

Print ISSN 1991-6639  
Online ISSN 2949-1940

Том 26 № 5



2024

РОССИЙСКАЯ АКАДЕМИЯ НАУК

# ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН



DOI: 10.35330/1991-6639

12+



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный научный центр  
«Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук» (КБНЦ РАН)

Научный журнал

# **ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН**

**Том 26 № 5 2024**

Сквозной номер выпуска – 121

Журнал основан в 1998 г. Выходит 6 раз в год

ISSN 1991-6639 (печатная версия), ISSN 2949-1940 (электронная версия)

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-14936 от 20 марта 2003 г. выдано Министерством  
Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

АДРЕС РЕДАКЦИИ:

360010, Российская Федерация, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2  
E-mail: ired07@mail.ru

---

© КБНЦ РАН, 2024

Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation  
Federal State Budgetary Scientific Establishment “Federal Scientific Center  
“Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences” (KBSC RAS)

Science journal

# **NEWS OF THE KABARDINO-BALKARIAN SCIENTIFIC CENTER OF RAS**

**Vol. 26 No. 5 2024**

Continuous issue number – 121

The journal was founded in 1998, 6 issues per year

ISSN 1991-6639 (print), ISSN 2949-1940 (online)

Certificate of registration PI No. 77-14936 March 20, 2003 issued by the Ministry  
of Russian Federation of Press, Broadcasting and Mass Communications

ADDRESS OF THE EDITORIAL OFFICE:

360010, Russian Federation, Kabardino-Balkarian, Nalchik, 2 Balkarov street  
E-mail: ired07@mail.ru

---

© KBSC RAS, 2024

## СОДЕРЖАНИЕ

---

*Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН Том 26 № 5 2024*

---

<b>Редакционная коллегия</b> .....	7
------------------------------------	---

---

### **Информационные технологии и телекоммуникации**

#### **Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами**

Концепция автоматизированной системы управления процессом производства робототехнических комплексов <i>К. Ч. БЖИХАТЛОВ, А. Д. КРАВЧЕНКО</i> .....	13
Детектирование корпусированных радиочастотных меток на воде при обследовании канализационных систем <i>В. П. ДАШЕВСКИЙ, В. Г. РЖИМСКИЙ, С. М. ПОНОМАРЕНКО</i> .....	29
Использование беспилотных летательных аппаратов для идентификации несанкционированных свалок твердых коммунальных отходов <i>А. А. ПОПОВ, А. М. ТРАМОВА, Ю. Д. РОМАНОВА</i> .....	40

#### **Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования**

Моделирование искусственных вистлеров в среде PyCharm <i>Л. С. МАРЧЕНКО, Р. И. ПАРОВИК</i> .....	53
---	----

### **Информатика и информационные процессы**

Обзор методов моделирования сложных социально-экономических систем на основе агентного подхода <i>А. А. АЙГУМОВ, И. А. ПШЕНОКОВА</i> .....	64
Распараллеливание алгоритма муравьиной колонии на примере задачи о рюкзаке с использованием Python <i>М. Р. ВАГИЗОВ, С. П. ХАБАРОВ</i> .....	73
Выбор архитектуры для мобильных приложений <i>А. К. МАРИНИН</i> .....	84
Основные направления интеллектуального анализа данных в сфере образования <i>Н. А. ПОПОВА, Е. С. ЕГОРОВА</i> .....	94

### **Системный анализ, управление и обработка информации, статистика**

Анализ вычислительной трудоемкости федеративных алгоритмов нейрокогнитивного управления имитационными фенотипическими моделями растений <i>М. А. АБАЗОВ, М. И. АНЧЕКОВ, К. Ч. БЖИХАТЛОВ, Ж. Х. КУРАШЕВ, З. В. НАГОЕВ, О. В. НАГОЕВА, А. А. УНАГАСОВ, А. А. ХАМОВ</i> .....	107
Построение самоорганизующейся карты Кохонена (SOM) для прогнозирования типов селевых потоков <i>Р. А. ЖИЛОВ</i> .....	129
Мультиагентная нейрокогнитивная модель системы управления согласованным поведением коллектива автономных агентов <i>И. А. ПШЕНОКОВА, С. А. КАНКУЛОВ, Б. А. АТАЛИКОВ, А. З. ЭНЕС</i> .....	138

---

## **Агрономия, лесное и водное хозяйство**

### **Общее земледелие и растениеводство**

- Энергетическая эффективность возделывания сорго и других зерновых культур в Донбассе  
*А. В. БАРАНОВСКИЙ, Н. Н. ТИМОШИН, О. Н. КУРДЮКОВА* ..... 147
- Продуктивность перспективных сортов зернового и сахарного сорго в условиях лесостепной зоны Республики Ингушетия  
*М. У. ГАМБОТОВА, М. А. БАЗГИЕВ, Р. А. ОЗДОЕВ* ..... 160

### **Селекция, семеноводство и биотехнология растений**

- Оценка новых перспективных линий люцерны в предгорной зоне Ингушетии  
*Л. Ю. КОСТОЕВА, М. А. БАЗГИЕВ, А. Ю. ЛЕЙМОЕВА,  
А. М. ГАЗДИЕВ, З. М. БАЗГИЕВ* ..... 169

---

## **Экономика**

### **Математические, статистические и инструментальные методы в экономике**

- Агент-ориентированная модель поведения технического специалиста в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации зарубежного заказчика  
*С. В. ВЕРЕТЕХИНА* ..... 179

### **Региональная и отраслевая экономика**

- Демографические и экономические тенденции развития сельских территорий Северо-Кавказского макрорегиона  
*В. Г. ЗАКШЕВСКИЙ, Е. В. ЗАКШЕВСКАЯ, З. В. ГАВРИЛОВА* ..... 195

### **Менеджмент**

- Понятие антикоррупционной культуры и инструменты по ее формированию в организации  
*М. И. ЕЛАЕВ* ..... 206
- Анализ функций и характеристика основных показателей эффективности финансового менеджмента на промышленных предприятиях  
*М. М. КЕШТОВ, Д. Л. ИЛЛИЗАРОВ, И. А. КАГОЛКИН,  
М. Н. КУДРАТУЛЛАЕВ, К. А. ПОПОВ* ..... 214

---

## **Исторические науки**

- К интерпретации надписей сосуда № 1 из кургана Ошад майкопской культуры  
*А. К. ВОРОКОВ* ..... 230
- Документы к истории Высочайшего пожалования земель по Золке и Этоке (1840 г.)  
*З. Ж. ГЛАШЕВА* ..... 251
- Виртуальный музей археологии: проблемы организации структуры  
*И. Х. ГУКЕМУХ* ..... 264

---

## **Филология**

- «Кавказский тезаурус» или «концептосфера горца» в новеллах С. Бабаева («Книга отца»)  
*А. Д. АТАБИЕВА* ..... 273
- Концепт алтын «золото» в современном карачаево-балкарском языке  
*Б. А. МУСУКОВ, Л. Х. МАХИЕВА* ..... 283



Просветительская составляющая публицистики А. Урусовой <i>Ф. Т. УЗДЕНОВА</i> .....	289
---	-----

---

## **Юбиляры**

<i>Анатолию Ивановичу Алтухову – 75 лет</i> .....	297
<i>К 90-летию со дня рождения Олега Борисовича Макаревича</i> .....	300

---

<b>Правила для авторов журнала</b> .....	302
--	-----

---

---

## CONTENTS

---

---

*News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS Vol. 26 No. 5 2024*

---

---

<b>Editorial Board</b> .....	7
------------------------------	---

---

### **Information Technologies and Telecommunications**

#### **Automation and control of technological processes and productions**

The concept of an automated control system for the production process of robotic complexes <i>K.Ch. BZHIKHATLOV, A.D. KRAVCHENKO</i> .....	13
Detection of encapsulated radio frequency tags on water during sewer systems inspection <i>V.P. DASHEVSKY, V.G. RZHIMSKY, S.M. PONOMARENKO</i> .....	29
Using unmanned aerial vehicles to identify unauthorized municipal solid waste dump sites <i>A.A. POPOV, A.M. TRAMOVA, Yu.D. ROMANOVA</i> .....	40

#### **Computer modeling and design automation**

Modeling artificial whistlers in PyCharm <i>L.S. MARCHENKO, R.I. PAROVIK</i> .....	53
---	----

#### **Informatics and information processes**

Overview of methods for modeling complex socio-economic systems based on an agent approach <i>A.A. AIGUMOV, I.A. PSHENOKOVA</i> .....	64
Parallelizing the ant colony algorithm for solving the knapsack problem as an example using Python <i>M.R. VAGIZOV, S.P. KHABAROV</i> .....	73
Choosing an architecture for mobile applications <i>A.K. MARININ</i> .....	84
Main directions of data mining in the field of education <i>N.A. POPOVA, E.S. EGOROVA</i> .....	94

#### **System analysis, management and information processing, statistics**

Analysis of computational complexity of federated algorithms for neurocognitive control of imitation phenogenetic models of plants <i>M.A. ABAZOKOV, M.I. ANCHEKOV, K.Ch. BZHIKHATLOV, Zh.Kh. KURASHEV, Z.V. NAGOEV, O.V. NAGOEVA, A.A. UNAGASOV, A.A. KHAMOV</i> .....	107
Construction of Kohonen self-organizing map (SOM) for prediction of mudflow types <i>R.A. ZHILOV</i> .....	129
Multi-agent neurocognitive model of a control system for the coordinated behavior of an autonomous agents' collective <i>I.A. PSHENOKOVA, S.A. KANKULOV, B.A. ATALIKOV, A.Z. ENES</i> .....	138

---

## **Agronomy, Forestry and Water Management**

### **General farming and crop production**

- Energy efficiency of sorghum and other grain crops cultivation in Donbass  
*A.V. BARANOVSKY, N.N. TIMOSHIN, O.N. KURDYUKOVA*.....147
- Productivity of promising varieties of grain and sugar sorghum under the conditions  
of the forest-steppe zone of the Republic of Ingushetia  
*M.U. GAMBOTOVA, M.A. BAZGIEV, R.A. OZDOEV*.....160

### **Breeding, seed production and plant biotechnology**

- Evaluation of new promising lines of alfalfa in the foothill zone of Ingushetia  
*L.Yu. KOSTOEVA, M.A. BAZGIEV, A.Yu. LEYMOEVA,*  
*A.M. GAZDIEV, Z.M. BAZGIEV*.....169

---

## **Economy**

### **Mathematical, statistical and instrumental methods in economics**

- Agent-oriented model of behavior of a technical specialist in an artificially created  
environment of the technical operation system of a foreign customer  
*S.V. VERETEKHINA*.....179

### **Regional and sectoral economics**

- Demographic and economic trends in the development of rural areas  
of the North Caucasus microregion  
*V.G. ZAKSHEVSKY, E.V. ZAKSHEVSKAYA, Z.V. GAVRILOVA*.....195

### **Management**

- Concept of anti-corruption culture and tools for its formation in organisation  
*M.I. ELAEV*.....206
- Analysis of functions and characteristics of the main performance indicators  
of financial management in industrial enterprises  
*M.M. KESHTOV, D.L. ILLIZAROV, I.A. KAGOLKIN,*  
*M.N. KUDRATULLAEV, K.A. POPOV*.....214

---

## **Historical Sciences**

- On the interpretation of the inscriptions of vessel No. 1 from the Oshad mound  
of the Maikop culture  
*A.K. VOROKOV*.....230
- Documents to the history of the Highest grant of lands by Zolka and Etoka (1840)  
*Z.Zh. GLASHEVA*.....251
- Virtual museum of archaeology: problems of organizing the structure  
*I.Kh. GUKEMUKH*.....264

---

## **Philology**

- The "Caucasian thesaurus" or "conceptosphere of mountaineer"  
in the S. Babaev's short stories ("The Father's Book")  
*A.D. ATABIEVA*.....273
- Concept altyn "gold" in the modern karachay-balkar language  
*B.A. MUSUKOV, L.Kh. MAKHIEVA*.....283



Enlightenment component of A. Urusova's journalistic writing <i>F.T. UZDENOVA</i> .....	289
--	-----

---

## **Anniversaries**

<i>Anatoly Ivanovich Altukhov is 75 years old</i> .....	297
<i>On the 90<sup>th</sup> anniversary of Oleg Borisovich Makarevich birth</i> .....	300

---

<b>Publishing regulations for the authors</b> .....	302
---	-----

---



---

---

---

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ

---

---

**Главный редактор:**

**Иванов Петр Мацович**, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Заместитель главного редактора:**

**Улаков Махти Зейтунович**, доктор филологических наук, профессор, Институт гуманитарных исследований – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Ответственный секретарь:**

**Энеева Лиана Магометовна**, кандидат физико-математических наук, Институт прикладной математики и автоматизации – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Члены редакционной коллегии:**

**Абазов Алексей Хасанович**, доктор исторических наук, Институт гуманитарных исследований – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Адуков Рухман Хасанович**, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

**Алтухов Анатолий Иванович**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

**Амирханов Хизри Амирханович**, академик РАН, доктор исторических наук, профессор, Институт истории, археологии и этнографии Дагестанского федерального исследовательского центра РАН, Махачкала, Республика Дагестан, Россия

**Бабенко Людмила Клементьевна**, доктор технических наук, профессор, Таганрогский технологический институт ЮФУ, Таганрог, Россия

**Барыкин Сергей Евгеньевич**, доктор экономических наук, доцент, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Высшая школа сервиса и торговли, Санкт-Петербург, Россия

**Бижоев Борис Чамалович**, доктор филологических наук, Институт гуманитарных исследований – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Гукеев Владимир Мицахович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Институт сельского хозяйства – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Дзамихов Касболат Фицевич**, доктор исторических наук, профессор, Институт гуманитарных исследований – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Дзюба Владимир Алексеевич**, доктор биологических наук, профессор, неаффилированный автор, Краснодар, Россия

**Дохолян Сергей Владимирович**, доктор экономических наук, профессор, Федеральный научно-исследовательский социологический центр РАН, Москва, Россия

**Завалин Алексей Анатольевич**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ВНИИ агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, Москва, Россия

**Закшевский Василий Георгиевич**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района РФ, Воронеж, Россия

**Иванов Анатолий Беталович**, доктор биологических наук, профессор, Кабардино-Балкарский государственный университет им. Х. М. Бербекова, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Кибилов Алихан Яковлевич**, доктор экономических наук, профессор, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

**Клейнер Георгий Борисович**, член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, профессор, Центральный экономико-математический институт РАН, Москва, Россия

**Комков Николай Иванович**, доктор экономических наук, профессор, Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Институт народнохозяйственного прогнозирования РАН, Санкт-Петербург, Россия

**Котляков Владимир Михайлович**, академик РАН, доктор географических наук, профессор, Институт географии РАН, Москва, Россия

**Кузьминов Валерий Васильевич**, доктор физико-математических наук, Баксанская нейтринная обсерватория – центр коллективного пользования Института ядерных исследований РАН, Нейтрино, Приэльбрусье, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Кусраев Анатолий Георгиевич**, доктор физико-математических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Владикавказский научный центр РАН, Владикавказ, РСО–Алания, Россия

**Мазлоев Виталий Зелимханович**, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

**Малкандуев Хамид Алиевич**, доктор сельскохозяйственных наук, Институт сельского хозяйства – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Мамбетова Фатимат Абдуллаховна**, доктор экономических наук, доцент, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Маслиенко Любовь Васильевна**, доктор биологических наук, Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им. В. С. Пустовойта, Краснодар, Россия

**Матишов Геннадий Григорьевич**, академик РАН, доктор географических наук, профессор, Южный научный центр РАН, Ростов-на-Дону, Россия

**Махощева Салима Александровна**, доктор экономических наук, Институт информатики и проблем регионального управления – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Нагоев Залимхан Вячеславович**, кандидат технических наук, Кабардино-Балкарский научный центр РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Нечаев Василий Иванович**, доктор экономических наук, профессор, Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства, Москва, Россия

**Попков Юрий Соломонович**, академик РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральный исследовательский центр «Информатика и управление», Москва, Россия



**Псху Арсен Владимирович**, доктор физико-математических наук, доцент, Институт прикладной математики и автоматизации – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Пшихопов Вячеслав Хасанович**, доктор технических наук, профессор, Южный федеральный университет, Ростов-на-Дону, Россия

**Рехвиашвили Серго Шотович**, доктор физико-математических наук, Институт прикладной математики и автоматизации – филиал КБНЦ РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Савин Игорь Юрьевич**, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Российский университет дружбы народов, департамент рационального природопользования Института экологии, Москва, Россия

**Семин Александр Николаевич**, академик РАН, доктор экономических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Уральский государственный университет, Институт мировой экономики, Екатеринбург, Россия

**Симаков Евгений Алексеевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Всероссийский научно-исследовательский институт картофельного хозяйства имени А. Г. Лорха, Москва, Россия

**Скляров Игорь Юрьевич**, доктор экономических наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

**Склярова Юлия Михайловна**, доктор экономических наук, профессор, Ставропольский государственный аграрный университет, Ставрополь, Россия

**Стемпковский Александр Леонидович**, академик РАН, доктор технических наук, профессор, Институт проблем проектирования в микроэлектронике РАН, Москва, Россия

**Супрунов Анатолий Иванович**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, Национальный центр зерна им. П. П. Лукьяненко, Краснодар, Россия

**Темботова Фатимат Асланбиевна**, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук, профессор, Институт экологии горных территорий им. А. К. Темботова РАН, Нальчик, Кабардино-Балкарская Республика, Россия

**Трамова Азиза Мухамадияевна**, доктор экономических наук, доцент, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова, Москва, Россия

**Филюшин Михаил Александрович**, кандидат биологических наук, Федеральный исследовательский центр «Фундаментальные основы биотехнологии» РАН, Москва, Россия

**Чочаев Алим Хусеевич**, доктор экономических наук, профессор, Федеральное государственное унитарное предприятие «Агронауцсервис», Москва, Россия

**Шевхужев Анатолий Фоадович**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, Михайловск, Россия

**Шогенов Юрий Хасанович**, академик РАН, доктор технических наук, Отделение сельскохозяйственных наук РАН, Москва, Россия

**Юсупов Рафаэль Мидхатович**, член-корреспондент РАН, доктор технических наук, профессор, заслуженный деятель науки РФ, Санкт-Петербургский институт информатики РАН, Санкт-Петербург, Россия

**Янбых Рената Геннадьевна**, член-корреспондент РАН, доктор экономических наук, доцент, профессор РАН, Национальный исследовательский университет «Высшая школа экономики», Москва, Россия

---

---

EDITORIAL BOARD

---

---

**Editor in chief:**

**Petr M. Ivanov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Deputy editor in chief:**

**Makhti Z. Ulakov**, Doctor of Philology, Professor, Institute for Humanitarian Research – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Responsible secretary:**

**Liana M. Eneeva**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Members of the Editorial Board:**

**Aleksey Kh. Abazov**, Doctor of Historical Sciences, Institute for Humanitarian Research – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Rukhman Kh. Adukov**, Doctor of Economics, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Institute of Economics of Agriculture, Moscow, Russia

**Anatoly I. Altukhov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Institute of Economics of Agriculture, Moscow, Russia

**Khizri A. Amirkhanov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Historical Sciences, Professor, Institute of History, Archeology and Ethnography of the Dagestan Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences, Makhachkala, Republic of Dagestan, Russia

**Lyudmila K. Babenko**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Taganrog Institute of Technology, Southern Federal University, Taganrog, Russia

**Sergey E. Barykin**, Doctor of Economics, Associate Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Higher School of Service and Trade, St. Petersburg, Russia

**Boris Ch. Bizhoev**, Doctor of Philology, Institute for Humanitarian Research – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Vladimir M. Gukezhev**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Institute of Agriculture – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Kasbolat F. Dзамikhov**, Doctor of Historical Sciences, Professor, Institute for Humanitarian Research – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Vladimir A. Dzyuba**, Doctor of Biological Sciences, Professor, nonaffiliated author, Krasnodar, Russia

**Sergey V. Dokholyan**, Doctor of Economics, Professor, Federal Center of Theoretical and Applied Sociology of RAS, Moscow, Russia

**Aleksey A. Zavalin**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, Moscow, Russia

**Vasily G. Zakshevsky**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Research Institute for Economics and Organization of the Agro-Industrial Complex of the Central Black Earth Region of the Russian Federation, Voronezh, Russia

**Anatoly B. Ivanov**, Doctor of Biological Sciences, Professor, Kabardino-Balkarian State University named after H.M. Berbekov, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Alikhan Ya. Kibirov**, Doctor of Economics, Professor, Federal Scientific Center for Agricultural Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

**Georgy B. Kleiner**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Nikolai I. Komkov**, Doctor of Economics, Professor, Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University, Institute of Economic Forecasting of RAS, St. Petersburg, Russia

**Vladimir M. Kotlyakov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geographical Sciences, Professor, Institute of Geography of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Valery V. Kuzminov**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Baksan Neutrino Observatory – center of collective use of Institute for Nuclear Research, Neutrino, Elbrus region, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Anatoly G. Kusraev**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Vladikavkaz, North Ossetia – Alania, Russia

**Vitaly Z. Mazloev**, Doctor of Economics, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

**Khamid A. Malkanduev**, Doctor of Agricultural Sciences, Institute of Agriculture – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Fatimat A. Mambetova**, Doctor of Economics, Associate Professor, Institute of Informatics and Regional Management Problems – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Lyubov V. Maslienko**, Doctor of Biological Sciences, All-Russian Research Institute of Oilseeds named after V.S. Pustovoit, Krasnodar, Russia

**Gennady G. Matishov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Geography, Professor, Southern Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Rostov-on-Don, Russia

**Salima A. Makhosheva**, Doctor of Economics, Institute of Informatics and Regional Management Problems – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Zalimkhan V. Nagoev**, Candidate of Technical Sciences, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Vasily I. Nechaev**, Doctor of Economics, Professor, Federal Research Center for Agrarian Economics and Social Development of Rural Territories – All-Russian Research Center Institute of Agricultural Economics, Moscow, Russia

**Yuri S. Popkov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Merited Scientist of the Russian Federation, Federal Research Center “Informatics and Control”, Moscow, Russia



**Arsen V. Pskhu**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Vyacheslav Kh. Pshikhopov**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Southern Federal University, Rostov-on-Don, Russia

**Sergo Sh. Rekhviashvili**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Institute of Applied Mathematics and Automation – Branch of KBSC RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Igor Yu. Savin**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Peoples Friendship University of Russia, Department of Environmental Management of the Institute of Ecology, Moscow, Russia

**Alexander N. Semin**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economics, Professor, Ural State University, Institute of World Economy, Department of Strategic and Production Management, Ekaterinburg, Russia

**Evgeny A. Simakov**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, All-Russian Research Institute of Potato Economy named after A.G. Lorkh, Moscow, Russia

**Igor Yu. Sklyarov**, Doctor of Economics, Professor, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

**Yulia M. Sklyarova**, Doctor of Economics, Professor, Stavropol State Agrarian University, Stavropol, Russia

**Alexander L. Stempkovsky**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, Institute for Design Problems in Microelectronics of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Anatoly I. Suprunov**, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor, National Grain Center named after P.P. Lukyanenko, Krasnodar, Russia

**Fatimat A. Tembotova**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Biological Sciences, Professor, Institute of Ecology of Mountain Territories named after A.K. Tembotov of RAS, Nalchik, Kabardino-Balkarian Republic, Russia

**Aziza M. Tramova**, Doctor of Economics, Associate Professor, Russian University of Economics named after G.V. Plekhanov, Moscow, Russia

**Mikhail A. Filyushin**, Candidate of Biological Sciences, Federal Research Center “Fundamental Foundations of Biotechnology” of RAS, Moscow, Russia

**Alim Kh. Chochaev**, Doctor of Economics, Professor, Federal State Unitary Enterprise “Agronauchservis”, Moscow, Russia

**Anatoly F. Shevkhuzhev**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor, North Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, Mikhailovsk, Russia

**Yuri Kh. Shogenov**, Academician of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Department of Agricultural Sciences of the Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia

**Rafael M. Yusupov**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Technical Sciences, Professor, St. Petersburg Institute of Informatics of RAS, St. Petersburg, Russia

**Renata G. Yanbykh**, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Doctor of Economic Sciences, Professor, HSE University, Moscow, Russia

===== АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ =====  
И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 681.5:004.891

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-13-28

EDN: BCQGGZ

**Концепция автоматизированной системы управления  
процессом производства робототехнических комплексов**

**К. Ч. Бжихатлов<sup>✉</sup>, А. Д. Кравченко**

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Аннотация.** В статье представлена концепция автоматизированной системы управления процессом производства робототехнических комплексов. Приведены схема системы управления процессом производства робототехнических комплексов и структура взаимосвязи агентов в описанной модели производства. В качестве интеллектуальной системы принятия решений в системе управления предполагается применение искусственного интеллекта на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур. Подобная модель позволит моделировать сложные процессы взаимодействия как между узлами организации, так и между внешними акторами и в перспективе сможет обеспечить адекватное планирование на уровне организации с учетом всех доступных факторов.

**Ключевые слова:** робототехника, производство, интеллектуальная система, мультиагентные алгоритмы, автоматизированные системы управления

Поступила 03.06.2024, одобрена после рецензирования 02.08.2024, принята к публикации 06.09.2024

**Для цитирования.** Бжихатлов К. Ч., Кравченко А. Д. Концепция автоматизированной системы управления процессом производства робототехнических комплексов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 13–28. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-13-28

ВВЕДЕНИЕ

Современный уровень индустриального развития (с уже устоявшимся определением «Индустрия 4.0» [1]) предполагает не только переход на новые технологии, но и учет цифровизации и интеллектуализации современного общества, а также смещение в сторону индивидуального производства. То есть современное производство для успешного развития в крайне конкурентной среде должно постоянно внедрять новые технологии как в самом производственном процессе, так и на уровне управления. К активно внедряемым подходам можно отнести применение интернета вещей и киберфизических систем, интеллектуальную обработку большого объема данных и персонализацию производства [2].

При этом разработка робототехнических устройств и комплексов различного назначения как одно из наиболее технологичных областей производства явно предполагает возможность эффективного внедрения современных систем автоматизации управления. Разработка автономного робота предполагает создание конструкторских и мехатронных решений, а также разработку электроники и программного обеспечения для нее (рис. 1).



*Рис. 1. Элементы производства робототехнических устройств*

Сложность организации подобного производства заметно выше, чем в других, более устоявшихся сферах деятельности. На основе вышеизложенного задачу разработки концепции системы интеллектуального управления производством автономных роботов можно считать актуальной.

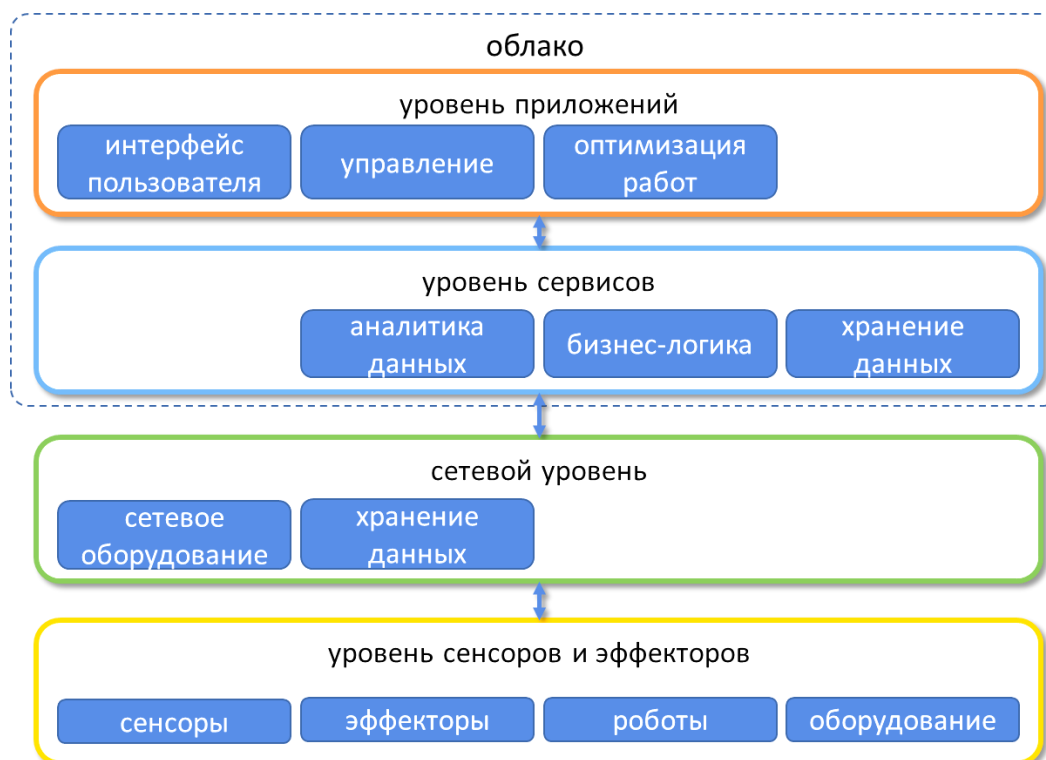
#### ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ СИСТЕМ ПРИНЯТИЯ РЕШЕНИЙ В УПРАВЛЕНИИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫМИ ПРОЦЕССАМИ

В современное производство уже достаточно долго успешно внедряются технологии, связанные с «Индустрией 4.0». Например, технологии интернета вещей (IoT) находят применение в автоматизации сбора и обработки информации с производственных участков [3]. К примеру, использование беспроводных сенсорных сетей позволяет существенно снизить затраты на прокладку кабелей в здании, что позволяет заметно сэкономить несмотря на дороговизну самих датчиков. При этом многие из используемых датчиков зачастую имеют бортовые системы предварительной обработки данных, что позволяет разгрузить сеть передачи данных и своевременно среагировать на ряд внештатных ситуаций на месте их регистрирования. Кроме того, авторы предложили сервис-ориентированную архитектуру для систем IoT на производстве (рис. 2). На более высоких уровнях архитектуры полученные данные обрабатываются за счет технологий больших данных и искусственных нейронных сетей.

Стоит отметить, что существует значительный опыт внедрения интеллектуальных систем анализа данных в производственные процессы. Например, интернет вещей совместно с экспертными системами использовался для разработки системы аддитивного производства, способной значительно снизить нагрузку на менеджмент и обеспечить максимально быстрый переход от предложенной модели разрабатываемого устройства к его физической реализации [4]. Для определения этапов производства и управления оборудованием на основе вводной модели (полученной в виде данных системы автоматизированного проектирования) использовались предобученные искусственные нейронные сети.



Интеллектуальные системы на основе нейронных сетей также применяются и в задаче прогнозирования возможных простоев оборудования [5]. Это позволит оптимизировать процесс профилактического обслуживания используемого оборудования и снизить риски непредвиденных простоев, ведущих к значительным финансовым и репутационным потерям организации. При этом использование данных, получаемых напрямую с сенсорной сети предприятия для обучения и тестирования нейронных сетей, позволило авторам добиться высокого уровня прогнозирования и минимизации расходов на обслуживание оборудования на примере лесообрабатывающего предприятия.



**Рис. 2.** Сервис-ориентированная архитектура для систем «Интернета вещей»

Достаточно интересный пример использования сверточных нейронных сетей описан в работе [6], где авторы предложили систему автоматизации контроля качества производства изделий микроэлектроники за счет использования оптической камеры. Представленная архитектура нейронной сети за счет данных с камеры позволяла определить несколько видов дефектов (или их отсутствие) в процессе размещения конденсаторов на электронной плате. За счет достаточно большого объема обучающей выборки, который можно получить на производстве, и контролируемых условий съемки нейросеть показала достаточно высокий уровень точности определения дефекта. Подобные решения позволят минимизировать количество брака без необходимости ручного контроля всего потока производимой продукции, что крайне важно для крупносерийного производства.

Схожий подход использовался для распознавания винтов и гаек на собранной продукции [7]. В работе проводилось сравнение архитектур сверточных нейронных сетей (AlexNet, Visual Geometric Group и ResNet). Достаточно точное определение класса достигается при использовании архитектуры ResNet с 300 эпохами обучения. В этом случае даже похожие объекты (гайки разных типов) различаются с точностью выше 90 %. Стоит отметить, что существуют архитектуры нейронных сетей (например, Yolo v9), которые в теории могли бы показать более высокий результат, но не рассмотрены авторами приведенной статьи.

Отдельным направлением является моделирование производственных процессов, в том числе и за счет использования интеллектуальных систем. Например, для моделирования производства можно использовать уже устоявшиеся технологии виртуальной реальности [8], что особенно интересно на этапе планирования производства, проектирования изделий и обучения сотрудников. Для оптимизации производственных цепочек применимы и генетические алгоритмы, позволяющие выбрать субоптимальный набор операций, позволяющих достичь поставленной цели (например, изготовить нужное устройство с минимальными затратами) [9]. Кроме того, моделирование конечных автоматов на основе онтологий может обеспечить оптимизацию систем управления производственных роботов [10]. Не менее перспективными остаются и классические математические методы (например, метод конечных элементов) в моделировании как самих изделий, так и производственных процессов в целом [11].

#### КОНЦЕПЦИЯ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ ПРОЦЕССОМ ПРОИЗВОДСТВА РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

В случае производства автономных роботов применимы все описанные выше технологии. При этом в данном исследовании стоит задача разработки концепции интеллектуальной системы управления производством на примере разработки автономных роботов. В частности, интеллектуальное управление производством интересно как часть процесса разработки и реализации проектов, связанных с автономными роботами. Например, в рамках исследований в КБНЦ РАН разрабатываются робот для защиты посевов [12] и платформа для мониторинга археологических объектов [13].

Система управления процессом производства робототехнических комплексов должна обеспечивать сбор данных, моделирование производственных процессов и генерацию плана работы. Схема системы управления показана на рис. 3. Сбор данных должен осуществляться не только с сенсорной сети на производстве, но и из внешних источников данных, позволяющих анализировать состояние оборудования, логистические цепочки, общие показатели предприятия и состояние сотрудников. Также анализ данных из открытых реестров (базы данных, сайты, открытые отчеты) позволит моделировать экономические показатели контрагентов, конкурентов и всей области в целом. Эти данные используются интеллектуальной системой принятия решений для моделирования текущего состояния производства и рынка, а также динамики их развития. Модуль целеполагания предполагает выбор пользователем целей для управления (причем максимизация выгоды может быть не единственной и даже не самой приоритетной целью). Полученные модели используются для подбора субоптимальной траектории развития предприятия и генерации плана поведения, влияющего на акторов организации (станки, сотрудников, отделы) и на внешних контрагентов (дистрибьютеров и контрагентов).

В качестве основы интеллектуальной системы принятия решений рассматривается формализм искусственного интеллекта на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур, позволяющих моделировать взаимодействия множества агентов-нейронов [14]. Нейрон в такой модели обладает собственной целевой функцией максимизации внутренней энергии и может динамически заключать контракты, обмениваться информацией и энергией [15]. Подобные модели в отличие от классических нейронных сетей теоретически способны к самообучению и не требуют значительных обучающих выборок. В перспективе использование мультиагентных архитектур в системах принятия решений позволит строить онтологии, отвечающие за предметную область (например, за производство сложного оборудования), прогнозировать внешние условия, моделировать процесс разработки и реализации товара и подбирать оптимальные решения по управлению производством.



**Рис. 3.** Схема системы управления процессом производства робототехнических комплексов

В этом случае модель системы управления процессом включает ряд отдельных моделей: агента производства, внешнего агента и непосредственно произведенный продукт. Схема взаимосвязи агентов в модели управления показана на рисунке 4, а на рисунке 5 представлена более подробная схема устройства моделируемых агентов.



**Рис. 4.** Схема взаимосвязи агентов в модели управления процессом производства робототехнических комплексов

Агент производства (сотрудник, элемент оборудования или отдел предприятия) состоит из собственной системы целеполагания (не обязательно связанной с общей целью предприятия) и алгоритмом поведения. Кроме того, каждый подобный агент обладает разным набором доступных ему ресурсов, обмен которыми обеспечивает работу производственных цепочек. Внешними агентами здесь выступают государство, покупатели, партнеры и конкуренты. Внешние агенты могут обладать возможностью ограничивать работу агентов производства и иметь доступные рычаги давления, то есть возможность влияния производства на них.



**Рис. 5.** Модель производства робототехнических комплексов

Используемый формализм предполагает рекурсивные модели, то есть моделируемые агенты могут состоять из других агентов. Например, производство робототехнических изделий само по себе состоит из множества агентов, включающих в себя систему управления, производственную цепочку и систему сопровождения. Каждый агент моделируется одним или несколькими нейронами и может обмениваться ресурсами и сообщениями со всеми доступными контрагентами. Подобная модель позволит моделировать сложные процессы взаимодействия как между узлами организации, так и между внешними акторами.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Представлена концепция системы интеллектуального управления процессом производства робототехнических комплексов, предполагающая использование мультиагентных нейрокогнитивных архитектур для системы принятия решений. Для разрабатываемой системы управления предполагается реализация сбора данных как с сенсорной сети на производстве, так и из внешних источников данных, позволяющих анализировать состояние оборудования, логистические цепочки, общие показатели предприятия и состояние сотрудников. Полученные данные будут использоваться для создания мультиагентной модели, предназначенной для репрезентации текущего состояния организации и ее внешних контрагентов, а также для прогнозирования динамики их развития. Подобная система

управления в перспективе позволит обеспечить автоматизацию достаточно сложного и технологичного производства, причем с учетом как технологических цепочек, так и внешней экономической ситуации и целеполагания руководства.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. The new high-tech strategy innovations for Germany. url: [https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/hts\\_broschuere\\_engl\\_bf\\_1.pdf](https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/hts_broschuere_engl_bf_1.pdf).
2. *Erboz G.* How to define Industry 4.0: Main pillars of Industry 4.0 // *Managerial trends in the development of enterprises in globalization era*. Slovakia. 2017. Pp. 761–767.
3. *Badarinath R., Prabhu V. V.* Advances in Internet of Things (IoT) in manufacturing. In: Lödding, H., Riedel, R., Thoben, KD., von Cieminski, G., Kiritsis, D. (eds) *Advances in production management systems. The Path to intelligent, collaborative and sustainable manufacturing*. 2017. IFIP Advances in Information and Communication Technology. Vol. 513. Pp. 111–118. DOI: 10.1007/978-3-319-66923-6\_13
4. *Elhoone H., Zhang T., Anwar M., Desai S.* Cyber-based design for additive manufacturing using artificial neural networks for Industry 4.0 // *International Journal of Production Research*. 2019. Vol. 58. No. 9. Pp. 2841–2861. DOI: 10.1080/00207543.2019.1671627
5. *Fordal J.M., Schjølberg P., Helgetun H. et al.* Application of sensor data based predictive maintenance and artificial neural networks to enable Industry 4.0 // *Advances in Manufacturing*. 2023. Vol. 11. No. 2. Pp. 248–263. DOI: 10.1007/s40436-022-00433-x
6. *Schwebig A.I.M., Tutsch R.* Compilation of training datasets for use of convolutional neural networks supporting automatic inspection processes in industry 4.0 based electronic manufacturing // *Journal of Sensors and Sensor Systems*. 2020. Vol. 9. No. 1. Pp. 167–178. DOI: 10.5194/jsss-9-167-2020
7. *Sanz D.O., Gómez Muñoz C.Q., García Márquez F.P.* Convolutional neural networks as a quality control in 4.0 industry for screws and nuts // *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Pp. 13–29. DOI: 10.1007/978-981-19-1012-8\_2
8. *Mujber T., Szecsi T., Hashmi M.* Virtual reality applications in manufacturing process simulation // *Journal of Materials Processing Technology*. 2004. Vol. 155–156. Pp. 1834–1838. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2004.04.401
9. *Gramegna N., Corte E.D., Poles S.* Manufacturing process simulation for product design chain optimization // *Materials and Manufacturing Processes*. 2011. Vol. 26. No. 3. Pp. 527–533. DOI: 10.1080/10426914.2011.564248
10. *Smirnov A., Shilov N., Shchekotov M.* Ontology-Based modelling of state machines for production robots in smart manufacturing systems // *International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems*. 2020. Vol. 11. No. 2. Pp. 76–91. DOI: 10.4018/ijertcs.2020040105
11. *Yeom S.B., Ha E.-S., Kim M.-S. et al.* Application of the discrete element method for manufacturing process simulation in the pharmaceutical industry // *Pharmaceutics*. 2019. Vol. 11. No. 8. P. 414. DOI: 10.3390/pharmaceutics11080414
12. *Bzhikhatlov K.Ch., Pshenokova I.A.* Intelligent spraying system of autonomous mobile agricultural robot // *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2023. Pp. 269–278. DOI: 10.1007/978-981-99-4165-0\_25
13. *Bzhikhatlov K., Zammoev A., Kokova L., Pshenokova I.* Autonomous robot for monitoring ground archaeological sites // *Izvestiya SFedU Engineering sciences*. 2023. Vol. 1. Pp. 100–109. DOI: 10.18522/2311-3103-2023-1-100-109

14. *Nagoev Z., Pshenokova I., Nagoeva O., Sundukov Z.* Learning algorithm for an intelligent decision making system based on multi-agent neurocognitive architectures // *Cognitive Systems Research*. 2021. Vol. 66. Pp. 82–88. DOI: 10.1016/j.cogsys.2020.10.015

15. *Anchekov M.I., Apshev A.Z., Bzhikhatlov K.Ch. et al.* Formal genome model of a general artificial intelligence agent based on multi-agent neurocognitive architectures // *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 5(115). Pp. 11–24. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-11-24

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

### Информация об авторах

**Бжихатлов Кантемир Чамалович**, канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

haosit13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-0193>, SPIN-код: 9551-5494

**Кравченко Алексей Дмитриевич**, аспирант Научно-образовательного центра, Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

kravchenko.12@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1786-7182>

UDC 681.5:004.891

MSC: 93C85, 68T42

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-13-28

EDN: BCQGGZ

Original article

## The concept of an automated control system for the production process of robotic complexes

**K.Ch. Bzhikhatlov<sup>✉</sup>, A.D. Kravchenko**

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

**Abstract.** This article presents the concept of an automated control system for the production process of robotic complexes. The diagram of the control system for the production process of robotic complexes and the structure of the interaction of agents in the described production model are shown. It is assumed that AI based on multi-agent neurocognitive architectures will be used as an intelligent decision-making system in the control system. Such a model will make it possible to simulate complex processes of interaction both between organizational nodes and between external actors. In the future, the system will be able to provide adequate planning at the organizational level, taking into account all available factors.

**Keywords:** robotics, production, intelligent systems, multiagent algorithms, automated control systems

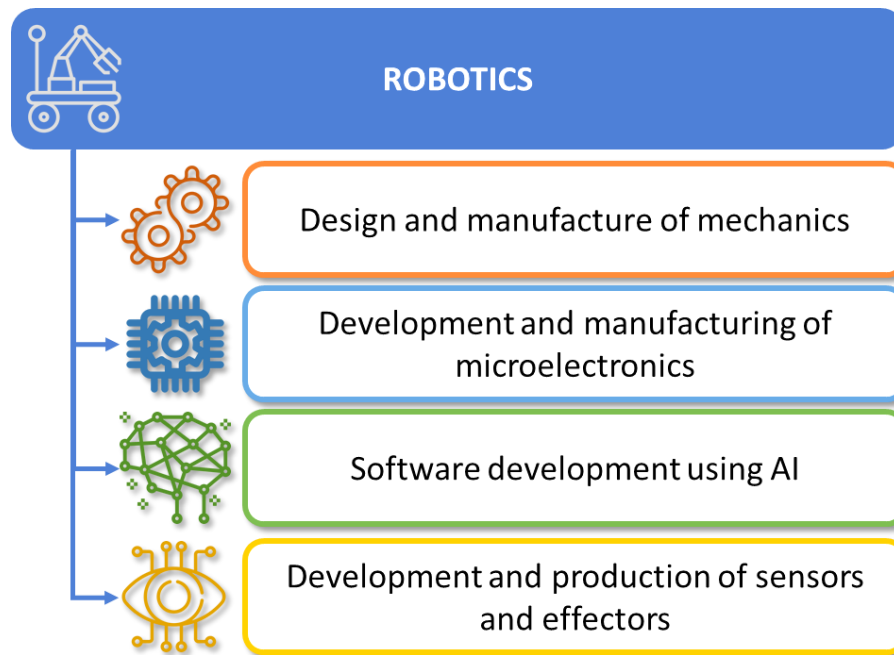
*Submitted 03.06.2024,**approved after reviewing 02.08.2024,**accepted for publication 06.09.2024*

**For citation.** Bzhikhatlov K.Ch., Kravchenko A.D. The concept of an automated control system for the production process of robotic complexes. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 13–28. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-13-28

### INTRODUCTION

The current level of industrial development (with the already established definition of “Industry 4.0” [1]) involves not only the transition to new technologies, but also taking into account the digitalization and intellectualization of modern society, as well as a shift towards individual production. That is, modern production must constantly introduce new technologies both in the production process itself and at the management level for successful development in an extremely competitive environment. Actively implemented approaches include the use of the Internet of things and cyber-physical systems, intelligent processing of large amounts of data, and personalization of production [2].

At the same time, the development of robotic devices and complexes for various purposes, as one of the most technologically advanced areas of production, clearly implies the possibility of effective implementation of modern control automation systems. The development of an autonomous robot involves the creation of design and mechatronic solutions, as well as the development of electronics and software for it (Fig. 1).



*Fig. 1. Elements of manufacturing robotic devices*

The complexity of organizing such production is noticeably higher than in other, more established areas of activity. Based on the above mentioned, the task of developing the concept of an intelligent control system for the production of autonomous robots can be considered relevant.

#### APPLICATION OF INTELLIGENT DECISION-MAKING SYSTEMS IN PRODUCTION PROCESS MANAGEMENT

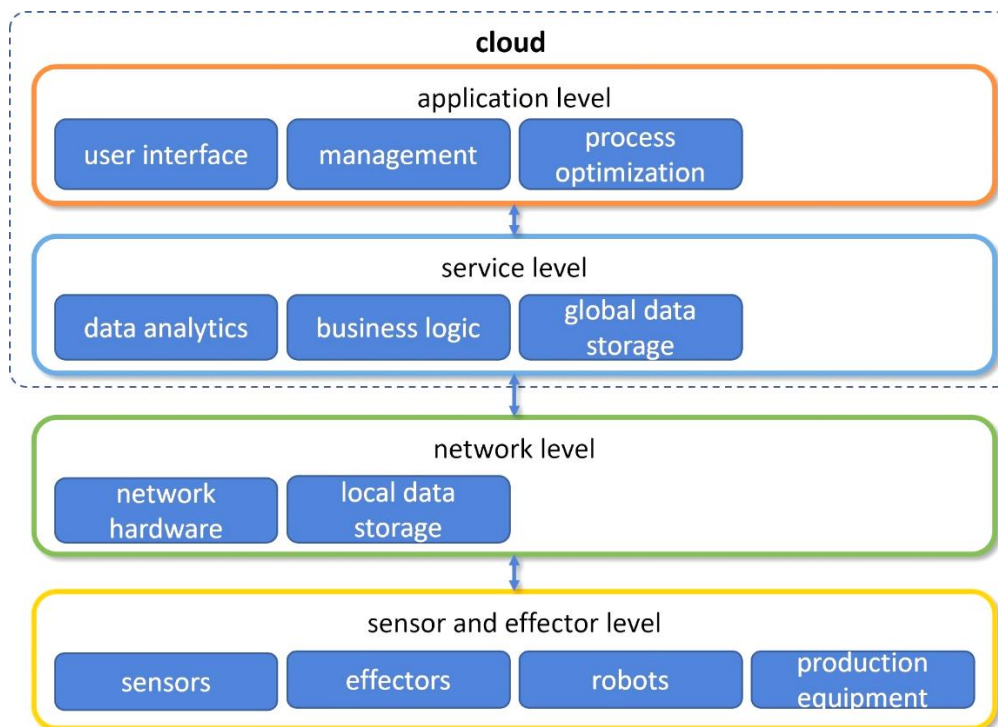
Technologies related to Industry 4.0 have been successfully introduced into modern production for quite a long time. For example, Internet of Things (IoT) technologies find application in automating the collection and processing of information from production sites [3]. For example, the use of wireless sensor networks can significantly reduce the cost of laying cables in a building, which often allows significant savings despite the high cost of the sensors themselves. At the same time, many of the sensors used often have on-board data pre-processing systems, which makes it possible to relieve the data transmission network and promptly respond to a number of emergency situations at the place of their recording. In addition, the authors proposed a service-oriented architecture for IoT systems in manufacturing (Fig. 2). At higher levels of the architecture, the received data is processed using big data technologies and artificial neural networks.

It is worth noting that there is significant experience in implementing intelligent data analysis systems in production processes. For example, the Internet of things together with expert systems were used to develop an additive manufacturing system that can significantly reduce the load on management and ensure the fastest possible transition from the proposed model of the device being developed to its physical implementation [4]. Pre-trained artificial neural networks were used to determine the stages of production and equipment control based on the input model (obtained as data from a computer-aided design system).

Intelligent systems based on neural networks are also used in the task of predicting possible equipment downtime [5]. This will optimize the process of preventive maintenance of used



equipment and reduce the risks of unexpected downtime, leading to significant financial and reputational losses for the organization. At the same time, the use of data obtained directly from the enterprise sensor network for training and testing neural networks allowed the authors to achieve a high level of forecasting and minimization of equipment maintenance costs using the example of a forestry enterprise.



**Fig. 2.** Service-oriented architecture for IoT systems

A rather interesting example of the use of ultra-precise neural networks is described in [6], where the authors proposed a system for automating quality control in the production of microelectronics products through the use of an optical camera. The presented neural network architecture, using data from the camera, made it possible to determine several types of defects or their absence in the process of placing capacitors on an electronic board. Due to the sufficiently large volume of the training sample, which can be obtained in production and under controlled shooting conditions, the neural network showed a fairly high level of accuracy in determining the defect. Such solutions will minimize the amount of defects without the need for manual control of the entire flow of manufactured products, which is extremely important for large-scale production.

A similar approach was used to identify screws and nuts on assembled products [7]. The work compared the architectures of convolutional neural networks (AlexNet, Visual Geometric Group, and ResNet). A fairly accurate class determination is achieved using the ResNet architecture with 300 training epochs. In this case, even similar objects (nuts of different types) are distinguished with an accuracy of above 90%. It is worth noting that there are neural network architectures (for example, Yolo v9), that, in theory could show better results but were not considered by the authors of this article.

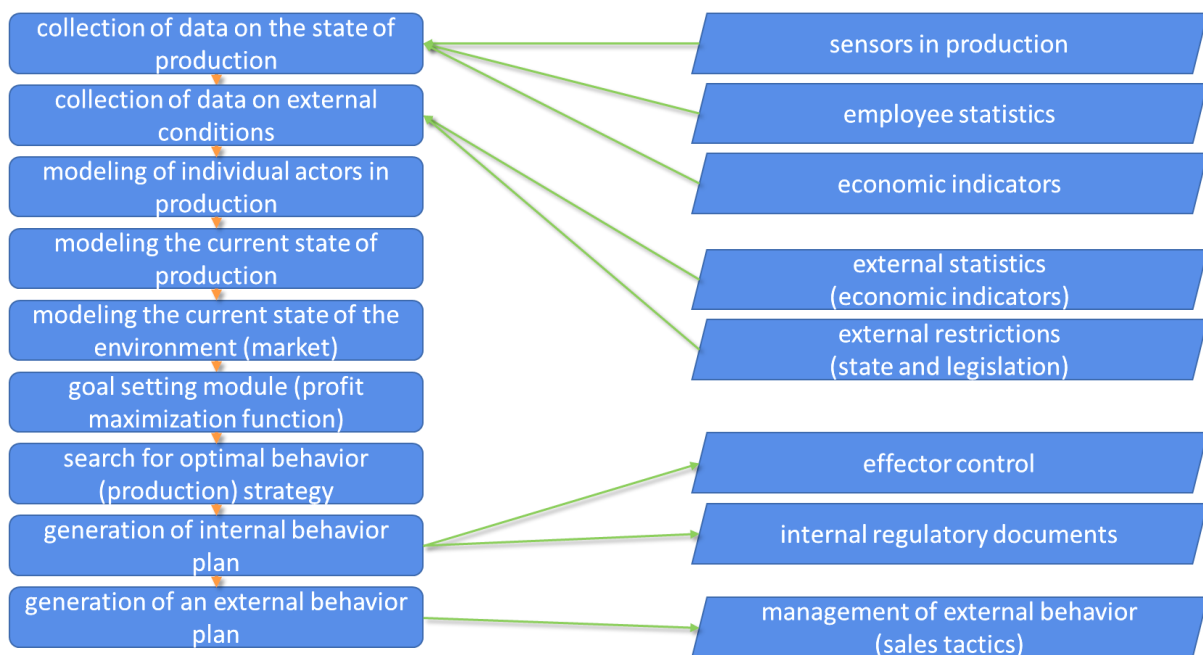
A separate area is the modeling of production processes, including through the use of intelligent systems. For example, already established virtual reality technologies can be used to simulate production [8], which is especially interesting at the stage of production planning, product design, and employee training. To optimize production chains, genetic algorithms are

also applicable, allowing you to select a suboptimal set of operations that allow you to achieve your goal (for example, to produce a tedious device at minimal cost) [9]. In addition, ontology-based finite state machine modeling can provide optimization of control systems for production robots [10]. Classical mathematical methods (for example, the finite element method) in modeling both the products themselves and production processes in general remain no less promising [11].

#### CONCEPT OF A CONTROL SYSTEM FOR THE PRODUCTION PROCESS OF ROBOTIC COMPLEXES

In the case of the production of autonomous robots, all the technologies described above are applicable. At the same time, this study aims to develop the concept of an intelligent production management system, using the example of the development of autonomous robots. In particular, intelligent manufacturing control is of interest as part of the development and implementation of projects related to autonomous robots. For example, as part of research at the Kaliningrad Scientific Center of the Russian Academy of Sciences, a robot for protecting crops [12] and a platform for monitoring archaeological sites are being developed [13].

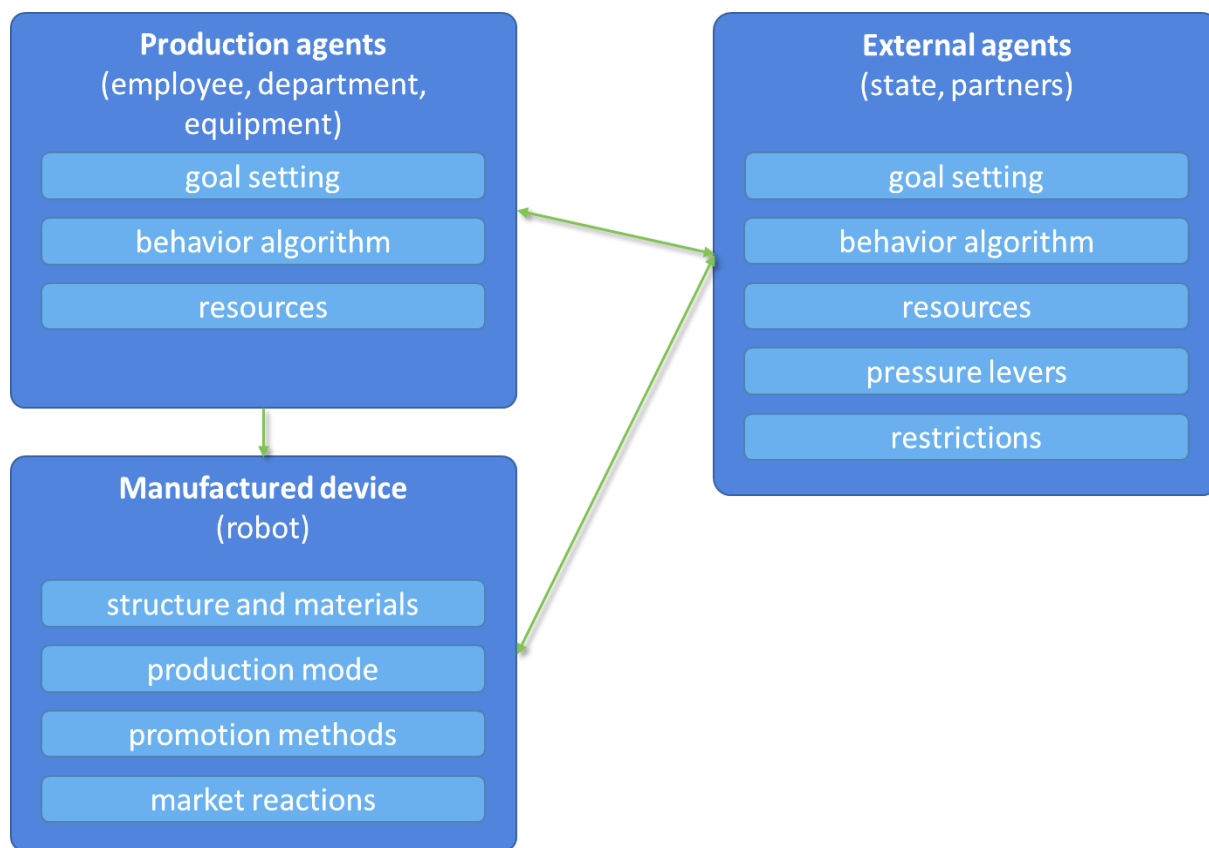
The production process control system for robotic complexes must ensure data collection, modeling of production processes, and generation of a work plan. The control system diagram is shown in Fig. 3. Data collection should be carried out not only from the sensor network in production, but also from external data sources that allow analyzing the condition of equipment, supply chains, general indicators of the enterprise and the condition of employees. Also, analysis of data from open registers (databases, websites, open reports) will allow us to model the economic indicators of counterparties, competitors and the entire region as a whole. This data is used by an intelligent decision-making system to model the current state of production and the market and the dynamics of their development. The goal-setting module involves the user selecting goals for management (and maximizing benefits may not be the only or even the highest priority goal). The resulting models are used to select a suboptimal trajectory of enterprise development and generate a behavior plan that influences the actors of the organization (machines, employees, departments) and external counterparties (distributors and counterparties).



**Fig. 3.** Diagram of the control system for the production process of robotic complexes

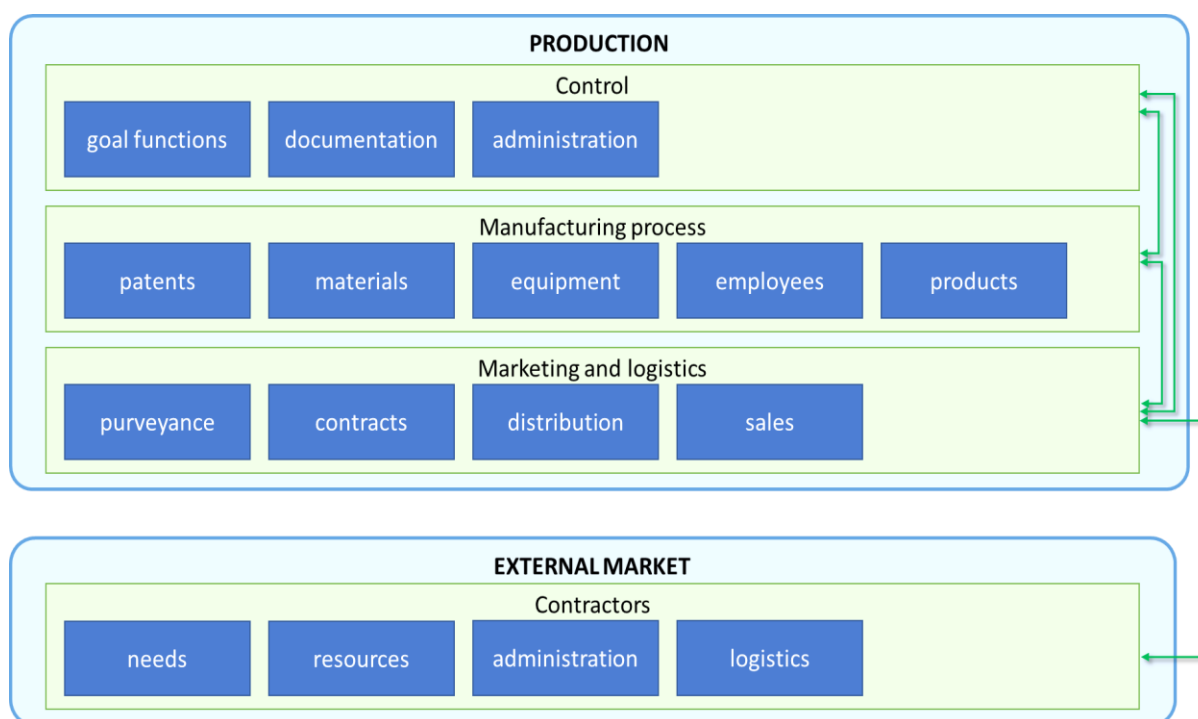
As the basis of an intelligent decision-making system, an artificial intelligence formalism based on multi-agent neurocognitive architectures is considered, which makes it possible to simulate the interactions of many neuron agents [14]. A neuron in such a model has its own target function of maximizing internal energy and can dynamically enter into contracts, exchange information and energy [15]. Such models, unlike classical neural networks, are theoretically capable of self-learning and do not require large training samples. In the future, the use of multi-agent architectures in decision-making systems will make it possible to build ontologies responsible for the subject area (for example, for the production of complex equipment), predict external conditions, model the process of developing and selling goods, and select optimal solutions for production management.

In this case, the process control system model includes a number of separate models: the production agent, the external agent and the directly produced product. The interaction diagram of agents in the control model is shown in Fig. 4., Fig. 5 shows a more detailed diagram of the structure of the simulated agents.



**Fig. 4.** Scheme of interaction between agents in the model for controlling the production process of robotic complexes

A production agent (an employee, a piece of equipment or a department of an enterprise) consists of its own goal-setting system (not necessarily related to the overall goal of the enterprise) and a behavior algorithm. In addition, each such agent has a different set of resources available to it, the exchange of which ensures the operation of production chains. The external agents here are the state, buyers, partners and competitors. External agents may have the ability to limit the work of production agents and have available leverage, that is, the possibility of production influencing them.



**Fig. 5.** Model of production of robotic complexes

The formalism used assumes recursive models, that is, the agents being modeled can consist of other agents. For example, the production of robotic products itself consists of multiple agents, including a control system, a production chain and a support system. Each agent is modeled by one or more neurons and can exchange resources and messages with all available counterparties. Such a model will make it possible to simulate complex processes of interaction both between organizational nodes and between external actors.

## CONCLUSIONS

The presented concept of an intelligent control system for the production process of robotic complexes, which involves the use of multi-agent neurocognitive architectures for a decision-making system. For the management system being developed, it is planned to collect data both from a sensor network in production and from external data sources that allow analyzing the condition of equipment, supply chains, general indicators of the enterprise and the condition of employees. The data obtained will be used to create a multi-agent model designed to represent the current state of the organization and its external counterparties, as well as to predict the dynamics of their development. In the future, such a control system will allow for the automation of fairly complex and technologically advanced production, taking into account both technological chains and the external economic situation and goal setting of management.

## REFERENCES

1. The new high-tech strategy innovations for Germany. URL: [https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/hts\\_broschuere\\_engl\\_bf\\_1.pdf](https://ec.europa.eu/futurium/en/system/files/ged/hts_broschuere_engl_bf_1.pdf).
2. Erboz G. How to define Industry 4.0: Main pillars of Industry 4.0. *Managerial trends in the development of enterprises in globalization era*. Slovakia. 2017. Pp. 761–767.

3. Badarinath R., Prabhu V.V. Advances in Internet of Things (IoT) in manufacturing. In: Lödding H., Riedel R., Thoben KD., von Cieminski G., Kiritsis D. (eds) *Advances in production management systems. The path to intelligent, collaborative and sustainable manufacturing*. 2017. *IFIP Advances in Information and Communication Technology*. Vol. 513. Pp. 111–118. DOI: 10.1007/978-3-319-66923-6\_13
4. Elhoone H., Zhang T., Anwar M., Desai S. Cyber-based design for additive manufacturing using artificial neural networks for Industry 4.0. *International Journal of Production Research*. 2019. Vol. 58. No. 9. Pp. 2841–2861. DOI: 10.1080/00207543.2019.1671627
5. Fordal J.M., Schjølberg P., Helgetun H. et al. Application of sensor data based predictive maintenance and artificial neural networks to enable Industry 4.0. *Advances in Manufacturing*. 2023. Vol. 11. No. 2. Pp. 248–263. DOI: 10.1007/s40436-022-00433-x
6. Schwebig A.I.M., Tutsch R. Compilation of training datasets for use of convolutional neural networks supporting automatic inspection processes in industry 4.0 based electronic manufacturing. *Journal of Sensors and Sensor Systems*. 2020. Vol. 9. No. 1. Pp. 167–178. DOI: 10.5194/jsss-9-167-2020
7. Sanz D.O., Gómez Muñoz C.Q., García Márquez F.P. Convolutional neural networks as a quality control in 4.0 industry for screws and nuts. *Lecture Notes in Networks and Systems*. 2022. Pp. 13–29. DOI: 10.1007/978-981-19-1012-8\_2
8. Mujber T., Szecsi T., Hashmi M. Virtual reality applications in manufacturing process simulation. *Journal of Materials Processing Technology*. 2004. Vol. 155–156. Pp. 1834–1838. DOI: 10.1016/j.jmatprotec.2004.04.401
9. Gramegna N., Corte E.D., Poles S. Manufacturing process simulation for product design chain optimization. *Materials and Manufacturing Processes*. 2011. Vol. 26. No. 3. Pp. 527–533. DOI: 10.1080/10426914.2011.564248
10. Smirnov A., Shilov N., Shchekotov M. Ontology-based modelling of state machines for production robots in smart manufacturing systems. *International Journal of Embedded and Real-Time Communication Systems*. 2020. Vol. 11. No. 2. Pp. 76–91. DOI: 10.4018/ijertcs.2020040105
11. Yeom S.B., Ha E.-S., Kim M.-S. et al. Application of the discrete element method for manufacturing process simulation in the pharmaceutical industry. *Pharmaceutics*. 2019. Vol. 11. No. 8. P. 414. DOI: 10.3390/pharmaceutics11080414
12. Bzhikhatlov K.Ch., Pshenokova I. Intelligent spraying system of autonomous mobile agricultural robot. *Smart Innovation, Systems and Technologies*. 2023. Pp. 269–278. DOI: 10.1007/978-981-99-4165-0\_25
13. Bzhikhatlov K., Zammoev A., Kokova L., Pshenokova I. Autonomous robot for monitoring ground archaeological sites. *Izvestiya SFedU Engineering sciences*. 2023. Vol. 1. Pp. 100–109. DOI: 10.18522/2311-3103-2023-1-100-109
14. Nagoev Z., Pshenokova I., Nagoeva O. et al. Learning algorithm for an intelligent decision making system based on multi-agent neurocognitive architectures. *Cognitive Systems Research*. 2021. Vol. 66. Pp. 82–88. DOI: 10.1016/j.cogsys.2020.10.015
15. Anchekov M.I., Apshev A.Z., Bzhikhatlov K.Ch. et al. Formal genome model of a general artificial intelligence agent based on multi-agent neurocognitive architectures. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 5(115). Pp. 11–24. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-11-24

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Funding.** The study was conducted without sponsorship.

### **Information about authors**

**Kantemir Ch. Bzhikhatlov**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head Laboratory “Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

haosit13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-0193>, SPIN-code: 9551-5494

**Alexey D. Kravchenko**, Post-graduate Student of the Scientific and Educational Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

kravchenko.12@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-1786-7182>

АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ  
И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 628.25

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-29-39

EDN: ETNUBX

**Детектирование корпусированных радиочастотных меток на воде  
при обследовании канализационных систем**

**В. П. Дашевский<sup>✉1</sup>, В. Г. Ржимский<sup>1</sup>, С. М. Пономаренко<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр  
Российской академии наук

199178, Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, 39

<sup>2</sup>Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии  
123242, Россия, Москва, ул. Большая Грузинская, 8, стр. 2А

**Аннотация.** Обсуждаются проблемы и возможности технологии пассивной радиочастотной идентификации (RFID) для выявления несанкционированных подключений сточных вод промышленных предприятий в ливневую канализацию городов и поселений. Выполнена оценка практической применимости методов радиочастотной идентификации для выявления незаконных подключений промышленных стоков к ливневой канализации. Проведены экспериментальные лабораторные исследования, направленные на выявление технических характеристик и возможностей пассивных RFID-меток и считывателей в условиях ливневой канализации. Установлено, что пассивные RFID-метки устойчиво читаются на расстояниях до 1,5 метра при мощности считывателя 0,15–1,4 Вт, если они находятся над поверхностью воды, чтобы уменьшить эффект экранирования радиоволн водой. Для обеспечения поднятия метки над водой она может быть размещена в объемном легком корпусе из полистирола, обеспечивающем положительную плавучесть. Проведенные исследования подтверждают возможность использования технологий пассивной RFID для решения актуальных задач государственного экологического контроля (надзора) и охраны окружающей среды.

**Ключевые слова:** радиочастотная идентификация, RFID, пассивная радиочастотная идентификация, направленная антенна, несанкционированные подключения, государственный экологический контроль, сбросы промышленных предприятий

Поступила 07.08.2024, одобрена после рецензирования 30.08.2024, принята к публикации 10.09.2024

**Для цитирования.** Дашевский В. П., Ржимский В. Г., Пономаренко С. М. Детектирование корпусированных радиочастотных меток на воде при обследовании канализационных систем // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 29–39. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-29-39

MSC: 90C27; 90C90

Original article

**Detection of encapsulated radio frequency tags  
on water during sewer systems inspection**

**V.P. Dashevsky<sup>✉1</sup>, V.G. Rzhimsky<sup>1</sup>, S.M. Ponomarenko<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences  
199178, Russia, St. Petersburg, 39, 14<sup>th</sup> line of Vasilyevsky Island

<sup>2</sup>State Scientific Research Institute of Industrial Ecology  
123242, Russia, Moscow, 8/2A Bolshaya Gruzinskaya street

**Abstract.** The problems and possibilities of passive radio frequency identification (RFID) technology for detecting unauthorized connections of industrial wastewater to storm sewers of cities and towns are discussed. The practical applicability of radio frequency identification methods for detecting illegal connections of industrial wastewater to storm sewers is assessed. Experimental laboratory studies were conducted to identify the technical characteristics and capabilities of passive RFID tags and readers in storm sewer conditions. It was found that passive RFID tags are reliably read at distances of up to 1.5 meters with a reader power of 0.15–1.4 W, if they are located above the water surface in order to reduce the effect of radio wave shielding by water. To ensure that the tag rises above the water, it can be placed in a voluminous lightweight polystyrene case, providing positive buoyancy. The studies conducted confirm the possibility of using passive RFID technologies to solve urgent problems of state environmental control (supervision) and environmental protection.

**Keywords:** radio frequency identification, RFID, passive radio frequency identification, directional antenna, unauthorized connections, state environmental control, industrial discharges

Submitted 07.08.2024,

approved after reviewing 30.08.2024,

accepted for publication 10.09.2024

**For citation.** Dashevsky V.P., Rzhimsky V.G., Ponomarenko S.M. Detection of encapsulated radio frequency tags on water during sewer systems inspection. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 29–39. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-29-39

## ВВЕДЕНИЕ

Имеют место случаи незаконного подключения промышленными предприятиями своих сточных вод к ливневой канализации, которая предназначена для отвода дождевой воды. Эти сточные воды часто содержат токсичные химикаты, тяжелые металлы, масла и другие загрязнители, которые без должной очистки попадают в водоемы. Это негативно влияет на качество воды и здоровье экосистем. Загрязненная вода может стать источником различных заболеваний у людей, которые используют эту воду для питья, сельского хозяйства или рекреационных целей. Высокие концентрации вредных веществ могут привести к массовой гибели рыбы и других водных организмов, разрушая экосистемы и нарушая пищевые цепи.

Одним из путей решения этой проблемы являются регулярные проверки промышленных предприятий для выявления незаконных подключений и предотвращения загрязнений [1–4]. Выявление незаконных подключений промышленных стоков к ливневой канализации является сложной задачей, требующей применения различных методов и технологий. К известным методам выявления таких подключений относятся следующие:

- Визуальный осмотр и инспекция (метод теледиагностики). Использование специальных телекамер, вводимых в трубы, позволяет визуально обследовать внутреннюю часть канализационной системы и обнаруживать аномалии или незарегистрированные подключения.

- Дымовые тесты. В трубы канализации вводится дым, который помогает выявить незарегистрированные выходы дыма в местах незаконных подключений.

- Тесты с подмешиванием красителя в воду. Появление в ливневой канализации воды с красителем, залитой ранее в контрольный сток промышленного предприятия, позволяет обнаружить факт наличия незаконного подключения.

- Анализ воды и сточных вод. Исследование проб воды на наличие специфических загрязнителей (тяжелых металлов, химикатов и т. д.), микроорганизмов и биомаркеров, характерных для промышленных стоков, позволяет выявить факты незаконного подключения.

- Анализ потоков и мониторинг. Установка датчиков и устройств мониторинга на ключевых участках канализационной системы для отслеживания изменений в потоке и составе воды. Измерение и анализ параметров потока (скорость, объем) могут помочь выявить несоответствия и указать на наличие незаконных подключений.



Перечисленные методы либо дороги, как, например, применение специализированных телекамер и обследование труб канализации, либо недостаточно универсальны, как анализ специфических составляющих, чтобы выявить любые виды загрязнений. Подмешивание тестовых красителей в воду также может вызывать ложные обращения населения с жалобами на чистоту воды. Таким образом, задача оперативного определения факта незаконного подключения промышленных стоков к ливневой канализации с минимальными затратами средств является актуальной.

В рамках данного исследования изучалась возможность применения технологий пассивной RFID (Radio Frequency Identification, радиочастотная идентификация) для создания датчиков, пригодных для оперативного выявления несанкционированных подключений выпусков неочищенных сточных вод предприятий в ливневую канализацию городов и поселений для целей государственного экологического контроля.

Технология RFID достаточно давно используется не только для идентификации и маркировки объектов, но также для решения задач локализации и отслеживания перемещения объектов [5–8]. В работе [9] использовались пассивные интегрированные транспондерные метки, которые имплантировались в тела рыб для отслеживания их перемещений. В работе [10] описаны два типа антенн, используемых для обнаружения и оценки численности рыб с метками в реках: антенная система на плоту и береговая плавающая антенная система. В статье [11] описаны антенны и метки, используемые для отслеживания морских осадочных пород с помощью технологии RFID. В работе [12] использовались метки размером 12 мм (100 мг), которые вводились под кожу лягушек. В прудах с меньшей глубиной и площадью обнаружение меток происходит быстрее и эффективнее, что позволяет проводить мониторинг на большом количестве объектов за короткое время. В исследовании [13] используются пассивные метки и мобильные антенны для отслеживания рыбы в мелких потоках. Основные проблемы при применении RFID в воде включают низкую эффективность обнаружения из-за взаимодействия наблюдателя, поведения рыбы и окружающей среды, а также физические параметры, такие как скорость течения и глубина.

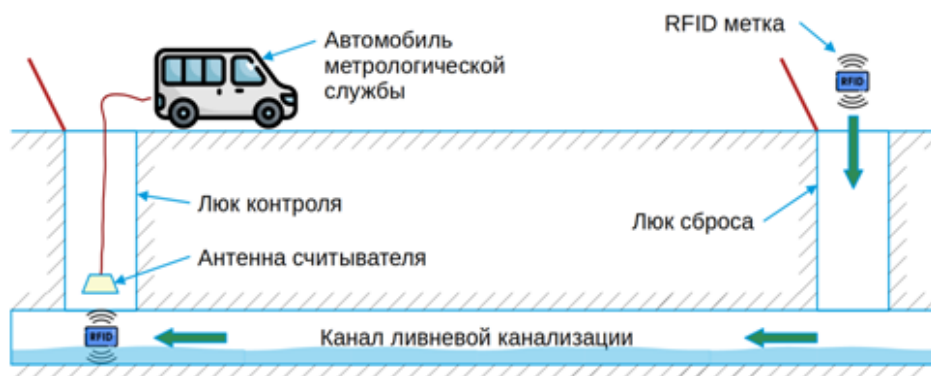
В работе [14] предлагается экономичная и эффективная антенна UHF RFID для идентификации бутылок с различными жидкостями. В работе [15] описано применение пассивных UHF RFID-меток для обнаружения засоров и незаконных подключений в канализационных сетях. Эксперименты показали чувствительность меток к их положению относительно антенны считывателя, материала оболочки и объема воздуха внутри оболочки. В результате в качестве оболочки был выбран PLA-пластик с размерами внутренней области, оптимизированной под типы меток, и были проведены полевые испытания с антенной 9 dBiC из-за ее размеров и легкости установки. Оптимальная дальность обнаружения составила 0,6–3,5 метра. Сенсоры показали хорошую устойчивость к условиям потока и твердым отходам в бытовых сточных водах. Исследование показывает, что UHF RFID-сенсоры могут предоставлять высокопроизводительный, надежный и неинвазивный метод мониторинга канализационных систем в реальном времени.

#### МЕТОДИКА ПРИМЕНЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ПАССИВНОЙ RFID ПРИ ОБСЛЕДОВАНИИ КАНАЛИЗАЦИОННЫХ СИСТЕМ

Общая схема методики применения технологии пассивной RFID UHF диапазона показана на рисунке 1. Автомобиль может быть любой контролирующей службы, не только метрологической. Метка проходит начальную инициализацию, в процессе которой:

- 1) фиксируется ее EPC (Electronic Product Code);

- 2) при необходимости в ЕРС метки заносится информация о месте и времени сброса;
- 3) при необходимости информация о метке дополнительно заносится в журнал мониторинга для анализа процента потерянных меток в дальнейшем.



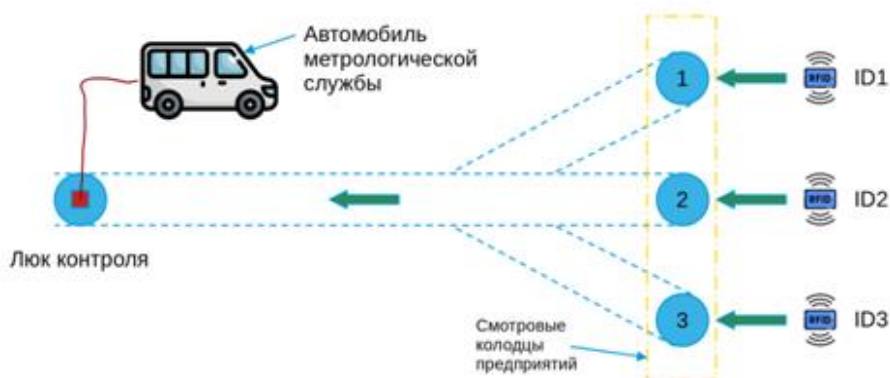
**Рис. 1.** Схема применения RFID-меток для определения несанкционированных врезок

**Fig. 1.** Scheme of application of RFID tags for detection of unauthorized tappings

После прохождения начальной инициализации метка опускается в люк сброса, где она начинает движение по канализационной системе вместе с потоком воды. Поскольку технология RFID имеет алгоритм антиколлизии меток, считыватели могут считывать более одной метки одновременно, что позволяет проводить параллельный мониторинг нескольких промышленных объектов на предмет незаконных врезок (рис. 2).

Несколько меток могут быть сброшены одновременно в смотровые колодцы разных предприятий, после чего антенна считывателя опускается в люк контроля таким образом, чтобы расстояние от антенны до поверхности воды в люке составило от 0,5 до 1,5 метра.

Считыватель и управляющая ЭВМ (ноутбук) метрологической службы размещаются в автомобиле. Антенна подключается к считывателю кабелем, длина которого позволяет опустить антенну в люк контроля и разместить на расстоянии порядка 1 метра от воды. Такое решение позволит снизить требования к мощности и чувствительности считывателя, а также применять более дешевые метки для сброса в колодцы.



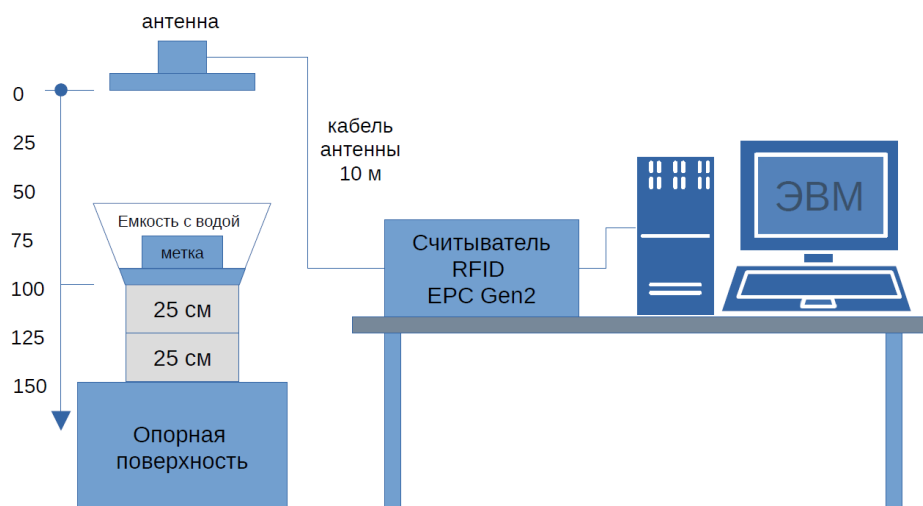
**Рис. 2.** Схема параллельного отслеживания нескольких стоков

**Fig. 2.** Scheme of parallel tracking of several drains

На рисунке 3 представлена общая схема эксперимента по измерению дальности считывания метки стандарта UHF EPC Class 1 Gen2 в воде.

Стенд для проведения эксперимента состоит из следующих основных компонентов:

- 1) ЭВМ с ПО для управления считывателем RFID;
- 2) считыватель RFID;
- 3) антенна, закрепленная над опорной поверхностью на расстоянии 150 см;
- 4) емкость с водой и погруженной в нее меткой, располагаемая на необходимом расстоянии до антенны при помощи прокладок высотой 25 см;
- 5) метка в водонепроницаемом корпусе из легкого материала.



**Рис. 3.** Схема стенда для эксперимента по оценке дальности считывания RFID-меток в воде

**Fig. 3.** Scheme of the stand for experiment for assessing the reading range of RFID tags in water

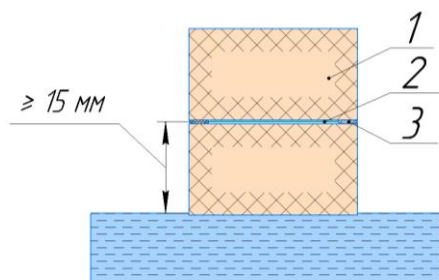
Антенна закреплена под потолком помещения на высоте около 2,2 метра над полом. Под антенной размещается опорная поверхность на максимально возможном исследуемом удалении, равном 150 см. Далее на эту поверхность ставится емкость с водой, куда закладывается исследуемая метка в корпусе. С этой меткой на поверхности воды проводятся измерения принимаемого сигнала, после чего эксперимент повторяется для следующей дистанции. Дистанция от антенны до метки регулируется при помощи прокладок толщиной 25 см, которые подкладываются под емкость с водой друг на друга. Метки были изготовлены из серийных вкладышей путем вклеивания их в корпус из полистирола, подробнее этот процесс описан ниже.

Для экспериментов был использован считыватель ThingMagic M6-EU (UHF EPC GEN2) [8]. Считыватель может излучать до 1,4 Вт мощности, обеспечивая дальность до 10–15 метров в свободном пространстве.

Данный считыватель использовался с антенной MT-242014/NRH/K (865-870MHz 8.5dBic RHCP), которая также оптимизирована для работы с большими расстояниями считывания. Антенна была подключена к считывателю кабелем RG58 длиной 10 метров, чтобы учесть возможные потери в кабеле, связанные с необходимостью опускать антенну в люк на удалении от измерительного комплекса.

Для проведения экспериментов использовались три типа меток одного стандарта EPC Class 1 Gen 2 разных размеров и форм. Основная задача при исследовании нескольких типов меток заключалась в том, чтобы понять зависимость дальности и ориентации считывания метки от размеров и топологии антенны.

Вкладыши (2) были вклеены в защитный корпус (1), изготовленный из полистирола, путем оформления клеевого шва 3 по периметру вкладыша, как показано на рисунке 4. Толщина половинок корпуса была выбрана 20 мм исходя из минимальной толщины листа полистирола.



**Рис. 4.** Структура датчика для эксперимента (в разрезе)

**Fig. 4.** Structure of the sensor for the experiment (cross-sectioned)

Для изготовления корпусов меток был использован листовый экструдированный полистирол марки Пеноплекс Основа толщиной 20 мм. Материал легко режется и склеивается, что удешевляет процесс изготовления меток для использования в канализации. Яркий оранжевый цвет делает его легко заметным в природных условиях. Экструдированный полистирол является легким (в 30–40 раз легче воды) радиопрозрачным материалом, поверхность которого при контакте с водой не смачивается полностью, благодаря чему антенна метки не испытывает существенного экранирования водой. Осадка корпуса из полистирола в воде очень мала, поэтому расстояние от плоскости вкладыша метки до воды остается сравнительно большим, более 15 мм, что также снижает влияние подстилающей поверхности воды на чтение метки.

