

# **Анализ тенденций изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем**

## **Analysis of trends in the influence of meteorological factors on the functioning of complex technical systems**

УДК 551.509

Получено: 17.10.2024

Одобрено: 20.11.2024

Опубликовано: 25.12.2024

### **Тебекин А.В.**

Д-р техн. наук, д-р экон. наук, профессор, почетный работник науки и техники Российской Федерации, профессор Высшей школы культурной политики и управления в гуманитарной сфере Московского государственного университета имени М.В. Ломоносова, профессор кафедры финансово-экономического и бизнес-образования Государственного университета просвещения, заведующий научной лабораторией проблем устойчивого развития Института повышения квалификации руководящих кадров и специалистов, заведующий кафедрой высшей математики, статистики и информатики Академии труда и социальных отношений  
e-mail: Tebekin@gmail.com

### **Tebekin A.V.**

Doctor of Technical Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor, Honorary Worker of Science and Technology of the Russian Federation, Professor of the Higher School of Cultural Policy and Management in the Humanities of Moscow State University. M.V. Lomonosov, Professor of the Department of Financial, Economic and Business Education of the State University of Education, Head of the Scientific Laboratory of Sustainable Development Problems of the Institute for Advanced Training of Managerial Personnel and Specialists, Head of the Department of Higher Mathematics, Statistics and Informatics Academy of Labor and Social Relations  
e-mail: Tebekin@gmail.com

### **Мигунов С.Н.**

Аспирант кафедры управления и информационных технологий ФГБОУ ДПО «Институт повышения квалификации руководящих работников и специалистов»

### **Migunov S.N.**

Postgraduate student of the Department of Management and Information Technologies of the Federal State Budgetary Educational Institution of Further Professional Education "Institute for Advanced Training of Managers and Specialists"

### **Аннотация**

Актуальность данного исследования определяется тем, что, несмотря на обилие лозунгов, связанных с призывами к предотвращению негативных климатических изменений на планете, начиная от Парижского соглашения по климату и целей

устойчивого развития ООН, и заканчивая концепцией ESG, на плане не снижается интенсивность как климатических, так и экологических изменений на планете.

Цель данного исследования заключается в анализе тенденций изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем с позиций использования этих данных для обеспечения безопасности и эффективности функционирования мультимодальных логистических систем создаваемых международных транспортных коридоров.

Научная новизна полученных в работе результатов заключается в определении основных тенденций изменения влияния метеорологических факторов на функционирование таких сложных технических систем, как: транспортных систем (авиационных, наземных, водных и трубопроводных), системы теплоснабжения, инженерные системы, системы связи, системы складирования.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их использования в качестве информационной базы при решении научной задачи по выявлению проблем исследования влияние метеорологических факторов на безопасность и эффективность функционирования сложных технических систем в условиях климатических изменений в интересах определения потенциальных путей их решения.

**Ключевые слова:** анализ тенденций, изменение влияния, метеорологические факторы, функционирование сложных технических систем.

### **Abstract**

The relevance of this study is determined by the fact that, despite the abundance of slogans associated with calls to prevent negative climate change on the planet, from the Paris Agreement on Climate and the UN Sustainable Development Goals, to the ESG concept, the intensity of both climate and environmental changes on the planet does not decrease.

The purpose of this study is to analyze trends in the change in the influence of meteorological factors on the functioning of complex technical systems from the standpoint of using these data to ensure the safety and efficiency of multimodal logistics systems of the created international transport corridors.

The scientific novelty of the results obtained in the work lies in the determination of the main trends in the change in the influence of meteorological factors on the functioning of such complex technical systems as: transport systems (aviation, land, water and pipeline), heat supply systems, engineering systems, communication systems, storage systems.

The practical significance of the obtained results lies in the possibility of using them as an information base in solving the scientific problem of identifying research problems of the influence of meteorological factors on the safety and efficiency of complex technical systems in the context of climate change in order to determine potential ways to solve them.

**Keywords:** trend analysis, change in influence, meteorological factors, functioning of complex technical systems.

### **Введение**

Несмотря на обилие лозунгов, связанных с призывами к предотвращению негативных климатических изменений на планете, начиная от Парижского соглашения по климату [16] и целей устойчивого развития ООН [33], и заканчивая концепцией ESG [1], на плане не снижается интенсивность как климатических, так и экологических изменений на планете, что и предопределило выбор темы исследования.

