



УДК 007.52

Совершенствование телекоммуникационных подсистем для управления безопасностью применения автономных и полуавтономных коммерческих судов

К. С. Простакевич¹, А. Л. Абрамова¹, А. И. Честнов², И. А. Сикарев¹, В. М. Абрамов²

¹Российский государственный гидрометеорологический университет, Российская Федерация, 192007, Санкт-Петербург, Воронежская улица, 79

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

Для цитирования: Простакевич К. С., Абрамова А. Л., Честнов А. И., Сикарев И. А., Абрамов В. М. Совершенствование телекоммуникационных подсистем для управления безопасностью применения автономных и полуавтономных коммерческих судов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — СПб.: ПГУПС, 2025. — Т. 22. — Вып. 4. — С. 1096–1105. DOI: 10.20295/1815-588X-2025-4-1096-1105

Аннотация

Цель: Разработать цифровой инструментарий, обеспечивающий автоматизацию архивирования результатов измерений параметров дождевых капель, влияющих на распространение радиоволн в атмосфере. Инструмент должен учитывать актуальные требования к совершенствованию телекоммуникационных подсистем, обеспечивающих безопасность эксплуатации автономных и полуавтономных коммерческих судов. **Методы:** Использованы цифровые технологии для преобразования сообщений от автоматических измерителей параметров дождевых капель в архив результатов измерений в виде баз данных.

Результаты: Разработан программный инструментарий для автоматизации архивирования данных измерений параметров капель дождя. Инструмент читает первичные телеграммы от измерителя, преобразует данные в удобный формат и архивирует их в базах данных. Также разработан алгоритм его применения. **Практическая значимость:** Сформированы научно-методическая и аппаратно-программная основы для дальнейших системных исследований влияния параметров капель дождя на надежность и помехоустойчивость каналов морской радиосвязи в составе телекоммуникационных подсистем для безопасной эксплуатации автономных и полуавтономных коммерческих судов. Полученные результаты могут быть эффективно применены в различных областях, включая сферу высшего образования.

Ключевые слова: Телекоммуникационные системы, автономные и полуавтономные суда, морская радиосвязь, дождь, управление безопасностью, базы данных, автоматизация архивирования.

Введение

Современное состояние научно-методического обеспечения (НМО) совершенствования телекоммуникационных подсистем (ТКПС) для управления безопасностью (УБ) применения автономных и полуавтономных коммерческих

судов (АПАКС) характеризуется существенной фрагментарностью и нуждается в значительном развитии и расширении. Определенный прогресс в данном направлении обусловлен современными исследованиями в области управления конфигурациями [1], применимыми для совершен-

ствования работы ТКПС с учетом требований УБ в задачах применения АПАКС. Следует отметить также применимость для рассматриваемой области исследований результатов разработки алгоритмов процессов контроля и управления телекоммуникационной сетью Carrier Ethernet [2]. Вместе с тем поле для разработки НМО совершенствования ТКПС с учетом требований УБ в ходе применения АПАКС остается в значительной степени открытым для проведения дополнительных исследований. Целью исследований в рамках настоящей статьи является разработка цифрового инструментария для автоматизации архивирования результатов измерений (РИ) параметров капель дождя (ПКД), влияющих на распространение радиоволн в атмосфере и нуждающихся в учете на современном этапе совершенствования телекоммуникационных подсистем при безопасной эксплуатации АПАКС [3–5].

Методы и материалы

В качестве основных методов в ходе исследований использованы технологии преобразования цифровых сообщений автоматических средств измерений (АСИ) ПКД для последующего архивирования РИ ПКД в базах данных (БД). Также применялись основные положения анализа индустриально-природных систем (ИПС) [6–8] с учетом соответствующих природных рисков (ПР) [9–14].

Результаты исследования

Выполненный в ходе исследований анализ показал, что для совершенствования применения телекоммуникационных подсистем (ТКПС) путем учета РИ ПКД целесообразно применение оптических АСИ [15].

В качестве характерного АСИ для получения РИ ПКД рассмотрен автоматический оптический дилдрометр OTT PARSIVEL2 (далее — ПАРС2), информация о котором приведена на сайте фирмы-изготовителя [16]. Заметим, что ПАРС2 не требует постоянного технического обслуживания со стороны оператора-синоптика. Кроме того, ПАРС2 защищен от перегрева и оптимизирован в потреблении электроэнергии.