В процессе экспериментальных работ были проведены три серии измерений для каждого типа используемого вкладыша. Эксперименты каждой серии проводились с варьированием двух параметров:

1. Мощность излучения считывателя варьировала от +30 до +10 dBm с шагом в 5 dBm. 0 dBm соответствует мощности 1 мВт, таким образом: 1) +30 dBm = 1 Вт; 2) +20 dBm = 0.1 Вт; 3) +10 dBm = 10 мВт.

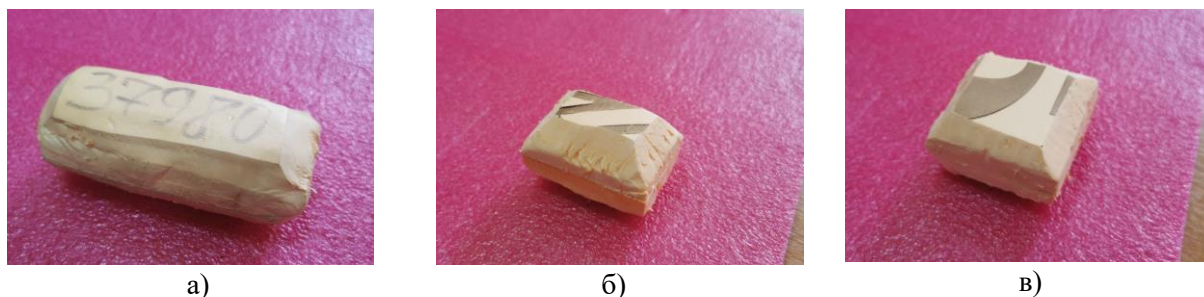
2. Расстояние от плоскости антенны до метки изменялось от 50 до 150 см с шагом в 25 см.

Для оценки достоверности чтения в каждой серии измерялись две характеристики:

1. Уровень принимаемого от метки сигнала (RSSI), измеряется также в dBm, однако в силу слабого отраженного сигнала от метки значения RSSI обычно ниже – 35 dBm.

2. Частота считывания меток. Данный показатель дает представление о том, насколько надежно считывается метка и на каком расстоянии начинается ухудшение сигнала от нее, приводящее к возрастанию количества ошибок в принимаемом сигнале.

В процессе экспериментов с чтением корпусированных меток в емкости с водой получены следующие данные для трех типов меток (рис. 5): а) метка 01: NXP ISBC UCODE8, размер без корпуса 87 x 27 мм; б) метка 02: Raftalac UPM Web, размер без корпуса 54 x 34 мм; в) метка 03: Raftalac Frog 3D, размер без корпуса 53 x 53 мм.



**Рис. 5.** Корпусированные радиочастотные метки:

а) метка 01: NXP ISBC UCODE8; б) метка 02: Raftalac UPM Web; в) метка 03: Raftalac Frog 3D

**Fig. 5.** Encapsulated RFID tags:

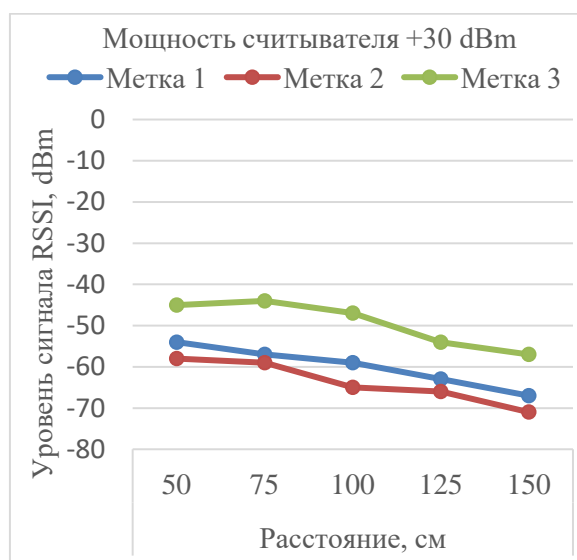
а) tag 01: NXP ISBC UCODE8; б) tag 02: Raftalac UPM Web; в) tag 03: Raftalac Frog 3D

Затем была проведена серия экспериментов. Вначале было проведено тестирование чтения меток по одной. Результаты измерений после усреднения и обработки сведены в таблицу 1 и показаны на рисунках 6, 7.

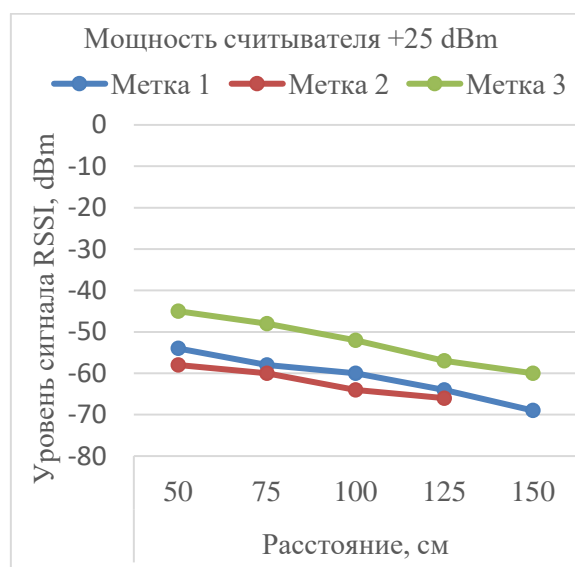
**Таблица 1.** Измеренные значения уровня сигналов RSSI от меток разных типов

**Table. 1.** Measured RSSI signal levels from different types of tags

Мощность считывателя, dBm	Расстояние, см	Уровень принимаемого от метки сигнала RSSI, dBm			Частота считывания меток, Гц		
		Метка 01	Метка 02	Метка 03	Метка 01	Метка 02	Метка 03
+30	50	-54	-58	-45	19,70	19,97	19,91
	75	-57	-59	-44	20,09	19,90	19,90
	100	-59	-65	-47	20,10	19,95	19,90
	125	-63	-66	-54	19,99	19,96	19,99
	150	-67	-71	-57	19,96	19,92	19,87
+25	50	-54	-58	-45	20,15	20,06	19,90
	75	-58	-60	-48	20,11	20,05	20,04
	100	-60	-64	-52	20,11	20,05	19,99
	125	-64	-66	-57	20,10	20,10	20,08
	150	-69	-	-60	20,10	-	19,97



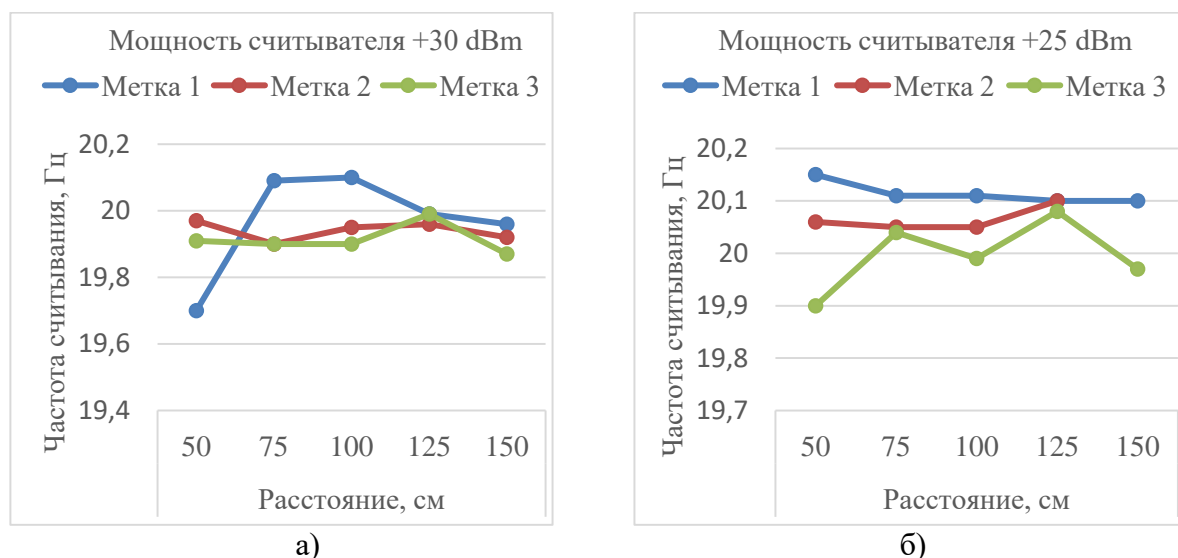
а)



б)

**Рис. 6.** Уровень принимаемого от метки сигнала RSSI при мощности считывателя: а) +30 dBm; б) +25 dBm

**Fig. 6.** The level of the RSSI signal received from the tag at the reader power: а) +30 dBm; б) +25 dBm



**Рис. 7.** Частота считывания меток при мощности считывателя: а) +30 dBm; б) +25 dBm

**Fig. 7.** Frequency of reading tags at reader power: a) +30 dBm; b) +25 dBm

Затем был проведен эксперимент по чтению трех меток одновременно. Для оценки влияния коллизий меток все образцы были помещены в емкость с водой одновременно. Результаты измерений для двух наивысших уровней мощности, при котором читаются все три метки практически на любом расстоянии, представлены в таблице 2. Для большей наглядности данные приведены совместно с данными из таблицы 1.

**Таблица 2.** Измеренные значения уровня сигналов RSSI меток при чтении их одновременно (тест на коллизии)

**Table. 2.** Measured RSSI signal levels of tags when reading them simultaneously (collision test)

Мощность, dBm	Расстояние, см	Измеренные значения уровня сигналов RSSI, dBm					
		Метка 01		Метка 02		Метка 03	
		вместе	одна	вместе	одна	вместе	одна
+30	50	-55	-54	-59	-58	-47	-45
	75	-58	-57	-66	-59	-50	-44
	100	-63	-59	-68	-65	-49	-47
	125	-65	-63	-64	-66	-57	-54
	150	-68	-67	-66	-71	-65	-57
+25	50	-57	-54	-58	-58	-50	-45
	75	-63	-58	-64	-60	-56	-48
	100	-66	-60	-69	-64	-56	-52
	125	-66	-64	-67	-66	-61	-57
	150	-71	-69	—	—	-64	-60

Результаты двух выполненных экспериментов показывают, что при достаточной мощности излучения считывателя все виды меток успешно считываются на заданных расстояниях с достаточной скоростью. В ходе экспериментов установлено, что метки с большой антенной читаются с любой дистанции при мощности чтения 20 dBm и выше, что соответствует мощности излучения 100 мВт. Количество чтений всех меток примерно соответствует естественной скорости работы считывателя, чтение одной метки гарантированно



происходит 16-20 раз в секунду и практически не зависит от расстояния. Коллизии при одновременном считывании радиочастотных меток стандарта EPC Class 1 Gen2 могут влиять на достоверность и полноту принимаемых данных. При одновременном появлении нескольких меток в поле антенны энергия излучения считывателя распределяется между несколькими метками, в результате чего сигнал от них ослабевает.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В данной статье представлены результаты оценки практической применимости методов радиочастотной идентификации для выявления незаконных подключений в ливневую канализацию для сбросов неочищенных сточных вод в водные объекты федерального и регионального значения. Для достижения этой цели были проведены экспериментальные лабораторные исследования, направленные на выявление технических характеристик и возможностей пассивных RFID-меток и считывателей в условиях ливневой канализации. Оценивалось влияние таких факторов, как мощность излучения считывателя и расстояние от антенны считывателя до метки.

Исследования показали, что пассивные RFID-метки обладают достаточной эффективностью для применения в задачах мониторинга ливневой канализации. Установлено, что метки устойчиво читаются на расстояниях до 1,5 метра при мощности считывателя 0,15–1,4 Вт, если они находятся над поверхностью воды, чтобы уменьшить эффект экранирования радиоволн водой. Для обеспечения поднятия метки над водой она может быть размещена в объемном легком корпусе из полистирола, обеспечивающем положительную плавучесть. В этом случае высокая мощность считывателя не требуется для стабильного чтения меток, что позволяет использовать менее мощные и более экономичные считыватели и антенны.

В продолжение исследований планируется провести моделирование использования методов радиочастотной идентификации для выявления источников несанкционированного сброса неочищенных сточных вод в водные объекты федерального и регионального значения, в том числе через ливневую канализацию городов и поселений, а также оперативного обнаружения несанкционированных подключений выпусков сточных вод предприятий в ливневую канализацию городов и поселений, близких к реальным условиям.

Технология RFID EPC Class 1 Gen2 может применяться для оперативного выявления незаконных подключений и сбросов неочищенных сточных вод в ливневую канализацию, что способствует предотвращению загрязнения водных объектов из-за сброса неочищенных сточных вод в водные объекты, снижению риска причинения вреда водным объектам вследствие их загрязнения, профилактике нарушений природоохранного законодательства и улучшению экологической ситуации в целом.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Abazokov M.B., Kudaev V.Ch. Tracing of large branched pipeline hydraulic networks of high optimality rank with graph presentation. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 4(114). Pp. 39–54. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-4-114-39-54

Абазоков М. Б., Кудаев В. Ч. Трассировка больших разветвленных трубопроводных гидравлических сетей высокого ранга оптимальности на динамическом базовом графе // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 4(114). С. 39–54. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-4-114-39-54. (In Russian)

2. Stepanov S.V., Strelkov A.K., Panfilova O.N. Removal of heavy metals from wastewater with natural and modified sorbents. *Magazine of Civil Engineering*. 2022. No. 111(3). Article No. 11110. DOI: 10.34910/MCE.111.10
3. Il'ina Kh.V., Gavrilova N.M., Bondarenko E.A. et al. Express-techniques of polluted suburban stream waters study. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. No. 8. Pp. 241–254. DOI: 10.18720/MCE.76.21
4. Dudakova D., Anokhin V., Dudakov M., Ronzhin A. On theoretical foundations of aerolimnology: study of fresh water bodies and coastal territories using air robot equipment. *Informatics and Automation*. 2022. No. 6 (21). Pp. 1359–1393. DOI: 10.15622/ia.21.6.10
5. Dashevskiy V., Budkov V., Ronzhin A. Survey of modular robots and developed embedded devices for constructive and computing components. *Lecture Notes in Computer Science*. 2017. Vol. 10459 LNAI. Pp. 50–58. DOI: 10.1007/978-3-319-66471-2\_6
6. Ivanov D., Sokolov B., Dashevsky V. RFID-based adaptive feedbacks between supply chain scheduling and execution control. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)*. 2011. Pp. 435–440.
7. Rajanarayana M., Sasikala B., Geethavani B. A Review on RFID technology and applications. *International Journal of Engineering and Computer Science*. 2018. Vol. 7. Pp. 24099–24105. DOI: 10.18535/ijecs/v7i6.12
8. ThingMagic Mercury RFID Readers. [https://www.barcode-uk.com/files/admin/product\\_groups/thingmagicmercury.pdf](https://www.barcode-uk.com/files/admin/product_groups/thingmagicmercury.pdf)
9. Peterson D.P., Twibell R.G., Piteo M.S. Retention of passive integrated transponder tags in hatchery brook trout: Effect of tag size, implantation site, and double tagging. *Fisheries Management and Ecology*. 2023. Vol. 30. No. 3. Pp. 240–256. DOI: 10.1111/fme.12616
10. Fetherman E.R., Avila B.W., Winkelman D.L. Raft and Floating Radio Frequency Identification (RFID) Antenna Systems for Detecting and Estimating Abundance of PIT-tagged Fish in Rivers. *North American Journal of Fisheries Management*. 2014. Vol. 34. No. 6. Pp. 1065–1077. DOI: 10.1080/02755947.2014.943859
11. Pozzebon A., Bertoni D. A wireless waterproof RFID reader for marine sediment localization and tracking. *2014 IEEE RFID Technology and Applications Conference (RFID-TA)*. 2014. DOI:10.1109/rfid-ta.2014.6934225
12. Duret C., Pille F., Denoël M. Efficiency of aquatic PIT-tag telemetry, a powerful tool to improve monitoring and detection of marked individuals in pond environments. *Hydrobiologia*. 2022. Vol. 849. No. 11. Pp. 2609–2619. DOI: 10.1007/s10750-022-04888-8
13. Saboret G., Dermond P., Brodersen J. Using PIT-tags and portable antennas for quantification of fish movement and survival in streams under different environmental conditions. *Journal of Fish Biology*. 2021. Vol. 99. No. 2. Pp. 581–595. DOI: 10.1111/jfb.14747
14. Sharif A., Kumar R., Ouyang J. et al. Making assembly line in supply chain robust and secure using UHF RFID. *Scientific Reports*. 2021. Vol. 11. No. 1. DOI: 10.1038/s41598-021-97598-5
15. Tatiparthi S.R., De Costa Y.G., Whittaker C.N. et al. Development of radio-frequency identification (RFID) sensors suitable for smart-monitoring applications in sewer systems. *Water Research*. 2021. Vol. 198. DOI: 10.1016/j.watres.2021.117107

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.



**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Дашевский Владимир Павлович**, канд. техн. наук, ст. науч. сотр., Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук;

199178, Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, 39;

vladimir.dashevsky@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2285-1936>, SPIN-код: 7675-2463

**Ржимский Василий Георгиевич**, инженер, Санкт-Петербургский Федеральный исследовательский центр Российской академии наук;

199178, Россия, Санкт-Петербург, 14-я линия Васильевского острова, 39;

vladimir.dashevsky@strategic-it.ru

**Пономаренко Сергей Михайлович**, канд. хим. наук, вед. науч. сотр., Государственный научно-исследовательский институт промышленной экологии;

123242, Россия, Москва, ул. Большая Грузинская, 8, стр. 2А;

s.ponomarenko@promeco-inst.ru

### Information about the authors

**Vladimir P. Dashevsky**, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences;

199178, Russia, St. Petersburg, 39, 14<sup>th</sup> line of Vasilyevsky Island;

vladimir.dashevsky@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2285-1936>, SPIN-код: 7675-2463

**Vasily G. Rzhimsky**, Engineer, St. Petersburg Federal Research Center of the Russian Academy of Sciences;

199178, Russia, St. Petersburg, 39, 14<sup>th</sup> line of Vasilyevsky Island;

vladimir.dashevsky@strategic-it.ru

**Sergey M. Ponomarenko**, Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, State Scientific Research Institute of Industrial Ecology;

123242, Russia, Moscow, 8/2A Bolshaya Gruzinskaya street;

s.ponomarenko@promeco-inst.ru

===== АВТОМАТИЗАЦИЯ И УПРАВЛЕНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ ПРОЦЕССАМИ =====  
И ПРОИЗВОДСТВАМИ

УДК 519.876.2:628.4.08

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-40-52

EDN: EWTBYA

**Использование беспилотных летательных аппаратов для идентификации  
несанкционированных свалок твердых коммунальных отходов**

**А. А. Попов<sup>✉</sup>, А. М. Трамова, Ю. Д. Романова**

Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова  
117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36

**Аннотация.** Статья посвящена рассмотрению вопросов, связанных с использованием беспилотных летательных аппаратов для управления обращением с отходами. Целью исследований является совершенствование системы управления обращением с отходами за счет распознавания твердых коммунальных отходов на изображениях, полученных с помощью беспилотных летательных аппаратов. Объектом исследования является управление обращением с отходами. Предметом исследований является методический аппарат, позволяющий определить необходимое количество беспилотных летательных аппаратов для дистанционного получения необходимого количества изображений участков поверхности в течение заданного промежутка времени и для обнаружения несанкционированных мусорных свалок (скоплений твердых коммунальных отходов) на полученных изображениях. Проведен анализ примеров использования нейросетей и алгоритмов машинного обучения для распознавания несанкционированных мусорных свалок на изображениях, полученных по результатам дистанционного наблюдения за поверхностью с помощью пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов. Построен алгоритм определения минимального количества вылетов беспилотных летательных аппаратов для наблюдения за участком поверхности и рассмотрены особенности использования алгоритма. Результаты, полученные в работе, могут быть использованы при проектировании системы управления обращением с отходами, в которой предусмотрено дистанционное зондирование поверхности с помощью беспилотных летательных аппаратов.

**Ключевые слова:** «мусорная» реформа, обращение с отходами, беспилотный летательный аппарат, управление, несанкционированные скопления мусора, изображение поверхности, нейросеть, машинное обучение, распознавание отходов, алгоритм

Поступила 26.09.2024, одобрена после рецензирования 07.10.2024, принята к публикации 09.10.2024

**Для цитирования.** Попов А. А., Трамова А. М., Романова Ю. Д. Использование беспилотных летательных аппаратов для идентификации несанкционированных свалок твердых коммунальных отходов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 40–52. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-40-52

MSC: 90C27

Original article

**Using unmanned aerial vehicles to identify unauthorized  
municipal solid waste dump sites**

**A.A. Popov<sup>✉</sup>, A.M. Tramova, Yu.D. Romanova**

Plekhanov Russian University of Economics  
117997, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane

**Abstract.** The article is devoted to the issues related to the use of unmanned aerial vehicles for waste management. The purpose of the research is to improve the waste management system by recognizing municipal solid waste in images obtained using unmanned aerial vehicles. The object of the study is waste management.

The subject of the research is a methodological apparatus that allows: to determine the required number of unmanned aerial vehicles for remotely obtaining the required number of images of surface areas within a specified period of time and to detect unauthorized dumps sites (accumulations of municipal solid waste) in the obtained images. An analysis of examples of using neural networks and machine learning algorithms for recognizing unauthorized dumps sites in images obtained as a result of remote monitoring of the surface using manned and unmanned aerial vehicles is carried out. An algorithm for determining the minimum number of flights of unmanned aerial vehicles to monitor a surface area is built and the features of using the algorithm are considered. The results obtained in the work can be used in the design of a waste management system that includes remote sensing of the surface using unmanned aerial vehicles.

**Keywords:** “garbage” reform, waste management, unmanned aerial vehicle, control, unauthorized accumulations of waste, surface image, neural network, machine learning, waste recognition, algorithm

*Submitted* 26.09.2024,

*approved after reviewing* 07.10.2024,

*accepted for publication* 09.10.2024

**For citation.** Popov A.A., Tramova A.M., Romanova Yu.D. Using unmanned aerial vehicles to identify unauthorized municipal solid waste dump sites. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 40–52. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-40-52

## ВВЕДЕНИЕ

В 2018 году Президентом России была поставлена задача преобразовать обращение с отходами. Поэтому в 2019 году была начата реформа обращения с отходами в России. Основными положениями «мусорной» реформы являются:

появление российского экологического оператора – нового субъекта в управлении обращением с отходами;

ликвидация существующих мусорных свалок и запрет несанкционированных (стихийных) мусорных свалок (НМС);

внедрение раздельного сбора отходов;

ввод в строй мусороперерабатывающих заводов.

Наиболее распространенной практикой обнаружения НМС являются наземные проверки состояния участков территории. Это является трудоемким и зачастую опасным для здоровья и вредным для сотрудников, выполняющих такие проверки.

С появлением технологий дистанционного наблюдения Земли стало возможным дистанционное наблюдение за определенными участками территории с помощью использования аэрофотоснимков и снимков с космических аппаратов. Дистанционное наблюдение за поверхностью Земли может производиться с помощью беспилотных и пилотируемых летательных аппаратов, действующих в космосе (за пределами атмосферы Земли), а также с помощью пилотируемых и беспилотных летательных аппаратов различного типа и конфигурации, действующих в пределах атмосферы Земли и совершающих полеты на различных высотах. Аэрофотоснимки и снимки с космических аппаратов, как правило, расшифровывались «вручную» экспертами.

В 2010 – 2015 годах был достигнут прогресс в использовании БПЛА для дистанционного зондирования поверхности Земли. Поэтому выросла привлекательность использования аэрофотоснимков, полученных с видео- и фотокамер, установленных на БПЛА. В настоящее время БПЛА могут применяться для решения широкого спектра задач (например, в геодезических изысканиях, картографировании; при инспектировании ЛЭП, нефте- и газопроводов, инвентаризации водных, лесных и сельскохозяйственных угодий, наблюдении за ходом строительных работ, обследовании объектов ЖКХ [1], в военном деле). Таким образом, БПЛА могут применяться для решения следующих задач в рамках анализа состояния полигонов для хранения отходов (ПХО) и обнаружения НМС:

1. Картографирование ПХО и НМС, а также определение особенностей рельефа, типа грунта, глубины залегания подземных вод, плана размещения инженерных сооружений возле ПХО и НМС.

2. Оценка вместимости ПХО и объема НМС (получение данных о размерах и границах ПХО и НМС, уровне заполнения ПХО, составе отходов, степени уплотнения захороненных отходов, объеме оставшейся вместимости на ПХО).

3. Общий мониторинг (получение данных о состоянии ПХО, НМС и окружающих территорий, определение газовых выбросов, в частности, метана, определение температуры в местах скопления отходов).

Решение таких задач позволяет лицам, принимающим решения (ЛПР), оценить наличие НМС, ее состояние, а также разработать мероприятия по устранению или предотвращению НМС.

Обработка данных, полученных в результате аэрофотосъемки с помощью БПЛА, включает в себя два этапа: фотограмметрическую обработку изображений с получением конечных продуктов обработки (ортофотоплана с географической привязкой и трехмерной модели, текстурированной аэрофотоснимками), тематическую интерпретацию полученных изображений [2, 3].

Эффективность использования БПЛА для обнаружения НМС достигается высокой скоростью сбора данных, их точностью, высокой степенью детализированности, а также отсутствием необходимости привлечения сотрудников, которые должны работать непосредственно на территории для обнаружения НМС.

При этом в [2–4] отмечается, что до недавнего времени при всей эффективности использования аэрофотосъемки с использованием БПЛА все равно им отводилась вспомогательная роль. Например, в [3, 4] определены группы задач по управлению ПХО и НМС, решаемые с помощью БПЛА. Многие решаемые задачи посвящены только изучению пространственных и объемных характеристик ПХО и НМС. Около четверти решаемых задач посвящены мониторингу выбросов свалочного газа или его отдельных компонентов (метана). Причиной такого использования БПЛА являлась недостаточная автоматизация обработки изображений отходов, полученных от фото- и видеокамер на БПЛА, отсутствие баз данных для распознавания снимков отходов и свалок отходов, а также недостаточность методологических материалов для организации такого использования БПЛА. Несмотря на то, что доступность аэрофотоснимков привела к внедрению методов интерпретации изображений для выявления НМС, все равно анализ наблюдаемой поверхности Земли был затруднен из-за преимущественно «ручного» характера решения задачи интерпретации изображений с помощью экспертов.

Современный уровень технологий сбора, обработки данных с помощью дистанционного зондирования, а также уровень развития технологий для распознавания изображений (нейросети, глубокое обучение, компьютерное зрение) позволяют использовать БПЛА для решения более серьезных задач (оценки экологических последствий от эксплуатации ПХО и возникновения НМС, а также обнаружения НМС и оценки их состава и состояния). При этом необходимым условием для использования преимуществ технологий для распознавания изображений является создание высококачественных наборов данных для машинного обучения (МО) и тестирования нейросетей (НС).

Целью исследований является совершенствование системы управления обращением с отходами за счет распознавания НМС на изображениях, полученных с помощью БПЛА. Объектом исследования является управление обращением с отходами. Предметом исследований является методический аппарат, позволяющий определить необходимое количество БПЛА для обнаружения НМС за счет дистанционного наблюдения за участком поверхности Земли, получения изображений поверхности и использования НС и МО для распознавания НМС.

Для выполнения цели исследований необходимо решить следующие задачи:

1. Проанализировать примеры использования НС и МО для распознавания изображений отходов и НМС по результатам дистанционного наблюдения за поверхностью Земли.
2. Определить количество БПЛА и количество их вылетов для наблюдения за участком поверхности с целью обнаружения НМС.

Исследования, проводимые в рамках данных задач, являются логическим продолжением исследований, проведенных в [1].

#### АНАЛИЗ ПРИМЕРОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ И МАШИННОГО ОБУЧЕНИЯ ДЛЯ РАСПОЗНАВАНИЯ ИЗОБРАЖЕНИЙ ОТХОДОВ И НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ МУСОРНЫХ СВАЛОК ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДИСТАНЦИОННОГО НАБЛЮДЕНИЯ ЗА ПОВЕРХНОСТЬЮ ЗЕМЛИ

Рассмотрим возможности по распознаванию изображений отходов и НМС с помощью нейросетей (НС) и машинного обучения (МО) с использованием снимков, полученных от фото- и видеокамер на таких летательных аппаратах.

В [5] показано создание модели глубокого обучения сверточной НС для анализа спутниковых изображений сельских районов Кипра. В результате появляется возможность с вероятностью 90 % распознавать изображения, содержащие или не содержащие отходы.

В [6] приведены сведения об использовании данных, полученных в результате дистанционного наблюдения за участком на поверхности Земли для обнаружения несанкционированных свалок строительного мусора. На основе полученных данных определяется коэффициент шероховатости поверхности, который используется в качестве характеристики неровности рельефа. С помощью значений шероховатости идентифицируются скопления строительных отходов на участке поверхности Земли (вероятность распознавания составляет 85,12 %).

В [7] приведена реализация обнаружения НМС в результате решения задачи многомасштабной классификации объектов, расположенных на изображениях, полученных в результате дистанционного наблюдения. Для распознавания используется сверточная НС, для обучения которой создан набор данных приблизительно из 3000 изображений с разрешением 20 см на пиксель. Распознавание НМС производится с вероятностью 87-88 %.

В [8] рассматривается система автоматического дистанционного обнаружения отходов и НМС с использованием результатов видеонаблюдения, а также с помощью НС и МО. Видеокамеры установлены на БПЛА. Система сканирует и идентифицирует объекты, которые напоминают НМС, в режиме реального времени и предупреждает ЛПР о необходимости устранения НМС с указанием его местоположения. При этом наилучшие результаты по обнаружению отходов и НМС были достигнуты при использовании НС Resnet-50.

В [9] анализируются аспекты, связанные с использованием БПЛА для мониторинга окружающей среды и автоматической обработки изображений, полученных с помощью БПЛА. В качестве БПЛА использовался беспилотник Phantom 4 с автономностью полета до 20 минут, оснащенный шестью CMOS-датчиками, включая один RGB-датчик для получения изображений в видимом свете и пять монохроматических датчиков для получения мультиспектральных изображений. Также БПЛА оснащен видеокамерой. Для распознавания НМС используется НС YOLOv4, для обучения которой был создан набор данных. Для создания набора данных было проведено обследование мест, содержащих отходы. Для этого БПЛА в соответствии с планом полета автономно выполняет сканирование местности. Высота полета БПЛА была равна около 10 метров. В результате обследования получено пять видеороликов, которые использовались при формировании набора данных для обучения и тестирования НС. Набор данных включает различные типы местности, на которых содержатся различные типы отходов. В итоге сформированный набор данных содержит несколько последовательностей аэрофотоснимков, из которых были извлечены изоб-

ражения и помечены скопления отходов. Из полученных пяти видеороликов четыре используются для обучения НС, а один видеоролик – для тестирования с использованием модели обнаружения объектов YOLOv4. Поэтому в обучающих видеороликах отбираются только изображения, на которых присутствуют отходы. Для обучения YOLOv4 использовался высокопроизводительный компьютер с 128 ГБ оперативной памяти и видеокартой Nvidia GeForce RTX2080. Распознавание скоплений отходов на изображениях производится с вероятностью 92 %.

В [10] рассмотрено создание системы, использующей видеотрансляцию в режиме реального времени, полученную с помощью БПЛА, который наблюдает за участком территории для обнаружения участков поверхности, загрязненных отходами. Полученные от БПЛА видеоматериалы с помощью модуля Arduino передаются в режиме реального времени в сервер, выполняющий их обработку. Модули GSM и GPS, размещенные на БПЛА, обеспечивают мобильную связь и определение местоположения БПЛА. Из полученных видеоматериалов формируются панорамные изображения местности, которые обрабатываются с помощью алгоритмов обработки изображений с использованием МО. Для машинного обучения используется предопределенный набор данных в TensorFlow. Данные об обнаружении отходов отправляются соответствующему ЛПР в виде уведомления, содержащего местоположение участка местности с обнаруженными отходами.

В [11] рассмотрено формирование набора данных AerialWaste для обнаружения свалок на аэрофотоснимках. Набор данных содержит 10 434 изображения. Изображения заданного участка поверхности Земли получены из трех источников: по результатам аэро съемки, проведенной итальянским агентством по развитию сельского хозяйства, с помощью коммерческого спутника WorldView-3, а также с помощью сервиса GoogleEarth. На этапе создания набора данных эксперты изучают аэрофотоснимки местности и создают базу данных выявленных местоположений НМС или отходов с соответствующими метаданными (тип отходов, тип местности, режим хранения, степень опасности). В результате в наборе данных 3478 изображений являются положительными примерами мест, которые считаются содержащими НМС, а 6956 – отрицательными примерами (отсутствии НМС). Далее набор данных используется для обучения и тестирования НС ResNet50. Модель распознавания НМС, обученная с использованием набора данных, позволяет распознавать НМС на аэрофотоснимках с вероятностью 87–94,5 %.

В [12] сформирован алгоритм определения местоположения строительных отходов с помощью БПЛА, который позволяет распознавать строительные отходы с большого расстояния. При помощи изображений, полученных с БПЛА (1292 изображения), сформирован набор данных о строительных отходах с высоким разрешением, из которых 1033 были использованы в качестве обучающего набора данных для алгоритма, а остальные – в качестве тестового набора. Точность распознавания скоплений строительного мусора с использованием разработанного алгоритма составила 94,2 %.

В [13] для обнаружения отходов в холмистых районах местности предлагается система на базе использования сверточной НС и БПЛА. Для обучения НС используется набор данных, сформированный на основе изображений пластиковых, сельскохозяйственных, биомедицинских, строительных, бытовых и электронных отходов. Для съемки участка территории с отходами использовался квадрокоптер с 8-мегапиксельной камерой. Высота полета не превышала 10 футов. В некоторых местах съемка изображений была затруднена. В таких местах БПЛА записывал видеоролик, который в дальнейшем преобразовывался в совокупность изображений. Было сделано 2000 снимков, из которых на 1000 изображены участки местности без отходов, а на 1000 – с отходами. Также часть

изображений получена из Интернета. После сбора изображений проведено преобразование их размера, а также расширение данных (получено дополнительно 5000 изображений) для обучения двух НС. Одна из НС продемонстрировала лучшее распознавание отходов с вероятностью 94 %.

В [14] рассмотрена система для обнаружения скоплений мусора в море с помощью БПЛА и предоставления информации государственным учреждениям в режиме реального времени. Система мониторинга мусора состоит из БПЛА, системы очередей сообщений (Kafka), базы данных (Mongo), сервера потоковой передачи видео, станции управления БПЛА, веб-сервиса, интеллектуального контроллера, контроллера полета БПЛА, GPS-модуля, веб-камеры Logitech BRIO. Для создания сервера потоковой передачи видео использована сеть 4G. Для выполнения полета в целях обнаружения мусора в БПЛА загружаются предварительно определенные путевые точки. Затем контроллер управления полетом обеспечивает полет БПЛА по путевым точкам. Пролетая между путевыми точками, БПЛА делает снимки, обнаруживает наличие мусора и вычисляет площадь скопления мусора. Распознавание скоплений мусора производится с помощью интеллектуального контроллера в режиме реального времени. На базе интеллектуального контроллера реализована модель обнаружения объектов YOLO. Для обучения данной модели с использованием аэрофотоснимков высокого разрешения создан набор данных NAIDA. После выполнения анализа данных изображение с информацией о мусоре отправляется на сервер для последующего оповещения ЛПР. После того, как все путевые точки проверены, БПЛА должен вернуться в точку старта.

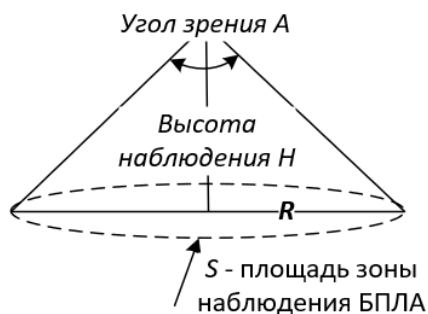
В [15] описано обнаружение НМС с помощью глубокого обучения сверточной НС. Для обучения НС используется набор данных, сформированный на основе видеофайлов, полученных в процессе съемки участка поверхности с помощью БПЛА (DJI Mavic PRO Phantom). Цветная камера, установленная на БПЛА, производит съемку с высоким разрешением 5472\*3648 во время полета БПЛА. Полученное видео преобразуется в последовательность изображений, которые трансформируются до размера, соответствующего входным данным алгоритма глубокого обучения. Кроме видеофайлов, от БПЛА поступают метаданные (выдержка, угол обзора, широта, долгота и высота над уровнем моря). После этого определяются изображения, содержащие отходы. При этом на изображениях выделяются участки, соответствующие наличию отходов. В полученном наборе данных содержится 5000 изображений. Методика позволяет с высокой точностью определять НМС на участках местности без деревьев, но точность обнаружения НМС снижается при наличии деревьев.

В результате анализа приведенных выше публикаций установлено, что в них не рассматривается определение количества вылетов БПЛА для обеспечения непрерывного или периодического наблюдения за участком поверхности с целью обнаружения НМС.

#### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА БПЛА И КОЛИЧЕСТВА ИХ ВЫЛЕТОВ ДЛЯ НАБЛЮДЕНИЯ ЗА УЧАСТКОМ ПОВЕРХНОСТИ С ЦЕЛЬЮ ОБНАРУЖЕНИЯ НЕСАНКЦИОНИРОВАННЫХ МУСОРНЫХ СВАЛОК

Беспилотные летательные аппараты используют видеокамеры с углом зрения  $A$  для получения изображений наблюдаемого участка поверхности. Для того чтобы видеокамера делала снимки, по которым можно было бы распознавать НМС, необходимо, чтобы БПЛА был на высоте  $H$ . В результате съемки видеокамера покрывает на поверхности Земли зону наблюдения в виде окружности площадью  $S$  (рис. 1) и радиусом  $R = H * \tan\left(\frac{A}{2}\right)$ .

$$\text{Поэтому } S = \pi * \left(H * \tan\left(\frac{A}{2}\right)\right)^2.$$



**Рис. 1.** Зона наблюдения одного БПЛА

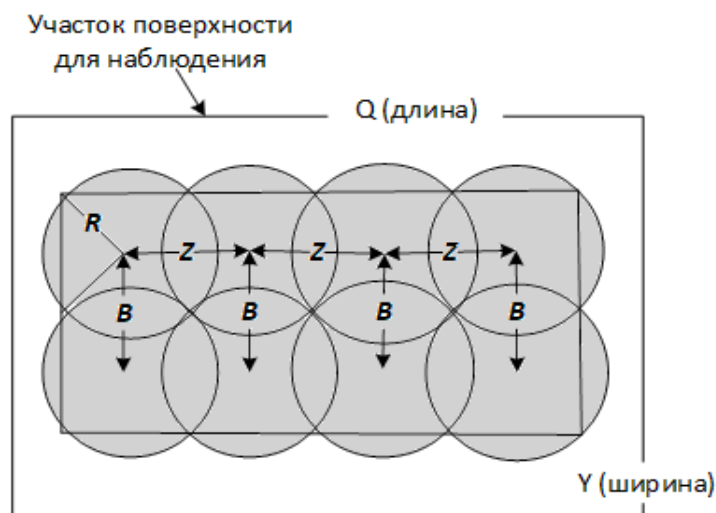
**Fig. 1.** Observation area of one UAV

Предполагается, что для обнаружения НМС под наблюдением должен быть участок поверхности прямоугольной формы площадью  $D$  и размерами  $Q$  (длина),  $Y$  (ширина).

Обзор участка поверхности может производиться либо постоянно в течение некоторого промежутка времени  $T$ , либо периодически в течение промежутков времени  $T_1, T_2, \dots, T_K$ . Время работы БПЛА складывается из трех составляющих:  $\Delta t_1$  (время полета от места старта к участку поверхности, за которым производится наблюдение),  $\Delta t_2$  (выполнение наблюдения за участком поверхности) и  $\Delta t_3$  (время полета от участка поверхности, за которым производится наблюдение, к месту посадки).

Если  $\frac{S}{D} < 1$ , то в текущий момент времени для наблюдения необходимо несколько ( $P$ ) БПЛА. В соответствии с рис. 2 БПЛА должны быть расположены друг относительно друга по схеме, приведенной на рис. 2, и расстояние между БПЛА равно  $Z$  (по горизонтали) и  $B$  (по вертикали). При этом  $R < Z < 2R$ ,  $R < B < 2R$ ,  $B \leq Z$ .

Как показано на рис. 2, зона наблюдения нескольких БПЛА образуется из совокупности «одиночных» зон наблюдения, которые пересекаются друг на другом. При этом площадь каждой из которых равна  $S$ .



**Рис. 2.** Зона наблюдения, формируемая с помощью нескольких БПЛА

**Fig. 2.** Observation zone formed by several UAVs

В одном ряду по горизонтали расположены  $P_1$  БПЛА. При этом имеется несколько рядов БПЛА ( $P_2$ ). Таким образом,  $P = P_1 * P_2$ . Зоны наблюдения БПЛА, пересекающиеся друг с другом (в количестве  $P$  штук), образуют геометрическую фигуру, состоящую из прямоугольника и «лепестков» (фигура серого цвета на рис. 2). Площадь фигуры равна



$$W = (B * Z) * (P_1 + P_2) + P_1 * S_{\text{гор}} + P_2 * S_{\text{верт}},$$

где

$$S_{\text{гор}} = \frac{U * R^2}{2} - Z * \frac{B}{4},$$

$$S_{\text{верт}} = \frac{C * R^2}{2} - B * \frac{Z}{4},$$

$$U = \pi - 2 * \arctan \frac{B}{Z},$$

$$C = 2 * \arctan \frac{B}{Z}.$$

Для наблюдения за прямоугольным участком площадью  $D$  необходимо, чтобы его полностью «накрывала» фигура серого цвета (рис. 2) площадью  $W$ , то есть должно выполняться условие  $\frac{W}{D} \geq 1$ .

Если БПЛА наблюдает за участком поверхности, то через промежуток времени  $\Delta t_2$  его ресурсы заканчиваются, и его должен сменить другой БПЛА. Поэтому следующий БПЛА должен вылететь на смену через промежуток времени  $\Delta t_2$  после старта предыдущего БПЛА. Беспилотный летательный аппарат, выполнивший наблюдение, возвращается для подготовки к новому запуску. Таким образом, для обеспечения наблюдения за участком поверхности в течение некоторого момента времени необходимо иметь как минимум три БПЛА, находящихся в следующих режимах функционирования (по одному в каждом режиме):

- первый режим функционирования: БПЛА выполняет наблюдение;
- второй режим функционирования: БПЛА находится в готовности к вылету;
- третий режим функционирования: БПЛА находится в состоянии подготовки к вылету.

Таким образом, для постоянного наблюдения за участком поверхности в течение промежутка времени  $T_{\text{пост}}$  требуется  $F$  вылетов БПЛА с нахождением их в первом режиме функционирования, где

$$F = \begin{cases} P * \text{Entier} \left( \frac{T_{\text{пост}}}{\Delta t_2^p} \right), & \frac{T_{\text{пост}}}{\Delta t_2^p} - \text{Entier} \left( \frac{T_{\text{пост}}}{\Delta t_2^p} \right) < 0,5, \\ P * \left( \text{Entier} \left( \frac{T_{\text{пост}}}{\Delta t_2^p} \right) + 1 \right), & \frac{T_{\text{пост}}}{\Delta t_2^p} - \text{Entier} \left( \frac{T_{\text{пост}}}{\Delta t_2^p} \right) \geq 0,5, \end{cases}$$

$\Delta t_2^p$  – время работы  $p$ -го БПЛА в первом режиме функционирования ( $p = 1, 2, \dots, P$ ).

При этом  $\text{Entier}$  – оператор извлечения целой части из числа.

Если же требуется периодическое наблюдение в течение промежутков времени  $T_1, T_2, \dots, T_K$ , то для этого потребуется  $F$  вылетов БПЛА с нахождением их в первом режиме функционирования, где

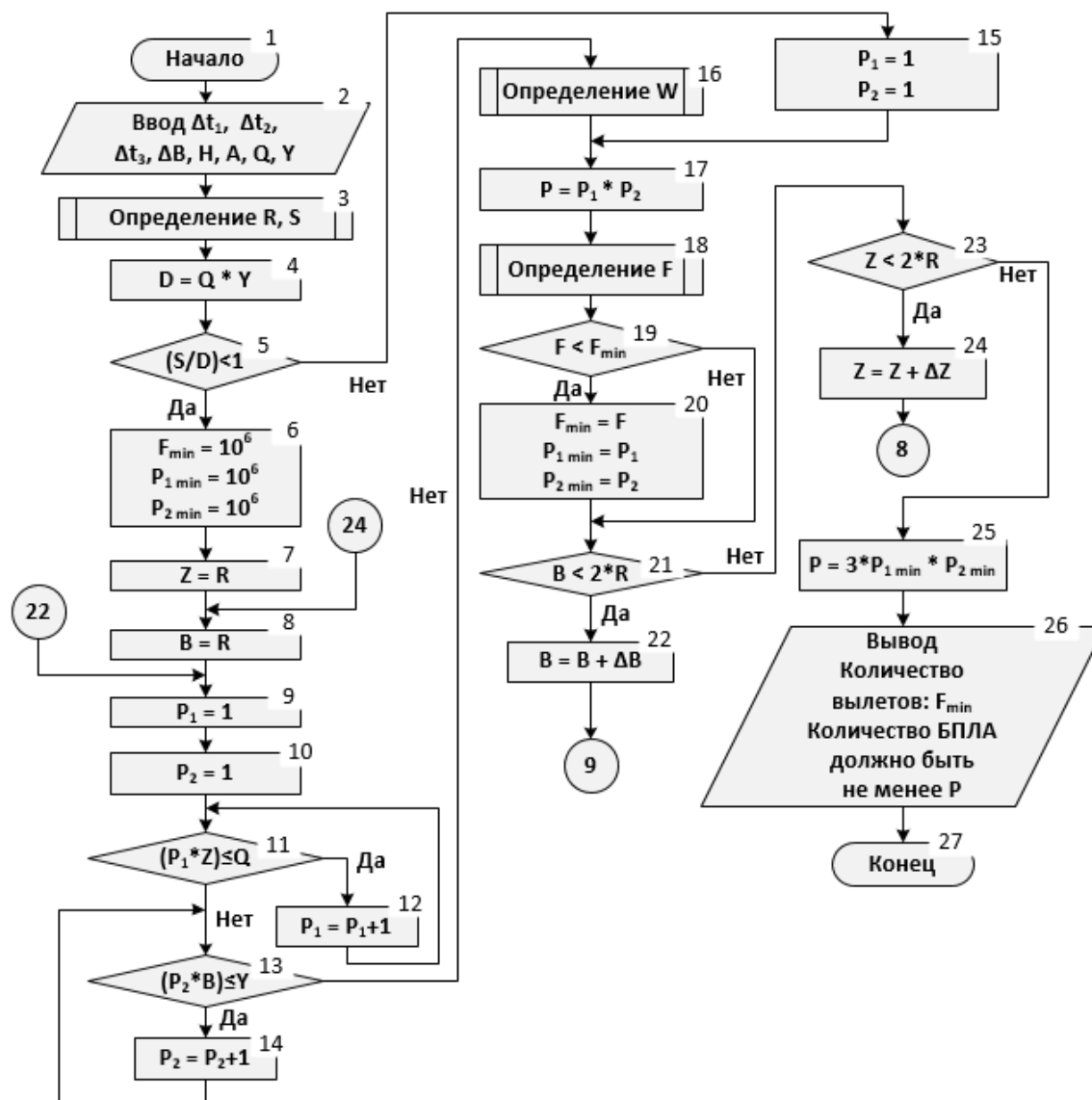
$$F = \sum_{k=1}^K f_k,$$

$$f_k = \begin{cases} P * \text{Entier} \left( \frac{T_k}{\Delta t_2^p} \right), & \frac{T_k}{\Delta t_2^p} - \text{Entier} \left( \frac{T_k}{\Delta t_2^p} \right) < 0,5, \\ P * \left( \text{Entier} \left( \frac{T_k}{\Delta t_2^p} \right) + 1 \right), & \frac{T_k}{\Delta t_2^p} - \text{Entier} \left( \frac{T_k}{\Delta t_2^p} \right) \geq 0,5. \end{cases}$$

Если  $\frac{S}{D} \geq 1$ , то для постоянного наблюдения за участком поверхности достаточно одного БПЛА ( $P = 1$ ), наблюдающего за участком поверхности. При таких условиях для постоянного наблюдения одним БПЛА в течение промежутка времени  $T$  требуется  $F$  вылетов БПЛА, находящихся в первом режиме функционирования. При этом значение  $F$  для постоянного наблюдения и периодического наблюдения в моменты времени  $T_1, T_2, \dots, T_K$  определяется с использованием приведенных выше формул, в которых  $P = 1$ .

Таким образом, с учетом БПЛА, находящихся во втором и третьем режимах функционирования, для организации наблюдения за участком поверхности потребуется минимум  $3 \cdot P$  БПЛА в разных режимах функционирования.

Для определения минимального количества вылетов БПЛА, необходимого для наблюдения за прямоугольным участком поверхности площадью  $D$ , предлагается использовать алгоритм, приведенный на рис. 3.



**Рис. 3.** Алгоритм определения минимального количества вылетов БПЛА, необходимого для наблюдения за участком поверхности

**Fig. 3.** Algorithm for determining the minimum number of UAV flights required to monitor a surface area

В операторе 2 алгоритма производится ввод исходных данных. В операторе 3 производится выполнение предопределенного процесса по определению значений переменных  $R$  и  $S$ . В операторе 4 производится определение площади участка местности, за которым будет производиться наблюдение. Далее в операторе 5 проверяется соотношение площади  $S$  зоны наблюдения одиночного БПЛА и площади  $D$  участка поверхности для наблюдения. Если значение  $S$  не меньше  $D$ , то производится выполнение оператора 15 (инициация начальных значений параметров  $P_1, P_2$ ). Если значение  $S$  меньше  $D$ , то производится выполнение оператора 6 (инициация начальных значений параметров  $F_{min}, P_{1min}, P_{2min}$ , которые в дальнейшем будут корректироваться).

Параметр  $F_{min}$  отображает текущее минимальное значение вылетов БПЛА, необходимых для наблюдения за участком поверхности площадью  $D$ . Значения параметров  $P_{1min}$  и  $P_{2min}$  отображают текущие значения  $P_1$  и  $P_2$ , соответствующие полученному значению  $F_{min}$ .

Далее в операторах 7, 8 производится инициация начальных значений параметров для организации циклов по параметрам  $Z$  и  $B$ . В операторах 9, 10 производится инициация начальных значений параметров  $P_1, P_2$  для определения размера зоны наблюдения в соответствии с рис. 2. В операторе 11 сравнивается длина  $Q$  наблюдаемого участка поверхности и длина области наблюдения, образуемой  $P_1 * P_2$  БПЛА. Значение  $P_1$  увеличивается на 1 (оператор 12) до тех пор, пока выполняется условие в операторе 11. Как только перестает выполняться условие в операторе 11, управление передается на оператор 13. В операторе 13 сравнивается ширина  $Y$  наблюдаемого участка поверхности и ширина области наблюдения, образуемой  $P_1 * P_2$  БПЛА. Значение  $P_2$  увеличивается на 1 (оператор 14) до тех пор, пока выполняется условие в операторе 13. Как только перестает выполняться условие в операторе 13, управление передается на оператор 16, в котором реализуется предопределенный процесс по определению площади  $W$  зоны наблюдения, формируемой несколькими БПЛА.

После выполнения операторов 15 и 16 управление передается на оператор 17, в котором для полученных значений  $P_1$  и  $P_2$  определяется количество БПЛА, находящихся в первом режиме функционирования в текущий момент времени. В операторе 18 с помощью предопределенного процесса на основе полученного значения  $P$  и исходных данных, введенных в операторе 2, определяется значение необходимого количества вылетов  $F$ . Далее в операторе 19 производится сравнение полученного значения  $F$  с имеющимся значением  $F_{min}$ . Если условие в операторе 19 выполняется, то выполняется оператор 20, в котором корректируются значения параметров  $F_{min}, P_{1min}, P_{2min}$ . Если же условие в операторе 19 не выполняется, то выполнение оператора 20 не производится. После проверки условия в операторе 19 производится переход к проверке условия окончания цикла по переменной  $B$  (оператор 21). Если условие в операторе 21 выполняется, то цикл по переменной  $B$  не закончен. Значение переменной  $B$  увеличивается на величину  $\Delta B$  (оператор 22), после чего происходит переход к выполнению оператора 9 и продолжается выполнение цикла по переменной  $B$ . Если условие в операторе 21 не выполняется, то цикл по переменной  $B$  закончен. Происходит переход к оператору 23, в котором проверяется условие окончания цикла по переменной  $Z$ . Если условие в операторе 23 выполняется, то цикл по переменной  $Z$  не закончен. Значение переменной  $Z$  увеличивается на величину  $\Delta Z$  (оператор 24), после чего происходит переход к выполнению оператора 8 и продолжается выполнение цикла по переменной  $Z$ . Если условие в операторе 23 не выполняется, то цикл по переменной  $Z$  закончен, и с помощью оператора 25 производится определение значения  $P$ . После этого с помощью оператора осуществляется вывод полученных результатов (значений параметров  $F_{min}$  и  $P$ ).

## ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ АЛГОРИТМА ОПРЕДЕЛЕНИЯ МИНИМАЛЬНОГО КОЛИЧЕСТВА ВЫЛЕТОВ БПЛА

При построении алгоритма учитывались следующие факторы:

1. Ось видеокамеры, установленной на БПЛА, направлена вертикально вниз и перпендикулярна наблюдаемому участку поверхности.
2. Для получения снимков поверхности с требуемым разрешением необходим угол обзора видеокамеры и высота полета БПЛА, равные соответственно  $H$  и  $A$ .
3. Время подготовки БПЛА к вылету не более  $\Delta t_2$ . В противном случае в третьем режиме функционирования (в состоянии подготовки к вылету) должно находиться более одного БПЛА.
4. После вылета БПЛА производится его переход из второго в первый режим функционирования. После возврата БПЛА производится его переход из первого в третий режим функционирования. После окончания подготовки БПЛА производится его переход из третьего во второй режим функционирования.
5. Участок местности, соответствующий зоне наблюдения БПЛА (рис. 1), имеет форму круга. Участок местности, на котором расположена НМС, имеет прямоугольную форму (рис. 2).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведения исследований были решены следующие задачи:

1. Проанализированы примеры использования НС и МО для распознавания изображений отходов и НМС по результатам дистанционного наблюдения за поверхностью Земли.
2. Определено количество БПЛА и количество их вылетов для наблюдения за участком поверхности с целью обнаружения НМС. Построен алгоритм определения минимального количества вылетов БПЛА и рассмотрены особенности использования алгоритма.

Результаты, полученные в работе, могут быть использованы при проектировании системы управления обращением с отходами.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Попов А. А., Соломина Ю. К. Анализ возможностей использования беспилотных летательных аппаратов для управления жилищно-коммунальным хозяйством // *Фундаментальные исследования*. 2018. № 2. С. 144–151. EDN: YSEXJE  
Popov A.A., Solomina Ju.K. Analysis of the possibilities of using unmanned aerial vehicles for managing housing and communal services. *Fundamental'nye issledovaniya* [Fundamental research]. 2018. No. 2. Pp. 144–151. EDN: YSEXJE. (In Russian)
2. Filkin T., Sliusar N., Ritzkowski M., Huber-Humer M. unmanned aerial vehicles for operational monitoring of landfills. *Drones*. 2021. Vol. 5(4). Art. Number: 125. DOI: 10.3390/drones5040125
3. Sliusar N., Filkin T., Huber-Humer M., Ritzkowski M. Drone technology in municipal solid waste management and landfilling: A comprehensive review. *Waste Management*. 2022. Vol. 139. Pp. 1–16. DOI: 10.1016/j.wasman.2021.12.006
4. Filkin T., Sliusar N., Ritzkowski M., Huber-Humer M. Unmanned aerial vehicles for operational monitoring of landfills. *Drones*. 2021. Vol. 5(4). Art. Number: 125. DOI: 10.3390/drones5040125
5. Wilkinson A.K. The identification of garbage dumps in the rural areas of Cyprus through the application of deep learning to satellite imagery. *arXiv*. 2023. Vol. 8. Art. number:02502. DOI: 10.13140/RG.2.2.22837.86244

6. Jia Z., Chen Q., Hong S., Cheng Q. Remote sensing recognition of construction waste accumulation based on resources satellite three multi-view stereoscopic image. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. Vol. 615. Art. Number: 012027. DOI: 10.1088/1755-1315/615/1/012027
7. Torres R.N., Fraternali P. Learning to Identify Illegal Landfills through Scene Classification in Aerial Images. *Remote Sensing*. 2021. Vol. 13(22). Art. Number: 4520. DOI: 10.3390/rs13224520
8. Sharma A.K., Jain A., Chaudhary D. et al. An approach to automatic garbage detection framework designing using CNN. *International Journal of Advanced Computer Science and Applications*. 2024. Vol. 14(2). Pp. 257–262. DOI: 10.14569/IJACSA.2023.0140231
9. Musci M., Serrão G. de M.P., Ferreira M.V.E.N.B. et al. Drones and sustainability: how technology can assist in the automatic detection of waste in hard-to-access areas. *Revista de Gestão Social e Ambiental*. 2024. Vol. 18(9). Number: e07235. DOI: 10.24857/rgsa.v18n9-109
10. Anadkat A.P., Monisha B.V., Puthineedi M. et al. Drone based Solid Waste Detection using Deep Learning & Image Processing. *Alliance International Conference on Artificial Intelligence and Machine Learning (AICAAM)*. Karnataka. India. 26–27 April 2019. Pp. 357–364.
11. Torres R.N., Fraternali P. Aerial Waste dataset for landfill discovery in aerial and satellite images. *Scientific Data*. 2023. Vol. 10. Art. Number: 63. DOI: 10.1038/s41597-023-01976-9
12. Wang Z., Yang X., Zheng X., Li H. Vision-Based On-Site construction waste localization using unmanned aerial vehicle. *Sensors*. 2024. Vol. 24. Art. Number: 2816. DOI: 10.3390/s24092816
13. Verma V., Gupta D., Gupta S. et al. A Deep learning-based intelligent garbage detection system using an unmanned aerial vehicle. *Symmetry*. 2022. Vol. 14. Art. Number: 960. DOI: 10.3390/sym14050960
14. Liao Y.-H., Juang J.-G. Real-Time UAV Trash monitoring system. *Applied Science*. 2022. Vol. 12(4). Art. Number: 1838. DOI: 10.3390/app12041838
15. Youme O., Bayet T., Dembele J.M., Cambier C. Deep learning and remote sensing: Detection of dumping waste using UAV. *Procedia Computer Science*. 2021. Vol. 185. Pp. 361–369. DOI: 10.1016/j.procs.2021.05.037

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Попов Алексей Анатольевич**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры информатики, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова;

117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

Rorov.aa@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0692-3629>, SPIN-код: 4105-9404

**Трамова Азиза Мухамадияевна**, д-р экон. наук, доцент, профессор кафедры информатики, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова;

117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>, SPIN-код: 8583-3592

**Романова Юлия Дмитриевна**, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры информатики, Российский экономический университет им. Г. В. Плеханова;  
117997, Россия, Москва, Стремянный переулок, 36;  
Romanova.yud@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8273-0757>, SPIN-код: 8743-9162

#### **Information about the authors**

**Aleksey A. Popov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Informatics of the Plekhanov Russian University of Economics;

117997, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane;

Popov.aa@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0692-3629>, SPIN-code: 4105-9404

**Aziza M. Tramova**, Doctor of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Informatics of the Plekhanov Russian University of Economics;

117997, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane;

Tramova.am@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4089-6580>, SPIN-code: 8583-3592

**Yulia D. Romanova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of Informatics of the Plekhanov Russian University of Economics;

117997, Russia, Moscow, 36 Stremyanny lane;

Romanova.jud@rea.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8273-0757> , SPIN-code: 8743-9162

УДК 537.86/87+004.942

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-53-63

EDN: GCNACT

## Моделирование искусственных вистлеров в среде PyCharm

Л. С. Марченко<sup>1,2</sup>, Р. И. Паровик<sup>✉2</sup>

<sup>1</sup> Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения  
Российской академии наук

683002, Россия, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Северо-Восточное шоссе, 30

<sup>2</sup> Институт космических исследований и распространения радиоволн

Дальневосточного отделения Российской академии наук

684034, Россия, Камчатский край, Елизовский район, с. Паратунка, ул. Мирная, 7

**Аннотация.** В работе был предложен алгоритм компьютерного моделирования искусственного сигнала свистящего атмосферика (вистлера) на языке Python в среде PyCharm 2024.1. Алгоритм опирается на физическую и математическую модели распространения вистлера. С помощью предложенного алгоритма можно моделировать частоту вистлера в зависимости от длительности сигнала, коэффициента дисперсии и частоты дискретизации. В алгоритме реализована возможность построения амплитудной характеристики сигнала, а также его спектрограммы. Модель искусственного сигнала вистлера может быть использована при разработке методики распознавания вистлера в режиме реального времени.

**Ключевые слова:** вистлер, математическая модель, коэффициент дисперсии, частота, модель сигнала, спектрограмма, Python, PyCharm

Поступила 30.09.2024, одобрена после рецензирования 07.10.2024, принята к публикации 11.10.2024

**Для цитирования.** Марченко Л. С., Паровик Р. И. Моделирование искусственных вистлеров в среде PyCharm // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 53–63. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-53-63

MSC: 86A10

Original article

## Modeling artificial whistlers in PyCharm

L.S. Marchenko<sup>1,2</sup>, R.I. Parovik<sup>✉2</sup>

<sup>1</sup> Scientific Research Geotechnological Centre

Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

683002, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, 30 Severo-Vostochnoye highway

<sup>2</sup> Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation

Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences

684034, Russia, Kamchatka, Elizovsky District, Paratunka, 7 Mirnaya street

**Abstract.** The work proposed an algorithm for modeling an artificial whistler signal in Python in the PyCharm environment. The algorithm is based on physical and mathematical models of whistler propagation. The proposed algorithm can be used to model signal characteristics, duration, maximum and minimum frequency, and sampling frequency. The algorithm implements the ability to construct the amplitude characteristic of the signal, as well as construct its spectrogram. The model of the artificial whistler signal can be used to solve the problem of whistler recognition in real time.

**Keywords:** whistler, mathematical model, dispersion coefficient, frequency, signal model, spectrogram, Python, PyCharm

*Submitted* 30.09.2024,

*approved after reviewing* 07.10.2024,

*accepted for publication* 11.10.2024

**For citation.** Marchenko L.S., Parovik R.I. Modeling artificial whistlers in PyCharm. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 53–63. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-53-63

## ВВЕДЕНИЕ

Вистлеры (свисты) – это плазменные волны очень низкой частоты, возникающие в атмосфере Земли при грозовых разрядах. Они являются частью более широкого класса явлений, называемых атмосфериками, которые представляют собой низкочастотные электромагнитные волны, распространяющиеся в естественном волноводе, образованном ионосферой Земли и ее поверхностью. Свое название «свистящие атмосферика» вистлеры получили из-за характерного звука, который они производят при преобразовании в звуковые волны. Их частота обычно находится в диапазоне очень низких частот (ОНЧ) [1–13].

Вистлеры играют важную роль в изучении состояния плазмосферы Земли. Они служат естественными индикаторами состояния ионосферы и магнитосферы, позволяя ученым получать информацию о плотности электронов и других параметрах верхних слоев атмосферы, являются индикаторами для прогнозирования космической погоды. Вистлеры обладают рядом уникальных характеристик, включая круговую поляризацию и способность распространяться вдоль силовых линий магнитного поля Земли.

Впервые вистлеры были обнаружены еще в конце XIX века на телеграфных линиях связи, когда для быстрой передачи сообщений между операторами различных телеграфных станций на одной станции включали микрофон, а на другой – телефон, где вместе с голосом оператора и шумом угольного микрофона в наушниках были слышны необычные короткие свисты. Следующий этап в приеме «свистящих атмосфериков» наступил, когда в мире стали широко использовать радиосвязь. Отсутствие в эфире фона переменного тока способствовало приему слабых сигналов «свистящих атмосфериков». Теория вистлеров была сформирована в 50-х годах 20 века, основные положения которой отражены в классических работах [1–3]. Эта теория далее получила широкое развитие в работах различных ученых, как зарубежных [4–8], так и российских.

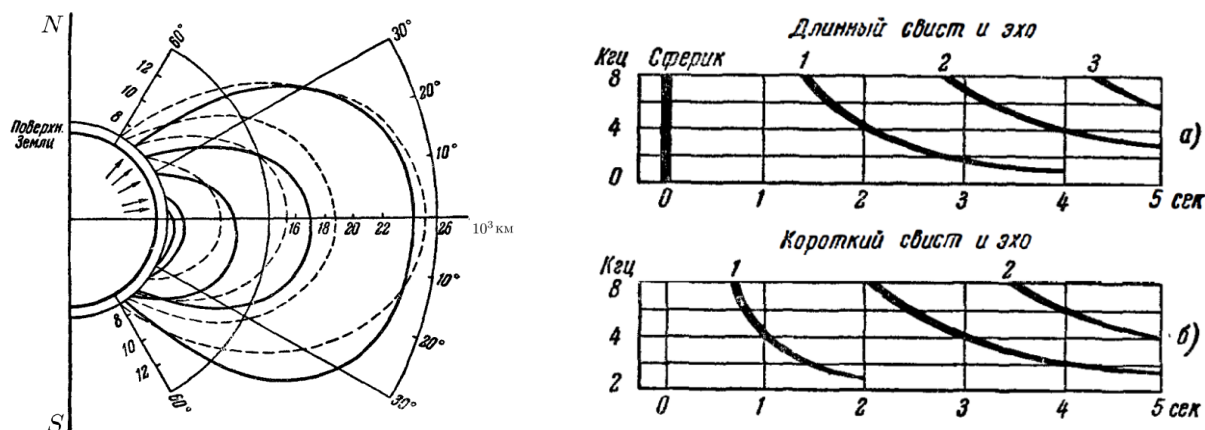
Большой интерес среди ученых ИКИР ДВО РАН представляют задача выявления связи вистлеров с грозовыми разрядами [9], в том числе со спрайтами [13], амплитудная модуляция вистлера [10], задача распознавания вистлеров в реальном времени [11], которая до конца так и не была решена.

В настоящей работе предлагается компьютерный алгоритм для моделирования искусственного вистлера, который был реализован на языке Python в среде PyCharm 2024.1. С помощью предложенного алгоритма и средств среды PyCharm 2024.1 проводится визуализация результатов моделирования: строятся амплитудно-частотные характеристики сигнала.

## ФИЗИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Экспериментально регистрируемые вистлеры разделяют на короткие и длинные. Короткие свисты генерируются в магнитно-сопряженной точке на другом конце земного шара, длинные свисты генерируются в той же точке, в которой осуществляется их прием, но совершают путь до магнитно-сопряженной точки и обратно (рис. 1).





**Рис. 1.** Расчетные траектории вистлеров (сплошные кривые) и силовые линии геомагнитного поля (пунктирные линии) из работы [1]

**Fig. 1.** Calculated whistler trajectories (solid curves) and geomagnetic field lines (dashed lines) from [1]

На рис. 1 представлены расчетные траектории вистлеров, где видно, что частота вистлера со временем падает. Ключевую роль здесь играет дисперсия – более высокочастотные компоненты вистлера распространяются быстрее, чем низкочастотные. Это свойство определяет форму сигнала.

**Замечание 1.** Будем считать в настоящей работе, что свойство дисперсии является главной составляющей физической модели вистлера.

Построим на основе физической модели математическую модель вистлера.

#### МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ

Рассмотрим следующую задачу:

$$\frac{df(t)}{dt} + \frac{2}{t} f(t) = 0, f(T) = f_T, \quad (1)$$

где  $f(t)$  – частота вистлера,  $c^{-1}$  или Гц;  $t \in (t_0, T]$  – текущее время,  $c$ ;  $t_0$  – начальное время,  $T$  – время существования вистлера, а  $f_T$  – частота, которая ей соответствует.

**Замечание 2.** Отметим, что задача (1) представляет собой задачу Коши, для которой в силу линейности модельного уравнения существует ее единственное решение [14].

**Замечание 3.** Уравнение (1) является модельным и учитывает основные особенности распространения вистлера: 1) изменение частоты вистлера, т.е. производная, обратно пропорциональная времени, коэффициент пропорциональности 2; 2) высокочастотные компоненты вистлера распространяются быстрее, чем низкочастотные.

Покажем, что модельное уравнение (1) описывает закон понижения принимаемой частоты  $f(t)$  вистлера в зависимости от времени  $t$ .

Действительно, модельное уравнение (1) в силу его линейности является уравнением с разделяющимися переменными [14]. Тогда с учетом начального условия (1) после интегрирования мы получаем следующее решение:

$$f(t) = \left( \frac{D}{t} \right)^2, D = T \sqrt{f_T}, \quad (2)$$

где  $D$  представляет собой коэффициент дисперсии,  $c^{-1/2}$ .

Решение (2) описывает закон изменения частоты вистлера от времени, который указывает на то, что при увеличении времени  $t$  происходит более быстрое понижение частоты.

**Замечание 4.** Впервые соотношение (2) было установлено экспериментально в работе [1] с помощью анализа большого числа спектрограмм вистлеров в диапазоне частот  $1 \div 8$  кГц, в котором отчетливо проявляются дисперсионные свойства ионизированного газа [3].

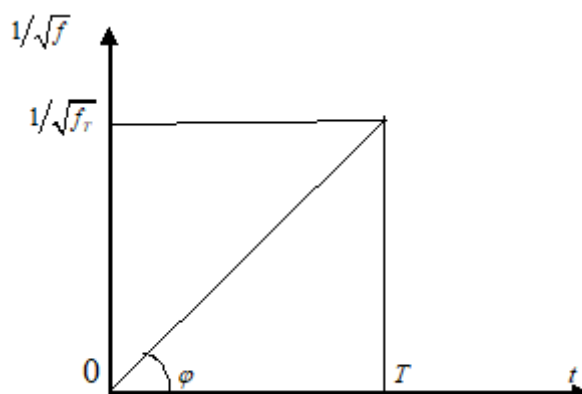
**Замечание 5.** Коэффициент дисперсии характеризует степень дисперсии вистлера и зависит от свойств среды его распространения. В общем случае может быть функцией и зависеть от характеристик среды, например, от электронной концентрации или концентрации свободных электронов в ионизированном слое  $F_2$  ионосферы. Коэффициент дисперсии  $D$  также зависит от времени суток и сезона и различается для длинных вистлеров  $D = 40 \div 240 c^{-1/2}$ , а для коротких вистлеров  $D = 20 \div 120 c^{-1/2}$  [3].

**Замечание 6.** Коэффициент дисперсии  $D$  обычно определяют по тангенсу угла наклона прямой, построенной в координатах  $(1/\sqrt{f}, t)$ , исходя из экспериментальных данных [3].

Для этого соотношение (2) перепишем в виде  $\sqrt{f} = \frac{D}{t}$  и далее возведем правую и левые части в минус первую степень, получим:

$$f^{-1/2} = D_1 t, D_1 = D^{-1}. \quad (3)$$

Далее строится прямая по координатам  $(1/\sqrt{f}, t)$  и ищется тангенс угла наклона этой прямой (рис. 2)



**Рис. 2.** Схематичное описание методики согласно работе [3]

**Fig. 2.** Schematic description of the methodology according to the work [3]

Необходимо отметить, что согласно рис. 2 коэффициент  $D_1$  может быть получен по формуле

$$D_1 = \operatorname{tg}(\varphi).$$

Однако в свою очередь можно заметить: из формулы (3) следует, что  $D = \operatorname{ctg}(\varphi) = T / (1/\sqrt{f_T}) = T \sqrt{f_T}$ . Последнее указывает на адекватность предложенной математической модели (1).

В настоящей работе мы смоделируем два случая при различных коэффициентах дисперсии, значения которых выберем согласно Замечанию 4.

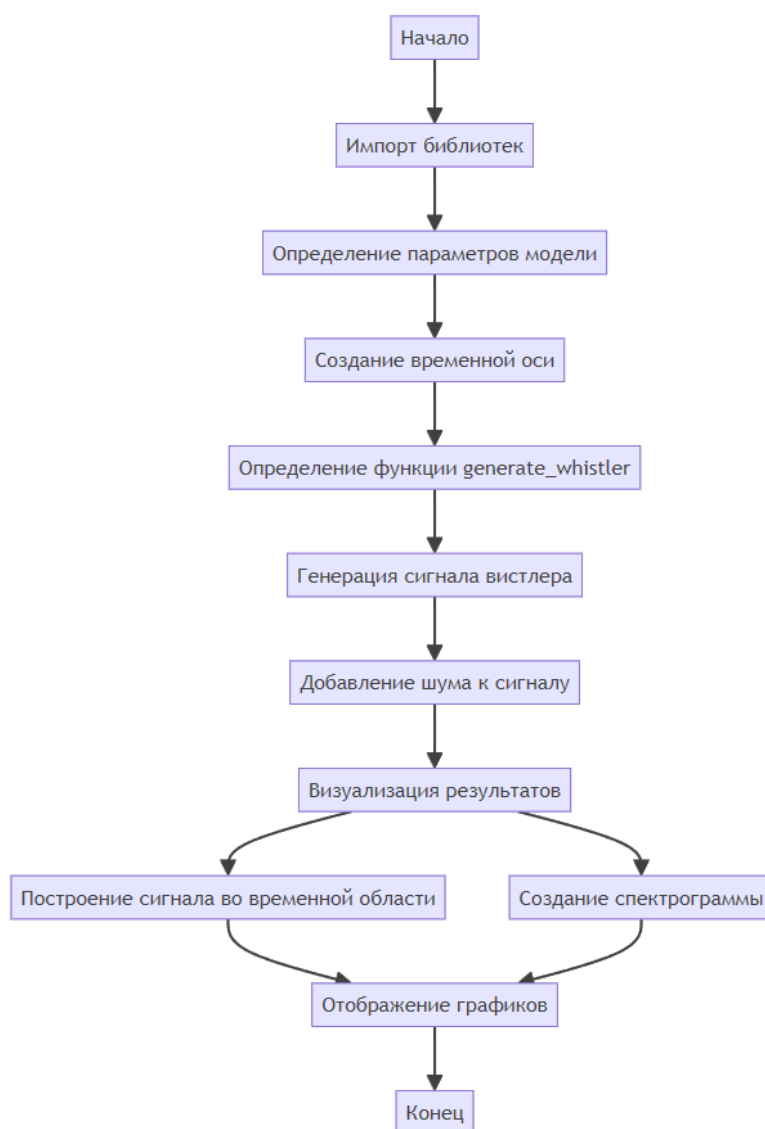
## КОМПЬЮТЕРНАЯ МОДЕЛЬ

Закон (2) мы будем использовать для построения алгоритма для компьютерного моделирования искусственного вистлера. В качестве среды разработки выберем PyCharm 2024.1 с языком программирования Python [16].

PyCharm – это интегрированная среда разработки (JetBrains IDE), специально созданная для программирования на языке Python [15]. Основные возможности среды определяются следующими моментами: интеллектуальное автодополнение кода, отладка кода, рефакторинг, навигация по коду, поддержка систем контроля версий (Git, SVN и др.), встроенный терминал, интеграция с различными фреймворками (Django, Flask и др.), кросс-платформенность.

Python – это высокоуровневый язык программирования, имеет обширную стандартную библиотеку, которая предоставляет инструменты для многих общих задач программирования и визуализации.

Алгоритм моделирования искусственного вистлера представлен в виде блок-схемы на рис. 3.



**Рис. 3.** Блок-схема алгоритма построения искусственного сигнала вистлера

**Fig. 3.** Block diagram of the algorithm for constructing an artificial whistler signal

Основные этапы заключаются в подключении соответствующих математических библиотек `numpy`, `scipy`, а также библиотеки для визуализации `matplotlib`. Далее определяются временная ось и функция для генерации искусственного вистлера на основе соотношения (2). Чтобы данные были приближены к реальным, добавляется в генерацию вистлера случайный шум, который имеет нормальное распределение с нулевым средним и стандартным отклонением 0.1. Далее проводится визуализация искусственного сигнала во временной области, а также строится спектрограмма частот с помощью команды `signal.spectrogram` из библиотеки `scipy`.

Приведем в качестве примера код программы на языке Python.

### Пример кода алгоритма на языке Python

```
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
from scipy import signal

# Параметры модели
Dis = 220 # Коэффициент дисперсии,
f_min = 1000 # Минимальная частота, Гц
f_max = 8000 # Максимальная частота, Гц
t_max = 3 # Максимальное время, с
fs = 50000 # Частота дискретизации, Гц

# Создание временной оси
t = np.linspace(0.001, t_max, int(fs * t_max))

# Функция для генерации свистящего атмосферика
def generate_whistler(t, Dis):
    f = (Dis ** 2)/(t ** 2) # закон (2)
    phase = 2 * np.pi * f * t
    return np.sin(phase)

# Генерация свистящего атмосферика
whistler = generate_whistler(t, Dis)

# Добавление шума
noise = np.random.normal(0, 2, len(t))
signal_with_noise = whistler + noise

# Визуализация результатов
plt.figure(figsize=(12, 8))

# Временная область
plt.subplot(2, 1, 1)
plt.plot(t, signal_with_noise)
plt.title('Сигнал искусственного вистлера во временной области')
plt.xlabel('Время (с)')
plt.ylabel('Амплитуда')
```

```

# Частотно-временная область (спектрограмма)
plt.subplot(2, 1, 2)
f, t_spec, Sxx = signal.spectrogram(signal_with_noise, fs)
plt.pcolormesh(t_spec, f, 10 * np.log10(Sxx), shading='gouraud')
plt.title('Спектрограмма искусственного вистлера')
plt.xlabel('Время (с)')
plt.ylabel('Частота (Гц)')
plt.ylim(f_min, f_max)
plt.colorbar(label='Мощность (дБ)')

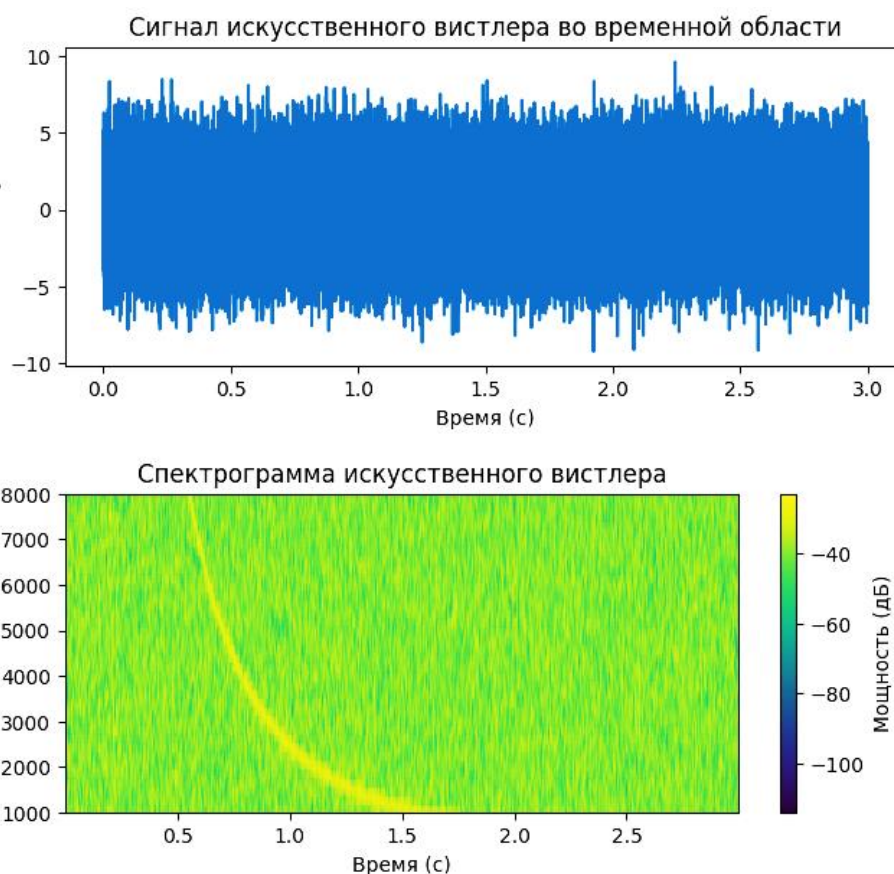
plt.tight_layout()
plt.show()

```

### РЕЗУЛЬТАТЫ МОДЕЛИРОВАНИЯ

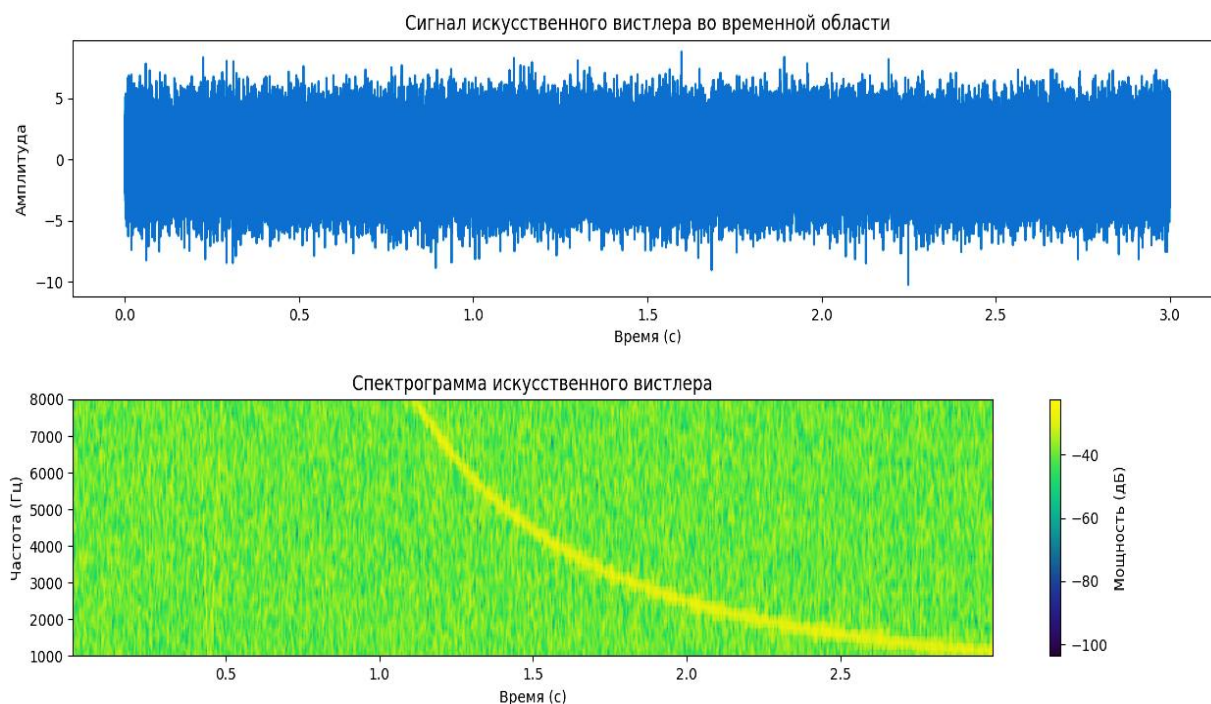
Приведем некоторые результаты моделирования искусственного вистлера в зависимости от различных значений коэффициента дисперсии  $D$  (рис. 4, 5).

На рис. 4 и 5 приведена визуализация компьютерного моделирования искусственного вистлера при различных значениях коэффициента дисперсии. Значения основных параметров были выбраны:  $f_{\min} = 1$  кГц,  $f_{\max} = 8$  кГц, частота дискретизации  $f_s = 50$  кГц, длительность сигнала  $T = 3$  с. Эти значения соответствуют реальным значениям, полученным с помощью пеленгатора ИКИР ДВО РАН.



**Рис. 4.** Визуализация искусственного вистлера при  $D = 50 \text{ c}^{-1/2}$ .

**Fig. 4.** Visualization of an artificial whistler  $D = 50 \text{ c}^{-1/2}$ .



**Рис. 5.** Визуализация искусственного вистлера при  $D = 100 \text{ c}^{-1/2}$ .

**Fig. 5.** Visualization of an artificial whistler

Рис. 4 и 5 показывают, что коэффициент дисперсии влияет на форму сигнала: чем его значения больше, тем медленнее происходит затухание частоты, что согласуется с законом (2).

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В настоящей работе мы предложили алгоритм компьютерного моделирования искусственного вистлера на основе физико-математической модели, который был реализован на языке Python в среде PyCharm 2024.1. Искусственные вистлеры можно использовать в качестве сопоставления с реальными вистлерами, регистрируемыми пеленгатором, с целью решения задачи их распознавания в реальном времени.

