



УДК 007.51

Концептуализация развития инфокоммуникационных систем для водного транспорта с внешним экипажем в Арктике

К. С. Простакевич¹, И. А. Сикарев¹, И. В. Юрин¹, Ю. В. Козлов¹, В. М. Абрамов²

¹Российский государственный гидрометеорологический университет, Россия, 192007, Санкт-Петербург, ул. Воронежская, 79

²Государственный университет морского и речного флота имени адмирала С. О. Макарова, Россия, 198035, Санкт-Петербург, ул. Двинская, 5/7

Для цитирования: Простакевич К. С., Сикарев И. А., Юрин И. В., Козлов Ю. В., Абрамов В. М. Концептуализация развития инфокоммуникационных систем для водного транспорта с внешним экипажем в Арктике // Известия Петербургского университета путей сообщения. СПб.: ПГУПС, 2026. Т. 23. Вып. 1. С. 229–238. DOI: 10.20295/1815-588X-2026-1-229-238

Аннотация

Цель: разработать направления концептуализации развития инфокоммуникационных систем для водного транспорта с внешним экипажем в Арктике с учетом необходимости обеспечения информационной безопасности создаваемых на современном этапе проектов. **Методы:** применены методы аналогий и абстрагирования, форсайт-технологии, а также технологии сканирования открытых источников (OSINT-технологии). **Результаты:** разработаны направления концептуализации перспективного развития инфокоммуникационных систем для водного транспорта с внешним экипажем в Арктике с использованием систем обеспечения ретрансляции сигналов связи между судами с внешним экипажем и удаленными центрами дистанционного управления в условиях информационных угроз с учетом требований информационной безопасности. **Практическая значимость:** рекомендации по использованию различных схем ретрансляции сигналов связи.

Ключевые слова: инфокоммуникационные системы, суда с внешним экипажем, морская радиосвязь, информационная безопасность, Арктика

Введение

На современном этапе деятельность водного транспорта (ДВТ) в глобальном и национальном аспектах проходит стадию расширенной автоматизации — вплоть до разработки и пробного применения автономных и полуавтономных коммерческих судов (АПАКС), в том числе и в Арктике, где применение АПАКС может сталкиваться с дополнительными трудностями в области безопасной эксплуатации. При этом концептуальный уровень собственно проблематики АПАКС можно охарактеризовать как фрагментарный и нуждающийся в значительном развитии, в первую очередь в области инфокоммуникационных

систем (ИКС) с учетом требований информационной безопасности (ИБ). В этой связи следует отметить некоторый прогресс, обусловленный системными исследованиями [1, 2], в том числе в области инфокоммуникации [3–7], с учетом необходимости управления природными рисками (УПР) [8–13]. Следует отметить, что важным этапом автоматизации ДВТ в обязательном порядке будет являться эксплуатация АПАКС под управлением внешнего экипажа (ВЭ), который будет подразумевать наличие удаленного центра дистанционного управления (УЦДУ) конкретными АПАКС. В настоящее время этому аспекту развития автоматизации ДВТ уделено недостаточно

внимания. Целью исследований в рамках настоящей статьи является концептуализация развития инфокоммуникационных систем для водного транспорта с внешним экипажем в Арктике.

Методы и материалы

При выполнении исследований применены методы аналогий и абстрагирования, форсайт-технологии, технологии сканирования открытых источников (OSINT-технологии) научно-методических публикаций в глобальном пространстве.