Выбор ПАРС2 в качестве объекта исследования обусловлен его перспективностью использования для получения РИ ПКД в составе автоматических станций измерения гидрометеорологических и геофизических параметров в составе берегового сегмента (БС) инфокоммуникационного комплекса управления безопасностью (ИКУБ) применения АПАКС [17].

Следует учесть, что РИ ПКД от ПАРС2 поступают в виде телеграммы-сообщения (далее — телеграмма) в бинарном виде с расширением «.dat».

Каждая телеграмма от ПАРС2 содержит множество данных и разделяется по строкам элементов. В них указываются дата, значения параметров, технические данные, такие как заряд батареи, статус сенсора, его версия, и многое другое. Информация о РИ ПКД содержится в четвертой строке телеграммы от ПАРС2 (рис. 1) в виде кодированных данных о размерах и скоростях капель дождя.

Разработанная в ходе исследований фортран-программа для выделения четвертой строки телеграммы, ее чтения и записи РИ ПКД в массив данных (МД) ПКД представлена на рис. 2. Фрагмент получающегося целочисленного МД РИ ПКД представлен на рис. 3.

Для хранения МД РИ ПКД необходимо записывать все 1024 значения. Отметим, что МД РИ ПКД

Рис. 1. Телеграмма от ПАРС2

```

do i = 1, 4096
  end = index(line(start:), ";")
  if (end == 0) then
    end = len
    exit
  end if
  PARISVEL.MAS(i) = read_integer(line(start:start+end-2))
  start = start + end
end do

```

Рис. 2. Программа на языке Фортран для выделения четвертой строки телеграммы от ПАРС-2, ее чтения и записи в МД РИ ПКД

1 PARSIVEL%MAS(1)	991
1 PARSIVEL%MAS(2)	999
1 PARSIVEL%MAS(3)	999
1 PARSIVEL%MAS(4)	999
1 PARSIVEL%MAS(5)	999
1 PARSIVEL%MAS(6)	999
1 PARSIVEL%MAS(7)	999
1 PARSIVEL%MAS(8)	999
1 PARSIVEL%MAS(9)	999
1 PARSIVEL%MAS(10)	999
1 PARSIVEL%MAS(11)	999
1 PARSIVEL%MAS(12)	999
1 PARSIVEL%MAS(13)	999
1 PARSIVEL%MAS(14)	999
1 PARSIVEL%MAS(15)	999

Рис. 3. Фрагмент МД РИ ПКД

представляет собой матрицу размером 32×32 , где в строках отображаются фиксированные классы диаметров капель дождя, а в колонках — фиксированные классы скоростей капель дождя. Часть матрицы РИ ПКД приведена на рис. 4.

Из рис. 4 видно, что 7-й класс диаметра и 3-й класс скорости были зарегистрированы 195 раз. Для наглядности каждому классу было дано значение, чтобы проверять корректность записи и разложение на строки.

В саму базу данных (БД) РИ ПКД включается двумерный массив в формате float_8. Данный формат служит для хранения различных массивов с неограниченным числом элементов. Массив содержит 32 элемента, при этом каждый элемент состоит из строки, содержащей 32 значения, все они также разделены точкой с запятой. Для фор-

	1	2	3	4
1	1	2	3	4
2	33	34	35	36
3	65	66	67	68
4	97	98	99	100
5	129	130	131	132
6	161	162	163	164
7	193	194	195	196
8	224	225	226	227

Рис. 4. Часть матрицы РИ ПКД

мирования массива необходимо каждый элемент отдельить фигурными скобками, сам массив по синтаксису SQL задается точно так же, в итоге получается массив массивов.