Необходимо отметить, что в статье впервые была приведена математическая модель вистлера (1), основанная на линейном дифференциальном уравнении первого порядка с непостоянными коэффициентами. Здесь определенный интерес представляет сопоставление значений коэффициента дисперсии (2), полученных по модели (1), со значениями, полученными экспериментальным способом (3). Такая задача позволит уточнить параметры модели (1).

Другое продолжение исследований может быть связано с обобщением модели (1), которое, включает, например, зависимость коэффициента дисперсии от электронной концентрации в ионосфере.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Storey L. R. O. An investigation of whistling atmospherics // Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences. 1953. Vol. 246. No. 908. Pp. 113–141.

2. Гершман Б. Н., Коробков Ю. С. К теории распространения свистящих атмосфериков // Известия вузов. Серия Радиофизика. 1958. Т. 1. № 2. С. 51–58.
3. Гершман Б. Н., Угаров В. А. Распространение и генерация низкочастотных электромагнитных волн в верхней атмосфере // Успехи физических наук. 1960. Т. 72. № 2. С. 235–271.
4. Lichtenberger J., Ferencz C., Bodnár L. et al. Automatic whistler detector and analyzer system: Automatic whistler detector // Geophys. Res. 2008. Vol. 113.
5. Koroncay D., Lichtenberger J., Clilverd M. A. et al. The source regions of whistlers // Journal of Geophysical Research: Space-Physics, 2019. Vol. 124, Pp. 5082–5096.
6. Li W., Shen X.-C., Menietti J. D. et al. Global distribution of whistler mode waves in Jovian inner magnetosphere // Geophysical Research Letters. 2020. Vol. 47. No. 15. DOI: 10.1029/2020GL088198
7. Morris P.J., Bohdan A., Weidl M. S. et al. Pre-acceleration in the electron foreshock. II. oblique whistler waves // The Astrophysical Journal. 2023. Vol. 944. No. 1. Id. 13. 12 p. DOI: 10.3847/1538-4357/acaec8
8. Sonwalkar V. S., Reddy A. Specularly reflected whistler: A low-latitude channel to couple lightning energy to the magnetosphere // Science Advances. 2024. Vol. 10. No. 33. eado2657. DOI: 10.1126/sciadv.ado2657
9. Чернева Н. В., Водинчар Г. М., Сивоконь В. П. и др. Корреляционный анализ потоков свистящих атмосфериков и грозových разрядов // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2013. Т. 7. № 2. С. 59–67. DOI: 10.18454/2079-6641-2013-7-2-59-67
10. Сивоконь В. П., Богданов В. В., Дружин Г. И. и др. Модуляция вистлеров // Геомагнетизм и аэрономия. 2014. Т. 54. № 6. С. 851–851. DOI: 10.7868/S0016794014060182
11. Малыш Е. А. Алгоритм для автоматического распознавания свистящих атмосфериков в режиме реального времени // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2015. № 2(11). С. 82–87. DOI: 10.18454/2079-6641-2015-11-2-82-87
12. Кичигин Г. Н. Структура нелинейных вистлеров, движущихся в плазме под углом к магнитному полю // Солнечно-земная физика. 2018. Т. 4. № 1. С. 28–32. DOI: 10.12737/szf-41201803
13. Малкин Е. И., Казаков Е. А., Санников Д. В. и др. Статистическая связь между вистлерами и спрайтами по данным AWDANET и WWLLN // Вестник КРАУНЦ. Физико-математические науки. 2022. Т. 41. № 4. С. 178–190. DOI: 10.26117/2079-6641-2022-41-4-178-190
14. Аксенов А. П. Дифференциальные уравнения в 2 ч. I часть. М.: Юрайт, 2021. 241 с.
15. Bruce M. Van Horn II, Nguyen Q. Hands-on application development with PyCharm: Build applications like a Pro with the ultimate Python development tool. Packt Publishing Ltd.: Birmingham. UK, 2023.
16. Shaw Z. A. Learn Python the hard way. Addison-Wesley Professional, 2024. 352 p.

## REFERENCES

1. Storey L.R.O. An investigation of whistling atmospherics. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*. 1953. Vol. 246. No. 908. Pp. 113–141.
2. Gershman B.N., Korobkov Yu.S. On the theory of propagation of whistling atmospherics. *Izvestiya Vuzov. Radiofizika*. 1958. Vol. 1. No. 2. Pp. 51–58. (In Russian)



3. Gershman B.N., Ugarov V.A. Propagation and generation of low-frequency electromagnetic waves in the upper atmosphere. *Uspekhi Fizicheskikh Nauk*. 1960. Vol. 72. No. 2. Pp. 235–271. (In Russian)
4. Lichtenberger J., Ferencz C., Bodnár L. et al. Automatic whistler detector and analyzer system: Automatic whistler detector. *Geophys. Res.* 2008. Vol. 113.
5. Koronczay D., Lichtenberger J., Clilverd M.A. et al. The source regions of whistlers. *Journal of Geophysical Research: Space-Physics*, 2019. Vol. 124. Pp. 5082–5096.
6. Li W., Shen X.-C., Menietti J.D. et al. Global distribution of whistler mode waves in Jovian inner magnetosphere. *Geophysical Research Letters*. 2020. Vol. 47. No. 15. DOI: 10.1029/2020GL088198
7. Morris P.J., Bohdan A., Weidl M.S. et al. Pre-acceleration in the electron foreshock. II. oblique whistler waves. *The Astrophysical Journal*. 2023. Vol. 944. No. 1. Id 13. 12 p. DOI: 10.3847/1538-4357/acaec8
8. Sonwalkar V.S., Reddy A. Specularly reflected whistler: A low-latitude channel to couple lightning energy to the magnetosphere. *Science Advances*. 2024. Vol. 10. No. 33.eado2657. DOI: 10.1126/sciadv.ado2657
9. Cherneva N.V., Vodinchar G.M., Sivokon V.P. et al. Correlation analysis of fluxes of whistling atmospherics and lightning discharges. *Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki*. 2013. Vol. 7. No. 2. Pp. 59–67. DOI: 10.18454/2079-6641-2013-7-2-59-67. (In Russian)
10. Sivokon V.P., Bogdanov V.V., Druzhin G.I. et al. Whistler modulation. *Geomagnetizm i Aeronomiya*. 2014. Vol. 54. No. 6. Pp. 851–851. DOI: 10.7868/S0016794014060182. (In Russian)
11. Malyshev E.A. Algorithm for automatic recognition of whistling atmospherics in real time. *Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki*. 2015. No. 2(11). Pp. 82–87. DOI: 10.18454/2079-6641-2015-11-2-82-87. (In Russian)
12. Kichigin G.N. Structure of nonlinear whistlers moving through plasma at an angle to the magnetic field. *Solar-Terrestrial Physics*. 2018. Vol. 4. No. 1. Pp. 28–32. DOI: 10.12737/szf-41201803. (In Russian)
13. Malkin E.I., Kazakov E.A., Sannikov D.V. et al. Statistical relationship between whistlers and sprites according to AWDANET and WLLN. *Vestnik KRAUNC. Fiziko-Matematicheskie Nauki*. 2022. Vol. 41. No. 4. Pp. 178–190. (In Russian)
14. Aksenov A.P. Differential equations in 2 parts. I part. Moscow: Yurait, 2021. 241 p. (In Russian)
15. Bruce M. Van Horn II, Nguyen Q. Hands-on application development with PyCharm: Build applications like a Pro with the ultimate Python development tool. Packt Publishing Ltd.: Birmingham. UK, 2023.
16. Shaw Z.A. Learn Python the hard way. Addison-Wesley Professional, 2024. 352 p.

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания ИКИР ДВО РАН (рег. № 124012300245-2).

**Funding.** The work was carried out within the framework of the state assignment of ICR RWP FEB RAS (reg. No. 124012300245-2).



**Информация об авторах**

**Марченко Людмила Сергеевна**, ведущий специалист ученого секретариата, Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН;

684034, Россия, Камчатский край, Елизовский район, с. Паратунка, ул. Мирная, 7;

аспирант, Научно-исследовательский геотехнологический центр Дальневосточного отделения Российской академии наук;

683002, Россия, г. Петропавловск-Камчатский, ул. Северо-Восточное шоссе, 30;

marchenko@ikir.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3634-2443>, SPIN-код: 8988-7994

**Паровик Роман Иванович**, д-р физ.-мат. наук, доцент, профессор ДВО РАН, вед. науч. сотр. лаборатории моделирования физических процессов, Институт космофизических исследований и распространения радиоволн ДВО РАН;

684034, Россия, Камчатский край, Елизовский район, с. Паратунка, ул. Мирная, 7;

parovik@ikir.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-1860>, SPIN-код: 4295-6894

**Information about the authors**

**Lyudmila S. Marchenko**, Leading Specialist of the Scientific Secretariat, Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences;

684034, Russia, Kamchatka, Elizovsky District, Paratunka, 7 Mirnaya street;

Postgraduate Student, Scientific Research Geotechnological Centre Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences;

683002, Russia, Petropavlovsk-Kamchatsky, 30 Severo-Vostochnoye highway;

marchenko@ikir.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3634-2443>, SPIN-код: 8988-7994

**Roman I. Parovik**, Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Associate Professor, Professor of the Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences, Leading Researcher, Laboratory of Modeling of Physical Processes, Institute of Cosmophysical Research and Radio Wave Propagation, Far Eastern Branch of the Russian Academy of Sciences;

684034, Russia, Kamchatka, Elizovsky District, Paratunka village, 7 Mirnaya street;

parovik@ikir.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1576-1860>, SPIN-code: 4295-6894

УДК 004.8

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-64-72

EDN: HPVBQR

Обзорная статья

## Обзор методов моделирования сложных социально-экономических систем на основе агентного подхода

А. А. Айгумов<sup>✉1</sup>, И. А. Пшенокова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

<sup>2</sup>Институт информатики и проблем регионального управления –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

**Аннотация.** Социально-экономические процессы и явления представляют собой сложные системы. В связи с этим рациональное и оптимальное управление ими ставит ряд серьезных задач. Поэтому изучение теорий, методов и приемов эффективного моделирования сложности и динамики социально-экономических систем представляет собой весьма перспективное направление исследований. В настоящее время не существует универсальных методов и средств для моделирования социально-экономических систем. Известные способы моделирования социально-экономических систем охватывают различные подходы, включая системную динамику, байесовские сети, агентные модели, динамические стохастические модели равновесия и др. В данной работе приводится обзор последних достижений в области агентного моделирования сложных социально-экономических систем.

**Ключевые слова:** социально-экономические системы, агентное моделирование, мультиагентные системы, сложные системы

Поступила 23.09.2024, одобрена после рецензирования 09.10.2024, принята к публикации 11.10.2024

**Для цитирования.** Айгумов А. А., Пшенокова И. А. Обзор методов моделирования сложных социально-экономических систем на основе агентного подхода // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 64–72. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-64-72

MSC: 68T42

Original article

## Overview of methods for modeling complex socio-economic systems based on an agent approach

A.A. Aigumov<sup>✉1</sup>, I.A. Pshenokova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

<sup>2</sup>Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

**Abstract.** Socio-economic processes and phenomena are complex systems. In this regard, the rational and optimal management of them sets a number of serious tasks. Therefore, the study of theories, methods and techniques of effective modeling and dynamics of socio-economic systems is a very promising area of research. Currently, there are no universal methods and means for modeling

socio-economic systems. Well-known methods for modeling socio-economic systems cover various approaches, including system dynamics, Bayesov networks, agent models, dynamic stochastic balance models, etc. This work gives an overview of the latest achievements in the field of agent modeling of complex socio-economic systems.

**Keywords:** socio-economic systems, agent modeling, multiagen systems, complex systems

*Submitted 23.09.2024,*

*approved after reviewing 09.10.2024,*

*accepted for publication 11.10.2024*

**For citation.** Aigumov A.A., Pshenokova I.A. Overview of methods for modeling complex socio-economic systems based on an agent approach. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 64–72. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-64-72

## ВВЕДЕНИЕ

Социально-экономические системы (СЭС) – это большие системы взаимосвязанных и взаимодействующих между собой экономических субъектов, в центре которых находятся люди. Важное отличие социально-экономических систем от физических заключается в том, что в СЭС принятие решений происходит под влиянием субъективного сознания человека. Это делает такие системы сложными и динамичными и затрудняет их описание и моделирование. В связи с этим не существует универсального решения проблем социально-экономической системы, поскольку динамические процессы в обществе и людях приводят к их постоянному изменению и развитию. А это в свою очередь приводит к отсутствию для таких систем общих аналитических моделей. Поэтому весьма актуальным является исследование теорий, методов и алгоритмов моделирования сложности и динамики социально-экономических систем.

В качестве методов исследования для принятия эффективных решений в задачах управления и анализа СЭС целесообразно использовать моделирование проблемных ситуаций. Разработка таких моделей особенно актуальна для решения исследовательских задач в области организации систем инновационного инвестирования и управления инновациями, прогнозирования поведенческих трендов в социальных сетях, моделирования несформировавшихся рынков и других задач исследования социально-экономических систем в условиях неопределенности, в том числе исследования процессов распространения и обработки рассеянного знания. Принятие решения и управления в СЭС очень часто происходит в условиях неструктурированных многомодальных потоков данных и связей субъектов системы [1], на разных уровнях абстракции и с разными уровнями детализации [2]. Поэтому для эффективного функционирования СЭС эти модели должны учитывать влияние всех субъектов и связей между ними и в случае необходимости скоординировать действия отдельных участников.

В работе [3] перечислены восемь основных проблем моделирования СЭС. Первые три проблемы касаются междисциплинарности, неопределенности и разнообразия источников и являются общими для любого типа интегрированного моделирования, включающего различные области. Аналогично последние два компонента, которые связаны с построением и интеграцией моделей в процессе принятия решений, в значительной степени являются общими для всей области моделирования, независимо от того, интегрированы они или нет. А центральные три задачи, которые связаны с масштабированием, системными изменениями и интеграцией человеческого измерения относятся к проблеме моделирования только СЭС, так как необходимо учитывать проявление человеческого поведения (индивидуального и социального) и различные чрезвычайные ситуации и «системные» ограничения.

В результате для моделирования СЭС были разработаны различные подходы, которые включают в себя системную динамику [4], байесовские сети [5, 6], агентные модели [7], динамические стохастические модели равновесия [8], статистические имитационные модели и любую гибридизацию этих методов [9], однако только агентное моделирование [10] доказало свою способность достоверно представлять индивидуальное и социальное поведение человека.

*Цель работы* – обзор существующих агентных подходов для моделирования социально-экономических систем.

#### АГЕНТНЫЙ ПОДХОД К МОДЕЛИРОВАНИЮ СЛОЖНЫХ СОЦИАЛЬНО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ СИСТЕМ

Агентные системы, или чаще их называют мультиагентные системы (МАС), получили отдельное развитие как научное направление в 1980-е годы, с появлением формулировки термина «агент». Под агентом понимался интеллектуальный посредник, который позволял через интерфейс упростить стиль общения пользователя с программой. Широкое развитие это направление получило в 1990-х. К 2000-м возникла необходимость систематизации накопленных знаний, что привело к появлению первых тематических монографий как в России [11], так и за рубежом [12–14].

В основе мультиагентного моделирования сложных систем лежат агенты, которыми могут быть отдельные лица, организации, роботы или любой объект, способный принимать решения и реагировать на окружающую среду. Эти агенты взаимодействуют друг с другом и с окружающей средой, порождая эмерджентные паттерны и коллективное поведение. Агенты должны быть автономными, рациональными, проактивными и обладать знаниями, убеждениями, желаниями, намерениями, целями и обязательствами по отношению к другим агентам.

В 70-х годах В. Лессер [15], К. Хьюитт [16] и Ленат [17] представили первые практические разработки МАС. Именно их работы легли в основу работ по организации коммуникационных процессов между агентами. Также прообразом для развития моделей с механизмами аукционов является протокол контрактной сети – модель распределенного решения, которая впервые была представлена Смитом в [18].

В [19] представлен обзор научных статей о практических подходах к использованию сложных систем и взаимодополняющих агентных моделей искусственного интеллекта, облегчающих параллельное использование алгоритмов обработки данных и знаний.

Работа [20] посвящена изучению опыта применения агентного моделирования к исследованию социально-экономических систем и процессов, обсуждению тенденций развития и перспективным направлениям его применения.

В [21] представлен всесторонний обзор мультиагентных моделей сложных социально-экологических систем. Авторами рассмотрены три высокоуровневые архитектуры проектирования сложных систем, которые позволяют классифицировать инструменты и фреймворки МАС.

Авторы в работе [22] представляют математическую модель для моделирования сценариев распространения дезинформации в социальных сетях, вызванного ботами, троллями и другими. Было проведено моделирование, связанное с увеличением скорости активации и деактивации дезинформационных агентов и дезинформации, вызванной этим механизмом.

В [23] исследовали специфические атрибуты индивидов и узлов сети мнений, включив в них такие параметры, как индивидуальное соответствие и сила индивидуальных онлайн-отношений, с целью определения поляризации мнений группы в Интернете. С по-

мощью мультиагентного моделирования авторы обнаружили, что индивидуальное соответствие и разница в отношении к окружающей среде сильно влияют на траекторию событий поляризации мнений.

В статье [24] представлен подход к моделированию и оптимизации индивидуальных стратегий принятия решений в СЭС, основанный на синтезе агентных методов моделирования, машинного обучения и алгоритмов генетической оптимизации. Авторами разработана методика синтеза и обучения искусственных нейронных сетей, моделирующих функциональность СЭС и обеспечивающих приближение значений ее объективных характеристик. Согласно проведенным численным экспериментам на примере предлагаемой агентной модели торгового взаимодействия использование таких интегрированных моделей позволяет существенно повысить временную эффективность эволюционного поиска оптимальных решений.

С помощью МАС в работе [25] проведен анализ формирования консенсусных групп. В агент-ориентированной модели, представленной автором, взаимодействия агентов и их участие в обмене взглядами зависят от сходства сетей убеждений агентов: чем выше сходство, тем вероятнее взаимодействие и совместное использование паутины элементов веры.

В работе [26] представлен подход к моделированию многоагентных региональных социально-экономических систем путем построения гибридных многоуровневых имитационных моделей, использующих методы системной динамики и агентного моделирования. В результате моделирования обеспечивается возможность исследования характеристик региональной социально-экономической системы с учетом сложных взаимосвязей и взаимодействий между экономическими агентами и внешней средой.

Целью работы [27] является формализация фундаментальных аспектов агент-ориентированного подхода как наиболее эффективного и перспективного инструмента моделирования социально-экономических систем. В статье предложена универсальная формализованная концептуальная схема агент-ориентированной модели социально-экономической системы через связь между векторами и матрицами данных. Также описаны основные структурные блоки модели, необходимые для понимания процесса управления системой. Предложена разработка агент-ориентированной модели путем включения в ее состав интеллектуальных агентов. Представлены численная реализация модели и перспективы ее развития.

В работе [28] авторы воспроизводят экономическое поведение рынка, товарооборот и распределение денежной массы участниками. Численное моделирование проводится на основе простой экономической модели с конечным числом экономических агентов, способных осуществлять обмен товарами/услугами и деньгами. Различные агенты взаимодействуют друг с другом посредством случайных обменов. Модель основана на микротехнологиях и является самосогласованной и предсказательной.

В [29] представлен мультиагентный симулятор для экономических систем, состоящих из гетерогенных домохозяйств и фирм, центральных банков и правительственных агентов, которые могут подвергаться экзогенным, стохастическим шокам.

В работе [30] дан обзор агентных моделей для борьбы с неинфекционными заболеваниями, а в [31] – для моделирования возникновения или сохранения неравенств в отношении здоровья.

Таким образом, мультиагентное моделирование широко используется для решения задач в различных отраслях, таких как экономика, медицина, экология и др. Тем не менее обеспечить его широкое применение все еще остается сложным процессом [32].

Однако, как видно из представленного выше обзора, на сегодняшний день мультиагентное моделирование применяется в большом количестве научных областей и продолжает оставаться интересным и популярным подходом по ряду причин [33]:

1. Наличие вычислительных мощностей для моделирования крупномасштабного социального взаимодействия.
2. Возможность использования решающих правил для моделирования поведения (поведенческой эвристики) вместо математической оптимизации.
3. Растущая популярность поведенческих исследований в экономике, которые позволяют получить представление о проектировании агентных моделей.
4. Бурное развитие теории сетей в социальных науках, предоставляющей новые инструменты для формализации взаимодействий между агентами.
5. Важность стабильности разработанных человеком систем (таких как финансовая система).
6. Достижения в оценке и калибровке агентных моделей, которые позволяют лучше оценить их соответствие эмпирическим данным.

Кроме того, мультиагентное моделирование помогает устранить некоторые из основных недостатков различных категорий моделей, описанных в [34]. Так как СЭС – это система взаимодействующих человеческих и экономических агентов, то она неоднородна. Мультиагентное моделирование разнородных агентов позволяет избежать нереалистичного представления компонентов такой системы. Также этот подход позволяет упростить сложность моделирования человеческих агентов, в частности поведенческую сложность, которая возникает из-за ментальных моделей агентов, обладающих когнитивными способностями (рассуждение и обучаемость). Эти модели основаны на теориях социальных наук о том, как человеческие агенты ведут себя в реальном мире в различных контекстах с другими человеческими и нечеловеческими агентами и окружающей средой.

На основе этих теорий формируются также коллективные модели поведения агентов, которые приводят к возникновению различных организационных структур. Такие системы, фиксированные или эмерджентные, могут побуждать агентов действовать иначе, чем их индивидуальный выбор, что может иметь решающее значение для понимания появления или исчезновения определенной динамики.

Следовательно, для моделирования социальных, гетерогенных и интерактивных измерений СЭС предпочтительным является агентный подход. Однако остаются значительные методологические проблемы, связанные с явным представлением масштабов и уровней абстракции.

Поскольку каждый агент может иметь свои собственные индивидуальные свойства, потенциально отличные от свойств всех других агентов в модели, количество настраиваемых параметров МАС может стать огромным. Эту проблему возможно решить распределенным управлением, когда на основе интеллектуального поведения одного агента образуется интеллектуальное поведение всей системы. В этом случае необходимо разработать модель интеллектуальных групп и организаций, которые способны решать задачи путем рассуждений, связанных с обработкой символов. Тогда согласование целей, координация действий различных агентов и разрешение конфликтов будут осуществляться путем переговоров. И основной вопрос будет состоять в исследовании возможности создания такого уровня семантизации действительности и таких алгоритмов поведения МАС, которые были бы сопоставимы с функциональностью, эмерджентно возникающей в биологических системах и эффективно решающей задачи реального мира [35]. В качестве подхода, позволяющего решить этот вопрос, можно рассмотреть мультиагентные нейрокогнитивные ар-

хитектуры. Суть этого подхода состоит в использовании рациональных программных агентов для моделирования нейроподобных элементов и организации их мультиагентного взаимодействия в процессе ситуативно детерминированного обучения нейрокогнитивной архитектуры на основе формирования аксо-дендрональных связей в составе управляющих функциональных систем (по Анохину), обеспечивающих автономное принятие решений и управление в различных задачах [36].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Существует множество перспективных направлений для исследований агентных моделей, некоторые из которых были затронуты в этой статье. Преимущества использования мультиагентных моделей при моделировании СЭС заключаются в возможности:

- представления автономных агентов с собственными правилами и поведением, которые имитируют реальные сущности;
- моделирования взаимодействия агент-агент и агент-среда;
- имитационного моделирования эмерджентного поведения группы агентов, возникающего в результате локальных взаимодействий отдельных агентов.

Имитационное моделирование СЭС с помощью агентного подхода позволяет моделировать и симулировать сложные явления, такие как поведение толпы, транспортный поток, распространение болезней, изменение климата и эволюция экосистем, и решать реальные проблемы в широком спектре дисциплин, включая экономику, биологию, экологию, логистику и управление цепочками поставок и др. Это помогает выявлять возникающие закономерности, горячие точки и неинтуитивные модели поведения, которые в свою очередь могут направлять принятие решений и стратегическое планирование.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Gain A.K., Hossain Md.S., Benson D., Baldassarre G.D. et al. Social-ecological system approaches for water resources management. *International journal of sustainable development & world ecology*. 2021. Vol. 28. No. 2. Pp. 109–124. DOI: 10.1080/13504509.2020.1780647
2. Lippe M., Bithell M., Gotts N. et al. Using agent-based modelling to simulate social-ecological systems across scales. *GeoInformatica*. 2019. Vol. 23. No. 2. Pp. 269–298. DOI: 10.1007/s10707-018-00337-8
3. Elsawah S., Filatova T., Jakeman A.J. et al. Eight grand challenges in socio-environmental systems modeling. *Socio-Environmental Systems Modelling*. 2020. Vol. 2. P. 16226.
4. Lloret-Climent M., Nescolarde-Selva J.-A., Mora-Mora H. et al. Modeling complex social systems: A new network point of view in labour markets. *IEEE Access*. 2020. Vol. 8. P. 92110. DOI: 10.1109/ACCESS.2020.2994622
5. Kumar S., Banerji H. Bayesian network modeling for economic-socio-cultural sustainability of neighborhood-level urban communities: Reflections from Kolkata, an Indian megacity. *Sustainable cities and society*. 2022. Vol. 78. P. 103632.
6. Adams K.J., Macleod Ch.A.J., Metzger M.J. et al. Developing a Bayesian network model for understanding river catchment resilience under future change scenarios. *Hydrology and earth system sciences*. 2023. Vol. 27. No. 11. Pp. 2205–2225. DOI: <https://doi.org/10.5194/hess-27-2205-2023>
7. Taillandier F., Maiolo P.D., Taillandier P. et al. An agent-based model to simulate inhabitants' behavior during a flood event. *International journal of disaster risk reduction*. 2021. Vol. 64. P. 102503. DOI: DOI:10.1016/j.ijdr.2021.102503

8. Орлов К. В., Жузбаев А. М., Мекенбаева К. Б. и др. Обзорная статья по динамическим стохастическим моделям общего равновесия (DSGE). *Review on DSGE models. Economic Review (National Bank of Kazakhstan)*. 2020. № 4. С. 4–40.

Orlov K.V., Zhuzbayev A.M., Mekenbayeva K.B. et al. Review article on dynamic stochastic general equilibrium models (DSGE). *Review on DSGE models. Economic Review (National Bank of Kazakhstan)*. 2020. No. 4. Pp. 4–40. (In Russian)

9. Zellner M., Massey D., Rozhkov A., Murphy J.T. Exploring the barriers to and potential for sustainable transitions in urban–rural systems through participatory causal loop diagramming of the food–energy–water nexus. *Land*. 2023. Vol. 12. P. 551. DOI: <https://doi.org/10.3390/land12030551>

10. Рассел С., Норвиг П. Искусственный интеллект. Современный подход: 2-е издание. М.: Вильямс, 2006. 1408 с.

Russell S., Norvig P. *Iskusstvennyy intellekt. Sovremennyy podkhod* [Artificial Intelligence. A Modern Approach]: 2nd edition. Moscow: Vilyams, 2006. 1408 p. (In Russian)

11. Тарасов В. Б. От многоагентных систем к интеллектуальным организациям: философия, психология, информатика. М.: Эдиториал УРСС, 2002. 352 с.

Tarasov V.B. *Ot mnogoagentnykh sistem k intellektual'nym organizatsiyam: filosofiya, psikhologiya, informatika* [From multi-agent systems to intelligent organizations: philosophy, psychology, informatics]. Moscow: Editorial URSS, 2002. 352 p. (In Russian)

12. Wooldridge M. An introduction to multiagent systems second edition. Wiley, 2009. 484 p.

13. Multiagent Systems: A Modern approach to distributed artificial intelligence. Ed. by G. Weiss. The MIT Press, 1999. 643 p.

14. Shoham Y., Leyton-Brown K. Multiagent systems: algorithmic, game theoretic, and logical foundations. Cambridge University Press, 2008. 504 p.

15. Lesser V.R., Ertan L.D. Distributed interpretation: a model and experiment. *IEEE Trans. Computers*, 1980. Vol. 29(12). Pp. 1144–1163.

16. Xewitt C. Viewing control structures as patterns of message passing. *Artificial Intelligence*. 1977. Vol. 8. No. 3. Pp. 323–364.

17. Lenat D. BEINGS: Knowledge as interacting experts. Proc. of the 1975 IJCAI Conference, 1975. Pp. 126–133.

18. Smith R.G. The contract net protocol: high level communication and control in a distributed problem solver. *IEEE Transactions on Computers*. 1980. Vol. 29. No. 12. Pp. 1104–1113.

19. Mathieu P., Corchado J.M., González-Briones A., De la Prieta F. Advancements in the practical applications of agents, multi-agent systems and simulating complex systems. *Systems*. 2023. Vol. 11. P. 525. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems11100525>

20. Рамазанов Р. Агентное моделирование в исследовании и прогнозировании социально-экономических систем и процессов // Экономика и математические методы. 2021. Т. 57. № 1. С. 19–32. DOI: 10.31857/S042473880010550-4

Ramazanov R. Agent-based modeling in the study and forecasting of socio-economic systems and processes. *Ekonomika i matematicheskiye metody* [Economics and Mathematical Methods]. 2021. Vol. 57. No. 1. Pp. 19–32. DOI: 10.31857/S042473880010550-4. (In Russian)

21. Brugière A., Nguyen-Ngoc D., Drogoul A. Handling multiple levels in agent-based models of complex socio-environmental systems: A comprehensive review. *Frontiers in Applied Mathematics and Statistics*. 2022. Vol. 8. P. 1020353.



22. Guzmán Rincón A., Carrillo Barbosa R.L., Segovia-García N., Africano Franco D.R. Disinformation in social networks and bots: Simulated scenarios of Its spread from system dynamics. *Systems*. 2022. Vol. 10. P. 34. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems10020034>

23. Ye Y., Zhang R., Zhao Y. et al. A novel public opinion polarization model based on BA network. *Systems*. 2022. Vol. 10. No. 2. P. 46.

24. Akopov A.S. Modeling and optimization of strategies for making individual decisions in multi-agent socio-economic systems with the use of machine learning. *Business Informatics*. 2023. Vol. 17. No. 2. Pp. 7–19. DOI: 10.17323/2587-814X.2023.2.7.19

25. Koponen I.T. Agent-based modeling of consensus group formation with complex webs of beliefs. *Systems*. 2022. Vol. 10. P. 212. DOI: <https://doi.org/10.3390/systems10060212>

26. Бекларян Г. Л. Имитационное моделирование многоагентных региональных социально-экономических систем: методы и примеры // Вестник ЦЭМИ РАН. 2023. Т. 6. № 4. DOI: 10.33276/S265838870029157-5

Beklaryan G.L. Simulation modeling of multi-agent regional socio-economic systems: methods and examples. *Vestnik TSEMI RAN* [Bulletin of the Central Economics and Mathematics Institute of the Russian Academy of Sciences]. 2023. Vol. 6. No. 4. DOI: 10.33276/S265838870029157-5. (In Russian)

27. Alfer'ev D.A. et al. Modeling of socio-economic processes – agent systems. Understanding the digital transformation of socio-economic-technological systems: dedicated to the 120<sup>th</sup> anniversary of economic education at Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Cham: Springer Nature Switzerland, 2024. Pp. 123–149.

28. Giunta A., Giunta G., Marino D. et al. Market behavior and evolution of wealth distribution: a simulation model based on artificial agents. *Mathematical and computational applications*. 2021. Vol. 26. No. 1. P. 12. DOI: <https://doi.org/10.3390/mca26010012>

29. Dwarakanath K., Vyetenko S., Tavallali P., Balch T. ABIDES-Economist: Agent-based simulation of economic systems with learning agents. *arXiv preprint arXiv:2402.09563*. 2024.

30. Colasanti R., MacLachlan A., Silverman E., Mccann M. Using agent-based models to address non-communicable diseases: a review of models and their application to policy. *The Lancet*. 2022. Vol. 400. P. S33. DOI: 10.1016/S0140-6736(22)02243-7

31. Boyd J., Wilson R., Elsenbroich C. et al. Agent-based modelling of health inequalities following the complexity turn in public health: a systematic review. *International journal of environmental research and public health*. 2022. Vol. 19. No. 24. P. 16807. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijerph192416807>

32. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Rossoshanskaya E.A. et al. Problems of standardizing agent-based model description and possible ways to solve them. *Herald of the Russian Academy of Sciences*. 2023. Vol. 93. No. 4. Pp. 239–248.

33. Steinbacher M., Raddant M., Karimi F. et al. Advances in the agent-based modeling of economic and social behavior. *SN Business & Economics*. 2021. Vol. 1. No. 7. P. 99. DOI: <https://doi.org/10.1007/s43546-021-00103-3>

34. Giupponi C., Ausseil A.-G., Balbi S. et al. Integrated modelling of social-ecological systems for climate change adaptation. *Socio-Environmental Systems Modelling*. 2022. Vol. 3. <https://dx.doi.org/10.18174/sesmo.18161>

35. Пушенова И. А. Имитационное моделирование систем обволакивающего интеллекта на основе самоорганизующейся мультиагентной рекурсивной когнитивной архитектуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2018. № 3(83). С. 21–27. EDN: ХУКТWН

Pshenokova I.A. Simulation modeling of enveloping intelligence systems based on self-organizing multi-agent recursive cognitive architecture. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2018. No. 3(83). Pp. 21–27. EDN: XYKTWH. (In Russian)

36. *Нагоев З. В., Нагоева О. В.* Обоснование символов и мультиагентные нейрокогнитивные модели семантики естественного языка. Нальчик: Издательство КБНЦ РАН, 2022. 150 с.

Nagoev Z.V., Nagoeva O.V. *Obosnovaniye simvolov i mul'tiagentnyye neyrokognitivnyye modeli semantiki yestestvennogo yazyka* [Justification of symbols and multi-agent neurocognitive models of natural language semantics]. Nalchik: Izdatel'stvo KBNTS RAN, 2022, 150 p. (In Russian)

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Айгумов Арслан Абдусаламович**, аспирант кафедры «Мультиагентные интеллектуальные робототехнические системы», Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;  
arrslan@mail.ru

**Пшенокова Инна Ауесовна**, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;  
pshenokova\_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-код: 3535-2963

### Information about the authors

**Arslan A. Aigumov**, Post-graduate Student of the Department of Multi-Agent Intellectual Robotics Systems, Scientific and Educational Center Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;  
arrslan@mail.ru

**Inna A. Pshenokova**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory “Intelligent Living Environments”, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;  
pshenokova\_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-код: 3535-2963

УДК 004.89:528.8

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-73-83

EDN: IBXKOR

Научная статья

## Распараллеливание алгоритма муравьиной колонии на примере задачи о рюкзаке с использованием Python

М. Р. Вагизов✉, С. П. Хабаров

Санкт-Петербургский государственный лесотехнический  
университет им. С. М. Кирова  
194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5

**Аннотация.** В статье рассмотрен алгоритм муравьиной колонии и описан процесс его распараллеливания с использованием Python и модуля multiprocessing. На примере задачи о рюкзаке показано, что распределение задач между рядом процессов позволяет улучшить производительность алгоритма, сохраняя его эффективность. По сравнению с точными методами типа динамического программирования использование алгоритма муравьиной колонии показало значительное сокращение времени выполнения при приемлемом уровне отклонения от оптимального решения. Преимущество алгоритмов распараллеливания заключается в эффективном использовании вычислительной системы, где используются все доступные ядра процессоров, что приводит к ускорению выполнения большего числа итераций за то же время. Полученные результаты подтверждают потенциал АСО для решения сложных задач с ограниченным временем расчета.

**Ключевые слова:** алгоритм муравьиной колонии, задача о рюкзаке, параллельные вычисления, программирование на Python

Поступила 25.09.2024, одобрена после рецензирования 02.10.2024, принята к публикации 09.10.2024

**Для цитирования.** Вагизов М. Р., Хабаров С. П. Распараллеливание алгоритма муравьиной колонии на примере задачи о рюкзаке с использованием Python // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 73–83. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-73-83

MSC: 94-08

Original article

## Parallelizing the ant colony algorithm for solving the knapsack problem as an example using Python

M.R. Vagizov✉, S.P. Khabarov

St. Petersburg State Forestry Engineering  
University named after S.M. Kirov  
194021, Russia, St. Petersburg, 5 Institutsky lane

**Abstract.** The paper considers the ant colony algorithm and describes the process of its parallelization using Python and multiprocessing module. Using the example of the knapsack problem, it is shown that distributing tasks among a number of processes allows to improve the performance of the algorithm while maintaining its efficiency. Compared to exact methods, like dynamic programming, the use of the ant colony algorithm showed a significant reduction in execution time with an acceptable level of deviation from the optimal solution. The advantage of parallelization algorithms is the efficient

utilization of the computing system, where all available processor cores are used, resulting in faster execution of more iterations in the same time. The results obtained confirm the potential of ACO for solving complex problems with limited computation time.

**Keywords:** ant colony algorithm, forest resource optimization, knapsack problem, heuristic algorithms

*Submitted* 25.09.2024,

*approved after reviewing* 02.10.2024,

*accepted for publication* 09.10.2024

**For citation.** Vagizov M.R., Khabarov S.P. Parallelizing the ant colony algorithm for solving the knapsack problem as an example using Python. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 73–83. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-73-83

## ВВЕДЕНИЕ

Алгоритм муравьиной колонии (ACO) является одним из самых мощных инструментов в комбинаторной оптимизации. Он используется в логистике, робототехнике, туризме, сетевом планировании и других областях [1–3]. При классическом подходе каждый муравей независимо строит свое решение, опираясь на информацию о феромонах и эвристические данные. И только после прохождения всех муравьев происходит обновление феромонов на основе их решений. В стандартной реализации это организуется как один цикл, где каждый муравей по очереди строит свое решение.

## МЕТОД ИССЛЕДОВАНИЯ

Допустим, что в колонии 40 муравьев. Обычно для их работы запускается один цикл длиной 40 итераций, где каждый муравей поочередно строит свой маршрут и вносит вклад в общий процесс оптимизации. Но можно поступить и иначе: один большой цикл разбить на ряд малых. Например, на 4 цикла по 10 муравьев каждый. Принцип работы алгоритма не изменится: все 40 муравьев все равно обойдут свое пространство решений, а феромоны будут обновлены только после окончания всех 4 циклов. То есть последовательный процесс можно дробить на более мелкие части, которые могут выполняться независимо друг от друга. Это естественным образом ведет нас к идее распараллеливания, когда запуск всех 4 циклов одновременно в 4 параллельных потоках вместо их последовательного выполнения значительно ускорит процесс решения задачи.

Задача о рюкзаке – одна из наиболее изученных задач комбинаторной оптимизации, где нужно выбрать подмножество предметов с учетом их веса и стоимости. При распараллеливании решения этой задачи в каждый поток надо как передать параметры задачи (вес и стоимость предметов), так и определить часть муравьев, которая будет в нем работать. В нашем примере каждый поток будут обрабатывать 10 муравьев. После того как все потоки завершат свои вычисления, результаты объединяются, и феромоны обновляются так, как если бы это был единый последовательный процесс.

Распараллелить задачу в Python можно, используя модуль `multiprocessing`, который позволяет запускать несколько процессов параллельно, существенно ускоряя выполнение задачи, особенно на многоядерных системах. Рассмотрим пример кода для распараллеливания ACO применительно к задаче о рюкзаке, в которой веса и стоимости предметов генерируются случайным образом:

```
def model(n, range_v=(100, 500), range_w=(30, 100)):
    np.random.seed(42)
    v = np.random.randint(range_v[0], range_v[1], size=n)
```

```
w = np.random.randint(range_w[0], range_w[1], size=n)
return v, w
```

Функции `select_item` и `ant_solution` аналогичны однопроцессорной работе, так как выполняют свои задачи для одного муравья и не требуют параллелизма.

```
def select_item(probabilities):
    return np.random.choice(len(probabilities), p=probabilities)
def ant_solution(pheromones, w, v, s, alpha, beta):
    num_items = len(w)
    selected_items = []
    current_weight = 0
    available_items = list(range(num_items))
    while available_items:
        pheromone = pheromones[available_items]
        heuristic = v[available_items] / (w[available_items] + 1e-10)
        probabilities = (pheromone ** alpha) * (heuristic ** beta)
        probabilities /= probabilities.sum()
        item = available_items.pop(select_item(probabilities))
        if current_weight + w[item] <= s:
            selected_items.append(item)
            current_weight += w[item]
    return selected_items
```

Функция `select_item` отвечает за выбор одного элемента из списка доступных на основе заданных вероятностей. Используется для принятия решения, какой предмет добавить в решение текущего муравья. Функция `ant_solution` строит решение для одного муравья, последовательно выбирая предметы на основе феромонов и эвристической информации, пока не будет достигнут максимально допустимый вес. Она управляет процессом выбора предметов, формируя одно возможное решение задачи.

Стандартная для алгоритма муравьиной колонии функция `ant_colony_opt` при переходе от однопроцессорной к многопроцессорной обработке проходит значительные изменения, разбиваясь на две ключевые функции:

- `process_group` – выполняет задачи для группы муравьев в отдельном процессе, осуществляя генерацию решений, обновление локальных феромонов и нахождение лучшего решения внутри своей группы;
- `ant_colony_opt` – координирует работу процессов, собирает результаты от групп муравьев, обновляет глобальные феромоны и управляет итерациями оптимизации для поиска лучшего глобального решения.

Функция `ant_colony_opt` охватывает общую логику работы АСО и демонстрирует, как взаимодействуют все компоненты. Только поняв, как она работает, можно перейти к более детальному знакомству с `process_group`, так как она реализует конкретную работу группы муравьев в многопроцессорной среде, что представляет собой детали реализации внутри каждого процесса.

```

def ant_colony_opt(pheromones, w, v, s, alpha, beta, rho, Q, iter, ants, proc):
    best_solution = None
    best_value = float('-inf')
    for i in range(iter):
        t0 = time.time()
        # Создание пула процессов
        pool = multiprocessing.Pool(processes=proc)
        results = []
        # Распараллеливание обработки муравьев
        for group_id in range(proc):
            result = pool.apply_async(process_group,
                                     args=(pheromones, w, v, s, alpha, beta, Q, ants, group_id, proc)
                                     )
            results.append(result)
        pool.close()
        pool.join()
        # Сбор и обработка результатов
        local_pheromones = np.zeros(len(w))
        for result in results:
            solution, value, group_pheromones = result.get()
            if value > best_value:
                best_solution = solution
                best_value = value
            local_pheromones += group_pheromones
        pheromones = (1 - rho) * pheromones + local_pheromones
        tk = time.time()
        print(f'Итерация {i+1}, Решение: {best_value}, t={tk-t0:.2f} сек")
    return best_solution, best_value

```

Организация процессов играет ключевую роль в ускорении вычислений и эффективном распределении задач среди доступных процессоров. На каждой итерации создается пул процессов с количеством рабочих процессов, заданным параметром `proc`, что позволяет одновременно выполнять несколько задач.

Внутри цикла для каждой группы муравьев, используя метод `apply_async` объекта `multiprocessing.Pool`, асинхронно вызывается функция `process_group`. Она будет обрабатывать группу муравьев, генерировать решения и обновлять локальные феромоны. Список `results` хранит все асинхронные задачи для последующего получения их результатов.

После запуска всех задач метод `pool.close()` закрывает пул процессов для новых задач, а метод `pool.join()` блокирует основной поток выполнения до тех пор, пока все процессы в пуле не завершат свою работу.

После завершения всех процессов результаты извлекаются с помощью метода `result.get()`. Сначала собираются решения и обновления феромонов от каждой группы. На их основе обновляются глобальные феромоны и находится лучшее решение для текущей итерации.

Функция `process_group` отвечает за выполнение работы группы муравьев в рамках одного процесса. В многопроцессорной обработке она выполняет задачи для конкретной группы муравьев и возвращает результаты, которые собираются и обрабатываются в функции `ant_colony_opt`.

```
def process_group(pheromones, w, v, s, alpha, beta, Q, ants, group_id, proc):
    local_pheromones = np.zeros(len(w))
    local_best_solution = None
    local_best_value = float('-inf')
    ants_per_group = ants // proc
    for _ in range(ants_per_group):
        solution = ant_solution(pheromones, w, v, s, alpha, beta)
        value = np.sum(v[solution])
        weight = np.sum(w[solution])
        if value > local_best_value and weight <= s:
            local_best_solution = solution
            local_best_value = value
        for item in solution:
            local_pheromones[item] += Q / value
    print(f"----- Процесс {group_id} Решение группы - {local_best_value}")
    return local_best_solution, local_best_value, local_pheromones
```

На этапе инициализации определяются: `local_pheromones` – массив для хранения феромонов, обновляемых внутри этого процесса, `local_best_solution` – локальное лучшее решение, найденное в данном процессе, и `local_best_value` – значение лучшего решения. Значение `ants_per_group` определяет количество муравьев, обрабатываемых в рамках данного процесса. Общее число муравьев в АСО делится между всеми доступными процессами (`proc`).

Для каждой муравьиной итерации вызывается функция `ant_solution`, которая строит решение на основе текущих феромонов, весов, ценностей и других параметров. Вычисляются ценность (`value`) и вес (`weight`) найденного решения. Если найденное решение лучше локального лучшего решения и его вес не превышает ограничения, оно сохраняется как лучшее решение для данного процесса.

На основе полученной цены решения обновляются локальные феромоны, выводится лучшее решение для данного процесса, а затем лучшее решение, его значение и обновленные феромоны функция возвращает в `ant_colony_opt` для последующей агрегации в рамках решения задачи о рюкзаке. Функция `main()` управляет процессом оптимизации АСО, отвечает за настройку параметров, инициализацию данных и запуск основной функции оптимизации.

```
def main():
    n = 100
    v, w = model(n)
    s = 500
    ants = 100    # Количество муравьев
    proc = 4      # Количество процессов для параллелизма
```

```

alpha = 1.0    # Влияние феромонов
beta  = 2.0    # Влияние эвристической информации
rho   = 0.5    # Коэффициент испарения феромонов
Q     = 100    # Константа для обновления феромонов
iter  = 10     # Количество итераций
pheromones = np.ones(len(w))
# Запуск оптимизации муравьиной колонии
start_time = time.time()
best_solution, best_value = ant_colony_optimization(
    pheromones, w, v, s, alpha, beta, rho, Q, iter, ants, proc )
print(f'Лучшее решение: {best_solution}; Общая цена: {best_value}")
print(f'Общее время выполнения: {time.time() - start_time:.2f} секунд")

```

### РЕЗУЛЬТАТ ИССЛЕДОВАНИЯ

С целью оценки работоспособности проекта и эффективности работы АСО был проведен тест на наборе из 100 предметов, с которыми работали 100 муравьев в течение 10 итераций, показавший, что многопоточная работа заметно снижает общее время решения задачи (рис. 1).

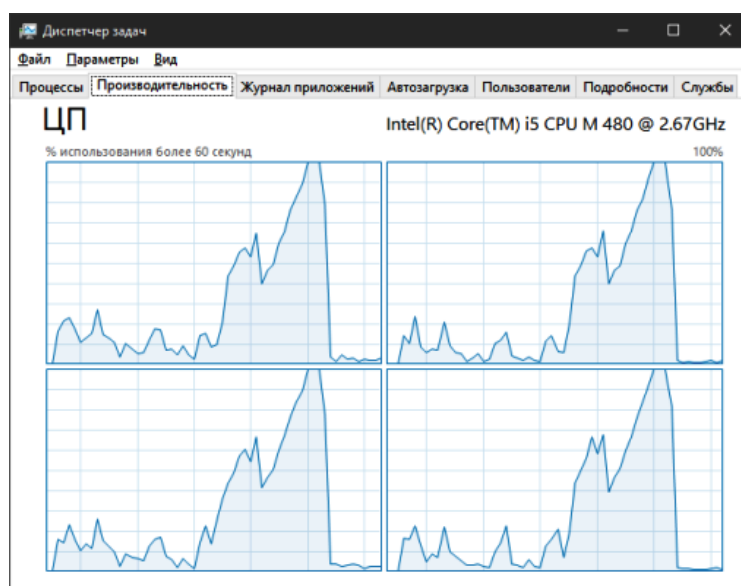
N = 100	alpha = 1.0	---- Процесс 1 Решение группы - 4720
ants = 100	beta = 2.0	---- Процесс 0 Решение группы - 4876
proc = 4	rho = 0.5	---- Процесс 3 Решение группы - 4677
	Q = 100	---- Процесс 2 Решение группы - 4618
	iter = 10	Итерация 1, Решение: 4876, t=2.48 сек
Iteration 1, Time: 2.73 sec, Best Value: 5252		---- Процесс 1 Решение группы - 5280
Iteration 2, Time: 2.81 sec, Best Value: 5324		---- Процесс 0 Решение группы - 4868
Iteration 3, Time: 2.75 sec, Best Value: 5392		---- Процесс 2 Решение группы - 5234
Iteration 4, Time: 2.77 sec, Best Value: 5763		---- Процесс 3 Решение группы - 5198
Iteration 5, Time: 3.39 sec, Best Value: 5763		Итерация 2, Решение: 5280, t=1.91 сек
Iteration 6, Time: 2.86 sec, Best Value: 5763		. . .
Iteration 7, Time: 2.75 sec, Best Value: 5763		---- Процесс 1 Решение группы - 5754
Iteration 8, Time: 2.78 sec, Best Value: 5763		---- Процесс 0 Решение группы - 5730
Iteration 9, Time: 2.80 sec, Best Value: 5779		---- Процесс 2 Решение группы - 5762
Iteration 10, Time: 2.78 sec, Best Value: 5779		---- Процесс 3 Решение группы - 5737
Лучшее решение:		Итерация 10, Решение: 5779, t=1.27 сек
[39, 64, 1, 85, 90, 82, 29, 81, 30, 88, 54, 9, 67, 61, 28]		Лучшее решение:
Общая ценность: 5779		[39, 1, 54, 61, 82, 30, 81, 29, 88, 64, 67, 9, 90, 85, 28];
Общее время выполнения: 28.42 секунд		Общая ценность: 5779
		Общее время выполнения: 15.22 секунд

**Рис. 1.** Одно- и четырехпоточное решение задачи о рюкзаке

**Fig. 1.** One- and four-stream solution of the knapsack problem

При этом надо отметить, что первые итерации занимают больше времени, чем последующие. Связано это с тем, что на старте необходимо создать и настроить пул процессов, что может занимать больше времени. Начальные затраты на запуск и распределение задач могут быть большими, но с течением времени эффективность обработки улучшается. В многопроцессорной обработке время на выполнение первых итераций может быть больше из-за инициализации и «разогрева» процессов (рис. 2).

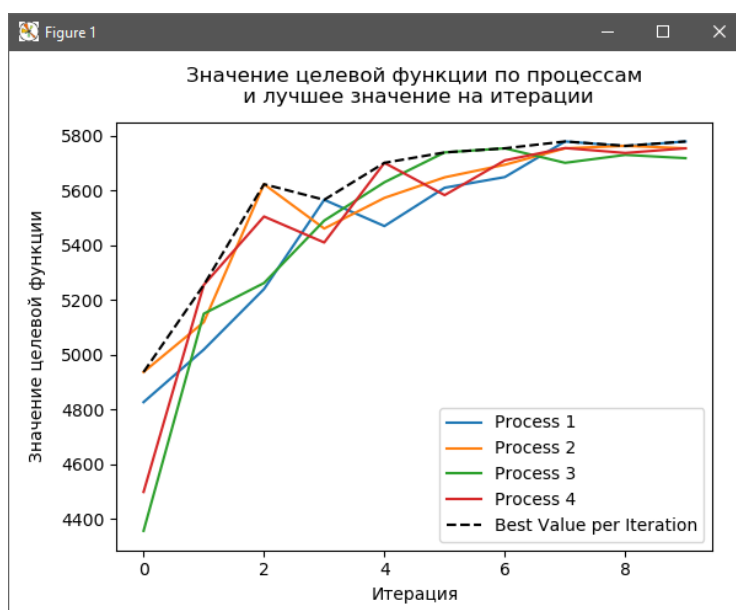




**Рис. 2.** Загрузка 4 ядер при решении задачи о рюкзаке

**Fig. 2.** Loading of 4 cores when solving the knapsack problem

С целью иллюстрации на рисунке 3 представлены результаты работы каждой из четырех групп муравьев на каждой из итераций, а также характер поиска наилучшего решения с помощью муравьиного алгоритма.



**Рис. 3.** Задача о рюкзаке: 100 предметов, 10 итераций и 100 муравьев

**Fig. 3.** Knapsack problem: 100 items, 10 iterations and 100 ants

Для более обоснованного вывода по качеству разработанного Python-кода было выполнено дополнительное тестирование на увеличенном наборе данных. Цель тестирования на наборе из 1000 предметов со 100 муравьями и 20 итерациями заключается в следующем:

- Проверка масштабируемости – исследование, как алгоритм муравьиной колонии справляется с задачами большей сложности и размера.

• Валидация результатов – тестирование на больших наборах данных позволяет убедиться в устойчивости и надежности алгоритма, выявить проблемы, которые не очевидны на меньших наборах данных.

В табл. 1 приведен анализ работы параллельного и простого алгоритмов муравьиной колонии при решении задачи о рюкзаке с увеличенным до 1000 набором предметов, который выполнили 100 муравьев за 20 итераций.

**Таблица 1.** Сравнительный анализ работы параллельного и простого АСО

**Table 1.** Comparative analysis of the operation of parallel and simple ACO

100 муравьев, 20 итераций, 1000 предметов	
Параллельный алгоритм АСО	Простой алгоритм АСО
Iteration 1, Best Value: 4724, Time: 22.62 сек. Iteration 2, Best Value: 4848, Time: 19.08 сек. Iteration 3, Best Value: 5035, Time: 20.03 сек.	Iteration 1, Time: 70.61 сек. Best Value: 4867 Iteration 2, Time: 74.44 sec, Best Value: 5027 Iteration 3, Time: 70.47 сек. Best Value: 5174
Iteration 18, Best Value: 7000, Time: 23.97 сек. Iteration 19, Best Value: 7000, Time: 19.40 сек. Iteration 20, Best Value: 7000, Time: 18.45 сек.	Iteration 18, Time: 69.23 сек. Best Value: 6972 Iteration 19, Time: 68.30 сек. Best Value: 6972 Iteration 20, Time: 68.71 сек. Best Value: 6972
Лучшее найденное решение: [718, 957, 918, 538, 190, 646, 639, 200, 533, 337, 520, 318, 70, 797, 759] с общей ценностью 7000	Лучшее найденное решение: [318, 918, 639, 823, 957, 190, 646, 249, 70, 759, 797, 538, 819, 337, 522] с общей ценностью 6972
Общее время выполнения: 397.23 секунд	Общее время выполнения: 1414.94 секунд

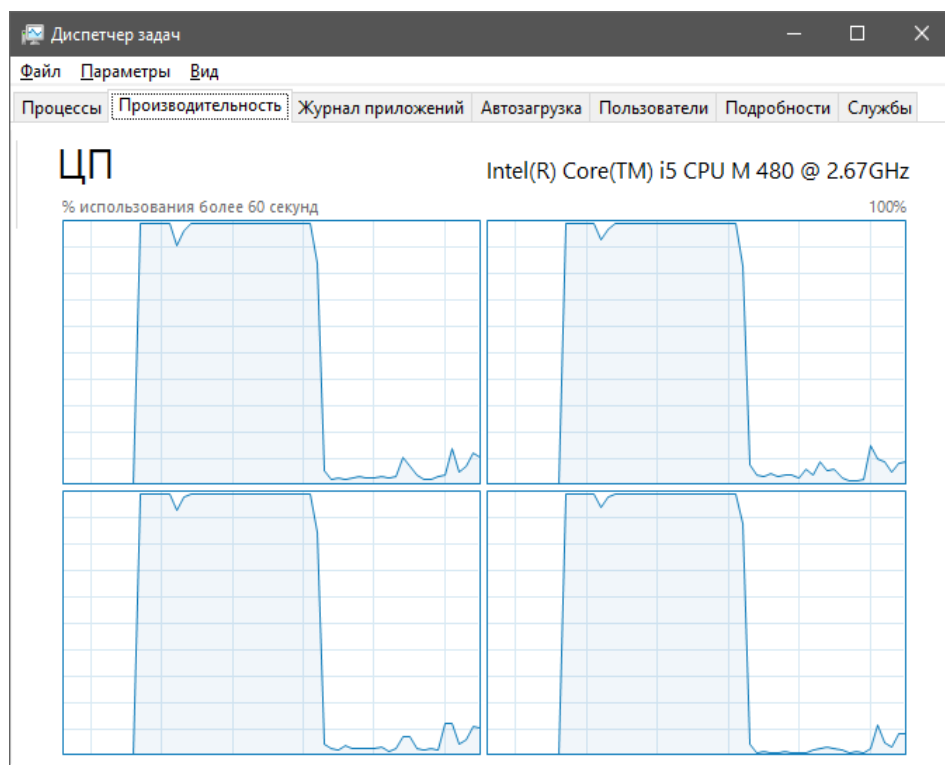
Из анализа полученных результатов следует, что параллельный алгоритм АСО значительно быстрее. Общее время выполнения составило 397 секунд по сравнению с 1415 секундами у простого алгоритма. То есть распараллеливание существенно сократило время выполнения задачи, особенно для больших наборов данных. Кроме этого, время выполнения одной итерации у параллельного алгоритма занимает от 18.45 до 23.97 секунд, что значительно меньше по сравнению с от 68.30 до 74.44 секундами у простого алгоритма. Это показывает более равномерную и эффективную обработку задач в параллельной реализации.

Параллельный алгоритм нашел решение в 7000 единиц стоимости, которое превосходит решение, найденное простым алгоритмом (6972). Это также свидетельствует о том, что распараллеливание не только ускоряет процесс, но и находит более качественные решения за разумное время.

На скриншоте диспетчера задач, который был получен во время работы АСО с 1000 предметами (рис. 4), видна равномерная загрузка всех четырех ядер процессора. Из чего можно сделать следующие выводы:

• Параллельный алгоритм эффективно распределяет вычислительную нагрузку между всеми доступными процессорами, что подтверждает правильность и эффективность распараллеливания.

• Равномерная загрузка процессоров свидетельствует о том, что параллельный алгоритм использует все доступные ресурсы системы, это приводит к значительному ускорению вычислений по сравнению с последовательным (простым) алгоритмом, т. е. улучшена производительность.



**Рис. 4.** Загрузка 4 ядер процессора при 1000 предметах

**Fig. 4.** Loading of 4 processor cores with 1000 items

Все это подтверждает эффективность использования параллельных вычислений для задач с высокой вычислительной сложностью.

Переход от последовательного выполнения к параллельному логично вытекает из понимания независимости муравьев в АСО и открывает новые возможности для решения сложных задач. Проведенное тестирование показало, что АСО может быстро находить решения, близкие к оптимальным, даже при малом количестве итераций. Это делает его полезным инструментом в условиях, когда время расчета играет критическую роль, и позволяет его использовать при решении широкого круга траекторных задач [4, 5, 6] или задач маршрутизации в беспроводных сетях [7]. По сравнению с точными методами типа динамического программирования АСО показал значительное сокращение времени выполнения при приемлемом уровне отклонения от оптимального решения.

### Выводы

В качестве основных выводов по реализации процесса распараллеливания алгоритма муравьиной колонии на примере задачи о рюкзаке при помощи языка программирования Python можно отметить следующие положительные направления:

1. Распараллеливание позволяет одновременно запускать множество муравьев на разных процессорах, что значительно сокращает время поиска оптимального решения по сравнению с последовательным выполнением алгоритма.
2. При использовании распараллеливания алгоритм максимально задействует доступные вычислительные ресурсы (ядра процессора), что особенно важно при работе с большими наборами данных или сложными проблемами, требующими значительных вычислительных ресурсов.

3. Распараллеливание позволяет исследовать большее количество возможных решений за определенное время, что приводит к повышению вероятности нахождения более точного решения по сравнению с последовательным алгоритмом.

4. Распараллеливание делает алгоритм муравьиной колонии более устойчивым к случайным колебаниям в поведении муравьев. Благодаря тому, что муравьи работают независимо друг от друга на разных процессорах, ошибки одного муравья не влияют на других.

5. Библиотека multiprocessing в Python позволяет эффективно распараллелить алгоритм муравьиной колонии, что делает распараллеливание доступным для разработчиков любого уровня.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Даринцев О. В., Мигранов А. Б. Использование муравьиного алгоритма для поиска стратегии поведения группы мобильных роботов на рабочем поле с препятствиями // Многофазные системы. 2022. Т. 17. № 3–4. С. 177–186. DOI: 10.21662/mfs2022.3.016

2. Минин А. А., Немтинов В. А. Применение алгоритма муравьиных колоний для создания технологических процессов обработки резанием // Инженерные технологии. 2023. № 3. С. 31–36. EDN: LAMZQA

3. Павловская К. А., Червинский В. В. Маршрутизация в сетях MANET на основе муравьиных алгоритмов с учетом энергосбережения // Вестник Донецкого национального университета. Серия Г: Технические науки. 2023. № 1. С. 4–10. EDN: SWIUGB

4. Вагизов М. Р., Хабаров С. П. Построение программных траекторий движения на базе решения задачи «Машина Дубинса» // Информация и космос. 2021. № 3. С. 116–125. EDN: DDDWFN

5. Корнев А. С., Скрыпка А. С., Хабаров С. П. Автономное судовождение на действующих судах // Морской вестник. 2022. № 1(81). С. 92–95. EDN: MIPIOP

6. Хабаров С. П., Шилкина М. Л. Геометрический подход к решению задачи для машин Дубинса при формировании программных траекторий движения // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2021. Т. 21. № 5. С. 653–663. DOI: 10.17586/2226-1494-2021-21-5-653-663

7. Думов М. И. Моделирование беспроводных сетей в среде OMNeT++ с использованием INET framework // Научно-технический вестник информационных технологий, механики и оптики. 2019. Т. 19. № 6. С. 1151–1161. DOI: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1151-1161

## REFERENCES

1. Darintsev O.V., Migranov A.B. Using the ant algorithm to search for a strategy for the behavior of a group of mobile robots on a work field with obstacles. *Multiphase systems*. 2022. Vol. 17. No. 3–4. Pp. 177–186. DOI: 10.21662/mfs2022.3.016. (In Russian)

2. Minin A.A., Nemtinov V.A. Application of the ant colony algorithm for creating technological processes of cutting. *Engineering technologies*. 2023. No. 3. Pp. 31–36. EDN: LAMZQA. (In Russian)

3. Pavlovskaya K.A., Chervinsky V.V. Routing in MANET networks based on ant algorithms taking into account energy saving. *Bulletin of Donetsk National University. Series G: Technical Sciences*. 2023. No. 1. Pp. 4–10. EDN: SWIUGB. (In Russian)

4. Vagizov M.R., Khabarov S.P. Constructing program trajectories of motion based on solving the Dubins Machine problem. *Information and Space*. 2021. No. 3. Pp. 116–125. EDN: DDDWFN. (In Russian)

5. Korenev A.S., Skrypka A.S., Khabarov S.P. Autonomous navigation on operating vessels. *Marine Bulletin*. 2022. № 1(81). Pp. 92–95. EDN: MIPIOP. (In Russian)

6. Khabarov S.P., Shilkina M.L. Geometric approach to solving the problem for Dubins machines in the formation of program trajectories of motion. *Bulletin of information technologies, mechanics and optics*. 2021. Vol. 21. No. 5. Pp. 653–663. DOI: 10.17586/2226-1494-2021-21-5-653-663. (In Russian)

7. Dumov M.I. Modeling of wireless networks in the OMNeT++ environment using the INET framework. *Scientific and Technical Bulletin of Information Technologies, Mechanics and Optics*. 2019. Vol. 19. No. 6. Pp. 1151–1161. DOI: 10.17586/2226-1494-2019-19-6-1151-1161. (In Russian)

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Вагизов Марсель Равильевич**, канд. тех. наук, заведующий кафедрой информационных систем и технологий, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова; 194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5;

bars-tatarin@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4848-1619>, SPIN-код: 4811-8943

**Хабаров Сергей Петрович**, канд. тех. наук, доцент кафедры информационных систем и технологий, Санкт-Петербургский государственный лесотехнический университет им. С. М. Кирова; 194021, Россия, Санкт-Петербург, Институтский пер., 5;

Serg.Habarov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1337-0150>, SPIN-код: 4365-2033

### Information about the authors

**Marsel R. Vagizov**, Candidate of Technical Sciences, Head of the Department of Information Systems and Technologies, Saint Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov; 194021, Russia, Saint Petersburg, 5 Institutsky lane;

bars-tatarin@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4848-1619>, SPIN-code: 4811-8943

**Sergey P. Khabarov**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Information Systems and Technologies, St. Petersburg State Forest Engineering University named after S.M. Kirov;

194021, Russia, Saint Petersburg, 5 Institutsky lane;

Serg.Habarov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1337-0150>, SPIN-code: 4365-2033

УДК 004.42

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-84-93

EDN: LEFHZL

Научная статья

## Выбор архитектуры для мобильных приложений

А. К. Маринин

Московский финансово-промышленный университет «Синергия»  
129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1

**Аннотация.** Цель настоящей статьи заключается в анализе применимости шаблонов MVC, MVP и MVVM, VIPER и CLEAN architecture для мобильной разработки на ОС Android и iOS с выявлением подходящей программной архитектуры, чтобы разрабатывать мобильные приложения на базе указанных платформ, используя такие атрибуты, как уровень тестируемости, сопряженности и возможности внесения изменений и исправлений. С точки зрения методологии исследование строится на методах синтеза, обобщения данных, которые получены при сравнении моделей, чтобы повысить эффективность разработки. Эти архитектуры – MVC, MVP и MVVM, VIPER и CLEAN architecture. Критерии, которые используются при сопоставительном анализе, связаны с тестируемостью, сопряженностью, способностью к изменениям и исправлениям и возможностями неоднократного применения. Специфика архитектуры важна для разработки мобильного приложения. Проведенный сравнительный анализ приводит к выводу, что возможности архитектуры MVVM – самый подходящий вариант, чтобы разрабатывать мобильные приложения Android. После проведения анализа с учетом перечисленных критериев можно остановиться на конкретной архитектуре. Каждый шаблон располагает разными свойствами, поэтому выбор комбинации MVVM с Clean Architecture является оптимальным, потому что она оказывает поддержку всем атрибутам, а с помощью шаблона Clean Architecture решаемы многие сложности, которые могут возникать при применении исключительно MVVM.

**Ключевые слова:** программное обеспечение, мобильная разработка, шаблон архитектуры, MVC, MVP, MVVM, VIPER, CLEAN architecture, тестируемость, пользовательский интерфейс

Поступила 11.09.2024, одобрена после рецензирования 19.09.2024, принята к публикации 04.10.2024

**Для цитирования.** Маринин А. К. Выбор архитектуры для мобильных приложений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 84–93. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-84-93

MSC: 68

Original article

## Choosing an architecture for mobile applications

A.K. Marinin

Moscow University for Industry and Finance "Synergy"  
129090, Russia, Moscow, 9/14, building 1, Meshchanskaya street

**Abstract.** The purpose of the article is to analyze the applicability of the MVC, MVP and MVVM, VIPER and CLEAN architecture templates in mobile development for iOS and Android OS and identify the most suitable software architecture for developing mobile applications on these platforms based on attributes such as testability, connectivity and maintainability. The research methodology is based on methods of analysis, synthesis, and generalization of data obtained by comparing various architectural

models for mobile development. These architectures are MVC, MVP and MVVM, VIPER and CLEAN architecture. The criteria for comparative analysis are testability, maintainability, conjugacy, and reusability. Architecture plays an important role in the development of mobile applications. As a result of the comparative analysis of the templates, we conclude that the MVVM architecture is a suitable option for developing mobile applications on Android. We conducted an analysis based on criteria such as testability, maintainability and coupling. All architecture templates support different properties, but we chose a combination of MVVM with Clean Architecture because it supports all attributes, and the Clean Architecture template solves the problems that arise when using MVVM alone.

**Keywords:** software, mobile development, architecture template, MVC, MVP, MVVM, VIPER, CLEAN architecture, testability, user interface

*Submitted 11.09.2024,*

*approved after reviewing 19.09.2024,*

*accepted for publication 04.10.2024*

**For citation.** Marinin A.K. Choosing an architecture for mobile applications. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 84–93. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-84-93

## ВВЕДЕНИЕ

Рынок мобильных приложений является одним из самых быстрорастущих, в особенности это касается Android и iOS. Совокупно обе системы занимают на рынке 98,5 %. При этом первая из названных занимает 70,4 % на рынке, о чем свидетельствуют статистические данные [1]. Архитектурные принципы ПО приобретают все большую значимость. Это естественный этап в развитии методологии при разработке ПО в ИТ-сфере. Тем важнее понимать, какие потребности и ожидания стоят за той скоростью, с которой внедряются программные архитектуры в сферу мобильной разработки, какова природа у распространенных сегодня вариантов архитектуры, оценить, насколько усовершенствовалось их применение, продвижение на рынке ПО данной направленности.

Под архитектурой ПО следует понимать разновидность модели структуры ПО и выбор оптимально работающего ПО. В связи с чем появляется возможность повторно использовать модули для иного ПО. Все структуры имеют определенные элементы ПО с установленными взаимосвязями. Ее оценка необходима, чтобы принимать важные структурные решения, в противном случае внесение изменений становится дорогостоящим. Архитектура располагает определенными параметрами. Речь идет о структурных параметрах, которые значимы для разрабатываемого ПО. Если архитектура отсутствует, то, как показывает практика, сопровождение и доработка невозможны, что вызывает перерасход средств в процессе разработки.

На современном этапе указанные проблемы и вопросы рассматриваются на разном уровне, включая блоги, авторитетнее всего именно научные, экспертные. Архитектура, обсуждаемая в публикациях [2–6], обычно представляет собой частные случаи, возникающие при разработке мобильных приложений. В частности, Ambani рассматривает архитектуру MVC, использование шаблона, его преимущества, недостатки, детали и функции, используемые для разработки мобильных приложений [2]. Веннаго в своей работе [3] рассматривает MVC как базовую парадигму архитектуры мобильных приложений, однако указывает на то, что для масштабирования проектов и расширения функционала разрабатываемых мобильных приложений данной архитектуры недостаточно. Автор подчеркивает, что выбор более сложных архитектур является ключом к разработке более модульных, тестируемых и более приспособленных к масштабированию приложений. По мнению Epiloksa, Kusumo и Adrian, выбор архитектуры является основополагающим фактором,

обеспечивающим высокую производительность приложения, при этом в случае с ОС Android тестирование, проведенное авторами, показало большую эффективность при использовании архитектуры MVC в сравнении с MVVM [4]. В публикациях [7–10] рассматриваются шаблоны высокого уровня. Так, в работе Sokolova K. et al. [7] исследуются широко используемые шаблоны архитектуры для проектирования мобильных приложений, в результате чего авторы предлагают унифицированную архитектурную модель, адаптированную для разработки на ОС Android. М. П. Василевским также рассматривается проблема разграничения между архитектурой и дизайном в контексте разработки пользовательского интерфейса (UI) мобильных приложений [10]. Соммервиллом [11] транслируется идея, что большой разницы между мобильными и веб-приложениями не наблюдается, только изредка есть необходимость специализированного подхода к первым из названных. Добреан и Диосан [12] известны сравнительным исследованием MVC, MVP, MVVM и VIPER (архитектурные решения для iOS в [13]). Салазар и Брамбилла [14] рассматривают высокоуровневый процесс, который важен при проектировании архитектурных решений для ПО. Статья [15] посвящена архитектуре VIPER для IOS, которая может выступать в качестве аналога предложенной Apple архитектуре MVC. Последняя, например, не всегда представляет собой наилучшее решение, несмотря на то, что считается простой. Со временем неизбежно расширение, а это значит, что код увеличится и усложнится. Статья [16] рассматривает архитектуру через призму скрипта Service Worker.

Итак, при оптимальности архитектуры ПО процесс тестирования приложения становится простым, инструменты могут использоваться неоднократно. Не имеется образца, эталона, по которому можно воссоздавать архитектуру в приложениях Android или iOS. Абстрактность шаблона при проектировании подразумевает, что разработка для каждого модуля происходит с учетом конкретных задач и ожиданий. При этом разработчиками используется ряд апробированных шаблонов, чтобы проектировать интерактивные приложения: MVC, MVP и MVVM, VIPER и CLEAN architecture. Они предоставляют возможности для структуры приложения, в результате решение упрощается, а процесс тестирования становится управляемым.

### МЕТОДОЛОГИЯ

Целью статьи является анализ, насколько применимы шаблоны MVC, MVP и MVVM, VIPER и CLEAN architecture в рамках мобильной разработки для ОС Android и iOS, чтобы впоследствии установить, какая программная архитектура оптимальна, с учетом тестируемости, сопряженности и возможности внесения изменений и исправлений.

Методология в исследовании строится на методах анализа, синтеза, обобщения данных, которые получены при сравнении различных архитектурных моделей, чтобы разрабатывать мобильные приложения. Это такие архитектуры, как MVC, MVP и MVVM, VIPER и CLEAN architecture. Критерии, чтобы проводить сопоставительный анализ, связаны с такими параметрами, как

- уровень тестируемости, что подразумевает способность кода быть протестированным. Архитектуры, которые обеспечивают четкое разделение логики представления и бизнес-логики, облегчают тестирование кода;
- сопряженность определяется как степень взаимосвязи между компонентами системы, архитектуры с низкой сопряженностью позволяют изменять отдельные компоненты без влияния на другие части системы;
- способность системы к изменениям или исправлениям;
- способность использоваться повторно.



## РЕЗУЛЬТАТЫ

Шаблон «Модель-представление-контроллер» (MVC). Способствует разделению контроллера так, что представление и активность непосредственно связываются между собой, в обход иных обязанностей, какими располагает контроллер.

Его компоненты:

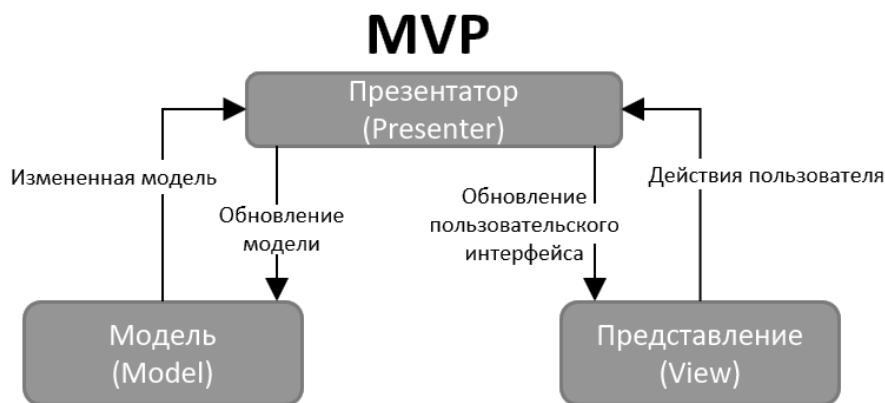
Модель: уровень данных несет ответственность за то, каким образом управляется бизнес-логика и сетевой API или API базы данных.

Вид: уровень пользовательского интерфейса выражается в визуализации данных из модели.

Контроллер: логический уровень информируется о том, как ведет себя пользователь, и может обновить модель, если это потребуется.

Архитектура MVC отличается полной совместимостью с проблемой разделения задач. Это способствует улучшению тестируемости кода, упрощению его расширения, что облегчает внесение новых функций. Многие разработчики считают ее идеальной, если есть потребность в полном контроле приложений. Шаблон не пользуется серверными форм-факторами, а прибегает к возможностям front controller. Это лучшая тактика, если нужно обработать входящие запросы и пользоваться одним контроллером на сервере. Он также эффективно разделяет модель и внешний вид. Тестирование модели при этом существенно упрощается. Доступно изменение как самой модели, так и вида, при этом влияния контроллера на процесс в целом не наблюдается. Отображаемое на экране – под полной ответственностью контроллера. Если расширяется функционал, наблюдается дальнейший рост файла, при этом деятельность ОС увязывается с работой пользовательского интерфейса, механизмов доступа к данным. Подобные аспекты являются ограничениями для рефакторинга и изменений. Это не означает, что контроллер и логика представления должны оказаться в Activity / Fragment. В противном случае получится слишком сильная связка компонентов. Fragments, Activities и Views – это представления для изучаемого шаблона.

Шаблон «Модель-представление-презентатор» (MVP). Альтернативное решение для моделей MVC с разделением приложения на аспекты (рис. 1).



**Рис. 1.** Шаблон «Модель-представление-презентатор» (составлено автором)

**Fig. 1.** Model-View-Presenter template (compiled by the author)

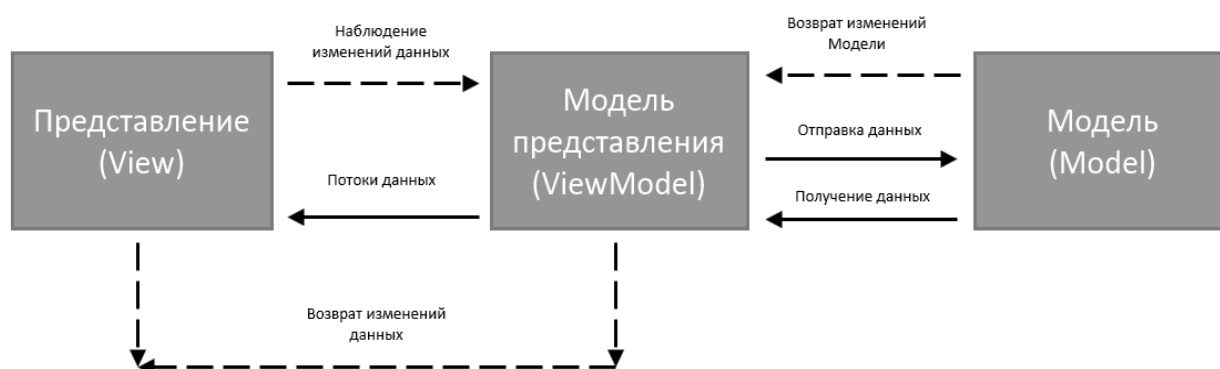
Модель: связка данных и бизнес-логики в приложении, как это происходит в ранее рассмотренных моделях MVC. Отвечает за то, как обрабатываются, хранятся, управляются данные, за то, как реализуются все нужные бизнес-правила. Прямого взаимодействия не наблюдается, модель, представление и презентатор не взаимодействуют.

Представление: связано с пользовательским интерфейсом и уровнем представления. Занимается отображением информации, что транслирует модель, взаимодействует с ней активнее, чем в варианте с MVP, который более пассивен: там презентатор занимается обновлением и обрабатывает ввод.

Презентатор: связывает модель и представление, в известной степени может выступать как контроллер для MVC. Происходит извлечение данных с последующим обновлением представления, которое начинает работать более корректно. У презентатора есть и иные функции, он занимается обработкой ввода, становится мостиком, который соединяет представление и модель.

MVP является моделью, содействует упрощению автоматизированного модульного тестирования. Она также предоставляет чистый код. Разработчикам становится проще работать, любое представление не имеет привязки с источником данных. Никакого последовательного создания представления не потребуется, когда приложение создается на той или иной платформе. То есть представление становится доступнее, что и представляет собой логику и преимущество данной архитектуры. Представление и презентатор однозначно связаны, тем проще заниматься разделением приложения и модулей. В результате возникает двусторонняя связь View и Presenter. Но есть и недостатки MVP, особенно, если меняется логика в пользовательском интерфейсе. У контроллера и модели появляется ссылка от представления. Нет ограничений, чтобы обрабатывать логику интерфейса в одном классе. В результате контроллер и представление отвечают за обработку в равных частях. С помощью архитектурного шаблона MVP обеспечивается простота работы, кроме того, код может быть использован повторно для Android и iOS, что положительно сказывается на тестируемости.

Шаблон «Модель-Представление-Модель представления» (MVVM). Его состав: пользовательский интерфейс (UI), действие и фрагмент, способен взаимодействовать с презентатором. Структура также способствует изоляции логики программы и интерфейса. Ключевые компоненты (рис. 2).



**Рис. 2.** Шаблон «Модель-Представление-Модель представления» (MVVM)  
(составлено автором)

**Fig. 2.** Model-View-ViewModel (MVVM) template  
(author's compilation)

Модели, которые содержат информацию о приложении, являются простыми классами, которые не имеют зависимости с иными компонентами. Отображение происходит с помощью визуальных и управляющих элементов на экранах. Зачастую это подклассы UIView.

Информация о модели преобразуется, все данные можно отслеживать через представление, а возникшие в процессе значения связывают и модель, и представление. При этом возможна передача в виде ссылки.

Шаблон осуществляет поддержку двустороннего сопряжения, которое возникает у представления и модели представления в соотношении «много-к-одному». Наличие вспомогательной библиотеки MVVM – это базовые классы, чтобы повысить комфортность взаимодействия с шаблоном. Среди классов – те, что помогают при работе с Activity и Fragment, с соответствующей логикой привязки, которая им уже присуща. Параллельно определяется, какими методами нужно работать с обратными вызовами. Шаблон превосходит MVP ввиду того, что имеет частичную зависимость от вида, что заметно облегчает работу. Современная IDE «предпочитает» именно этот вариант, тем более что появляется возможность уменьшать объем кода, что позволяет синхронизировать представление с View Model. Однако возникает ограниченность в сопряжении данных, для чего может понадобиться дополнительная память.

Шаблон «Clean Architecture» используется для разделения компонентов для кольцевой архитектуры. Возможна простая передача условий hat-кода от внешнего уровня на внутренние. При этом слои последних могут не иметь информацию о том, какие возможности есть у внешних слоев. Очевидно, что это свидетельство сложности проекта. Особенности структуры шаблона отражены на рисунке 3.

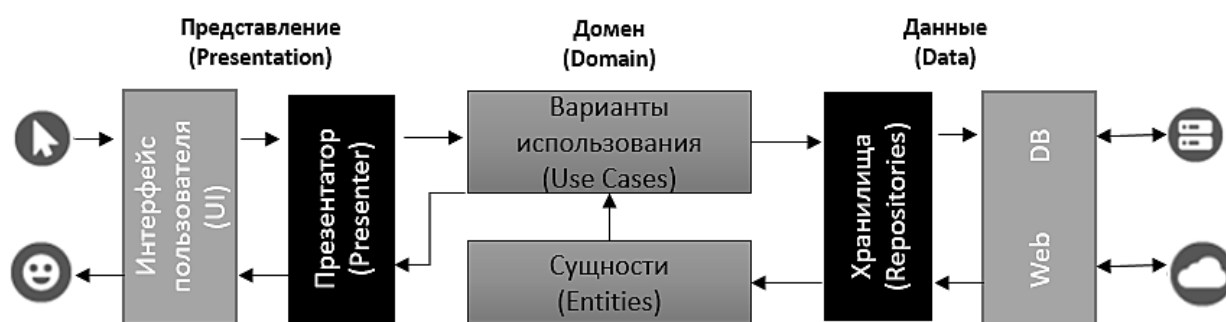


Рис. 3. Шаблон «Clean Architecture» (составлено автором)

Fig. 3. Clean Architecture template (created by the author)

Под сущностями понимается ряд общих бизнес-правил с содержанием также объектов передачи данных (DTOs). Внешние изменения на правилах практически не сказываются.

Варианты использования представлены как элементы, что могут взаимодействовать и являются обозначением бизнес-правил ПО, которые значимы для конкретных приложений. То есть на данном уровне наблюдается изоляция от изменения в базах данных, инструментах, интерфейсе.

Адаптеры интерфейса предназначены для преобразования данных. Они переводятся в форматы, которые совместимы с базами данных интернета.

Фреймворки и драйверы находятся на внешнем уровне, который состоит из фреймворка для веб-разработок, баз данных с интерфейсом и HTTP-клиентом.

Шаблон «Clean Architecture» занимается объединением слоев в модули. Речь идет о презентации с пользовательским интерфейсом, презентатором и ViewModels, домене с сущностями и организацией взаимодействия данных, с включением баз данных, там также содержатся Rest-клиенты.

Шаблон «VIPER». Расшифровка наименования свидетельствует о степени разделенности модуля. Образуются отдельные степени ответственности. Всем экранам отводится свой модуль. Таким образом, приложение разделяется на пять степеней. Шаблоны такого типа предназначены и перспективны для того, чтобы создавать чистую и модульную структуру. В результате сохраняются чистота и организация кода.

Представление в приложениях соотносится с Действием или Фрагментом. Задача – упрощение представления, насколько это возможно при имеющихся параметрах и аспектах. От представления в данных условиях ожидается, что оно продемонстрирует user interface. Взаимодействие организуется таким образом, чтобы действие выполнялось с учетом Презентатора. Последний может рассматриваться в качестве «руководителя» в отделе. От него поступают заказы Взаимодействующему, представление по его инициативе занимается отображением содержимого, а маршрутизатор – навигацией к тому или иному экрану. Сущность характеризуется данными, которые содержатся в приложении. То есть в действиях она схожа с моделью для уже рассмотренного выше шаблона MVP.