Результаты исследования

Выполненный в ходе исследований системный анализ с помощью OSINT-технологий показал, что российская программа «Национальная технологическая инициатива», имеющая в качестве горизонта планирования 2035 год, может рассматриваться как концептуальный приоритет в создании и применении технологий для использования АПАКС. На начальном этапе реализации данной программы можно выделить следующие достигнутые результаты:

- представлен катер с внешним экипажем «Герои Тумана» (рис. 1), разработанный ООО «НПК Прогресс» для доставки грузов в Мурман-

ской области и эксплуатации на Северном морском пути (СМП). Катер изначально рассчитывался под суровые условия Арктического бассейна;

- открыт единый центр по производству морских дронов для гражданских целей;
- на Сахалине в июне 2025 года открыт полигон для испытаний автономных и полуавтономных катеров;
- российские вузы в 2023 году выпустили первую группу из 43 моряков для эксплуатации автономных паромов;
- в 2024–2025 годах переподготовку по программам морских автономных надводных судов (МАНС) прошли 1952 курсанта.

Следует отметить, что важнейшей концептуальной составляющей применения АПАКС с ВЭ в Арктике является разработка и внедрение адекватных систем обеспечения ретрансляции сигналов связи (СОРСС) между АПАКС и УЦДУ, поскольку обычно на арктическом направлении при реализации типичной ДВТ дистанции между АПАКС и УЦДУ требуются применения СОРСС. Отметим, что в настоящее время вопросам разработки и внедрения СОРСС между АПАКС и УЦДУ в Арктике уделяется явно недостаточно внимания, в том числе и с учетом необходимого обеспечения информационной безопасности (ИБ).



Рис. 1. Катер с внешним экипажем «Герои Тумана». Фото: нпкпрогресс.рф

Необходимо учитывать, что природные условия Арктики сильно усложняют задачу обеспечения надежной связи, в том числе и при использовании СОРСС. На сегодняшний день в районах плавания, где отсутствует связь на УКВ, используются коротковолновые радиостанции и коротковолновые модемы (например, Codan 3012 или SCS P4dragon DR-7400), которые обеспечивают работу совместно с КВ трансиверами ведущих мировых производителей и предназначены для полностью автоматизированной передачи данных со скоростью от 6000 до 9000 бит/с. Учитывая требования к скорости передачи данных в автоматических идентификационных системах (9600 бит/с для передачи динамических данных и 1200 бит/с для передачи статических данных), очевидно, что коротковолновая аппаратура не способна полностью удовлетворить потребности АИС. Такие явления, как фединг на коротких волнах, приводят к периодическим разрывам канала связи, что может способствовать возникновению аварийной ситуации при дистанционном управлении.

В некоторых случаях возможным является использование низкоскоростных модемов в средневолновом диапазоне, например, для передачи коротких текстовых сообщений, команд, координат. При ортогональной частотной манипуляции вероятность битовой ошибки незначительна. В арктических районах плавания количество промышленных помех крайне мало, что позволяет поддерживать сеансы связи на значительные расстояния, особенно в ночное время. Однако в низкоскоростных системах передачи невозможно использование помехоустойчивых кодов с большим размером блока, и, как следствие, обеспечить безопасность данных на требуемом уровне не представляется возможным.

При необходимости передачи больших объемов данных приходится использовать диапа-

зон высоких частот (метровые, сантиметровые волны). Дальность действия аппаратуры в диапазонах 137–174 МГц и 400–512 МГц составляет 70 и 50 км соответственно. Скорость передачи данных при этом достигает 128 Кбит/с, что вполне достаточно для обеспечения приема телеметрии и управления судном. При работе на более высоких частотах (от 2 ГГц и выше) необходима прямая видимость антенн, соответственно, не обойтись без ретранслятора, при этом обеспечиваются скорости передачи данных от 2 Мбит/с и выше, что в полной мере покрывает потребности автоматизированных систем управления.

В качестве ретрансляторов могут быть использованы:

- космические аппараты (КА) на различных орбитах;
- высотные беспилотные летательные аппараты (БПЛА) с большой продолжительностью полета (псевдо КА);
- дирижабли и аэростаты;
- самолеты и вертолеты.