Чтобы преобразовать МД РИ ПКД в строку РИ ПКД, необходимо перебрать массив и записать каждый элемент в строку, преобразовав в нее каждый целочисленный элемент согласно индексу. Фрагмент фортран-программы для реализации указанной выше процедуры приведен на рис. 5. В данном фрагменте программы реализуется принцип цикла, отображенный на рис. 6, который состоит в следующем: создаются две строки, промежуточная и результирующая. В переменную iMatrixSize указывается размер матрицы, то есть количество элементов, необходимых для формирования каждой отдельной строки, пока не будет сформирована результирующая со всеми 1024 значениями. Каждая строка начинается с фигурной скобки. По циклу идет преобразование целочисленного значения в строку каждого элемента с разделением его запятой. Для того чтобы разделять по 32 элементам, используется принцип деления без остатка.

Когда элемент массива, і при делении на 32 не будет давать число в остатке, вместо запятой будут добавлены закрывающая фигурная скобка, запятая и открывающая фигурная скобка. После завершения цикла функцией trim удаляются лишние символы — пробелы и два последних знака. Затем строки заключаются в дополнительные фигурные скобки для формирования полноценного массива из 32 элементов.

В ходе окончательной выгрузки с помощью функции `len_trim` проверяется длина строки, которая затем сопоставляется с максимально допустимой длиной для формирования запроса.

Длина строки с массивом должна быть меньше предельно допустимого значения. В противном случае запрос окажется некоррект-

ным, что приведет к массовому возникновению ошибок в базе данных и существенной нагрузке на сервер.

Загрузка в БД под управлением системы управления базой данных (СУБД) происходит с помощью функции `insert into` (рис. 7). Из телеграммы необходимо извлечь дату и время для привязки РИ ПКД к моменту их получения.

После загрузки РИ ПКД необходимо проверить корректность выполнения запроса к СУБД. В результате в отчете должен отобразиться РИ ПКД в виде, приведенном на рис. 8.

Применение разработанного программного продукта (ПП) для архивации РИ ПКД целесообразно осуществлять в соответствии с алгоритмом, приведенном на рис. 9.

```

s1MatrixString = '{'
s2MatrixString = ''
  do i = 1, size(PARSIVEL%MAS)
    write(s2MatrixString, '(I0, ","))' PARSIVEL%MAS(i)
    if (MOD(i, iMatrixSize) /= 0) THEN
      s1MatrixString = trim(s1MatrixString)//trim(s2MatrixString)
    else
      s2MatrixString = trim(s2MatrixString(:len_trim(s2MatrixString)-1))
      s1MatrixString = trim(s1MatrixString)//trim(s2MatrixString)://'},{'
    end if
  end do
iLen = len_trim(s1MatrixString)
s1MatrixString = trim(s1MatrixString(:len_trim(s1MatrixString)-2))

```

Рис. 5. Цикл преобразования массива РИ ПКЛ в общую строку РИ ПКЛ

```
MatrixString = ''  
do i = 1, size(PARSIVEL%MAS)  
  write(s2MatrixString, '(I0, ",")') PARSIVEL%MAS(i)  
  if (MOD(i, iMatrixSize) == 0) then  
    s1MatrixString = trim(s1MatrixString) // trim(s2MatrixString)  
    s2MatrixString = ''
```

Рис. 6. Отображение принципа цикла создания строк

Рис. 7. Запрос на загрузку данных

2024-02-12 13:03:40.708	↓ {[991.0,999.0,999.0,999.0,999.0,999.0,999]
	{991,999,999, ... [32]}
	{991,999,999, ... [32]}
	{991,999,999, ... [32]}
	{991,999,999, ... [32]}
	{999,999,999, ... [32]}
	{999,999,999, ... [32]}
	{999,999,991, ... [32]}
	{999,999,999, ... [32]}
	{999,999,991, ... [32]}
	{999,999,991, ... [32]}

Рис. 8. Итоговый вид РИ ПКД по итогам запроса в СУБД

Следует отметить, что собственно анализ приведенных фрагментов РИ ПКД не является целью настоящего исследования.

