщений. Одним из важнейших направлений научных исследований в области экологической разведки при помощи подводных автономных робототехнических комплексов, направлены, прежде всего, на оптимизацию технологий обмена данными в сложившейся инфотелекоммуникационной инфраструктуре морских портов Северного морского пути. Для всесторонней научно-практической отработки этих технологий обмена данными по прерывистым стохастическим каналам передачи данных радиосетей метеорной связи необходим

современный инжиниринговый инструмент объективного научного анализа – действующая модель функционирования сети метеорной радиосвязи Северного морского пути.

Список литературы

1. Датьев, И. О. Развитие инфотелекоммуникационных систем арктических территорий / И.О. Датьев // Труды Кольского научного центра РАН. – 2014. – № 5(24). – С. 41-63.
2. Кожемякин, И.В. Перспективные платформы морской робототехнической системы и некоторые варианты их применения / И.В. Кожемякин, А.П. Блинков, К.В. Рождественский, В.Д. Мелентьев, В.Ю. Занин // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2016. – № 1(174) – С. 59-66.
3. Ляхов, Д.Г. Современные задачи подводной робототехники / Д.Г. Ляхов // Подводные исследования и робототехника. – 2012. – № 1(13). – С. 15-23.
4. Антропов, Д.А. Проблемы эксплуатации множества группировок радиоэлектронных средств различного назначения в ходе формирования современной информационно-телекоммуникационной инфраструктуры арктических регионов страны / Д. А. Антропов // Арктика: экология и экономика. – 2014. – № 2(14). – С. 67-78.
5. Мирошников, В.И. Основные направления развития метеорной связи / В.И. Мирошников, П.А. Бутко, Г.А. Жуков // Научно-технические исследования в космических исследованиях Земли. – 2019. – Т. 11. – № 4. – С. 30-47.
6. Мирошников, В.И. Составной тракт доведения информации до робототехнических комплексов в северных морях / В.И. Мирошников, П.А. Бутко, Г.А. Жуков // Техника средств связи. – 2019. – № 3(147). – С. 2-26.
7. Мартынов, В.Л. Сеть метеорной связи в системе обеспечения мониторинга технических характеристик средств безопасности мореплавания Северного морского пути / В.Л. Мартынов, В.И. Дорошенко, И.Л. Скрипник // Морские интеллектуальные технологии. Санкт-Петербург. – 2020. – № 2. – Том 1. – С. 110-116. DOI 10.37220/MIT.2020.48.2.008
8. Воронин С.В., Радиолинии метеорной связи в телекоммуникационной сети Северного морского пути / С.В. Воронин, В.И. Дорошенко, Ю.Г. Ксенофонтов // Труды

учебных заведений связи. – 2019. – Т. 5. – № 3. С. 102-107. DOI: 10.31854/1813-324X-2019-5-3-13-18

9. Дорошенко, В.И. Применение метеорной связи в системах обеспечения безопасности объектов инфраструктуры Северного морского пути / В.И. Дорошенко, Ю.Г. Ксенофонтов // Вопросы оборонной техники. Технические средства противодействию терроризму. Серия 16. – 2019. – №1-2(127-128). – С. 3-11.