Для наличия зон радиовидимости (ЗРВ) КА в Арктике необходимо, чтобы наклонение орбиты спутника находилось в диапазоне от 60 до 120°. Этому условию в полной мере отвечают немногие орбитальные группировки систем спутниковой связи, тем более — обеспечивающие отсутствие разрывов в зоне обслуживания. Прежде всего это система Iridium на низкоорбитальных спутниках, обеспечивающая беспроводную телефонную сеть мобильной персональной связи, зона действия которой включает Арктику, но принадлежность сети военному ведомству США делает невозможной ее работу в интересах России.

Технически почти безупречен Starlink, имеющий на околополярных орбитах уже более 200 КА (рис. 2).

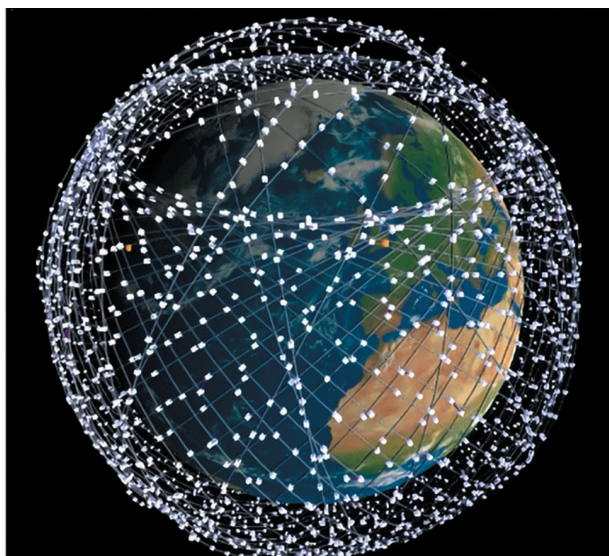


Рис. 2. Общий вид размещения на орбитах космических аппаратов Starlink.
Фото: <https://www.cableman.ru>

Отметим, что компания SpaceX занимает крупнейшую долю рынка спутниковой связи — 75%, имеет огромные ресурсы и множество возможностей, однако Starlink в России официально не работает, а международная обстановка и прогнозы ее развития не позволяют уверенно полагаться на зарубежные предложения в любой чувствительной, а уж тем более критической области развития страны. Неспроста катер «Герои Тумана» хоть и оснащен аппаратурой Starlink, но в перспективе имеет возможность подключения других спутниковых систем.

Отечественные возможности спутниковой связи для функционала СОРСС в настоящее время скромнее, чем в системе Starlink, однако можно рассматривать несколько отечественных проектов. В первую очередь это действующая система КА «Гонец», которая может позволить реализовывать связь между АПАКС и УЦДУ в Арктике. В системе «Гонец» функционируют 12 КА, которые занимают почти круговые орбиты с наклоном 82,5. Высота орбиты каж-

дого КА составляет около 1400 км, при этом полное время обращения КА составляет около 114 мин. Зона покрытия на земной поверхности для одного КА системы «Гонец» в диаметре имеет около 5000 км. Рабочий диапазон частот занимает полосу 300/400 МГц. Основным недостатком системы КА «Гонец» является незначительное по современным требованиям количество КА, в результате чего связь между АПАКС и УЦДУ в Арктике может носить прерывистый характер.

Следует отметить, что перспективной для функционала СОРСС является разворачиваемая система КА «Арктика-М», которая служит независимым источником критически важных данных для освоения Арктики, обеспечивая двустороннюю связь в труднодоступных регионах и осуществляя сбор и ретрансляцию данных с автоматических наземных и морских платформ в сантиметровом и дециметровом диапазонах (рис. 3).

Следует отметить, что расстояние до КА «Арктика-М» требует достаточно мощного передатчика и/или антенны с очень узкой диаграммой направленности, также присутствует значительное время задержки. Кроме того, до полного развертывания системы КА «Арктика-М» возможны перерывы в обслуживании.