Заключение

В ходе исследований создан инструментарий для автоматизации архивирования РИ ПКД, содержащий сведения о результатах измерений размеров дождевых капель и скорости их падения, в виде специализированного программного продукта, обеспечивающего чтение первичных телеграмм от АСИ оптического типа ПАРС2, автоматическое преобразование их в удобный для архивирования вид и последующую архивацию в БД. Разработан алгоритм применения

указанного инструментария. Научная значимость результатов исследования состоит в развитии научно-методического обеспечения (НМО) совершенствования ТКПС для управления безопасностью (УБ) применения АПАКС. Практическая значимость результатов исследования заключается в формировании аппаратно-программной основы (АПО) для дальнейших системных исследований влияния дождевых осадков на надежность и помехоустойчивость каналов морской радиосвязи (МРС) при применении АПАКС. Полученные результаты могут иметь научное и практическое значение для различных пользователей в области управления природными рисками при развитии индустриально-территориальных систем, а также в области высшего образования [18, 19].

Список источников

1. Канаев А. К. Декомпозиция процессов управления данными в CMDB / А. К. Канаев, Э. В. Логин, К. Пудовкина // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2023. — Т. 20. — № 1. — С. 151–160. — DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-151-160.
2. Канаев А. К. Комплексный алгоритм процессов контроля и управления телекоммуникационной сетью Carrier Ethernet с применением механизмов ОАМ /