### **Цель исследования**

Цель данного исследования заключается в анализе тенденций изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем с позиций использования этих данных для обеспечения безопасности и эффективности

функционирования мультимодальных логистических систем создаваемых международных транспортных коридоров.

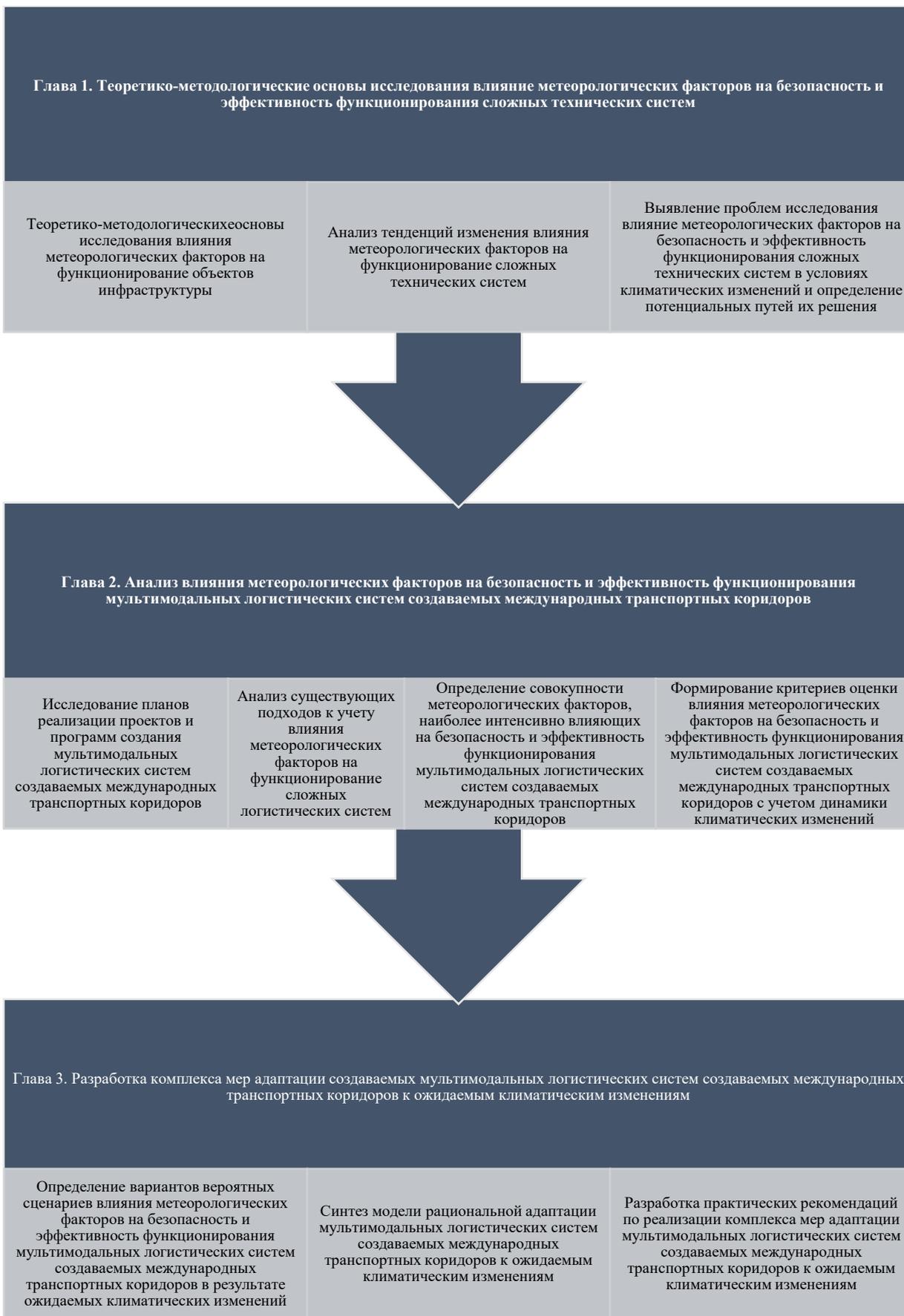
#### **Методическая база исследований**

Методическую базу исследований составили известные научные работы, посвященные анализу тенденций изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем таких авторов, как Иванов С.Л., Иванова П.В., Кувшинкин С.Ю., Шибанов Д.А. [7], Карпенко С.М., Безгинов Г.Ю., Карпенко Н.В. [10], Козлов В.Г., Скрыпников А.В., Абасов М.А., Никитин М.А., Самцов В.В. [13], Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П. [12], Кузнецов И.Е., Мельников А.В., Рогозин Е.А., Страшко О.В. [14], Кузьмина Ж.В. [15], Романенко А.И. [18], Тимофеев В.И., Щеглов Д.К. [30], Шерстюков Б.Г. [34], Ши Т, Ян У, Сунь Д, Хуан У и Ши С. [2] и др., также авторские научные исследования на данную тему [3,20-28].