Наиболее перспективной для СОРСС выглядит система «Рассвет», экспериментальные КА которой, запущенные в 2023–2024 годах, полностью завершили испытания, подтвердив возможность передачи широкополосным сигналом полезной информации. В переходный период (до окончания развертывания) возможны различные варианты систем спутниковой связи, в том числе с дублированием отечественных решений иностранными.

Более бюджетной и гибкой основой для ретрансляторов систем связи могут быть высотные БПЛА самолетного типа с большой

продолжительностью и высотой полета, для которых иногда используется термин «псевдокосмический аппарат» (ПКА). Такой ПКА с большой площадью солнечных панелей для длительного пребывания в воздухе может долго оставаться в стратосфере, выполняя функции, аналогичные функциям спутников (наблюдение, связь). Лучшим на данный момент ПКА можно назвать Airbus Zephyr S (рис. 4). За ним числятся несколько рекордов. Например, он два года назад продержался над пустыней Сонора в США 42 дня на высоте около

21 километра. Аппарат весит 75 кг, при этом берет на борт 25 кг. Полезную нагрузку вполне может составлять ретранслятор.

Отечественный аналог ПКА представлен двумя экспериментальными стратосферными БПЛА «Аист» от НПО Лавочкина. Прототипы именуются ЛА-251 и ЛА-252 и используют жесткое плоское крыло. Прототип ЛА-251 представлен на рис. 5. Взлетная масса аппаратов порядка 120 кг с полезной нагрузкой около 25 кг. Расчетный потолок составляет около 18 км.

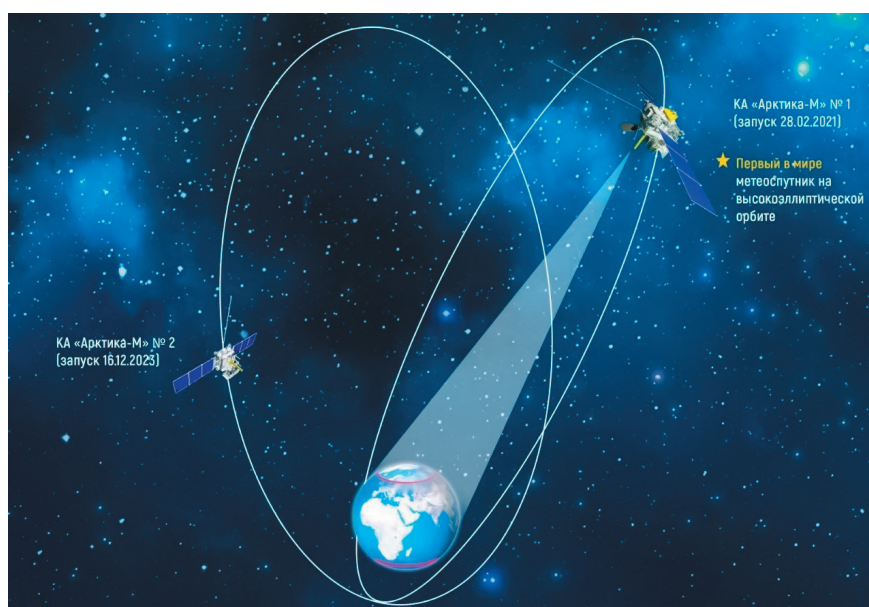


Рис. 3. Орбитальная схема КА «Арктика-М». Фото: «Роскосмос»