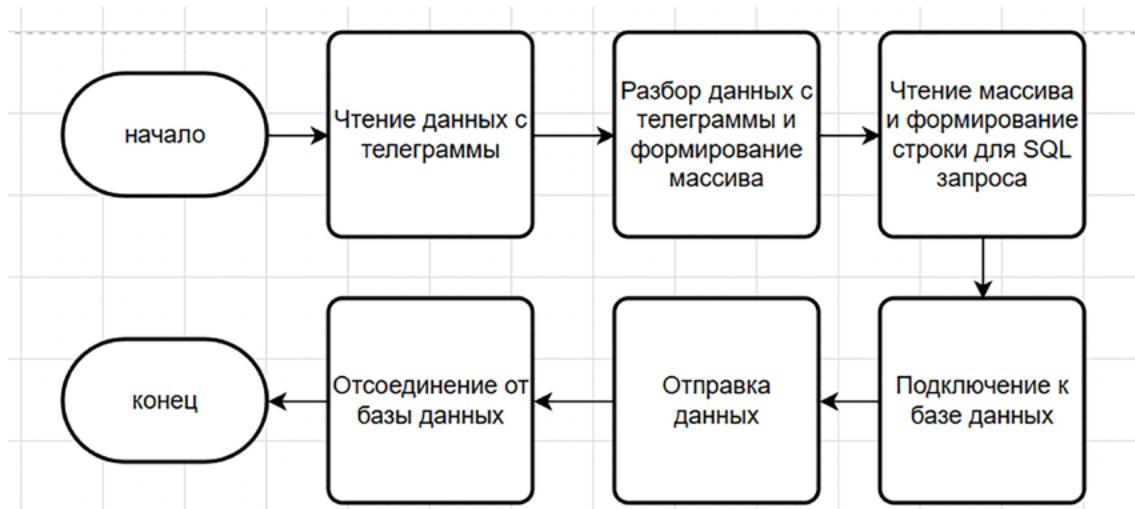


Рис. 9. Блок-схема алгоритма применения ПП для архивации РИ ПКД

- А. К. Канаев, Э. В. Логин, И. С. Гришанов // Известия Петербургского университета путей сообщения. — 2022. — Т. 19. — № 2. — С. 266–275. — DOI: 10.20295/1815-588X-2022-19-2-266-275.
3. Sikarev A. A. Noise Immunity of Noncoherent Reception under Complex Interference Effect on Communication and Monitoring Channels of Automated Information Systems of River Transport on Inland Waterways of the Russian Federation / A. A. Sikarev, I. A. Sikarev, A. V. Garanin // Automatic Control and Computer Sciences. — 2009. — Vol. 52. — Iss. 8. — Pp. 1084–1089. — DOI: 10.3103/S01464116180802424.
4. Нырков А. П. О проблемах безопасности телекоммуникационных систем на внутренних водных путях / А. П. Нырков, И. А. Сикарев // Региональная информатика — 2008 (РИ-2008): XI Санкт-Петербургская международная конференция, Санкт-Петербург, 22–24 октября 2008 года. — Санкт-Петербург: Санкт-Петербургское общество информатики, вычислительной техники, систем связи и управления, 2009. — С. 230–233.
5. Сикарев И. А. Сложные сигналы в аддитивных функционально устойчивых автоматизированных идентификационных системах на речном транспорте / И. А. Сикарев; Федеральное агентство морского и речного транспорта, Федеральное государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет водных коммуникаций». — Санкт-Петербург: Издательство Политехнического университета, 2010. — 84 с.
6. Tatarnikova T. M. Botnet Attack Detection Approach in Out Networks / T. M. Tatarnikova, I. A. Sikarev, P. Yu. Bogdanov, T. V. Timochkina // Automatic Control and Computer Sciences. — 2022. — Vol. 56. — Iss. 8. — Pp. 838–846. — DOI: 10.3103/s0146411622080259.
7. Абрамов В. М. Автоматизированная обработка архивов метеорологических данных с помощью программы на языке Python / В. М. Абрамов, И. А. Сикарев, А. И. Честнов, А. А. Буцанец // Речной транспорт (XXI век). — 2022. — № 4(104). — С. 53–55.
8. Mikheev V. L. Northern Sea Route Development Under Climate Change and Covid-19 / V. L. Mikheev, V. M. Abramov, V. G. Burlov 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, May 30–31, 2021. — Cordoba: IBIMA Publishing, 2021. — Pp. 5147–5153.
9. Карлин Л. Н. Анализ социально-экономической ситуации в арктических приморских субъектах Российской Федерации на основе индикаторной оценки морского потенциала / Л. Н. Карлин, В. М. Абрамов, Г. Г. Гогоберидзе, Ю. А. Леднова // Ученые записки Российского государственного гидрометеорологического университета. — 2013. — № 30. — С. 181–188.
10. Vekshina T. V. Geoinformation Technologies for Assessing Arctic and Subarctic Riverbeds Throughput While Climate Change / T. V. Vekshina, V. M. Abramov, V. A. Bolshakov et al. // 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019: Conference Proceedings, Albena, June 30 — July 6, 2019. Vol. 19. — Albena: STEF92Technology LLC, 2019. — Pp. 903–910. — DOI: 10.5593/sgem2019/2.1/S08.117.
11. Sokolov A. G. Digital Transformation of Risk Management for Natural-Industrial Systems While Climate Change / A. G. Sokolov, V. M. Abramov et al. // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, November 21–22, 2019. — St. Petersburg, 2020. — P. 012003. — DOI: 10.1088/1757-899X/940/1/012003.
12. Abramov V. M. Geo-Information Tools Develop for Integrated Coastal Zone Management in Arctic and Subarctic / V. M. Abramov, A. G. Sokolov, E. A. Baikov et al. // Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference (IBIMA), Madrid, Spain, November 13–14, 2019. — Madrid, Spain: International Business Information Management Association, 2019. — Pp. 10763–10771.
13. Abramov V. M. Digital Technologies for Sea Ports Geo-Information Support While Climate Change and Covid-19 / V. M. Abramov, I. A. Sikarev, T. M. Tatarnikova et al. // 36th International Business Information Management Association Conference (IBIMA): Proceedings of the

- 36th IBIMA Conference, Granada, Spain, November 4–5, 2020. — Granada, Spain: International Business Information Management Association (IBIMA), 2020. — Pp. 8144–8152.
14. Istomin E. P. Clusters within Geospatial Information Management for Development of the Territory / E. P. Istomin, A. G. Sokolov, V. M. Abramov et al. // 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016: Conference Proceedings, Albena, Bulgaria, June 30 — July 6, 2016. Vol. 1. — Albena, Bulgaria: STEF92Technology LLC, 2016. — Pp. 601–608. — DOI: 10.5593/SGEM2016/B21/S08.075.
15. Kathiravelu G. Rain Drop Measurement Techniques: A Review / G. Kathiravelu, T. Lucke, P. Nichols // Water. — 2016. — Vol. 8. — Iss. 29. — Pp. 1–20. — DOI: 10.3390/w8010029.
16. OTT Parsivel²: Laser Weather Sensor / OTT Hydro-met. — URL: <https://www.ott.com/products/meteorological-sensors-26/ott-parsivel2-laser-weather-sensor-2392/> (дата обращения: 16.12.2024).
17. Сикарев И. А. Инфокоммуникационный инструментарий для управления природными рисками при мореплавании автономных судов в Арктике при изменении климата / И. А. Сикарев, В. М. Абрамов, К. С. Просстакевич и др. // Проблемы информационной безопасности. Компьютерные системы. — 2024. — № 1(58). — С. 110–120. — DOI: 10.48612/jisp/v28t-z3kr-nrn2.
18. Shilin M. Innovative Technologies for Geo-Ecological Support While Artificial Coastal Territories Development / M. Shilin, V. M. Abramov, E. S. Andreeva et al. // 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019: Conference Proceedings. Ecology and Environmental Protection, Albena, June 30 — July 6, 2019. — Vol. 19. — Sophia: STEF92Technology LLC, 2019. — Pp. 399–406. — DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.050.
19. Abramov V. M. Digital Learning Technologies Development for University Education in Environmental Economics / V. M. Abramov, N. N. Popov, E. M. Korinets 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, November 13–14, 2019. — Madrid: International Business Information Management Association, 2019. — Pp. 9409–9417.