Задача маршрутизатора – обработка перехода к тому или иному экрану, пока развивается жизненный цикл приложения. Это обеспечивает коду многократность в использовании, его тестируемость повышается, отладка становится проще, как и понимание. Именно VIPER позволяет разработчикам работать с большей эффективностью, вывод кода для функций становится более предсказуемым. Это снимает большинство обсуждений в команде, экономит временные затраты на реализацию процесса.

#### ОБСУЖДЕНИЕ

В настоящем разделе сравниваются предложенные выше шаблоны, среди которых MVC, MVP, MVVM Clean Architecture и VIPER, которые применимы для Android и iOS. Атрибуты становятся ключевыми критериями и индикаторами преимуществ. Речь идет о способности системы к изменениям и исправлениям, тестируемости и возможности повторного использования. Выясняется, что при добавлении функционала в MVC продолжается рост файла, а любое действие, выполняемое платформой, будет иметь различные связи, например, будут задействованы интерфейс, механизмы доступа к данным, а это является препятствием для осуществления рефакторинга и изменений. Размещение контроллера и логики представления в связку Действие / Фрагмент является негативным решением. Среди преимуществ архитектуры MVP – простота и многократность в использовании кода, отмечается лучшая тестируемость ПО в рамках заданного процесса под конкретный проект. Впрочем, специалисты отмечают, что при росте проектов может возникнуть сложность с презентатором. Он может начать функционировать как «большой класс», где применяются разнообразные методы, а это всегда вредит как пониманию, так и обслуживанию.

Эксперты считают, что VIPER способствует чистоте исходного кода, он также приобретает компактность, может быть использован повторно. Однако возникает иная проблема, связанная с недостаточным количеством ресурсов, чтобы действительно глубоко изучить дизайн данного шаблона. Если рассматривать его традиционный вариант, то именно докладчики занимаются передачей модулей.

MVVM особенно перспективен, если происходит работа над небольшими проектами, и может нивелировать недостатки ограничениями, которые наблюдаются в MVC, MVP.

Каждый компонент может быть протестирован по отдельности. При программировании стиль может быть более произвольным. Однако с ростом кодовой базы происходит чрезмерное «раздувание» ViewModel. Это приводит к тому, что обязанности разделить достаточно сложно. В этих случаях целесообразно воспользоваться возможностями MVVM с Clean Architecture. В результате появляется возможность для разделения обязанностей в наборе исходного кода. С его помощью можно гипотетически, абстрагированно рассматривать, какая логика действий будет приемлемой для приложения. То есть шаблон представляет собой сочетание преимуществ, которые есть в MVP (в частности, при разделении задач), и также позволяет одновременно применять сопряжение данных. На выходе специалисты получают архитектуру, где многочисленные операции участвуют в обработке модели. Также минимизируется логика внешнего вида. Итак, можно прийти к выводу, что MVVM совокупно с Clean Architecture – самая оптимальная архитектура, чтобы разрабатывать мобильные приложения на базе Android и iOS.

### Выводы

Правильный выбор архитектуры способствует более эффективной разработке мобильного приложения. При состоявшемся сопоставительном анализе шаблонов можно прийти к следующим выводам. Если мобильные приложения разрабатываются на базе Android или iOS, то целесообразно применять MVVM. Проведение анализа сопровождалось оценкой тестируемости, сопряженности и возможности внесения изменений и исправлений. У каждого шаблона есть свои сильные стороны, однако в рамках исследования наиболее оптимальна комбинация MVVM и Clean Architecture. Она отличается поддержкой всех критериев, а участие шаблона Clean Architecture помогает справиться с различными проблемами, что невозможно, если используется лишь первый из названных шаблонов. Выбор данной комбинации считаем наиболее оптимальным и целесообразным для разработки приложений на основании того, что такая комбинация позволяет четко разделить логику представления и бизнес-логику, что упрощает поддержку и тестирование кода. MVVM обеспечивает эффективное связывание данных между моделью и представлением, что минимизирует логику внешнего вида и упрощает работу с пользовательским интерфейсом, в сочетании с Clean Architecture это позволяет создать гибкую и масштабируемую структуру приложения, что особенно важно при увеличении кодовой базы и сложности проекта. Это способствует более чистой и управляемой архитектуре приложения. Резюмируя, необходимо напомнить о том, что архитектурный шаблон MVVM не является универсальным решением, которое уместно и корректно в любой ситуации. Все проекты обладают известной индивидуальностью, и архитектурный шаблон должен отвечать требованиям разработчика. В дальнейшем целесообразно провести анализ и экспериментальное исследование, чтобы понять, как действуют иные атрибуты, например, как разные шаблоны сказываются на производительности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Mobile operating system market share worldwide. URL: <https://gs.statcounter.com/os-market-share/mobile/worldwide/2023> (дата обращения: 12.03.2024).
2. Ambani D. Model view controller (MVC): A latest mobile & web application development approaches. *Vidhyayana-An International Multidisciplinary Peer-Reviewed E-Journal*. 2020. Vol. 6. No. 3. Pp. 1–12.

3. Vennaro E. VIPER. iOS Development at Scale: App Architecture and Design Patterns for Mobile Engineers. Berkeley, CA: Apress, 2023. Pp. 299–326.
4. Epiloksa H.A., Kusumo D.S., Adrian M. Effect Of MVVM Architecture Pattern on Pp. 1949–1955.
5. Sukarsa I.M., Piarsa I.N., Premana Putra I.G.B. et al. Application of MVP architecture in developing android-based seminar ticket booking applications. *Journal RESTI (Rekayasa Sistem dan Teknologi Informasi)*. 2020. Vol. 4. No. 3. Pp. 513–520. DOI: 10.29207/resti.v4i3.1396
6. Capdepon Q., Hlad N., Serial A. et al. Migration process from monolithic to micro frontend architecture in mobile applications. *IWST 2023: International Workshop on Smalltalk Technologies*. Lyon, France; August 29th–31st, 2023. Pp. 1–10.
7. Sokolova K., Lemercier M. Towards high quality mobile applications: Android passive MVC architecture. *International Journal On Advances in Software*. 2014. Vol. 7. No. 2. Pp. 123–138.
8. Lombardi M., Pascale F., Santaniello D. Internet of things: A general overview between architectures, protocols and applications. *Information*. 2021. Vol. 12. No. 2. P. 87.
9. Nunkesser R. Using hexagonal architecture for mobile applications. *ICSOF*. 2022. Pp. 113–120.
10. Василевский М. П. Выбор архитектуры Android приложения // Информационно-аналитические и интеллектуальные системы для производства и социальной сферы. 2022. С. 25–30.
- Vasilevsky M.P. Selecting the architecture of an Android application. *Informatsionno-analiticheskiye i intellektual'nyye sistemy dlya proizvodstva i sotsial'noy sfery* [Information, analytical and intelligent systems for production and the social sphere]. 2022. Pp. 25–30. (In Russian)
11. Sommerville I. Engineering software products. London: Pearson, 2020. 355 p.
12. Dobrean D., Dioşan L. A comparative study of software architectures in mobile applications. *Studia Universitatis Babeş-Bolyai Informatica*. 2019. Pp. 49–64.
13. Andika M.R., Selviandro N., Wulandari G.S. Understanding the Impact of Modularity in iOS App Performance using VIPER Architecture Pattern. *2023 3rd International Conference on Intelligent Cybernetics Technology & Applications (ICICyTA)*. IEEE, 2023. Pp. 358–363.
14. Salazar F.J.A., Brambilla M. Tailoring software architecture concepts and process for mobile application development. *Proceedings of the 3rd International Workshop on Software Development Lifecycle for Mobile*. 2015. Pp. 21–24.
15. Курганова А. Г. Процесс выбора архитектуры для мобильного приложения // StudNet. 2021. Т. 4. № 6. С. 386–397.
- Kurganova A.G. The process of choosing an architecture for a mobile application. *StudNet*. 2021. Vol. 4. No. 6. Pp. 386–397. (In Russian)
16. Бакианский В. Д., Дунская Л. К., Замотайлова Д. А. Организационные различия архитектуры мобильных приложений с использованием скрипта Service Worker // Цифровизация экономики: направления, методы, инструменты. 2021. С. 261–264.
- Bakshansky V.D., Dunskey L.K., Zamotailova D.A. Organizational differences in the architecture of mobile applications using the Service Worker script. *Tsifrovizatsiya ekonomiki: napravleniya, metody, instrumenty* [Digitalization of the economy: directions, methods, tools]. 2021. Pp. 261–264. (In Russian)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### **Информация об авторе**

**Маринин Алексей Константинович**, магистрант, Московский финансово-промышленный университет «Синергия»;

129090, Россия, Москва, ул. Мещанская, 9/14, стр. 1;

aleksei.marinin247@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0242-8074>, SPIN-код: 9423-4060

### **Information about the author**

**Alexey K. Marinin**, Master's Student, Moscow University for Industry and Finance "Synergy";

129090, Russia, Moscow, 9/14, building 1, Meshchanskaya street;

aleksei.marinin247@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-0242-8074>, SPIN-code: 9423-4060

УДК 004.89

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-94-106

EDN: LTGJVQ

Научная статья

## Основные направления интеллектуального анализа данных в сфере образования

Н. А. Попова<sup>✉1</sup>, Е. С. Егорова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Пензенский государственный университет  
440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40

<sup>2</sup>Пензенский государственный технологический университет  
440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11

**Аннотация.** Интеллектуальный анализ данных в сфере образования становится все более популярным, и многие высшие учебные заведения все чаще применяют его для повышения своей конкурентоспособности. В последние годы было проведено множество исследований по анализу образовательных данных по различным учебным темам и с использованием различных методов и алгоритмов. Поэтому было бы полезно иметь краткий обзор наиболее используемых методов и подходов. С этой целью был произведен анализ зарубежных и отечественных трудов для выявления самых актуальных направлений исследований, важных методов и алгоритмов в области анализа образовательных данных в современных вузах. Для составления обзора была предложена методология систематизированного анализа, состоящая из 5 этапов. Были выявлены наиболее используемые темы, методы, алгоритмы и установлена взаимосвязь между ними. Научная новизна обзора заключается в определении актуальных задач исследований в области анализа образовательных данных в вузах и обнаружении перспективных методов и алгоритмов исследований.

**Ключевые слова:** Data Mining, интеллектуальный анализ образовательных данных, мета-анализ, бизнес-аналитика

Поступила 24.09.2024, одобрена после рецензирования 09.10.2024, принята к публикации 11.10.2024

**Для цитирования.** Попова Н. А., Егорова Е. С. Основные направления интеллектуального анализа данных в сфере образования // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 94–106. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-94-106

MSC: 68T09

Original article

## Main directions of data mining in the field of education

N.A. Popova<sup>✉1</sup>, E.S. Egorova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Penza State University  
440026, Russia, Penza, 40 Krasnaya street

<sup>2</sup>Penza State Technological University  
440039, Russia, Penza, 1a/11 Baidukova passage/Gagarina street

**Abstract.** Data mining in education is becoming increasingly popular and many educational institutions are increasingly applying it to improve their competitiveness. Many studies have been conducted recently on educational data analysis on different educational topics with the use of different methods and algorithms. Therefore, it would be useful to have a brief overview of the most used



methods and approaches. For this purpose, foreign and domestic works were analyzed to identify the most relevant research directions, important methods and algorithms in the field of educational data analysis in modern higher education. A systematic analysis methodology consisting of 5 stages was proposed to compile the review. Widely used topics, methods, algorithms were identified and the relationship between them was established. The scientific novelty of the overview lies in identifying the current research challenges in the field of educational data analysis in higher education and discovering promising research methods and algorithms.

**Keywords:** Data Mining, educational data mining, meta-analysis, business intelligence

*Submitted* 24.09.2024,

*approved after reviewing* 09.10.2024,

*accepted for publication* 11.10.2024

**For citation.** Popova N.A., Egorova E.S. Main directions of data mining in the field of education. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 94–106. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-94-106

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в связи с развитием технологий произошли значительные изменения в сфере образования, процессе получения знаний обучающимися, в процессе обучения преподавателями и роли образовательных учреждений [1]. В современной системе высшего образования цифровизация привела к появлению большого объема данных, которые играют важную роль в реформировании и развитии образования, при этом возникла необходимость в более специальной области интеллектуального анализа данных – Анализе образовательных данных (Educational Data Mining) (АОД). АОД стал неотъемлемой частью процесса преподавания и обучения, и его главная цель – понимание особенностей обучения и максимальная его оптимизация. Эта область интеллектуального анализа является междисциплинарным предметом, поскольку охватывает различные области, такие как статистика, информатика и педагогика [14]. АОД включает типовые этапы Data Mining: сбор, предварительная обработка, преобразование, построение модели, обучение, тестирование и развертывание [2]. В то же время одним из основных направлений его деятельности является разработка методов, которые помогут исследовать уникальные типы данных [2, 3], понять студентов и контекст обучения [3]. Подобную стратегию используют самые современные университеты, которые хотят модернизировать свою тактику управления и облегчить процесс принятия решений [10, 12]. Эти учебные заведения сосредоточены на оптимизации своей работы и результативности для повышения своей конкурентоспособности. Помимо самого вуза, АОД также может предоставлять информацию для поддержки и помощи каждому студенту [12]. Благодаря разнообразным приложениям мы наблюдаем быстрый рост популярности этой области исследований [2, 15].

Несмотря на множество систематических обзоров по АОД, определить наиболее распространенные методы анализа может быть непросто, и часто требуются рекомендации по выбору оптимальных подходов. Поэтому систематизация методов и подходов к управлению данными может улучшить использование АОД в будущем. Целью данного исследования является составление систематического обзора трудов по интеллектуальному анализу данных в высшем образовании для определения актуальных направлений, методов и алгоритмов. Задача заключается в том, чтобы проанализировать наиболее распространенные методы и возможности их применения к конкретной предметной области – ВУЗу. Для этого был проведен мета-анализ – систематизированный обзор 15 отобранных трудов по анализу образовательных данных.

## МЕТОДОЛОГИЯ СИСТЕМАТИЗИРОВАННОГО АНАЛИЗА

Для проведения систематизированного анализа была разработана методология, включающая в себя пять этапов: вопросы исследования, источники данных, ключевые слова, критерии включения и исключения, извлечение данных (рис. 1).



**Рис. 1.** Систематизированные шаги методологии исследования

**Fig. 1.** Systematic steps of the research methodology

1). Определение вопросов исследования – характеризуется определением того, на какие вопросы будут даны ответы.

2). Выбор источников данных – источники должны быть достоверными и качественными.

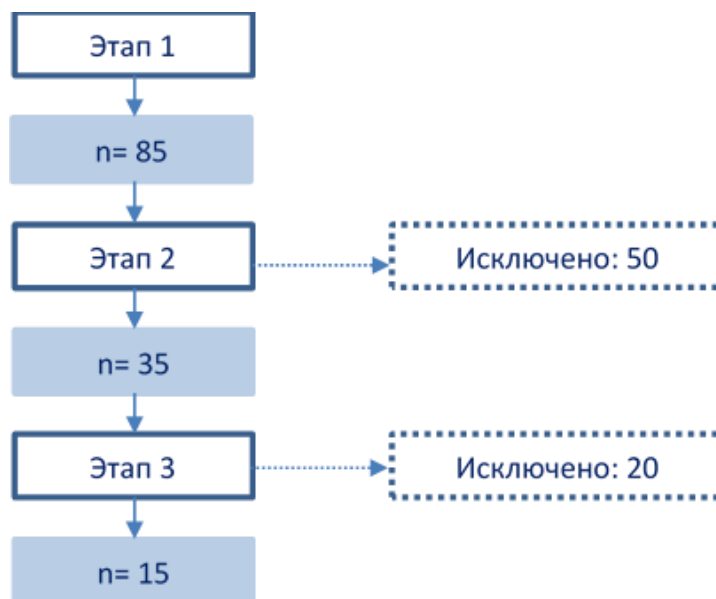
3). Определение ключевых слов – слова должны быть репрезентативными для рассматриваемого исследования, и следует использовать несколько их комбинаций, чтобы охватить как можно больше публикаций.

4). Определение критериев включения и исключения – критерии позволяют фильтровать полученные публикации, и их определение должно быть строгим, чтобы исключить ненужные исследования и включить важные исследования, поэтому необходимо знать изучаемую область, чтобы критерии были точными и убедительными.

5). Анализ и извлечение информации – публикации фильтруются и анализируются для извлечения релевантной информации, что может быть успешным только в случае правильного выполнения предыдущих шагов, также данный шаг должен быть согласован с целями исследования, а также с шагом 4).

На первом этапе был проведен поиск исследований по выбранным источникам данных и извлечение названий, в результате чего было получено 85 исходных исследований. На втором этапе на основе анализа названий были определены потенциальные исследования, из которых было исключено 50, в результате чего 35 исследований были использованы на следующем этапе. Последний этап состоял из чтения аннотации, введения и результатов с использованием критериев включения и исключения. 20 исследований были исключены, а 15 использовались для извлечения релевантной информации. Большинство проанализированных исследований были опубликованы в 2023 году ( $n=6$ ) и в 2020 году

( $n=5$ ), за ними следуют 2021 и 2024 годы – по 2 исследования. На рисунке 2 показано, как осуществлялся процесс отбора.



*Рис. 2. Этапы отбора научных трудов*

*Fig. 2. Stages of scientific papers selection*

**Исследовательские вопросы** – были выделены четыре исследовательских вопроса: ИВ1: Каковы основные темы исследований в области АОД? ИВ2: Каковы наиболее используемые методы в АОД? ИВ3: Каковы наиболее используемые алгоритмы в АОД? ИВ4: Какова связь между темами и методами, а также темами и алгоритмами, наиболее используемыми в АОД?

**Источники данных** – для проведения исследования были выбраны следующие источники данных: Google Scholar (<https://scholar.google.com>), КиберЛенинка (<https://cyberleninka.ru>) и eLIBRARY.RU (<https://www.elibrary.ru>). Включение этих трех источников данных было сделано для того, чтобы охватить максимальное количество публикаций, имеющих прямые связи между цитатами и цитируемыми статьями. КиберЛенинка и eLIBRARY.RU являются двумя наиболее используемыми базами данных в научных исследованиях, а Google Scholar предоставляет обширную академическую информацию с несколькими типологиями документов (монографии, диссертации, доклады и сообщения конференций).

**Определение ключевых слов** – использовались следующие ключевые слова для поиска: «интеллектуальный анализ образовательных данных» [название] ИЛИ «анализ образовательных данных» [название] ИЛИ «educational data mining» [название] И «обзор» [весь документ]. Используемые источники данных не делают различий между типами регистров, поэтому все поисковые запросы были выполнены в нижнем регистре. Эти ключевые слова были выбраны для получения результатов, связанных с целями исследования. Ключевые слова «educational data mining» и «анализ образовательных данных» были обязательными для поиска, так как они являются предметом нашего исследования, что в сочетании с ключевым словом «обзор» позволило нам объединить последние тенденции изучаемой области и таким образом создать полученный систематизированный обзор.

**Критерии включения и исключения** – авторами были определены следующие критерии включения: дата проведения в период с января 2020 по сентябрь 2024 года и ответы на один или несколько исследовательских вопросов. Критериями исключения были: недоступность, когда исследование недоступно (неработающий URL или ограничения учреждения-источника), дублирование исследования (повторное проведение одного и того же исследования) и узкоспециализированность темы исследования, когда применялся один метод или алгоритм к определенному аспекту или области анализа образовательных данных.

**Извлечение информации** – исследования были отобраны в соответствии с ключевыми словами поиска, определенными на шаге 3. Для дальнейшего анализа были отобраны 15 исследований, опубликованных в 2020, 2021, 2023 и 2024 годах.

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Результаты исследований распределены по четырем категориям: темы, методы, алгоритмы и взаимосвязь между ними. В результатах указано количество исследований, которое представляет собой сумму исследований из проанализированных публикаций. Поскольку в данной работе используются обзорные публикации, а они имеют разные диапазоны поиска, считаем, что использование количества исследований позволит лучше понять каждое измерение. Таким образом, количество упоминаний по исследованиям было суммировано, и результат представлен в виде общего количества ключевых слов, *k*.

### 1. Темы

Основные найденные темы исследований представлены в таблице 1 в порядке убывания общего количества. Из-за большого количества результатов были рассмотрены только темы, на которые ссылались более 10 раз. «Успеваемость учащихся» относится к тому, насколько хорошо студент успевает в учебе, и обычно измеряется с помощью оценок, стандартных тестов и других форм оценивания. Это наиболее изучаемая тема (*k*=426), которая упоминалась в 12 проанализированных публикациях. «Поддержка/эффективность работы преподавателей» предоставляет педагогам новые и новаторские способы использования и анализа результатов работы учителей. Эта тема изучалась 174 раза и упоминалась в 3 проанализированных публикациях. «Отсев учащихся» происходит, когда учащиеся покидают вуз до завершения своего образования. Эта тема использовалась 121 раз и упоминалась в 9 публикациях. «Поведение/особенности учащихся» – это способы взаимодействия и коммуникации учащихся. Эта тема изучалась 108 раз и упоминалась в 4 публикациях. «Электронная образовательная среда» – это физическая и психологическая среда, в которой происходит обучение, охватывающая все аспекты образовательного процесса. Эта тема использовалась 75 раз и упоминалась в 4 публикациях. «Рекомендации по дисциплине/ направлению» – это предложение или совет, который дается студенту или частному лицу относительно наилучшей образовательной программы, основанной на их интересах, способностях, карьерных целях или других факторах. Эта тема изучалась 44 раза и упоминалась в 5 публикациях.

**Таблица 1.** Основные темы исследования по анализу образовательных данных**Table 1.** The main research topics on the educational data analysis

Темы исследования	k	Ссылки
Успеваемость студентов	426	[1–3, 5, 7–10, 12–15]
Поддержка/эффективность работы преподавателя	174	[1, 10, 12]
Отсев студентов	121	[1, 2, 4, 5, 9, 11, 12, 14, 15]
Поведение/особенности учащихся	108	[1, 7, 13, 15]
Электронная образовательная среда	75	[5, 7, 9, 14]
Рекомендации по дисциплине/направлению	44	[2, 9, 12–14]

## 2. Методы

Основные найденные методы анализа образовательных данных в обзорных публикациях представлены в таблице 2 в порядке убывания общего количества исследований. Для лучшего понимания добавлено краткое описание методов. «Регрессия»: моделирует взаимосвязь между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными. Цель данного метода – разработать математическую модель, которая может быть использована для прогнозирования зависимой переменной на основе значений независимых переменных. «Классификация»: используется для прогнозирования категориального результата на основе набора входных переменных. Цель данного метода – разработать модель, которая может быть использована для отнесения новых наблюдений к предопределенным классам. «Кластеризация»: используется для группировки похожих объектов или точек данных в кластеры. Цель данного метода состоит в том, чтобы разделить набор точек данных на отдельные группы таким образом, чтобы точки данных внутри каждой группы были как можно более похожими, а точки данных в разных группах – как можно более разными. «Статистический анализ»: раздел математики, занимающийся сбором, анализом, интерпретацией, представлением и организацией данных. Данный метод предоставляет инструменты и методы для обобщения, описания и вывода данных. «Прогнозирование»: оценка исхода будущего события на основе анализа прошлых тенденций и закономерностей. «Визуализация»: процесс создания графического представления данных, облегчающий их понимание, изучение и анализ. Цель данного метода – преобразовать необработанные данные в осмысленные идеи, шаблоны и взаимосвязи, которые можно передавать другим пользователям.

Из 15 проанализированных исследований в 8 упоминались используемые методы. «Регрессия» является наиболее часто используемой ( $k=306$ ) и упоминалась в 5 проанализированных публикациях. «Классификация» использовалась 262 раза и упоминалась в 6 проанализированных публикациях. «Кластеризация» использовалась 218 раз и упоминалась в 7 проанализированных публикациях. «Статистический анализ» использовался 177 раз и упоминался в 2 проанализированных публикациях. «Прогнозирование» использовалось 86 раз и упоминалось в 3 проанализированных публикациях. Термин «Визуализация» был использован 63 раза и упомянут в 3 проанализированных публикациях.

**Таблица 2.** Методы интеллектуального анализа образовательных данных**Table 2.** Methods of intellectual analysis of educational data

Методы	k	Ссылки
Регрессия	306	[1, 7, 9–11]
Классификация	262	[4, 7, 9–11, 14]
Кластеризация	218	[1, 4, 7, 9–11, 14]
Статистический анализ	177	[1, 9]
Прогнозирование	86	[11, 13, 14]
Визуализация	63	[1, 9, 11]

### 3. Алгоритмы

Основные найденные алгоритмы анализа образовательных данных в обзорных публикациях представлены в таблице 3 в порядке убывания общего количества исследований. Для лучшего понимания добавлено краткое описание алгоритмов. «Дерево решений» (Decision tree): используется как для задач классификации, так и для задач регрессии. Это древовидная модель, представляющая ряд решений и их возможные последствия. Данный алгоритм легко понять, визуализировать и интерпретировать, что делает данный алгоритм полезным инструментом для изучения сложных данных, выявления закономерностей и взаимосвязей в данных. «Наивный байесовский классификатор» (Naive Bayes): вероятностный алгоритм, основанный на теореме Байеса. Алгоритм вычисляет вероятность принадлежности точки данных к каждому классу на основе ее характеристик, а затем выбирает класс с наибольшей вероятностью для прогнозирования. «Нейронная сеть» (Neuronal Network): модель, основанная на структуре и функциях человеческого мозга. Данный алгоритм состоит из множества взаимосвязанных узлов обработки, называемых искусственными нейронами, которые работают сообща для решения сложных задач. Он обладает высокой гибкостью и может обрабатывать сложные и нелинейные взаимосвязи в данных. «Метод опорных векторов» (SVM): используется для классификации и регрессионного анализа. Данный алгоритм работает путем нахождения гиперплоскости в многомерном пространстве, которая наилучшим образом разделяет данные на различные классы. Гиперплоскость выбирается таким образом, чтобы максимально увеличить поле, представляющее собой расстояние между гиперплоскостью и ближайшими точками данных, известными как опорные векторы. Данный алгоритм может обрабатывать линейные и нелинейные взаимосвязи в данных. «Ассоциативные правила» (Associative Rules): выявлять взаимосвязи и закономерности. Цель алгоритма — найти связи между элементами. Правила обнаруживаются с помощью алгоритмов, которые идентифицируют часто используемые наборы элементов и затем генерируют правила на основе этих наборов. Затем правила оцениваются с использованием показателей, которые измеряют силу и значимость ассоциаций. «Логистическая регрессия» (Logistic Regression): статистический метод для задач бинарной классификации, целью которого является предсказание одного из двух возможных результатов. Данный алгоритм моделирует взаимосвязь между зависимой переменной и одной или несколькими независимыми переменными путем подгонки логистической кривой к данным. Логистическая кривая представлена логистической функцией, которая сопоставляет прогнозируемый результат с вероятностью от 0 до 1, что указывает на вероятность того, что результат относится к одному из двух классов. Затем прогнозируемый класс определяется путем

применения порогового значения к прогнозируемой вероятности. «Случайный лес» (Random Forest): используется для задач классификации и регрессии. Данный алгоритм состоит из нескольких деревьев решений, каждое из которых обучено на случайном подмножестве данных и случайном подмножестве признаков. Окончательный прогноз составляется путем объединения прогнозов всех деревьев решений. Цель алгоритма – уменьшить дисперсию в прогнозах отдельных деревьев путем объединения их выходных данных, что позволяет получить более надежную и стабильную модель. «К-ближайших соседей» (K-Nearest Neighbors или KNN)» (KNN): используется для классификации и регрессии. Данный алгоритм классифицирует точку данных на основе ее ближайших соседей, которые определяются путем вычисления расстояния между точками данных. После определения ближайших соседей точка данных присваивается классу с использованием механизма голосования большинством голосов. Класс с наибольшим числом соседей выбирается в качестве класса, к которому принадлежит точка данных.

Из 15 проанализированных исследований в 9 упоминались используемые алгоритмы. «Дерево решений» является наиболее часто используемым ( $k=346$ ) и упоминалось в 8 проанализированных публикациях. «Наивный байесовский классификатор» использовался 149 раз и упоминался в 6 проанализированных публикациях. Термин «Нейронная сеть» использовался 112 раз и упоминался в 4 проанализированных публикациях. Термин «SVM» использовался 110 раз и упоминался в 6 проанализированных публикациях. «Ассоциативные правила» использовались 89 раз и упоминались в 4 проанализированных публикациях. «Логистическая регрессия» использовалась 68 раз и упоминалась в 5 проанализированных публикациях. «Случайный лес» также использовался 68 раз и упоминался в 4 проанализированных публикациях. «KNN» использовался 23 раза и упоминался в 4 проанализированных публикациях.

**Таблица 3.** Алгоритмы анализа образовательных данных

**Table 3.** Algorithms for analyzing educational data

Методы	k	Ссылки
Дерево решений	346	[1, 2, 7, 9, 11–14]
Наивный байесовский классификатор	149	[2, 7, 9, 11–13]
Нейронная сеть	112	[2, 7, 9, 14]
SVM	110	[2, 7, 9, 11–13]
Ассоциативные правила	89	[4, 7, 9, 14]
Логистическая регрессия	68	[2, 9, 11–13]
Случайный лес	68	[9, 11–13]
KNN	23	[2, 11–13]

#### 4. Взаимосвязь тем с методами и алгоритмами

Связь между методами и темами исследований представлена в таблице 4. Наиболее связаны между собой «Кластеризация» – «Успеваемость студентов» и «Кластеризация» – «Отсев студентов» – по 5 исследований, затем следуют «Классификация» – «Успеваемость студентов», «Классификация» – «Отсев студентов» и «Регрессия» – «Успеваемость студентов» – по 4 исследования. Исследований, связывающих «Прогнозирование» – «Поддержка/эффективность работы преподавателя» или «Визуализация» – «Поддержка/эффективность работы преподавателя», нет. Остальные взаимосвязи представлены в таблице 4.

**Таблица 4.** Взаимосвязь между методами и темами исследований**Table 4.** Relationship among research methods and topics

	Регрессия	Классификация	Кластеризация	Статистический анализ	Прогнозирование	Визуализация
Успеваемость студентов	4 [1, 7, 9, 10]	4 [7, 9, 10, 14]		2 [1, 9]	2 [13, 14]	2 [1, 9]
Поддержка/эффективность работы преподавателя	2 [1, 10]	1 [10]	2 [1, 10]	1 [11]		
Отсев студентов	3 [1, 9, 11]	4 [4, 9, 11, 14]		2 [1, 9]	2 [11, 14]	3 [1, 9, 11]
Поведение/особенности учащихся	2 [1, 7]	1 [7]	2 [1, 7]	1 [1]	1 [13]	1 [1]
Электронная образовательная среда	2 [7, 9]	3 [7, 9, 14]	3 [7, 9, 14]	1 [9]	1 [14]	1 [9]
Рекомендации по дисциплине/направлению	1 [9]	2 [9, 14]	2 [9, 14]	1 [9]	2 [13, 14]	1 [9]

Взаимосвязь между алгоритмами и темами исследований представлена в таблице 5. Наиболее тесно связаны «Дерево решений» – «Успеваемость студентов» – 7 исследований, затем следует «Дерево решений» – «Отсев студентов» – 6 исследований. Нет исследований, связывающих «Нейронная сеть» – «Поддержка/эффективность работы преподавателя», «Ассоциативные правила» – «Поддержка/эффективность работы преподавателя», «Случайный лес» – «Успеваемость студентов» и «KNN» – «Учебная среда».

Остальные взаимосвязи можно увидеть в таблице 5.

**Таблица 5.** Взаимосвязь между алгоритмами и темами исследования**Table 5.** The relationship among algorithms and research topics

	Дерево решений	Наивный байесовский классификатор	Нейронная сеть	SVM	Ассоциативные правила	Логистическая регрессия	Случайный лес	KNN
Успеваемость студентов	7 [1, 2, 7, 9, 12–14]	5 [2, 7, 9, 12, 13]	4 [2, 7, 9, 14]	5 [2, 7, 9, 12, 13]	3 [7, 9, 14]	4 [2, 9, 12, 13]	3 [9, 12, 13]	3 [2, 12, 13]
Поддержка/эффективность работы преподавателя	2 [1, 12]	1 [12]		1 [12]		1 [12]	1 [9]	1 [12]
Отсев студентов	6 [1, 2, 9, 11, 12, 15]	4 [2, 9, 11, 12]	3 [2, 9, 14]	4 [2, 9, 11, 12]	3 [4, 9, 14]	4 [2, 9, 11, 12]	4 [9, 11–13]	3 [2, 11, 12]
Поведение/особенности учащихся	3 [1, 7, 13]	2 [7, 13]	1 [7]	2 [7, 13]	1 [7]	1 [13]	1 [13]	1 [13]
Электронная образовательная среда	3 [7, 9, 14]	2 [7, 9]	3 [7, 9, 14]	2 [7, 9]	3 [7, 9, 14]	1 [9]	1 [9]	
Рекомендации по дисциплине/направлению	5 [2, 9, 12–14]	4 [2, 9, 12, 13]	3 [2, 9, 14]	4 [2, 9, 12, 13]	2 [9, 14]	4 [2, 9, 12, 13]	3 [9, 12, 13]	3 [2, 12, 13]



## ОБСУЖДЕНИЕ

После отбора и анализа 15 исследований можно получить ответы на четыре определенных исследовательских вопроса.

Вопрос 1: Каковы основные темы исследований в области АОД? Применение АОД может быть самым разнообразным. В ходе нашего исследования убедились, что тема «Успеваемость студентов» является наиболее изученной, и почти все проанализированные публикации ссылаются на нее. Эта тема изучалась почти в три раза больше, чем вторая по изученности тема, и почти в десять раз больше, чем наименее изученная тема. «Поддержка/эффективность работы преподавателя» – вторая наиболее изученная тема, за ней следует «Отсев студентов». «Поведение/особенности учащихся» – четвертая по количеству изученных тем, за ней следует «Электронная образовательная среда». Наименее изученной оказалась тема «Рекомендации по дисциплине/направлению».

Вопрос 2: Какие методы наиболее часто используются в АОД? Согласно нашим результатам наиболее популярным методом, используемым в АОД, является «Регрессия», за которой следуют «Классификация» и «Кластеризация». Определение «Статистический анализ» с помощью специального программного обеспечения заняло 4-е место, за ним следуют «Прогнозирование» и «Визуализация». В исследованиях [2, 3, 5, 8, 12, 15] не упоминались используемые методы.

Вопрос 3: Какие алгоритмы наиболее часто используются в АОД? Согласно нашим результатам наиболее популярным алгоритмом, используемым в АОД, является «Дерево решений», за которым следуют «Наивный байесовский классификатор» и «Нейронная сеть», которые использовались менее чем в половине случаев. «SVM» занял 4-е место по популярности, за ним следуют «Ассоциативные правила», «Логистическая регрессия», «Случайный лес» и «KNN». В исследованиях [3, 5, 8, 10, 15] не упоминались используемые алгоритмы.

Вопрос 4: Какова взаимосвязь между темами и методами, а также темами и алгоритмами, наиболее часто используемыми в АОД? Согласно нашим результатам наиболее схожими методами и темами исследования были «Кластеризация» – «Успеваемость студентов» и «Кластеризация» – «Отсев студентов», на которые ссылаются 5 исследований. «Классификация» – «Успеваемость учащихся», «Классификация» – «Отсев учащихся» и «Регрессия» – «Успеваемость учащихся» связаны в каждом из 4 исследований. «Успеваемость учащихся» является наиболее изучаемой темой, и то, что она является одной из наиболее связанных тем, подтверждает ее частое использование. Наиболее схожим алгоритмом и темой исследования было «Дерево решений» – «Успеваемость студентов» (7 исследований). «Дерево решений» – «Отсев студентов» – связано с 6 исследованиями. В данном случае «Успеваемость учащихся» наиболее тесно связана с алгоритмом «Дерева решений», где «Успеваемость учащихся» является наиболее распространенной темой, а «Дерево решений» – наиболее часто используемым алгоритмом.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ, ОГРАНИЧЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ  
И БУДУЩИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

В данной работе систематизирован обзор 15 исследований, связанных с АОД, показывающий, что «Успеваемость студентов» является самой популярной изучаемой темой, которая использовалась 426 раз в 12 проанализированных статьях. Термин «Дерево решений», представляющий собой алгоритм, используемый для классификации или регрессии,

был наиболее часто используемым, что могло быть связано с наиболее часто используемыми методом и темой в целом для анализа данных. Другими часто изучаемыми темами были «Поддержка/эффективность работы преподавателя», «Отсев студентов», «Поведение/особенности студентов» и «Рекомендации по дисциплине/направлению». Такие методы, как «Классификация», «Кластеризация», «Статистический анализ», «Прогнозирование» и «Визуализация данных», также упоминались, но реже, чем регрессия. Другими алгоритмами, представленными в проанализированных исследованиях, были «Наивный байесовский классификатор», «Нейронная сеть», «SVM», «Ассоциативные правила», «Логистическая регрессия», «Случайный лес» и «KNN». Более высокой взаимосвязью между методом и темой исследования являются «Кластеризация» – «Успеваемость студентов» и «Кластеризация» – «Отсев студентов», а между алгоритмом и темой исследования – «Дерево решений» – «Успеваемость студентов».

У этого исследования были некоторые ограничения. Выбор источников из базы данных и определенные критерии ограничивали сферу охвата, которая может не охватывать некоторые исследовательские работы. В исследованиях использовались разные термины, что иногда затрудняло сравнение и обобщение результатов. Были исследования из вторичных источников, в которых не хватало деталей. Некоторые исследования не дали ответов на все вопросы исследования.

Результаты работы могут дать ответы на поставленные исследовательские вопросы, послужить руководством для будущих исследований АОД и стать ценной отправной точкой в расширяющейся области интеллектуального анализа образовательных данных.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Du X., Yang J., Hung J.-L., Shelton B. Educational data mining: a systematic review of research and emerging trends. *Information Discovery and Delivery*. 2020. No. 48(4). Pp. 225–236. DOI: 10.1108/idd-09-2019-0070

2. Семенкина И. А., Прусакова П. В. Направления исследований в области анализа образовательных данных в высшей школе: теоретический обзор // Педагогика. Вопросы теории и практики. 2023. Т. 8. № 7. С. 761–770. DOI: 10.30853/ped20230111

Semenkina I.A., Prusakova P.V. Research directions in the field of educational data analysis in higher education: A theoretical review. *Pedagogika. Voprosy teorii i praktiki* [Pedagogy. Theory and Practice]. 2023. Vol. 8. No. 7. Pp. 761–770. DOI: 10.30853/ped20230111. (In Russian)

3. Политов А. Ю., Акжигитов Р. Р., Судариков К. А. Анализ моделей и инструментов предиктивной аналитики для анализа образовательных данных // Инновации. Наука. Образование. 2021. № 28. С. 1055–1065. EDN: SSBBWE

Politov A.Yu., Akzhigitov R.R., Sudarikov K.A. Analysis of predictive analytics models and tools for analyzing educational data. *Innovatsii. Nauka. Obrazovanie* [Innovations. Science. Education]. 2021. No. 28. Pp. 1055–1065. EDN: SSBBWE. (In Russian)

4. Salal Ya. Kh., Abdullaev S.M. Monitoring of the education quality and implementing of individual learning: demonstration of approaches and educational data mining algorithms. *Izvestiya SFedU. Engineering Sciences*. 2020. No. 3(213). Pp. 112–122. DOI: 10.18522/2311-3103-2020-3-112-122

5. Bunkar K. Educational data mining in practice literature review. *Journal of Advanced Research in Embedded System*. 2020. Vol. 7. Pp. 1–7. DOI: 10.24321/2395.3802.202001

6. Терентьев А. В. Методы и алгоритмы интеллектуального анализа данных в образовании // Вестник науки. 2024. Т. 4. № 5(74). С. 1545–1550.

Terentyev A.V. Methods and algorithms for data mining in education. *Vestnik nauki* [Science Bulletin]. 2024. Vol. 4. No. 5(74). Pp. 1545–1550. (In Russian)

7. Dol S. M., Jawandhiya P. M. Classification technique and its combination with clustering and association rule mining in educational data mining—A survey. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*. 2023. Vol. 122. P. 106071. DOI: 10.1016/j.engappai.2023.106071

8. Rabelo A., Rodrigues M.W., Nobre C.N., Isotani S. Educational data mining and learning analytics: A review of educational management in e-learning. *Information Discovery and Delivery*. 2024. Vol. 52. No. 2. Pp. 149–163. DOI: 10.1108/IDD-10-2022-0099

9. Bošnjaković N., Đurđević Babić I. Systematic review on educational data mining in educational gamification. *Tech Know Learn*. 2023. Vol. 21. Pp. 5–19. DOI: 10.1007/s10758-023-09686-2

10. Salloum S.A., Elnagar A., Shaalan K., Alshurideh M. Mining in educational data: review and future directions. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2020. Vol. 1153. Pp. 92–102. DOI: 10.1007/978-3-030-44289-7\_9

11. Andrade T., Rigo S., Barbosa J. Active methodology, educational data mining and learning analytics: a systematic mapping study. *Informatics in Education*. 2020. Vol. 20. No. 2. Pp. 171–204. DOI: 10.15388/infedu.2021.09

12. Ampadu Y.B. Handling big data in education: a review of educational data mining techniques for specific educational problems. *AI, Computer Science and Robotics Technology*. 2023. No. 13. DOI: 10.5772/ACRT.17

13. Попова Н. А., Егорова Е. С. Data mining в образовании: прогнозирование успеваемости учащихся // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. 2023. Т. 11. № 2(41). С. 9–10. DOI: 10.26102/2310-6018/2023.41.2.003

Popova N.A., Egorova E.S. Data mining in education: forecasting student performance. *Modelirovanie, optimizatsiya i informatsionnye tekhnologii* [Modeling, optimization and information technology]. 2023. Vol. 11. No. 2 (41). Pp. 9–10. DOI: 10.26102/2310-6018/2023.41.2.003. (In Russian)

14. Попова Н. А., Егорова Е. С. Интеллектуальный анализ образовательных данных для прогноза успеваемости студентов вуза // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 2(112). С. 18–29. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-2-112-18-29

Popova N.A., Egorova E.S. Intelligent analysis of educational data to forecast university students' academic performance. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 2(112). Pp. 18–29. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-2-112-18-29. (In Russian)

15. Kovalev S., Kolodenkova A., Muntyan E. Educational data mining: current problems and solutions. *2020 5th International Conference on Information Technologies in Engineering Education, Inforino 2020 – Proceedings*. Moscow, 14–17 апреля 2020 года. Moscow, 2020. P. 9111699. DOI: 10.1109/Inforino48376.2020.9111699

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Попова Наталия Александровна**, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Математическое обеспечение и применение ЭВМ», Пензенский государственный университет;

440026, Россия, г. Пенза, ул. Красная, 40;

popov.tasha@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9713-4897>, SPIN-код: 9358-8567

**Егорова Екатерина Сергеевна**, канд. экон. наук, доцент кафедры «Прикладная информатика», Пензенский государственный технологический университет;

440039, Россия, г. Пенза, проезд Байдукова/ул. Гагарина, 1а/11;

katepost@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0816-0944>, SPIN-код: 5624-6036

### Information about the authors

**Nataliya A. Popova**, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Mathematical Support and Computer Use, Penza State University;

440026, Russia, Penza, 40 Krasnaya street;

popov.tasha@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9713-4897>, SPIN-код: 9358-8567

**Ekaterina S. Egorova**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor of the Department of Applied Informatics, Penza State Technological University;

440039, Russia, Penza, 1a/11 Baidukova Passage/Gagarina street;

katepost@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0816-0944>, SPIN-код: 5624-6036

## Анализ вычислительной трудоемкости федеративных алгоритмов нейрокогнитивного управления имитационными феногенетическими моделями растений

М. А. Абазоков<sup>1</sup>, М. И. Анчёков<sup>1</sup>, К. Ч. Бжихатлов<sup>1</sup>, Ж. Х. Курашев<sup>1</sup>,  
З. В. Нагоев<sup>1</sup>, О. В. Нагоева<sup>✉2</sup>, А. А. Унагасов<sup>1</sup>, А. А. Хамов<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

<sup>2</sup>Институт информатики и проблем регионального управления –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

**Аннотация.** Целью исследования является разработка методологии создания гибридов хозяйственно полезных растений с заданным набором фенотипических свойств на основе применения методов универсального искусственного интеллекта для управления федеративными имитационными моделями вегетации. Основной задачей данной работы является анализ вычислительной трудоемкости основных алгоритмов функционирования и обучения нейрокогнитивных систем управления федеративными имитационными моделями вегетации растений при использовании вычислителей различных типов. В работе приведены результаты оценки времени выполнения цикла диспетчеризации в федеративной системе имитационного моделирования феногенетической динамики растений на последовательном и параллельном вычислителе.

**Ключевые слова:** универсальный искусственный интеллект, мультиагентные системы, нейрокогнитивное управление, селекция растений, экспрессия генов, анализ вычислительной трудоемкости, федеративные алгоритмы

Поступила 23.09.2024, одобрена после рецензирования 07.10.2024, принята к публикации 09.10.2024

**Для цитирования.** Абазоков М. А., Анчёков М. И., Бжихатлов К. Ч., Курашев Ж. Х., Нагоев З. В., Нагоева О. В., Унагасов А. А., Хамов А. А. Анализ вычислительной трудоемкости федеративных алгоритмов нейрокогнитивного управления имитационными феногенетическими моделями растений // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 107–128. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-107-128

MSC: 68T42

Original article

## Analysis of computational complexity of federated algorithms for neurocognitive control of imitation phenogenetic models of plants

M.A. Abazokov<sup>1</sup>, M.I. Anchekov<sup>1</sup>, K.Ch. Bzhikhatlov<sup>1</sup>, Zh.Kh. Kurashev<sup>1</sup>,  
Z.V. Nagoev<sup>1</sup>, O.V. Nagoeva<sup>✉2</sup>, A.A. Unagasov<sup>1</sup>, A.A. Khamov<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

<sup>2</sup>Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

**Abstract.** The aim of the study is to develop a methodology for creating hybrids of economically useful plants with a given set of phenotypic properties based on the use of universal artificial intelligence methods for managing federated simulation models of vegetation. The main objective of this work is to analyze the computational complexity of the main algorithms for the functioning and training of neurocognitive systems for managing federated simulation models of plant vegetation using computers of various types. The paper presents the results of estimating the execution time of the dispatching cycle in a federated system for imitation modeling of plant phenogenetic dynamics on a sequential and parallel computer.

**Keywords:** universal artificial intelligence, multi-agent systems, neurocognitive control, plant breeding, gene expression, computational complexity analysis, federated algorithms

*Submitted* 23.09.2024,

*approved after reviewing* 07.10.2024,

*accepted for publication* 09.10.2024

**For citation.** Abazokov M.A., Anchekov M.I., Bzhikhatlov K.Ch., Kurashev Zh.Kh., Nagoev Z.V., Nagoeva O.V., Unagasov A.A., Khamov A.A. Analysis of computational complexity of federated algorithms for neurocognitive control of imitation phenogenetic models of plants. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 107–128. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-107-128

## ВВЕДЕНИЕ

Необходимость повышения производительности и эффективности селекционных процессов определила существенный рост *актуальности* имитационного моделирования растений, их сообществ, феногенетической динамики и изменчивости, а также значительное увеличение интереса исследователей к этому междисциплинарному направлению в последнее десятилетие [1–7].

В [8] введена концепция коллаборативной селекционной системы на базе федеративных интеллектуальных агентов, управляющих процессами в системах автоматизации селекции и семеноводства.

В [9] предложено для имитационного моделирования феногенетических процессов в таких системах использовать интеллектуальных агентов на основе управляющих нейрокогнитивных архитектур, выполняющих функции акторов генетических алгоритмов в контуре многопоколенной оптимизации.

В [10] предложена концепция разработки имитационных моделей растений с помощью нейрокогнитивного управления поведением федеративной мультиагентной системы условных мезомасштабных агентов-клеток. В этой работе определены также подходы к разработке комплекса для автоматического сбора данных в интересах обучения интеллектуальных экспертных систем селекции и семеноводства на базе применения роботов для цифрового фенотипирования и доступной информации об особенностях геномов растений. Для обучения федеративной нейрокогнитивной системы управления имитационными моделями предложено использовать феногенетические параметры, связанные с процессами идентификации экспрессии генов растений.

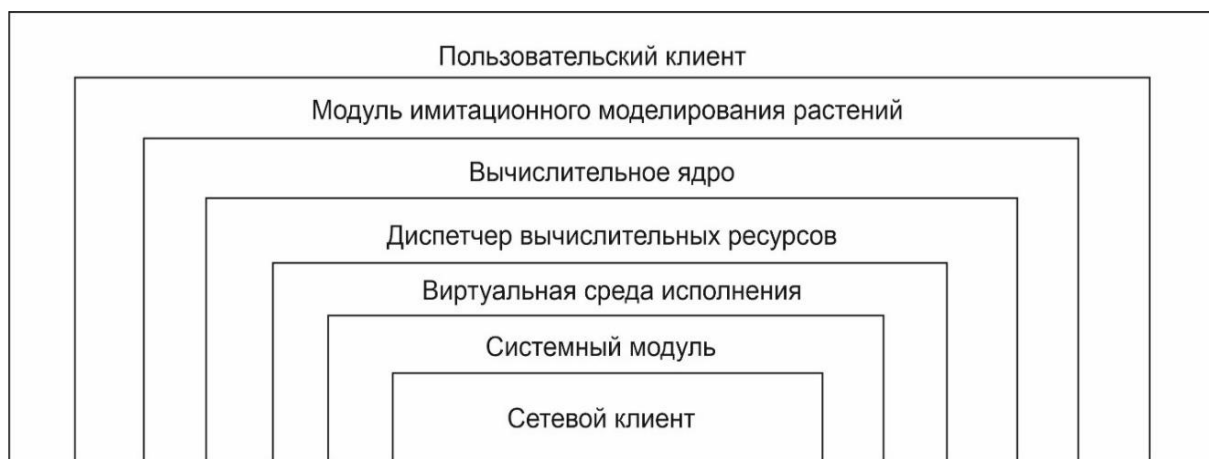
В [11] предложены нейрокогнитивные методы и алгоритмы обучения интеллектуальных информационно-управляющих систем в социальной коммуникативной среде, которые могут быть применены для интерактивного пополнения децентрализованной базы знаний федеративной системы имитационного моделирования растений и их феногенетических свойств.

Настоящая работа развивает идеи вышеуказанных исследований, направленных на создание и применение распределенных мультиагентных имитационных моделей процессов вегетации растений на основе систем универсального искусственного интеллекта в интересах управления процессами синтеза гибридов хозяйственно полезных растений с заданным набором фенотипических свойств, в части исследования возможностей организации вычислений, необходимых для обеспечения работы этих нетривиальных моделей.

В [10] отмечается, что федеративные мультиагентные имитационные модели растений могут включать в себя миллиарды синхронно функционирующих программных агентов, что определяет высокие требования к выбору алгоритмов, вычислителям и способам организации взаимодействия между агентами. В данной работе исследуется трудоемкость федеративных алгоритмов нейрокогнитивного синтеза законов управления поведением агентов-клеток с учетом вариантов реализации системы на базе вычислителей различной конфигурации.

#### 1. ВЫЧИСЛИТЕЛЬНАЯ АРХИТЕКТУРА И ЛОГИЧЕСКАЯ ОРГАНИЗАЦИЯ ФЕДЕРАТИВНОЙ СИСТЕМЫ ИМИТАЦИОННОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ФЕНОГЕНЕТИЧЕСКОЙ ДИНАМИКИ РАСТЕНИЙ

Федеративная система имитационного моделирования вегетации растений строится на базе комплекса распределенного программного обеспечения для организации децентрализованных вычислений и удаленного доступа селекционеров к утилитам создания и обучения интеллектуальных агентов-клеток под управлением нейрокогнитивных архитектур. Программная архитектура комплекса показана на рис. 1.

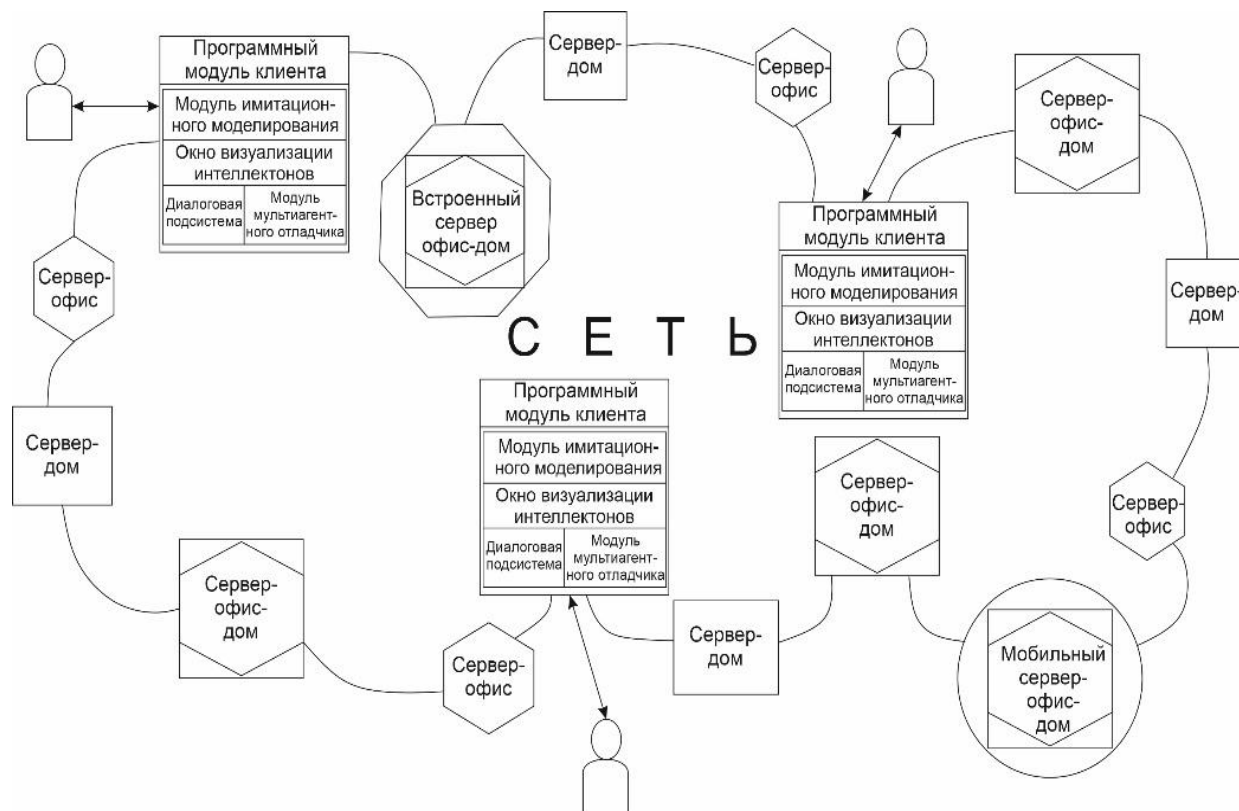


**Рис. 1.** Архитектура программного комплекса имитационного моделирования феногенетической динамики растений

**Fig. 1.** Architecture of the software package for simulation modeling of plant phenogenetic dynamics

Целесообразность применения федеративной системы, состоящей из интеллектуальных нейрокогнитивных агентов, определяется возможностями интенсификации процесса приобретения этими агентами знаний за счет параллельного обучения имитационных моделей различных растений с учетом локально генерируемых экспериментальных данных и интерактивного обучения.

Главная цель модульной организации системы состоит в реализации возможности автономной балансировки вычислительной нагрузки между децентрализованными последовательно-параллельными вычислителями. На рис. 2 дана структурно-функциональная схема распределенной организации хранения и применения федеративных интеллектуальных программных агентов на базе нейрокогнитивной архитектуры.



**Рис. 2.** Структурно-функциональная схема федеративной системы имитационного моделирования феногенетической динамики растений

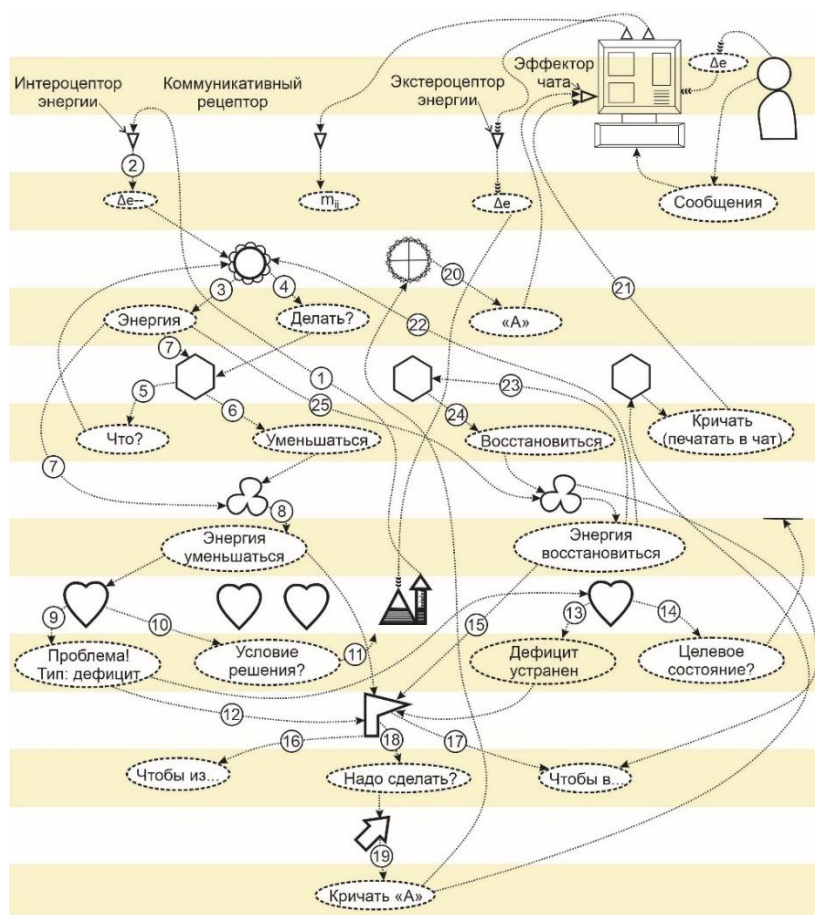
**Fig. 2.** Structural and functional diagram of the federated system of simulation modeling of phenogenetic dynamics of plants

Из рисунка следует, что нейрокогнитивные агенты базируются на логических серверах, представляющих собой специализированные функциональные узлы глобальной сети. Интеллектуальные агенты используют специфическую метафору хранения и применения. Логические сервера, применяемые для реализации задач назначения, называются *серверами-офисами*. Логические сервера, на которых хранятся, называются *серверами-домами*.

## 2. УПРАВЛЯЮЩИЕ НЕЙРОКОГНИТИВНЫЕ АРХИТЕКТУРЫ АГЕНТОВ-КЛЕТОК В СОСТАВЕ ФЕДЕРАТИВНОЙ ИМИТАЦИОННОЙ МОДЕЛИ И ОСНОВНЫЕ АЛГОРИТМЫ ИХ РАБОТЫ

Схема логической организации базового интеллектуального нейрокогнитивного агента (*интеллектона*), управляющего поведением имитационной модели условной мезомасштабной клетки растения [10], дана на рис. 3.

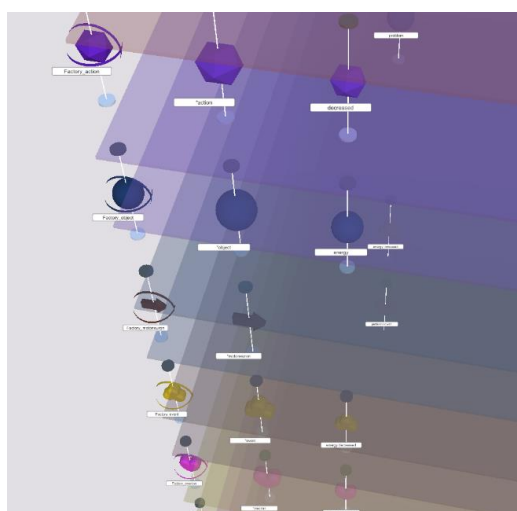




**Рис. 3.** Базовая архитектура нейрокогнитивного интеллектуального агента

**Fig. 3.** Basic architecture of a neurocognitive intelligent agent

Прототип такого агента в системе трехмерной визуализации представлен на рисунке 4.



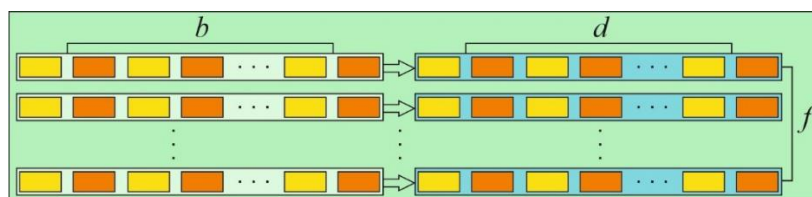
**Рис. 4.** Визуализация нейрокогнитивного интеллектуального агента

**Fig. 4.** Visualization of a neurocognitive intelligent agent

Нейрокогнитивная архитектура – это метафора проектирования интеллектуальных агентов, обладающих возможностями самостоятельного поиска (*идентификации*) проблем универсального спектра и построения их решений (*онтологизации*) с помощью т.н. *n-функций*,

задающих отображения между множествами состояний агентов-нейронов (*агнейронов*), действующих в функциональных узлах когнитивной архитектуры [12]. Такие агнейроны, выполняющие распознавание входных сигналов, формирование состояний на их основе, построение оценок этих состояний, выбор субоптимальных целей и синтез планов действий, изображены на рис. 4 в виде объемных фигур различной формы в отдельных слоях трехмерной визуализации интеллектуального агента.

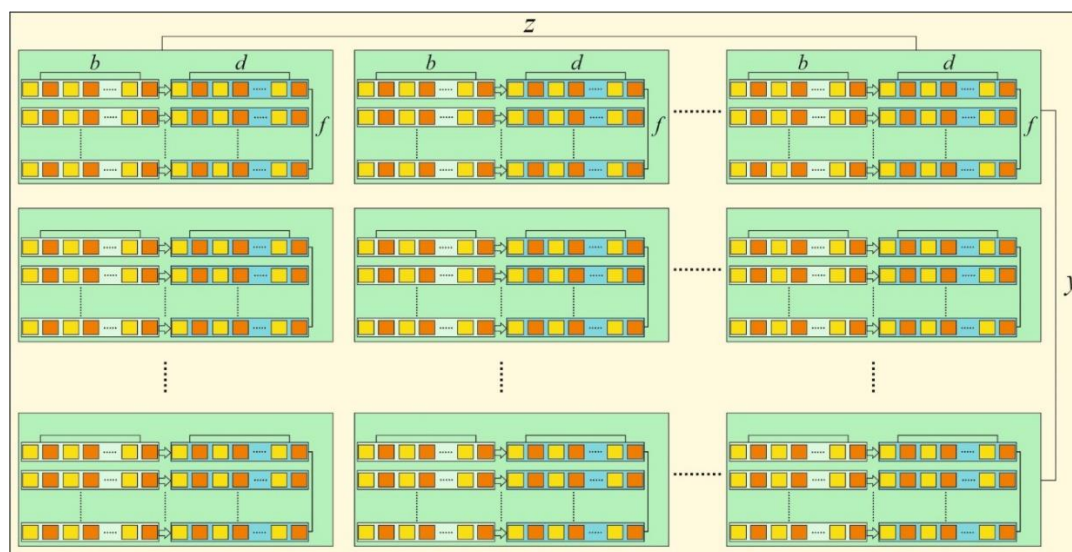
Сами агнейроны в свою очередь управляются внутренними когнитивными архитектурами, состоящими из т.н. акторов – процедурных агентов, не имеющих собственных целевых функций. Алгоритм работы акторов задается базами знаний, содержащими продукционные правила, структура которых приведена на рис. 5.



**Рис. 5.** Схема организации базы знаний актора

**Fig. 5.** Scheme of organization of the actor's knowledge base

Акторы в составе когнитивной архитектуры агнейрона также организованы в функциональные узлы различной специализации – акторкогнитоны (рис. 6).



**Рис. 6.** Акторы в составе когнитивной архитектуры агнейрона

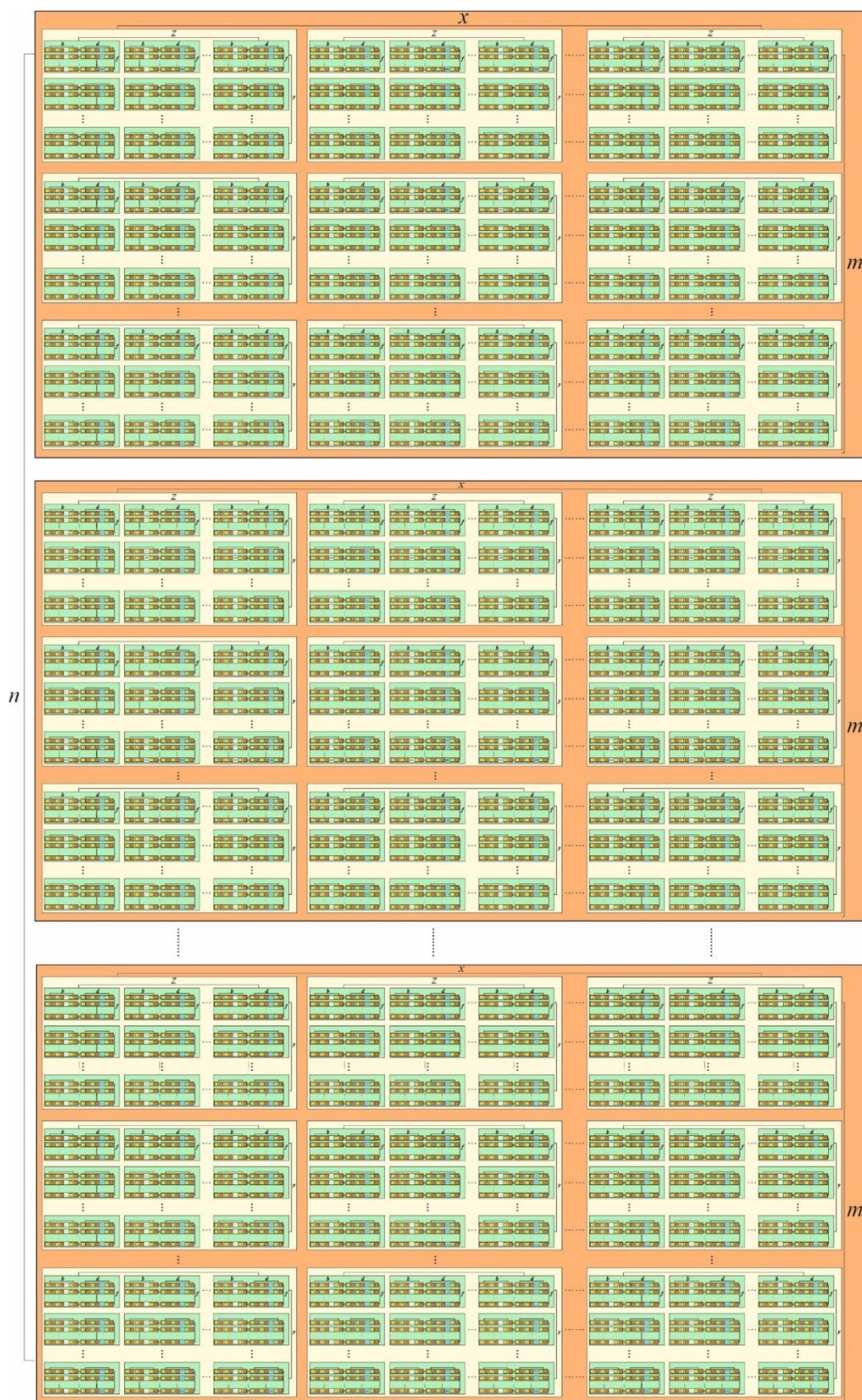
**Fig. 6.** Actors in the cognitive architecture of the agneuron

Прохождение сигналов через последовательность  $n$ -отображений, имитирующих рост и деградацию аксо-дендрональных связей (т.н. алгоритм *онтонейроморфогенеза*) между агнейронами, задает пространство альтернатив и представление критериев выбора субоптимального плана действий, направленного на имитацию поведения условной мезомасштабной модели клетки растения [10].

На рис. 3 агнейроны в функциональных узлах разных уровней когнитивной архитектуры показаны двумерными пиктограммами различных форм.

На рис. 7 приведено схематическое изображение нейрокогнитивной архитектуры интеллектуального агента с разметкой количества структурных элементов, которую в дальнейшем используем для анализа вычислительной трудоемкости нейрокогнитивных алгоритмов.





**Рис. 7.** Нейрокогнитивная архитектура интеллектуального агента

**Fig. 7.** Neurocognitive architecture of an intelligent agent

Приведем фрагмент нейрокогнитивного алгоритма идентификации. В этом алгоритме используется обозначение н-отображения, где аргументы в скобках представляют сообщения агнейронов из предыдущего функционального узла (когнитона) когнитивной архитектуры, результат выполнения функции, расположенный слева от знака равенства, – сообщения агнейронов текущего когнитона, нижние индексы указывают на агнейронов – отправителей входных сообщений, а верхние соответственно – выходных сообщений:

$$\begin{aligned}
Y_{R^A}^{ijk1} &= H_{K_{1R^O}^{ijk}}^{K_{1R^A}^{ijk}}(Y_{R^O}^{ijk1}), Y_{R^O}^{ijk1} = H_{K_{1R^A}^{ijk}}^{K_{1R^O}^{ijk}}(Y_{R^A}^{ijk1}), Y_{R^V}^{ijk1} = H_{K_{1R^O}^{ijk}, K_{1R^A}^{ijk}}^{K_{1R^V}^{ijk}}(Y_{R^O}^{ijk1}, Y_{R^A}^{ijk1}), \\
Y_E^{ijk2} &= H_{K_{1R^V}^{ijk}}^{K_{2E}^{ijk}}(Y_{R^V}^{ijk1}), Y_{R^V}^{ijk1} = H_{K_{2E}^{ijk}}^{K_{1R^V}^{ijk}}(Y_E^{ijk2}), Y_C^{ijk8} = H_{K_{2E}^{ijk}}^{K_{8C}^{ijk}}(Y_E^{ijk2}), Y_E^{ijk2} = H_{K_{8C}^{ijk}}^{K_{2E}^{ijk}}(Y_C^{ijk8}), \\
Y_N^{ijk9} &= H_{K_{2E}^{ijk}}^{K_{9N}^{ijk}}(Y_E^{ijk2}), Y_E^{ijk2} = H_{K_{9N}^{ijk}}^{K_{2E}^{ijk}}(Y_N^{ijk9}), Y_C^{ijk8} = H_{K_{9N}^{ijk}}^{K_{8C}^{ijk}}(Y_N^{ijk9}), Y_N^{ijk9} = H_{K_{8C}^{ijk}}^{K_{9N}^{ijk}}(Y_C^{ijk8}), \\
Y_B^{ijk7} &= H_{K_{8C}^{ijk}}^{K_{7B}^{ijk}}(Y_C^{ijk8}), Y_C^{ijk8} = H_{K_{7B}^{ijk}}^{K_{8C}^{ijk}}(Y_B^{ijk7}), Y_G^{ijk6} = H_{K_{7B}^{ijk}}^{K_{6G}^{ijk}}(Y_B^{ijk7}), Y_B^{ijk7} = H_{K_{6G}^{ijk}}^{K_{7B}^{ijk}}(Y_G^{ijk6}), \\
Y_G^{ijk6} &= H_{K_{2E}^{ijk}}^{K_{6G}^{ijk}}(Y_E^{ijk2}), Y_E^{ijk2} = H_{K_{6G}^{ijk}}^{K_{2E}^{ijk}}(Y_G^{ijk6}), Y_E^{ijk2} = H_{K_{2E}^{ijk}}^{K_{2E}^{ijk}}(Y_E^{ijk2}), \\
Y_{R^V}^{ijk1} &= H_{K_{2E}^{ijk}}^{K_{1R^V}^{ijk}}(Y_E^{ijk2}), Y_S^{ijk3} = H_{K_{1R^V}^{ijk}}^{K_{3S}^{ijk}}(Y_{R^V}^{ijk1}), Y_{R^V}^{ijk1} = H_{K_{3S}^{ijk}}^{K_{1R^V}^{ijk}}(Y_S^{ijk3}), \\
Y_E^{ijk1} &= H_{K_{3S}^{ijk}, K_{1R^V}^{ijk}}^{K_{1E}^{ijk}}(Y_S^{ijk3} \cup Y_{R^V}^{ijk1}), Y_G^{ijk6} = H_{K_{2E}^{ijk}, K_{1R^V}^{ijk}}^{K_{6G}^{ijk}}(Y_E^{ijk2}, Y_{R^V}^{ijk1}), \\
Y_M^{ijk4} \cup Y_{R^V}^{ijk1} &= H_{K_{6G}^{ijk}}^{K_{4M}^{ijk} \cup K_{1R^V}^{ijk}}(Y_G^{ijk6}), Y_G^{ijk6} = H_{K_{3S}^{ijk} \cup K_{1R^V}^{ijk}}^{K_{6G}^{ijk}}(Y_S^{ijk3} \cup Y_{R^V}^{ijk1}), \\
Y_S^{ijk3} &= H_{K_{6G}^{ijk}}^{K_S^{ijk3}}(Y_G^{ijk6}), Y_G^{ijk6} = H_{K_{3S}^{ijk}}^{K_G^{ijk6}}(Y_S^{ijk3}), Y_G^{ijk6} = H_{K_{3S}^{ijk}, K_{4M}^{ijk}, K_{1R^V}^{ijk}}^{K_{6G}^{ijk}}(Y_S^{ijk3}, Y_M^{ijk4}, Y_{R^V}^{ijk1}), \\
Y_P^{ijk5} &= H_{K_{6G}^{ijk}}^{K_{5P}^{ijk}}(Y_G^{ijk6}), Y_G^{ijk6} = H_{K_{5P}^{ijk}}^{Y_G^{ijk6}}(Y_P^{ijk5}), Y_G^{ijk6} = H_{K_{5P}^{ijk}, K_{4M}^{ijk}, K_{1R^V}^{ijk}}^{K_{6G}^{ijk}}(Y_P^{ijk5}, Y_M^{ijk4}, Y_{R^V}^{ijk1}), \\
Y_B^{ijk7} &= H_{K_{6G}^{ijk}, K_{4M}^{ijk}, K_{1R^V}^{ijk}}^{K_{7B}^{ijk}}(Y_G^{ijk6}, Y_M^{ijk4}, Y_{R^V}^{ijk1}), Y_C^{ijk8} = H_{K_{7B}^{ijk}}^{K_{8C}^{ijk}}(Y_B^{ijk7}), Y_N^{ijk9} = H_{K_{8C}^{ijk}}^{K_{9N}^{ijk}}(Y_C^{ijk8}).
\end{aligned}$$

Для организации процесса работы нейрокогнитивных алгоритмов интеллектуального агента принципиальное значение имеет выбор архитектуры аппаратного вычислителя. В данной работе трудоемкость этих алгоритмов исследовалась с помощью последовательного вычислителя на базе классической фоннеймановской архитектуры и параллельных SIMD-вычислителей на основе GPGPU, интегрированных в видеокарты RTX 4090 компании NVIDIA с использованием интерфейса CUDA.

### 3. АНАЛИЗ ТРУДОЕМКОСТИ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫХ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ

Листинг алгоритма диспетчеризации сообщений нейрокогнитивной архитектуры на псевдокоде приведен на рис. 8.

<b>for</b> $i=1$ <b>to</b> $n$	// По всем $n$ интеллектуальным агентам	$n$
<b>for</b> $j=1$ <b>to</b> $m$	// По всем $m$ нейрокогнитонам в каждом агенте	$nm$
<b>for</b> $k=1$ <b>to</b> $x$	// По всем $x$ агнейронам в каждом нейрокогнитоне	$nm x$
<b>for</b> $l=1$ <b>to</b> $y$	// По всем $y$ акторкогнитонам в каждом агнейроне	$nm x y$
<b>for</b> $q=1$ <b>to</b> $z$	// По всем $z$ акторам в каждом акторкогнитоне	$nm x y z$
<b>for</b> $g=1$ <b>to</b> $f$	// По всем $f$ правилам базы знаний актора	$nm x y z f$
$fl=true;$ <b>for</b> $h=1$ <b>to</b> $b$	// По всем $b$ клаузам в антецедентной части знания	$nm x y z f$ $nm x y z f$
$\text{if } m\_in \neq m\_fl=false;$ <b>break</b>	// Идентифицировать входы	$nm x y z f b$
<b>If</b> $fl=true$	// По всем клаузам $d$ в консеквентной части знания	$nm x y z f d$
<b>for</b> $o=1$ <b>to</b> $d$ $send(mes\_)$	// Разослать сообщения контрагентам-акторам	$2nm x y z f d$
<b>for</b> $t=1$ <b>to</b> $x$ $send(agn\_mes\_)$	// Разослать сообщения контрагентам-агнейронам	$nm x^2$
<b>for</b> $t=1$ <b>to</b> $n$ $send(IA\_mes\_)$	// Разослать сообщения интеллектуальным агентам	$n^2$

**Рис. 8.** Алгоритм диспетчеризации сообщений между интеллектуальными нейрокогнитивными агентами, агнейронами и акторами в их составе

**Fig. 8.** Algorithm for dispatching messages among intelligent neurocognitive agents, agneurons and actors in their composition

Время выполнения алгоритма на последовательном вычислителе:

$$T(n, m, x, y, z, f, b, d) = n + nm + nm x + nm x y + nm x y z + 3nm x y z f + nm x y z f b + 3nm x y z f d + nm x^2 + n^2$$

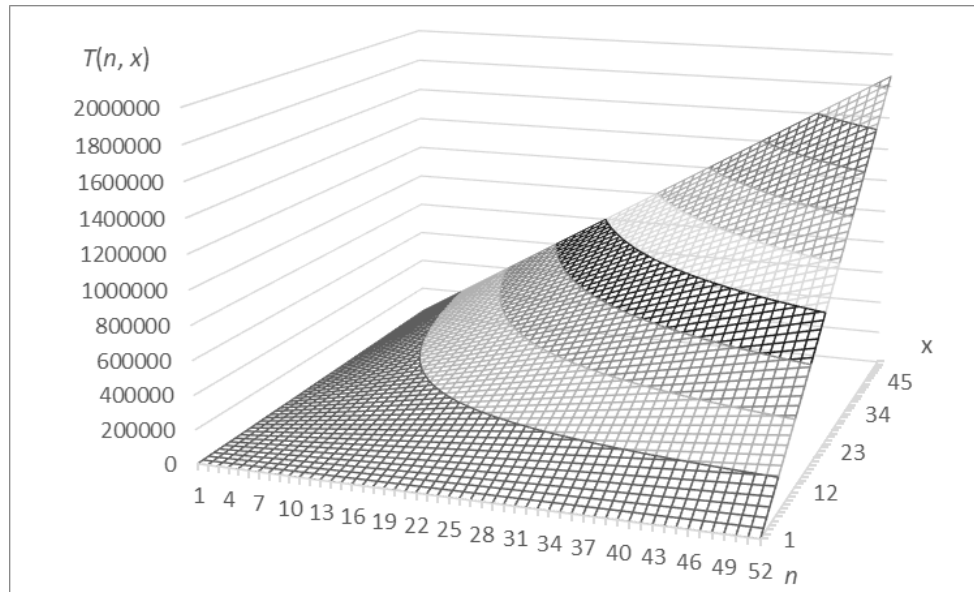
в худшем случае. В силу того, что число нейрокогнитонов  $m$ , число акторкогнитонов  $y$ , число знаний в базах акторов  $f$  – константы, время выполнения оценивается как

$$T(n, x, z, b, d) = O(n^2 + nx^2 + nxzb + nxzd + nxz + nx + n).$$

Так как акторы обмениваются сообщениями только с акторами из того же агнейрона, где находятся они сами, число клауз  $b$  в антецедентной части и  $d$  – в консеквентной части продукции в базе знаний актора в худшем случае оцениваются как  $b = d = O(yz)$ . Опуская константу  $y$ , уточняем оценку:

$$T(n, x, z) = O(n^2 + nx^2 + nxz^2 + nxz + nx + n).$$

На рис. 9 приведено представление данных, полученных в результате эксперимента с последовательным увеличением количества агентов и акторов.

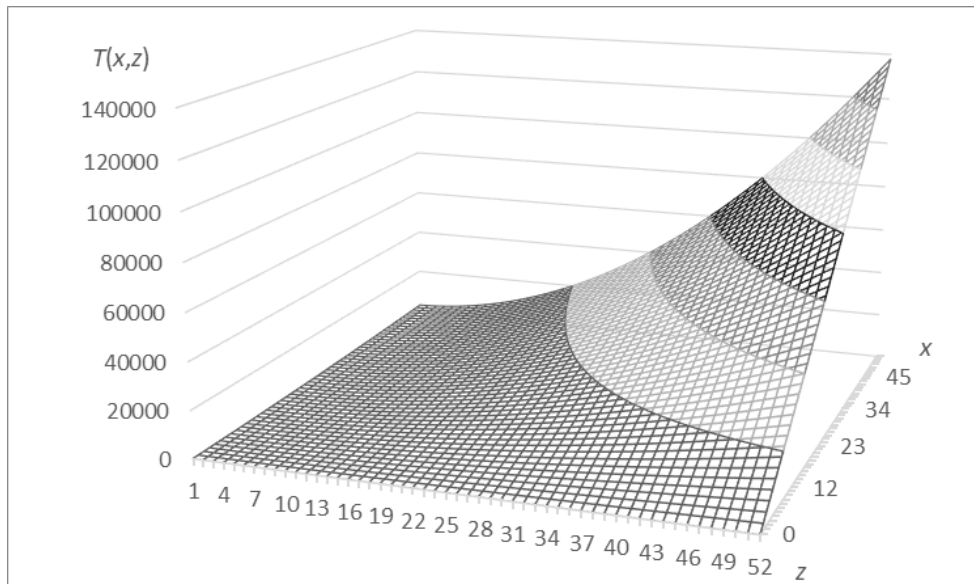


**Рис. 9.** График значений времени выполнения прохода по циклам диспетчеризации сообщений федеративной системы

**Fig. 9.** Graph of execution time values for passing through message dispatch cycles of a federated system

Оценка времени выполнения одного прохода по инварианту нейрокогнитивной архитектуры одного интеллектуального агента (рис. 10):

$$T(x, z) = O(x^2 + xz^2 + xz + x).$$



**Рис. 10.** График значений времени выполнения прохода по циклам диспетчеризации сообщений интеллектуального агента

**Fig. 10.** Graph of execution time values for passing through the message dispatching cycles of an intelligent agent

Выше рассчитано время выполнения одного прохода по когнитивной архитектуре агента, нейрокогнитивной архитектуре интеллектуального агента и всей федеративной системе. Для того чтобы оценить время выполнения алгоритмов онтологизации, идентификации и решения, необходимо время выполнения одного прохода умножить на количество проходов  $k$ , необходимых для выполнения этих алгоритмов. Количество проходов складывается из количества когнитонов (в агентах)  $y$  или нейрокогнитонов (в интеллектуальном агенте)  $m$ , умноженного на количество дуг  $a$  в самом длинном из путей, описывающих ситуации и планы в графе решения проблемы:  $k = ma$ . Такое предположение вытекает из условия, что для синтеза одной дуги требуется полный проход по всем когнитонам (последовательным функциональным узлам в конвейере вычислителя – инварианте когнитивной архитектуры).

Максимальное количество дуг ограничено памятью. Так как дуги запоминаются (такая память организована) с помощью агентов в когнитонах мотонейронов, то при условии, что одна дуга, представляемая одним конкретным агентом из этого когнитона, входит в данный путь не более одного раза, максимальное количество дуг в этом пути в худшем случае ограничено количеством таких агентов в этом когнитоне. Это количество для расчетов в худшем случае принимаем равным количеству акторов в наибольшем из когнитонов:  $a = O(z)$ .