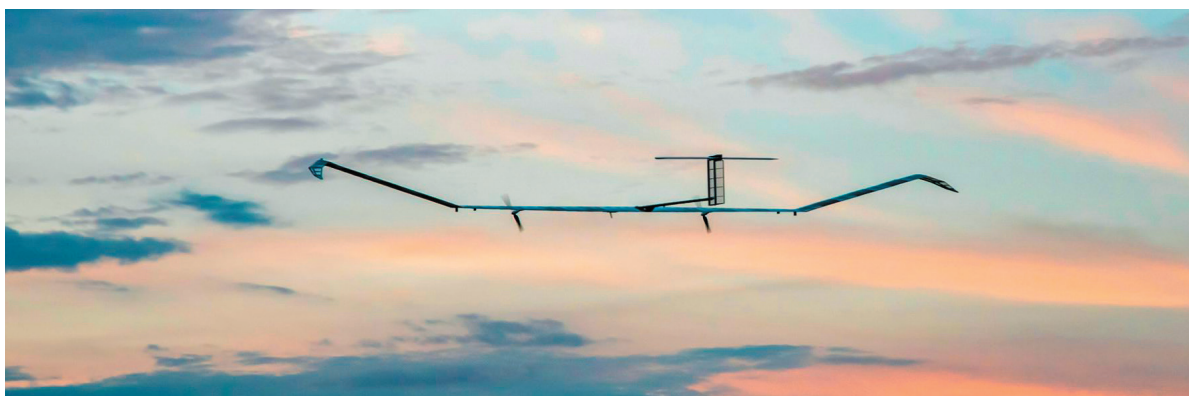


Рис. 4. Стратосферный БПЛА Airbus Zephyr S. Фото: AALTO HAPS LTD



Рис. 5. Стратосферный БПЛА «Аист» (ЛА-251). Фото: «Роскосмос»

Отметим, что международная классификация UVS International делит подобные БПЛА на экзостратосферные, стратосферные и высотные с большой продолжительностью полета. В то же время российская классификация БПЛА содержит единственный класс «тяжелые БПЛА большой продолжительности полета». Кстати, эта же российская классификация БПЛА определяет дирижабли как «БПЛА аэростатического типа», которые вместе с привязными аэростатами также могут обеспечивать функционал СОРСС между АПАКС и УЦДУ.

В настоящее время в России имеются серийно выпускаемые аэростаты, которые можно запускать с автомобиля. При определенных обстоятельствах и небольшой модернизации такие аэростаты можно будет доставлять вертолетами в заданную точку и закреплять к земле, обеспечив их источником энергии. Полезная нагрузка привязного аэростата «Барс» составляет 120 кг, рабочая высота — 1200 м. Он имеет прочный кабель-трос для питания аппаратуры и высокую ветровую устойчивость, что позволяет выполнять задачу СОРСС между АПАКС и УЦДУ при любой погоде.

Отметим, что британская фирма StarSat занималась разработкой дирижаблей, которые, по замыслу создателей, должны занимать стационарную позицию на границе стратосферы (высота около 20 км) и работать без обслуживания 5 лет. При достаточном финансировании проект может оказаться перспективным, так как количество необходимых для формирования сети связи дирижаблей намного меньше количества привязных аэростатов.

Важным концептуальным аспектом разработки и внедрения в эксплуатацию СОРСС между АПАКС и УЦДУ является ИБ. К числу особо опасных информационных угроз следует отнести перехват управления судном. Следует отметить, что спутниковые системы связи также содержат большое количество уязвимостей, включая блокировку критически важных команд и перехват данных.

Заключение

Основным результатом выполненных исследований является концептуализация перспективного развития ИКС для ДВТ с ВЭ в Арктике с использованием СОРСС между АПАКС и УЦДУ в условиях ИУ с учетом требований ИБ. Следует отметить, что до настоящего времени отсутствует нормативно-правовая база по вопросам разработки и проектирования ИКС для ДВТ с ВЭ в Арктике с использованием СОРСС между АПАКС и УЦДУ в условиях ИУ с учетом требований ИБ. Основная практическая значимость состоит в рекомендации использования различных схем СОРСС между АПАКС и УЦДУ, включая применение ПКА и стратосферных дирижаблей. Результаты исследований обладают значительной научной новизной и могут быть использованы различными потребителями в области автоматизации ДВТ в Арктике, в том числе и в образовательных целях [14, 15].