Дата поступления: 27.08.2025

Решение о публикации: 06.10.2025

Контактная информация:

ПРОСТАКЕВИЧ Константин Сергеевич — аспирант;
atombyfreund@mail.ru

АБРАМОВА Александра Леонидовна — аспирант;
alexandria567@mail.ru

ЧЕСТНОВ Арсений Ильич — соискатель;
arsenij430@gmail.com

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

АБРАМОВ Валерий Михайлович — канд. физ.-мат.
наук, доц.; val.abramov@mail.ru

Potential for Improving Telecommunication Subsystems to Enhance Safety Management in Autonomous and Semi-Autonomous Commercial Vessels

K. S. Prostakevich¹, A. L. Abramova¹, A. I. Chestnov², I. A. Sikarev¹, V. M. Abramov²

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

²Admiral Makarov State University of Maritime and Inland Shipping, 5/7, Dvinskaya str., Saint Petersburg, 198035, Russian Federation

For citation: Prostakevich K. S., Abramova A. L., Chestnov A. I., Sikarev I. A., Abramov V. M. Potential for Improving Telecommunication Subsystems to Enhance Safety Management in Autonomous and Semi-Autonomous Commercial Ships // *Proceedings of Petersburg State Transport University*, 2025, vol. 22, iss. 4, pp. 1096–1105. (In Russian) DOI: 10.20295/1815-588X-2025-4-1096-1105

Summary

Purpose: To develop digital tools to automate the archiving of raindrop parameter measurements. These measurements are crucial for understanding their impact on radio wave propagation in the atmosphere and need to be taken into account for improving telecommunication subsystems designed to ensure the safety of autonomous and semi-autonomous commercial vessels. **Methods:** Digital technologies were employed to transform data from automatic raindrop parameter meters into archived measurement results in the form of databases. **Results:** A comprehensive software has been developed for the automated archiving of raindrop parameter measurement data. This software product is designed to interface with automatic raindrop parameter meters, facilitating the extraction of telemetry data. Through data transformation, the software converts the measurements into a standardized format optimized for storage. Subsequently, the processed data is efficiently integrated into database systems, ensuring the accessibility of the archived information. An algorithmic framework has been formulated to guide the implementation of this toolset. **Practical significance:** The scientific, methodological, and software foundations have been created for a comprehensive investigation into the influence of raindrop parameters on the reliability and noise immunity of marine radio communication channels within telecommunication subsystems throughout the safe operation of autonomous and semi-autonomous commercial vessels. The findings derived from this research can be employed in a variety of fields, including higher education system.

Keywords: Telecommunication systems, autonomous and semi-autonomous vessels, maritime radio communication, rain, safety management, databases, automation of archiving.