В силу того, что, как уже было указано выше, количество когнитонов в агентах  $y$ , равно как и количество нейрокогнитонов в интеллектоне  $m$ , – величины фиксированные, в произведениях, описывающих время выполнения, можем ими пренебречь. Поэтому время выполнения оценивается как произведение времени выполнения одного прохода на длину пути (на максимальный размер когнитона) в худшем случае. Если параметризовать выражение для оценки времени выполнения одного прохода цикла диспетчеризации сообщений, в явном виде выделив в его составе время выполнения циклов вычислений в интеллектуальных агентах и в агентах, получим:

$$\begin{aligned} T(n, m, x, y, z, f, b, d) &= n + nT(m, x, y, z, f, b, d), \\ T(m, x, y, z, f, b, d) &= m + mxT(x, y, z, f, b, d) + n, \\ T(x, y, z, f, b, d) &= y + yzT(z, f, b, d) + x, \\ T(z, f, b, d) &= 3f + fb + 3fd. \end{aligned}$$

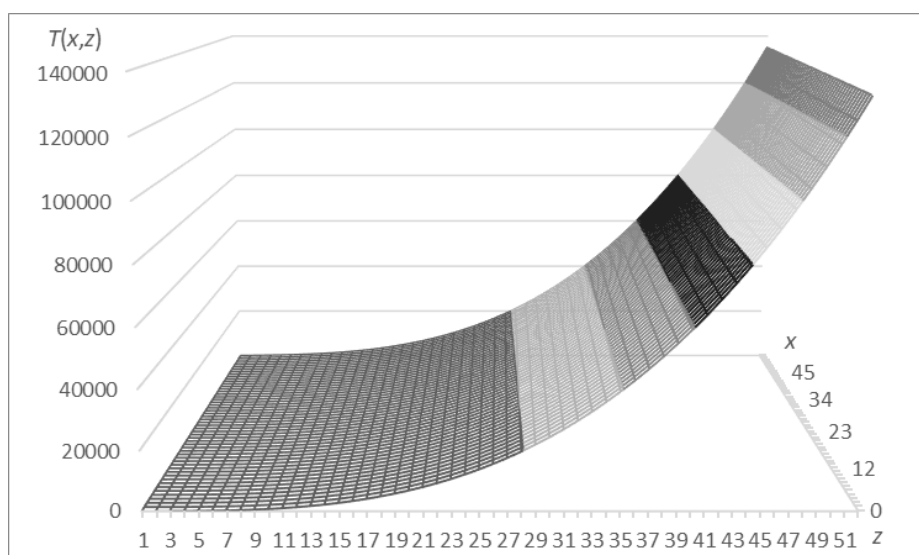
Учитывая вышеприведенные соображения относительно значений  $b$  и  $d$  в худшем случае, а также констант и величин низших порядков, которыми можно пренебречь, получаем:

$$\begin{aligned} T(n, m, x, y, z, f, b, d) &= n + nT(m, x, y, z, f, b, d) = O(n^2 + nx^2 + nxz^2 + n), \\ T(m, x, y, z, f, b, d) &= T(n, x, z) = m + mxT(x, y, z, f, b, d) + n = O(xz^2 + x^2 + n), \\ T(x, y, z, f, b, d) &= T(x, z) = y + yzT(z) + x = O(z^2 + x), \\ T(z, f, b, d) &= T(z) = O(z), b = d = O(z). \end{aligned}$$

Тогда время выполнения алгоритмов онтологизации, идентификации и решения проблем агента на локальном последовательном вычислителе оцениваем как (рис. 11):

$$T(x, z) = O(z^3 + xz).$$



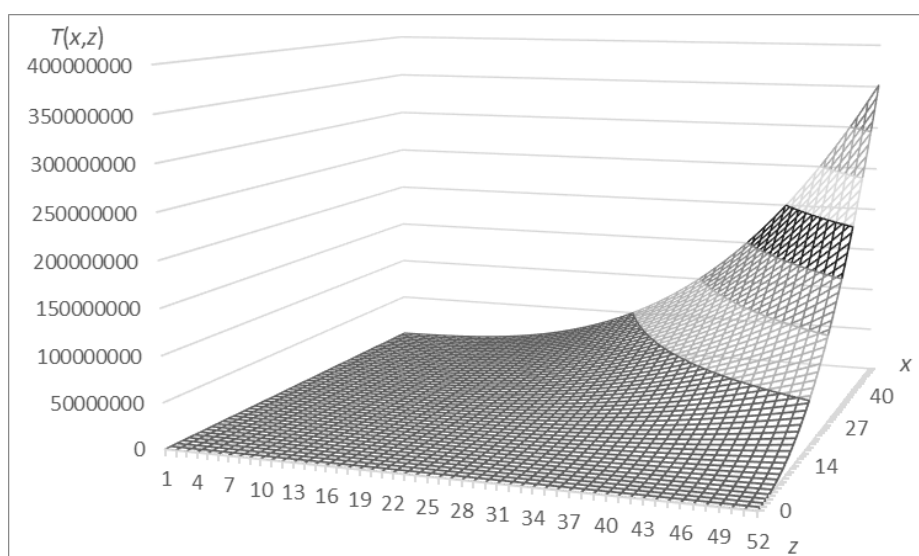


**Рис. 11.** График значений времени выполнения основных нейрокогнитивных алгоритмов агнейроном на последовательном вычислителе

**Fig. 11.** Graph of execution time values of the main neurocognitive algorithms by agneuron on a sequential computer

Время выполнения этих алгоритмов (на своем уровне) интеллектуальным агентом оцениваем как (рис. 12):

$$T(n, x, z) = O(x^3z + x^2z^3 + xn).$$



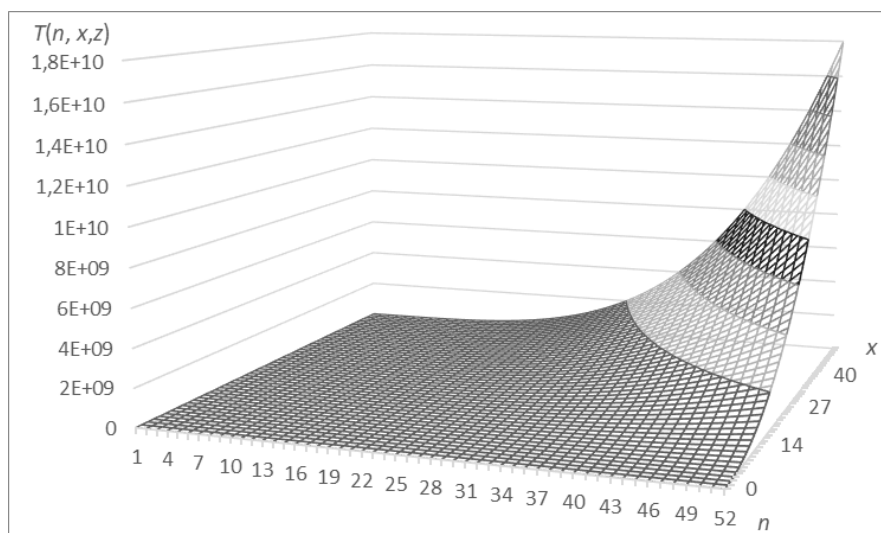
**Рис. 12.** График значений времени выполнения основных нейрокогнитивных алгоритмов интеллектуальным агентом на последовательном вычислителе

**Fig. 12.** Graph of execution time values of the main neurocognitive algorithms by an intelligent agent on a sequential computer

Время выполнения соответствующих алгоритмов федеративной системой интеллектуальных агентов оцениваем как (рис. 13):

$$T(n, m, x, y, z, f, b, d) = O(xn^2 + nx^3z + nx^2z^3 + n),$$



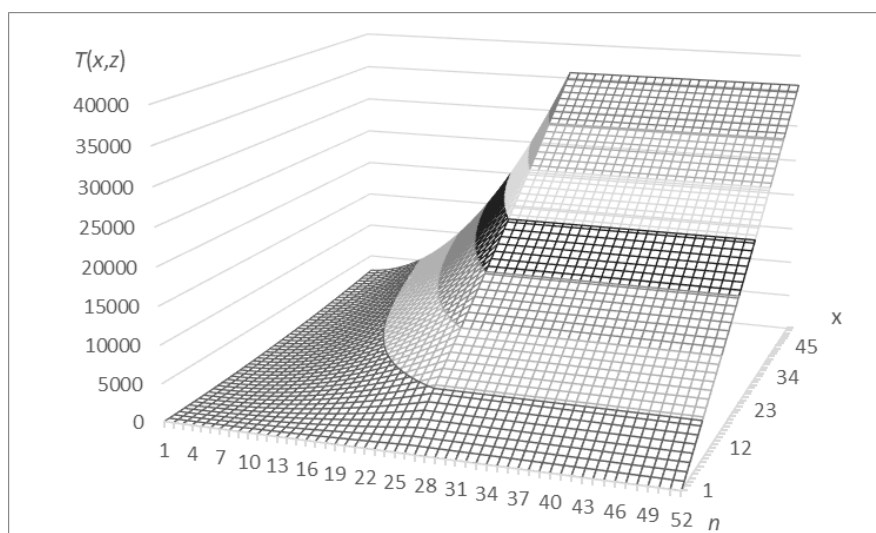


**Рис. 13.** График значений времени выполнения основных нейрокогнитивных алгоритмов федеративной системой на последовательном вычислителе

**Fig. 13.** Graph of execution time values of the main neurocognitive algorithms of the federated system on a sequential computer

Полученные оценки выполнены исходя из предположения, что в худшем случае на вход актора за один цикл диспетчеризации сообщений приходит не более одного сообщения от одного из контракторов в составе агнейрона. Мы считаем, что если таких сообщений больше, они теряются, так как емкость входного буфера ограничена.

Дальнейший анализ времени выполнения учитывает свойства  $n$ -отображения, связанные с избирательным формированием списка контрагентов (контракторов) на прием и отправку сообщений. Благодаря такой избирательности время выполнения алгоритмов обработки и формирования рассылок и у акторов, и у агнейронов меняет характер существенным образом (рис. 14).



**Рис. 14.** График значений времени выполнения основных нейрокогнитивных алгоритмов федеративной системой на последовательном вычислителе при ограниченном количестве акторов в акторкогнитонах в худшем случае

**Fig. 14.** Graph of execution time values of the main neurocognitive algorithms of a federated system on a sequential computer with a limited number of actors in actorcognitons in the worst case

Такое изменение наступает, так как при применении  $n$ -отображений сомножители, обозначающие количество сообщений от контрагентов и контрагентам, – на входе и на выходе – становятся фиксированными величинами, которыми можно пренебречь.

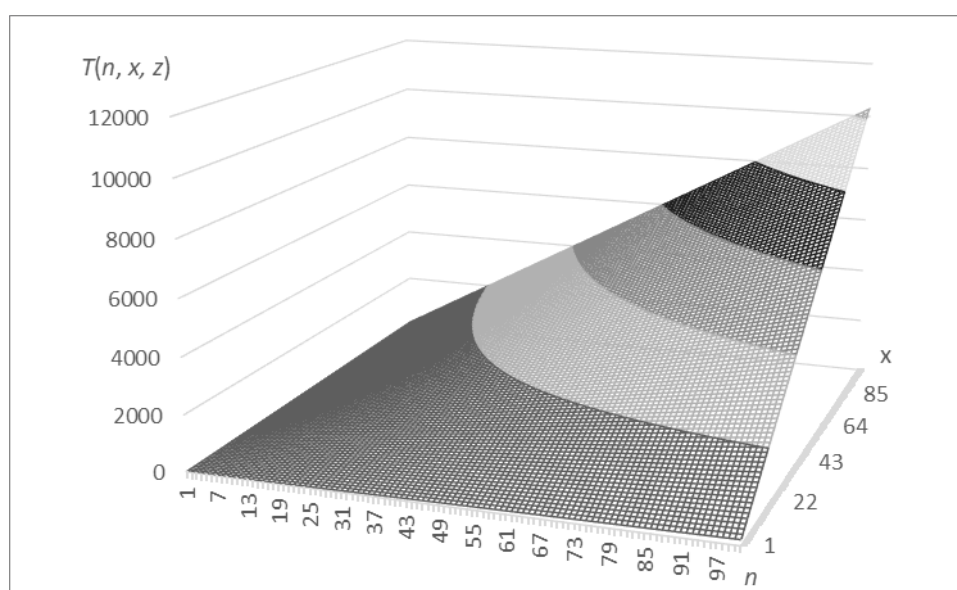
Так как вероятность существования пути в графе решения проблемы, состоящего из всех известных агенту действий и имеющего содержательный смысл, равна нулю, на практике такой случай не встречается. Худшим является случай, когда в когнитоне отсутствуют агенты, представляющие искомое действие. Так как эта ситуация является, напротив, весьма вероятной, агент в случае превышения некоторого фиксированного времени ожидания в такой ситуации принимает решение выполнить некоторое действие по умолчанию либо открыть новую задачу, решение которой направлено на приобретение недостающего знания. Второй случай в данной работе мы не рассматриваем, а в первом время выполнения алгоритма поиска пути фиксированное. Отсюда следует, что можно считать фиксированными все сомножители, обозначающие длины путей в графах решений агентов и интеллектуальных агентов, что позволяет улучшить оценки (рис. 15):

$$T(n, m, x, y, z, f, b, d) = n + nO(xz + n) = O(n^2 + nxz),$$

$$T(m, x, y, z, f, b, d) = T(n, x, z) = m + mxO(z) + n = O(xz + n),$$

$$T(x, y, z, f, b, d) = T(x, z) = y + yz\theta(1) + \theta(1) = O(z),$$

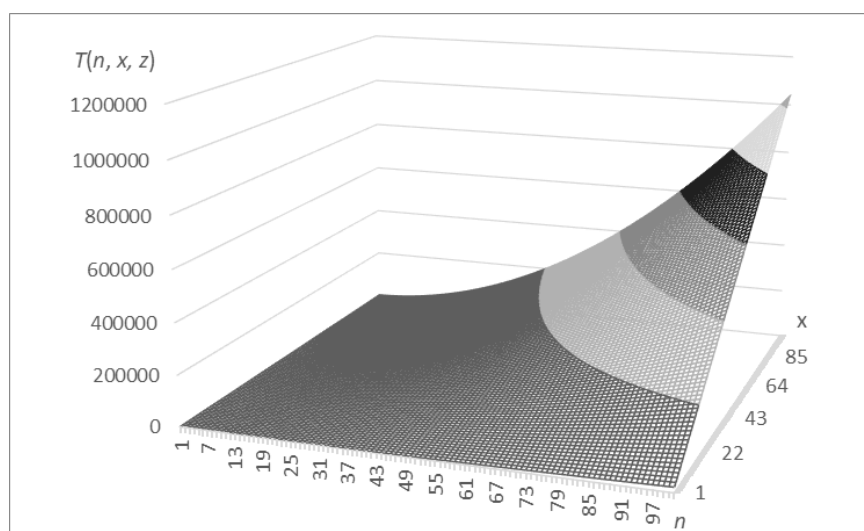
$$T(z, f, b, d) = T(z) = \theta(1).$$



**Рис. 15.** График значений времени выполнения основных нейрокогнитивных алгоритмов интеллектуальным агентом на последовательном вычислителе при ограничениях на пространство альтернатив

**Fig. 15.** Graph of execution time values of the main neurocognitive algorithms by an intelligent agent on a sequential computer under constraints on the space of alternatives

Для всей федеративной системы интеллектуальных агентов оценка, соответственно, также улучшается (рис. 16).



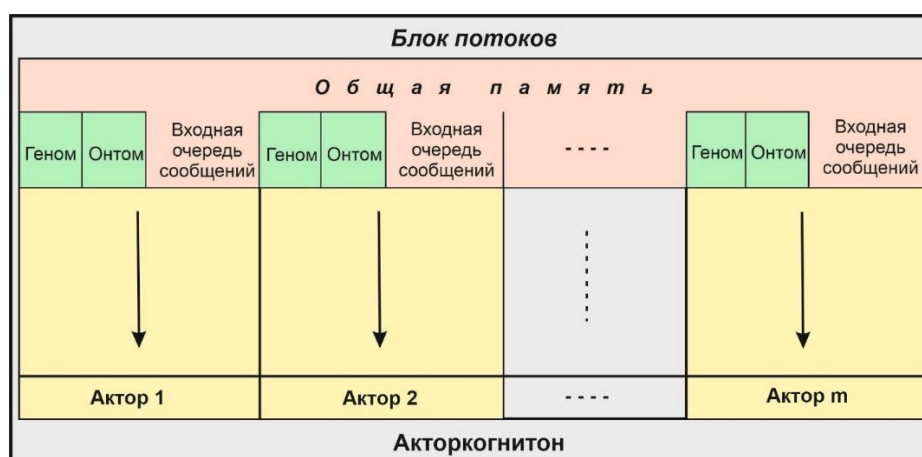
**Рис. 16.** График значений времени выполнения основных нейрокогнитивных алгоритмов федеративной системой на последовательном вычислителе при ограничениях на пространство альтернатив

**Fig. 16.** Graph of execution time values of the main neurocognitive algorithms of a federated system on a sequential computer with constraints on the space of alternatives

С учетом характера полученных оценок и порядков числа агнейронов, акторов и интеллектуальных агентов, необходимых для решения прикладных задач, реализация основных нейрокогнитивных алгоритмов на локальном последовательном вычислителе представляется бесперспективной, что подтверждается проведенными экспериментами.

#### 4. АНАЛИЗ ТРУДОЕМКОСТИ ПАРАЛЛЕЛЬНОЙ РЕАЛИЗАЦИИ НЕЙРОКОГНИТИВНЫХ АЛГОРИТМОВ НА БАЗЕ ВЫЧИСЛИТЕЛЕЙ GPGPU ПОД УПРАВЛЕНИЕМ ИНТЕРФЕЙСА CUDA

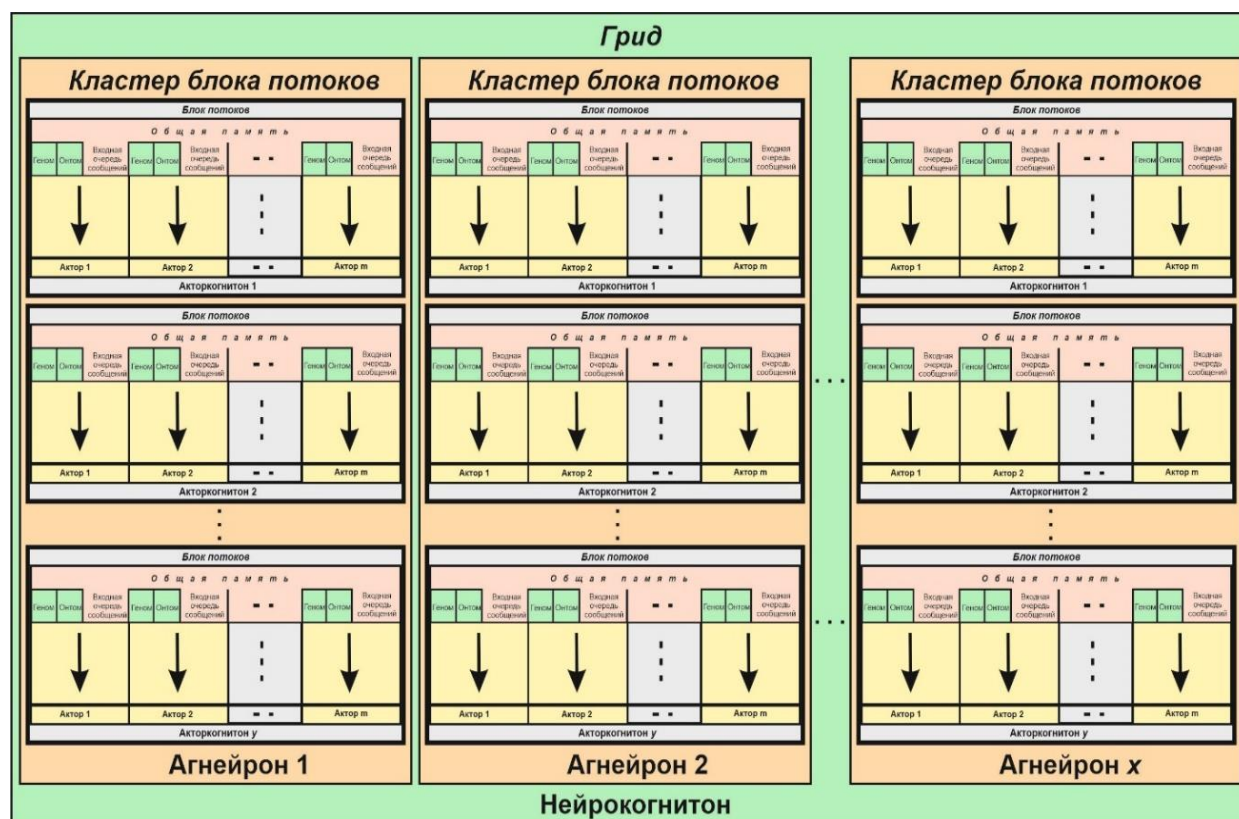
Исходя из атомарного характера операций сравнения и отправки сообщений, выполняемых в антецедентной и консеквентной частях продукционного правила базы знаний, в качестве минимального элемента реализации интеллектуального нейрокогнитивного агента, управляющего имитационной моделью феногенетической динамики растения, рассчитываемого на отдельном потоке CUDA, целесообразно выбрать отдельный актор (рис. 17).



**Рис. 17.** Схема распределения акторов и акторкогнитонов в составе агнейрона нейрокогнитивной архитектуры по потокам и блокам потоков CUDA

**Fig. 17.** Scheme of distribution of actors and actorcognitons in the composition of the agneuron of the neurocognitive architecture by threads and blocks of CUDA threads

Блок потоков CUDA поставим в соответствие акторкогнитону, а кластер блоков потоков – агнейрону (рис. 18).



**Рис. 18.** Схема распределения агнейронов и нейрокогнитонов по уровням вычислительной модели CUDA

**Fig. 18.** Scheme of distribution of agneurons and neurocognitons by levels of the CUDA computational model

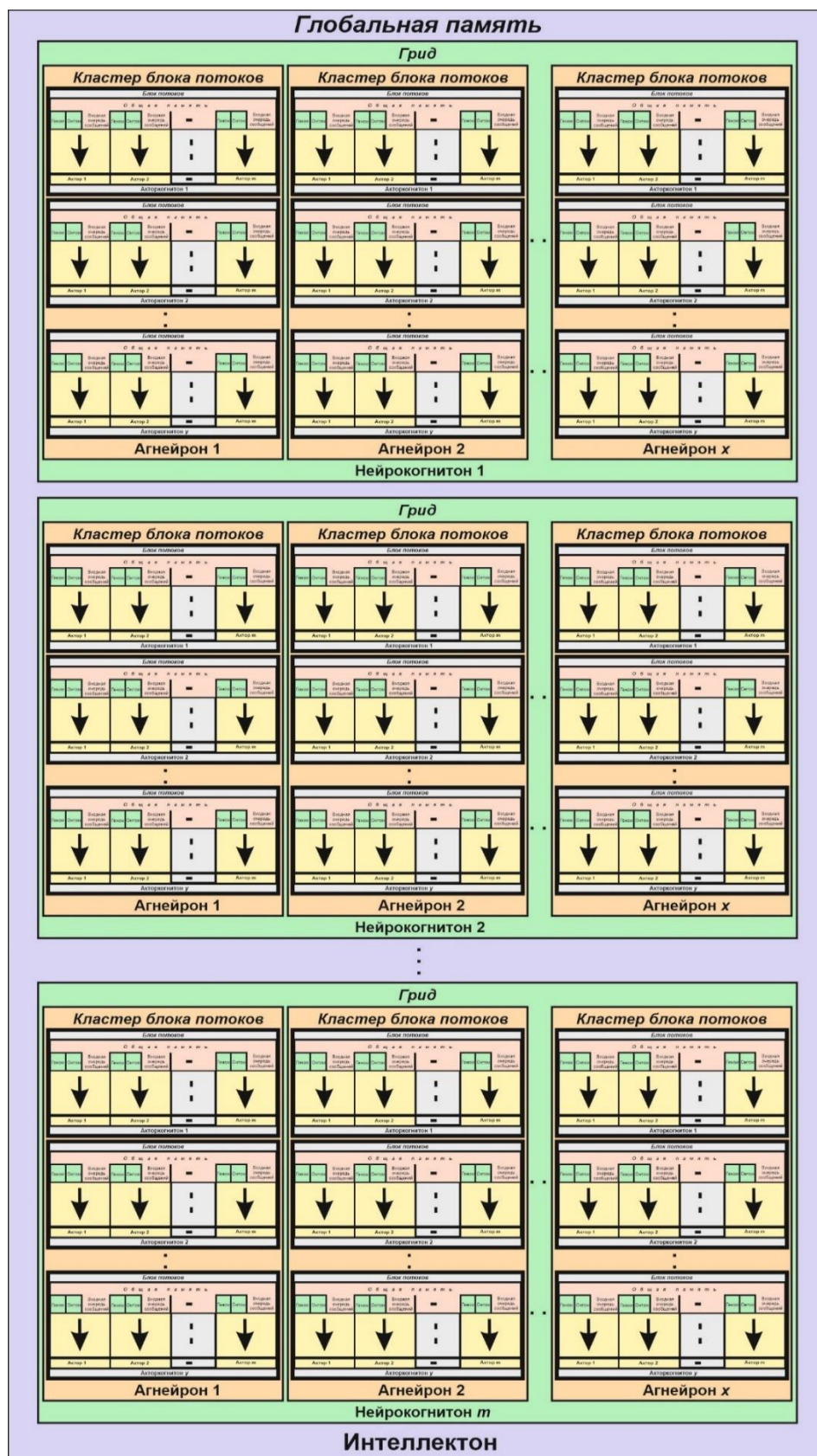
Кроме очевидной структурной корреляции функциональных иерархий нейрокогнитивной архитектуры интеллектуального агента и вычислительной модели CUDA принятое назначение задач еще и использует преимущество распределения памяти устройства GPGPU с различными уровнями видимости (рис. 19). Например, потоки в составе блока используют общую память блока, что открывает им возможность очень быстрого обмена сообщениями без необходимости обращения к более медленным видам памяти.

Возможность использования общего доступа к т. н. распределенной разделяемой памяти кластера блоков потоков обеспечивает обмен сообщениями между акторами, расположенных во всех акторкогнитонах агнейрона.

Как следует из рисунка 19, уровню интеллектуального агента соответствует уровень грида в вычислительной модели CUDA.

Применение модели CUDA для вычислений в нейрокогнитивных архитектурах позволяет значительно улучшить оценки вычислительной трудоемкости цикла диспетчеризации и основных нейрокогнитивных алгоритмов – онтологизации, идентификации и решения проблем, использующихся для обучения интеллектуальной системы управления федеративными имитационными моделями феногенетической динамики растений.





**Рис. 19.** Схема распределения всех уровней вычислительной иерархии нейрокогнитивной архитектуры (интеллекта) интеллектуального агента по уровням вычислительной модели CUDA

**Fig. 19.** Scheme of distribution of all levels of the computational hierarchy of the neurocognitive architecture (intellect) of an intelligent agent by levels of the CUDA computational model

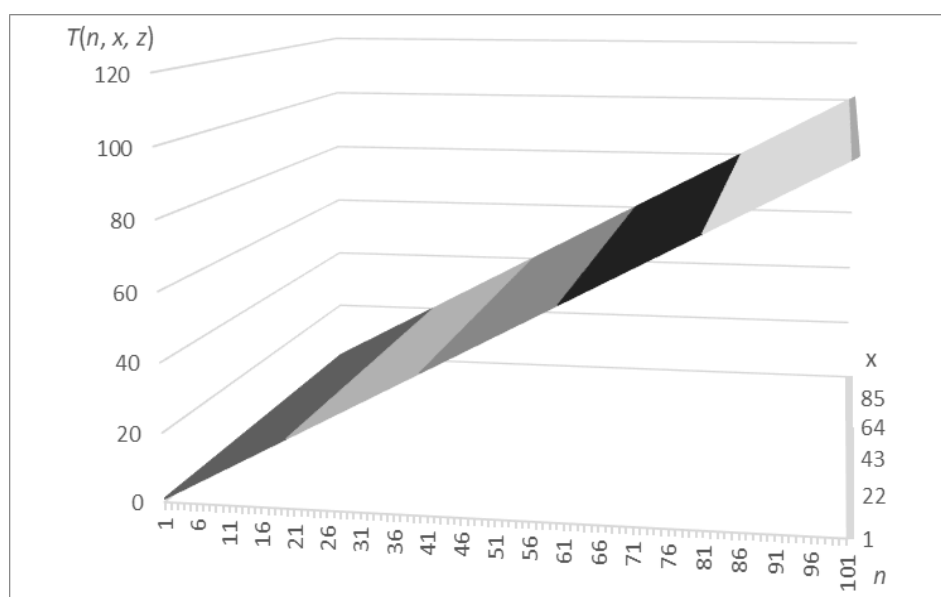
В силу того, что в реализации на CUDA алгоритмы расчета и рассылки сообщений агентов и акторов выполняются параллельно, вышеприведенные выражения для оценки времени выполнения можно упростить, отобразив в них отсутствие необходимости выполнения дополнительных циклов по  $x$  агентам внутри интеллектуального агента и по  $z$  акторам внутри агента (рис. 20):

$$T(n, m, x, y, z, f, b, d) = n + n\theta(1) = O(n),$$

$$T(m, x, y, z, f, b, d) = T(n, x, z) = m + mx\theta(1) + n = \theta(1)$$

$$T(x, y, z, f, b, d) = T(x, z) = y + yz\theta(1) + \theta(1) = \theta(1),$$

$$T(z, f, b, d) = T(z) = \theta(1).$$



**Рис. 20.** График времени выполнения основных нейрокогнитивных алгоритмов федеративной системы на параллельном вычислителе

**Fig. 20.** Graph of execution time of the main neurocognitive algorithms of the federated system on a parallel computer

Построение оценок коммуникационной трудоемкости не входило в задачи данной работы. Как показывают эксперименты, задержки при пересылке сообщений между федеративными агентами и между частями вычислительной модели SIMD-архитектуры не оказывают значительного влияния на производительность распределенной системы имитационного моделирования феногенетической динамики растений.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведена оценка времени выполнения цикла диспетчеризации в федеративной системе имитационного моделирования феногенетической динамики растений, состоящей из интеллектуальных агентов под управлением нейрокогнитивных архитектур. Показано, что этот алгоритм на последовательном вычислителе выполняется за время, полиномиальное по сомножителям, состоящим из квадратичных степеней количества агентов и акторов в их составе.

Проведена оценка времени выполнения основных алгоритмов обучения и функционирования управляющих нейрокогнитивных архитектур на основе экспериментальных данных и интерактивного взаимодействия с пользователем, таких как онтологизация, идентификация и синтез решения проблем. Показано, что эти алгоритмы выполняются на локальном последовательном вычислителе за время, полиномиальное по сомножителям, состоящим из степеней параметров, задающих количество интеллектуальных агентов, агентов и акторов в их составе.

Показано, что применение нейрокогнитивных отображений позволяет улучшить полиномиальные оценки времени выполнения всех рассматриваемых алгоритмов до квадратичных верхних порядков.

Разработана и применена модель распределения задач синтеза поведения элементов иерархии нейрокогнитивной архитектуры интеллектуального агента по функциональным частям вычислительной модели SIMD-машины GPGPU под управлением интерфейса CUDA. Показано, что такая реализация снижает оценки времени выполнения рассматриваемых алгоритмов до линейных от количества интеллектуальных агентов в федеративной системе в худшем случае, обеспечивая возможность построения имитационных моделей растений, состоящих из условных мезомасштабных программных нейрокогнитивных агентов-клеток, количество которых не ограничено производительностью системы.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Davín A. A., Tricou T., Tannier E.* Zombi: a phylogenetic simulator of trees, genomes and sequences that accounts for dead lineages // *Bioinformatics*. 2020. Vol. 36. No. 4. Pp. 1286–1288. DOI: 10.1093/bioinformatics/btz710
2. <https://class-cloud.ru/technology/simulation>
3. *Михайлова Н. В.* Решетчатые имитационные модели динамики популяций травянистых растений разных жизненных форм: дисс. ... канд. биол. наук. 03.00.16. 2008.
4. *Баденко В. Л., Топаж А. Г., Медведев С. А., Захарова Е. Т.* Модели продукционного процесса сельскохозяйственных растений для анализа элементов систем земледелия // *Таврический вестник аграрной науки*. 2021. № 1(25). С. 8–27. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-8-27
5. *Комаров А. С.* Имитационные модели нелинейной динамики сообществ растений: автореф. дис. ... д-ра биол. наук. 03.00.16. 2004.
6. <https://cran.r-project.org/web/packages/AlphaSimR/AlphaSimR.pdf>
7. <https://surveillance.cancer.gov/genetic-simulation-resources/packages/simphy/edit/>
8. *Нагоев З. В., Анчёков М. И., Боготова З. И. и др.* Коллаборативная селекционная система на основе консорциума гетерогенных интеллектуальных агентов // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2022. № 5(109). С. 25–37. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-25-37
9. *Нагоев З. В., Анчёков М. И., Бжихатлов К. Ч., Нагоева О. В., Пшенокова И. А.* Онтоэписоциофилогенетическое развитие систем общего искусственного интеллекта на основе мультиагентных нейрокогнитивных архитектур // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2022. № 6(110). С. 61–75.
10. *Нагоев З. В., Анчёков М. И., Курашев Ж. Х., Хамов А. А.* Алгоритм нейрокогнитивного обучения мультиагентной системы эволюционного моделирования экспрессии генов по данным ПЦР-анализа растений // *Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН*. 2023. № 6(116). С. 179–192. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-179-192

11. Нагоев З. В., Бжихатлов К. Ч., Загазежева О. З. Нейрокогнитивные методы и алгоритмы федеративного обучения интеллектуальных интегрированных информационно-управляющих систем в реальной коммуникативной среде // Известия ЮФУ. Технические науки. 2024. № 1(237). С. 111–121. DOI: 10.18522/2311-3103-2024-1-111-121
12. Нагоев З. В. Интеллектика, или Мышление в живых и искусственных системах. Нальчик: Издательство КБНЦ РАН. 2013. С. 235.

## REFERENCES

1. Davín A. A., Tricou T., Tannier E. Zombi: a phylogenetic simulator of trees, genomes and sequences that accounts for dead lineages. *Bioinformatics*. 2020. Vol. 36. No. 4. Pp. 1286–1288. DOI: 10.1093/bioinformatics/btz710
2. <https://class-cloud.ru/technology/simulation>
3. Mikhailova N.V. *Reshetchatye imitacionnye modeli dinamiki populyatsiy travyanistykh rasteniy raznykh zhiznennykh form* [Lattice simulation models of population dynamics of herbaceous plants of different life forms]: Ph.D. dissertation. biol. sciences. 03.00.16. 2008. (In Russian)
4. Badenko V.L., Topag A.G., Medvedev S.A., Zakharova E.T. Models of the production process of agricultural plants for the analysis of the elements of some farming systems. *Taurida Herald of the Agrarian Sciences*. 2021. No. 1(25). Pp. 8–27. DOI: 10.33952/2542-0720-2021-1-25-8-27. (In Russian)
5. Komarov A.S. *Imitacionnye modeli nelineynoy dinamiki soobshchestv rasteniy* [Simulation models of nonlinear dynamics of plant communities]: abstract dis. doctor of biology sciences. 03.00.16. 2004. (In Russian)
6. <https://cran.r-project.org/web/packages/AlphaSimR/AlphaSimR.pdf>
7. <https://surveillance.cancer.gov/genetic-simulation-resources/packages/simphy/edit/>
8. Nagoev Z.V., Anchekov M.I., Bogotova Z.I. et al. Collaborative selection system based on a consortium of heterogeneous intelligent agents. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022. No. 5(109). Pp. 25–37. DOI: 10.35330/1991-6639-2022-5-109-25-37. (In Russian)
9. Nagoev Z.V., Anchekov M.I., Bzhikhatlov K.Ch. et al. Onto-episociophylogenetic development of general artificial intelligence systems based on multi-agent neurocognitive architectures. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2022. No. 6(110). Pp. 61–75. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-6-116-179-192. (In Russian)
10. Nagoev Z.V., Anchekov M.I., Kurashev Zh.Kh., Khamov A.A. Neurocognitive learning algorithm for a multi-agent system for evolutionary modeling of gene expression based on plant PCR analysis data. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. No. 6(116). Pp. 179–192. (In Russian)
11. Nagoev Z.V., Bzhikhatlov K.Ch., Zagazheva O.Z. Neurocognitive methods and algorithms for federated learning of intelligent integrated information and control systems in a real communication environment. *Izvestiya YUFU. Tekhnicheskiye nauki* [Bulletin of the Southern Federal University. Technical sciences]. 2024. No. 1(237). Pp. 111–121. DOI: 10.18522/2311-3103-2024-1-111-121. (In Russian)
12. Nagoev Z.V. *Intellektika, ili Myshleniye v zhivyykh i iskusstvennykh sistemakh* [Intellectics, or Thinking in Living and Artificial Systems]. Nalchik: Izdatel'stvo KBNTS RAN, 2013. 235 p. (In Russian)



**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Работа выполнена в рамках государственного задания № 075-00565-24-00.

**Funding.** The work was carried out within the framework of state assignment No. 075-00565-24-00.

### Информация об авторах

**Абазоков Мухамед Адмирович**, мл. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360002, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

abazokov1997@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8710-1562>, SPIN-код: 5167-5962

**Анчёков Мурат Инусович**, науч. сотр. лаборатории «Молекулярная селекция и биотехнология», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;

murat.antchok@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8977-797X>, SPIN-код: 3299-0927

**Бжихатлов Кантемир Чамалович**, канд. физ.-мат. наук, зав. лабораторией «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360002, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

haosit13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-0193>, SPIN-код: 9551-5494

**Курашев Жираслан Хаутиевич**, зав. лабораторией «Молекулярная селекция и биотехнология», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9442-6122>, SPIN-код: 8549-2620

**Нагоев Залимхан Вячеславович**, канд. техн. наук, генеральный директор Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

zaliman@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9549-1823>, SPIN-код: 6279-5857

**Нагоева Ольга Владимировна**, науч. сотр. отдела «Мультиагентные системы», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

naгоеva\_o@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2341-7960>, SPIN-код: 9478-3325

**Унагасов Алим Ахмедханович**, мл. науч. сотр. Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

alim.unagason@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3828-7468>

**Хамов Анзор Азаматгериевич**, мл. науч. сотр. лаборатории «Молекулярная селекция и биотехнология», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Кирова, 224;

oritnoe2014@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3269-4572>

### Information about the authors

**Mukhamed A. Abazokov**, Junior Researcher, Laboratory of “Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360002, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

abazokov1997@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8710-1562>, SPIN-code: 5167-5962

**Murat I. Anchekov**, Researcher, Laboratory of “Molecular selection and biotechnology”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

murat.antchok@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8977-797X>, SPIN-code: 3299-0927

**Kantemir Ch. Bzhikhatlov**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory of “Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360002, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

haosit13@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0924-0193>, SPIN-code: 9551-5494

**Zhiraslan Kh. Kurashev**, Head of the Laboratory of “Molecular Breeding and Biotechnology”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9442-6122>, SPIN-code: 8549-2620

**Zalimkhan V. Nagoev**, Candidate of Technical Sciences, General Director of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

zaliman@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9549-1823>, SPIN-code: 6279-5857

**Olga V. Nagoeva**, Researcher, Department of “Multiagent Systems”, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

nagoeva\_o@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2341-7960>, SPIN-code: 9478-3325

**Alim A. Unagasov**, Junior Researcher, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

alim.unagasov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3828-7468>

**Anzor A. Khamov**, Junior Researcher, Laboratory of “Molecular Breeding and Biotechnology”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 224 Kirov street;

opitnoe2014@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3269-4572>

УДК 519.7

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-129-137

EDN: MKXTYO

## Построение самоорганизующейся карты Кохонена (SOM) для прогнозирования типов селевых потоков

Р. А. Жилов

Институт прикладной математики и автоматизации –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А

**Аннотация.** В работе построена самоорганизующаяся карта Кохонена (SOM), которая производит анализ типа сели. Обучение SOM производится на реальных данных кадастра селевой опасности Юга европейской части России. Цель работы – получить прогнозы типов селевых потоков. Результаты исследования показывают, что SOM дает хорошую точность в предсказании типов селей. Основной задачей будет кластеризация данных, связанных с геологическими и метеорологическими факторами, с целью выявления закономерностей, которые могут быть использованы для прогнозирования риска возникновения различных типов селевых потоков. Ожидается, что результаты данной работы смогут способствовать более точному и своевременному прогнозированию селевых потоков, что в свою очередь поможет минимизировать ущерб от этих природных явлений.

**Ключевые слова:** кластеризация данных, метод кластеризации SOM, модель SOM, самоорганизующиеся карты Кохонена, классификация типа сели

Поступила 12.08.2024, одобрена после рецензирования 16.09.2024, принята к публикации 23.09.2024

**Для цитирования.** Жилов Р. А. Построение самоорганизующейся карты Кохонена (SOM) для прогнозирования типов селевых потоков // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 129–137. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-129-137

MSC: 68T09

Original article

## Construction of Kohonen self-organizing map (SOM) for prediction of mudflow types

R.A. Zhilov

Institute of Applied Mathematics and Automation –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street

**Abstract.** The paper describes a self-organizing Kohonen map (SOM) that analyzes the mudflow type. SOM is trained on real cadastre data of mudflow danger in the south of the European part of Russia. The purpose of the work is to obtain forecasts of mudflow types. The results of the work show that SOM provides good accuracy in predicting mudflow types. The main task will be to cluster data related to geological and meteorological factors in order to identify patterns that can be used to predict the risk of occurrence of various mudflow types. It is expected that the results of this work will contribute to more accurate and on time forecasting of mudflows, which, in turn, will help minimize damage from these natural phenomena.

**Keywords:** data clustering, SOM clustering method, SOM model, Kohonen self-organizing maps, mudflow type classification

*Submitted 12.08.2024,*

*approved after reviewing 16.09.2024,*

*accepted for publication 23.09.2024*

**For citation.** Zhilov R.A. Construction of Kohonen self-organizing map (SOM) for prediction of mudflow types. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 129–137. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-129-137

## ВВЕДЕНИЕ

Селевые потоки представляют собой опасное природное явление, вызывающее разрушение инфраструктуры, экологические катастрофы и угрожающее жизни людей. В связи с увеличением частоты экстремальных погодных условий и изменением климата прогнозирование и своевременное предупреждение о селевых потоках становится важной задачей для ученых и инженеров [1]. Одним из перспективных подходов к решению этой задачи является использование методов машинного обучения, в частности самоорганизующихся карт Кохонена (Self-Organizing Maps, SOM).

### ПРЕДОБРАБОТКА ДАННЫХ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТИПА СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

Изучением селевых явлений на Кавказе занимались и занимаются многие советские и российские ученые, что привело к значительному количеству научных трудов по этой тематике. Однако существующая ведомственная разрозненность издающихся научных публикаций и отсутствие единого методического центра в стране по изучению селепроявлений создают серьезные препятствия для ознакомления и использования результатов исследований в практических целях, а также при проведении новых научно-исследовательских работ.

Кадастр, из которого берутся данные для обучения и тестирования данной модели, является справочным изданием, в котором в систематизированном виде представлена обобщенная информация о пространственном распределении основных параметров и режиме селевых процессов на территории Юга европейской части России [2].

Предобработка данных является важным шагом перед построением самоорганизующихся карт Кохонена. Она помогает улучшить качество модели, обеспечивая точность и надежность кластеризации и прогнозирования. Внимание к деталям на этапе предобработки данных способно существенно повысить эффективность применения SOM для анализа и прогнозирования.

Предобработка данных играет ключевую роль в построении самоорганизующихся карт Кохонена, так как качество исходных данных напрямую влияет на результаты модели. Основные цели предобработки данных включают:

- устранение шума и выбросов;
- приведение данных к единому масштабу;
- устранение пропущенных значений;
- выделение наиболее значимых признаков (фичей).

Перед началом построения карты Кохонена важно убедиться, что данные очищены от аномалий и выбросов. Выбросы могут негативно повлиять на процесс обучения карты, приводя к неправильным результатам кластеризации.

Самоорганизующиеся карты Кохонена чувствительны к масштабу данных, так как они используют евклидовое расстояние для оценки сходства между объектами. Если признаки данных имеют разные масштабы, более крупные значения могут доминировать над другими признаками, что приведет к неверной кластеризации. Для повышения эффективности обучения карты Кохонена необходимо сосредоточиться на наиболее значимых признаках данных. Это позволит сократить время обучения и улучшить качество кластеризации.

## САМООРГАНИЗУЮЩИЕСЯ КАРТЫ КОХОНЕНА

Самоорганизующиеся карты Кохонена (COM, англ. Self-Organizing Maps, SOM) – это вид искусственных нейронных сетей, разработанных финским ученым Тейво Кохоненом в 1980-х годах. Эти карты предназначены для решения задач кластеризации и визуализации многомерных данных, что делает их полезными в различных областях, включая анализ данных, машинное обучение и биоинформатику [4]. В этой работе будут рассмотрены принципы работы самоорганизующихся карт Кохонена, их структура, алгоритмы обучения, а также примеры практического применения.

Самоорганизующиеся карты Кохонена относятся к нейросетям, использующим неконтролируемое обучение. Основная идея заключается в том, что карта преобразует входные данные многомерного пространства в выходное пространство с меньшей размерностью (обычно двумерное), сохраняя при этом топологические свойства данных, такие как близость и структура.

Карта Кохонена представляет собой двумерную сетку нейронов, каждый из которых ассоциирован с вектором весов, имеющим ту же размерность, что и входные данные. Входные данные подаются на карту, и каждый нейрон сравнивает свои веса с входным вектором. Нейрон, чьи веса наиболее близки к входному вектору, называется нейроном-победителем [5].

Процесс обучения карты Кохонена состоит из следующих этапов:

1. *Инициализация.* Веса каждого нейрона инициализируются случайными значениями или на основе какой-либо эвристики.
2. *Выбор случайного примера.* Один из входных векторов случайным образом выбирается из набора данных.
3. *Определение нейрона-победителя.* Для каждого нейрона вычисляется расстояние между его вектором весов и входным вектором. Нейрон, имеющий наименьшее расстояние, становится победителем.
4. *Обновление весов.* Веса нейрона-победителя и его соседей обновляются так, чтобы стать ближе к входному вектору. Это делается по формуле

$$W_i(t+1) = W_i(t) + \eta(t) * h_i(t) * (X(t) - W_i(t)),$$

где  $W_i(t)$  – вектор весов  $i$ -го нейрона на итерации  $t$ ,

$\eta(t)$  – коэффициент обучения,

$h_i(t)$  – функция соседства, определяющая, насколько сильно должны обновляться веса соседних нейронов,

$X(t)$  – входной вектор на итерации  $t$ .

5. *Повторение.* Шаги 2–4 повторяются для заданного количества итераций или до тех пор, пока изменения в карте не станут минимальными.

Самоорганизующиеся карты Кохонена находят применение в различных областях, где требуются кластеризация и визуализация многомерных данных.

СОМ часто используются для задач кластеризации, так как они могут эффективно выявлять кластеры в данных без предварительных меток. В отличие от других методов кластеризации, таких как k-means, СОМ не требует заранее заданного числа кластеров.

Хотя СОМ в первую очередь используются для кластеризации и визуализации, они также могут быть применены для задач прогнозирования и обнаружения аномалий. Обученная карта может быть использована для прогнозирования поведения новых данных или для выявления данных, сильно отличающихся от обучающего набора.

К преимуществам SOM можно отнести:

- *Ненадзорное обучение.* СОМ не требуют меток на данных и могут самоорганизовываться на основе входных данных.

- *Топологическая сохранность.* Карта сохраняет пространственную структуру данных, что упрощает визуализацию и интерпретацию.

- *Гибкость.* СОМ могут работать с данными высокой размерности и эффективно выявлять скрытые паттерны.

Но карты Кохонена также имеют свои недостатки:

- *Чувствительность к параметрам.* Результаты СОМ сильно зависят от параметров, таких как размер карты, скорость обучения и функция соседства.

- *Трудности в интерпретации.* Хотя карта Кохонена сохраняет топологию данных, интерпретация результатов может быть сложной, особенно для неквалифицированных пользователей.

- *Масштабируемость.* СОМ могут быть вычислительно затратными при работе с большими наборами данных, особенно если требуется высокая разрешающая способность карты.

Самоорганизующиеся карты Кохонена представляют собой мощный инструмент для анализа, кластеризации и визуализации многомерных данных. Благодаря своей способности сохранять топологическую структуру данных они находят широкое применение в различных областях – от маркетинга до биоинформатики. Однако для достижения оптимальных результатов важно учитывать ограничения этого метода и тщательно настраивать параметры модели. В будущем, с развитием вычислительных технологий и методик обработки данных, применение СОМ будет только расширяться, что откроет новые возможности для анализа данных и машинного обучения.

#### ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ МЕТОДЫ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ СЕЛЕВЫХ ПОТОКОВ

Селевые потоки, или оползни, представляют собой одно из самых опасных природных явлений, которое может привести к значительным разрушениям и человеческим жертвам. Прогнозирование селевых потоков является важной задачей для защиты населения и инфраструктуры, особенно в горных районах. В последние годы большое внимание уделяется разработке и применению интеллектуальных методов для прогнозирования селевых потоков. Эти методы включают машинное обучение, нейронные сети, анализ больших данных и другие современные подходы, которые позволяют эффективно оценивать риск возникновения оползней и предупреждать о возможных катастрофах [6].

Прогнозирование селевых потоков – задача сложная, так как зависит от множества факторов, среди которых:

- Геологические: тип грунта, наличие трещин и разломов.
- Геоморфологические: крутизна и структура склонов, эрозионные процессы.
- Гидрометеорологические: интенсивность и продолжительность осадков, таяние снега.
- Антропогенные: строительная деятельность, вырубка лесов.

Эти факторы взаимодействуют друг с другом, и их совокупное воздействие может приводить к возникновению оползней. Задача интеллектуальных методов — анализировать эти факторы и прогнозировать вероятность селевых потоков на основе исторических данных и текущих наблюдений.

Современные интеллектуальные методы прогнозирования селевых потоков включают широкий спектр подходов – от классических статистических моделей до современных методов машинного обучения и анализа данных.

Машинное обучение (ML) включает методы, которые позволяют моделям обучаться на данных и делать прогнозы без необходимости явного программирования правил [7]. В контексте прогнозирования селевых потоков наиболее часто используются следующие методы:

- Решающие деревья и случайные леса. Эти алгоритмы позволяют выявлять взаимосвязи между различными факторами и определять наиболее значимые переменные для прогнозирования.

- Поддерживающие векторные машины (SVM). SVM хорошо справляются с задачами классификации и могут использоваться для определения условий, при которых возникает высокий риск оползней.

- Нейронные сети и глубокое обучение. Нейронные сети могут моделировать сложные нелинейные зависимости и использоваться для прогнозирования на основе больших массивов данных, включая временные ряды и пространственные данные.

ГИС – мощный инструмент для анализа пространственных данных, который используется для моделирования и прогнозирования природных явлений, таких как селевые потоки. Интеграция ГИС и методов машинного обучения позволяет создавать детализированные карты рисков, учитывать топографические и геологические характеристики местности.

Большие данные (Big Data) играют важную роль в прогнозировании природных катастроф. Данные, полученные с различных сенсоров, спутников, метеостанций и других источников, могут использоваться для тренировки моделей прогнозирования. Методы обработки больших данных позволяют эффективно анализировать эти данные в реальном времени и выявлять закономерности, которые могут указывать на повышенный риск селевых потоков.

Гибридные модели сочетают различные интеллектуальные методы для повышения точности прогнозирования. Например, можно комбинировать методы машинного обучения с физическими моделями оползней, что позволяет учитывать как статистические закономерности, так и физические процессы, происходящие в грунте.

Интеллектуальные методы прогнозирования селевых потоков открывают новые возможности для повышения точности и своевременности прогнозов. Эти методы позволяют эффективно анализировать сложные многомерные данные и учитывать многочисленные факторы, влияющие на риск возникновения оползней. Однако успешное применение таких методов требует внимательного подхода к сбору и обработке данных, а также интеграции различных моделей для достижения наилучших результатов. В условиях глобального изменения климата и увеличения интенсивности экстремальных погодных явлений развитие и совершенствование интеллектуальных методов прогнозирования селевых потоков будет иметь критическое значение для обеспечения безопасности населения и инфраструктуры.

## SOM для ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТИПА СЕЛЕВОГО ПОТОКА

### 1. Определение класса SOM.

Класс SOM представляет собой самоорганизующуюся карту Кохонена.

*\_\_init\_\_* – Инициализация объекта SOM:

*m* и *n*: Размеры сетки нейронов (в данном случае 5 x 5).

*dim*: Размерность входных данных, то есть количество признаков в каждом векторе данных.

*n\_iterations*: Количество итераций для обучения.

*alpha*: Начальная скорость обучения.

*sigma*: Начальное значение для радиуса соседства, определяющего, насколько сильно изменяются веса соседних нейронов во время обучения. Если значение не указано, оно задается как половина большего измерения сетки.

*weights* – Инициализация весов:

Веса нейронов инициализируются случайными значениями в диапазоне от 0 до 1. Веса представляют собой трехмерный массив размером  $m \times n \times \text{dim}$ , где  $m$  и  $n$  – размеры сетки, а  $\text{dim}$  – количество признаков.

## 2. Вспомогательные функции:

`_euclidean_distance(self, x, y):`

Вычисляет евклидово расстояние между двумя векторами  $x$  и  $y$ .

`_neighborhood_function(self, distance, iteration, total_iterations):`

Вычисляет функцию соседства, определяющую, как сильно изменяются веса нейронов в зависимости от их расстояния до нейрона-победителя. Радиус соседства уменьшается с каждой итерацией.

`_learning_rate(self, iteration, total_iterations):`

Вычисляет скорость обучения на текущей итерации. Скорость обучения уменьшается экспоненциально с каждой итерацией.

`_best_matching_unit(self, x):`

Находит лучший соответствующий нейрон (BMU) на карте для входного вектора  $x$ . Это нейрон, чьи веса наиболее близки к входному вектору.

## 3. Основные функции:

`train(self, data):`

Основной метод для обучения карты.

На каждой итерации выбирается случайный вектор из данных.

Определяется BMU для этого вектора.

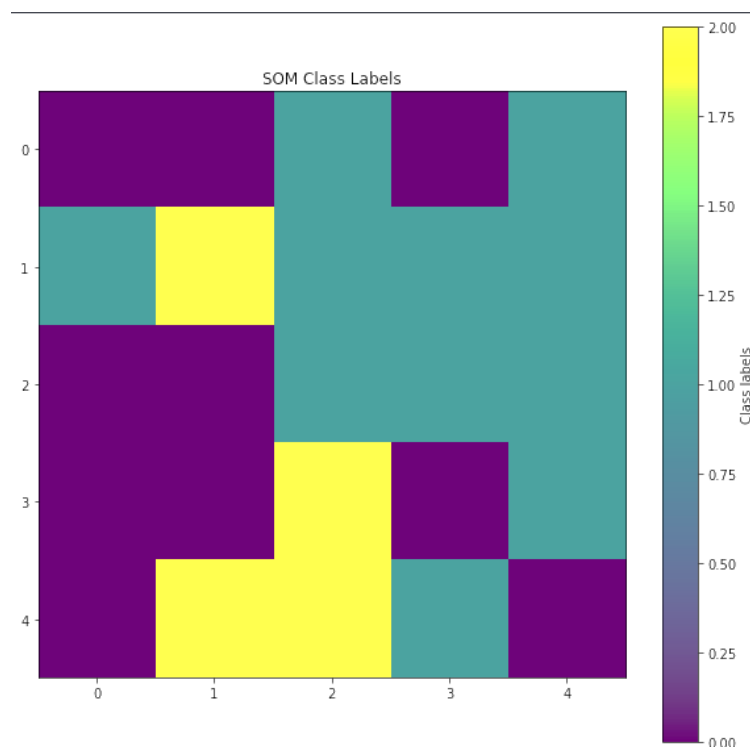
Обновляются веса BMU и его соседей на основе функции соседства и скорости обучения.

`get_weights(self):`

Возвращает текущие веса нейронов.

`find_bmu(self, x):`

Находит и возвращает координаты BMU на карте для заданного входного вектора  $x$ . На рисунке 1 показана визуализация классов обученной сети Кохонена.

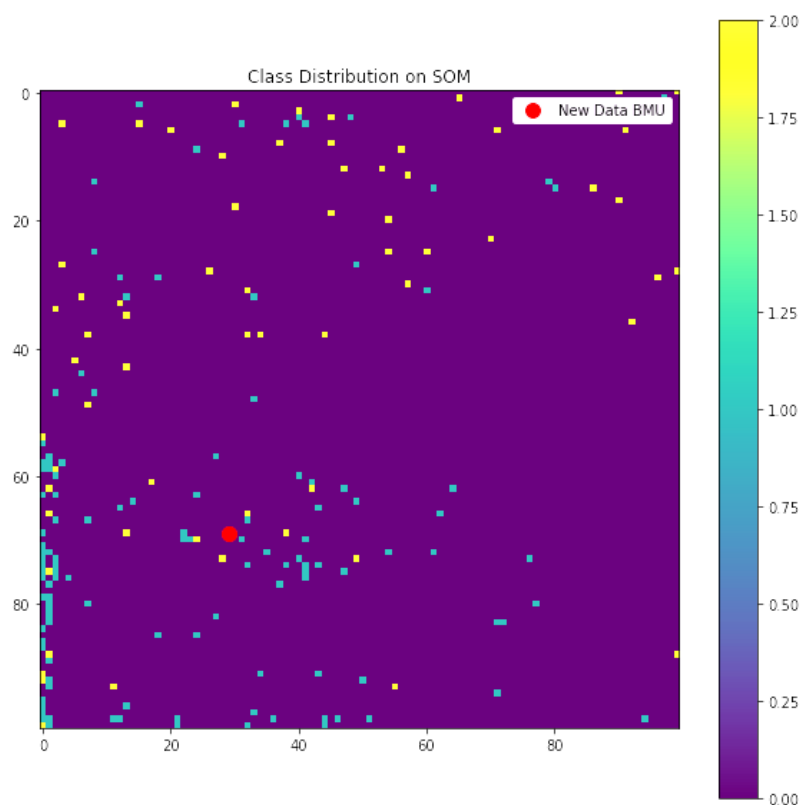


**Рис. 1.** Визуализация классов обученной сети Кохонена

**Fig. 1.** Visualization of the trained Kohonen network classes



На рисунке 2 показана визуализация SOM и нейрона-победителя BMU.



**Рис. 2.** Визуализация SOM и нейрона-победителя BMU

**Fig. 2.** Visualization of SOM and BMU winner neuron

```
Real: 2, Predicted: 1
Real: 0, Predicted: 1
Real: 2, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 1
Real: 1, Predicted: 0
Real: 1, Predicted: 1
Real: 2, Predicted: 2
Real: 2, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 1
Real: 1, Predicted: 1
Real: 1, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 1
Real: 1, Predicted: 1
Real: 1, Predicted: 1
Real: 1, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 1
Real: 1, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 1
Real: 2, Predicted: 2
Real: 2, Predicted: 2
Real: 2, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 2
Real: 1, Predicted: 1
...
Real: 2, Predicted: 2
Real: 2, Predicted: 2
Real: 2, Predicted: 2
Accuracy: 72.94%
```

**Рис. 3.** Результат работы модели

**Fig. 3.** Result of the model's work

На рисунке 3 показан результат работы модели. Как видно из рисунка, точность предсказания модели равна 72,94 %, что является достаточно неплохим показателем для заданных данных. Данные для обучения и тестирования модели были взяты из кадастра селевой опасности Юга европейской части России. Подготовленный файл данных состоял из 385 строк и 7 столбцов. Первый столбец является меткой данных или классом, к которому относится заданный объект. В этом столбце 0, 1 или 2 соответственно трем типам селевых потоков (ГК – грязекаменный, ВК – водокаменный и их комбинация ГКВК). Остальные 6 полей данных являются числовыми данными, обозначающими генезис селя, площадь бассейна реки, средний уклон реки, длину реки, высоту источника, максимальный объем твердых отложений соответственно. Для обучения модели набор данных был разделен на обучающий (300) и тестовый (85) наборы. Размер сетки нейронов в данной работе равен 5 x 5, количество итераций при обучении – 1000, начальная скорость обучения – 0.3, начальное состояние весов случайное в диапазоне от 0 до 1.

Эти значения были подобраны опытным путем. При увеличении количества нейронов и количества итераций происходит переобучение сети, что приводит к тому, что на обучающей выборке модель дает хорошие результаты, но на тестовой выдает плохие. Это связано с тем, что происходит «запоминание» моделью данных, а не обучение.

По результатам работы модели также можно сделать вывод, что данные недостаточно структурированы и объем данных не является достаточным для получения более высоких результатов.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе строится самоорганизующаяся карта Кохонена для прогнозирования типа селевого потока. Обучение и тестирование SOM производится с использованием данных, взятых из кадастра селевой опасности Юга европейской части России. Точность предсказания модели – 72,94 %. Для увеличения точности в дальнейшем требуется увеличение объема данных для обучения. Основными преимуществами данной модели являются достаточно быстрая скорость обучения и практически «мгновенный» прогноз после обучения. Обучение сети требуется только один раз. В дальнейшем модель может выдавать прогноз типа селевого потока, используя настроенные веса связей.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хворостов В. В., Хворостов И. И. Экстраординарные и ультраселевые потоки на территории Большого Кавказа // Материалы международной конференции «Устойчивое развитие горных территорий». 2004. С. 605.
2. Кондратьева Н. В., Аджиев А. Х., Бекчиев М. Ю. и др. Кадастр селевой опасности Юга европейской части России. М.: Феория; Нальчик: Печатный двор, 2015. 148 с.
3. Кондратьева Н. В. Предварительная оценка максимального объема твердых отложений селя методами математической статистики для Центрального Кавказа // Современные проблемы науки и образования. 2014. № 4. С. 50–56.
4. Kohonen T. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition). New York, 2001. 501 p.
5. Жилов Р. А. Применение нейронных сетей при кластеризации данных // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 1(99). С. 15–19. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-1-99-15-19
6. Радеев Н. А. Предсказание лавинной опасности методами машинного обучения // Вестник НГУ. Серия: Информационные технологии. 2021. Т. 19. № 2. С. 92–101. DOI: 10.25205/1818-7900-2021-19-2-92-101

7. Флах П. Машинное обучение: наука и искусство построения алгоритмов, которые извлекают знания из данных. М.: ДМК Пресс. ISBN: 978-5-97060-273-7. 2015. 400 с.

## REFERENCES

1. Khvorostov V.V., Khvorostov I.I. Extraordinary and ultra-seismic flows in the territory of the Greater Caucasus. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii «Ustoychivoye razvitiye gornykh territoriy»* [Proceedings of the international conference “Sustainable Development of Mountain Territories”]. 2004. P. 605. (In Russian)
2. Kondratyeva N.V., Adzhiev A.Kh., Bekkiev M.Yu. et al. *Kadastr selevoy opasnosti Yuga yevropeyskoy chasti Rossii* [Inventory of mudflow danger in the south of the European part of Russia]. Moscow: Feoriya, Nalchik: Pechatnuy dvor, 2015. 148 p. (In Russian)
3. Kondratieva N.V. Preliminary assessment of the maximum volume of solid mudflow deposits using mathematical statistics methods for the Central Caucasus [Electronic journal]. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2014. No. 4. Pp. 50–56. (In Russian)
4. Kohonen T. Self-Organizing Maps (Third Extended Edition). New York, 2001. 501 p.
5. Zhilov R.A. Application of neural networks in data clustering. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021. No. 1(99). Pp. 15–19. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-1-99-15-19. (In Russian)
6. Radeev N.A. Prediction of avalanche danger using machine learning methods. *Vestnik NGU. Seriya: Informatsionnyye tekhnologii* [NSU Bulletin. Series: Information Technologies]. 2021. Vol. 19. No. 2. Pp. 92–101. DOI: 10.25205/1818-7900-2021-19-2-92-101. (In Russian)
7. Flakh P. *Mashinnoye obucheniye: nauka i iskusstvo postroyeniya algoritmov, kotoryye izvlekayut znaniya iz dannykh* [Machine learning: the science and art of building algorithms that extract knowledge from data]. Moscow: DMK Press. ISBN: 978-5-97060-273-7. 2015. 400 p. (In Russian)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

## Информация об авторе

**Жилов Руслан Альбердович**, мл. науч. сотр. отдела «Нейроинформатика и машинное обучение», Институт прикладной математики и автоматизации – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Шортанова, 89 А;

zhilov91@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3552-4854>, SPIN-код: 9389-6188

## Information about the author

**Ruslan A. Zhilov**, Junior Researcher, Neuroinformatics and Machine Learning Department, Institute of Applied Mathematics and Automation – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 89 A Shortanov street;

zhilov91@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3552-4854>, SPIN-код: 9389-6188

## Мультиагентная нейрокогнитивная модель системы управления согласованным поведением коллектива автономных агентов

И. А. Пшенокова<sup>✉2</sup>, С. А. Канкулов<sup>1</sup>, Б. А. Аталиков<sup>1</sup>, А. З. Энес<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

<sup>2</sup>Институт информатики и проблем регионального управления –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а

**Аннотация.** Основная цель исследования состоит в разработке децентрализованной системы управления согласованным поведением коллектива автономных агентов на основе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры. Задача разработки децентрализованной системы управления решается на основе самоорганизации мультиагентных нейрокогнитивных архитектур автономных агентов в составе единой когнитивной архитектуры и формирования общего графа миссии. Вершинами графа будут сложные состояния, представляющие собой объединения состояний всех агентов в составе коллектива, а дугами – совокупности действий участников коллектива, ведущие из одних сложных состояний в другие. Представленная модель позволит создавать децентрализованные, гибкие и масштабируемые системы управления коллективом интеллектуальных агентов для решения сложных задач и может применяться в робототехнике.

**Ключевые слова:** система управления, мультиагентные системы, децентрализованные системы, интеллектуальный агент

Поступила 03.09.2024, одобрена после рецензирования 24.09.2024, принята к публикации 03.10.2024

**Для цитирования.** Пшенокова И. А., Канкулов С. А., Аталиков Б. А., Энес А. З. Мультиагентная нейрокогнитивная модель системы управления согласованным поведением коллектива автономных агентов // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 138–146. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-138-146

MSC: 68T42

Original article

## Multi-agent neurocognitive model of a control system for the coordinated behavior of an autonomous agents' collective

I.A. Pshenokova<sup>✉2</sup>, S.A. Kankulov<sup>1</sup>, B.A. Atalikov<sup>1</sup>, A.Z. Enes<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

<sup>2</sup>Institute of Computer Science and Problems of Regional Management –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street

**Abstract.** The main goal of the research is to develop a decentralized system for controlling the coordinated behavior of a team of autonomous agents based on a multi-agent neurocognitive architecture. The task of developing a decentralized control system is solved based on the self-organization

of multi-agent neurocognitive architectures of autonomous agents as part of a single cognitive architecture and the formation of a common mission graph. The vertices of the graph will be complex states that represent the union of the states of all agents in the group, and the arcs will be the sets of actions of the group members leading from one complex state to another. The presented model will allow to create decentralized, flexible and scalable control systems for a group of intelligent agents to solve complex problems and can be used in robotics.

**Keywords:** control system, multi-agent systems, decentralized systems, intelligent agent

*Submitted* 03.09.2024,

*approved after reviewing* 24.09.2024,

*accepted for publication* 03.10.2024

**For citation.** Pshenokova I.A., Kankulov S.A., Atalikov B.A., Enes A.Z. Multi-agent neurocognitive model of a control system for the coordinated behavior of an autonomous agents' collective. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 138–146. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-138-146

## ВВЕДЕНИЕ

Основными подходами к проектированию систем управления согласованным поведением коллектива автономных агентов являются централизованное и децентрализованное адаптивное управление. Централизованные решения опираются на полный доступ ко всей соответствующей информации об агентах и свойствах данной среды, чтобы можно было получить глобальное решение. В отличие от них децентрализованные решения разделяют проблему на локальные части и разрешают конфликты локально [1, 2]. Если существуют оптимальные решения без каких-либо временных ограничений, централизованные подходы могут их найти. И поскольку решения исходят только от одного или, может быть, нескольких контроллеров, их можно легко отслеживать. Все системы согласованы, связь регулярна, а данные хранятся и доступны в одном месте. Однако при небольшом количестве контроллеров (возможно, одном) в случае возникновения проблемы вся система выйдет из строя, и решения не могут быть приняты. Кроме того, полная информация не всегда может быть доступна из-за ограничений связи, датчиков или конфиденциальности, и производительность централизованных решений может пострадать в средах с высокой плотностью и сложных средах [3, 4].

Децентрализованные системы управления, с другой стороны, состоят из распределенных индивидуальных контроллеров, которые развертываются в каждой подсистеме и передают управление назначенным подсистемам, и могут справиться с проблемами неопределенности и масштабируемости при поиске решения. Однако они могут упустить из виду потенциальное оптимальное решение задачи и в конечном итоге получить неоптимальное. В то время как централизованная версия системы требует меньше времени для исправления ошибок в исполнительных механизмах для обновления направления и скорости, децентрализованная система имеет преимущества отказоустойчивости в случае отказа одного роботизированного агента и меньшего размера пакета при передаче между агентами, что желательно, учитывая ограничения пропускной способности канала связи. Однако необходимость распределения данных и обработки между несколькими агентами может привести к задержкам и проблемам с производительностью, особенно по мере роста сети. Поэтому обеспечение эффективной связи и координации между агентами имеет решающее значение для поддержания производительности и масштабируемости системы. Координация включает в себя «корректировку действий партнеров для достижения совместно определенных целей» [5] посредством «взаимно согласованных решений» и согласования ожиданий [6]. В централизованных системах управления координация осуществляется центральным контроллером. В децентрализованной координации в отсут-

ствии иерархии агенты создают взаимную корректировку за счет децентрализованной координации целей всех участников коллектива автономных агентов в общую.

В настоящее время децентрализованные системы управления широко внедряются во все области применения автономных робототехнических систем. В работе [7] представлен обзор существующих систем контроля и управления автономными мобильными роботами для интралогистики. Авторами приводятся условия, при которых децентрализованное управление является более выгодным по сравнению с централизованным или приводит к более высокой производительности.

Существует также множество децентрализованных мультиагентных систем принятия решений и управления на основе различных подходов. В частности, можно выделить подходы на основе аукционов [8], теории игр [9], оптимизации или гибридного подхода [10]. Одним из решающих факторов эффективности этих алгоритмов является доверие заинтересованных агентов в отношении их использования и решение конфликтов, что требует надежности и вычислительной мощности.

В работе [11] представлен децентрализованный подход роевого интеллекта для динамического распределения задач, который показывает отличные результаты по сравнению с современными алгоритмами, основанными на аукционах и роевом интеллекте.

В [12] представлена децентрализованная многоагентная система поиска пути и стратегии на основе автоматизированных переговоров. Авторами разработана структура переговоров для решения задачи многоагентного поиска пути, направленная на достижение хорошего компромисса между конфиденциальностью агентов и эффективностью решений. Предложенный подход может находить бесконфликтные решения путей, однако при большом пространстве поиска и высокой плотности агентов этот подход не оптимален.

В настоящей работе задача разработки децентрализованной системы управления согласованным поведением автономных агентов решается на основе самоорганизации мультиагентных нейрокогнитивных архитектур автономных агентов в составе единой когнитивной архитектуры и формирования общего графа миссии.

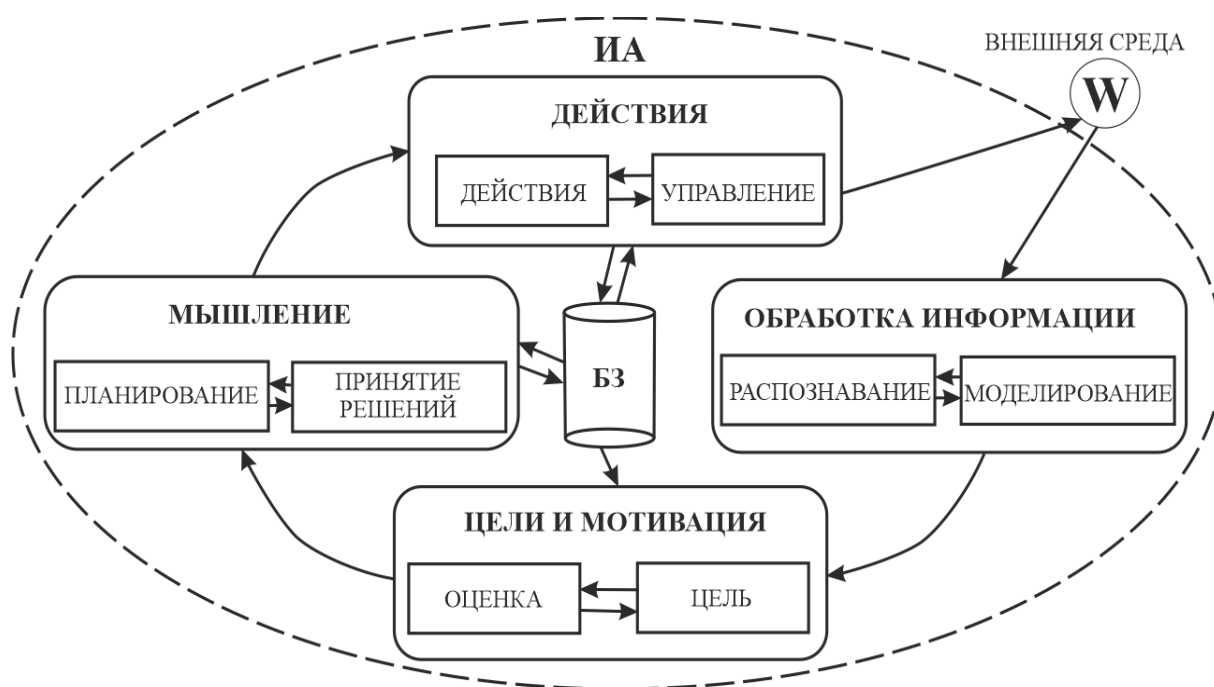
*Цель работы* – разработать децентрализованную систему управления согласованным поведением коллектива автономных агентов на основе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры.

*Задача исследования* – разработать мультиагентную нейрокогнитивную модель системы управления согласованным поведением коллектива автономных агентов.

#### МУЛЬТИАГЕНТНАЯ НЕЙРОКОГНИТИВНАЯ МОДЕЛЬ СИСТЕМЫ УПРАВЛЕНИЯ АВТОНОМНЫМ АГЕНТОМ

Интеллектуальный агент (ИА) на основе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры представляет собой биоинспирированную систему искусственной жизни и рационализирован как автономная сущность, наблюдающая за окружающей средой через датчики (сенсоры) и взаимодействующая с ней с помощью эффекторов. Анализ входных потоков данных и процесс интеллектуального рассуждения при принятии решений агентом строятся на основе работы управляющей нейрокогнитивной архитектуры, которая состоит из связанных между собой когнитивных блоков (на рисунке представлены в прямоугольниках) и базы знаний агента (рис. 1). В когнитивных блоках образуются функциональные узлы, которые состоят из программных агентов-нейронов (аг-нейронов) разной степени сложности и типов, которые выполняют последовательность обязательных операций: распознавания входных образов, эмоциональной оценки, целеполагания, синтеза плана действий, проактивного моделирования, управления вы-

полнением плана. Каждая из этих операций выполняется на основе мультиагентного алгоритма, основанного на обмене сообщениями между агентами различных типов. Так, обработка и интерпретация собранных данных происходят в функциональном узле распознавания агентами – объекты, действия, события. Результатом работы этого узла является внутренняя модель окружающей среды, информация о которой содержится в базе знаний агента моделирования. Агентами оценки проводится оценка текущего состояния, в соответствии с которой генерируются результаты, которые агент пытается достичь, и механизмы, определяющие приоритетность целей и реакцию на изменения в окружающей среде. Далее в функциональном узле планирования происходит определение последовательности действий для достижения целей. В узле принятия решений происходит выбор наилучшего действия на основе текущих данных и целей. В узле действия происходят оценка эффективности выбранных действий и достижение целей. Далее агентами управления выбранные действия передаются на эффекторы ИА для выполнения действий в окружающей среде. Это могут быть физические действия (например, движение робота) или виртуальные (например, отправка сообщений). Полученные результаты передаются на агента моделирования для корректировки внутренней модели и принятия будущих решений. Анализ входных потоков данных, синтез плана поведения, отправка сообщений другим агентам выполняются системой управления, основанной на применении знаний, содержащихся в базе знаний агента. Знания представляют собой продукционные правила, в условиях которых содержатся наборы логических условий, в соответствии с которыми анализируются входные сообщения, а консеквентные части – наборы инструкций по отправке выходных сообщений другим агентам.



**Рис. 1.** Архитектура интеллектуального агента

**Fig. 1.** Architecture of an intelligent agent

Целевой функцией такого агента является поиск пути из начальной вершины графа проблемной ситуации, описывающей текущее состояние системы «интеллектуальный

агент – среда», в конечную, описывающую некоторое состояние этой системы в будущем, характеризующееся более высоким значением комплексной целевой функции. В качестве такой функции выбирается некоторая суперпозиция оценок состояния параметра энергии  $E_{\kappa\tau_b}^{ij\tau}$ , которая характеризует потенциал активности агента  $\kappa_i$  в среде и рассчитывается по формуле [13]:

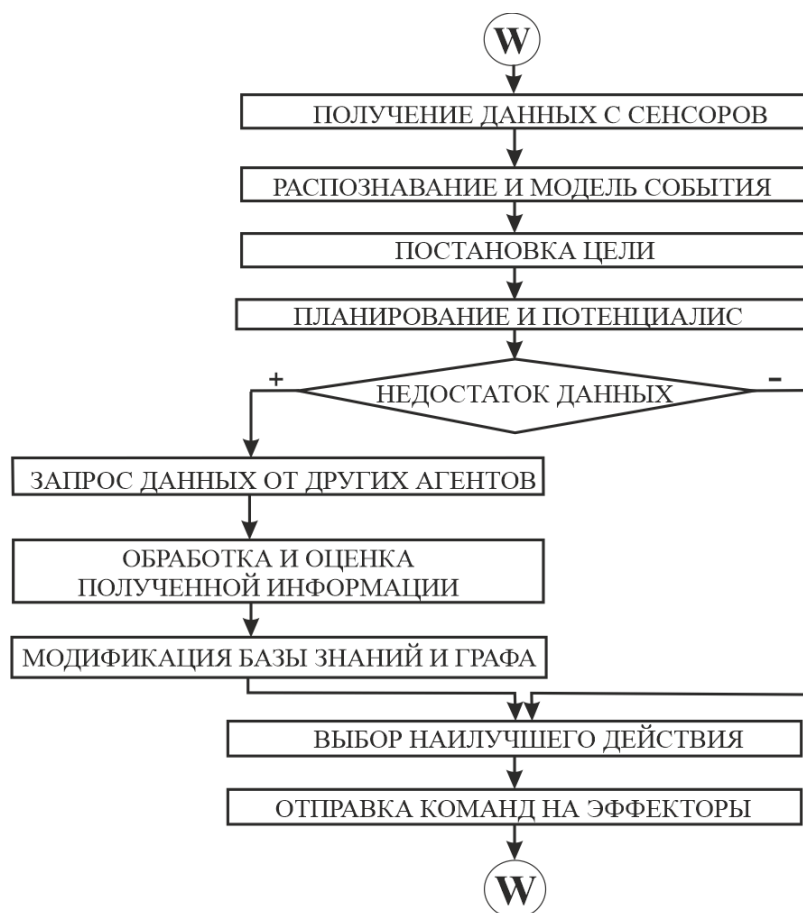
$$E_{\kappa\tau_b}^{ij\tau} = E_{\kappa\tau_b}^{ij\tau_b} - \Delta E_{\kappa}^{ij} \cdot \Delta \tau_b^c - \Delta E_{\kappa}^{ijh} - \sum_{\forall \kappa_d^{ij}} \Delta e_{\kappa_d}^{ij} + \sum_{\forall \kappa_r^{ij}} \Delta e_{\kappa_r}^{ij} + \Delta E_{\kappa}^{ijh\tau}, \quad (1)$$

где  $E_{\kappa\tau_b}^{ij\tau_b}$  – начальное значение энергии агента,  $\Delta E_{\kappa}^{ij}$  – энергия, затрачиваемая агентом для того, чтобы прожить один такт времени  $\tau_b^c$ ,  $\Delta E_{\kappa}^{ijh}$  – энергия, затрачиваемая агентом за переход в некоторое  $h$ -е состояние в дереве решений,  $\Delta e_{\kappa_d}^{ij}$  – энергия, которую затрачивает агент для того, чтобы расплатиться с контрагентами (агентами  $\kappa_d^{ij}$ ),  $\Delta e_{\kappa_r}^{ij}$  – энергия, которой другие агенты  $\kappa_r^{ij}$  расплачиваются с данным,  $\Delta E_{\kappa}^{ijh\tau}$  – энергия, которую агент получает в качестве вознаграждения за переход в некоторое целевое состояние. Таким образом, синтез целенаправленного поведения агента сводится к решению задачи поиска пути в дереве решений, субоптимального по целевому критерию энергии. Такое дерево агент строит в каждом из своих состояний. Вершинами графа выступают состояния, в которых может находиться агент (например, различные ситуации, задачи или цели). Ребра – это действия, которые агент может совершить для перехода от одного состояния к другому. Высота и количество вершин графа зависят от мощности базы знаний агента.

База знаний содержит описания состояний, в которых находится агент, причин их возникновения и следствий, к которым они могут привести. Таким образом, знания представляют собой продукционные правила, в условных частях которых содержатся наборы логических условий, в соответствии с которыми анализируются входные сообщения, а в части действия – наборы инструкций по отправке выходных сообщений другим агентам. Если при такой отправке ИА получает вознаграждение в виде дополнительной энергии (слагаемое  $\Delta e_{\kappa_r}^{ij}$  в формуле (1)), то запускается процесс заключения контрактных отношений на основе алгоритма онтонейроморфогенеза [14], согласно которому происходит ситуативно детерминированное формирование функциональных связей на основе мультиагентного обмена энергией и знаниями между заинтересованными агентами.

Таким образом, кооперативные отношения ИА в составе коллектива строятся на основе моделей взаимовыгодных контрактных отношений, основное содержание которых составляет протокол обмена знаниями и энергией [15]. В такой системе знания, содержащиеся в базе знаний одного из агентов и необходимые другому агенту для построения дерева решения, оценки оптимальных путей в нем и выбора субоптимального пути, становятся товаром, за который последний агент готов «заплатить» часть (слагаемое  $\Delta e_{\kappa_d}^{ij}$  в формуле (1)) имеющейся у него энергии. Принимая такое решение, агент исходит из ожидаемой полезности, рассчитанной до горизонта планирования, исходя из возможностей снятия неопределенностей за счет приобретаемого знания. Таким образом, интеллектуальные агенты в составе коллектива рассматривают друг друга как партнеров, конкурирующих между собой за право принимать участие в коллективном решении задач и получать за это вознаграждение  $\Delta E_{\kappa}^{ijh\tau}$ . Алгоритм работы системы управления ИА представлен на рисунке 2.





**Рис. 2.** Алгоритм работы системы управления ИА

**Fig. 2.** Algorithm of the IA control system operation

Каждый агент в рамках выполнения своей задачи получает данные с сенсоров. Полученные данные проходят процедуру предварительной обработки и распознавания. В результате система управления агента формирует описание распознанного события и возможные пути в дереве решений. Если для решения поставленной задачи недостаточно данных, агент запрашивает необходимые данные у других агентов системы. В результате итеративной процедуры обмена запросами и ответами между интеллектуальными агентами достраивается или модифицируется граф проблемной ситуации каждого агента, входящего в состав коллектива. Это позволяет получить в составе коллектива мультиагентную самоорганизацию, которая описывает динамические процессы отражения состояний системы «автономный агент – среда» и синтеза поведения автономного агента, направленного на движение по графу проблемной ситуации, определенному в пространстве состояний, размеченному значениями целевой функции. Основным методом, который используется для синтеза коллективного поведения, состоит в создании условий для роста и развития управляющей мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры интеллектуального агента на основе данных, получаемых им в процессе взаимодействия с пользователем, автономными или роботизированными агентами, и принципа суперпозиции сформированных графов проблемных ситуаций всех участников коллектива в общий граф. Вершинами этого графа будут сложные состояния, представляющие собой объединения состояний всех агентов в составе коллектива, а дугами – совокупности действий участников коллектива, ведущие из одних сложных состояний в другие.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Для решения задачи разработки децентрализованных систем управления согласованным поведением был использован принцип суперпозиции графов проблемных ситуаций всех участников коллектива автономных агентов, которые формировались из целей и условий миссии, в общий граф. Формирование общего графа миссии выполняется путем мультиагентного взаимодействия нейрокогнитивных архитектур автономных агентов, направленного на заключение взаимовыгодных контрактных отношений, основное содержание которых составляет протокол обмена знаниями и энергией. В результате итеративной процедуры обмена запросами и ответами между интеллектуальными агентами достраивается или модифицируется граф проблемной ситуации каждого агента, входящего в состав мультиагентного коллектива, в соответствии с чем происходит перестройка общего графа.