Список источников

1. Канаев А. К., Логин Э. В., Гришанов И. С. Комплексный алгоритм процессов контроля и управления телекоммуникационной сетью Carrier Ethernet с применением механизмов ОАМ // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2022. Т. 19, вып. 2. С. 266–275.
2. Канаев А. К., Логин Э. В., Пудовкина К. А. Декомпозиция процессов управления данными в СМДБ // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2023. Т. 20, вып. 1. С. 151–160.
3. Сикарев И. А. Сложные сигналы в адаптивных функционально устойчивых автоматизированных идентификационных системах на речном транспорте / Федеральное агентство морского и речного трансп., Федеральное гос. образовательное учреждение высш. проф. образования «Санкт-Петербургский гос. ун-т водных коммуникаций». СПб.: Изд-во Политехнического ун-та, 2010. 84 с.
4. Цифровизация защиты информации в телекоммуникационных подсистемах полуавтономных надводных судов с внешним экипажем / И. А. Сикарев [и др.] // Методы и технические средства обеспечения безопасности информации. 2024. № 33. С. 88–89.
5. Инфокоммуникационный инструментарий для управления природными рисками при мореплавании автономных судов в Арктике при изменении климата / И. А. Сикарев [и др.] // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. 2024. № 1 (58). С. 110–120.
6. Цифровизация инфокоммуникационных систем для обеспечения безопасности при коммерческом использовании автономных судов в ледовых условиях / И. А. Сикарев [и др.] // Электросвязь. 2024. № 2. С. 51–54.
7. Decision aid expert system for Russian Arctic sustainable development under climate change / V. M. Abramov [et al.] // E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum “Sustainable Development of Industrial Region” (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 April 2023. Vol. 389. Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. P. 02025.
8. Innovative Digital Technologies Development for Projects Management within Northern Sea Route Area / V. M. Abramov [et al.] // Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage. Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference (IBIMA 2019), Madrid, 13–14 November 2019. Madrid: International Business Information Management Association, 2019. Pp. 10132–10141.
9. Digital Technologies for Sea Ports Geo-Information Support while climate change and Covid-19 / V. M. Abramov [et al.] // 36th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) Proceedings of the 36th International Business Information Management Association Conference (IBIMA), Granada, Spain, 04–05 November 2020. Granada, Spain: International Business Information Management Association (IBIMA), 2020. Pp. 8144–8152.
10. Geo-information Tools Develop for Integrated Coastal Zone Management in Arctic and Subarctic / V. M. Abramov [et al.] // Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference (IBIMA), Madrid, Spain, 13–14 November 2019. Madrid, Spain: International Business Information Management Association, 2019. Pp. 10763–10771.
11. Innovative technologies for geo-ecological support while artificial coastal territories development / M. Shilin [et al.] // 19th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2019: Conference proceedings, Albena, 30 June — 06 July 2019. Vol. 19. Sophia, 2019. Pp. 399–406.
12. Clusters within geospatial information management for development of the territory / E. P. Istomin [et al.] // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016: Conference Proceedings, Albena, Bulgaria,

30 June — 06 July 2016. Vol. 1. Albena, Bulgaria, 2016. Pp. 601–608.

13. Abramov V. M., Popov N., Bachiev R. I. Decadal variability of particulate matter in Moscow megacity air // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016: Conference Proceedings, Albena, Bulgaria, 30 June — 06 July 2016. Vol. 2. Albena, Bulgaria, 2016. Pp. 323–330.

14. Digital Technologies Formation for University Education under Covid-19 / V. M. Abramov [et al.] // Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference Innovation Management and information Technology impact on Global Economy in the Era of Pandemic, Cordoba, 30–31 May 2021. Cordoba: IBIMA Publishing, 2021. Pp. 5161–5169.

15. Digital learning technologies within geo-information management / S. Lukyanov [et al.] // E3S

Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 February 2021. Chelyabinsk, 2021. P. 01004.