References

1. Kanaev A. K., Login E. V., Pudovkina K. Dekompozitsiya protsessov upravleniya dannymi v CMDB [Decomposition of data management processes in CMDB]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Proceedings of Petersburg Transport University]. 2023, vol. 20, Iss. 1, pp. 151–160. DOI: 10.20295/1815-588X-2023-1-151-160. (In Russian)
2. Kanaev A. K., Login E. V., Grishanov I. S. Kompleksnyy algoritm protsessov kontrolya i upravleniya telekommunikatsionnoy set'yu Carrier Ethernet s primeneniem mekhanizmov OAM [A comprehensive algorithm for monitoring and managing a Carrier Ethernet telecommunication network using OAM mechanisms]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putey soobshcheniya* [Proceedings of Petersburg Transport University]. 2022, vol. 19, Iss. 2, pp. 266–275. DOI: 10.20295/1815-588X-2022-19-2-266-275. (In Russian)
3. Sikarev A. A., Sikarev I. A., Garanin A. V. Noise Immunity of Noncoherent Reception under Complex

Interference Effect on Communication and Monitoring Channels of Automated Information Systems of River Transport on Inland Waterways of the Russian Federation. Automatic Control and Computer Sciences, 2009, vol. 52, Iss. 8, pp. 1084–1089. DOI: 10.3103/S01464116180802424.

4. Nyrkov A. P., Sikarev I. A. O problemakh bezopasnosti telekommunikatsionnykh sistem na vnutrennikh vodnykh putyakh [On the problems of security of telecommunication systems on inland waterways]. *Regional'naya informatika – 2008 (RI-2008): XI Sankt-Peterburgskaya mezhdunarodnaya konferentsiya, Sankt-Peterburg, 22–24 oktyabrya 2008 goda* [Regional Informatics – 2008: 11th Saint Petersburg International Conference, St. Petersburg, October 22–24, 2008]. St. Petersburg: Sankt-Peterburgskoe obshchestvo informatiki, vychislitel'noy tekhniki, sistem svyazi i upravleniya Publ., 2009, pp. 230–233. (In Russian)

5. Sikarev I. A. *Slozhnye signalы v adaptivnykh funktsional'no ustoychiviykh avtomatizirovannykh identifikatsionnykh sistemakh na rechnom transporte. Federal'noe agentstvo morskogo i rechnogo transporta, Federal'noe gosudarstvennoe obrazovatel'noe uchrezhdenie vysshego professional'nogo obrazovaniya "Sankt-Peterburgskiy gosudarstvennyy universitet vodnykh kommunikatsiy"* [Complex signals in adaptive functionally stable automated identification systems in river transport, Federal Agency for Maritime and River Transport, Federal State Educational Institution of Higher Professional Education "St. Petersburg State University of Water Communications"]. St. Petersburg: Izdatel'stvo Politekhnicheskogo universiteta Publ., 2010, 84 p. (In Russian)

6. Tatarnikova T. M., Sikarev I. A., Bogdanov P. Yu., Timochkina T. V. Botnet Attack Detection Approach in Out Networks. Automatic Control and Computer Sciences, 2022, vol. 56, Iss. 8, pp. 838–846. DOI: 10.3103/s0146411622080259.

7. Abramov V. M., Sikarev I. A., Chestnov A. I., Butsanets A. A. Avtomatizirovannaya obrabotka arkhivov meteorologicheskikh dannykh s pomoshch'yu programmy na yazyke Python [Automated processing of meteorological data archives using a Python program]. *Rechnoy transport (XXI vek) [River Transport (21st Century)]*. 2022, Iss. 4(104), pp. 53–55. (In Russian)

8. Mikheev V. L., Abramov V. M., Burlov V. G. et al. Northern Sea Route Development Under Climate Change and Covid-19. 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, May 30–31, 2021. Cordoba: IBIMA Publishing, 2021, pp. 5147–5153.

9. Karlin L. N., Abramov V. M., Gogoberidze G. G., Lednova Yu. A. Analiz sotsial'no-ekonomiceskoy situatsii v arkticheskikh primorskikh sub'ektakh Rossiyskoy Federatsii na osnove indikatornoy otsenki morskogo potentsiala [Analysis of the socio-economic situation in the Arctic coastal regions of the Russian Federation based on an indicator assessment of marine potential]. *Uchenye zapiski Rossiyskogo gosudarstvennogo gidrometeorologicheskogo universiteta* [Proceedings of the Russian State Hydrometeorological University]. 2013, Iss. 30, pp. 181–188. (In Russian)

10. Vekshina T. V., Abramov V. M., Bolshakov V. A. et al. Geoinformation Technologies for Assessing Arctic and Subarctic Riverbeds Throughput While Climate Change. 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019: Conference Proceedings, Albena, June 30 — July 6, 2019, vol. 19, Albena: STEF92 Technology LLC, 2019, pp. 903–910. DOI: 10.5593/sgem2019/2.1/S08.117.