Методическую базу исследований составили также положения Климатической доктрины Российской Федерации [32] и информационно-аналитические материалы, посвященные анализу и оценке влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем [4-6, 8, 9, 11, 17, 19, 29, 31] и др.

#### **Основные результаты исследований**

В рамках исследования проблемы влияния метеорологических факторов на безопасность и эффективность функционирования мультимодальных логистических систем создаваемых международных транспортных коридоров, алгоритм которой представлен на рис. 1, вслед за решением задачи рассмотрения теоретико-методологических основ исследования влияния метеорологических факторов на функционирование объектов инфраструктуры, была поставлена научная задача анализа тенденций изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем.



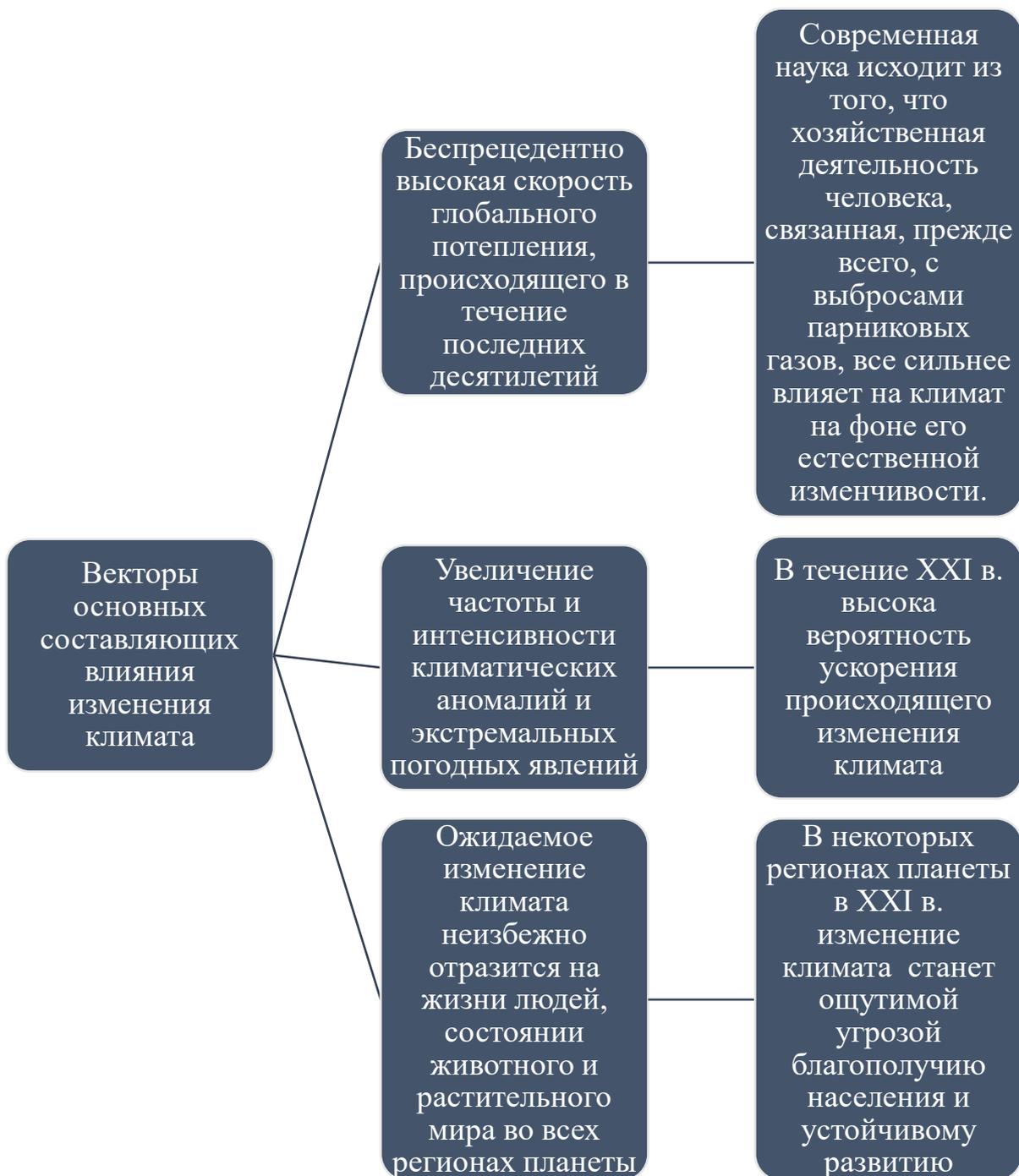
**Рис. 1.** Алгоритм исследования проблемы влияния метеорологических факторов на безопасность и эффективность функционирования мультимодальных логистических систем создаваемых международных транспортных коридоров