Дата поступления: 05.12.2025

Решение о публикации: 02.02.2026

Контактная информация:

ПРОСТАКЕВИЧ Константин Сергеевич — аспирант; atombyfreund@mail.ru

СИКАРЕВ Игорь Александрович — д-р техн. наук, профессор; sikarev@yandex.ru

ЮРИН Игорь Валентинович — канд. техн. наук, доцент; 9402015@mail.ru

КОЗЛОВ Юрий Викторович — канд. техн. наук, доцент; y.kozlov@rshu.ru

АБРАМОВ Валерий Михайлович —

канд. физ.-мат. наук, доцент;

val.abramov@mail.ru

Conceptualization of information and communication system development for remotely operated maritime transport in Arctic region

K.S. Prostakevich¹, I.A. Sikarev¹, I.V. Yurin¹, Yu. V. Kozlov¹, V.M. Abramov²

¹Russian State Hydrometeorological University, 79 Voronezhskaya str., Saint Petersburg, 192007, Russia

²Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7 Dvinskaya st., Saint Petersburg, 198035, Russia

For citation: *Prostakevich K.S., Sikarev I.A., Yurin I.V., Kozlov Yu.V., Abramov V.M.* Conceptualization of information and communication system development for remotely operated maritime transport in Arctic region // Proceedings of Petersburg State Transport University, 2026. Vol. 23, iss. 1. Pp. 229–238. DOI: 10.20295/1815-588X-2026-1-229-238. (In Russian)

Abstract

Objective: to develop strategic directions for conceptualizing information and communication systems for remotely operated Arctic maritime transport, with particular emphasis on ensuring information security within contemporary project designs. **Methods:** analogy and abstraction methods, foresight-technologies, and open-source scanning techniques (OSINT) were applied. **Results:** prospective directions for information and communication system development tailored to remotely operated Arctic maritime transport have been outlined. The proposals advocate deploying communication signal-relay architectures

that sustain connectivity between vessels with external crews and remote control centers under conditions of information threat, while concurrently satisfying information security requirements. **Practical significance:** the research offers recommendations on applying diverse signal-relay communication architectures.

Keywords: information and communication systems, vessels with an external crew, maritime radio communication, information security, Arctic