Представленная модель позволит создавать децентрализованные, гибкие и масштабируемые системы управления коллективом агентов для решения сложных задач и может применяться в робототехнике.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ / REFERENCES

1. Li Q., Gama F., Ribeiro A., Prorok A. Graph neural networks for decentralized multi-robot path planning. *IEEE/RSJ international conference on intelligent robots and systems (IROS)*. 2020. Pp. 11785–11792. DOI: 10.1109/iros45743.2020.9341668
2. Desaraju V., How J. Decentralized path planning for multi-agent teams with complex constraints. *Autonomous Robots*, 2012. No. 32(4). Pp. 385–403. DOI: 10.1007/s10514-012-9275-2
3. Patwardhan A., Murai R., Davison A.J. Distributing collaborative multi-robot planning with gaussian belief propagation. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2023. No. 8(2). Pp. 552–559. DOI: 10.1109/LRA.2022.3227858
4. Sharon G., Stern, R., Felner A., Sturtevant N.R. Conflict-based search for optimal multi-agent pathfinding. *Artificial Intelligence*, 2012. 219. Pp. 40–66. DOI: 10.1016/j.artint.2014.11.006
5. Gulati R., Wohlgezogen F., Zhelyazkov P. The two facets of collaboration: Cooperation and coordination in strategic alliances. *Academy of Management Annals*. 2012. No. 6(1). Pp. 531–583.
6. Lumineau F., Wang W., Schilke O. Blockchain governance – A new way of organizing collaborations? *Organization Science*. 2021. No. 32(2). Pp. 500–521. DOI: 10.1287/orsc.2020.1379
7. Fragapane G., de Koster R., Sgarbossa F., Strandhagen J. Planning and control of autonomous mobile robots for intralogistics: Literature review and research agenda. *European Journal of Operational Research*. 2021. Vol. 294 (2). Pp. 405–426. DOI: 10.1016/j.ejor.2021.01.019
8. Turner J., Meng G., Schaefer G. et al. Distributed task rescheduling with time constraints for the optimization of total task allocations in a multirobot system. *IEEE transactions on cybernetics*. 2017. 48(9). Pp. 2583–2597. DOI: 10.1109/TCYB.2017.2743164
9. Mkiramweni M.E. et al. A survey of game theory in unmanned aerial vehicles communications. *IEEE Communications Surveys & Tutorials*. 2019. 21(4). Pp. 3386–3416.
10. Zhu X., Vanegas F., Gonzalez F. Decentralised multi-UAV cooperative searching multi-target in cluttered and GPS-denied environments. *2022 IEEE Aerospace Conference (AERO)*. IEEE, 2022. Pp. 1–10.
11. Tkach I., Blackwell T. On the Optimization of systems using AI metaheuristics and evolutionary algorithms. *International Conference on Production Research*. Cham: Springer International Publishing, 2021. Pp. 253–271.

12. Keskin M.O., Cantürk F., Eran C. et al. Decentralized multi-agent path finding framework and strategies based on automated negotiation. *Auton Agent Multi-Agent Syst.* 2024. Vol. 38. No. 10. DOI: 10.1007/s10458-024-09639-8

13. Пшенокова И. А., Аписев А. З. Модель энергообмена между агентами в составе мультиагентной нейрокогнитивной архитектуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 5(115). С. 32–40. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-32-40

Pshenokova I.A., Apshev A.Z. Energy exchange model among agneurons as part of multi-agent neurocognitive architecture. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2023. No. 5(115). Pp. 32–40. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-5-115-32-40. (In Russian)

14. Nagoev Z., Pshenokova I., Nagoeva O., Kankulov S. Situational analysis model in an intelligent system based on multi-agent neurocognitive architectures. *Journal of Physics: Conference Series.* 2021. Vol. 2131. Article No. 022103. DOI: 10.1088/1742-6596/2131/2/022103

15. Pshenokova I., Bzhikhatlov K., Kankulov S. et al. Simulation model of the neurocognitive system controlling an intellectual agent displaying exploratory behavior in the real world. In: Alexei V. Samsonovich. Tingting Liu Proceedings of the 14<sup>th</sup> Annual Meeting of the BICA Society. BICA 2023. Studies in Computational Intelligence (SCI). Vol. 1130. DOI: 10.1007/978-3-031-50381-8\_76

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Работа выполнена при поддержке гранта Российского научного фонда № 22-19-00787.

**Funding.** The work was supported by the Russian Science Foundation grant No. 22-19-00787.

### Информация об авторах

**Пшенокова Инна Ауесовна**, канд. физ.-мат. наук, зав. лаб. «Интеллектуальные среды обитания», Институт информатики и проблем регионального управления – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

pshenokova\_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-код: 3535-2963

**Канкулов Султан Ахмедович**, мл. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

skankulov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-7376>, SPIN-код: 4342-5381

**Аталиков Борис Анзорович**, мл. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

atalikov10@gmail.com

**Энес Ахмед Зюлфикар**, мл. науч. сотр. лаборатории «Нейрокогнитивные автономные интеллектуальные системы», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

ahmedenes@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3633-4910>, SPIN-код: 3643-1808

**Information about the authors**

**Inna A. Pshenokova**, Candidate of Physical and Mathematical Sciences, Head of the Laboratory “Intelligent Living Environments”, Institute of Computer Science and Problems of Regional Management – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

pshenokova\_inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3394-7682>, SPIN-код: 3535-2963

**Sultan Akh. Kankulov**, Junior Researcher, Department of “Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

skankulov@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2996-7376>, SPIN-код: 4342-5381

**Boris A. Atalikov**, Junior Researcher, Laboratory of “Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

atalikov10@gmail.com

**Ahmed Z. Enes**, Junior Researcher, Laboratory of “Neurocognitive Autonomous Intelligent Systems”, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

ahmedenes@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3633-4910>, SPIN-код: 3643-1808

УДК 633.1: 631.172 (477.6)

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-147-159

EDN: ORWTRK

## Энергетическая эффективность возделывания сорго и других зерновых культур в Донбассе

А. В. Барановский<sup>✉1</sup>, Н. Н. Тимошин<sup>1</sup>, О. Н. Курдюкова<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова»  
291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1

<sup>2</sup>Государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина»  
196605, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 10 лит. А

**Аннотация.** В статье проведен анализ урожайности и биоэнергетической эффективности выращивания яровых зерновых культур за 2018–2022 гг. в 5-польном севообороте кафедры земледелия и растениеводства ФГБОУ ВО Луганский ГАУ. Установлено, что в условиях потепления и усиления аридности климата Луганской Народной Республики выращивание среднеранних гибридов зернового сорго Солариус, Спринт W (период вегетации 101–110 и более дней) обеспечивает рост урожайности зерна в сравнении с яровым ячменем сорта Ратник на 3,12–2,82 т/га (110,6–104,1 %), а в сравнении со среднеранними гибридами зерновой кукурузы (Луганский 287 МВ и Подольский 274 СВ) – на 2,08–1,70 т/га (53,9–44,4 %). Доказано, что при выращивании зернового сорго замена осенней отвальной вспашки на глубину 25–27 см мелким дисковым рыхлением на 12–14 см существенно снижала урожайность культуры на 0,41 т/га (6,9 %). При выращивании зернового сорго получен максимальный в опыте выход валовой энергии с 1 гектара посевов, который превысил накопление валовой энергии в урожае зерна кукурузы на 35263–29250 МДж/га (60,4–50,5 %) и в урожае зерна ячменя на 47294–42637 МДж/га (101,9–95,6 %). Это обеспечило и формирование наибольших значений коэффициентов энергетической эффективности ( $\eta$ ) выращивания сорго – 4,37–4,11, которые превысили данный показатель у зерновой кукурузы на 2,32–2,07, а у ярового ячменя – на 1,67–1,50 единиц. Наибольшие доли затрат валовой энергии при производстве ярового ячменя пришлось на удобрения (33,2 %) и ГСМ (24,5 %), а при выращивании зернового сорго – на удобрения (28,2 %), ГСМ (26,7 %), очистку и сушку зерна (14,3 %). Технология выращивания кукурузы была самой энергоемкой (28491–28379 МДж/га), т.к. доля совокупной энергии, переносимой на продукцию машинами и оборудованием, достигла 45,5 %, в т. ч. 24,0 % – на послеуборочную очистку и сушку зерна, а доля затрат энергии на удобрения снизилась до 18,1 %, ГСМ – до 20,1 %.

**Ключевые слова:** потепление климата, сорго, ячмень, кукуруза, урожайность, энергетическая эффективность

Поступила 01.10.2024, одобрена после рецензирования 10.10.2024, принята к публикации 11.10.2024

**Для цитирования.** Барановский А. В., Тимошин Н. Н., Курдюкова О. Н. Энергетическая эффективность возделывания сорго и других зерновых культур в Донбассе // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 147–159. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-147-159

## Energy efficiency of sorghum and other grain crops cultivation in Donbass

A.V. Baranovsky<sup>✉1</sup>, N.N. Timoshin<sup>1</sup>, O.N. Kurdyukova<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education  
“Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov”  
291008, Lugansk People's Republic, Lugansk, Artemovsky district, 1 LNAU

<sup>2</sup>State Autonomous Educational Institution of Higher Education  
“Leningrad State University named after A.S. Pushkin”  
196605, St. Petersburg, Pushkin, 10A Peterburgskoe highway

**Abstract.** The article analyses the yield and bioenergy efficiency of spring grain crops cultivation for 2018–2022 in five-field crop rotation of the Department of Agriculture and Crop Production of the Lugansk State Agrarian University. It was found that under the conditions of warming and increasing aridity of the climate of the Lugansk People's Republic the cultivation of grain sorghum medium-early hybrids such as Solarius, Sprint W (vegetation period 101–110 days or more) provided an increase in grain yield in comparison with spring barley variety Ratnik by 3.12–2.82 t/ha (110.6–104.1 %), and in comparison with grain corn medium-early hybrids (Lugansk 287 MB and Podolsky 274 CB) – by 2.08–1.70 t/ha (53.9–44.4 %). It was proved that when growing grain sorghum, replacement of autumn mouldboard plowing at a depth of 25–27 cm by shallow disc loosening at 12–14 cm significantly reduced the crop yield by 0.41 t/ha (6.9 %). When growing grain sorghum, the maximum experimental gross energy yield from 1 hectare of crops was obtained, which exceeded the accumulation of gross energy in the corn grain yield by 35263–29250 MJ/ha (60.4–50.5 %) and in the barley grain yield by 47294–42637 MJ/ha (101.9–95.6 %). This ensured the formation of the highest values of the energy efficiency coefficients ( $\eta$ ) of sorghum cultivation – 4.37–4.11, which exceeded this indicator for grain corn by 2.32–2.0750 units, and for spring barley – by 1.67–1.50 units. The largest shares of gross energy costs in spring barley production were spent on fertilisers (33.2 %) and fuel and lubricants (24.5 %), and in grain sorghum production it was spent on fertilisers (28.2 %), fuel and lubricants (26.7 %) and grain cleaning and drying (14.3 %). The corn cultivation technology was the most energy-intensive (28491–28379 MJ/ha), as the share of total energy on the products by machinery and equipment reached 45.5 %, including 24.0 % on post-harvest cleaning and drying of grain, while the share of energy costs on fertilisers decreased to 18.1 % and on fuel and lubricants to 20.1 %.

**Keywords:** climate warming, sorghum, barley, corn, yield, energy efficiency

Submitted 01.10.2024,

approved after reviewing 10.10.2024,

accepted for publication 11.10.2024

**For citation.** Baranovsky A.V., Timoshin N.N., Kurdyukova O.N. Energy efficiency of sorghum and other grain crops cultivation in Donbass. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 147–159. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-147-159

### ВВЕДЕНИЕ

Глобальное изменение климата на планете, его возрастающее потепление – объективная реальность [1]. Влиянию происходящих изменений климата в наибольшей степени подвержено сельское хозяйство. В условиях повышения температуры в умеренном поясе на планете культуры с типом фотосинтеза C-4, с высоким температурным порогом развития (кукуруза, сорго, просо, подсолнечник, некоторые виды бобовых культур) получают преимущества в сравнении с культурами вида C-3 [2]. Межправительственная группа экспертов по изменению климата в ближайшие 20–30 лет прогно-

зирует скорость роста температуры в среднем  $0,2^{\circ}\text{C}/10$  лет [3]. За 1976–2020 гг. скорость роста среднегодовой глобальной приповерхностной температуры (суша и море) на планете достигла  $0,179^{\circ}\text{C}/10$  лет, а температура над сушей –  $0,295^{\circ}\text{C}/10$  лет. Территория России теплеет со скоростью  $0,51^{\circ}\text{C}/10$  лет, причем каждое последующее десятилетие начиная с 1981–1990 гг. теплее предыдущего [4].

Активизация процесса потепления климата затронула и территорию Донбасса, в т.ч. Луганской Народной Республики [5, 6], где согласно данным Луганской АМС среднегодовая температура воздуха за последние 30 лет (1994–2023 гг.) составила  $9,6^{\circ}\text{C}$  при средней многолетней норме за 171 год (1838–2008 гг.), равной  $8,1^{\circ}\text{C}$ , а скорость роста достигла  $0,5^{\circ}\text{C}/10$  лет [7].

В условиях потепления климата увеличивается степень засушливости в основных регионах производства зерновых культур сельскохозяйственной зоны России. Поэтому возникает острая необходимость разработки эффективной стратегии адаптации аграрного сектора экономики России [8]. В этой ситуации рекомендуется заранее предусмотреть увеличение удельного веса более теплолюбивых, засухоустойчивых и жаростойких культур [1], способных в экстремальных условиях обеспечивать стабильные высокие урожаи. Важная роль здесь отводится сорго – наиболее жаростойкой засухоустойчивой, солеустойчивой и пластичной культуре разностороннего использования [9]. В засушливых регионах Юга России необходимо увеличить площади посева высокопродуктивного засухоустойчивого зернового сорго. В зонах недостаточного увлажнения сорго должно стать основной культурой, повышающей продуктивность севооборотов [10]. По многолетним опытным данным, в засушливых условиях Луганской Народной Республики по урожайности зерновое сорго значительно превосходит ведущие яровые зерновые культуры – овес, ячмень, просо, кукурузу [11].

Значительное колебание цен и влияния ценового фактора не всегда дают объективную оценку агротехническим мероприятиям в стоимостном выражении, так как через ценовые показатели неточно отражаются соотношения материально-технических, трудовых ресурсов и эффекта от мероприятия. Использование менее подверженных конъюнктуре рынка и рыночной экономики натуральных энергетических показателей более успешно решает эту задачу [12]. Оценка биоэнергетической эффективности технологии предусматривает определение степени окупаемости затрат совокупной энергии энергией, накопленной в урожае, исчисление энергоемкости производства единицы потребительской стоимости [13].

Особенностью развития земледелия на современном этапе является то, что увеличение урожайности в 2–3 раза сопровождается повышением затрат энергии на единицу продукции в 10–50 раз, что дает повод рассматривать производство продуктов питания как энергетическую проблему [14].

Основная задача энергетического анализа в земледелии – оценка затрат различных видов энергии. Энергетическая оценка урожая может объективно отражать результативность возделывания всех агрофитоценозов [15].

**Цель наших исследований** – провести сравнительную энергетическую оценку технологий выращивания яровых зерновых культур – кукурузы, ячменя и сорго в степных засушливых условиях Донбасса (территория ЛНР).

**Задачи исследований** – изучение продуктивности основных яровых зерновых культур региона и анализ показателей их биоэнергетической эффективности в сравнении с культурой зернового сорго.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Исследования проводились в течение 2018–2022 гг. в пятипольном полевом севообороте кафедры земледелия и экологии окружающей среды на опытном поле ФГБОУ ВО «Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова» со следующим чередованием культур: чистый пар – озимая пшеница – кукуруза на зерно (1/2 поля) + подсолнечник (1/2 поля) – яровой ячмень – зерновое сорго. Географические координаты расположения опытного поля – 48.535821 с.ш. и 39.215615 в.д. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный маломощный слабосмытый на лессовидном суглинке с содержанием в слое 0–25 см 3,3–3,4 % гумуса (по Тюрину), средних запасов подвижного азота и фосфора и повышенного количества обменного калия в отношении зерновых культур. Агротехника возделывания культур была общепринятой для ЛНР [16]. Посевы поддерживались в чистом фитосанитарном состоянии от сорняков, вредителей и болезней путем проведения соответствующих механических и химических обработок. В опыте изучали два варианта основной обработки почвы: традиционная – отвальная вспашка на 20–22 см под ячмень и на 25–27 см под кукурузу и сорго и энергосберегающая – плоскорезная обработка под кукурузу на 25–27 см и дисковое рыхление на глубину 12–14 см под ячмень и зерновое сорго. В севообороте для посева использовались семена следующих сортов: озимой пшеницы – Краса Дона, ярового ячменя – Ратник, гибриды кукурузы – Луганский 287 МВ и Краснодарский 230 МВ, гибрид подсолнечника – Командор 777, гибриды зернового сорго – Спринт W и Соляриус. Повторность опыта – трехкратная. Нормы высева всхожих семян ярового ячменя – 4,5–5,0 млн/га, кукурузы – 55–60 тыс./га, зернового сорго – 220–230 тыс./га. Сроки сева культур – рекомендованные для региона [16].

Климат в республике – резко континентальный и характеризуется сильными, постоянными юго-восточными ветрами, засушливо-суховейными явлениями, неравномерным распределением осадков в течение года и большими колебаниями их количества по годам. Зима малоснежная, неустойчивая, лето теплое с неустойчивым увлажнением с частыми засушливыми периодами [17]. По многолетним данным Луганской АМС (1986–2005 гг.), среднегодовая температура воздуха равна 8,8°C, температура самого холодного месяца (января) равна -3,7...-4,9°C, самого теплого месяца (июля) равна +22,3...+22,8°C. Сумма активных ( $\geq 10^\circ\text{C}$ ) температур за вегетационный период (170–182 дня) – 3148°C. Среднегодовое количество осадков – 528 мм, а за летние месяцы – 181 мм.

При возделывании изучаемых яровых культур все наблюдения, учеты, измерения, анализы проводились в соответствии с общепринятой методикой полевого опыта [18]. Расчеты показателей биоэнергетической эффективности технологий проводились согласно соответствующим методикам [12, 13, 14, 20], а также работам А. В. Алабушева и Л. Н. Анипенко [10].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В годы проведения опыта погодные условия вегетационного периода контрастно различались (табл. 1). Наиболее засушливыми были 2018 и 2020 гг. (недобор осадков составил 75,2 и 179,0 мм, а ГТК был ниже нормы на 0,34 и 0,62 единицы). Крайне неблагоприятные условия влагообеспеченности сложились в 2020 году за период июнь–сентябрь ( $\Sigma$  осадков – 56,4 мм, ГТК – 0,20, т.е. условия природной зоны пустыни) [20].



**Таблица 1.** Показатели метеорологических наблюдений за погодными условиями вегетационного периода в 2018–2022 гг.**Table 1.** Indicators of meteorological observations of the weather conditions of the growing season in 2018–2022

Год	Месяц						$\bar{X}$ или $\sum$ за IV–IX
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
Среднемесячная температура воздуха, °C							
2018	11,9	18,5	21,6	23,7	22,5	18,0	19,2
2019	10,1	17,6	23,3	21,2	20,3	14,7	17,9
2020	8,5	14,8	23,0	24,1	21,8	18,2	18,4
2021	9,8	17,2	21,4	25,2	24,3	14,1	18,7
2022	12,4	13,9	21,5	22,5	25,4	14,8	18,4
Многолетняя норма*	10,1	15,6	20,0	22,4	20,9	15,0	17,3
Сумма осадков, мм							
2018	13,9	41,6	85,5	50,8	9,5	33,5	234,8
2019	99,5	74,9	23,4	96,5	73,4	18,5	386,2
2020	9,7	64,9	6,2	40,4	9,8	0,0	131,0
2021	36,5	63,2	151,0	22,2	34,0	34,3	341,2
2022	60,8	46,7	44,7	15,6	76,2	64,6	308,6
Многолетняя норма*	30	47	73	70	38	52	310
Гидротермический коэффициент (ГТК) Селянинова							
2018	0,39	0,73	1,32	0,69	0,14	0,62	0,65
2019	3,28	1,37	0,33	1,47	1,17	0,42	1,34
2020	0,04	1,41	0,09	0,54	0,15	0,00	0,37
2021	1,24	1,19	2,62	0,28	0,45	0,81	1,10
2022	1,63	1,08	0,69	0,22	0,97	1,45	1,01
Многолетняя норма*	0,99	0,97	1,22	1,01	0,59	1,16	0,99

Гидротермический режим в период вегетации сорго в 2022 году был на уровне многолетней нормы. Наилучшие условия влагообеспеченности были в 2019 и 2021 гг. (ГТК больше нормы на 0,35 и 0,11 единиц).

Таким образом, наиболее благоприятные условия для роста и развития ранних и поздних яровых зерновых культур были в 2019, 2021 и 2022 гг.

Период активной вегетации с.-х. культур (со среднесуточными температурами воздуха 10°C и выше), согласно данным Луганского ЦГМ, в 2018 году был 174 дня при сумме активных температур 3586°C, в 2019 году соответственно – 183 дня и 3460°C, в 2020 году – 174 дня и 3481°C, в 2021 году – 171 день и 3357°C, в 2022 году – 197 дней и 3564°C. Многолетние показатели, по данным Луганского ЦГМ, равны 176 дней и 3148°C [17].

Изучаемые способы основной обработки почвы оказывали влияние на рост, развитие и продуктивность яровых зерновых культур. Установлено, что при выращивании зерновой кукурузы на фоне глубокого (на 25–27 см) плоскорезного рыхления в качестве осенней основной обработки почвы показатели зерновой продуктивности были на уровне с вариантом осенней глубокой (на 25–27 см) отвальной вспашки. Также не отмечено суще-

ственных различий в продуктивности ярового ячменя в зависимости от изучаемых способов обработки почвы (табл. 2).

**Таблица 2.** Показатели продуктивности яровых зерновых культур в среднем за первую ротацию пятипольного севооборота (2018–2022 гг.)

**Table 2.** Productivity indicators of spring grain crops on average for the first rotation of the five-field crop rotation (2018–2022)

Культура	Способы основной обработки почвы	Густота продуктивных стеблей, шт./м <sup>2</sup>		Масса зерна с початка, колоса, метелки, г		Масса 1000 зерен, г	
		$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	V, %
Кукуруза на зерно	Отвальная вспашка на 25-27 см	4,5±0,16	7,1	87,5±13,1	30,3	219,9±9,8	10,0
	Плоскорезная обработка 25-27 см	4,6±0,21	9,1	86,8±13,6	32,5	221,7±10,5	10,6
Яровой ячмень	Отвальная вспашка на 20-22 см	382±20,7	12,2	0,76±0,04	12,7	43,2±1,3	6,5
	Рыхление УДА-2,4-20М 12-14 см	378±24,1	14,3	0,74±0,05	15,3	43,0±1,7	8,9
Зерновое сорго	Отвальная вспашка на 25-27 см	13,7±0,9	14,8	43,8±3,61	18,8	18,7±1,1	13,1
	Рыхление УДА-2,4-20М 12-14 см	13,5±0,8	13,3	40,5±3,97	21,9	17,9±1,1	13,4

Зерновое сорго положительно реагировало существенным приростом урожая на глубокую (на 25–27 см) отвальную вспашку в сравнении с мелким (12–14 см) дисковым рыхлением. В среднем за 5 лет исследований прирост зерна составил 0,41 т/га (7,4 %) при НСР<sub>05</sub> = 0,27–0,38 т/га за счет повышения массы зерна с метелки – на 3,3 г (8,1 %) и массы 1000 зерен – на 0,8 г (4,5%).

В связи с различными уровнями сформированной урожайности и содержания общей энергии в 1 кг сухого вещества зерна были получены различные уровни накопления валовой энергии в урожае зерна с 1 гектара. Среди изучаемых яровых зерновых культур севооборота за счет наибольшей урожайности зерна и средних затрат совокупной энергии на технологию выращивания в посевах сорго получены максимальные показатели энергетической эффективности (табл. 3).

В сравнении с кукурузой на варианте с отвальной вспашкой по культуре сорго содержание валовой энергии в урожае зерна было выше на 35263 МДж/га (60,4 %), приращение энергии – на 42327 МДж/га (141,4 %), коэффициент энергетической эффективности ( $\eta$ ) возрос на 1,75 единицы.

Несмотря на минимальные затраты совокупной энергии на технологию выращивания, но за счет наиболее низкого уровня урожайности яровой ячмень обеспечил и самый низкий выход валовой энергии с 1 гектара посевов, который по варианту отвальной вспашки в сравнении с зерновым сорго снизился на 47294 МДж/га (50,5 %), а коэффициент энергетической эффективности по зерну уменьшился на 1,67 единицы.

Расчетные данные технологических процессов свидетельствуют, что наибольший удельный вес в структуре совокупных затрат при выращивании ярового ячменя приходится на применение удобрений (33,2 %) и горюче-смазочных материалов (24,5 %). При выращивании зернового сорго значительно возрастает доля энергетических потоков, пе-

реносимых на продукцию машинами и оборудованием (34,3 %), что связано с резким ростом затрат энергии на послеуборочную очистку и сушку зерна (14,3 % от всех валовых энергетических затрат по технологии возделывания культуры). При этом доля энергозатрат на применение удобрений снизилась до 28,2 %, а на использование ГСМ – до 26,7 %. Наиболее энергоемкой оказалась технология выращивания кукурузы на зерно, в которой доля затрат совокупной энергии, переносимой на продукцию машинами и оборудованием, достигла 45,5 %. При этом 24,0 % всех валовых затрат энергии пришлось на послеуборочную очистку и сушку зерна до стандартной влажности (рис.).

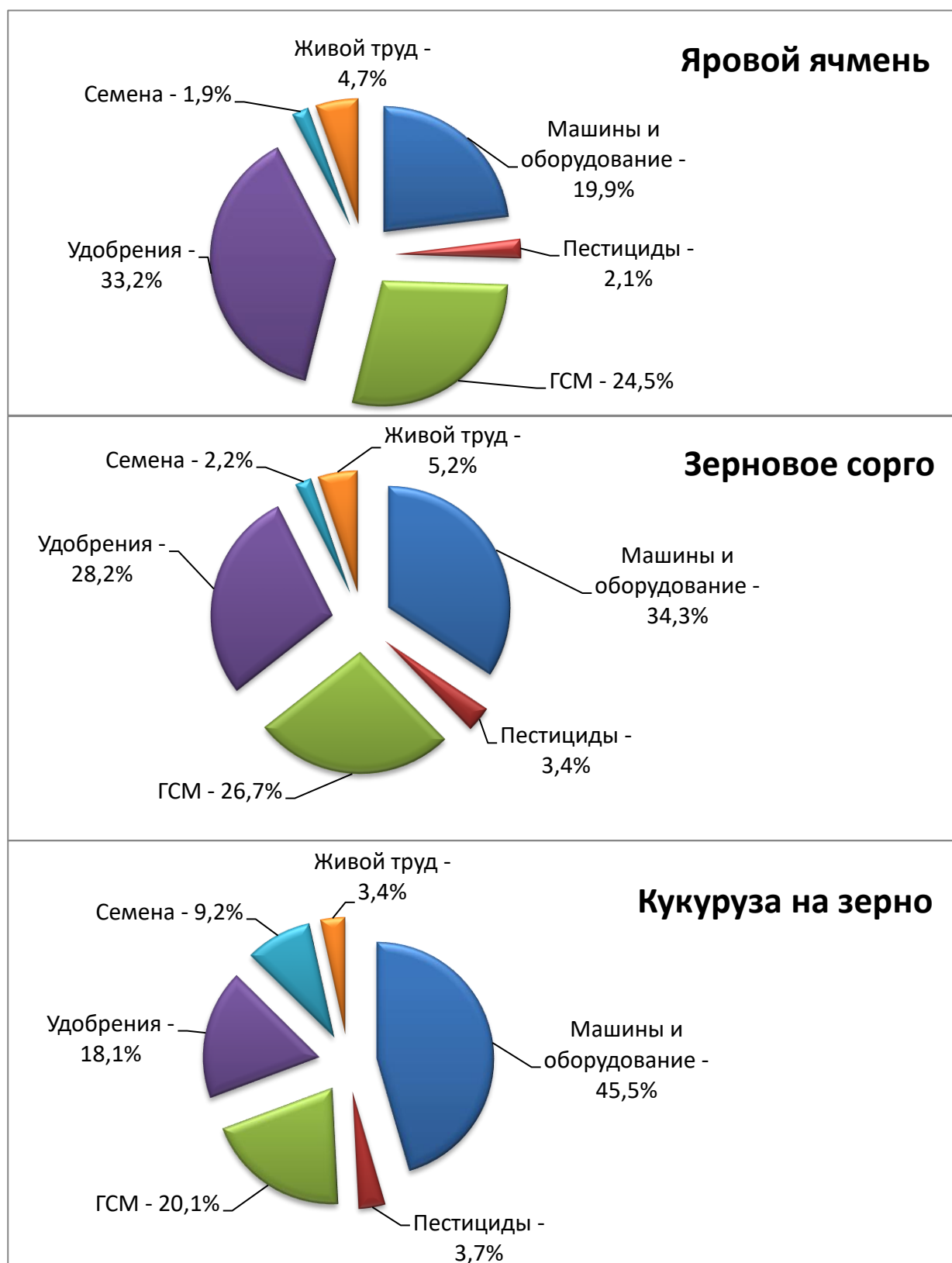
**Таблица 3.** Показатели урожайности и энергетической эффективности яровых зерновых культур за ротацию пятипольного севооборота (2018–2022 гг.)

**Table 3.** Indicators of yield and bioenergy efficiency in spring crops cultivation on average for the first rotation of the five-field crop rotation (2018-2022)

Культура	Способы основной обработки почвы	Урожайность зерна, т/га	Затраты совокупной энергии, МДж/га	Содержание валовой энергии в урожае зерна, МДж/га	Приращение энергии, МДж/га	Затраты энергии на единицу продукции, МДж/т	Коэффициент энергетической эффективности ( $\eta$ )
Кукуруза на зерно	Отвальная вспашка на 25–27 см	3,86	28491	58425	29934	7381	2,05
	Плоскорезная обработка 25–27 см	3,83	28379	57971	29592	7410	2,04
Яровой ячмень	Отвальная вспашка на 20–22 см	2,82	17199	46394	29195	6099	2,70
	Рыхление УДА-2,4-20М 12–14 см	2,71	17065	44584	27519	6297	2,61
Зерновое сорго	Отвальная вспашка на 25–27 см	5,94	21427	93688	72261	3607	4,37
	Рыхление УДА-2,4-20М 12–14 см	5,53	21230	87221	65991	3839	4,11

Анализ показателей биоэнергетической эффективности возделывания зерновых культур свидетельствует, что наиболее энергоемким является производство зерна кукурузы, когда за счет сравнительно невысокой урожайности культуры потребовалось максимальное количество затрат энергии на единицу продукции, что было в 2,0–1,9 раза больше, чем на производство 1 тонны зерна сорго. Также при этом получен и самый низкий коэффициент энергетической эффективности по зерну (2,04–2,05 единицы), что также было вдвое меньше, чем при выращивании зернового сорго.

В связи с невысокой урожайностью выращивание ярового ячменя обеспечивало значительно меньший энергетический эффект в сравнении с зерновым сорго. Коэффициент энергетической эффективности производства зерна ярового ячменя снизился на 1,67–1,50 единицы относительно посевов зернового сорго.



**Рис.** Структура совокупных энергетических затрат при выращивании изучаемых зерновых культур на вариантах с отвальной вспашкой, %

**Fig.** The structure of total energy costs in the cultivation of the studied crops on options with mouldboard plowing, %

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно результатам исследований за 2018–2022 гг. установлено, что в засушливых условиях Луганской Народной Республики выращивание рекомендованных гибридов зернового сорго обеспечивает формирование значительно более высоких уровней урожайности в сравнении с основными яровыми зерновыми культурами региона – яровым ячменем и кукурузой. Прирост урожайности зерна в сравнении с яровым ячменем достигал 3,12–2,82 т/га (110,6–104,1 %), с зерновой кукурузой – 2,08–1,70 т/га (53,9–44,4 %).

При выращивании зерновой кукурузы и ярового ячменя не отмечено существенных различий по урожайности в зависимости от изучаемых способов основной обработки почвы. При выращивании зернового сорго замена глубокой отвальной вспашки на 25–27 см на мелкое дисковое рыхление на 12–14 см приводила к существенному снижению урожайности культуры на 0,41 т/га (6,9 %).

Высокая урожайность зернового сорго обеспечила и максимальный в опыте выход валовой энергии с 1 гектара посевов, что превысило накопление валовой энергии в урожае зерна кукурузы на 35263–29250 МДж/га (60,4–50,5 %), в урожае зерна ячменя – на 47294–42637 МДж/га (101,9–95,6%). На посевах зернового сорго были получены и максимальные коэффициенты энергетической эффективности ( $\eta$ ), которые превысили показатели зерновой кукурузы на 2,32–2,07 единицы, а ярового ячменя – на 1,67–1,50 единицы.

В структуре энергетических потоков при производстве зерна ярового ячменя максимум приходился на применение удобрений (33,2 %) и горюче-смазочных материалов (24,5 %). При производстве зернового сорго заметно возрастала доля энергетических потоков, переносимых на продукцию машинами и оборудованием (34,3 %), что связано с резким ростом затрат энергии на послеуборочную доработку – очистку и сушку зерна (14,3 % от всех валовых энергетических затрат в технологии возделывания культуры). При этом доля энергозатрат на применение удобрений снизилась до 28,2 %, а на использование ГСМ – до 26,7 %. При выращивании кукурузы доля затрат совокупной энергии, переносимой на продукцию машинами и оборудованием, достигла 45,5 %, что вызвано значительным их увеличением на очистку и сушку собранного зерна до базисных кондиций.

Таким образом, в условиях ускорения темпов потепления и усиления засушливости климата в западной части Донецко-донского региона степной зоны России, в которую входит территория ЛНР, наиболее урожайной, энергетически ценной, целесообразной, перспективной яровой зерновой культурой является засухоустойчивое зерновое сорго, посевные площади для выращивания которого в регионе необходимо значительно увеличивать.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Михилев А. В.* Потепление климата – конкурентное преимущество сельского хозяйства Российской Федерации // Вестник Курской сельскохозяйственной академии. 2018. № 7. С. 70–73. EDN: YNVGEN
2. *Кошкин Е. И., Андреева И. В., Гусейнов Г. Г.* Влияние глобальных изменений климата на продуктивность и устойчивость сельскохозяйственных культур к стрессорам // Агрохимия. 2019. № 12. С. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119120068
3. *Шеламова Н. А.* Влияние изменения климата на сельское хозяйство и продовольственную безопасность в мире и России // Аграрная политика России: устойчивость и конкурентоспособность: Труды Международной научно-практической

конференции, посвященной 100-летию академика ВАСХНИЛ В. Р. Боева. М.: ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, 2022. С. 248–258.

4. Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2019 год. М., 2020. 97 с.

5. Барановский А. В., Курдюкова О. Н. Анализ динамики погодных условий Луганской области за последние 100 лет // Вестник КрасГАУ. 2021. № 8. С. 54–62. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-54-62

6. Барановский А. В., Токаренко В. Н., Тюканько Е. А. Экологические особенности выращивания зернового сорго в Донбассе в условиях изменяющегося климата // Вестник Курской сельскохозяйственной академии. 2021. № 5. С. 20–31. EDN: PPESFW

7. Соколов И. Д., Долгих Е. Д., Соколова Е. И. Изменение климата востока Украины и его прогнозирование. Оптимистическое руководство. Луганск: Элтон-2, 2010. 133 с.

8. Третий оценочный доклад об изменениях климата и их последствиях на территории Российской Федерации. Общее резюме. СПб.: Научные технологии, 2022. 124 с.

9. Муслимов М. Г., Камилова Э. С., Четверкина Е. Н., Яхьяева А. М. Продуктивность сорго в равнинных агроландшафтах Республики Дагестан // В сборнике: Современные экологические проблемы в сельскохозяйственном производстве: Материалы Международной научно-практической конференции. Махачкала: Дагестанский ГАУ, 2019. С. 96–103.

10. Алабушев А. В., Анипенко Л. Н. Эффективность производства сорго зернового. Ростов-на-Дону: Книга, 2002. 192 с.

11. Барановский А. В. Сравнительная продуктивность яровых зерновых культур в засушливых условиях Луганской области // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. 2020. № 1(81). С. 28–33. EDN: TSZYWW

12. Методология и методика энергетической оценки агротехнологий в агроландшафтах. М.: РГАУ – МСХА имени К. А. Тимирязева, 2007. 21 с.

13. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке технологий возделывания кукурузы. М.: ВАСХНИЛ, ВНИИ кукурузы, 1988. 52 с.

14. Смаглий О. Ф., Малиновський А. С., Кардашов А. Т. *Et al.* Енергетична оцінка агроєкосистем: навчальний посібник, за ред. Л. А. Шкумбатюк. Житомир: Волинь, 2004. 132 с.

15. Булаткин Г. А. Эколого-энергетические аспекты продуктивности агроценозов. Пушино: ОНТИ НЦБИ АН СССР, 1986. 210 с.

16. Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в условиях нарастания аридности климата (научно-практические рекомендации). Луганск: ГОУ ВО ЛНР ЛНАУ, 2019. 123 с.

17. Агроклиматический справочник по Луганской области (1986–2005 гг.) / Под ред. Ю. Н. Власова. Луганск: Виртуальная реальность, 2011. 216 с.

18. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Альянс, 2014. 351 с.

19. Орешкин М. В., Усатенко Ю. И., Брагин В. М. Основы биоэнергетического анализа: научное издание. Луганск: Элтон-2, 2008. 47 с.

20. Чирков Ю. И. Агрометеорология. Л.: Гидрометеиздат, 1979. 320 с.

## REFERENCES

1. Mikhilev A.V. Climate warming – a competitive advantage of agriculture in the Russian Federation. *Vestnik Kurskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Kursk Agricultural Academy]. 2018. No. 7. Pp. 70–73. EDN: YNVGEH. (In Russian)

2. Koshkin E.I., Andreeva I.V., Guseynov G.G. Influence of global climate changes on productivity and resistance of agricultural crops to stressors. *Agrokimiya* [Agrochemistry]. 2019. No. 12. Pp. 83–96. DOI: 10.1134/S0002188119120068. (In Russian)
3. Shelamova N.A. Impact of climate change on agriculture and food security in the world and Russia. *Agrarnaya politika Rossii: ustoychivost' i konkurentosposobnost': Trudy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Moscow: FGBNU FNTs VNIIESHh, 2022. Pp. 248–258. (In Russian)
4. *Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2019 god* [Report on climate peculiarities on the territory of the Russian Federation for 2019]. Moscow, 2020. 97 p. (In Russian)
5. Baranovsky A.V., Kurdyukova O.N. Analysis of the dynamics of weather conditions of Lugansk region for the last 100 years. *Bulletin of KSAU*. 2021. No. 8. Pp. 54–62. DOI: 10.36718/1819-4036-2021-8-54-62. (In Russian)
6. Baranovsky A.V., Tokarenko V.N., Tyukanko E.A. Ecological features of grain sorghum cultivation in Donbass under the changing climate. *Vestnik Kurskoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Kursk Agricultural Academy]. 2021. No. 5. Pp. 20–31. EDN: PPESFW. (In Russian)
7. Sokolov I.D., Dolgikh E.D., Sokolova E.I. *Izmenenie klimata vostoka Ukrainy i ego prognozirovanie. Optimisticheskoe rukovodstvo* [Climate change in eastern Ukraine and its forecasting. Optimistic leadership]. Lugansk: Elton-2, 2010. 133 p. (In Russian)
8. The Third Assessment Report on Climate Change and its Impacts on the Territory of the Russian Federation. *Obshchee rezyume* [General summary]. Sankt-Peterburg: Naukoemkie tekhnologii, 2022. 124 p. (In Russian)
9. Muslimov M.G., Kamilova E.S., Chetverkina E.N., Yakhyaeva A.M. Productivity of sorghum in the plain agrolandscapes of the Republic of Dagestan. *V sbornike: Sovremennye ekologicheskie problemy v sel'skokhozyaystvennom proizvodstve: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii*. Makhachkala: Dagestanskiy GAU, 2019. Pp. 96–103. (In Russian)
10. Alabushev A.V., Anipenko L.N. *Effektivnost' proizvodstva sorgo zernovogo* [Efficiency of grain sorghum production]. Rostov-on-Don: Book, 2002. 192 p. (In Russian)
11. Baranovsky A.V. Comparative productivity of spring grain crops in arid conditions of Lugansk region. *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [News of the Orenburg State Agrarian University]. 2020. No. 1(81). Pp. 28–33. EDN: TSZYWW. (In Russian)
12. *Metodologiya i metodika energeticheskoy otsenki agrotekhnologiy v agrolandshaftakh* [Methodology and methods of energy assessment of agrotechnologies in agrolandscapes]. Moscow: K.A. Timiryazev Russian Academy of Agricultural Sciences, 2007. 21 p. (In Russian)
13. *Metodicheskiye rekomendatsii po bioenergeticheskoy otsenke tekhnologiy vozdel'yvaniya kukuruzy* [Methodical recommendations for bioenergetic assessment of corn cultivation technologies]. Moscow: VASKHNIL, Russian Research Institute of Corn, 1988. 52 p. (In Russian)
14. Smaglyi O.F., Malinovskiy A.S., Kardashov A.T. et al. Energy evaluation of agroecosystems: *navchal'nyy posibnyk*. Zhytomyr: Volin, 2004. 132 p. (in Ukrainian)
15. Bulatkin G.A. *Ekologo-energeticheskiye aspekty produktivnosti agrotsenozov* [Ecological and energy aspects of productivity of agroecosystems]. Pushchino: ONTI NCBI of the USSR Academy of Sciences, 1986. 210 p. (In Russian)

16. *Innovatsionnyye tekhnologii vozdeleyvaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur v usloviyakh narastaniya aridnosti klimata (nauchno-prakticheskiye rekomendatsii)* [Innovative technologies of cultivation of agricultural crops in conditions of increasing climate aridity (scientific and practical recommendations)]. Lugansk: SEI HE LPR LNAU, 2019. 123 p. (In Russian)
17. Vlasov Y.N. *Agroklimaticheskiy spravochnik po Luganskoy oblasti (1986-2005 gg.)* [Agroclimatic reference book for Lugansk region (1986-2005)]. Lugansk: Virtual Reality, 2011. 216 p. (In Russian)
18. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methodology of field experience]. Moscow: Alliance, 2014. 351 p. (In Russian)
19. Oreshkin M.V., Usatenko Y.I., Bragin V.M. *Osnovy bioenergeticheskogo analiza* [Fundamentals of bioenergetic analysis]: scientific edition. Lugansk: Elton-2, 2008. 47 p. (In Russian)
20. Chirkov Yu.I. *Agrometeorologiya* [Agrometeorology]. Lvov: Gidrometeoizdat, 1979. 320 p. (In Russian)

#### **Вклад авторов:**

А. В. Барановский – концептуализация и проектирование исследований, закладка и выполнение полевых опытов, сбор данных, анализ данных и их интерпретация, подготовка рукописи;

Н. Н. Тимошин – участие в проведении опытов, критический анализ текста;

О. Н. Курдюкова – финальная доработка текста статьи.

#### **Contribution of the authors:**

A.V. Baranovsky – conceptualization and design of research, design and implementation of field experiments, data collection, data analysis and interpretation, manuscript preparation;

N.N. Timoshin – participation in experiments, critical analysis of text;

O.N. Kurdyukova – final revision of the article text.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

#### **Информация об авторах**

**Барановский Александр Васильевич**, канд. с.-х. наук, доцент кафедры земледелия и растениеводства, Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова; 291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1;

Lnau\_sorgo2011@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2098-0889>; SPIN-код: 9133-9230

**Тимошин Николай Николаевич**, канд. с.-х. наук, зав. кафедрой земледелия и растениеводства, Луганский государственный аграрный университет имени К. Е. Ворошилова; 291008, Луганская Народная Республика, г. Луганск, г.о. Луганский, р-н Артемовский, тер. ЛНАУ, 1;

Zemledelie2016@yandex.ru, SPIN-код: 2430-9178



**Курдюкова Ольга Николаевна**, доктор с.-х. наук, профессор кафедры естествознания и географии, Ленинградский государственный университет имени А. С. Пушкина;  
196605, Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, 10 лит. А;  
herbology8@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7500-8275>, SPIN-код: 5053-4518

#### **Information about the authors**

**Alexander V. Baranovsky**, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor of the Department of Agriculture and Crop Production, Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov;

291008, Lugansk People's Republic, Lugansk, Artemovsky district, 1 LNAU;

Lnau\_sorgo2011@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2098-0889>, SPIN-code: 9133-9230

**Nikolay N. Timoshin**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agriculture and Crop Production, Lugansk State Agrarian University named after K.E. Voroshilov;

291008, Lugansk People's Republic, Lugansk, Artemovsky district, 1 LNAU;

Zemledelie2016@yandex.ru, SPIN-code: 2430-9178

**Olga N. Kurdyukova**, Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Natural Sciences and Geography, Leningrad State University named after A.S. Pushkin;

196605, Saint Petersburg, Pushkin, 10 Peterburgskoe highway;

herbology8@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7500-8275>, SPIN-code: 5053-4518

УДК 633.174.6:631.52

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-160-168

EDN: QBEVKO

## Продуктивность перспективных сортов зернового и сахарного сорго в условиях лесостепной зоны Республики Ингушетия

М. У. Гамботова<sup>✉</sup>, М. А. Базгиев, Р. А. Оздоев

Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства  
386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50

**Аннотация.** Рост продукции растениеводства должен сопровождаться повышением урожайности сельхозкультур, что невозможно без совершенствования технологии возделывания. Эти технологии должны быть эффективными и экономически обоснованными. Целью наших исследований было изучение особенностей формирования урожая различных сортов сорго. Исследования проводились в лесостепной зоне Республики Ингушетия на опытном поле Ингушского научно-исследовательского института сельского хозяйства с 2022 по 2024 год. В данной статье дана сравнительная оценка показателей роста, развития и продуктивности различных сортов зернового и сахарного сорго. Для правильного размещения сортов изучен их адаптивный потенциал. Чтобы сорт смог реализовать себя, важен не только его генотип, но и взаимодействие с окружающей средой. В наших исследованиях изучались биологические особенности роста и развития растений сорго, их требования к теплу, увлажнению, а также зависимость урожайности различных сортов от сроков сева. Установлено, что неблагоприятные условия летнего сезона лесостепной зоны Ингушетии вполне благоприятны для возделывания культуры сорго. Определен оптимальный срок сева для зоны – первая декада мая. При посеве в этот срок обеспечиваются более благоприятный температурный режим и своевременное прохождение фаз развития растений. Из изучаемых сортов сорго наиболее продуктивными по урожаю зерна оказались сорта зернового сорго Аванс и сахарного сорго Галия, а по урожаю зеленой массы лидируют сорта Галия и Ларец. Внедрение в производство данных сортов позволит увеличить производство кормов с единицы площади.

**Ключевые слова:** сорго, сорта, срок сева, полевая всхожесть, урожайность, зеленая масса

Поступила 02.09.2024, одобрена после рецензирования 09.09.2024, принята к публикации 23.09.2024

**Для цитирования.** Гамботова М. У., Базгиев М. А., Оздоев Р. А. Продуктивность перспективных сортов зернового и сахарного сорго в условиях лесостепной зоны Республики Ингушетия // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 160–168. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-160-168

## Productivity of promising varieties of grain and sugar sorghum under the conditions of the forest-steppe zone of the Republic of Ingushetia

M.U. Gambotova<sup>✉</sup>, M.A. Bazgiev, R.A. Ozdоеv

Ingush Scientific Research Institute of Agriculture  
386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanov street

**Abstract.** The growth of crop production should be accompanied by an increase in the yield of agricultural cultures. This is impossible without improving the cultivation technology. These technologies must be efficient and economically feasible. The purpose of our research was to study the features of the formation of the various sorghum varieties yield. The research was carried out in the

forest-steppe zone of the Republic of Ingushetia on the experimental field of the Ingush Research Institute of Agriculture from 2022 to 2024. This article gives a comparative assessment of the growth, development and productivity indicators of various varieties of grain and sugar sorghum. For the correct placement of varieties, their adaptive potential has been studied. In order for a variety to be able to realize itself, not only its genotype is important, but also its interaction with the environment. In our studies, we studied the biological features of the growth and development of sorghum plants, their requirements for warmth, moisture, as well as the dependence of the various sorghum varieties yield on the sowing dates. It has been established that the unfavorable conditions of the summer season of the forest-steppe zone of Ingushetia are quite favorable for the cultivation of sorghum. The optimal sowing date for the zone has been determined – the first decade of May. When sowing during this period, a more favorable temperature regime and timely passage of phases of plant development are ensured. Among the sorghum varieties that were studied, the most productive in terms of grain yield were the varieties of grain sorghum Avans and sugar sorghum Galiya, and in terms of the yield of green mass, the varieties Galia and Larets are in the lead. The introduction of these varieties into production will increase the production of feed per unit area.

**Keywords:** sorghum, varieties, sowing date, field germination, yield, green mass

Submitted 02.09.2024,

approved after reviewing 09.09.2024,

accepted for publication 23.09.2024

**For citation.** Gambotova M.U., Bazgiev M.A., Ozdov R.A. Productivity of promising varieties of grain and sugar sorghum under the conditions of the forest-steppe zone of the Republic of Ingushetia. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 160–168. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-160-168

#### АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ

Для насыщения внутреннего рынка мясомолочной продукцией необходимо восстанавливать поголовье КРС, что невозможно без создания хорошей кормовой базы. Естественные кормовые угодья не могут полностью удовлетворить потребность в кормах [1]. Острозасушливые годы снижают эффективность с.-х. производства, что ведет к нестабильности ведения сельского хозяйства. Это ведет к необходимости корректировать возделываемые площади в пользу засухоустойчивых культур, в частности сорговых.

В хозяйствах, где уделяется внимание сбалансированности кормов по протеину, сахару, микро- и макроэлементам, получают наибольшую прибавку по удоям молока, снижают расход на кормовые цели [2]. Поэтому возделывание кормовых культур для получения высококачественных, сбалансированных по питательности кормов носит актуальный характер.

Почвенно-климатические условия являются основополагающими для успешного ведения хозяйства. Лесостепная зона Ингушетии характеризуется засушливым климатом и недостаточной влагообеспеченностью. Стабильность производства с.-х. продукции во многом определяется погодными условиями вегетационного периода. Особенно негативно на рост и развитие растений влияют повышенный температурный режим и длительные бездождевые периоды [3]. Для эффективного решения данной проблемы необходимо вводить в производство жаростойкие и засухоустойчивые культуры, которые богаты питательными веществами и обеспечивают высокий уровень урожайности при любых погодных условиях [4]. К таким культурам относят сорго. Это свойство обеспечивается благодаря мощной корневой системе, восковому слою на растении, а также из-за устьиц, находящихся в нижней части листьев [5, 6]. Особенно значимость сорго возросла в условиях заметного потепления климата на планете.

Сорго нетребовательно к воде, почвам и дает высокий урожай. Из-за короткого вегетационного периода оно может использоваться на зеленый корм как поукосная и пожнивная культура. По сравнению с кукурузой сорговые культуры более пластичные и

неприхотливые, способны давать урожай там, где кукуруза выгорает от засухи и высоких температур.

Сорго содержит в достаточном количестве основные питательные вещества, поэтому его зерно отличается высокими кормовыми достоинствами. Оно малотребовательно к почвам и обладает низким коэффициентом водопотребления [7, 8].

Зерно сорго богато белками, аминокислотами, углеводами, каротином, витаминами. Кроме фуражного направления использования, сорго применяется в пищевой промышленности (сироп, патока), а также для получения спирта и биоэтанола [9].

Благодаря высокой кустистости и быстрому отрастанию сорговые культуры могут эффективно использоваться в зеленом конвейере [10]. В фазе молочно-восковой спелости сорго содержит до 14–20 % сахаров. Культура неприхотлива и хорошо развивается в регионах недостаточного и неустойчивого увлажнения. Кроме обыкновенной злаковой тли, у сорго практически нет вредителей. Сильно разрастающаяся корневая система рыхлит почву и способствует транспорту влаги на глубину до 1,10–1,20 м, препятствуя вымыванию азота [11].

Одна из уникальных особенностей сорго – впадение в состояние анабиоза при высоких температурах. При температуре 35<sup>0</sup>С и более сорго приостанавливает рост и при выпадении даже небольшого количества осадков опять продолжает вегетацию, в то время как, например, у растений кукурузы от такой жары листья скручиваются и впоследствии подсыхают (выгорают). Сорго способно расти при незначительном количестве влаги в почве благодаря уникальной по мощности развития корневой системе. Поэтому значимость сорго особенно возрастает в районах, где затруднено выращивание основных зерновых культур из-за сильных летних засух.

В республике, да и в целом по стране, культуре сорго не отводится должного внимания, хотя ученые всего мира признают целесообразность расширения площадей под сорговыми культурами в условиях потепления и усиления засушливости климата, в которых сорго может формировать высокие и устойчивые урожаи вплоть до границ сухих степей и полупустынь.

Сдерживающим фактором является недостаточная информированность сельхозтоваропроизводителей о потенциале культуры, отсутствие зональных сортовых технологий возделывания сорговых культур.

**Цель исследований:** изучение особенностей формирования урожая различных сортов сорго в условиях лесостепной зоны РИ.

**Задачи исследований:**

- изучить количественные признаки показателей продуктивности сортов зернового и сахарного сорго;
- выявить наиболее пластичные сорта сорго с высоким потенциалом продуктивности и наиболее целесообразные сроки сева культуры

#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследования проводились в лесостепной зоне Республики Ингушетия на опытном поле ФГБНУ ИнгНИИСХ с 2022 по 2024 год. Географические координаты опытного поля – 43<sup>0</sup>14'18"с.ш. и 45<sup>0</sup>03'01" в.д.

Климат республики – умеренно континентальный. Лето сопровождается высокими температурами (до 35–37<sup>0</sup>С), самый жаркий месяц – август. Максимальное количество осадков выпадает в мае-июне, минимальное – в июле и августе, и даже то, что выпало, очень быстро испаряется и не используется растениями. Среднегодовое количество осадков составляет 600 мм, среднегодовая температура воздуха +9–9,6<sup>0</sup>С, а средняя сумма активных температур за вегетацию – 3000<sup>0</sup>С.

Опытный участок расположен в зоне выщелоченных черноземов с мощностью гумусового горизонта до 110 см. Содержание гумуса более 7 %.

В задачу исследований входило определение оптимальных сроков сева и ранжирование по урожайности сортов сорго. В опыте использовались сорта сорго сахарного – Ларец и Галия (ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр», г. Ставрополь) и зернового – Зерста-97, Ким и Аванс (ФГБНУ « Российский НИПТИ сорго и кукурузы», г. Саратов).

Сроки сева – 25 апреля и 5 мая. Способ посева – широкорядный (45 см). Норма высева – 250 тыс. растений на гектар. Площадь учетной делянки – 15 м<sup>2</sup>. Повторность – четырехкратная. Предшественник – озимая пшеница.

Измерение морфометрических признаков проводили по общепринятым методикам. При проведении фенологических наблюдений отмечались фазы: всходы, кущение, выход в трубку, выметывание, цветение, молочная, молочно-восковая и полная спелость.

Для контроля сорной растительности в посевах сорго на делянках опыта в период вегетации проводились ручная прополка и рыхление. Скашивание на зеленую массу проводилось в фазе молочно-восковой спелости вручную с взвешиванием массы со всей учетной площади. Математическая обработка опытных данных выполнялась по методике Б. А. Доспехова [12].

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Рост и развитие растений сорго зависит от температуры воздуха и почвы. Ростовые процессы ускоряются при повышенных температурах, а межфазные периоды укорачиваются.

Прорастание семян растений сорго происходит при температуре почвы 8–10<sup>0</sup>С, а оптимальная температура для прорастания семян составляет не менее 12–15<sup>0</sup>С [12]. Такая температура в регионе устанавливается в конце апреля. Всходы растений сорго появляются в среднем на 9–11 день после посева. Если температура ниже, то и период появления всходов затягивается, иногда до 16–18 дней. Особенно это было очевидно в 2022 году. Кущение у растений сорго в зависимости от скороспелости продолжается 14–20 дней у раннеспелых и до 25 дней у среднеспелых. При пониженных температурах развитие растений сорго заметно замедляется, и наступление очередных фенофаз происходит в более поздние сроки. После наступления фазы кущения рост растений сорго значительно усиливается.

Период вегетации у раннеспелых сортов в среднем за годы исследований составлял от 95 до 105 дней, а у среднеспелых – до 110–115 дней.

Интенсивный рост растений приходился на середину июля, когда среднесуточный прирост достигал 2–4 см. Именно тогда начинается интенсивный рост растений и формирование биомассы. В исследованиях отмечена высокая пластичность изучаемых сортов сорго и их перспективность для выращивания в республике.

Погодные условия в 2023 году были более благоприятными для развития растений сорго, чем в 2022 году. На протяжении мая стояла теплая и влажная погода, которая способствовала быстрому прорастанию семян и получению дружных всходов. В мае-июне (200 мм) частые дожди и оптимальная температура воздуха способствовали своевременному прохождению фаз развития и формированию высокопродуктивных посевов.

2024 год был наиболее жарким, температура редко опускалась в дневные часы ниже 30–32<sup>0</sup>С, осадки выпадали крайне редко. В предыдущие два года именно в июне количество осадков было достаточным. Практически по всем летним месяцам вегетации культуры температура воздуха значительно превышала среднемноголетние значения.

Величина урожая определяется структурными элементами. Основные из них – длина метелки, высота растений, масса зерна с одной метелки, масса 1000 зерен (табл. 1).

**Таблица 1.** Формирование элементов структуры урожая зернового и сахарного сорго в зависимости от сроков сева в условиях лесостепной зоны Республики Ингушетия

**Table 1.** Elements formation of the structure of the grain and sugar sorghum harvest depending on the timing of sowing under the conditions of the forest-steppe zone of the Republic of Ingushetia

Сорт	Срок сева	Полевая всхожесть, %	Высота раст., см	Масса метелки, г	Длина метелки, см	Масса 1000 зерен, г	Урожайность зеленой массы, т/га	Спелость
Ким	25.04	81,2	158,4	67,6	28,2	24,4	20,0	Средне-спелый
	05.05	81,8	161,2	70,3	28,9	25,1	20,3	
Аванс	25.04	83,4	162,4	65,3	29,0	28,1	18,9	Ранне-спелый
	05.05	84,0	165,3	68,4	29,3	28,3	19,5	
Зерста-97	25.04	80,9	142,4	64,0	25,4	23,1	17,6	Средне-ранний
	05.05	81,3	145,1	65,2	26,2	23,6	17,8	
Галия	25.04	81,7	180,0	56,8	23,0	23,4	28,3	Средне-ранний
	05.05	82,1	181,3	57,3	23,3	24,1	28,8	
Ларец	25.04	79,8	173,4	54,6	22,1	23,0	23,6	Средне-спелый
	05.05	80,4	175,3	54,0	22,8	23,5	24,2	

В среднем за годы исследований установлено, что высота растений изучаемых сортов варьировала от 142 до 181 см. Самые высокорослые растения у сорта сахарного сорго Галия второго срока сева – 181,3 см, что на 6,0 см (3,4 %) выше в сравнении с сортом Ларец, взятым за стандарт. Высота растений зернового сорго Аванс составила 165,3 см, или на 20,2 см (13,9 %) выше, чем у сорта Зерста-97. Растения зернового сорго сорта Ким и Аванс значительно превышали по высоте сорт-стандарт Зерста-97 (на 16,1 см (11,1 %) и 20,2 см (13,9 %) соответственно). Полевая всхожесть семян изучаемых генотипов варьировала в пределах от 81,2 до 84,0 % у сортов зернового сорго и от 79,8 до 82,1 % – у сортов сахарного сорго.

В среднем за годы опыта масса 1000 зерен заметно варьировала по всем сортам (от 23,0 до 28,0 г) и наиболее высокой была у саратовского сорта Аванс при втором сроке сева – 28,3 г, что в среднем на 4,7 г (19,9 %) выше, чем у ставропольского сорта Зерста-97, взятого за стандарт, а масса 1000 зерен у сорта Ким выше стандарта на 1,3–1,5 г (6,4 %). По срокам сева более крупными оказались семена второго срока сева. Самым легковесным было сформировано зерно сахарного сорго сорта Ларец посева 25 апреля – 23,0 г.

Зерновое сорго имеет более длинную метелку. К примеру, у сорта Аванс второго срока сева она составила 29,3 см. У сорта Ким длина метелки была меньше на 0,4 см, у сорта Зерста-97 меньше на 3,1 см, чем у сорта Аванс. У сортов сахарного сорго длина метелки была меньше, чем у зерновых сортов, и колебалась в зависимости от сроков сева в пределах 23,0–24,1 см. Независимо от сроков сева и сортовых особенностей наибольший урожай зеленой массы получен в 2023 году. В период вегетации культуры

именно в этот год выпало максимальное количество осадков. Из-за благоприятных условий в период вегетации растения более интенсивно прорастали, лучше кустились и сохранялись к уборке.

Наиболее высокая урожайность зеленой массы была сформирована у сахарного сорго сорта Галия при втором сроке сева (5 мая), что превысило данный показатель по сорту Ларец на 4,6 т/га (16 %). По обоим срокам сева среди зерновых сортов выделяется сорт Ким – 20,0 и 20,3 т/га. У остальных двух сортов эти цифры варьируют от 17,6 т/га до 19,5 т/га.

Урожайность зерна – комплексный показатель, определяющийся сочетанием различных количественных значений элементов структуры [13]. Установлено, что наиболее урожайными в наших исследованиях были сорта Ким и Аванс (табл. 2). Практически во все годы исследований они давали более высокую продуктивность. Оптимальный срок сева (5 мая) позволил растениям не только лучше подготовиться к аномально резким и неблагоприятным колебаниям погодных условий, но и лучше обеспечить влагой растения в критический период развития.

**Таблица 2.** Урожайность различных сортов зернового и сахарного сорго в зависимости от сроков сева в условиях лесостепной зоны Республики Ингушетия.

**Table 2.** Yields of various varieties of grain and sugar sorghum depending on the timing of sowing under the conditions of the forest-steppe zone of the Republic of Ingushetia.

Сорт	Срок сева	Урожайность зерна по годам, ц/га			Средняя урожайность за 3 года, ц/га
		2022	2023	2024	
Аванс	25.04	27,7	28,4	26,2	27,4
	05.05	28,0	29,2	26,9	28,0
Ким	25.04	27,1	28,0	25,3	26,8
	05.05	27,6	28,9	25,9	27,2
Зерста-97	25.04	23,3	24,6	21,4	23,1
	05.05	24,0	25,2	22,0	23,7
Галия	25.04	25,2	26,9	23,4	25,1
	05.05	25,7	27,5	23,9	26,0
Ларец	25.04	23,0	24,0	21,2	22,7
	05.05	23,6	24,8	21,8	23,4
НСР <sub>05</sub>		0,53	0,66	0,49	0,56

За годы проведения исследований наиболее благоприятные условия для растений сложились в 2023 году. Урожайность сорго сорта Аванс при посеве в начале мая составила 29,2 ц/га, а сорта Ким – 28,9 ц/га. Это на 4,0 (15,9 %) и 3,7 ц/га (14,7 %) выше, чем у сорта Зерста-97. Лидером по урожайности сахарного сорго выявлен сорт Галия второго срока сева – 27,5 ц/га. Наименее урожайным был последний год проведения исследований. Здесь сорт Аванс показал 26,9 ц/га, а Ким – 25,9 ц/га, что превысило стандарт соответственно на 4,9 (22,3 %) и 3,9 ц/га (17,7 %). Сорт Ларец, взятый за стандарт, показал урожайность 21,8 ц/га, что на 2,1 ц/га (9,6 %) выше, чем у сорта Галия.

В среднем за годы исследований самая высокая урожайность среди сортов зернового сорго получена у сорта Аванс – 27,4 ц/га при посеве 25 апреля и 28,0 ц/га при посеве 5 мая. Немного уступает ему сорт Ким – 26,8 и 27,3 ц/га на двух сроках сева соответственно. Самую низкую урожайность в среднем за три года дал сорт Зерста-97, взятый за стандарт. При посеве 25 апреля его урожайность составила 23,1 ц/га. При посеве 5 мая урожайность Зерста-97 – 23,7 ц/га, что значительно ниже, чем у других сортов.

Среди сортов сахарного сорго более урожайным за три года выявился сорт Галия, который дал при первом сроке сева урожайность 25,1 ц/га, а при втором сроке сева урожайность выше на 0,9 ц/га. Сорт Ларец существенно уступал ему – на 2,4 ц/га при первом сроке и на 2,6 ц/га при втором.

### Выводы

1. Условия лесостепной зоны Республики Ингушетия являются благоприятными для возделывания перспективной и высокоадаптированной к неблагоприятным условиям среды культуры сорго.

2. На продолжительность межфазных периодов основное влияние оказывают температура почвы и воздуха. При раннем севе из-за низких температур всходы появляются только через 12–14 дней, в то время как при оптимальной температуре они появляются через 7–8 дней.

3. Оптимальным сроком сева для лесостепи республики Ингушетия является первая декада мая.

4. Установлено, что самым продуктивным по урожаю зерна из исследуемых сортов является сорт Аванс. Его урожайность при посеве в оптимальный срок (5 мая) составила 28,0 ц/га. Из сортов сахарного сорго самым урожайным выявлен сорт Галия – 26,0 ц/га. Эти сорта обеспечили более высокую продуктивность, чем остальные.

5. По урожаю зеленой массы лидирует сорт сахарного сорго Галия – 28,8 т/га. На втором месте сорт Ларец – 24,2 т/га. Самую низкую урожайность зеленой массы показал сорт Зерста – 97–17,8 т/га.

### РЕКОМЕНДАЦИИ ПРОИЗВОДСТВУ

Хозяйствам лесостепной зоны Республики Ингушетия рекомендуется шире включать в полевые севообороты сорговые культуры. Их внедрение в производство позволит значительно увеличить производство кормов. По комплексу показателей адаптивности и урожайности предпочтение следует отдавать сортам Аванс, Ким и Галия. Посев семян сорго проводить в первой декаде мая.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шорин П. М. Перспективы возделывания и использование ценной кормовой культуры сорго в предгорьях Северного Кавказа // Горные и предгорные земли Северного Кавказа: пути предотвращения деградации и восстановления их плодородия. Владикавказ: Сев.-Кав. НИИ горного и предгорного сел. хоз-ва, 2006. С. 386.

2. Алабушев А. В. Технологические приемы возделывания и использования сорго. Ростов-на-Дону, 2007. С. 224.

3. Ахметов М. Г., Давлетшин Т. З. и др. Возделывание и использование сахарного сорго в Татарстане. Казань, 2001. С. 56.

4. Боева Г. А. Нормы и сроки посева сахарного сорго в Центральном Черноземье // Земледелие. 2008. № 8. С. 37–38. EDN: KBASVJ

5. Власов В. Г. Результаты экологического испытания сорговых // Кормопроизводство. 2005. № 1. С. 23–24

6. Володин А. Б. Новые сорта и гибриды сахарного сорго для возделывания на силос и зеленый корм // Кормопроизводство. 2015. № 4. С. 16–19. EDN: TPVNLF

7. Воскобулова Н. И. Экологическое испытание сахарного сорго в Центральной зоне Оренбуржья // Материалы международной конференции «Наука – сельскому хозяйству». Оренбург, 2000. С. 267.



8. Икоева В. А., Шорин П. М., Зангиева Ф. Т. и др. Продуктивность сорго в зависимости от сроков сева и удобрений в предгорьях РСО-Алания // Известия Горского ГАУ. 2010. Т. 47. № 2. С. 22–25. EDN: NCZPJZ
9. Ковтунов В. В., Ковтунова Н. А., Лушпина О. А. и др. Питательная ценность зерна сорго // Зерновое хозяйство России. 2017. № 3(51). С. 51–54. EDN: YTBEVZ
10. Дронов А. В., Дьяченко В. В. Химический состав и кормовая ценность сахарного сорго в чистых и смешанных посевах // Главный агроном. 2005. № 7. С. 66–69.
11. Жукова М. П., Гончар-Зайкин П. П. Выбор и обоснование элементов технологии возделывания сорго // Кормопроизводство. 2002. № 4. С. 22–24
12. Малиновский Б. Н. Сорго на Северном Кавказе. Ростов-на-Дону: Изд-во Ростовского университета, 1992. 208 с.
13. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта с основами статистической обработки результатов исследований. 5-е изд., перераб. и доп. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

## REFERENCES

1. Shorin P.M. *Perspektivy vozdel'yvaniya i ispol'zovaniye tsennoy kormovoy kul'tury sorgo v predgor'yakh Severnogo Kavkaza* [Prospects for cultivation and use of valuable fodder culture of sorghum in the foothills of the North Caucasus]. Mountainous and foothill lands of the North Caucasus: ways to prevent degradation and restore their fertility. Vladikavkaz: Sev.-Kav. NII gornogo i predgornogo sel. khoz-va, 2006. P. 386. (In Russian)
2. Alabushev A.V. *Tekhnologicheskie priyomy vozlodyvaniya i ispol'zovaniya sorgo* [Technological methods of cultivation and use of sorghum]. Rostov-on-Don, 2007. 224 p. (In Russian)
3. Akhmetov M.G., Davletshin T.Z. *Vozdel'yvaniye i ispol'zovaniye sakhar'nogo sorgo v Tatarstane* [Cultivation and use of sugar sorghum in Tatarstan]. Kazan, 2001. P. 56. (In Russian)
4. Boeva G.A. Norm and term of sowing sugar sorghum in the Central Black Earth Region. *Zemledeliye* [Agriculture]. 2008. № 8. Pp. 37–38. EDN: KBASVJ. (In Russian)
5. Vlasov V.G. Results of ecological testing of sorghums. *Kormoproizvodstvo* [Feed production]. 2005. No. 1. Pp. 23–24. (In Russian)
6. Volodin A.B. New varieties and hybrids of sugar sorghum for cultivation for silage and green fodder. *Kormoproizvodstvo* [Feed production]. 2015. No. 4. Pp. 16–19. EDN: TPVNLF. (In Russian)
7. Voskobulova N.I. Ecological Testing of Sugar Sorghum in the Central Zone of Orenburg. *Materialy mezhdunarodnoy konferentsii "Nauka – sel'skomu khozyaystvu"* [Science for Agriculture: Materials of the International Conference]. Orenburg, 2000. P. 267. (In Russian)
8. Ikoeva V.A., Shorin P.M., Zangieva F.T. et al. Sorghum Productivity Depending on the Timing of Sowing and Fertilizers in the Foothills of the North Ossetia-Alania. *Izvestiya Gorskogo GAU* [Bulletin of the Gorsky State Agrarian University]. 2010. Vol. 47. No. 2. Pp. 22–25. EDN: NCZPJZ. (In Russian)
9. Kovtunov V.V., Kovtunova N.A., Lushpina O.A. et al. Nutritional value of sorghum grains. *Zernovoye khozyaystvo Rossii* [Grain economy of Russia]. 2017. No. 3 (51). Pp. 51–54. EDN: YTBEVZ. (In Russian)
10. Dronov A.V., Dyachenko V.V. Chemical composition and feed value of sugar sorghum in clean and mixed crops. *Glavnyy agronom* [Chief agronomist]. 2005. No. 7. P. 66–69. (In Russian)
11. Zhukova M.P., Gonchar-Zaikin P.P. Choice and justification of elements of sorghum cultivation technology. *Kormoproizvodstvo* [Forage production]. 2002. No. 4. Pp. 22–24. (In Russian)

12. Malinovsky B.N. *Sorgo na Severnom Kavkaze* [Sorghum in the North Caucasus]. Rostov-on-Don: Rostov University Publishing House, 1992. 208 p. (In Russian)

13. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy* [Methods of field experience with the basics of statistical processing of research results]. 5th ed., revised and supplemented. Moscow: Agropromizdat Publ., 1985. 351 p. (In Russian)

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Гамботова Марет Умат-Гириевна**, канд. с.-х. наук, зав. отделом «Агроэкология и богарное земледелие», Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства;

386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50;

maret.gambotova@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4433-3195>;

**Базгиев Магомед Алаудинович**, канд. с.-х. наук, гл. науч. сотр., директор Ингушского научно-исследовательского института сельского хозяйства;

386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50;

ishos06@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7529-6171>, SPIN-код: 1632-1966;

**Оздоев Рустам Абоязитович**, науч. сотр. отдела «Агроэкология и богарное земледелие», Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства;

386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50;

glalg1a069573@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6134-3561>

### Information about the authors

**Maret U.-G. Gambotova**, Candidate of Agricultural Sciences, Head of the Department of Agroecology and Dry Farming, Ingush Scientific Research Institute of Agriculture;

386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street;

maret.gambotova@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-4433-3195>;

**Magomed A. Bazgiev**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Director of the Ingush Scientific Research Institute of Agriculture;

386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street;

ishos06@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7529-6171>, SPIN-код: 1632-1966;

**Rustam A. Ozdov**, Researcher, Department of Agroecology and Dry Farming, Ingush Scientific Research Institute of Agriculture;

386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street;

glalg1a069573@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0009-6134-3561>

УДК 633.31:631.527

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-169-178

EDN: QJXZDG

## Оценка новых перспективных линий люцерны в предгорной зоне Ингушетии

Л. Ю. Костоева<sup>1,2</sup>, М. А. Базгиев<sup>1</sup>, А. Ю. Леймоева<sup>✉1,2</sup>,  
А. М. Газдиев<sup>1</sup>, З. М. Базгиев<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства  
386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50

<sup>2</sup>Ингушский государственный университет  
386001, Россия, г. Магас, пр. Идриса Зязикова, 7

**Аннотация.** Целью статьи является анализ изучения образцов люцерны изменчивой и синей в питомнике конкурсного сортоиспытания (2022–2024 гг.) по совокупности хозяйственно ценных признаков. В качестве стандарта был взят сорт Николена как один из основных сортов, возделываемых в республике. На основе изучения данных измерений корневой системы и высоты растений выявлена взаимосвязь между развитием надземной и подземной частей растений. Линии Визона-П и Визона-С, имеющие более развитую корневую систему (32 и 36 см), также отличались большей высотой – 62 и 63 см соответственно. В питомнике конкурсного сортоиспытания для сбора семян был выделен образец Визон-Синтетик (1,98 ц/га), который превзошел сорт Николена – st. (1,07 ц/га) на 84,1 %. В среднем за три года урожайность зеленой массы составила 90,4–115,3 ц/га, что превысило норму на 0,1–27,5 %. Наибольшие результаты отмечены на линиях Визона-М, Визона-Д. Сбор сухого вещества составил 40,9–44,9 ц/га, превысив стандарт (40,8 ц/га) на 0,3–10,0 %. По этому показателю были выделены следующие образцы: Визона-М, Визона-В. По показателям биометрических записей и набору хозяйственно ценных характеристик (урожайность зеленой массы, сбор семян и сухого вещества с гектара) выделены 3 перспективных номера – Визона-М, Визона-Д и Визона-Синтетик.

**Ключевые слова:** люцерна синяя, люцерна изменчивая, линия, сортоиспытание, урожай зеленой массы, кустистость, урожай семян, сбор сухого вещества

Поступила 12.08.2024, одобрена после рецензирования 04.09.2024, принята к публикации 20.09.2024

**Для цитирования.** Костоева Л. Ю., Базгиев М. А., Леймоева А. Ю., Газдиев А. М., Базгиев З. М. Оценка новых перспективных линий люцерны в предгорной зоне Ингушетии // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 169–178. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-169-178

Original article

## Evaluation of new promising lines of alfalfa in the foothill zone of Ingushetia

L.Yu. Kostoeva<sup>1,2</sup>, M.A. Bazgiev<sup>1</sup>, A.Yu. Leymoeva<sup>✉1,2</sup>,  
A.M. Gazdiev<sup>1</sup>, Z.M. Bazgiev<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingush Research Institute of Agriculture  
386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street

<sup>2</sup>Ingush State University  
386001, Russia, Magas, 7 I. Zyazikov avenue

**Abstract.** The purpose of the article is to analyze the study of samples of variable and blue alfalfa in the nursery of competitive variety testing (2022–2023) for a set of economically valuable traits. The Nicolene variety was taken as a standard as one of the most cultivated in the republic. Based on the study of the data of measurements of the root system and height of plants, the relationship between the development of the aboveground and underground parts of plants was revealed. The Vison-P and Vison-C lines, having a more developed root system (32 and 36 cm), were also distinguished by a greater height of 62 and 63 cm, respectively. In the nursery of the competitive variety testing, for the collection of seeds, the sample Vison-Synthetic (1.98 c/ha) was distinguished, which exceeded the variety of Nikolen – st. (1.07 c/ha) by 84.1%. On average, for three years, the yield of green mass was 90.4–115.3 c / ha, which exceeded the standard by 0.1–27.5 %. The highest results were noted in the lines of Vison-M, Vison-D. Dry matter collection amounted to 40.9–44.9 c/ha (standard 40.8 c/ha), exceeding 0.3–10.0 %. According to this indicator, the following samples were distinguished: Vison-M, Vison-B. According to the indicators of biometric records and a set of economically valuable characteristics (yield of green mass, collection of seeds and dry matter per hectare), 3 promising numbers were identified – Vison-M, Vison-D and Vison-Synthetic.

**Keywords:** blue alfalfa, variable alfalfa, line, variety testing, green mass yield, bushiness, seed yield, dry matter harvest

*Submitted 12.08.2024,*

*approved after reviewing 04.09.2024,*

*accepted for publication 20.09.2024*

**For citation.** Kostoeva L.Yu., Bazgiev M.A., Leymoeva A.Yu., Gazdiev A.M., Bazgiev Z.M. Evaluation of new promising lines of alfalfa in the foothill zone of Ingushetia. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 169–178. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-169-178

## ВВЕДЕНИЕ

Выращивание многолетних бобовых трав является фундаментальным элементом продвинутой сельскохозяйственной практики, способствующим увеличению продуктивности сельского хозяйства. Это объясняется тем, что корма на основе многолетних трав отличаются высоким качеством, хорошей усвояемостью и невысокой стоимостью. Особое значение имеет разностороннее применение люцерны в кормлении животных [1–3].

Люцерна является одной из основных кормовых бобовых многолетних трав [4]. Эта культура обладает также и другими достоинствами. Люцерна – один из лучших предшественников; благодаря симбиотическим азотфиксирующим бактериям в почве накапливаются значительные запасы азота. Продолжительное возделывание люцерны способствует снижению плотности почвы, улучшению ее физических свойств, в частности структуры и водопроницаемости [5, 6].

Одной из основных причин невысокой урожайности люцерны считается большая зависимость ее от агроэкологических условий произрастания, а также недостаточного количества сортов и гибридов [7].

В настоящее время проводится активная селекционная работа с видами рода *Medicago*, что дает возможность производить в дальнейшем качественные корма из сортов, приспособленных к определенным условиям выращивания [8].

В Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию, например, в 2023 году включено 3 сорта люцерны изменчивой и 1 сорт синей в 11 регионах, в том числе и в Ингушетии (Северо-Кавказский регион) [9].

Целью исследований являлось проведение сравнительной оценки новых образцов люцерны изменчивой и синей по совокупности хозяйственно ценных признаков.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

Исследования проводили в 2022–2024 годах на растениях люцерны синей и изменчивой первого года вегетации на опытном поле ФГБНУ «Ингушский НИИСХ».

Почвенный покров опытного участка – среднемошный, среднесуглинистый слабощелоченный чернозем с гумусовым горизонтом до 60 см. Содержание гумуса в пахотном слое 10–12 %.

В питомнике конкурсного сортоиспытания проходили оценку восемь номеров: один сорт и три линии люцерны синей (Николена – стандарт, Визона-М, Визона-Д, Визона-П) и 4 линии люцерны изменчивой (Визона-У, Визона-С, Визона-В, Визона-Синтетик), предоставленные селекционером ВИР профессором З. С. Виноградовым.

В Республике Ингушетия в основном возделывается люцерна синяя, в частности сорт Николена. Люцерну изменчивую в производственных условиях не выращивают. В связи с этим за стандарт был взят сорт люцерны синей Николена.

Обработка почвы перед посевом включала ранневесеннее боронование, выравнивание поверхности поля и культивацию.

Способ посева – широкорядный, с шириной междурядий 45 см. Глубина заделки семян – 1,5–2,0 см.

Учеты и наблюдения проводили в соответствии с Методикой госсортоиспытания сельскохозяйственных культур [10], статистическую обработку данных – методом дисперсионного анализа [11].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Длительность вегетационного периода люцерны зависит от даты начала вегетации и погодных условий [12].

Среднемесячная температура воздуха в мае и июне 2022 и 2023 гг. была сходной, варьировала незначительно и как следствие не повлияла существенно на сроки наступления фаз вегетации. В 2024 году в мае-июле среднемесячная температура воздуха была на 2–3 °С выше, чем в прошлые годы наблюдений, и в связи с этим фенологические фазы наступали раньше (таб. 1, рис. 1).

**Таблица 1.** Фазы вегетации образцов люцерны

**Table 1.** Vegetation phases of alfalfa samples

№ п/п	Сорт, линия	2022 г.		2023 г.		2024 г.	
		Начало цветения	Появление 1-х бобов	Начало цветения	Появление 1-х бобов	Начало цветения	Появление 1-х бобов
1.	Николена – st.	27.VI	11.VII	25.VI	10.VII	22.VI	05.VII
2.	Визона-М	28.VI	11.VII	26.VI	11.VII	23.VI	06.VII
3.	Визона-Д	25.VI	09.VII	24.VI	09.VII	20.VI	04.VII
4.	Визона-П	28.VI	11.VII	27.VI	12.VII	23.VI	06.VII
5.	Визона-У	23.VI	07.VII	22.VI	07.VII	23.VI	02.VII
6.	Визона-С	23.VI	07.VII	22.VI	07.VII	18.VI	02.VII
7.	Визона-В	23.VI	08.VII	22.VI	07.VII	18.VI	03.VII
8.	Визона-Синтетик	24.VI	11.VII	23.VI	11.VII	19.VI	04.VII



а) начало цветения



б) появление первых бобов

**Рис. 1.** Фазы вегетации образцов люцерны**Fig. 1.** Vegetation phases of alfalfa samples

Люцерна имеет хорошо развитую корневую систему, где накапливаются питательные вещества, что в свою очередь способствует более раннему отрастанию и быстрому росту растений на второй год вегетации [13].

В связи с этим нами были проведены замеры корневой системы однолетних образцов люцерны в фазу цветения по трем годам исследований (2022–2024 гг.) (табл. 2).

Длина корней варьировала от 17 до 37 см. Более развитая корневая система отмечена у линий Визона-П, Визона-Д и Визона-Синтетик.

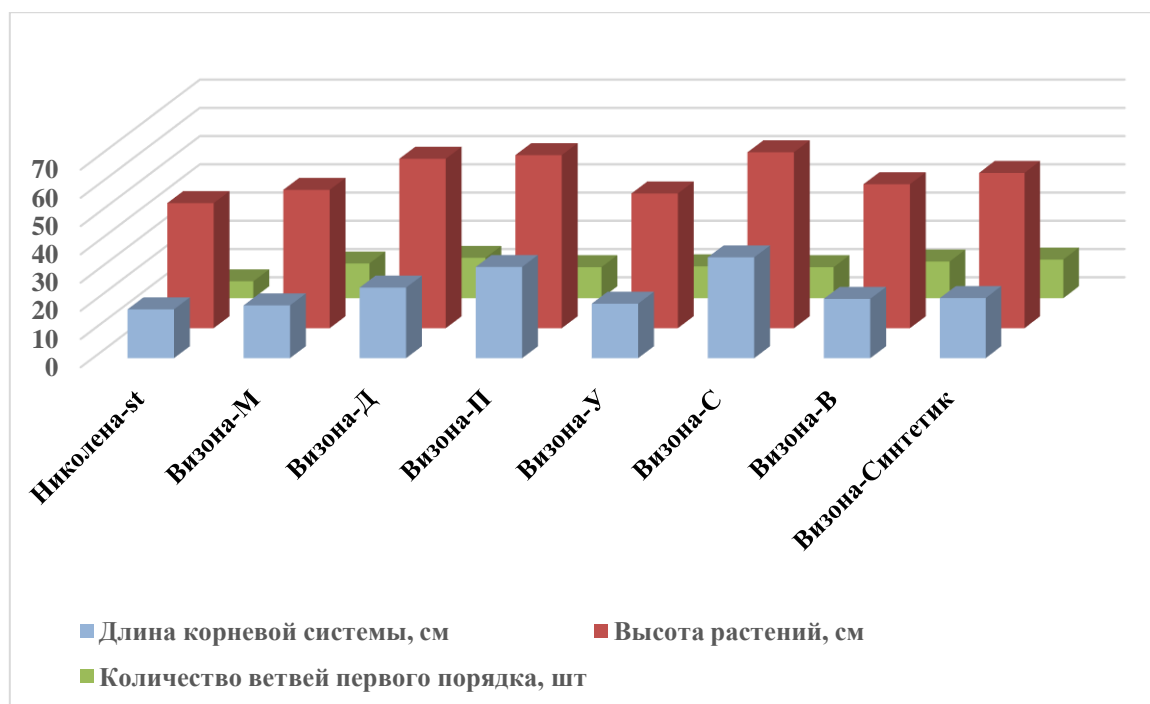
Одновременно с измерением корневой системы проводили учет высоты изучаемых образцов люцерны (табл. 2, рис. 2).