При анализе тенденций изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем авторы исходили из требований опоры на фундаментальные и прикладные научные знания в области климата и смежных областях, определенные в Климатической доктрине Российской Федерации [32] (рис. 2).



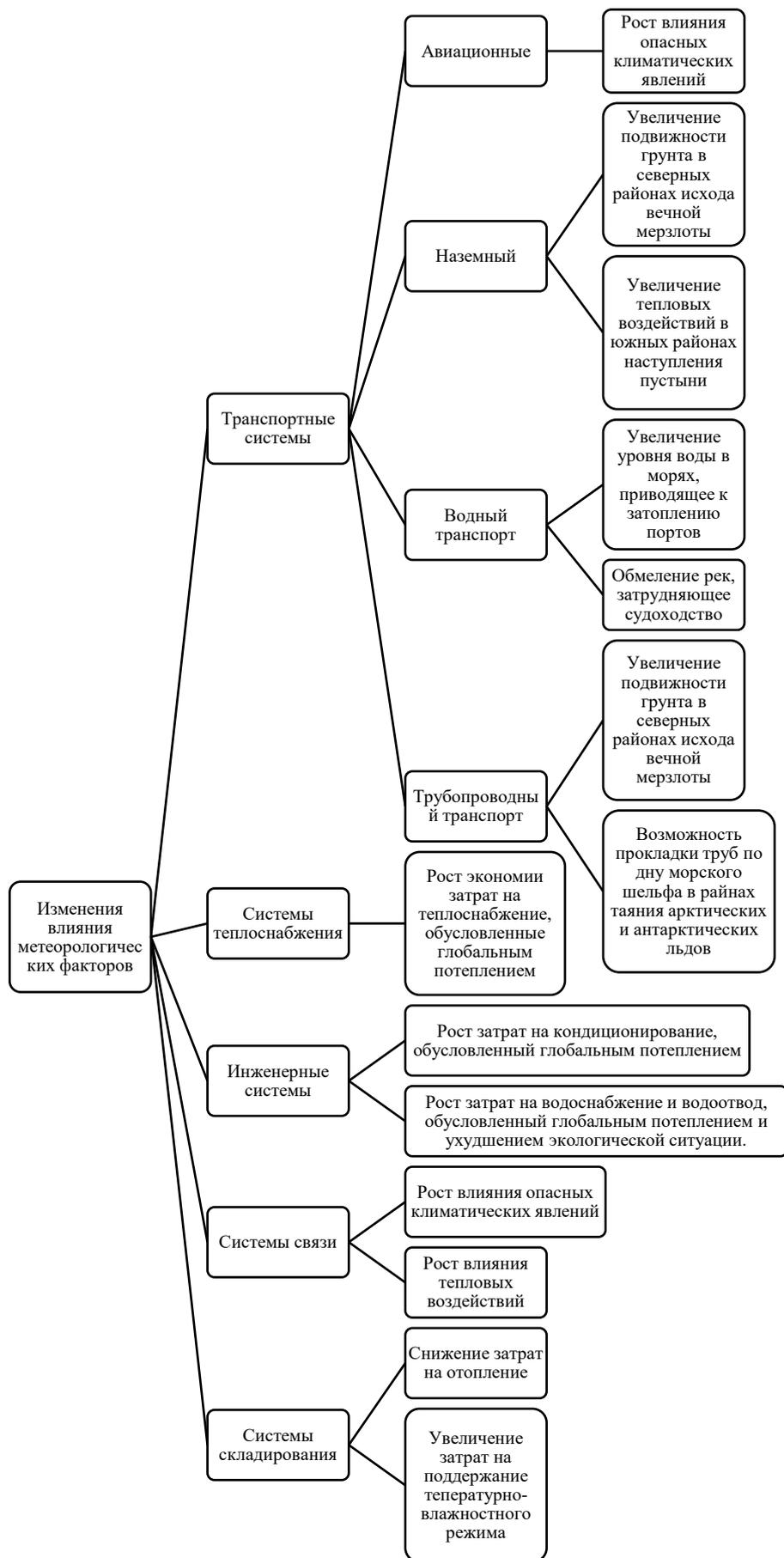
**Рис. 2.** Требования опоры на фундаментальные и прикладные научные знания в области климата и смежных областях, определенные в Климатической доктрине Российской Федерации [32]