References

1. Kanaev A.K., Login E.V., Grishanov I.S. Kompleksnyj algoritm protsessov kontrolya i upravleniya telekommunikatsionnoj set'yu Carrier Ethernet s primeneniem mekhanizmov OAM // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya. 2022. T. 19, vyp. 2. S. 266–275. (In Russian)
2. Kanaev A.K., Login E.V., Pudovkina K.A. Dekompozitsiya protsessov upravleniya dannymi v CMDDB // Izvestiya Peterburgskogo universiteta putej soobshcheniya. 2023. T. 20, vyp. 1. S. 151–160. (In Russian)
3. Sikarev I. A. Slozhnye signaly v adaptivnykh funktsional'no ustojchivyykh avtomatizirovannykh identifikatsionnykh sistemakh na rechnom transporte / Federal'noe agentstvo morskogo i rechnogo transp., Federal'noe gos. obrazovatel'noe uchrezhdenie vyssh. prof. obrazovaniya "Sankt-Peterburgskij gos. un-t vodnykh kommunikatsij". SPb.: Izd-vo Politekhnicheskogo un-ta, 2010. 84 s. (In Russian)
4. Tsifrovizatsiya zashchity informatsii v telekommunikatsionnykh podsystemakh poluavtonomnykh nadvodnykh sudov s vneshnim ekipazhem / I.A. Sikarev [i dr.] // Metody i tekhnicheskie sredstva obespecheniya bezopasnosti informatsii. 2024. No. 33. S. 88–89. (In Russian)
5. Infokommunikatsionnyj instrumentarij dlya upravleniya prirodnyimi riskami pri moreplavanii avtonomnykh sudov v Arktike pri izmenenii klimata / I.A. Sikarev [i dr.] // Problemy informatsionnoj bezopasnosti. Komp'yuternye sistemy. 2024. No. 1 (58). S. 110–120. (In Russian)
6. Tsifrovizatsiya infokommunikatsionnykh sistem dlya obespecheniya bezopasnosti pri kommercheskom ispol'zovanii avtonomnykh sudov v ledovykh usloviyakh / I. A. Sikarev [i dr.] // Elektrosvyaz'. 2024. No. 2. S. 51–54. (In Russian)
7. Decision aid expert system for Russian Arctic sustainable development under climate change / V.M. Abramov [et al.] // E3S Web of Conferences: Ural Environmental Science Forum "Sustainable Development of Industrial Region" (UESF-2023), Chelyabinsk, 25–28 April 2023. Vol. 389. Chelyabinsk: EDP Sciences, 2023. P. 02025.
8. Innovative Digital Technologies Development for Projects Management within Northern Sea Route Area / V. M. Abramov [et al.] // Vision 2025: Education Excellence and Management of Innovations through Sustainable Economic Competitive Advantage. Proceedings of the 34rd International Business Information Management Association Conference (IBIMA 2019), Madrid, 13–14 November 2019. Madrid: International Business Information Management Association, 2019. Pp. 10132–10141.
9. Digital Technologies for Sea Ports Geo-Information Support while climate change and Covid-19 / V.M. Abramov [et al.] // 36th International Business Information Management Association Conference (IBIMA) Proceedings of the 36th International Business Information Management Association Conference (IBIMA), Granada, Spain, 04–05 November 2020. Granada, Spain: International Business Information Management Association (IBIMA), 2020. Pp. 8144–8152.
10. Geo-information Tools Develop for Integrated Coastal Zone Management in Arctic and Subarctic / V. M. Abramov [et al.] // Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference (IBIMA), Madrid, Spain, 13–14 November 2019. Madrid, Spain: International

Business Information Management Association, 2019. Pp. 10763–10771.

11. Innovative technologies for geo-ecological support while artificial coastal territories development / M. Shilin [et al.] // 19th international multidisciplinary scientific geoconference SGEM 2019: Conference proceedings, Albena, 30 June — 06 July 2019. Vol. 19. Sophia, 2019. Pp. 399–406.

12. Clusters within geospatial information management for development of the territory / E.P. Istomin [et al.] // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016: Conference Proceedings, Albena, Bulgaria, 30 June — 06 July 2016. Vol. 1. Albena, Bulgaria, 2016. Pp. 601–608.

13. Abramov V. M., Popov N., Bachiev R. I. Decadal variability of particulate matter in Moscow megacity air // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016: Conference Proceedings, Albena, Bulgaria, 30 June — 06 July 2016. Vol. 2. Albena, Bulgaria, 2016. Pp. 323–330.

14. Digital Technologies Formation for University Education under Covid-19 / V.M. Abramov [et al.] // Proceedings of the 37th International Business Information Management Association Conference Innovation

Management and information Technology impact on Global Economy in the Era of Pandemic, Cordoba, 30–31 May 2021. Cordoba: IBIMA Publishing, 2021. Pp. 5161–5169.

15. Digital learning technologies within geo-information management / S. Lukyanov [et al.] // E3S Web of Conferences, Chelyabinsk, 17–19 February 2021. Chelyabinsk, 2021. P. 01004.

Received: 05.12.2025

Accepted: 02.02.2026

Author's information:

Konstantin S. PROSTAKEVICH — Postgraduate Student; atombyfreund@mail.ru

Igor A. SIKAREV — Dr. Sci. in Engineering, Professor; sikarev@yandex.ru

Igor V. YURIN — PhD in Engineering, Associate Professor; 9402015@mail.ru

Yuri V. KOZLOV — PhD in Engineering, Associate Professor; y.kozlov@rshu.ru

Valery M. ABRAMOV — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor;

val.abramov@mail.ru