Высота растений люцерны имеет важное значение в связи с тем, что ее зеленая масса используется в кормовых целях.

По высоте растений лучший показатель у Визона-С – 61 и 62 см, также хорошие результаты у Визона-П и Визона-Д. Анализ соотношения длины корня к высоте растения показывает, что линии с более развитыми корнями имели и большую высоту.

**Таблица 2.** Биометрические показатели образцов люцерны (2022 и 2023 гг., Ингушский НИИСХ)**Table 2.** Biometric indicators of alfalfa samples (2022 and 2023, Ingush Research Institute of Agriculture)

Сорт, линия	Длина корневой системы, см			Высота растений, см			Количество ветвей первого порядка, шт.		
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.	2022 г.	2023 г.	2024 г.
Николена – st.	17	17	18	44	45	44	6	4	8
Визона-М	19	19	18	48	50	49	12	12	13
Визона-Д	26	25	24	59	61	60	15	14	14
Визона-П	32	33	32	60	62	62	12	11	10
Визона-У	20	19	19	48	48	47	12	11	11
Визона-С	34	37	36	61	63	63	11	10	12
Визона-В	22	21	20	50	52	51	14	12	12
Визона-Синтетик	21	21	22	53	57	55	14	14	13
НСР <sub>05</sub>	4,15	4,21	4,08	3,31	4,21	4,02	2,01	1,8	1,95



**Рис. 2.** Биометрические показатели образцов люцерны (среднее за 2022–2024 гг.)

**Fig. 2.** Biometric indicators of alfalfa samples (average for 2022–2024)

Для получения большого количества надземной массы, образования наибольшего количества стручков и соответственно для получения более высокой урожайности семян необходимо, чтобы растения люцерны имели хорошую кустистость.

Анализируя характер ветвления, мы можем предположить потенциальную урожайность испытываемых линий (табл. 2, рис. 3).



Визона-Д

Визона-П

Визона-С

**Рис. 3.** Определение высоты растений и формы ветвления люцерны

**Fig. 3.** Determination of plant height and branching form of alfalfa

Как видно из таблицы 2, образцы люцерны Визона-М, Визона-Д и Визона-Синтетик по количеству ветвей первого порядка на 1 растении занимают лидирующую позицию. Хорошее ветвление в свою очередь способствовало в дальнейшем и получению продуктивной надземной массы у образца Визона-Д.



Люцерну возделывают практически во всех почвенно-климатических зонах России. Люцерна синяя засухоустойчива и дает больший урожай высокого качества, но люцерна изменчивая более зимостойкая [14].

В контрольном испытании определяли урожайность зеленой массы и сбор сухого вещества с первого укоса образцов люцерны синей и изменчивой. Однолетние растения Визона-М и Визона-Д в течение трех лет давали наибольший выход зеленой массы – 111,0, 115,3 и 115,4 ц/га соответственно. У образцов Визона-В и Визона-Синтетик также были получены неплохие показатели в 2022 и 2024 годах (102,8 и 100,1 ц/га), но в 2023 г. урожайность зеленой массы была немного ниже. При этом все изучаемые образцы превышали сорт Николена – st.

Сбор сухого вещества по годам незначительно варьировал и в среднем за три года у всех изучаемых образцов превышал стандарт (40,8 ц/га). Максимальный сбор сухого вещества был отмечен у линии Визона-Д – 44,9 ц/га (табл. 3).

**Таблица 3.** Характеристика образцов люцерны (2022–2024 гг.)

**Table 3.** Characteristics of alfalfa samples (2022–2024)

Сорт, линия	Урожайность зеленой массы, ц/га				% к st.	Сбор сухого вещества, ц/га				% к st.
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	среднее		2022 г.	2023 г.	2024 г.	среднее	
Николена – st.	85,0	96,0	90,3	90,4		41,7	40,5	40,1	40,8	
Визона-М	106,5	115,5	107,0	109,7	121,3	42,5	42,0	41,4	42,0	102,9
Визона-Д	112,5	118,0	115,4	115,3	127,5	42,9	46,5	45,2	44,9	110,0
Визона-П	100,5	98,5	96,3	98,4	108,8	41,0	41,0	40,8	40,9	100,3
Визона-У	98,0	84,5	89,1	90,5	100,1	40,5	41,5	41,0	41,0	100,5
Визона-С	89,0	93,0	90,6	90,9	100,6	42,8	40,0	41,7	41,5	101,7
Визона-В	87,0	105,0	102,8	98,3	108,7	42,9	42,0	42,3	42,4	103,9
Визона-Синтетик	88,1	100,0	100,1	96,1	106,3	-	42,5	42,2	41,9	102,7
НСР <sub>05</sub>	8,16	7,02	6,12	5,28		5,14	4,32	4,08	4,91	

Перспективные сорта люцерны отличаются как высокой урожайностью надземной массы, так и хорошей семенной продуктивностью [2, 3, 15].

Урожайность семян исследуемых образцов люцерны в контрольном питомнике превышала показатели стандарта, но семена у сорта Николена (стандарт) оказались самые мелкие. Сбор семян с гектара – 1,07 ц (табл. 4).

**Таблица 4.** Урожайность семян люцерны, ц/га (2022–2024 гг.)

**Table 4.** Alfalfa seed yield, c/ha (2022–2024)

Сорт, линия	Урожайность семян, ц/га				% от st.
	2022 г.	2023 г.	2024 г.	среднее	
Николена – st.	1,08	1,07	1,07	1,07	
Визона-М	1,08	1,09	1,09	1,08	100,9
Визона-Д	1,18	1,14	1,13	1,13	105,9
Визона-П	1,09	1,09	1,08	1,09	101,9
Визона-У	1,07	1,08	1,08	1,08	100,9
Визона-С	1,09	1,08	1,08	1,08	100,9
Визона-В	1,08	1,09	1,09	1,09	101,9
Визона-Синтетик	1,98	1,99	1,98	1,98	185,0
НСР <sub>05</sub>	0,51	0,56	0,55	0,54	



У линии Визона-Синтетик были самые крупные, выполненные семена и как следствие самый высокий за три года сбор семян – 1,98 ц/га.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В конкурсном сортоиспытании за 3 года исследований предварительно выделены лучшие линии – Визона-М и Визона-Д. По урожайности зеленой массы эти линии в среднем за три года превысили Николена – st. на 19,3 и 24,9 ц/га соответственно. По итогам трех-летних исследований сбор сухого вещества самым высоким оказался у линии Визона-Д – 44,9 ц/га, превышение 10 % (стандарт – 40,8 ц/га).

В питомнике конкурсного сортоиспытания посева в среднем за три года по урожайности семян выделена линия Визона-Синтетик, превысившая стандарт на 0,91 ц/га (1,98 ц/га).

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козырев А. Х., Фарниев А. Т. Кормовая ценность люцерны в зависимости от условий выращивания // Кормопроизводство. 2009. № 7. С. 24–27. EDN: MURFCN
2. Меремьянина И. А., Кенийз В. В. Рост, накопление биомассы и семенная продуктивность растений люцерны в коллекционном питомнике КНИИСХ // Научное обеспечение агропромышленного комплекса: материалы IV Всероссийской научно-практической конференции молодых ученых. Краснодар: КубГАУ, 2010. С. 67–69.
3. Меремьянина И. А., Кенийз В. В. Оценка сложногибридных популяций люцерны // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 12. С. 43–46. EDN: VHFCSL
4. Коломейченко В. С. Растениеводство. М.: Агробизнесцентр, 2007. 445 с.
5. Вахрушев Н. А., Рудакова Л. В. Роль длительного возделывания многолетних трав в улучшении структурного состояния эродированного карбонатного чернозема // Вестник аграрной науки Дона. 2014. № 3(27). С. 38–45. EDN: TTVFTV
6. Шеуджен А. Х., Онищенко Л. М., Хурум Х. Д. Люцерна. Майкоп: Полиграфиздат «Адыгея», 2007. 206 с.
7. Балацкая О. Ю., Нестерова М. И. Агробиологическая оценка сортов люцерны в засушливой зоне Ставропольского края // Экологический вестник Северного Кавказа. 2015. Т. 11. № 1. С. 63–65. EDN: TJILAN
8. Чернявских В. И., Думачева Е. В., Бородаева Ж. А. Основные направления селекции и семеноводства люцерны в Европейской России // В кн.: Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics and Biotechnology (PlantGen2019). Тезисы докладов / Под ред. А.В. Кочетова, Е. А. Салиной. Институт цитологии и генетики СО РАН. 2019. С. 247. DOI: 10.18699/PlantGen2019-229
9. Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию. М., 2023. С. 58–60.
10. Методика Государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М., 1989. 197 с.
11. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта. М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.
12. Тормозин М. А., Зырянцева А. А. Новые перспективные линии люцерны уральской селекции с комплексом хозяйственно ценных признаков // Зернобобовые и крупяные культуры. 2019. № 1(29). С. 78–83. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11076
13. Балакай Н. И. Особенности развития корневой системы люцерны в первый год жизни // Политематический сетевой электронный журнал КубГАУ. 2005. № 13. С. 129–137. EDN: GXVSBF

14. Найдович В. А., Попова Т. Н., Крупнов В. А. Зависимость кормовой продуктивности люцерны от атмосферных осадков в засушливом Поволжье // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. 2013. № 2. С. 27–29. EDN: PWKDUT
15. Кенийз В. В., Меремьянина И. А. Продуктивность лучших образцов люцерны в коллекционном питомнике // Сборник научных трудов в честь 100-летия со дня основания Краснодарского НИИСХ им. П.П. Лукьяненко. Краснодар: Эдви, 2014. С. 332–342.

## REFERENCES

1. Kozyrev A.Kh., Farniev A.T., Food value of alfalfa depending on growing conditions. *Kormoproizvodstvo* [Forage production]. 2009. No. 7. Pp. 24–27. EDN: MURFCN. (In Russian)
2. Meremyanina I.A., Keniyz V.V. *Rost, nakopleniye biomassy i semennaya produktivnost' rasteniy lyutserny v kollektсионном питомнике KNIISKH* [Growth, accumulation of biomass and seed productivity of alfalfa plants in the collection nursery of the KNIISKH]. *Nauchnoye obespecheniye agropromyshlennogo kompleksa: materialy IV Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii molodykh uchenykh* [Scientific support of the agro-industrial complex: materials of the IV All-Russian scientific and practical conference of young scientists]. Krasnodar: KubGAU, 2010. Pp. 67–69. (In Russian)
3. Meremyanina I.A., Keniyz V.V. Assessment of complex hybrid alfalfa populations. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]. 2015. Vol. 29. No. 12. Pp. 43–46. EDN: VHFCSL. (In Russian)
4. Kolomeychenko V.S. *Rasteniyevodstvo* [Plant Production]. Moscow: Agrobusinesscenter, 2007. 450 p. (In Russian)
5. Vakhrushev N.A., Rudakova L.V. The role of long-term cultivation of perennial grasses in improving the structural state of eroded carbonate chernozem. *Vestnik agrarnoy nauki Dona* [Don Agrarian Science Bulletin]. 2014. № 3(27). С. 38–45. EDN: TTVFTV. (In Russian)
6. Sheudzhen A.Kh., Onishchenko L.M., Khurum Kh.D. *Lyutserna* [Alfalfa]. Maykop: Poligrafizdat "Adygea", 2007. 206 p. (In Russian)
7. Balatskaya O.Yu., Nesterova M.I. Agrobiological assessment of alfalfa varieties in the arid zone of the Stavropol Territory. *Ekologicheskii vestnik Severnogo Kavkaza* [The North Caucasus Ecological Herald]. 2015. Vol. 11. No. 1. Pp. 63–65. EDN: TJILAH. (In Russian)
8. Chernyavskikh V.I., Dumacheva E.V., Borodaeva Zh.A. *Osnovnyye napravleniya selektsii i semenovodstva lyutserny v Yevropeyskoy Rossii* [Main Directions of Alfalfa Breeding and Seed Production in European Russia]. In book: *Plant Genetics, Genomics, Bioinformatics, and Biotechnology (PlantGen2019). Abstracts*. Ed. by A.V. Kochetov, E.A. Salina. Institute of Cytology and Genetics of the Siberian Branch of the Russian. 2019. P. 247. DOI: 10.18699/PlantGen2019-229. (In Russian)
9. *Gosudarstvennyy reyestr selektsionnykh dostizheniy, dopushchennykh k ispol'zovaniyu* [State Register of Breeding Achievements Approved for Use]. Moscow, 2023. Pp. 58–60. (In Russian)
10. *Metodika Gosudarstvennogo sortoispytaniya sel'skokhozyaystvennykh kul'tur* [Methods of state variety testing of agricultural crops]. Moscow, 1989. 197 p. (In Russian)
11. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta* [Methods of field experience]. Moscow: Agropromizdat, 1985. 351 p. (In Russian)
12. Tormozin M.A., Zyryantseva A.A. New promising lines of alfalfa of the Ural selection with a complex of economically valuable signs. *Zernobobovyye i krupyanyye kul'tury* [Legumes and groat crops]. 2019. No. 1(29). Pp. 78–83. DOI: 10.24411/2309-348X-2019-11076. (In Russian)

13. Balakai N.I. Features of the development of the alfalfa root system in the first year of life. *Politematicheskii setevoy elektronnyy zhurnal KubGAU* [Polythematic network electronic journal KubSAU]. 2005. Vol. 13. No. 1. Pp. 129–137. EDN: GXVSBF. (In Russian)

14. Naidovich V.A., Popova T.N., Krupnov V.A. Dependence of alfalfa food productivity on atmospheric precipitation in the arid Volga region. *Doklady Rossiyskoy akademii sel'skokhozyaystvennykh nauk* [Reports of the Russian Academy of Agricultural Sciences]. 2013. No. 2. Pp. 27–29. EDN: PWKDUT. (In Russian)

15. Keniyz V.V., Meremyanina I.A. Productivity of the best samples of alfalfa in a collection nursery. *Sbornik nauchnykh trudov v chest' 100-letiya so dnya osnovaniya Krasnodarskogo NIISKH im. P.P. Luk'yanenko* [Collection of scientific works in honor of the 100th anniversary of the foundation of the Krasnodar Research Institute of Agriculture named after P.P. Lukyanenko]. Krasnodar: Edvi, 2014. Pp. 332–342. (In Russian)

#### **Вклад авторов:**

Л. Ю. Костоева – разработка методологии, проведение исследований и обработка статистических данных;

М. А. Базгиев – разработка концепции, ресурсное обеспечение исследований и утверждение окончательного варианта;

А. Ю. Леймиева – подготовка и редактирование текста;

А. М. Газдиев, З. М. Базгиев – проведение исследований.

#### **Contribution of the authors:**

L.Yu. Kostoeva – development of methodology, conducting research and processing statistical data;

M.A. Bazgiev – development of the concept, resource provision for research and approval of the final version;

A.Yu. Leymoeva – preparation and editing of the text;

A.M. Gazdiev, Z.M. Bazgiev – conducting research.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

#### **Информация об авторах**

**Костоева Лиза Юсуповна**, канд. с.-х. наук, ст. науч. сотр., Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства;

386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50;

Ингушский государственный университет;

386001, Россия, г. Магас, пр-т Идриса Зязикова, 7;

kostoevaliz@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2258-3724>, SPIN-код: 1900-5373

**Базгиев Магомед Алаудинович**, канд. с.-х. наук, директор Ингушского научно-исследовательского института сельского хозяйства;

386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50;

ishos06@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7529-6171>, SPIN-код: 1632-1966

**Леймиева Аза Юсуповна**, канд. биол. наук, вед. науч. сотр., Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства;

386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50;

Ингушский государственный университет;

386001, Россия, г. Магас, пр-т Идриса Зязикова, 7;

leimo\_2010@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2144-5618>, SPIN-код: 7994-8282

**Газдиев Алихан Муссаевич**, науч. сотр. отдела «Мелиорация и орошаемое земледелие», Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства;

386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50;

alikhangazdiev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9462-8809>

**Базгиев Зураб Магомедович**, мл. науч. сотр., Ингушский научно-исследовательский институт сельского хозяйства;

386203, Россия, г. Сунжа, ул. Осканова, 50;

zurab.bazgiev006@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0016-4366>

### Information about the authors

**Liza Yu. Kostoeva**, Candidate of Agricultural Sciences, Senior Researcher, Ingush Research Institute of Agriculture;

386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street;

Ingush State University;

386001, Russia, Magas, 7 I. Zyazikov avenue;

kostoevaliz@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2258-3724>, SPIN-code: 1900-5373

**Magomed A. Bazgiev**, Candidate of Agricultural Sciences, Director of the Ingush Research Institute of Agriculture;

386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street;

ishos06@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7529-6171>, SPIN- code: 1632-1966

**Aza Yu. Leymoeva**, Candidate of Biological Sciences, Leading Researcher, Ingush Research Institute of Agriculture;

386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street;

Ingush State University;

386001, Russia, Magas, 7 I. Zyazikov avenue;

leimo\_2010@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2144-5618>, SPIN- code: 7994-8282

**Alikhan M. Gazdiev**, Researcher, Department of "Melioration and irrigated agriculture", Ingush Research Institute of Agriculture;

386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street;

alikhangazdiev@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-9462-8809>

**Zurab M. Bazgiev**, Junior Researcher, Ingush Research Institute of Agriculture;

386203, Russia, Sunzha, 50 Oskanova street;

zurab.bazgiev006@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0002-0016-4366>

---

---

МАТЕМАТИЧЕСКИЕ, СТАТИСТИЧЕСКИЕ И ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ  
МЕТОДЫ В ЭКОНОМИКЕ

---

---

УДК 658.8:330.47:339.564.

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-179-194

EDN: QRAJRQ

**Агент-ориентированная модель поведения  
технического специалиста в искусственно созданной среде  
системы технической эксплуатации зарубежного заказчика**

**С. В. Веретехина**

Финансовый университет при Правительстве РФ  
125167, Россия, Москва, пр-т Ленинградский, 49/2

**Аннотация.** В статье рассматривается актуальная проблема, связанная с организацией системы технической эксплуатации (СТЭ). Восстановление работоспособности изделия осуществляется техническими специалистами в зарубежной стране. Агент-ориентированное моделирование (АОМ) позволяет определить вариант поведения специалиста на предстоящий плановый период при лимитах и ограничениях. Введены термины и определения, применяемые при разработке АОМ. Искусственно созданная среда системы технической эксплуатации описана теорией множеств, введены правила для множеств. Функция поведения агента является подмножеством множества всех вариантов поведения. Рассматривается вероятность выбора  $n$ -агентом сценария по восстановлению работоспособности изделия в зависимости от варианта неисправности. Применяется закон распределения затрат, связанный с функциями восстановления работоспособности изделия. Определяются стоимость работ и издержки завышения/занижения плана. Описаны информационные модели, позволяющие получать реализацию варианта поведения агента при заданных лимитах и ограничениях, издержки завышения/занижения плана. Агент-ориентированное моделирование и стратегический экспортный маркетинг дают возможность анализировать динамику поведения социально-экономических систем – отраслевого производителя на международном экспортном рынке, а именно: чем качественнее отечественный производитель организует СТЭ для зарубежного заказчика, тем выше конкурентоспособность изделия на международном экспортном рынке. Экспортный маркетинг предлагает дополнительную услугу по проектированию СТЭ посредством агент-ориентированного моделирования, тем самым повышая потребительскую ценность товара (экспортируемого изделия).

**Ключевые слова:** агент-ориентированное моделирование, информационная модель, теория множеств, теория информации в экономике, экономическая информатика, продвижение товара, экспортный маркетинг

Поступила 26.08.2024, одобрена после рецензирования 20.09.2024, принята к публикации 01.10.2024

**Для цитирования.** Веретехина С. В. Агент-ориентированная модель поведения технического специалиста в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации зарубежного заказчика // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 179–194. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-179-194

## Agent-oriented model of behavior of a technical specialist in an artificially created environment of the technical operation system of a foreign customer

S.V. Veretekhina

Financial University under the Government of the Russian Federation  
125167, Russia, Moscow, 49/2 Leningradsky avenue

**Abstract.** The article deals with an urgent problem related to the organization of a technical operation system (TOS). The restoration of the product's operability is carried out by technical specialists in a foreign country. Agent-oriented modeling (AOM) allows you to determine the behavior of a specialist for the upcoming planning period with limits and restrictions. The terms and definitions used in the development of AOM are introduced. The artificially created environment of the technical operation system is described by the theory of sets, rules for sets are introduced. The agent behavior function is a subset of the set of all behaviors. The probability of the n-agent choosing a scenario to restore the product's operability, depending on the malfunction variant, is considered. The law of cost allocation is applied, related to the functions of restoring the operability of the product. The cost of work and the costs of overstating/understating the plan are determined. An example of calculating a financial indicator (profit) is given. Information models are described that allow to obtain the implementation of an agent's behavior variant under specified limits and restrictions, the costs of overestimating/underestimating the plan. Agent-oriented modeling and strategic export marketing make it possible to analyze the dynamics of the behavior of socio-economic systems: an industry manufacturer in the international export market, namely: the more efficiently a domestic manufacturer organizes an TOS for a foreign customer, the higher the competitiveness of the product in the international export market. Export marketing offers an additional service for the design of TOS through agent-based modeling, thereby increasing the consumer value of the product (exported product).

**Keywords:** agent-based modeling, information model, set theory, information theory in economics, economic informatics, product promotion, export marketing

*Submitted* 26.08.2024,

*approved after reviewing* 20.09.2024,

*accepted for publication* 01.10.2024

**For citation.** Veretekhina S.V. Agent-oriented model of behavior of a technical specialist in an artificially created environment of the technical operation system of a foreign customer. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 179–194. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-179-194

### ВВЕДЕНИЕ

Исследование поведения сложных динамических систем (отраслевого производителя на международном экспортном рынке) является одной из актуальных задач экспортного маркетинга. Научно-технические изделия имеют длительный жизненный цикл, обслуживаются техническим персоналом на объектах эксплуатации. Зарубежный заказчик заинтересован в разработке такой системы технической эксплуатации (СТЭ), которая способна обеспечить своевременное восстановление работоспособности изделия. Организовать СТЭ можно с использованием агент-ориентированного моделирования (АОМ).

В исследовании З. Б. Соховой, В. Г. Редько автономным агентом в АОМ выступает живой организм, имеющий биологические потребности. Авторами исследуется динамика поведения биологического организма в искусственно созданной среде. Авторы предлага-

ют математический инструментарий размножения агентов (создание копии агента с генотипом потомка с точностью до небольших мутаций). В компьютерном моделировании применяются параметры развития популяции, исследуется устойчивость генотипа [1]. В работах В. Л. Макарова, А. Р. Бахтизина, Е. Д. Сушко представлено моделирование поведения агента-предприятия как части искусственного общества в сети международной торговли. В исследовании этих авторов развивается методология создания искусственного общества, где агент-фирмы АОМ рассматриваются как элементы сети международной торговли. Авторами используются индексы, описывающие значимость агента-предприятия в сети торговли газом. Индексы применяются для разработки алгоритма имитации поведения агента в сети международной торговли [6]. В моделировании поведения агента-предприятия как части искусственного общества в сети международной торговли применяется теория функциональных систем советского ученого П. К. Анохина [2]. Агент-ориентированный подход и концептуальная (логическая) схема агент-ориентированной демографической модели на примере социально-демографической ситуации в Дальневосточном федеральном округе представлены в исследовании коллектива российских ученых [10]. Представленное авторами агент-ориентированное моделирование становится основой системы поддержки принятия решений (СППР) стратегического управления регионом. На основе результатов прогнозирования рождаемости, смертности и миграции разрабатывается стратегия развития региона. Агент-ориентированная модель сотрудничества экономических агентов в конкурентной среде на примере поведения агентов-инвесторов в регионе и модель сотрудничества между инвестором и производителем представлены в работах российских ученых З. Б. Соховой и В. Г. Редько [4]. В исследовании, посвященном моделированию последствий ядерного удара, изложены подходы агентных методов имитационного моделирования при анализе гражданских аспектов последствий ядерного удара для подготовки к чрезвычайным ситуациям [12]. Таким образом, в агент-ориентированном моделировании агентами могут выступать живые организмы, люди, фирмы, инвесторы, члены искусственных сообществ с определенными наборами свойств, а агент-ориентированная модель является инструментом моделирования. Поведение агентов исследуется в искусственно созданных средах [11]. АОМ применяется для прогнозирования на будущие периоды [3, 8, 9]. Стандарты интегрированной логистической поддержки технической эксплуатации вновь разработаны и введены в действие с 2017 г. [24, 25]. Технология ИЛП для изделий машиностроения описана в работах Е. В. Судова и коллектива ученых НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика» [13].

Отличительной особенностью отраслевого подхода к продвижению наукоемкой проекции на международный экспортный рынок является применение экспортного маркетинга. Для зарубежного заказчика СТЭ имеет стоимость, в несколько раз выше стоимости изделия. В связи с чем зарубежный заказчик желает получить гарантии надежности, а при наличии сбоев и повреждений – гарантии своевременного восстановления работоспособности изделия. Агентами выступают технические специалисты, к которым относятся, согласно тарифной сетке и квалификационному справочнику должностей, инженеры (по категориям), монтажник, регулировщик РЭА, программист и другие специалисты, обозначенные в АОМ как  $n$ -агенты. В моделировании применяется искусственно созданная среда технической эксплуатации. *К техническим параметрам* относятся: плановый период технического обслуживания (время, период); количество агентов, сценариев, неисправностей; количество элементов из состава запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП). *К экономическим параметрам* от-

носятся: затраты на выполнение сценария по техническому обслуживанию и ремонту; средняя цена произведенных при варианте работ в ценах для зарубежного заказчика; стоимость комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей; издержки завышения/занижения плана; расчетный показатель экономической прибыли. Выявляется зависимость экономических параметров от выбранного сценария поведения агента при лимитах и ограничениях.

Основной целью данного исследования является разработка информационных моделей, использование которых дает возможность отечественному производителю и зарубежному заказчику моделировать СТЭ, а также для российского производителя наукоемкой продукции включать АОМ в стратегический экспортный маркетинг.

Введенные в ходе исследования обозначения, сокращения, а также применяемая терминология приведены в таблице 1.

**Таблица 1.** Термины и определения, применяемые при разработке агент-ориентированной модели поведения технического специалиста (агента) в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации

**Table 1.** Terms and definitions used in the development of an agent-oriented model of the behavior of a technical specialist (agent) in an artificially created environment of a technical operation system

№ п/п	Термин	Сокращение	Определение
1.	Наукоемкое изделие	–	Изделие отрасли связи и информатизации, представленное в виде зданий и антенных сооружений с высокой степенью заводской готовности и модульным принципом размещения аппаратуры и оборудования, конструкция которого легко модернизируется на объекте эксплуатации зарубежного заказчика.
2.	Зарубежный заказчик	–	Зарубежная страна, заинтересованная в приобретении наукоемкого изделия у отечественного производителя.
3.	Плановый период	ПП	Период времени, за который технический специалист проводит техническое обслуживание и ремонт, выполняет функции по восстановлению работоспособности изделия.
4.	Длина планового периода для специалиста $n$ ( $n$ – номер специалиста, $t$ – порядковый номер планового периода)	–	Установленный период времени (день, месяц, год), необходимый для достижения результата, предусмотренного планом технического обслуживания. Для каждого специалиста $n$ имеется порядковый номер $t$ .
5.	Функция восстановления работоспособности изделия	ФВ	Работы, выполняемые техническим специалистом при восстановлении работоспособности изделия (виды работ: монтаж, пайка, регулировка, калибровка, визуальный осмотр, отладка программного обеспечения и др.).
6.	Виды неисправностей по ИЛП ГОСТ Р 56111	–	Варианты неисправностей ( $e$ ) – повреждение, отказ, эксплуатационное повреждение, сбой программы, эксплуатационное происшествие.
7.	Сценарий поведения технического специалиста	СП	Поведение технического специалиста в системе технической эксплуатации в зависимости от варианта неисправности ( $e$ ) изделия, где сценарий поведения представлен технологическими картами, инструкциями, руководствами по эксплуатации для подсистем изделия и другой организационно-распорядительной документации.
8.	Затраты сценария поведения технического специалиста из $n$ вариантов	Затраты СП	Затраты на осуществление техническим специалистом сценария с функцией поведения из $n$ вариантов.



9.	Система технической эксплуатации	СТЭ	Совокупность взаимосвязанных технических, экономических, управленческих и инженерных мероприятий, направленных на поддержание изделия в работоспособном и исправном состоянии (в данном исследовании рассматривается СТЭ на объекте эксплуатации зарубежного заказчика).
10.	Запасные части, инструмент и принадлежности по ЕСКД ГОСТ 2.601	ЗИП	Ведомость ЗИП – документ, содержащий номенклатуру, назначение, количество, места хранения запасных частей, инструмента и принадлежностей, расходуемых при проведении технического обслуживания и ремонта.
11.	Одиночный комплект ЗИП по ЕСКД ГОСТ 27.507	ЗИП-О/ SPTA local package	Набор запасных частей, инструмента и принадлежностей, необходимый для проведения технического обслуживания и ремонта для одного изделия.
12.	Групповой комплект ЗИП по ЕСКД ГОСТ 27.507	ЗИП-Г/ SPTA group package	Набор запасных частей, инструмента и принадлежностей, необходимый для технического обслуживания и ремонта для группы изделий или одного наукоемкого изделия, представленного отдельно стоящими зданиями и сооружениями.
13.	Искусственно созданная среда системы технической эксплуатации	ИСС СТЭ	Размещение изделия, складов ЗИП, мест проживания персонала, транспортных средств доставки ЗИП с учетом GIS-локации изделия в зарубежной стране. ИСС СТЭ создается в программном комплексе имитационного моделирования «Mercury».
14.	Нормировочный коэффициент для цен	$k$	Нормировочный коэффициент, который уравнивает среднюю сумму затрат на выполнение техническим специалистом работ при различных вариантах неисправностей и среднюю цену произведенных при этом варианте работ в ценах для зарубежного заказчика.

В исследовании рассматривается поведение агентов в искусственно созданной среде СТЭ, где прогнозируется поведение  $n$ -го агента при лимитах и ограничениях. Агенты имеют сценарии поведения (технологические карты, инструкции и др.). В зависимости от вида неисправности каждый агент самостоятельно принимает решение по восстановлению работоспособности изделия. Функция поведения агента является подмножеством множества всех вариантов поведения  $G_n$ .

Допустим, что имеется функция поведения агента, которая зависит от варианта неисправности  $F(a_{n,e})$ , тогда существует вероятность выбора  $n$ -агентом сценария, и от варианта неисправности ( $e$ ) – вероятность выбора  $P(F(a_{n,e}))$ . Допустим, что имеется  $x^e$  – реализация случайной величины  $x$  (возникновение неисправности), полученная в статистическом испытании с помощью имитационной модели, в соответствии с законом распределения  $f(x)$ .

На примере технологической карты устранения неисправности имеем следующий порядок: агент выполняет работы по восстановлению программного обеспечения на одном из блоков изделия. Агент принимает решение о замене неисправного блока. С этой целью он использует новый исправный блок из комплекта запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП) и выполняет ремонтно-восстановительные работы. Предполагается, что для всех видов неисправностей имеется полная комплектация ЗИП. В данном случае имеются затраты на сценарий ремонтно-восстановительных работ. При множестве сценариев затраты выражаются как  $z(F(a_{n,e}))$  – затраты на осуществление техническим специалистом сценария с функцией  $F(a_{n,e})$ .

Представим функцию  $f(z(F(a_{n,e})))$  как функцию распределения затрат на осуществление  $n$ -агентом варианта поведения  $f(F(a_{n,e}))$ . Математическое ожидание затрат на осуществление агентом  $n$  варианта поведения  $F(a_{n,e})$  представляется как сумма произведений всех возможных вариантов поведения технического специалиста  $F(a_{n,e})$  на вероятность воз-

никновения неисправности ( $e$ ) –  $M\{z(F(a_{n,e}))\}$ , что показывает средне-ожидаемый исход события. Основной задачей исследования является разработка такой СТЭ, которая способна обеспечить своевременное восстановление работоспособности изделия в установленный зарубежным заказчиком промежуток времени силами и средствами специалистов. Автором предложена АОМ поведения агента в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации зарубежного заказчика с учетом выявления и описания взаимосвязей технических и экономических параметров.

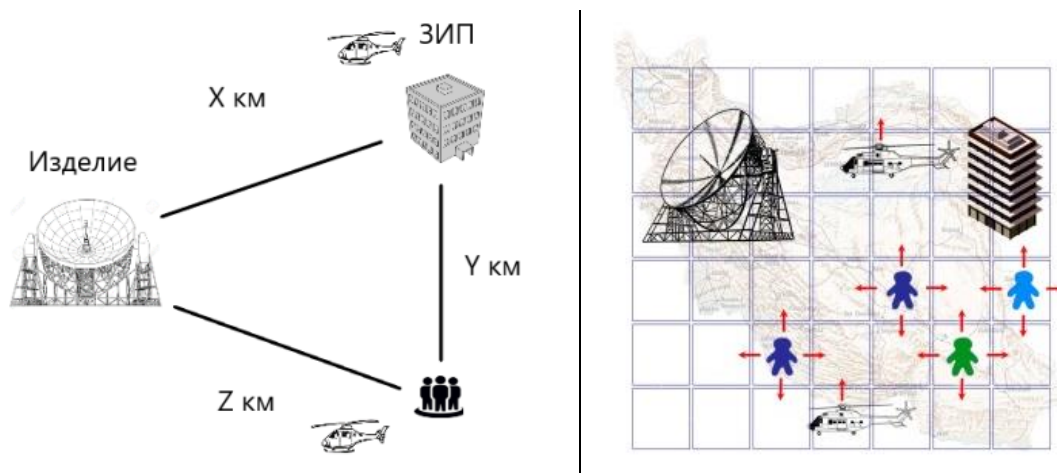
#### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В работах российских ученых В. Л. Макарова, А. Р. Бахтизина, Е. Д. Сушко в агент-ориентированном моделировании применяется теория функциональных систем советского физиолога П. К. Анохина, которая основана на закономерностях мозговой организации поведения и деятельности для модели управления адаптивным поведением [2]. Теория агентов и многоаспектных систем становится популярной и все чаще применяется для описания сложных динамических систем. В монографии И. В. Трегуб «Математические модели динамики экономических систем» приводятся практические примеры разработки моделей [15]. Первая АОМ была разработана Д. Паркером и Д. Эпштейном для сценария профилактических мероприятий в отношении вирусного заболевания. Последние современные модели АОМ посвящены прогнозированию численности населения. АОМ демографических процессов с использованием агент-ориентированного подхода представлена в работах российских ученых. В этих исследованиях авторы прогнозируют демографические изменения, возрастно-половую структуру населения на будущие периоды, миграционные потоки и др. [31]. АОМ требует новых подходов к мышлению, включая подход дизайн-мышления. В эпоху цифровой экономики дизайн-мышление дает возможность применить инновационные подходы к моделированию и «...перенаправить от привычных способов суждения об объекте к нетрадиционному решению, что помогает разработать инновацию, основанную на сочувствии к боли потребителя (основанную на требованиях зарубежного заказчика)» [27]. В исследованиях зарубежных авторов применяется феноменологический подход к описанию поведения участников, связанных с выполнением сложных технологических решений, отмечается их неспособность к выполнению операций в связи с перегрузкой (техностресс) [29, 30]. Требуется отметить, что отечественными учеными проведен критический анализ отечественного и зарубежного опыта разработки АОМ, авторами выносятся предложения о необходимости разработки отдельного первого русскоязычного стандарта описания агент-ориентированных моделей с учетом отечественного опыта, применяемой терминологии, понятий и определений [30].

Для восстановления работоспособности изделия агент использует элементы запасных частей, инструмента и принадлежностей для ремонтно-восстановительных работ по сценарию.

#### РАЗРАБОТКА ИНФОРМАЦИОННЫХ МОДЕЛЕЙ ПОВЕДЕНИЯ АГЕНТА В ИСКУССТВЕННО СОЗДАННОЙ СРЕДЕ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ

Модель поведения агента-специалиста зависит от неисправности изделия, сценариев поведения, наличия требуемого элемента запасных частей, инструмента и принадлежностей, а также затрат на выполнение работ по сценарию. На рисунке 1 изображено размещение агентов в искусственно созданной среде СТЭ.



**Рис. 1.** Схема размещения агентов в искусственно созданной среде системы технической эксплуатации: в евклидовом пространстве<sup>1</sup>  $(x, y) - 2D$  (слева – плоскость), GIS-локация изделия в системе технической эксплуатации в зарубежной стране ( $x$  – широта,  $y$  – долгота,  $t$  – время) –  $3D$  (справа) (составлено автором)

**Fig. 1.** Scheme of placement of agents in an artificially created environment of the technical operation system: in Euclidean space  $(x, y) - 2D$  (left – plane), GIS location of the product in the technical operation system in a foreign country ( $x$  – latitude,  $y$  – longitude,  $t$  – time) –  $3D$  (right) (compiled by the author)

При разработке информационных моделей поведения агента в СТЭ используется теория многоагентного имитационного моделирования доктора технических и экономических наук, профессора, академика РАЕН Г. В. Росса и соавт. [14].

Введем следующие обозначения:

$T_{n,t}$  – длина планового периода для специалиста  $n$  ( $n$  – номер специалиста,  $t$  – порядковый номер планового периода);

$x^e$  – реализация случайной величины  $x$ , полученная в статистическом испытании  $e$  с помощью имитационной модели (ИМ) в соответствии с законом  $f(x)$ ;

$e$  – вариант неисправности;

$n$  – номер технического специалиста;

$F(a_{n,e})$  – функция варианта поведения технического специалиста в зависимости от варианта неисправности;

$P(F(a_{n,e}))$  – вероятность выбора сценария поведения специалиста в зависимости от варианта неисправности;

$z(F(a_{n,e}))$  – затраты на осуществление техническим специалистом сценария с функцией поведения  $F(a_{n,e})$ ;

$G_n$  – множество всех вариантов поведения, где  $F(a_{n,e}) \in G_n$  – функция поведения технического специалиста является подмножеством множества всех вариантов поведения.

Допустим, что функция варианта поведения агента в зависимости от варианта неисправности  $F(a_{n,e})$ , тогда

$$\sum_{n=1}^m F(a_{n,e}) \in G_n - \text{сумма всех вариантов поведения.}$$

<sup>1</sup>Евклидово пространство – физическая геометрия нескольких измерений, к которым относится размерность, равная 3 ( $x; y; z$ ), где четырехмерное пространство (4D) – математический объект, обобщающий свойства трехмерного пространства и времени ( $x, y, z, t$ ), а комплексное евклидово пространство бесконечной размерности называется комплексным гильбертовым пространством

В АОМ автора используется закон распределения затрат, связанный с функциями восстановления работоспособности изделия, т.е. проведение ТОиР силами специалистов с использованием элементов запасных частей, инструмента и принадлежностей. Допустим, что

$f(z(F(a_{n,e})))$  – закон распределения затрат на осуществление специалистом  $n$  варианта поведения  $f(F(a_{n,e}))$ ;

$M\{z(F(a_{n,e}))\}$  – математическое ожидание затрат на осуществление специалистом  $n$  варианта поведения  $F(a_{n,e})$ ;

$k$  – нормировочный коэффициент для цен, который уравнивает среднюю сумму затрат на выполнение техническим специалистом работ при различных вариантах неисправностей и среднюю цену произведенных при этом варианте работ в ценах для зарубежного заказчика.

Допустим, что имеется план работ по техническому обслуживанию –  $PL_n$ . Выполняемые агентом ремонтно-восстановительные работы могут быть по стоимости как выше, так и ниже плана, тогда:

$\Psi_{1,e}(PL_n)$  – издержки завышения плана  $PL_n$  по техническому обслуживанию;

$\Psi_{2,e}(PL_n)$  – издержки занижения плана  $PL_n$  по техническому обслуживанию.

Издержки занижения/завышения плана возникают от несовпадения факта и плана работ по техническому обслуживанию (ТО). Издержки завышения плана возникают тогда, когда элементы запасных частей, инструмента и принадлежностей не востребованы (излишнее комплектование ЗИП), пролеживают на складе и ресурс работоспособности элементов ЗИП истекает во времени. Издержки занижения плана возникают тогда, когда элементов запасных частей, инструмента и принадлежностей не хватает для проведения ремонтно-восстановительных работ и требуется увеличение комплекта ЗИП, которого нет на объекте эксплуатации зарубежного заказчика, и как следствие предприятие имеет упущенную прибыль от недоукомплектования ЗИП и штрафные санкции за простой изделия. Зарубежный заказчик выставляет штрафные санкции как к избытку элементов в комплекте ЗИП, так и к недоукомплектованию ЗИП. Для экспортируемых наукоемких изделий план ТО утверждается однократно. На практике комплектования ЗИП имеется либо риск недоукомплектования, либо риск избыточного комплектования, где риск завышения – это математическое ожидание издержек завышения, риск занижения – это математическое ожидание издержек занижения. Издержки завышения – это затраты на комплектование элементов ЗИП, которые оказались не востребованы. Издержки занижения – это затраты на комплектование ЗИП, включая стоимость элементов ЗИП, которые могли бы быть проданы. Для проведения работ по ТОиР утвержден план ТО и определена поставка ЗИП, в связи с чем возникает риск завышения или занижения издержек. План, при котором абсолютная разность риска завышения и риска занижения обращается в нуль, является оптимальным ((1.18)–(1.15) стр. 48) [18]. Экспортируемое изделие доставляется на объект эксплуатации зарубежного заказчика с комплектами ЗИП однократно морским или речным видами транспорта [20, 21].

Введем обозначение  $r(PL_n)$  – прибыль (расчетный показатель экономической прибыли) при плане  $PL_n$ <sup>2</sup>. Представим искусственно созданную среду системы технической экс-

<sup>2</sup> Среди существующих видов прибыли, таких как общая, бухгалтерская, чистая, нормальная, предельная, автором используется экономическая прибыль. В исследовании экономическая прибыль подразумевает разницу между доходами и издержками, а именно: между суммарной стоимостью комплектов ЗИП и затратами на выполнение технического обслуживания минус издержки завышения/занижения плана.

плуатации и введем правила для множеств. Рассмотрим правила на множестве всех вариантов ТО поведения  $n$ -агента в системе технической эксплуатации.

*а) Правило установления закона распределения вероятностей* на множество из всех вариантов поведения агента  $G_n$ . Лимит ограничивает возможные варианты поведения агента  $n$ . Если некоторый вариант  $F(a_{n,e}) \in G_n$  при заданном лимите ( $D_{n,t}$ ) недоступен (например, запрещение агенту выполнять ремонтно-восстановительные работы при напряжении в сети ниже, чем 180 вольт), то для этого варианта полагаем, что  $P(F(a_{n,e}))=0$ . Для доступных вариантов полагаем, что вероятность  $P(F(a_{n,e}))$  пропорциональна  $c_i P_i(F(a_{n,e}))$ , где  $c_i$  – цена, назначенная предприятием за выполнение работ ТОиР:

$$P(F(a_{n,e})) = \frac{c_i P_i(F(a_{n,e}))}{\sum_{i=1}^I c_i P_i(F(a_{n,e}))}. \quad (1)$$

Содержательный смысл правила состоит в том, что вероятность варианта поведения тем больше, чем с большей вероятностью агент способен выполнить вариант проведения ремонтно-восстановительных работ при заданном лимите возможных вариантов поведения агента  $n$ .

*б) Правило введения отношения порядка на  $G_n$ .*

Технический специалист решает вопросы восстановления работоспособности изделия сначала с учетом наименьших затрат и упорядочивает по мере убывания цены. Упорядочивает информационные события (ИС) по мере убывания цены, то есть  $c_{i+1} > c_i$ . Пусть  $h$  – количество наиболее ценных ИС (накапливается база данных по неисправностям для различных случаев их возникновения по ГОСТ ИЛП (см. п. 6 таблицы 1 – повреждение, отказ, эксплуатационное повреждение, сбой программы, эксплуатационное происшествие)). Очевидно, что  $h \leq I$ . При этом  $1 - P_i(F(a_{n,e}))$  – вероятность неполучения  $IP_i$  при варианте поведения  $F(a_{n,e})$ ;

$$\prod_{i=1}^h (1 - P_i(F(a_{n,e}))) - \quad (2)$$

вероятность неполучения информации при этом варианте поведения специалиста;

$$P_h(F(a_{n,e})) = 1 - \prod_{i=1}^h (1 - P_i(F(a_{n,e}))) -$$

вероятность выполнения операции по ТОиР с положительным исходом, в результате которой получена полезная информация ( $P_h$ ).

С помощью функции  $P_h(F(a_{n,e}))$  введем отношение порядка на  $G_n$ : если  $P_h(F(a_{n,e})) > P_h(F(a_{n,e1}))$ , то полагаем  $F(a_{n,e}) > F(a_{n,e1})$ . Из этого можно сделать вывод, что анализ неисправностей с положительным исходом имеет набор структурированных данных: (система – подсистема – агрегат – блок – узел – ячейка – это иерархическая структура изделия); код неисправности (какая неисправность); элемент ЗИП (элемент на замену из комплекта ЗИП); технический специалист (категория технического персонала, допущенная к выполнению работ по сценарию с указанием стоимости работ по ТОиР).

*в) Правило нормирования цен.*

Нормировочный коэффициент  $k$ , который уравнивает среднюю сумму затрат на выполнение варианта поведения, т.е. нормировочный коэффициент  $k$  уравнивает среднюю сумму

затрат на выполнение агентом работ при различных вариантах неисправностей и среднюю цену произведенных при этом варианте работ в ценах для зарубежного заказчика:

$$\frac{\sum_{\forall Fa_n} z(Fa_n)P(z(F(a_n)))}{\text{card}\{G_n\}},$$

где  $\text{ard}\{G_n\}$  – мощность множества, показывает, сколько существует способов для выбора из  $n$  вариантов различных элементов  $k$ , т.е. число сочетаний из  $n$  по  $k$  [14, 16, 19], и среднюю цену произведенных при этом варианте событий:

$$\frac{\sum_{\forall Fa_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(F(a_n))}{\text{card}\{G_n\}},$$

т.е.:

$$\frac{\sum_{\forall Fa_n} z(F(a_n)P(z(F(a_n))))}{\text{card}\{G_n\}} = k \frac{\sum_{\forall Fa_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(F(a_n))}{\text{card}\{G_n\}}$$

и

$$k = \frac{\sum_{\forall Fa_n} z(F(a_n))P(z(F(a_n)))}{\sum_{\forall Fa_n} \sum_{\forall i} c_i P_i(F(a_n))}.$$

г) *Издержки завышения* – затраты  $z(F(a_{n,e}))$ .

д) *Издержки занижения* – цена всех информационных событий по поиску неисправностей с положительным исходом (неисправность найдена и устранена):

$$k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(F(a_n)). \quad (3)$$

е) *Расчетный показатель прибыли* ( $r(PL_n)$  – финансовый показатель, который равен разности цен информационных событий по поиску и устранению неисправностей с положительным исходом и затрат на их выполнение:

$$r(PL_n) = k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(PL_n) - z^e(PL_n). \quad (4)$$

Если  $r(PL_n) > 0$ , то выходит, что прибыль получается при возрастании количества ценных информационных событий, способствующих наращиванию базы данных по неисправностям (структурированной базы данных) таким образом, что если  $r(PL_n) > 0$ , то это прибыль, а если  $(PL_n) < 0$  – убытки.

ж) *Математическая модель планирования варианта поведения агента* на предстоящий плановый период:

$$F(a_{n,e}) = p_0(D_{n,t}) \quad (5)$$

$$\Psi_{1,e}(PL_n) = p_1(PL_n, F(a_{n,e})), PL_n > F(a_{n,e})$$

$$\Psi_{2,e}(PL_n) = p_2(PL_n, F(a_{n,e})), PL_n \leq F(a_{n,e})$$

$$\frac{\min}{PL \in V_n} \left\{ \frac{\max}{l \in \{1,2\}} \{M\{\Psi_l(PL_n)\}\} \right\} \quad (6)$$

$$r(PL_n) = k \sum_{i=1}^I c_i q_i^e P_i(PL_n) - z(PL_n), \quad (7)$$

где  $p_0$  – ИнформМодель, позволяющая в статистических испытаниях получать реализации варианта поведения  $F(a_{n,e}) \in G_n$  при заданном  $D_{n,t}$  согласно закону распределения вероятностей, установленному по правилам а);

$p_1$  – ИнформМодель расчета издержек завышения плана по правилам д) с учетом отношения порядка на  $G_n$ , введенного по правилам б);

$p_2$  – ИнформМодель, которая позволяет в статистических испытаниях получать реализацию издержек занижения плана по правилам е) с учетом отношения порядка на  $G_n$ , введенного по правилам б), где  $k$  – нормировочный коэффициент, рассчитанный по правилам г), расчетный показатель рассчитывается по правилам е).

Человеческий фактор включает риски, которые могут реализоваться в процессе функционирования коллектива специалистов даже при выборе оптимального поведения. Компенсация этих рисков может обеспечиваться экономическими механизмами страхования информационных рисков [14]:

$$\frac{\min}{PL \in V_n} \left\{ \frac{\max}{l \in \{1,2\}} \{M\{\Psi_l(PL_n)\}\} \right\}.$$

Компенсация этих рисков обеспечивается механизмами страхования информационных рисков [26].

## РЕЗУЛЬТАТЫ

Опираясь на исследования авторов по агент-ориентированному моделированию [3, 5, 6–9] и ИЛТ [17], а также на принципы разработки мультиагентных систем (МАС) [14], автором разработана агент-ориентированная модель поведения технического специалиста в искусственно созданной среде СТЭ зарубежного заказчика. Определено, что в соответствии с правилом установления закона распределения вероятностей на множество всех вариантов поведения  $G_n$  вероятность варианта поведения агента тем больше, чем с большей вероятностью он способен выполнить вариант проведения ТОиР при заданных лимитах (1). Определена вероятность неполучения информации при варианте поведения специалиста, т.е. когда при проведении работ нет информации с положительным исходом о ремонте и найденной неисправности (2). Из этого можно сделать вывод, что анализ неисправностей с положительным исходом имеет набор структурированных данных: (иерархическая структура изделия: система – подсистема – агрегат – блок – узел – ячейка); код неисправности (какая неисправность); элемент ЗИП (элемент на замену из комплекта ЗИП); технический специалист (категория технического персонала, допущенная к выполнению работ по сценарию с указанием стоимости работ по ТОиР).

В соответствии с правилом нормирования цен нормировочный коэффициент уравнивает среднюю сумму затрат на выполнение техническим специалистом работ при различных вариантах неисправностей и среднюю цену произведенных при этом варианте работ в ценах для зарубежного заказчика (3). Расчетный показатель прибыли равен разности цен информационных событий по поиску и устранению неисправностей с положительным исходом и затрат на их выполнение (4).

Информационная модель планирования варианта поведения специалиста на предстоящий плановый период определена, позволяет в статистических испытаниях получать реализации варианта поведения агента  $F(a_{n,e}) \in G_n$  при заданном лимите ( $D_{n,t}$ ) согласно закону распределения вероятностей, установленному по правилам: Правило установления закона распределения вероятностей на множество из всех вариантов поведения агента  $G_n$  и Правило введения отношения порядка на  $G_n$  (5), с учетом расчета издержек завышения плана (6) и издержек занижения плана (7).

В результате проведенного исследования автором выявлена зависимость реализации варианта поведения агента  $F(a_{n,e})$  при заданном лимите с учетом издержек завышения/занижения плана. Разработанная АОМ является частью исследования методологии моделирования комплекса мероприятий, включая разработку маркетинг-решения по продвижению наукоемкого изделия и услуг по проектированию СТЭ [20, 27]. Стратегический экспортный маркетинг рассматривает продвижение продукции на экспортный рынок, усиливает потребительские свойства товара (изделия), предоставляет дополнительные услуги по моделированию и проектированию системы технической эксплуатации на полном жизненном цикле наукоемкой продукции. Жизненный цикл изделия складывается из составляющих: стоимость изделия и комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей (ЗИП); затраты на здания и сооружения, оплату труда персонала, техническое обслуживание и ремонт (ТОиР); обучение персонала, утилизацию ((1.2) стр. 14) [17]. Для расчетов комплектов ЗИП по номенклатуре и стоимости комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей автором разработана и опубликована «Методика расчета комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей экспортируемых наукоемких изделий» [22]. В зависимости от унифицированных правил мировой торговли и правил транспортирования отечественной наукоемкой продукции представлено моделирование внешнеторгового контракта [23]. АОМ легла в основу имитационного моделирования СППР [29], а выбор метода моделирования описан в [28].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С научной точки зрения агент-ориентированное моделирование развивает инструментальные методы экономики и теории стратегического экспортного маркетинга. Стратегический экспортный маркетинг изыскивает такое маркетинг-решение, которое повышает потребительскую ценность товара (экспортируемого изделия). Для зарубежного заказчика отечественный производитель предлагает дополнительную услугу по проектированию СТЭ, посредством агент-ориентированного моделирования прогнозирует поведение технических специалистов в искусственно созданной среде, при этом зарубежный заказчик использует информационные модели и принимает решение о выборе технического персонала (российских специалистов или специалистов зарубежной страны), а информационные модели показывают вероятность работ при заданном лимите возможных вариантов поведения агента  $n$ .

Научная проблема, на решение которой направлено исследование, заключается в развитии теоретических и методологических вопросов применения математических и инструментальных методов экономики, теории экспортного маркетинга, маркетинговой деятельности хозяйствующих субъектов отрасли.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сохова З. Б., Редько В. Г. Модель автономных агентов с основными биологическими потребностями и мотивациями // Труды научно-исследовательского института системных исследований РАН. 2023. Т. 13. № 1–2. С. 37–45. DOI: 10.25682/NIS/.2023.1-2.0006
2. Анохин П. К. – советский физиолог, создатель теории функциональных систем. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Анохин,\\_Пётр\\_Кузьмич](https://ru.wikipedia.org/wiki/Анохин,_Пётр_Кузьмич)
3. Сохова З. Б., Редько В. Г. Модель самоорганизации автономных агентов в децентрализованной среде // Проблемы управления. 2021. № 2. С. 42–51. DOI: 10.25728/ru.2021.2.4
4. Сохова З. Б., Редько В. Г. Модель поиска инвестиционных решений автономными агентами в прозрачной конкурентной среде // Искусственный интеллект и принятие решений. 2019. № 2. С. 98–108. DOI: 10.14357/20718594190210



5. Макаров Л. В., Бахтизин А. Р. Современные инструменты моделирования социально-экономических процессов // Экономика Северо-Запада: проблемы и перспективы развития. 2024. № 1(76). С. 21–32. DOI: 10.52897/2411-4588-2024-1-21-32
6. Макаров Л. В., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. Агент-ориентированная модель как инструмент регулирования экологии региона // Журнал Новой экономической ассоциации. 2020. № 1(45). С. 151–171. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-45-1-6
7. Макаров Л. В., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д., Агеева А. Ф. Агент-ориентированный подход при моделировании трудовой миграции из Китая в Россию // Экономика региона. 2017. Т. 13. № 2. С. 331–341. DOI: 10.17059/2017-2-1
8. Макаров Л. В., Бахтизин А. Р., Сушко Е. Д. и др. Агент-ориентированные модели. М.: Департамент науч. изданий ГАУГН, 2022. 196 с.
9. Бахтизин А. Р., Макаров Л. В., Логинов Е. Л. И др. Гибридные войны в макроэкономической суперсистеме XXI века // Экономические стратегии. 2023. Т. 25. № 2(188). С. 6–23. DOI: 10.33917/es-2.188.2023.6-23
10. Россошанская Е. А., Дорошенко Т. А., Самсонова Н. А. и др. Агент-ориентированная модель Дальнего Востока как инструмент поддержки принятия управленческих решений // Государственное управление. Электронный вестник. 2022. № 94. С. 203–224. DOI: 10.24412/2070-1381-2022-94-203-224
11. Полтерович В. М. Экономический рост в условиях санкций: стратегия позитивного сотрудничества и экономика отечественного цикла // Системное моделирование социально-экономических процессов. Труды 46-й Международной школы-семинара. 2024. С. 50–55.
12. Агеев А., Логинов Е., Макаров В. и др. Моделирование последствий ядерного удара // Экономические стратегии. 2022. Т. 24. № 4(184). С. 6–16. DOI: 10.33917/es-4.184.2022.6-16
13. НИЦ CALS-технологий «Прикладная логистика». Продукты. Программные обеспечения. <https://cals.ru/products> (дата обращения: 14.08.2024).
14. Росс Г. В., Конявский В. А., Медведев В. В. Модель интеллектуального планирования поведения робота в коллективе роботов // Прикладная информатика. 2023. Т. 18. № 1(103). С. 65–81. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1-65-81
15. Трезуб И. В. Математические модели динамики экономических систем: монография. М.: Русайнс, 2020. 162 с.
16. Прокопенко Н. Ю. Дискретная математика. Н. Новгород: ННГАСУ, 2016. 251 с.
17. Судов Е. В., Левин А. И., Петров А. В., Чубарова Е. В. Технологии интегрированной логистической поддержки изделия машиностроения. М.: Издательский дом «Информбюро», 2006. 232 с.
18. Лихтенштейн В. Е., Росс Г. В. Информационные технологии в бизнесе. Практикум: применение системы Decision в микро- и макроэкономике: учеб. пособие. М.: Финансы и статистика, 2008. 512 с.
19. Гисин В. Б. Дискретная математика: учебник и практикум для среднего и профессионального образования: 2-е изд., пер и доп. М.: Юрайт, 2024. 468 с.
20. Веретехина С. В. Методология моделирования комплекса мероприятий по интегрированной логистической поддержке экспорта наукоемкой продукции // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2023. № 9. С. 95–110. EDN: JAEODN
21. Веретехина С. В. Выявление факторов управления стоимостью интегрированной логистической поддержки ситуационной модели экспорта // Инновации и инвестиции. 2023. № 7. С. 279–284. EDN: MESFZE
22. Веретехина С. В. Методика расчета комплектов запасных частей, инструмента и принадлежностей экспортируемых наукоемких изделий // Russian Economic Bulletin. 2021. Т. 4. № 5. С. 108–121. EDN: PRZSMO

23. Веретехина С. В. Технология экспорта: экономико-математическое моделирование внешнеторгового контракта // Вопросы новой экономики. 2022. № 4(64). С. 46–56. DOI: 1052170/1994-0556\_2022\_64\_46-56
24. ИЛП ГОСТ Р 53393 Интегрированная логистическая поддержка. Основные положения <https://cals.ru/ndocs> (дата обращения: 14.08.2024).
25. ИЛП ГОСТ Р 53394 Интегрированная логистическая поддержка. Основные термины и определения <https://cals.ru/ndocs> (дата обращения: 14.08.2024).
26. Вусс Г. В., Кривошеев В. А., Вухорев С. В. и др. Страхование информационных рисков // Банки и технологии. 1999. № 4. С. 73–81. EDN: MVOVHK
27. Vasilieva E. Engenering education and a new paradigm of project thinking // Communication in computer and information science. 2020. Vol. 1201. Pp. 42–51.
28. Veretekhina S.V. Mathematical of indicator of the indicator system: the choice of the modeling method // Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies, CAMSTech-II 2021-2467. 2022. P. 050003. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49157669&pff=1>
29. Küçükçivil B., Gargalik E., Koçyiğit M. et al. Üniversitelerde Dijital Eğitim-Öğretim Faaliyetleri ve Teknostres: İletişim Akademisyenleri Üzerine Bir Araştırma. Turkey [англ. Digital education-teaching activities and technostress at universities: a research on communication academy students] // Rciyes contact me dergis. 2023. Vol. 11(1). Pp. 105–134. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=66076701>
30. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Rossoshanskaya E.A. et al. Problems of standardization agent-based model description and possible ways to solve them // Herald of Russian Academy of Science. 2023. Vol. 93. No. 4. Pp. 239–248. DOI: 10.1134/s1019331623020119
31. Макаров В. Л., Бахтизин А. Р., Хуа Л. и др. Долгосрочное демографическое прогнозирование // Вестник Российской академии наук. 2023. Т. 93. № 1. С. 21–35. DOI: 10.31857/S0869587323010048
32. Веретехина С. В., Веретехин В. В. Система поддержки принятия решений для экспорта наукоемкой продукции на основе цифрового двойника изделия // Кузнечно-штамповочное производство. Обработка материалов давлением. 2023. № 9. С. 110–125. EDN: QJUQPH

## REFERENCES

1. Sokhova Z.B., Redko V.G. Model of autonomous agents with basic biological needs and motivations. *Trudy nauchno-issledovatel'skogo instituta sistemnykh issledovaniy RAN* [Transactions of the Research Institute for Systems Research of the Russian Academy of Sciences]. 2023. Vol. 13. Issue 1–2. Pp. 37–45. DOI: 10.25682/NIIS/.2023.1-2.0006. (In Russian)
2. Anokhin P.K. – Soviet physiologist, creator of the theory of functional systems. [https://ru.wikipedia.org/wiki/Анохин,\\_Пётр\\_Кузьмич](https://ru.wikipedia.org/wiki/Анохин,_Пётр_Кузьмич). (In Russian)
3. Sokhova Z.B., Redko V.G. Model of self-organization of autonomous agents in a decentralized environment. *Control Sciences*. 2021. Vol. 2. Pp. 29–37.
4. Sokhova Z.B., Redko V.G. A model for searching for investment decisions by autonomous agents in a transparent competitive environment. *Iskusstvennyy intellekt i prinyatiye resheniy* [Artificial Intelligence and Decision Making]. 2019. No. 2. Pp. 98–108. DOI: 10.14357/20718594190210. (In Russian)
5. Makarov L.V., Bakhtizin A.R. Modern tools for modeling socio-economic processes. *Ekonomika Severo-Zapada: problemy i perspektivy razvitiya* [Economy of the North-West: problems and development prospects]. 2024. No. 1(76). Pp. 21–32. DOI: 10.52897/2411-4588-2024-1-21-32. (In Russian)
6. Makarov L.V., Bakhtizin A.R., Sushko E.D. Agent-oriented model as a tool for regulating regional ecology. *Zhurnal Novoy ekonomicheskoy assotsiatsii* [Journal of the New Economic Association]. 2020. No. 1(45). Pp. 151–171. DOI: 10.31737/2221-2264-2020-45-1-6. (In Russian)

7. Makarov L.V., Bakhtizin A.R., Sushko E.D., Ageeva A.F. Agent-based approach to modeling labor migration from China to Russia. *Ekonomika regiona* [Economy of the region]. 2017. Vol. 13. Issue. 2. Pp. 331–341. DOI: 10.17059/2017-2-1. (In Russian)
8. Makarov L.V., Bakhtizin A.R., Sushko E.D., Sidorenko M.Yu., Khabriev B.R. Agent-based models: study guide. Moscow: Departament nauch. izdaniy GAUGN, 2022. 196 p. (In Russian)
9. Bakhtizin A.R., Makarov L.V., Loginov E.L. et al. Hybrid wars in the macroeconomic supersystem of the 21st century. *Ekonomicheskiye strategii* [Economic strategies]. 2023. Vol. 25. No. 2 (188). P. 6–23. DOI: 10.33917/es-2.188.2023.6-23. (In Russian)
10. Rossoshanskaya E.A., Doroshenko T.A., Samsonova N.A. et al. Agent-oriented model of the Far East as a tool for supporting management decisions. *Gosudarstvennoye upravleniye. Elektronnyy vestnik* [Public administration. Electronic Bulletin]. 2022. No. 94. Pp. 203–224. DOI: 10.24412/2070-1381-2022-94-203-224. (In Russian)
11. Polterovich V.M. Economic growth under sanctions: strategy of positive cooperation and the economy of the domestic cycle. *Sistemnoye modelirovaniye sotsial'no-ekonomicheskikh protsessov. Trudy 46-oy Mezhdunarodnoy shkoly-seminara* [System modeling of socio-economic processes. Proceedings of the 46th International School-Seminar]. 2024. Pp. 50–55. (In Russian)
12. Ageev A., Loginov E., Makarov V., Bakhtizin A., Grabchak E.P. Modeling the consequences of a nuclear strike. *Ekonomicheskiye strategii* [Economic strategies]. 2022. Vol. 24. No. 4(184). Pp. 6–16. DOI: 10.33917/es-4.184.2022.6-16. (In Russian)
13. Research Center of CALS-technologies "Applied Logistics". Products. Software. <https://cals.ru/products> (date of access: 08/14/2024). (In Russian)
14. Ross G.V., Konyavsky V.A., Medvedev V.V. Model of intelligent planning of behavior of robot in a robot team. *Prikladnaya informatika* [Applied Informatics]. 2023. Vol. 18. No. 1(103). Pp. 65–81. DOI: 10.37791/2687-0649-2023-18-1-65-81. (In Russian)
15. Tregub I.V. *Matematicheskiye modeli dinamiki ekonomicheskikh sistem* [Mathematical models of the dynamics of economic systems]: monograph. Moscow: Rusayns, 2020. 162 p. (In Russian)
16. Prokopenko N.Yu. *Diskretnaya matematika* [Discrete Mathematics]: uchebnoye posobiye [Study Guide]. N. Novgorod: NNGASU. 2016. 251 p. (In Russian)
17. Sudov E.V., Levin A.I., Petrov A.V., Chubarova E.V. *Tekhnologii integrirovannoy logisticheskoy podderzhki izdeliya mashinostroyeniya* [Technologies of integrated logistics support of mechanical engineering products]. Moscow: Izdatel'skiy dom «Informbyuro», 2006. 232 p. (In Russian)
18. Likhtenshtein V.E., Ross G.V. *Informatsionnyye tekhnologii v biznese* [Information technologies in business]. Workshop: application of the Decision system in micro and macroeconomics. Moscow: Finansy i statistika, 2008. 512 p. (In Russian)
19. Gisin V.B. *Diskretnaya matematika: uchebnik i praktikum dlya srednego i professional'nogo obrazovaniya* [Discrete mathematics: textbook and workshop for secondary and vocational education]. 2nd ed., trans. and add. Moscow: Yurait, 2024. 468 p. (In Russian)
20. Veretekhina S.V. Methodology for modeling a set of measures for integrated logistics support for the export of high-tech products. *Kuznechno-shtampovoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem* [Forging and stamping production. Processing of materials by pressure]. 2023. No. 9. Pp. 95–110. EDN: JAEODN. (In Russian)
21. Veretekhina S.V. Identification of factors for managing the cost of integrated logistics support for a situational export model. *Innovatsii i investitsii* [Innovations and Investments]. 2023. No. 7. Pp. 279–284. EDN: MESFZE. (In Russian)
22. Veretekhina S.V. Methodology for calculating sets of spare parts, tools and accessories for exported high-tech products. *Russian Economic Bulletin*. 2021. Vol. 4. No. 5. Pp. 108–121. EDN: PRZSMO

23. Veretekhina S.V. Export technology: economic and mathematical modeling of a foreign trade contract. *Voprosy novoy ekonomiki* [Issues of the new economy]. 2022. No. 4(64). Pp. 108–116. DOI: 1052170/1994-0556\_2022\_64\_46-56. (In Russian)
24. *ILP GOST R 53393 Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Osnovnyye polozheniya* [ILP GOST R 53393 Integrated logistics support. Basic provisions]. <https://cals.ru/ndocs> (date of access: 08/14/2024). (In Russian)
25. *ILP GOST R 53394 Integrirovannaya logisticheskaya podderzhka. Osnovnyye terminy i opredeleniya* [ILP GOST R 53394 Integrated logistics support. Basic terms and definitions]. <https://cals.ru/ndocs> (date of access: 08/14/2024). (In Russian)
26. Vuss G.V., Krivosheev V.A., Vikhorev S.V. et al. Information risk insurance. *Banki i tekhnologii* [Banks and technologies]. 1999. No. 4. Pp. 73–81. EDN: MVOVHK. (In Russian)
27. Vasilieva E. Engenering education and a new paradigm of project thinking. Communication in computer and information science. 2020. Vol. 1201. Pp. 42–51.
28. Veretekhina S.V. Mathematical of indicator of the indicator system: the choice of the modeling method. Proceedings of the II International Conference on Advances in Materials, Systems and Technologies, CAMSTech-II 2021-2467. 2022. P. 050003. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=49157669&pff=1>
29. Küçükcivil B., Gargalik E., Koçyiğit M. et al. Üniversitelerde Dijital Eğitim-Öğretim Faaliyetleri ve Teknostres: İletişim Akademisyenleri Üzerine Bir Araştırma. Turkey (англ. Digital education-teaching activities and technostress at universities: a research on communication academy students). *Rciyes İletişim Dergis* (англ. *Rciyes contact me dergis*). 2023. Vol. 11(1). Pp. 105–134. <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=66076701>
30. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Rossoshanskaya E.A., Doroshenko T.A., Samconova N.A. Problems of standardization agent-based model description and possible ways to solve them. Herald of Russian Academy of Science. 2023. Vol. 93. No. 4. Pp. 239–248. DOI: 10.1134/s1019331623020119.
31. Makarov V.L., Bakhtizin A.R., Khua L. et al. Long-term demographic forecasting. *Vestnik Rossiyskoy akademii nauk*. 2023. Vol. 93. No. 1. Pp. 21–35. DOI: 10.31857/S0869587323010048
32. Veretekhina S.V., Veretekhin V.V. Decision support system for the export of high-tech products based on the digital twin of the product. *Kuznechno-shtampovochnoye proizvodstvo. Obrabotka materialov davleniyem* [Pressure treatments of materials. Pressure treatments of materials]. 2023. No. 9. Pp. 110–125. EDN: QJUQPH. (In Russian)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторе

**Веретехина Светлана Валерьевна**, канд. экон. наук, доцент, доцент кафедры бизнес-информатики, Финансовый университет при Правительстве РФ;  
125167, Россия, Москва, пр-т Ленинградский, 49/2;  
[veretehinas@mail.ru](mailto:veretehinas@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3014-5027>, SPIN-код: 7796-3457

### Information about the author

**Svetlana V. Veretekhina**, Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Business Informatics of the Financial University under the Government of the Russian Federation;  
125167, Russia, Moscow, 49/2 Leningradsky avenue;  
[veretehinas@mail.ru](mailto:veretehinas@mail.ru), ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3014-5027>, SPIN-code: 7796-3457

УДК 314:316.34.55

Аналитическая статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-195-205

EDN: QRNHIS

## Демографические и экономические тенденции развития сельских территорий Северо-Кавказского макрорегиона

В. Г. Закшевский✉, Е. В. Закшевская, З. В. Гаврилова

Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса  
Центрально-Черноземного района – филиал ФГБНУ  
«Воронежский федеральный аграрный научный центр им. В.В. Докучаева»  
394042, Россия, г. Воронеж, ул. Серафимовича, 26А

**Аннотация.** В статье исследуются тенденции развития сельских территорий Северо-Кавказского макрорегиона с позиции происходящих демографических и экономических процессов. Проанализированы изменения численности и доли сельского населения за 2013–2022 гг., его рождаемости, смертности, естественной и миграционной убыли. Изучено развитие сельской поселенческой сети за 10 лет. Оценены сдвиги в уровне занятости и безработицы населения субъектов макрорегиона. Подробно рассмотрена трансформация сферы сельского хозяйства как одной из основных отраслей экономики макрорегиона с учетом производства продукции, доли площадей земель сельскохозяйственного назначения, занятости населения и уровня оплаты труда.

**Ключевые слова:** Северо-Кавказский макрорегион, сельские территории, тенденции развития, демография, экономика, сельское хозяйство, поселенческая сеть

Поступила 26.08.2024, одобрена после рецензирования 19.09.2024, принята к публикации 27.09.2024

**Для цитирования.** Закшевский В. Г., Закшевская Е. В., Гаврилова З. В. Демографические и экономические тенденции развития сельских территорий Северо-Кавказского макрорегиона // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 195–205. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-195-205

Analytical article

## Demographic and economic trends in the development of rural areas of the North Caucasus microregion

V.G. Zakshevsky✉, E.V. Zakshevskaya, Z.V. Gavrilova

Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex  
of Central Chernozem Region – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution  
“Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev”  
394042, Russia, Voronezh, 26A Serafimovicha street

**Abstract.** The article examines the trends in the development of rural areas in the North Caucasus macroregion, focusing on demographic and economic changes. It analyzes the changes in the number and proportion of the rural population between 2013 and 2022, as well as birthrate, mortality, and natural and migration decline. The development of the rural settlement network over the past decade is also studied. Shifts in the level of employment and unemployment among the population of the macroregion's constituent entities are estimated. The transformation of agriculture, which is one of the major sectors of the macroregion's economy, is examined in detail. This includes production, the proportion of agricultural land, the employment of the population this sector, and the level of compensation for their labor.

**Keywords:** North Caucasian macroregion, rural territories, development trends, demography, economy, agriculture, settlement network

Submitted 26.08.2024,

approved after reviewing 19.09.2024,

accepted for publication 27.09.2024

**For citation.** Zakshevsky V.G., Zakshevskaya E.V., Gavrilova Z.V. Demographic and economic trends in the development of rural areas of the North Caucasus microregion. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 195–205. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-195-205

## ВВЕДЕНИЕ

На современном трансформационном этапе развития российской экономики значение сельских территорий значительно возросло. Так, в настоящее время они выступают не только источником природно-ресурсного потенциала для ведения сельского хозяйства, но и резервом человеческого капитала [1] для создания многоукладной сельской экономики и ее диверсифицированного развития [2].

Сельские территории Северо-Кавказского макрорегиона (СКМР) не являются исключением в этом процессе, однако для них характерно наличие ряда проблем: опережающий рост численности населения в трудоспособном возрасте и высокий уровень безработицы, инфраструктурные ограничения в сферах ЖКХ и транспорта, высокий уровень теневой занятости и экономически неактивного населения, значимая зависимость экономики и регионального бюджета от федеральных средств, преобладание отраслей с высоким нерезализованным потенциалом: агропромышленный комплекс, обрабатывающая промышленность, туризм [3]. Все это приводит к необходимости в скорейшем времени разрешить хотя бы часть стоящих перед социумом задач, чтобы сельские территории СКМР смогли приносить большую пользу российской экономике, чем сейчас.

СКМР включает в свой состав 7 субъектов: республики Дагестан, Ингушетия, Кабардино-Балкария, Карачаево-Черкесия, Северная Осетия – Алания, Чечня и Ставропольский край, основной специализацией которых является сельское хозяйство вследствие благоприятных климатических условий. Доля аграрной отрасли в валовом региональном продукте СКМР составляет около 16 % при среднем по России 4,5 %. Макрорегион производит 8,5 % объема валовой продукции сельского хозяйства всей страны, обеспечивает свыше 37 % сбора урожая винограда, более 17 % овощей, 10 % зерновых и зернобобовых культур и почти 44 % от общероссийского объема производства шерсти [4]. Также аграрное производство СКМР имеет ярко выраженную специфику, обусловленную различиями в климате из-за разнообразного рельефа местности. На тенденции развития сельских территорий влияют не только географические, но и ментальные особенности населения, а также уровень экономического развития территории.

## ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ИССЛЕДОВАНИЯ

Целью исследования является выявление демографических и экономических тенденций в развитии сельских территорий Северо-Кавказского макрорегиона за последнее десятилетие.

Для достижения поставленной цели поставлены следующие задачи:

- проанализировать показатели, отражающие и влияющие на изменение численности сельского населения;
- выявить особенности сельского расселения в субъектах СКМР;
- изучить произошедшие трансформации на сельском рынке труда и в сельскохозяйственной отрасли;
- обобщить полученные результаты развития субъектов СКМР за 10 лет.

## МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

При проведении исследования применялись методы:

- диалектический при изучении явлений во всеобщей связи и взаимозависимости, а также в их непрерывном изменении и развитии;
- аналитический при рассмотрении явлений как состоящих из взаимосвязанных элементов;
- индуктивный при получении обобщенных выводов после оценки полученных данных;
- счетный при определении количественных соотношений объектов исследования или параметров, характеризующих их свойства;
- сравнительный при сопоставлении признаков, присущих двум или нескольким объектам, установление различия между ними или нахождение в них общего [5].

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

СКМР включает в себя настолько различные территориально-хозяйственные системы, что они дифференцированы не только по природно-климатическим условиям и культурно-историческим особенностям, но и по системам расселения, демографической ситуации, а также по уровню социально-экономического развития [3].

Исследуемый макрорегион занимает около 1 % площади страны, в нем проживает примерно 7 % населения России. Удельный вес сельских жителей в общей численности населения вдвое превышает средний уровень по России (25,3 %) и составлял в 2022 г. от 36,8 % в Северной Осетии до 61,9 % в Чечне (табл. 1). В целом за 10 лет сельское население СКМР выросло на 177,6 тыс. чел., или 3,7 %, но его доля в общей численности населения макрорегиона снизилась на 1,1 п.п. Отметим, что в четырех субъектах число сельских жителей увеличилось в среднем на 90 тыс. чел., или 9,4 %, а в трех – снизилось на 21,4 тыс. чел., или 4,2 %.

**Таблица 1.** Численность и доля постоянного сельского населения в среднем за год в субъектах СКМР в 2013 и 2022 гг.

**Table 1.** The number and share of permanent rural population on average per year in the regions of the NCMR in 2013 and 2022

Субъект	2013 г.		2022 г.		2022 г. к 2013 г.		
	тыс. чел.	%	тыс. чел.	%	тыс. чел.	%	п.п.
Республика Дагестан	1 629,20	55,0	1 752,50	54,8	123,2	107,6	–0,2
Республика Ингушетия	251,4	56,5	232,7	45,2	–18,7	92,6	–11,3
Кабардино-Балкарская Республика	401,7	46,4	435,3	48,2	33,5	108,3	1,8
Карачаево-Черкесская Республика	271,1	57,5	274,9	58,6	3,8	101,4	1,1
Республика Северная Осетия – Алания	255,8	36,3	251,4	36,8	–4,4	98,3	0,5
Чеченская Республика	861,5	64,5	942,6	61,9	81,2	109,4	–2,6
Ставропольский край	1181,70	41,9	1140,60	39,4	–41,1	96,5	–2,5
СКМР	4852,40	50,5	5030,00	49,4	177,6	103,7	–1,1

Источник: рассчитано авторами на основе [6]

Преобладание сельского населения в СКМР не только накладывает отпечаток на социально-трудовые условия жизни, но при ускорении развития обрабатывающей промыш-

ленности, транспортно-инфраструктурного комплекса и строительства новых курортов может явиться резервом рабочих кадров для соответствующих отраслей экономики.

Отличительной особенностью региона является самый высокий уровень рождаемости и прогрессивный тип воспроизводства сельского населения (табл. 2). Однако за десятилетний период наблюдается снижение общего коэффициента рождаемости по всем субъектам, входящим в СКМР, но особенно в Дагестане (на 7,2 чел. на 1000 населения) и в Северной Осетии (на 6,8 чел. на 1000 населения). Причина этого процесса та же, что и по всей стране: переход от аграрного уклада, основанного на родовых традициях и большом количестве рабочих рук, к индустриальному и постиндустриальному (переезд в города и преобразование семейных ценностей) [7].

**Таблица 2.** Число родившихся и умерших сельских жителей на 1000 населения в субъектах СКМР в 2013 и 2022 гг.

**Table 2.** Number of births and deaths of rural residents per 1000 population in the regions of the NCMR in 2013 and 2022

Субъект	Число родившихся на 1000 чел.		2022 г. к 2013 г.		Число умерших на 1000 чел.		2022 г. к 2013 г.	
	2013	2022	чел.	%	2013	2022	чел.	%
Республика Дагестан	22,5	15,3	–7,2	68	6,3	5,7	–0,6	90,5
Республика Ингушетия	22,4	17,1	–5,3	76,3	3,5	3,3	–0,2	94,3
Кабардино-Балкарская Республика	16,7	11,4	–5,3	68,3	9,0	8,5	–0,5	94,4
Карачаево-Черкесская Республика	14,8	8,7	–6,1	58,8	9,8	9,3	–0,5	94,9
Республика Северная Осетия – Алания	15,5	8,7	–6,8	56,1	10,2	10,0	–0,2	98,0
Чеченская Республика	23,5	18,4	–5,1	78,3	4,4	3,3	–1,1	75,0
Ставропольский край	13,6	8,7	–4,9	64,0	12,6	12,4	–0,2	98,4
СКМР	19,3	13,4	–5,9	69,4	8,0	7,3	–0,7	91,3

Источник: рассчитано авторами на основе [6]

Показатели смертности в сельской местности также за 10 лет снизились в среднем по всем субъектам СКМР на 0,7 чел. на 1000 населения, или 8,7 %, что связано с формированием витального поведения у населения, созданием безопасной окружающей среды, увеличением финансирования системы здравоохранения [8].

Снижение рождаемости и смертности на селе привело к тому, что во всех регионах СКМР произошло снижение естественного прироста населения вплоть до получения отрицательных значений (табл. 3). Так, в четырех кавказских республиках сохранился положительный прирост населения за 10 лет, а в трех субъектах из семи началась естественная убыль сельского населения. Также следует говорить о продолжающемся миграционном оттоке сельского населения в города и другие регионы во всех субъектах СКМР, хотя за десятилетний период он несколько утратил свою интенсивность, а в республике Ингушетия был положительный миграционный прирост на сельских территориях.

Причины этого процесса стандартны, но во многом усилены местной спецификой: множество экономических, социальных, инфраструктурных и экологических проблем в сельской местности, которые усугубляются недостатком рабочих мест, минимальным притоком инвестиций в основной капитал, слабыми постиндустриальными отношениями [9].



**Таблица 3.** Естественная и миграционная убыль сельского населения в субъектах СКМР в 2013/2017 и 2022 гг.**Table 3.** Natural and migration decline of rural population in the regions of the NCMR in 2013/2017 and 2022

Субъект	Естественный прирост / убыль на 1000 населения, чел.		2022 г. к 2013 г., чел.	Миграционная убыль на 10000 населения, чел.		2022 г. к 2017 г., чел.
	2013	2022		2017*	2022	
Республика Дагестан	16,2	9,6	–6,6	–63,4	–18,0	45,4
Республика Ингушетия	18,9	13,8	–5,1	–17,0	8,7	25,7
Кабардино-Балкарская Республика	7,7	2,9	–4,8	–25,7	–12,5	13,2
Карачаево-Черкесская Республика	5,0	–0,6	–5,6	–14,0	–13,7	0,2
Республика Северная Осетия – Алания	5,3	–1,3	–6,6	–52,6	–48,5	4,1
Чеченская Республика	19,1	15,1	–4,0	–25,4	–27,3	–1,9
Ставропольский край	1	–3,7	–4,7	–24,1	–19,4	4,7
СКМР	11,3	6,1	–5,2	–38,4	–19,6	18,8

Источник: рассчитано авторами на основе [6]

\* – на официальных статистических ресурсах были найдены данные только за 2017 г.

Система расселения в СКМР, его экономическое развитие в целом и жизнеспособность отдельных сельских поселений во многом определяются их расположением в зависимости от рельефа и природных особенностей. Можно назвать систему расселения в макро-регионе сельской, т.к. сельские поселения занимают почти 88 % от общего количества поселений макрорегиона (табл. 4). В предгорных районах субъектов СКМР сеть сельских поселений более густая и сами поселения достаточно крупные. Зональность сельского расселения нарушается только в пригородных зонах крупных агломераций, где сельские поселения становятся более крупными, а их сеть – более густой. Для горных районов более характерны мелкие поселения [10].

**Таблица 4.** Поселенческая сеть и людность сельских поселений в субъектах СКМР в 2013 и 2022 гг.**Table 4.** Settlement network and population of rural settlements in the regions of the NCMR in 2013 and 2022

Субъект	Сельские поселения		2022 г. к 2013 г.		Средняя людность сельского поселения		2022 г. к 2013 г.	
	2013	2022	ед.	%	2013	2022	чел.	%
Республика Дагестан	698	701	3	100,4	2269	2454	185	108,2
Республика Ингушетия	37	36	–1	97,3	7173	6512	–661	90,8
Кабардино-Балкарская Республика	112	112	0	100,0	3101	3322	221	107,1
Карачаево-Черкесская Республика	83	83	0	100,0	3186	3255	69	102,2
Республика Северная Осетия – Алания	97	97	0	100,0	2610	2566	–44	98,3
Чеченская Республика	216	213	–3	98,6	3995	4367	372	109,3
Ставропольский край	281	284	3	101,1	4111	4005	–106	97,4
СКМР	1524	1526	2	100,1	3105	3220	115	103,7

Источник: рассчитано авторами на основе [11]

Тем не менее, за 10 лет количество сельских поселений в целом по СКМР не уменьшилось, а средняя людность одного поселения выросла на 115 чел., или 3,7 %. Снижение числа сельских поселений зачастую связано с их переходом в новый городской статус, присоединением к городу, но никак не с исчезновением. Однако средняя людность снизилась в трех субъектах из семи (Ингушетии, Северной Осетии и Ставропольском крае).