Следует отметить, что векторы основных составляющих влияния изменения климата как одного из наиболее серьезных вызовов XXI в., также нашли отражение в Климатической доктрине Российской Федерации [32] (рис. 3).



**Рис. 3.** Векторы основных составляющих влияния изменения климата как одного из наиболее серьезных вызовов XXI в. [32]

Опираясь на определенные в Климатической доктрине Российской Федерации приоритетные направления научного обеспечения выработки и реализации климатической политики [32], в данном исследовании было определены основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем (рис. 4).



**Рис. 4.** Результаты определения основных тенденций изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем

Таким образом, проведенные исследования позволили выявить следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на функционирование сложных технических систем различных классов.

Для авиационных транспортных систем будут характерны следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на их функционирование: рост влияния опасных климатических явлений.

Для наземных транспортных систем будут характерны следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на их функционирование:

- увеличение подвижности грунта в северных районах исхода вечной мерзлоты, с одной стороны;
- увеличение тепловых воздействий в южных районах наступления пустыни, с другой стороны.

Для водных транспортных систем будут характерны следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на их функционирование:

- увеличение уровня воды в морях, приводящее к затоплению портов, с одной стороны;
- обмеление рек, затрудняющее судоходство, с другой стороны.

Для трубопроводных транспортных систем будут характерны следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на их функционирование:

- увеличение подвижности грунта в северных районах исхода вечной мерзлоты, с одной стороны;
- возможность прокладки труб по дну морского шельфа в районах таяния арктических и антарктических льдов, с другой стороны.

Для систем теплоснабжения будут характерны следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на их функционирование: рост экономии затрат на теплоснабжение, обусловленные глобальным потеплением.

Для инженерных систем будут характерны следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на их функционирование:

- рост затрат на кондиционирование, обусловленный глобальным потеплением, с одной стороны;
- рост затрат на водоснабжение и водоотвод, обусловленный глобальным потеплением и ухудшением экологической ситуации, с другой стороны.

Для систем связи будут характерны следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на их функционирование:

- рост влияния опасных климатических явлений, с одной стороны;
- рост влияния тепловых воздействий, с другой стороны.

Для складских систем будут характерны следующие основные тенденции изменения влияния метеорологических факторов на их функционирование:

- снижение затрат на отопление, с одной стороны;
- увеличение затрат на поддержание требуемого температурно-влажностного режима, с другой стороны.

Практическая значимость полученных результатов заключается в возможности их использования в качестве информационной базы при решении научной задачи по выявлению проблем исследования влияния метеорологических факторов на безопасность и эффективность функционирования сложных технических систем в условиях климатических изменений в интересах определения потенциальных путей их решения.

## **Литература**

1. Hardymant, R. (2024). *Measuring Good Business: Making Sense of ESG Data*. Abingdon, Oxon: Routledge. <https://www.routledge.com/Measuring-Good-Business->