11. Sokolov A. G., Abramov V. M. et al. Digital Transformation of Risk Management for Natural Industrial Systems While Climate Change. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, St. Petersburg, November 21–22, 2019, St. Petersburg, 2020, p. 012003. DOI: 10.1088/1757-899X/940/1/012003.

12. Abramov V. M., Sokolov A. G., Baikov E. A. et al. Geo-Information Tools Develop for Integrated Coastal Zone Management in Arctic and Subarctic. Proceedings of the 34th International Business Information Management Association Conference (IBIMA), Madrid, Spain, November 13–14, 2019, Madrid, Spain: International Business Information Management Association, 2019, pp. 10763–10771.

13. Abramov V. M., Sikarev I. A., Tatarnikova T. M. et al. Digital Technologies for Sea Ports Geo-Information Support While Climate Change and Covid-19. 36th International Business Information Management Association Conference (IBIMA): Proceedings of the 36th IBIMA Conference, Granada, Spain, November 4–5, 2020, Granada, Spain: International Business Information Management Association (IBIMA), 2020, pp. 8144–8152.
14. Istomin E. P., Sokolov A. G., Abramov V. M. et al. Clusters within Geospatial Information Management for Development of the Territory. 16th International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2016: Conference Proceedings, Albena, Bulgaria, June 30 — July 6, 2016, vol. 1, Albena, Bulgaria: STEF92 Technology LLC, 2016, pp. 601–608. DOI: 10.5593/SGEM2016/B21/S08.075.
15. Kathiravelu G., Lucke T., Nichols P. Rain Drop Measurement Techniques: A Review. *Water*, 2016, vol. 8, Iss. 29, pp. 1–20. DOI: 10.3390/w8010029.
16. OTT Parsivel². Laser Weather Sensor. OTT Hydromet. Available at: <https://www.ott.com/products/meteorological-sensors-26/ott-parsivel2-laser-weather-sensor-2392/> (accessed: December 16, 2024).
17. Sikarev I. A., Abramov V. M., Prostakevich K. S. et al. Infokommunikatsionnyy instrumentariy dlya upravleniya prirodnymi riskami pri moreplavaniii avtonomnykh sudov v Arktyke pri izmenenii klimata [ICT tools for natural risk management in autonomous vessel navigation in the Arctic under climate change]. *Problemy informatsionnoy bezopasnosti. Komp'yuternye sistemy* [Problems of Information Security. Computer Systems]. 2024, Iss. 1(58), pp. 110–120. DOI: 10.48612/jisp/v28t-z3kr-nrn2. (In Russian)
18. Shilin M., Abramov V. M., Andreeva E. S. et al. Innovative Technologies for Geo-Ecological Support While Artificial Coastal Territories Development. 19th International Multidisciplinary Scientific Geoconference SGEM 2019: Conference Proceedings. Ecology and Environmental Protection, Albena, June 30 — July 6, 2019, vol. 19. Sophia: STEF92 Technology LLC, 2019, pp. 399–406. DOI: 10.5593/sgem2019/5.1/S20.050.
19. Abramov V. M., Popov N. N., Korinets E. M. et al. Digital Learning Technologies Development for University Education in Environmental Economics. 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, November 13–14, 2019. Madrid: International Business Information Management Association, 2019, pp. 9409–9417.

Received: August 27, 2025

Accepted: October 06, 2025

Author's information:

Konstantin S. PROSTAKEVICH — Postgraduate Student; atombyfreund@mail.ru
Alexandra L. ABRAMOVA — Postgraduate Student; alexandria567@mail.ru
Arseniy I. CHESTNOV — External PhD Student; arsenij430@gmail.com
Igor A. SIKAREV — PhD in Engineering, Professor; sikarev@yandex.ru
Valery M. ABRAMOV — PhD in Physics and Mathematics, Associate Professor; val.abramov@mail.ru