- Making-Sense-of-Environmental-Social-and-Governance-ESG-Data/Hardymont/p/book/9781032601199
2. Shi T, Yang Y, Sun D, Huang Y and Shi C (2022) Influence of Changes in Meteorological Observational Environment on Urbanization Bias in Surface Air Temperature: A Review. *Front. Clim.* 3:781999. doi: 10.3389/fclim.2021.781999
  3. Tebekin A., Lomakin O. ADAPTATION TO CLIMATE CHANGE AS A KEY FACTOR IN ENSURING INTERNATIONAL COMPETITIVENESS. // *Journal of Regional and International Competitiveness*. 2024. Т. 5. № 3. С. 11-21.
  4. Влияние климатических особенностей на функционирование сетей 5G. <https://apni.ru/article/3011-vliyanie-klimaticheskikh-osobennostej-na-funk>
  5. Воздействие климатических изменений на экономику и социальную сферу. <https://www.kommersant.ru/doc/3732913>
  6. Глобальное потепление климата VS железнодорожники. <https://dzen.ru/a/ZfhAANAUIVfdZ5fL>
  7. ИВАНОВ С.Л., ИВАНОВА П.В., КУВШИНКИН С.Ю., ШИБАНОВ Д.А. ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКОГО ФАКТОРА НА ОТКАЗОУСТОЙЧИВОСТЬ ОБОРУДОВАНИЯ МИНЕРАЛЬНО-СЫРЬЕВОГО КОМПЛЕКСА. // *РЕСУРСЫ ЕВРОПЕЙСКОГО СЕВЕРА. ТЕХНОЛОГИИ И ЭКОНОМИКА ОСВОЕНИЯ*. 2018, №4, с.17-27.
  8. Изменение климата влияет на выбор технологий дорожного строительства. <https://news.tsu.ru/news/izmenenie-klimata-vliyaet-na-vybor-tekhnologiy-dor/>
  9. Изменения климатических параметров и их роль в работе систем теплоснабжения страны. [https://www.rosteplo.ru/Tech\\_stat/stat\\_shablon.php?id=2572](https://www.rosteplo.ru/Tech_stat/stat_shablon.php?id=2572)
  10. Карпенко С.М., Безгинов Г.Ю., Карпенко Н.В. Анализ влияния погодноклиматических факторов на электропотребление региона. // *Тенденции развития науки и образования*. 2021, июнь, с.130-134.
  11. Климат–2020: современные подходы к оценке воздействия внешних факторов на материалы и сложные технические системы: материалы V Всероссийской научно-технической конференции (г. Москва, 10-11 сентября 2020 г.), [Электронный ресурс] / ФГУП «ВИАМ». – М.: ВИАМ, 2020. – 309 с.
  12. Кобышева Н.В., Акентьева Е.М., Галюк Л.П. Климатические риски и адаптация к изменениям и изменчивости климата в технической сфере — Санкт-Петербург: «Издательство Кириллица», 2015. — 214 с.
  13. Козлов В.Г., Скрышников А.В., Абасов М.А., Никитин М.А., Самцов В.В. ВЛИЯНИЕ ПОГОДНО-КЛИМАТИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА СИСТЕМЫ КОМПЛЕКСА «ВОДИТЕЛЬ – АВТОМОБИЛЬ – ДОРОГА – СРЕДА». // *TRANSPORT. TRANSPORT FACILITIES. ECOLOGY*, NO. 1, 2019, с.30-36.
  14. Кузнецов И.Е., Мельников А.В., Рогозин Е.А., Страшко О.В. МЕТОДИКА УЧЕТА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ БЕСПИЛОТНЫХ ЛЕТАТЕЛЬНЫХ АППАРАТОВ НА ОСНОВЕ СИСТЕМНОГО АНАЛИЗА. // *Вестник Дагестанского государственного технического университета. Технические науки*. 2018;45(2):125-139.
  15. Кузьмина Ж.В. АНАЛИЗ МНОГОЛЕТНИХ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ТРЕНДОВ НА ЮГЕ РОССИИ И УКРАИНЫ (ОТ ЛЕСОСТЕПИ ДО ПУСТЫНЬ). // *Аридные экосистемы*. 2007. том 13, № 32, с.47-61.
  16. Парижское соглашение. <https://www.un.org/ru/climatechange/paris-agreement>
  17. Роль антропогенного фактора в современных изменениях климата. <https://apni.ru/article/9742-rol-antropogennogo-faktora-v-sovremennyh-izmeneniyah-klimata>
  18. Романенко А.И. ОПТИМИЗАЦИЯ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКОЙ ИНФОРМАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ

- БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ АВИАЦИОННЫХ ФОРМИРОВАНИЙ. // Альманах современной науки и образования. Тамбов: Грамота, 2011. № 1 (44). С. 75-76.
19. Смягчение последствий изменения климата с помощью инноваций в области централизованного теплоснабжения. <https://www.gea.com/ru/stories/mitigating-climate-change-with-district-heating-innovation/>
  20. Тебекин А.В. РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТАЦИИ УПРАВЛЯЕМЫХ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ СИСТЕМ К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ. // Маркетинг и логистика. 2022. № 4 (42). С. 20-37.
  21. Тебекин А.В., Верятин В.Ю., Ломакин О.Е. ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛИ ОЦЕНКИ УРОВНЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ ОТРАСЛЯМИ ХОЗЯЙСТВОВАНИЯ В УСЛОВИЯХ ГЛОБАЛЬНЫХ КЛИМАТИЧЕСКИХ ИЗМЕНЕНИЙ ЗА СЧЕТ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИНФОРМАЦИИ СИСТЕМЫ ГИДРОМЕТОБЕСПЕЧЕНИЯ. // Журнал исследований по управлению. 2021. Т. 7. № 6. С. 68-78.
  22. Тебекин А.В., Кантер Д.А. РАЗРАБОТКА АЛГОРИТМА ФОРМИРОВАНИЯ КОМПЛЕКСНОГО МЕТОДИЧЕСКОГО ПОДХОДА К ОБРАБОТКЕ ДАННЫХ О КЛИМАТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЕ, АДЕКВАТНОЙ ТЕНДЕНЦИЯМ ЕЕ ИЗМЕНЕНИЙ. // Журнал технических исследований. 2023. Т. 9. № 3. С. 21-30.
  23. Тебекин А.В., Ломакин О.Е. КРИТЕРИИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО АДАПТАЦИИ НАЦИОНАЛЬНОГО ХОЗЯЙСТВА К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА. // Теоретическая экономика. 2022. № 11 (95). С. 40-55.
  24. Тебекин А.В., Ломакин О.Е. РАЗРАБОТКА КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕРОПРИЯТИЙ ПО АДАПТАЦИИ ПРОЦЕССОВ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ СТРАНЫ К ИЗМЕНЕНИЯМ КЛИМАТА. // Гидрометеорология и образование. 2022. № 2. С. 41-52.
  25. Тебекин А.В., Ломакин О.Е. ФОРМИРОВАНИЕ СИСТЕМЫ КРИТЕРИЕВ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ АДАПТАЦИИ НАЦИОНАЛЬНЫХ, РЕГИОНАЛЬНЫХ И ОТРАСЛЕВЫХ СТРУКТУР К КЛИМАТИЧЕСКИМ ИЗМЕНЕНИЯМ. // Транспортное дело России. 2022. № 5. С. 7-13.
  26. Тебекин А.В., Маленкин Ю.В. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ УЧЕТА ВЛИЯНИЯ МЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ НА БЕЗОПАСНОСТЬ И ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ СЛОЖНЫХ ОРГАНИЗАЦИОННО-ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ. // Журнал технических исследований. 2023. Т. 9. № 4. С. 33-45.
  27. Тебекин А.В., Мигунов С.Н. Проблема влияния метеорологических факторов на безопасность и эффективность функционирования мультимодальных логистических систем. // Журнал технических исследований. 2023. Т. 9. № 4. С. 3-10.
  28. Тебекин А.В., Мигунов С.Н. Теоретико-методологические основы исследования влияния метеорологических факторов на функционирование объектов инфраструктуры: информационно-аналитический аспект. // Журнал технических исследований. 2024. Т. 10. № 2. С. 30-40.
  29. Технический прогресс: плюсы и минусы для климата. [https://shedevrum.ai/post/ff31dcbf612b11eebe67badf81d486ab/?utm\\_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F](https://shedevrum.ai/post/ff31dcbf612b11eebe67badf81d486ab/?utm_referrer=https%3A%2F%2Fyandex.ru%2F)
  30. Тимофеев В.И., Щеглов Д.К. Комплексный анализ влияния погодноклиматических условий на эксплуатацию сложных военно-технических систем и объектов наземной инновационной инфраструктуры в Арктической зоне Российской Федерации. // Инновации. 2019, №4, с.26-33.
  31. Транспорт. <https://cc.voeikovmgo.ru/ru/obsluzhivanie/transport>

32. Указ Президента РФ от 26 октября 2023 г. № 812 "Об утверждении Климатической доктрины Российской Федерации".  
<https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/407782529/>
33. Цели в области устойчивого развития.  
<https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/>
34. Шерстюков Б.Г. Глобальное потепление и его возможные причины // Гидрометеорология и экология. 2023. № 70. С. 7—37.