При этом большинство сельских жителей СКМР проживают на территориях, имеющих слабо развитую транспортную инфраструктуру, что затрудняет развитие трудовой мобильности населения и обуславливает сравнительно низкий уровень участия населения в рабочей силе (табл. 5). Такая ситуация, с одной стороны, играет позитивную роль в условиях высокой безработицы, которая значительно легче переносится в селе, чем в городе. С другой стороны, эта структура предопределяет низкий уровень налоговых поступлений и как следствие дотационность региональных бюджетов [3].

**Таблица 5.** Уровень участия в составе рабочей силы и уровень безработицы сельского населения СКМР в 2013 и 2022 гг.

**Table 5.** Labor force participation rate and unemployment rate of the rural population of the NCMR in 2013 and 2022

Субъект	Уровень участия в рабочей силе, %		2022 г. к 2013 г., п.п.	Уровень безработицы, %		2022 г. к 2013 г., п.п.
	2013	2022		2013	2022	
Республика Дагестан	66,5	58,5	–8,0	9,8	12,7	2,9
Республика Ингушетия	67,9	71,3	3,4	32,0	34,5	2,5
Кабардино-Балкарская Республика	68,3	65,6	–2,7	8,0	10,1	2,1
Карачаево-Черкесская Республика	63,1	57,8	–5,3	14,2	10,8	–3,4
Республика Северная Осетия – Алания	66,2	57,6	–8,6	11,8	10,9	–0,9
Чеченская Республика	76,3	63,5	–12,8	23,5	11,2	–12,3
Ставропольский край	64,1	57,3	–6,8	7,6	4,4	–3,2
СКМР	67,4	60,1	–7,3	13,2	11,2	–2,0

Источник: рассчитано авторами на основе [12]

Из представленных данных можно наблюдать, что уровень участия в рабочей силе сельского населения (по сути, аналог уровня занятости) снизился за 10 лет на 7,3 п.п. в среднем по всем субъектам СКМР, а уровень безработицы также сократился на 2,0 п.п. Но по отдельным регионам ситуация с безработицей продолжает оставаться катастрофической. Ситуация на рынке сельского труда СКМР, по мнению ученых, характеризуется как абсолютно трудоизбыточная. Проблемы с безработицей в сельской местности вызваны не только увеличением транспортных издержек в связи со спецификой территориального размещения населения и рабочих мест, но и с задержкой внедрения потребительских инноваций в сельской местности, их относительно низкой социальной и инфраструктурной развитостью, а также ростом структурной безработицы в аграрных регионах [3].

Как уже было отмечено выше, экономика субъектов СКМР имеет сельскохозяйственную специализацию, поэтому за 10 лет объемы производства аграрной продукции только наращивались (в среднем в 2,5 раза), а площадь земель сельхозназначения в основном осталась прежней (табл. 6), сократившись только в Кабардино-Балкарии и Чечне за счет роста площади городских поселений.

**Таблица 6.** Характеристика развития сельскохозяйственной отрасли в субъектах СКМР в 2013 и 2022 гг.**Table 6.** Characteristics of the development of the agricultural regions in the subjects of the NCMR in 2013 and 2022

Субъект	Продукция, млрд руб.			Доля земель сельскохозяй- ственного назначения, %		
	2013 г.	2022 г.	2022 г. к 2013 г., %	2013 г.	2022 г.	2022 г. к 2013 г., п.п.
Республика Дагестан	71,9	193,0	268,5	58,0	63,4	5,4
Республика Ингушетия	4,6	20,1	436,6	64,3	65,8	1,5
Кабардино-Балкарская Республика	31,8	84,4	265,6	52,2	51,8	–0,4
Карачаево-Черкесская Республика	19,9	40,7	204,8	52,2	53,8	1,6
Республика Северная Осетия – Алания	24,7	43,1	174,6	40,7	40,7	0,0
Чеченская Республика	14,7	50,9	347,0	55,3	51,2	–4,1
Ставропольский край	116,2	278,4	239,6	46,2	47,3	1,1
СКМР	283,7	710,7	250,5	51,6	52,8	1,2

Источник: рассчитано авторами на основе [6]

Если говорить о занятости в аграрной сфере (табл. 7), то значительная доля населения работает именно в ней (в 2022 г. от 8,7 % в Северной Осетии до 21,3 % в Чечне), что заметно выше среднего показателя по России. Заработная плата в сельском хозяйстве также выросла за десятилетний период в среднем почти в 3 раза, особенно в Ставропольском крае, который считается одной из «житниц» страны.

**Таблица 7.** Характеристика занятости в сельском хозяйстве в субъектах СКМР в 2013 и 2022 гг.**Table 7.** Characteristics of employment in agriculture in the regions of the NCMR in 2013 and 2022

Субъект	Доля занятых, %			Заработная плата, тыс. руб.		
	2013 г.	2022 г.	2022 г. к 2013 г., п.п.	2013 г.	2022 г.	2022 г. к 2013 г., %
Республика Дагестан	27,7	18,8	–9,0	7,0	21,6	311,2
Республика Ингушетия	15,7	18,6	2,9	7,9	27,7	351,1
Кабардино-Балкарская Республика	21,8	19,2	–2,5	7,4	26,4	356,8
Карачаево-Черкесская Республика	23,7	14,4	–9,3	11,9	30,8	259,1
Республика Северная Осетия – Алания	15,1	8,7	–6,4	6,4	27,7	430,4
Чеченская Республика	18,7	21,3	2,6	5,1	21,5	421,8
Ставропольский край	17,8	13,8	–4,0	15,9	42,7	269,3
СКМР	21,0	16,7	–4,3	13,2	38,3	291,1

Источник: рассчитано авторами на основе [6, 12]

Исследователи, изучающие экономику СКМР, говорят о резко выраженной многоукладности его сельской экономики. Сложившуюся ситуацию в большинстве национальных республик иногда называют «этноэкономикой», т.к. для нее характерны сопротивление организационным и институциональным новшествами, неформальные экономические

и социальные отношения, преобладание экстенсивной занятости и ремесел, высокий уровень ручного надомного труда, низкая социальная и пространственная мобильность населения, локализованность сообществ и домохозяйств [4, 13]. А вследствие этого территории с преобладанием «этноэкономики» являются наименее развитыми и выступают адресатами различного рода государственной поддержки. В то же время Ставропольский край формирует аграрную направленность экономики СКМР в целом, т.к. здесь производится 45% всей сельскохозяйственной продукции макрорегиона в стоимостном выражении.

### Выводы

Проведенное исследование позволило выявить следующие тенденции в развитии сельских территорий Северо-Кавказского макрорегиона:

- увеличение численности сельского населения за счет сохранения достаточно высокого уровня рождаемости и снижения уровня смертности при наличии миграционного оттока с данных сельских территорий;
- как следствие сохранение поселенческой сети и рост средней людности сельских поселений в субъектах СКМР;
- снижение уровня участия сельского населения в рабочей силе при незначительном сокращении уровня безработицы, что свидетельствует не только о трудоизбыточности экономики, но и о происходящих процессах старения населения;
- преобладание значения сельского хозяйства в жизнедеятельности населения субъектов СКМР при сохранении его «этноэкономической» направленности в республиках и прогрессивной инновационной направленности в крае.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новикова И. И. Региональный разрез развития человеческого капитала // ФЭС: Финансы. Экономика. Стратегия. 2019. Т. 16. № 6. С. 24–30.
2. Меренкова И. Н., Попов Д. И., Строгонова И. И. Методические рекомендации по оценке устойчивого развития сельских территорий. Воронеж: Научно-исследовательский институт экономики и организации агропромышленного комплекса Центрально-Черноземного района РФ РАСХН, 2009. 43 с.
3. Кацаев И. В., Кriuлина Е. Н., Кацаев А. И. Социально-экономические особенности устойчивого развития сельских территорий Северо-Кавказского федерального округа // Теория и практика общественного развития. 2022. № 9(175). С. 86–94. DOI: 10.24158/tipor.2022.9.11.
4. Кriuлина Е. Н., Кацаев И. В., Кацаев А. И. Региональная дифференциация условий и результатов сельскохозяйственной деятельности Северо-Кавказского федерального округа // Теория и практика общественного развития. 2021. № 9(163). С. 37–42. DOI: 10.24158/tipor.2021.9.5.
5. Колмогоров Ю. Н., Сергеев А. П., Тарасов Д. А., Аранова С. П. Методы и средства научных исследований: учебное пособие. Екатеринбург: Издательство Уральского университета, 2017. 152 с.
6. Единая межведомственная информационно-статистическая система [Электронный ресурс]: Официальные статистические показатели. URL: <https://www.fedstat.ru> (дата обращения: 24.07.2024).

7. Кавказ отказался заполнять демографическую яму России [Электронный ресурс] / Рамблер / новости. URL: <https://news.rambler.ru/community/41678651-kavkaz-otkazalsya-zapolnyat-demograficheskuyu-yamu-rossii/> (дата обращения: 25.07.2024).

8. Юмагузин В. В., Винник М. В. Смертность от внешних причин в России и в странах ОЭСР: оценка преждевременных потерь и условия их снижения // Вестник Башкирского университета. 2015. Т. 20. № 3. С. 896–902.

9. Меренкова И. Н., Добрунова А. И. Формирование системы мониторинга жизнеобеспечения населения сельских территорий // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. Т. 13. № 2(65). С. 162–168. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.2.162.

10. Мусаева Л. З., Шамилев С. Р., Шамилев Р. В. Особенности расселения сельского населения субъектов СКФО // Современные проблемы науки и образования. 2012. № 5.

11. Численность населения Российской Федерации по муниципальным образованиям [Электронный ресурс] / Информационно-аналитические материалы. URL: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (дата обращения: 25.07.2024).

12. Регионы России. Социально-экономические показатели [Электронный ресурс] / Статистические издания. URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (дата обращения: 26.07.2024).

13. Арзуманян М. С. Устойчивое развитие сельских территорий // Азимут научных исследований: экономика и управление. 2019. Т. 8. № 4(29). С. 57–60. DOI: 10.26140/anie-2019-0804-0010.

## REFERENCES

1. Novikova I.I. Regional section of human capital development. *FES: Finansy. Ekonomika. Strategiya* [FES: Finance. Economy. Strategy]. 2019. Vol. 16. No. 6. Pp. 24–30 (In Russian)

2. Merenkova I.N., Popov D.I., Stroganova I.I. *Metodicheskiye rekomendatsii po otsenke ustoychivogo razvitiya sel'skikh territoriy* [Guidelines for the evaluation of sustainable development of rural territories]. Voronezh: Nauchno-issledovatel'skiy institut ekonomiki i organizatsii agropromyshlennogo kompleksa Tsentral'no-Chernozemnogo rayona RF RASKHN, 2009. 43 p. (In Russian)

3. Kashchaev I.V., Kriulina E.N., Kashchaev A.I. Socio-economic features of sustainable development of rural areas of the North Caucasus Federal District. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and practice of social development]. 2022. No. 9(175). Pp. 86–94. DOI: 10.24158/tpor.2022.9.11. (In Russian)

4. Kriulina E.N., Kashchaev I.V., Kashchaev A.I. Regional differentiation of conditions and results of agricultural activity in the North Caucasus Federal District. *Teoriya i praktika obshchestvennogo razvitiya* [Theory and practice of social development]. 2021. No. 9(163). Pp. 37–42. DOI 10.24158/tpor.2021.9.5. (In Russian)

5. Kolmogorov Yu.N. Sergeev A.P., Tarasov D.A., Arapova S.P. *Metody i sredstva nauchnykh issledovaniy: ucheb. posobiye* [Methods and means of scientific research: studies handbook]. Ekaterinburg: Izd-vo Ural. un-ta, 2017. 152 p. (In Russian)

6. *Yedinaya mezhvedomstvennaya informatsionno-statisticheskaya sistema* [Unified Interdepartmental information and statistical system]. Ofitsial'nyye statisticheskiye pokazateli. <https://www.fedstat.ru> (accessed 24.07.2024). (In Russian)

7. *Kavkaz otkazalsya zapolnyat' demograficheskuyu yamu Rossii* [The Caucasus refused to fill the demographic hole of Russia]. Rambler / novosti, available at: <https://news.rambler.ru/>

community/41678651-kavkaz-otkazalsya-zapolnyat-demograficheskuyu-yamu-rossii/ (accessed 25.07.2024). (In Russian)

8. Yumaguzin V.V., Vinnik M.V. Mortality from external causes in Russia and in OECD countries: assessment of premature losses and conditions for their reduction. *Vestnik Bashkirskogo universiteta* [Bulletin of Bashkir University]. 2015. Vol. 20. No. 3. Pp. 896–902. (In Russian)

9. Merenkova I.N., Dobrunova A.I. Formation of a system of monitoring the life support of the population of rural territories. *Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Voronezh State Agrarian University]. 2020. Vol. 13. No. 2(65). Pp. 162–168. DOI: 10.17238/issn2071-2243.2020.2.162. (In Russian)

10. Musaeva L.Z., Shamilev S.R., Shamilev R.V. Features of the settlement of the rural population of the subjects of the North Caucasus Federal District. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern problems of science and education]. 2012. No. 5. (In Russian)

11. *Chislennost' naseleniya Rossiyskoy Federatsii po munitsipal'nym obrazovaniyam* [Population of the Russian Federation by municipalities]. Informacionno-analiticheskie materialy. Available at: <https://rosstat.gov.ru/compendium/document/13282> (accessed 25.07.2024). (In Russian)

12. *Regiony Rossii. Sotsial'no-ekonomicheskiye pokazateli* [Regions of Russia. Socio-economic indicators]. *Statisticheskiye izdaniya*. Available at: <https://rosstat.gov.ru/folder/210/document/13204> (accessed 26.07.2024). (In Russian)

13. Arzumanyan M.S. Sustainable development of rural territories. *Azimuth nauchnykh issledovaniy: ekonomika i upravleniye* [Azimuth of scientific research: economics and management]. 2019. Vol. 8. No. 4(29). Pp. 57–60. DOI: 10.26140/anie-2019-0804-0010. (In Russian)

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Закшевский Василий Георгиевич**, д-р экон. наук, профессор, академик РАН, руководитель НИИЭОАПК ЦЧР – филиала ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В.В. Докучаева»;

394042, Россия, г. Воронеж, ул. Серафимовича, 26А;

vgzak@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3636-0839>, SPIN-код: 3908-0082

**Закшевская Елена Васильевна**, д-р экон. наук, профессор, гл. науч. сотр. отдела экономики АПК и агропродовольственных рынков НИИЭОАПК ЦЧР – филиала ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В. В. Докучаева»;

394042, Россия, г. Воронеж, ул. Серафимовича, 26А;

elenazak@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1982-0570>, SPIN-код: 3347-1565

**Гаврилова Зоя Вадимовна**, канд. экон. наук, вед. науч. сотр. отдела управления АПК и сельскими территориями НИИЭОАПК ЦЧР – филиала ФГБНУ «Воронежский ФАНЦ им. В. В. Докучаева»;

394042, Россия, г. Воронеж, ул. Серафимовича, 26А;

zoya0203@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5701-7311>, SPIN-код: 8442-6142

### Information about the authors

**Vasily G. Zakshevsky**, Doctor of Economics Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences, Head of the Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of Central Chernozem Region – branch of Federal State Budgetary Scientific Institution “Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev”;

394042, Russia, Voronezh, 26A Serafimovicha street;

vgzak@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3636-0839>, SPIN-code: 3908-0082

**Elena V. Zakshevskaya**, Doctor of Economics Sciences, Professor, Chief Researcher, Department of Agricultural Policy and Agro-Food Markets of the Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of Central Chernozem Region – branch of Federal Government Budgetary Scientific Institution “Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev”;

394042, Russia, Voronezh, 26A Serafimovicha street;

elenazak@inbox.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1982-0570>, SPIN-code: 3347-1565

**Zoya V. Gavrilova**, Candidate of Economics Sciences, Leading Researcher, Department of Management of Agro-Industrial Complex and Rural Territories of the Research Institute of Economics and Organization of Agro-Industrial Complex of Central Chernozem Region – branch of Federal Government Budgetary Scientific Institution “Voronezh Federal Agricultural Scientific Centre named after V.V. Dokuchaev”;

394042, Russia, Voronezh, 26A Serafimovicha street;

zoya0203@yandex.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5701-7311>, SPIN-code: 8442-6142

УДК 33:328.185

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-206-213

EDN: QWOFFB

Обзорная статья

## Понятие антикоррупционной культуры и инструменты по ее формированию в организации

М. И. Елаев

Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы  
117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6

**Аннотация.** В данной статье рассматривается проблема формирования антикоррупционной культуры в организациях как одного из ключевых механизмов противодействия коррупции. Структура работы включает в себя три основных раздела. В первой части раскрываются теоретические основы антикоррупционной культуры и ее функции. Во второй части рассматриваются ключевые элементы антикоррупционной культуры. Третья часть статьи посвящена определению инструментов формирования антикоррупционной культуры в организациях.

**Ключевые слова:** антикоррупционная культура, коррупция, антикоррупционная политика, инструменты противодействия коррупции, антикоррупционные меры, этические нормы, правосознание, антикоррупционное образование, система поощрений и наказаний, внутренний контроль

Поступила 23.09.2024, одобрена после рецензирования 07.10.2024, принята к публикации 09.10.2024

**Для цитирования.** Елаев М. И. Понятие антикоррупционной культуры и инструменты по ее формированию в организации // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 206–213. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-206-213

Review article

## Concept of anti-corruption culture and tools for its formation in organisation

M.I. Elaev

Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba  
117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya street

**Abstract.** This article considers the problem of forming anti-corruption culture in organisations as one of the key mechanisms for combating corruption. The structure of the paper includes three main sections. The first part of the article discloses the theoretical basis of anti-corruption culture and its functions. The second part of the paper discusses the key elements of anti-corruption culture. The third part of the article is devoted to the identification of tools for the formation of anti-corruption culture in organisations.

**Keywords:** anti-corruption culture, corruption, anti-corruption policy, anti-corruption instruments, anti-corruption measures, ethical norms, legal awareness, anti-corruption education, system of rewards and punishments, internal control

Submitted 23.09.2024, approved after reviewing 07.10.2024, accepted for publication 09.10.2024



**For citation.** Elaeв M.I. Concept of anti-corruption culture and tools for its formation in organisation. News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 206–213. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-206-213

## ВВЕДЕНИЕ

В современном мире коррупция остается одной из ключевых угроз для устойчивого развития государства, экономики и общества в целом. Она подрывает доверие к государственным и частным институтам, негативно влияет на качество управления, создает предпосылки для социальной нестабильности и экономического неравенства. В условиях глобализации и усиления межгосударственных экономических связей вопрос противодействия коррупции приобретает еще большую актуальность. Одним из наиболее эффективных механизмов борьбы с коррупцией является формирование антикоррупционной культуры, которая представляет собой совокупность ценностей, норм и стандартов поведения, направленных на профилактику коррупции как на индивидуальном, так и на институциональном уровнях.

Актуальность данного исследования заключается в необходимости разработки и внедрения эффективных механизмов и инструментов, которые будут способствовать формированию антикоррупционной культуры в организациях. В современных условиях устойчивое противодействие коррупции невозможно без вовлеченности всех социальных слоев, особенно на уровне организаций, где коррупционные риски наиболее выражены. В связи с этим особое значение приобретает понимание сущности антикоррупционной культуры, ее функций и инструментов формирования.

Целью исследования является комплексное изучение понятия антикоррупционной культуры, выявление ее основных элементов и определение инструментов формирования антикоррупционной культуры в организациях.

Задачи исследования:

1. Изучить понятие и функции антикоррупционной культуры.
2. Выявить основные элементы антикоррупционной культуры.
3. Определить существующие инструменты формирования антикоррупционной культуры в организациях.

Структура работы включает в себя три основных раздела. В первой части статьи раскрываются теоретические основы антикоррупционной культуры и ее функции. Во второй части рассматриваются ключевые элементы антикоррупционной культуры. Третья часть посвящена определению инструментов формирования антикоррупционной культуры в организациях.

## 1. ПОНЯТИЕ И ФУНКЦИИ АНТИКОРРУПЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

### 1.1. ПОНЯТИЕ АНТИКОРРУПЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

Говоря об антикоррупционной культуре, для начала важно отметить, что она охватывает широкий спектр понятий и явлений, связанных с противодействием коррупции. В первую очередь это система ценностей и норм, которые формируют у граждан и организаций устойчивое неприятие коррупции. Важным элементом антикоррупционной культуры является правовая культура, которая включает знание и соблюдение антикоррупционных законов и норм [1].

Если рассматривать данный вопрос более системно, то стоит сказать, что коррупция как явление прежде всего социальное, представляет собой злоупотребление властью для получения личной выгоды, что неминуемо подрывает доверие к государственным институтам, снижает эффективность управления и препятствует социально-экономическому

развитию общества. В этом контексте антикоррупционная культура играет ключевую роль в профилактике и борьбе с коррупцией, способствуя формированию правосознания и гражданской ответственности у людей.

## 1.2. ФУНКЦИИ АНТИКОРРУПЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

Далее стоит рассмотреть основные функции, которые выполняет антикоррупционная культура в организациях:

### 1. Познавательная функция.

Суть данной функции заключается в осмыслении и понимании сотрудниками коррупционных явлений и их последствий, а также она заключается в формировании у работников знаний о природе коррупции, ее формах и методах противодействия. Познавательная функция способствует повышению правовой грамотности и осведомленности, что является основой для эффективного противодействия коррупции [1]. Крайне важно, чтобы сотрудники понимали, как коррупция влияет на общество и какие меры могут быть приняты для ее предотвращения.

### 2. Регулирующая функция.

Суть данной функции заключается в установлении и поддержании норм и правил поведения, направленных на предотвращение коррупционных действий, что помогает обеспечивать соответствие поведения сотрудников правовым требованиям и этическим стандартам. Регулирующая функция также помогает формировать у сотрудников устойчивые модели поведения, основанные на принципах честности, прозрачности и подотчетности, и высокую значимость имеет то, чтобы эти нормы и правила были четко определены и соблюдались всеми сотрудниками организации [1].

### 3. Моделирующая функция.

Суть данной функции заключается в создании и распространении среди персонала моделей антикоррупционного поведения, которые направлены на формирование у работников представлений о том, каким должно быть поведение в условиях противодействия коррупции. Моделирующая функция способствует развитию у сотрудников навыков и компетенций, необходимых для эффективного противодействия коррупции [1]. И также важно, чтобы данные модели поведения были основаны на лучших практиках и примерах, которые могут служить ориентиром для всех работников.

### 4. Воспитательная функция.

Суть данной функции заключается в формировании у сотрудников устойчивых нравственных и этических ценностей, включающих воспитание чувства ответственности за свои действия и их последствия для общества, а также формировании у работников устойчивого неприятия коррупции. Воспитательная функция способствует развитию у сотрудников гражданской ответственности и правосознания. Важно, чтобы воспитание этих ценностей начиналось с раннего возраста и поддерживалось на протяжении всей жизни.

### 5. Превентивная функция.

Суть данной функции заключается в предотвращении коррупционных действий путем создания условий, исключающих возможность их совершения, что включает в себя разработку и внедрение мер по предотвращению коррупции, таких как системы внутреннего контроля и аудита, антикоррупционные политики и процедуры. Превентивная функция способствует снижению рисков коррупционных проявлений и укреплению правопорядка, и чтобы данные меры были эффективными, их необходимо регулярно обновлять в соответствии с изменяющимися условиями и требованиями [1].

#### 6. Информационная функция.

Суть данной функции заключается в распространении информации о мерах по противодействию коррупции и их результатах, которые направлены на повышение осведомленности сотрудников о важности борьбы с коррупцией и о мерах, предпринимаемых для ее предотвращения. Информационная функция способствует формированию у сотрудников устойчивого неприятия коррупции и повышению доверия к организации, поэтому необходимо, чтобы информация данного рода была доступной, понятной и регулярно обновлялась [1].

#### 7. Социальная функция.

Суть данной функции заключается в укреплении социальных связей и взаимодействиях, направленных на противодействие коррупции, что включает в себя развитие сотрудничества между различными социальными группами и институтами, такими как государственные органы, бизнес и гражданское общество. Социальная функция способствует формированию у сотрудников, граждан и представителей государственных органов чувства солидарности и взаимной поддержки в общей борьбе с коррупцией [1]. Важно, чтобы это сотрудничество было основано исключительно на взаимном доверии и уважении.

### 2. ОСНОВНЫЕ ЭЛЕМЕНТЫ АНТИКОРРУПЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ

Антикоррупционная культура включает в себя ключевые составляющие, которые создают прочную основу для борьбы с коррупционными проявлениями в организации. Эти компоненты охватывают разнообразные аспекты деятельности и поведения, ориентированные на формирование атмосферы, нетерпимой к коррупции, а также обеспечение прозрачности и подотчетности. Рассмотрим основные элементы, которые формируют антикоррупционную культуру в организациях:

#### 1. Правовое сознание.

Под правовым сознанием понимается знание норм законодательства, регулирующего антикоррупционные меры, и осознание важности их строгого соблюдения. Высокий уровень правового сознания способствует развитию у сотрудников уважения к закону и неприятию коррупционных практик [1].

#### 2. Морально-этические принципы.

Основой антикоррупционной культуры являются этические и моральные нормы, которые трактуют коррупцию как неприемлемое общественное явление. Эти нормы формируются посредством воспитательных процессов, образования и влияния общественных институтов [2].

#### 3. Просвещение и образование.

Образовательные программы по антикоррупционным вопросам играют важную роль в формировании соответствующих знаний у работников. Эти программы обучают сотрудников основам правомерного поведения и развивают навыки распознавания коррупционных рисков и способов противодействия им [1].

#### 4. Гражданская активность.

Активное участие сотрудников в различных инициативах, направленных на борьбу с коррупцией, а также их участие в такого рода общественных движениях способствует укреплению антикоррупционной культуры в организации. Гражданская позиция сотрудников является важным фактором в борьбе с коррупцией.

### 5. Институциональные механизмы.

Важной частью антикоррупционной культуры являются организационные структуры и механизмы, созданные для предотвращения и выявления коррупционных правонарушений. Это могут быть как внутренние антикоррупционные комиссии и комплаенс-службы, так и внешние структуры, такие как подразделения в правоохранительных органах и независимые общественные организации, занимающиеся антикоррупционной деятельностью [3].

## 3. ИНСТРУМЕНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ АНТИКОРРУПЦИОННОЙ КУЛЬТУРЫ В ОРГАНИЗАЦИИ

Формирование антикоррупционной культуры в организации требует использования разнообразных инструментов, направленных на создание атмосферы нетерпимости к коррупции и обеспечение прозрачности и подотчетности всех процессов. Рассмотрим основные инструменты, которые могут быть использованы для достижения данной цели:

### 1. Разработка и внедрение антикоррупционной политики.

Одним из ключевых инструментов является разработка и внедрение антикоррупционной политики, которая должна включать четкие правила и процедуры, направленные на предотвращение коррупционных действий. Антикоррупционная политика должна быть доступна всем сотрудникам и регулярно обновляться в соответствии с изменениями законодательства и внутренними потребностями организации [4].

### 2. Обучение и повышение осведомленности сотрудников.

Регулярное обучение и повышение осведомленности сотрудников по вопросам антикоррупционной политики и практик является важным инструментом формирования антикоррупционной культуры. Обучающие программы должны охватывать различные аспекты антикоррупционной деятельности, включая идентификацию коррупционных рисков, методы их предотвращения и способы реагирования на коррупционные проявления [4]. Важно, чтобы обучение проводилось на регулярной основе и охватывало всех сотрудников организации, независимо от их должности и уровня ответственности.

### 3. Внедрение системы внутреннего контроля и аудита.

Эффективные механизмы внутреннего контроля и аудита являются важным инструментом формирования антикоррупционной культуры. Они включают процедуры проверки и мониторинга деятельности сотрудников и подразделений организации с целью выявления и предотвращения коррупционных действий. Внутренний аудит должен быть независимым и объективным, обеспечивая прозрачность и подотчетность всех процессов в организации.

### 4. Создание системы поощрений и наказаний.

Система поощрений и наказаний играет важную роль в формировании антикоррупционной культуры. Организации должны разрабатывать и внедрять механизмы, которые будут поощрять сотрудников за этическое поведение и строго наказывать за коррупционные действия, что может включать в себя как материальные, так и нематериальные поощрения, а также дисциплинарные меры в случае нарушения антикоррупционных норм [5]. Важно, чтобы система поощрений и наказаний была прозрачной и справедливой, а сотрудники знали о возможных последствиях своих действий.

### 5. Вовлеченность руководства.

Активная вовлеченность руководства в антикоррупционную деятельность является ключевым элементом антикоррупционной культуры. Руководители должны демон-

стрировать личный пример этичного поведения и активно поддерживать антикоррупционные инициативы, ведь вовлеченность руководства способствует формированию у сотрудников понимания важности антикоррупционной политики и их личной ответственности за соблюдение этических стандартов [6]. Важно, чтобы руководство не только декларировало свою приверженность антикоррупционным принципам, но и реально воплощало их в жизнь.

#### 6. Прозрачность и подотчетность.

Прозрачность и подотчетность всех процессов в организации являются основополагающими элементами антикоррупционной культуры. Организации должны обеспечивать доступность информации о своей деятельности для всех заинтересованных сторон, включая сотрудников, клиентов и общественность, ведь это будет способствовать повышению уровня доверия к организации и снижению рисков коррупционных проявлений. Важно, чтобы информация о деятельности организации была доступна и понятна для всех заинтересованных сторон, а процессы принятия решений были прозрачными и подотчетными.

#### 7. Взаимодействие с внешними партнерами.

Взаимодействие с внешними партнерами, включая поставщиков, клиентов и государственные органы, также является важным элементом антикоррупционной культуры. Организации должны устанавливать и поддерживать высокие стандарты этического поведения в своих взаимоотношениях с внешними партнерами, обеспечивая прозрачность и подотчетность всех сделок и операций. Важно, чтобы организация активно взаимодействовала с внешними партнерами, обменивалась опытом и лучшими практиками в области противодействия коррупции.

#### 8. Антикоррупционное просвещение и информирование.

Антикоррупционное просвещение и информирование сотрудников и общественности о мерах по противодействию коррупции является важным инструментом формирования антикоррупционной культуры. Сюда может входить проведение семинаров, тренингов, публикация информационных материалов и использование других форм коммуникации для повышения осведомленности о важности борьбы с коррупцией.

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Антикоррупционная культура играет ключевую роль в обеспечении устойчивого и эффективного функционирования организаций, в том числе на международном уровне. Коррупция как сложное социальное явление угрожает не только экономической стабильности, но и общественной нравственности, подрывая доверие к институтам власти и бизнеса. Формирование устойчивой антикоррупционной среды внутри организаций – важнейшая задача, требующая системного подхода и применения разнообразных инструментов.

Проведенное исследование показало, что антикоррупционная культура – это не просто набор правил и процедур, но целостная система, основанная на правовых, этических и поведенческих нормах, которые способствуют созданию атмосферы неприятия коррупции. Она включает в себя широкий спектр функций, каждая из которых вносит свой вклад в повышение прозрачности и подотчетности организаций, а также в воспитание ответственного отношения сотрудников к соблюдению антикоррупционных стандартов. Особую роль в этом процессе играют познавательная, воспитательная и превентивная функции, направленные на повышение правовой грамотности и формирование устойчивого правосознания.

Кроме того, исследование продемонстрировало, что инструменты формирования антикоррупционной культуры, такие как внедрение антикоррупционных политик, система внутреннего контроля и аудита, обучение сотрудников и активное участие руководства, являются основными механизмами, обеспечивающими устойчивость антикоррупционных процессов в организации. Эти инструменты позволяют минимизировать риски коррупционных проявлений, обеспечивая прозрачность операций и взаимное доверие между различными уровнями управления.

Таким образом, формирование антикоррупционной культуры – это долгосрочный и непрерывный процесс, который требует активного вовлечения всех уровней организации – от рядовых сотрудников до высшего руководства. Только системный подход, основанный на сочетании нормативно-правовых, образовательных и организационных механизмов, может обеспечить устойчивую и эффективную борьбу с коррупцией. Внедрение антикоррупционных мер и развитие культуры нетерпимости к коррупции позволит не только снизить коррупционные риски, но и повысить доверие к организации со стороны общества, клиентов и партнеров.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Ибрагимова Е. М., Хамдеев А. Р. Сущность понятия антикоррупционная культура и ее функции // Современные проблемы науки и образования. 2013. № 3. С. 219. EDN: RPOLUR
2. Панина Ю. Ю., Маевский А. Ю., Генрихс М. В. Понятие антикоррупционной культуры личности и ее значение в процессе проведения экспертизы нормативных правовых актов // Сборник научных трудов Международной научно-практической конференции «Проблемы современной юридической науки: актуальные вопросы». Красноярск: Инновационный центр развития образования и науки, 2014. С. 7–11.
3. Алексеева Ю. С. Формирование антикоррупционной культуры у студентов // Современные проблемы науки и образования. 2015. № 1–1. С. 933. EDN: VIEQKZ
4. Туганова Э. А., Ибрагимова Г. М., Исмагилова Э. Р. Формирование антикоррупционной культуры как важный аспект работы по противодействию коррупции (на примере индустрии туризма Республики Татарстан) // Вестник КазГУКИ. 2019. № 1. С. 168–175. EDN: AUUJZI
5. Кулик А. С., Мохоров Д. А. Антикоррупционная культура как средство преодоления социального конфликта // Современные наукоемкие технологии. 2019. № 11–1. С. 184–188. EDN: IGQHHW
6. Кабанов П. А. Антикоррупционное просвещение как средство противодействия коррупции: понятие и содержание // Russian Journal of Economics and Law. 2014. № 4. С. 42–51. EDN: TAGMUH

### REFERENCES

1. Ibragimova E.M., Khamdeev A.R. The essence of the concept of anticorruption culture and its functions. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2013. No. 3. P. 219. EDN: RPOLUR. (In Russian)
2. Panina Yu.Yu., Maevsky A.Yu., Henrikhs M.V. Understanding of anticorruption culture of personality and its significance in the process of expertisation of normative legal acts. *Problemy sovremennoy yuridicheskoy nauki: aktual'nyye voprosy / Sbornik nauchnykh trudov po itogam*

*mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Problems of modern legal science: topical issues / Collection of scientific papers on the results of the international scientific-practical conference]. Krasnoyarsk: innovatsionnyy tsentr razvitiya obrazovaniya i nauki, 2014. Pp. 7–11. (In Russian)

3. Alekseeva Yu.S. Formation of anticorruption culture in students. *Sovremennyye problemy nauki i obrazovaniya* [Modern Problems of Science and Education]. 2015. No. 1–1. P. 933. EDN: VIEQKZ. (In Russian)

4. Tuganova E.A., Ibragimova G.M., Ismagilova E.R. Formation of anti-corruption culture as an important aspect of anti-corruption work (on the example of the tourism industry of the Republic of Tatarstan). *Vestnik KazGUKI* [Bulletin of KazGUKI]. 2019. No. 1. Pp. 168–175. EDN: AUUJZI. (In Russian)

5. Kulik A.S.; Mokhorov D.A. Anticorruption culture as a way of providing social conflict. *Sovremennyye naukoymkiye tekhnologii* [Modern Science-Intensive Technologies]. 2019. No. 11–1. Pp. 184–188. URL: <https://top-technologies.ru/ru/article/view?id=37788> (date of reference: 09.09.2024). (In Russian)

6. Kabanov P.A. Anticorruption education as a means of combating corruption: concept and content. *Russian Journal of Economics and Law*. 2014. No. 4(32). Pp. 42–51. EDN: TAGMUH. (In Russian)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

#### Информация об авторе

**Елаев Мансур Ибрахимович**, магистрант 2-го курса направления «Управление персоналом» экономического факультета, Российский университет дружбы народов им. Патриса Лумумбы; 117198, Россия, Москва, ул. Миклухо-Маклая, 6; mansur.elaev@yandex.ru, SPIN-код: 5862-5828

#### Information about the author

**Mansur I. Elaev**, 2nd year Master's student of Human Resources Management, Faculty of Economics, Peoples' Friendship University of Russia named after Patrice Lumumba; 117198, Russia, Moscow, 6 Miklukho-Maklaya street; mansur.elaev@yandex.ru, SPIN-code: 5862-5828

УДК 338.45.01

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-214-229

EDN: RFKIFO

Аналитическая статья

## **Анализ функций и характеристика основных показателей эффективности финансового менеджмента на промышленных предприятиях**

**М. М. Кештов<sup>✉</sup>, Д. Л. Иллизаров, И. А. Каголкин,  
М. Н. Кудратуллаев, К. А. Попов**

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Аннотация.** В работе проведен анализ ключевых функций, которые определяют успешность управленческой деятельности на промышленных предприятиях, а также рассмотрены основные показатели, используемые для измерения эффективности этого управления. В статье также обсуждаются методы и инструменты, которые могут быть использованы для оценки и улучшения управленческой деятельности на промышленных предприятиях. Проводится анализ машиностроительных предприятий КБР, в них выявлена сложная финансовая ситуация. При росте абсолютной стоимости активов и увеличении доли оборотных средств в имуществе отмечается, что это обусловлено, в частности, накоплением готовой продукции на складах в связи с падением спроса на внутреннем рынке. Одновременно с этим отмечаются хронические финансовые проблемы и высокий уровень дебиторской задолженности, указывающие на неэффективное управление кредитным риском и возможное невыполнение обязательств. В исследовании рассматривается проблема кризисного истощения средств и собственного капитала на промышленном предприятии. Исследуется отсутствие реакции руководства на данную ситуацию, а также отсутствие разработки стратегий развития и финансовых планов. Поднимается вопрос о возможном банкротстве предприятия в случае продолжения текущего подхода. В качестве метода оценки вероятности банкротства предлагается использовать модель Альтмана. Полученные результаты могут быть полезны как для исследователей в области управления, так и для практиков, занимающихся управлением промышленными предприятиями, с целью оптимизации производственных процессов и повышения конкурентоспособности.

**Ключевые слова:** управление промышленными предприятиями, эффективность управления, анализ функций управления, оценка эффективности, показатели эффективности, методы оценки, финансовая аналитика, баланс, финансовая устойчивость, дебиторская задолженность, кризисное управление, модель Альтмана, банкротство, промышленная экономика, стратегическое планирование

Поступила 05.09.2024, одобрена после рецензирования 17.09.2024, принята к публикации 30.09.2024

**Для цитирования.** Кештов М. М., Иллизаров Д. Л., Каголкин И. А., Кудратуллаев М. Н., Попов К. А. Анализ функций и характеристика основных показателей эффективности финансового менеджмента на промышленных предприятиях // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 214–229. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-214-229



## Analysis of functions and characteristics of the main performance indicators of financial management in industrial enterprises

M.M. Keshtov<sup>✉</sup>, D.L. Illizarov, I.A. Kagolkin,  
M.N. Kudratullaev, K.A. Popov

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

**Abstract.** The work analyzes the key functions that determine the success of management activities at industrial enterprises, and also examines the main indicators used to measure the effectiveness of this management. The article also discusses methods and tools that can be used to assess and improve management performance in industrial enterprises. The article analyzes the machine-building enterprises of the KBR, revealing the difficult financial situation of the enterprises. With an increase in the absolute value of assets and an increase in the share of working capital in his property, it is noted that this is due, in particular, to the accumulation of finished products in warehouses due to a drop in demand in the domestic market. At the same time, chronic financial problems and high levels of accounts receivable are noted, indicating ineffective credit risk management and possible default on obligations. The study examines the problem of crisis depletion of funds and equity capital at an industrial enterprise. The lack of management response to this situation is examined, as well as the lack of development of development strategies and financial plans. The question is raised about the possible bankruptcy of the enterprise if the current approach is continued. It is proposed to use the Altman model as a method for assessing the probability of bankruptcy. The results obtained can be useful for both management researchers and practitioners involved in the management of industrial enterprises, with the aim of optimizing production processes and increasing competitiveness.

**Keywords:** management of industrial enterprises, management efficiency, analysis of management functions, performance assessment, performance indicators, evaluation methods, financial analytics, balance sheet, financial stability, accounts receivable, crisis management, Altman model, bankruptcy, industrial economics, strategic planning

*Submitted 05.09.2024,*

*approved after reviewing 17.09.2024,*

*accepted for publication 30.09.2024*

**For citation.** Keshtov M.M., Illizarov D.L., Kagolkin I.A., Kudratullaev M.N., Popov K.A. Analysis of functions and characteristics of the main performance indicators of financial management in industrial enterprises. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS.* 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 214–229. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-214-229

### ВВЕДЕНИЕ

Анализ текущей экономической ситуации позволяет выявить ряд факторов и резервов, которые могут поддержать экономический рост в стране. Некоторые аналитики утверждают, что для достижения этой цели прежде всего необходимо освободить внешнеэкономические связи, чтобы отечественный капитал мог найти легальные возможности для инвестирования за рубежом. Это позволит капиталу вернуться в будущем, а также снизит темпы инфляции. Кроме того, отдавать внешний долг целесообразнее сразу или даже раньше установленного графика платежей. Однако следует отметить, что при недостатке инвестиций в обновление и модернизацию основных производственных фондов в российской промышленности вывоз капитала может иметь негативные последствия.

Сегодняшняя ситуация в российской промышленности характеризуется структурным кризисом, вызванным увеличением износа производственных активов. Средний возраст оборудования на предприятиях составляет 16 лет, в то время как мировые стандарты предполагают

срок службы 8–10 лет. Только около 30 процентов российского промышленного оборудования соответствуют этим стандартам, а степень износа приближается к 70 %. Это приводит к наличию в экономике устаревших и неэффективных предприятий, производящих низкокачественную продукцию, которая неконкурентоспособна на мировом рынке.

Уровень сбережений в России составляет более 30 % валового внутреннего продукта (ВВП), однако уровень инвестиций остается низким – 17–18 %. В такой ситуации экономика не может эффективно использовать оставшиеся ресурсы, которые в основном уходят на экспорт. Для активации этого потенциала следует пересмотреть условия, при которых сбережения превращаются в инвестиции. Известно, что существуют различные типы инвестиций. Государственные инвестиции, увеличивая налоги, могут быть неэффективны с экономической и политической точек зрения. Частные инвестиции крупных компаний, получающих выгоду от экспорта капитала, также важны, но наиболее реалистичными и эффективными для рыночной экономики являются частные инвестиции, привлекаемые и распределяемые через банковскую систему и рынки ценных бумаг. Однако на данный момент не созданы необходимые условия для осуществления этого механизма.

Улучшение состояния отечественного машиностроения в ближайшем десятилетии станет одним из ключевых факторов экономического роста в России. Несмотря на некоторые негативные тенденции, отечественное машиностроение все еще обладает потенциалом для производства конкурентоспособного оборудования. Российское машиностроение является одной из ключевых отраслей экономики страны, определяющей ее промышленный потенциал. Однако за последние несколько лет отрасль столкнулась с рядом вызовов, включая внутреннее и внешние факторы, которые оказали негативное влияние на объемы производства. В данной статье проводится анализ производственных данных за 2022–2023 годы и формулируются прогнозы на будущее.

Данные аналитического бюллетеня «Машиностроение: тенденции и прогнозы. Итоги 2022 года» демонстрируют негативную динамику в отрасли, особенно отмечая резкий спад в производстве автотранспортных средств, прицепов и полуприцепов<sup>1</sup>.

Спад в автомобилестроении стал ожидаемым в связи с решением зарубежных собственников заводов временно или навсегда покинуть российский рынок. Это привело к остановке производства на нескольких заводах, а общий объем производства легковых автомобилей в стране сократился на 44,7 %. Однако во втором полугодии наблюдалось некоторое оживление деятельности предприятий, выпускающих российские марки автомобилей, что тем не менее не позволило достичь уровня производства, характерного для предшествующего периода<sup>2</sup>.

В 2023 году отрасль продолжала испытывать вызовы, но данные Росстата показывают некоторое восстановление. Согласно отчетам, совокупный оборот предприятий всех секторов машиностроения увеличился на 27,1 % к 2022 году. Особенно высокие темпы роста продемонстрировал сектор электроники. Предварительные данные за январь 2024 года также указывают на продолжение позитивной динамики в машиностроении [11].

Несмотря на вызовы, с которыми столкнулось российское машиностроение в последние годы, прогнозы на будущее представляются более оптимистичными. Анализ текущих данных позволяет предположить, что отрасль будет постепенно восстанавливаться. Прогнозируется, что в 2023 году в машиностроении возобновится рост производства, что подтверждается как данными Росстата, так и экспертными оценками, представленными в аналитических отчетах.

<sup>1</sup>Машиностроение: тенденции и прогнозы. Итоги 2022 года, Рейтинговое агентство «РИА Рейтинг».

<sup>2</sup>Прогноз на 2023 год: в машиностроении возобновится рост производства [Электронный ресурс] <https://riarating.ru/macroeconomics/20230322/630238775.html>

Однако необходимо учитывать возможные риски, такие как изменения в экономической политике, геополитические факторы и динамика мировых рынков. Одним из ключевых моментов для успешного развития отрасли останется поддержка со стороны государства, в том числе через реализацию эффективных инвестиционных программ и стимулирование инновационной деятельности.

Цели исследования:

- выявление сущности и анализ процесса формирования резервов, направленных на повышение экономической устойчивости в хозяйственной деятельности;
- определение места и роли резервов в повышении эффективности управления промышленными предприятиями;
- классификация резервов, направленных на повышение экономической устойчивости промышленного предприятия;
- анализ функций и характеристика основных показателей эффективности управления промышленными предприятиями.

#### МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для достижения поставленной цели в статье использовались следующие методы исследования: метод контент-анализа, комплексный метод, включающий в себя сочетание аналитического, статистического, экономико-математического методов.

Исследования проводились на примере предприятий Кабардино-Балкарской Республики: ОАО «Станкостроительный завод», ОАО ЗЖБИ «Юг-Элеваторстрой», ОАО ОЛ РМЗ «Прохладненский».

#### РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Российское машиностроение продолжает проходить через период вызовов, однако имеет потенциал для восстановления и роста. Последние данные и прогнозы свидетельствуют о постепенном улучшении ситуации в отрасли. С учетом поддержки со стороны государства и инвестиций в инновации российское машиностроение может вернуться на путь устойчивого развития в ближайшие годы<sup>3</sup>.

В республике действует 648 предприятий промышленности различных отраслей: машиностроения, металлообработки, цветной металлургии, медицинской, легкой и деревообрабатывающей промышленности. Эти предприятия выпускают разнообразную продукцию, включая вольфрамомолибденовые изделия, специальный инструмент из природных и синтетических алмазов, оборудование для нефтяной промышленности, дорожные контроллеры, светофоры с LED-излучателями, кабельную продукцию, высоковольтные выключатели, медную катанку, деревообрабатывающие станки, приборы радиоэлектроники, глушители шума для автомобилей и продукцию оборонного назначения [9]. Промышленная политика республики сосредоточена на долгосрочных стратегических мерах, направленных на создание условий для устойчивого и ускоренного роста промышленности [9].

Положительная динамика наблюдается в таких секторах, как машиностроение, металлургия, легкая промышленность, производство бумажной продукции и других. Использование инновационных технологий и тщательная модернизация всех отраслей экономики рассматриваются как ключевые инструменты системных изменений в экономической и социальной жизни регионов Северного Кавказа [9].

---

<sup>3</sup>Прогноз на 2023 год: в машиностроении возобновится рост производства [Электронный ресурс] <https://riarating.ru/macroeconomics/20230322/630238775.html>

Одним из ключевых факторов для роста промышленности в республике может стать освоение новых рынков сбыта в странах СНГ и дальнего зарубежья. Кроме того, предприятиям следует использовать преимущества рыночных отношений, например, через лизинг, создание совместных предприятий и расширение сбыта за пределы республики.

Проанализируем экономические возможности машиностроительных предприятий КБР: ОАО «Станкостроительный завод», ОАО ЗЖБИ «Юг-Элеваторстрой», ОАО ОЛ РМЗ «Прохладненский».

ОАО «Станкостроительный завод» занимается производством оборудования для строительного комплекса и деревообрабатывающих станков, осуществляя полный производственный цикл. Это предприятие имеет потенциал для улучшения экономических и технических характеристик выпускаемой продукции.

Завод железобетонных конструкций «Юг-Элеваторстрой» является крупнейшим поставщиком элеваторных конструкций, строительных балок и фундаментных блоков для АПК и других отраслей. Он оборудован современным техническим комплексом и научно-техническим центром, что обеспечивает его универсальность и возможность оперативного решения производственных вопросов.

Открытое акционерное общество «Прохладненский» является одним из ведущих производителей прицепов, полуприцепов и прицепов-шасси в России, предназначенных для сельскохозяйственной и другой техники. Крупные предприятия, такие как ОАО «КАМаз», ООО «ПК «Агромастер», ОАО «Реммаш», ОАО «Ростсельмаш», ООО «Агро» и ООО «Рос-агромаш», приобретают продукцию этого завода. Применение современных технологий изготовления, автоматизированных поточных линий и использование высококачественных материалов делают продукцию «Прохладненского» конкурентоспособной и востребованной на рынке.

Специалисты в области финансового менеджмента утверждают, что эффективное управление финансами предприятия должно фокусироваться на управлении оборотными активами, при этом основное внимание должно быть сосредоточено на управлении материально-производственными запасами, дебиторской задолженностью и запасами готовой продукции. Уменьшение финансового цикла и оптимизация запасов могут значительно повысить эффективность управления оборотными активами и, следовательно, финансовую устойчивость предприятия.

Анализ баланса ОАО «Прохладненский» показывает, что хотя абсолютное значение стоимости активов и доля оборотных средств в его имуществе растут, это связано в том числе с увеличением объема готовой продукции на складах из-за снижения спроса на внутреннем рынке. При этом предприятие сталкивается с хроническими финансовыми перебоями и высоким уровнем дебиторской задолженности, что указывает на недостаточно осторожную реализацию продукции без предварительной оплаты и может привести к непогашенным долгам.

Заемные средства в среднем составляют третью часть всех источников, хотя предприятие не берет кредиты у банков. Значит, имеющаяся кредиторская задолженность складывается из задолженности перед подрядчиками и поставщиками, перед бюджетом и внебюджетными фондами, а также перед самим персоналом организации, при этом ее доля постоянно растет. Тенденция неплатежеспособности ведет к невыполнению обязательств перед государством, накаляет социальную напряженность в коллективе и действует разрушительно для экономики самого предприятия и для экономики России в целом.

В таблице 1 представлены показатели, с помощью которых проводится анализ ликвидности и платежеспособности предприятий.

**Таблица 1.** Показатели ликвидности и платежеспособности предприятий<sup>4</sup>**Table 1.** Liquidity and solvency indicators of enterprises

Показатель	Рекомендуемое значение	ОАО ОЛ РМЗ «Прохладненский»				ЗЖБИ «Юг-Элеватор-строй»	ОАО «Станко-строительный завод»
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2023 г.	2023 г.
Коэффициент абсолютной ликвидности	0.2...0.5	0,02	0,02	0,02	0,00	0,16	0,18
Уточненный коэффициент ликвидности	0.6...0.9	0,37	0,31	0,22	0,27	0,55	1,11
Общий коэффициент ликвидности	2...3	1,45	1,46	1,52	0,92	3,10	4,82
Коэффициент соотношения деб. и кред. задолженности по коммерческому кредиту	>1	0,36	0,29	0,20	0,27	0,50	1,07

Современная экономическая среда вносит разнообразные вызовы в деятельность предприятий, включая их финансовые аспекты. Одной из ключевых проблем, с которыми сталкиваются многие компании, является невозможность своевременного погашения обязательств за счет наиболее ликвидных активов. Анализируя такие ситуации, можно выделить ОАО «Прохладненский» как пример предприятия, столкнувшегося с подобной проблемой.

Согласно имеющейся информации, ОАО «Прохладненский» испытывает трудности с погашением кредиторской задолженности в установленные сроки. Скорее всего, предприятие осуществляет погашение задолженности по мере поступления денежных средств, не соблюдая жестких временных рамок. Такой подход указывает на сложное финансовое положение компании, которое обусловлено хронической денежной нехваткой.

Одной из причин, объясняющих данную ситуацию, может быть недостаточная рентабельность основной деятельности ОАО «Прохладненский». Низкие показатели прибыли могут привести к тому, что предприятие вынуждено прибегать к использованию своих ликвидных активов для обеспечения текущих финансовых обязательств. В таких условиях кредиторская задолженность становится тяжелым бременем, и ее погашение зависит от внешних факторов, таких как поступление доходов.

Кроме того, возможно, что ОАО «Прохладненский» столкнулось с операционными проблемами, влияющими на эффективность управления денежными потоками. Недостаточная система учета и контроля над расходами может приводить к неэффективному использованию ресурсов и как следствие к недостатку средств для своевременного погашения обязательств.

Для решения подобных проблем предприятию может потребоваться разработка и внедрение стратегии финансового управления, направленной на оптимизацию денежных потоков и повышение рентабельности деятельности. Это может включать в себя меры по улучшению операционных процессов, сокращению издержек, а также привлечению дополнительных источников финансирования.

В целом ситуация, с которой столкнулось ОАО «Прохладненский», является характерным примером проблемы финансовой устойчивости и управления денежными потоками, с которой многие предприятия могут сталкиваться в условиях современной рыночной

<sup>4</sup>Кабардино-Балкария в цифрах. 2023: статистический сборник / ОП Северо-Кавказстата по КБР. Нальчик, 2023. 97 с.

экономики. Решение таких проблем требует комплексного анализа и принятия соответствующих мер, направленных на обеспечение финансовой устойчивости и улучшение результативности деятельности.

При полном поступлении долгов от дебиторов оборотных средств на уровне 2023 года хватит лишь на погашение 27 процентов от краткосрочной кредиторской задолженности. С 2022 года значение коэффициента ликвидности стабильно снижается.

По данным на начало 2024 года, коэффициент общей ликвидности был равен 0,92, т. е. при реализации оборотных средств полученной суммы недостаточно для возмещения кредиторской задолженности.

Анализ ликвидности и платежеспособности ОАО «Прохладненский» выявил ряд серьезных проблем, которые требуют немедленного внимания и принятия соответствующих мер для предотвращения финансового кризиса.

В первую очередь, предприятие неспособно расплачиваться по своим обязательствам в установленные сроки. Это свидетельствует о серьезных затруднениях, с которыми сталкивается компания в управлении своими денежными потоками и ресурсами.

Кроме того, в случае полного погашения кредиторской задолженности предприятие столкнется с угрозой закрытия. Необходимость реализации всех оборотных фондов и части внеоборотных активов приведет к значительным потерям из-за неликвидности активов и износа основных производственных фондов.

Стабильное снижение ликвидности и платежеспособности предприятия за последние 4 года представляет серьезную проблему, отставание от допустимых значений данных показателей указывает на системные недостатки в управлении финансами и операционной деятельностью.

Для спасения предприятия и улучшения его финансового положения необходимо разработать жесткую антикризисную программу. Эта программа должна включать в себя меры по снижению издержек, оптимизации денежных потоков, пересмотру структуры капитала и возможностям рефинансирования задолженности.

Анализ финансового состояния ОАО «Прохладненский» явственно указывает на необходимость принятия комплексных и эффективных мер для предотвращения финансового кризиса и обеспечения устойчивого развития предприятия в будущем.

Стабильные показатели оборачиваемости товарно-материальных ценностей, а также общих и текущих активов на предприятии свидетельствуют о положительной тенденции, которая может способствовать началу оздоровления его экономики.

Таким образом, анализ результатов оценки имущества ОАО «Прохладненский» позволяет сделать следующие выводы.

На 1 января 2024 года доля труднореализуемых активов, таких как дебиторская задолженность, готовая продукция, невостребованные запасы и прочее, в структуре оборотных средств предприятия составляет 62 %, что свидетельствует о его низкой платежеспособности на данный момент.

Увеличение заемных источников финансирования активов на предприятии ОАО «Прохладненский» является следствием оттока собственного капитала в связи с убыточностью производства. Анализ финансовых данных указывает на то, что компания вынуждена обращаться к внешнему финансированию для обеспечения своей операционной деятельности из-за недостаточности собственных средств. Убыточность производства снижает возможность генерации внутренних средств и приводит к росту доли заемных ресурсов, что в свою очередь увеличивает финансовую нагрузку на предприятие в виде процентов по кредитам и займам.

В структуре оборотных средств наблюдается высокая доля запасов готовой нереализованной продукции. Это обусловлено отсутствием спроса на данный вид продукции. Нерациональное управление запасами и низкая способность предприятия адаптироваться к изменениям в рыночной среде приводят к образованию излишних запасов, что оказывает негативное влияние на ликвидность предприятия и снижает его конкурентоспособность.

Анализируя показатели оборачиваемости всех видов активов за рассматриваемый период, можно отметить их рост в 1,5 раза. Это свидетельствует о повышении эффективности использования активов и оборачиваемости ресурсов на предприятии. Увеличение оборачиваемости активов указывает на более активное использование ресурсов компании и может служить индикатором улучшения операционной деятельности. Однако необходимо учитывать, что увеличение оборачиваемости активов в отрыве от других финансовых показателей может привести к нежелательным последствиям, таким как увеличение риска неустойчивости финансового состояния компании.

В целом выявленные факторы указывают на необходимость комплексного подхода к управлению финансами и операционной деятельностью ОАО «Прохладненский». Необходимо разработать и внедрить стратегию по снижению зависимости от заемных источников финансирования, оптимизировать управление запасами и обеспечить баланс между ростом оборачиваемости активов и сохранением финансовой устойчивости предприятия.

На основе данных таблицы 2 проанализируем финансовую устойчивость исследуемых предприятий.

**Таблица 2.** Показатели финансовой устойчивости предприятий<sup>5</sup>, %

**Table 2.** Financial stability indicators of enterprises, %

Показатель	ОАО ОЛ РМЗ «Прохладненский»				ЗЖБИ «Юг- Элеваторстрой»	ОАО «Станко- строительный завод»
	2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2023 г.	2023 г.
Коэффициент автономии (независимости)	73	71	63	27	80	90
Коэффициент финансовой устойчивости	83	82	79	56	80	90
Коэффициент маневренности собств. капитала	–2	–3	–8	–119	51	43
Коэффициент финансового левериджа	37	41	60	270	24	11
Коэффициент инвестирования	98	97	93	46	206	174
Коэффициент финансирования	274	243	168	37	408	897
Маневренность собственных оборотных средств	–24	0	–7	0	0	2
Доля собственных оборотных средств в общей сумме оборотных средств	0	0	0	0	68	79

Следует также отметить, что превышение коэффициента финансовой устойчивости над рекомендуемым уровнем на 80 % указывает на избыточный запас финансовых ресурсов в отношении текущих обязательств. Это может быть связано с недоиспользованием

<sup>5</sup>Кабардино-Балкария в цифрах. 2023: статистический сборник / ОП Северо-Кавказстата по КБР. Нальчик, 2023. 97 с.

доступных финансовых средств или с отсутствием возможностей для их эффективного вложения в инвестиции или развитие предприятия.

Коэффициент маневренности, который оказывается отрицательным за весь рассматриваемый период, указывает на то, что часть внеоборотных и все оборотные активы формируются за счет краткосрочных заемных средств. Это свидетельствует о том, что предприятие опирается на краткосрочное заемное финансирование для обеспечения текущей операционной деятельности [2]. Такая практика может указывать на тяжелое финансовое положение предприятия и его кризисное развитие, поскольку требует постоянного пополнения краткосрочных заемных ресурсов для поддержания нормального функционирования [4].

Коэффициент финансового левериджа является важным индикатором эффективности использования заемных средств для увеличения рентабельности капитала [7]. Стоимость использования привлеченных средств определяется как соотношение общих расходов по обслуживанию долга к средней сумме заемных средств. В данном случае затраты на обслуживание долга включают штрафные санкции за просрочку платежей, пени и плату по коммерческим кредитам [3]. Этот показатель позволяет оценить финансовую эффективность использования заемных ресурсов и их влияние на общую рентабельность компании [3–5].

В целом анализ указанных финансовых показателей предприятия ОАО «Прохладненский» демонстрирует не только его текущее финансовое состояние, но и позволяет сделать выводы о перспективах развития и потенциальных угрозах для его устойчивости и конкурентоспособности на рынке.

Из представленной информации следует, что ОАО «Прохладненский» находится в тяжелом финансовом положении, что подтверждается значительным отклонением коэффициента инвестирования от нормального значения, которое должно составлять более 100 %. Значения коэффициента инвестирования от 93 до 98 % в период с 2020-го по 2023 год указывают на то, что предприятие не в состоянии полностью покрыть свои операционные расходы и инвестировать в развитие<sup>6</sup>.

Анализ используемого капитала предприятия дополняет эту картину. Во-первых, отмечается, что ОАО «Прохладненский» обладает финансовой независимостью, поскольку собственные источники финансирования превышают заемные. Однако несмотря на это, предприятие демонстрирует неустойчивость в финансовой сфере, что подчеркивается отклонением коэффициента инвестирования от оптимального значения.

Во-вторых, наблюдается сосредоточенность собственного капитала в основных фондах и нематериальных активах, что делает их наименее ликвидными. Это может создать сложности при необходимости оперативного привлечения средств или реализации активов для покрытия обязательств.

Наконец, убыточность деятельности предприятия привела к выводу из оборота собственных оборотных фондов [6, 9]. Это требует поиска дополнительных источников финансирования, что усиливает финансовые трудности компании и подчеркивает необходимость разработки и внедрения антикризисных мер.

В целом анализ финансового положения ОАО «Прохладненский» свидетельствует о необходимости принятия комплексных мер по стабилизации и улучшению его финансовой устойчивости, включая рациональное использование собственных и заемных ресурсов, а также разработку стратегии по улучшению операционной деятельности и повышению рентабельности.

В таблице 3 представлены показатели, с помощью которых проводится анализ эффективности деятельности предприятий.

<sup>6</sup>Машиностроение: тенденции и прогнозы. Итоги 2022 года, Рейтинговое агентство «РИА Рейтинг»



**Таблица 3.** Показатели эффективности финансово-хозяйственной деятельности предприятий<sup>7</sup>, %**Table 3.** Indicators of the efficiency of financial and economic activities of enterprises, %

Показатель	Рекомендуемое значение	ОАО ОЛ РМЗ «Прохладненский»				ЗЖБИ «Юг-Элеватор-строй»	ОАО «Станко-строительный завод»
		2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2023 г.	2023 г.
Рентабельность продукции	Чем больше, тем лучше	7	7	9	–	14	14
Рентабельность основной деятельности	Чем больше, тем лучше	9	9	13	–	20	21
Рентабельность активов	Чем больше, тем лучше	–	–	–	–	6,8	10,0
Рентабельность собственного капитала	Чем больше, тем лучше	–	–	–	–	8,5	11,1
Рентабельность инвестиций	Чем больше, тем лучше	5	4	6	–	16	15
Период окупаемости собственного капитала, мес.	Чем меньше, тем лучше	–	–	–	–	12	9
Коэффициент чистой прибыли	Чем больше, тем лучше	–	–	–	–	53	72

В течение периода с 2020-го по 2023 год рентабельность продукции показывала стабильный рост и достигла 9 процентов. Этот факт, безусловно, является позитивным. Однако рентабельность собственного капитала и активов за этот период оказалась отрицательной, что указывает на снижение суммы собственного капитала и активов на величину процента рентабельности.

На предприятии наблюдается кризисное истощение средств и собственного капитала. По-видимому, руководство не предпринимает действий для изменения этой ситуации, не разрабатываются стратегии развития и финансовые планы. В конечном итоге такой подход может привести к банкротству предприятия. Вероятность банкротства может быть оценена с помощью модели Альтмана.

Модель Альтмана – это пятифакторная модель, в которой учитываются различные показатели, указывающие на возможность банкротства [11]. Э. Альтман, исследуя предприятия, находящиеся на грани банкротства, определил коэффициенты значимости различных факторов для оценки вероятности банкротства. Формула модели Альтмана представлена следующим образом:

$$Z = 0,717x_1 + 0,847x_2 + 3,107x_3 + 0,42x_4 + 0,998x_5,$$

где:

$x_1$  – коэффициент текущей ликвидности (текущие активы / текущие обязательства);

$x_2$  – коэффициент оборачиваемости активов (выручка / общие активы);

$x_3$  – коэффициент рентабельности операций (прибыль до налогообложения / общие активы);

<sup>7</sup> Аналитический бюллетень «Машиностроение: тенденции и прогнозы. Итоги 2022 года», Рейтинговое агентство «РИА Рейтинг». [Электронный ресурс] <https://riarating.ru/images/63023/87/630238738.pdf>;

В российском машиностроении в декабре 2023 года десятый месяц подряд наблюдался рост [Электронный ресурс] [https://www.akm.ru/news/v\\_rossiyskom\\_mashinostroenii\\_v\\_noyabre\\_2023\\_goda\\_devyatyy\\_mesyats\\_podryad\\_nablyudalsya\\_rost/](https://www.akm.ru/news/v_rossiyskom_mashinostroenii_v_noyabre_2023_goda_devyatyy_mesyats_podryad_nablyudalsya_rost/). Дата обращения 24.04.2024 г.

$x_4$  – коэффициент оборачиваемости капитала (выручка / собственный капитал);

$x_5$  – коэффициент размера предприятия (логарифм от общих активов).

В таблице 4 представлены результаты анализа вероятности банкротства, которые полностью совпадают с выводами, полученными в результате нашего всестороннего анализа финансово-хозяйственной деятельности предприятия, включая оценку ликвидности, платежеспособности, использование имущества, капитала и эффективности деятельности [6, 9].

Оба подхода привели к однозначному выводу относительно каждого из рассмотренных предприятий:

ОАО ОЛ РМЗ «Прохладненский» – высокий уровень вероятности банкротства;

ОАО «Станкостроительный завод» – очень низкий уровень вероятности банкротства;

ЗЖБИ «Юг-Элеваторстрой» – также очень низкий уровень вероятности банкротства.

**Таблица 4.** Анализ вероятности банкротства предприятий<sup>8</sup>

**Table 4.** Analysis of the probability of bankruptcy of enterprises

Модель Альтмана							
Показатель		Коэф.	ОАО ОЛ РМЗ «Прохладненский»			ЗЖБИ «Юг-Эле- ватор- строй»	ОАО «Станко- строитель- ный завод»
			2020 г.	2021 г.	2022 г.	2023 г.	2023 г.
1.	Отношение рабочего капитала к сумме всех активов	1,2	–0,02	–0,05	–0,32	0,41	0,38
2.	Отношение чистой прибыли к средней сумме используемых активов	1,4	–0,17	0,07	6,67	0,11	0,21
3.	Отношение валового дохода к средней сумме используемых активов	3,3	6,08	0,10	2,01	0,29	0,16
4.	Отношение собственного и заемного капитала	–0,6	2,43	1,68	0,37	4,08	8,97
5.	Отношение выручки от реализации к средней стоимости активов	–	1,17	1,03	1,01	2,13	1,12
6	Интегральный показатель	–	2,61	2,19	–0,45	6,19	7,78
7	Вероятность банкротства: очень высокая (до 1,80); высокая (1,81–2,70); возможная (2,71–2,99); очень низкая (более 3,00)	–	2,61	2,49	2,17	6,19	7,78

Исследования показывают, что на предприятии происходит необоснованное использование электроэнергии как для освещения, так и для производственных целей. Энергетические ресурсы максимально задействованы в производственных процессах, однако отсутствует интерес сотрудников к экономии энергии из-за недостатка стимулов и заинтересованности в конечных результатах работы предприятия.

Нами предлагается ряд мероприятий для поиска возможностей оптимизации использования энергетических ресурсов на промышленных предприятиях:

<sup>8</sup> Аналитический бюллетень «Машиностроение: тенденции и прогнозы. Итоги 2022 года», Рейтинговое агентство «РИА Рейтинг». [Электронный ресурс] <https://riarating.ru/images/63023/87/630238738.pdf>;

В российском машиностроении в декабре 2023 года десятый месяц подряд наблюдался рост [Электронный ресурс]. [https://www.akm.ru/news/v\\_rossiyskom\\_mashinostroenii\\_v\\_noyabre\\_2023\\_goda\\_devyatyy\\_mesyats\\_podryad\\_nablyudalsya\\_rost/](https://www.akm.ru/news/v_rossiyskom_mashinostroenii_v_noyabre_2023_goda_devyatyy_mesyats_podryad_nablyudalsya_rost/). Дата обращения 24.04.2024 г.

- улучшение технологических процессов;
- использование наиболее эффективных видов энергетических ресурсов;
- применение расчетно-аналитических методов нормирования ресурсов;
- оптимизация схем энергопотребления;
- модернизация конструкций оборудования;
- автоматизация производственных процессов, учета и контроля использования ресурсов;
- упрощение структуры энергоснабжения предприятия;
- поощрение экономичного использования ресурсов.

Исследования также показывают, что на всех исследованных предприятиях существуют неравенства в оплате труда различных профессиональных и квалификационных групп. Самое значительное различие наблюдается в заработной плате работников и руководителей ОАО «Прохладненский», на «Станкостроительном заводе» и «Юг-Элеваторстрое» – разница составляет примерно пять раз.

Такое существенное неравенство в оплате труда может привести к усилению социальных противоречий и напряженности в коллективе, поскольку возникает ощущение, что различия в заработной плате не обусловлены разным уровнем эффективности труда.

Другой серьезной проблемой на предприятиях является систематическая задержка выплаты заработной платы. Например, на «Станкостроительном заводе» и в «Юг-Элеваторстрое» задолженность составляет 3233 тыс. рублей и 6514 тыс. рублей соответственно. Средняя задолженность – три месяца, а длительность – от одного до двух с половиной месяцев.

При установлении размеров заработной платы для различных групп работников важно, чтобы ее уровень зависел от квалификации, сложности выполняемой работы и степени трудовой ответственности, тогда она будет выполнять свою стимулирующую функцию.

Таким образом, в 2023 году ОАО «Прохладненский» использовало свои ресурсы неэффективно, и его экономический успех в значительной степени был обусловлен лишь использованием основных средств.

Ситуация с оборачиваемостью материалов ухудшилась: период обновления увеличился, новые материалы поступали реже. Это привело к замедлению оплаты готовой продукции и уменьшению оборота. Предприятие начало предоставлять коммерческий кредит на длительный срок. Срок оплаты текущих задолженностей увеличился.

Хотя скорость обращения оборотных активов увеличилась, что является положительным явлением, в 2022 году они не смогли полностью оборачиваться в течение месяца.

Рентабельность продаж выросла в 2023 году. Это произошло благодаря снижению себестоимости продукции, но следует учитывать, что объем реализации продукции также сократился.

Анализируя причины снижения эффективности деятельности предприятия за рассматриваемый период, можно выделить как внешние, так и внутренние факторы, оказавшие негативное воздействие на его функционирование.

Среди основных внешних факторов, оказавших влияние на предприятие, следует выделить общий спад производства в стране в период кризиса. Это привело к остановке многих предприятий, являющихся основными потребителями продукции данного предприятия. Инфляция также сыграла свою роль, вызвав отток оборотных средств и вынудив предприятие искать дополнительные источники финансирования оборотных активов. Нестабильность налоговой политики государства также оказала негативное воздействие, создавая неопределенность и усложняя планирование и управление финансами предприятия.

Появление на рынке более качественных технологий, материалов и оборудования также сделало продукцию предприятия менее конкурентоспособной, что снизило спрос на ее товары. Снижение платежеспособного спроса населения вследствие ухудшения экономической ситуации в стране также оказало отрицательное воздействие на деятельность предприятия, уменьшив объемы продаж и прибыли.

Среди внутренних факторов следует отметить высокий моральный и физический износ основных фондов, что снижает их производительность и влечет дополнительные расходы на текущий ремонт оборудования. Недостаточно эффективная стратегия маркетинга, не направленная на исследование новых рынков и стимулирование потребителей, также сказалась на деятельности предприятия, уменьшив объемы продаж и спрос на его продукцию. Низкая оборачиваемость и рентабельность активов привели к неэффективному использованию оборудования, что сказалось на финансовом состоянии и результативности предприятия.

Таким образом, комбинация внешних и внутренних факторов привела к снижению эффективности деятельности предприятия, требуя принятия комплексных мер по улучшению управления, адаптации к изменяющимся рыночным условиям и повышению конкурентоспособности.

Неэффективная работа службы маркетинга и сбыта привела к недостаточно разнообразному ассортименту продукции. Кроме того, отмечается отсутствие финансовой стратегии и недостаточная реакция управленческого аппарата на сложившуюся ситуацию.

Моральный и физический износ устаревшего оборудования, принадлежащего ОАО «Прохладненский», оказывает отрицательное влияние на конкурентоспособность его продукции. Рассмотренные в данном исследовании предложения о реализации стратегии продажи или модернизации оборудования представляют собой важные шаги, направленные на улучшение финансового положения и операционной эффективности предприятия.

Первое предложение о стратегии продажи или модернизации оборудования связано с увеличением коэффициента внеоборотных активов и оборачиваемости капитала. Это может быть эффективным способом оптимизации структуры активов предприятия и повышения их ликвидности. Продажа устаревшего или малоэффективного оборудования позволит освободить капитал для инвестиций в более современное оборудование, что улучшит производственные процессы и повысит конкурентоспособность предприятия. Модернизация же позволит оптимизировать работу существующего оборудования, увеличив его производительность и снижая операционные издержки.

Второе предложение о сокращении среднего срока погашения дебиторской задолженности также является важным мероприятием для улучшения финансовой деятельности предприятия. Уменьшение срока оборота дебиторской задолженности улучшит денежные потоки и повысит ликвидность предприятия. Кроме того, это может улучшить отношения с клиентами и укрепить деловую активность компании за счет повышения их доверия и уверенности в своевременной оплате поставленной продукции или услуг.

### Выводы

Предложенные стратегии имеют потенциал значительно повлиять на финансовое состояние и операционную эффективность предприятия, способствуя его устойчивому развитию и росту. Однако реализация этих стратегий требует тщательного планирования, ресурсов и управления, чтобы обеспечить их успешную реализацию и максимальную пользу для предприятия.

Чтобы увеличить скорость оборота активов, предлагаем увеличить объем продаж с сохранением уровня активов или их уменьшением, а также сократить материальные запасы и ускорить выплату дебиторской задолженности. Полученные денежные средства можно направить на погашение долгов или на развитие более прибыльных направлений.

Для улучшения финансового состояния предприятия также предлагается диверсификация производства, что позволит эффективнее использовать ресурсы и повысить прибыль. Анализ текущего положения на предприятии показал необходимость следующих мероприятий:

- рациональное использование материальных и топливно-энергетических ресурсов;
- ускорение оборачиваемости оборотных производственных фондов;
- оптимизация использования трудовых ресурсов и снижение фонда оплаты труда.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Галачиева С. В., Махошева С. А., Лютикова Л. А., Глехугов А. М. Логический подход к построению модели машинного обучения для оценки устойчивого развития горных территорий // Устойчивое развитие горных территорий. 2023. Т. 15. № 4 (58). С. 921–928. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-4-921-928

2. Галачиева С. В., Соколов А. А., Соколова О. А., Махошева С. А. Система оценки устойчивого развития региональных народнохозяйственных комплексов горных территорий // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 3(37). С. 329–335. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-329-335

3. Гладков И. В. Организация мониторинга финансового состояния неплатежеспособных предприятий // Сибирская финансовая школа. 2001. № 2. С. 86–87.

4. Гладков И. В. Основные аспекты технологии антикризисного управления // Налоги и экономика. 2001. № 6. С. 94–100.

5. Гладков И. В. Финансовая стратегия в системе управления предприятием // Сборник статей по итогам научной сессии преподавателей НГАЭиУ. Новосибирск: НГАЭиУ. 2001. 151 с.

6. Греков А. С. Оценка эффективности управления производством // Экономика и производство. 2003. № 2.

7. Греков А. С. Формирование системы мотивации работников к процессу поиска и реализации резервов на предприятии // Экономика и финансы. 2003. № 16(41).

8. Греков А. С. Формирование системы резервообразующих факторов снижения себестоимости как одно из первоочередных направлений в повышении эффективности производственно-хозяйственной деятельности предприятий // Экономика и финансы. 2003. № 9(31).

9. Лютикова Л. А., Махошева С. А., Шматова Е. В., Кандрокова М. М. Разработка методов корректирующих алгоритмов для построения оптимальной стратегии развития горных территорий // Устойчивое развитие горных территорий. 2018. Т. 10. № 4(38). С. 617–623. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-4-617-623

10. Неудихина Ю. Г. Анализ и оценка инновационной деятельности Кабардино-Балкарской Республики // Материалы Международной научно-практической конференции «Устойчивость развития и саморазвития региональных социально-экономических систем: методология, теория, практика». 2015. Т. 2. С. 289–291

11. Gurtuev A., Derkach E., Makhosheva S., Ivanov Z. A bayesian approach to investment in innovation projects with the presence of fake innovators // Heliyon. 2020. Vol. 6. No. 11. P. e05603. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05603

## REFERENCES

1. Galachieva S.V., Makhosheva S.A., Lyutikova L.A., Tlekhugov A.M. Logical approach to constructing a machine learning model for assessing sustainable development of mountain territories. *Ustoychivoye razvitiye gornyykh territoriy* [Sustainable development of mountain territories]. 2023. Vol. 15. No. 4(58). Pp. 921–928. DOI: 10.21177/1998-4502-2023-15-4-921-928. (In Russian)
2. Galachieva S.V., Sokolov A.A., Sokolova O.A., Makhosheva S.A. System for assessing sustainable development of regional economic complexes in mountain territories. *Ustoychivoye razvitiye gornyykh territoriy* [Sustainable development of mountain territories]. 2018. Vol. 10. No. 3(37). Pp. 329–335. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-3-329-335. (In Russian)
3. Gladkov I.V. Organization of monitoring of the financial condition of insolvent enterprises. *Sibirskaya finansovaya shkola* [Siberian financial school]. 2001. No. 2. Pp. 86–87. (In Russian)
4. Gladkov I.V. Main aspects of anti-crisis management technology. *Nalogi i ekonomika* [Taxes and Economics]. 2001. No. 6. Pp. 94–100. (In Russian)
5. Gladkov I.V. Financial strategy in the enterprise management system. *Sbornik statey po itogam nauchnoy sessii prepodavateley NGAEiU* [Collection of articles based on the results of the scientific session of teachers of NGAEiU]. Novosibirsk: NGAEiU. 2001. 151 p. (In Russian)
6. Grekov A.S. Evaluation of the effectiveness of production management. *Ekonomika i proizvodstvo* [Economy and production]. 2003. No. 2. (In Russian)
7. Grekov A.S. Formation of a system of employee motivation for the process of searching for and implementing reserves at the enterprise. *Ekonomika i finansy* [Economy and Finance]. 2003. No. 16(41). (In Russian)
8. Grekov A.S. Formation of a system of reserve-forming factors for reducing costs as one of the priority areas in improving the efficiency of production and economic activities of enterprises. *Ekonomika i finansy* [Economy and Finance]. 2003. No. 9(31). (In Russian)
9. Lyutikova L.A., Makhosheva S.A., Shmatova E.V., Kandrovskaya M.M. Development of methods of corrective algorithms for constructing an optimal strategy for the development of mountainous territories. *Ustoychivoye razvitiye gornyykh territoriy* [Sustainable development of mountainous territories]. 2018. Vol. 10. No. 4(38). Pp. 617–623. DOI: 10.21177/1998-4502-2018-10-4-617-623. (In Russian)
10. Neudakhina Yu.G. Analysis and assessment of innovative activities of the Kabardino-Balkarian Republic. *Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Ustoychivost' razvitiya i samorazvitiya regional'nykh sotsial'no-ekonomicheskikh sistem: metodologiya, teoriya, praktika»* [Proceedings of the International scientific and practical conference "Sustainability of development and self-development of regional socio-economic systems: Methodology, theory, practice"]. 2015. Vol. 2. Pp. 289–291. (In Russian)
11. Gurtuev A., Derkach E., Makhosheva S., Ivanov Z. A bayesian approach to investment in innovation projects with the presence of fake innovators. *Heliyon*. 2020. Vol. 6. No. 11. P. e05603. DOI: 10.1016/j.heliyon.2020.e05603

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

**Информация об авторах**

**Кештов Мурат Муаедович**, канд. экон. наук, науч. сотр. Инжинирингового центра Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;

mmk032@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1695-3880>, SPIN-код: 4198-0486

**Иллизаров Даниэль Леонидович**, аспирант, Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Каголкин Исмаил Анатольевич**, аспирант, Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Кудратуллаев Мирали Ниматович**, аспирант, Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Попов Кирилл Алексеевич**, аспирант, Научно-образовательный центр Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Information about the authors**

**Murat M. Keshtov**, Candidate of Economic Sciences, Researcher, Engineering Center, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;

mmk032@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0009-0001-1695-3880>, SPIN-code: 4198-0486

**Daniel L. Ilizarov**, Post-graduate Student, Scientific and Educational Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

**Ismail A. Kagolkin**, Post-graduate Student, Scientific and Educational Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

**Mirali N. Kudratullaev**, Post-graduate Student, Scientific and Educational Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

**Kirill A. Popov**, Post-graduate Student, Scientific and Educational Center of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

УДК 001.891:003.314:81-2:39

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-230-250

EDN: SIZXMZ

Научная статья

## **К интерпретации надписей сосуда № 1 из кургана Ошад майкопской культуры**

**А. К. Вороков**

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Аннотация.** Данная работа посвящена очередным дешифровкам надписей серебряного сосуда № 1 из кургана Ошад майкопской культуры (IV тыс. до н.э.). Лингвистический анализ пиктограмм на всех трех уровнях сосуда проясняет их семантику и этимологию, в которых беспрепятственно укладывается хатто-адыго-абхазская речь в словоформах и синтаксическом строе словосочетаний и предложений, согласующихся с адыгской грамматикой. Типологически надписи представляют собой сложную систему конечной стадии рисуночного письма, предваряющую формирование последующих видов письменности. Здесь принимаются во внимание и детально рассматриваются отдельные, составные элементы изображений, которые предусмотрены древним автором, но не нашли отражение в современных прорисовках. Методологические подходы исследования основаны на принципе историзма с использованием сравнительно-исторического метода, лингвистической и глоттохронологической ретрогностики, в сопоставлении с научно-историческими данными и фактами. На базовой, лингвистической основе семантически взаимосвязанных характеристик и описаний пиктографических образов, в визуальном и контекстуальном аспектах, дополняющих друг друга, извлекается производная информация. Одни и те же понятия у древнего автора могут выводиться разными путями, что подтверждает достоверность толкований дополнительной аргументацией. В ряде случаев релевантные, словообразующие лексические и звуковые элементы (слова, морфемы, слоги, фонемы) для наглядности выделены полужирным курсивом или представлены в кириллической транскрипции.

**Ключевые слова:** хатто-адыгский язык, смешанный характер письма, вариативность семантически взаимосвязанных прочтений, культы бога – Тха, богини вод – Псытха, вождя-военачальника – Уар-Хату

Поступила 22.07.2024, одобрена после рецензирования 24.09.2024, принята к публикации 27.09.2024

**Для цитирования.** Вороков А. К. К интерпретации надписей сосуда № 1 из кургана Ошад майкопской культуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 230–250. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-230-250

Original article

## **On the interpretation of the inscriptions of vessel No. 1 from the Oshad mound of the Maikop culture**

**A.K. Vorokov**

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

**Abstract.** This work is devoted to the next deciphering of the inscriptions of the silver vessel No. 1 from the Oshad mound of the Maikop culture (IV BC). Linguistic analysis of pictograms at all three



levels of the vessel reveals the semantics and etymology of inscriptions, in which the Khatto-Adyghe-Abkhazian speech fits seamlessly in word forms and syntactic structure of phrases and sentences consistent with the Adyghe grammar. Typologically, inscriptions represent a complex system of the final stage of pictorial writing, which precedes the formation of subsequent types of writing. Here, individual, composite elements of images that were provided by the ancient author, but were not reflected in modern drawings, are taken into account and considered in detail. The methodological approaches of the research are based on the principle of historicism, using the comparative historical method, linguistic and glottochronological retrognostics, in comparison with scientific historical data and facts. Derivative information is extracted on the basic, linguistic basis of semantically interrelated characteristics and descriptions of pictographic images, in visual and contextual aspects that complement each other. The same concepts of the ancient author can be derived in different ways, which confirms the validity of the interpretations with additional argumentation. In some cases, relevant, word-forming lexical and sound elements (words, morphemes, syllables, phonemes) are highlighted in bold italics or presented in Cyrillic transcription for clarity.

**Keywords:** the Khatto-Adyghe language, the mixed nature of writing, variability of semantically interrelated readings, cults of the god – Tha, the goddess of waters – Psytha, leader-military commander – Uar-Khatu

*Submitted* 22.07.2024,

*approved after reviewing* 24.09.2024,

*accepted for publication* 27.09.2024

**For citation.** Vorokov A.K. On the interpretation of the inscriptions of vessel No. 1 from the Oshad mound of the Maikop culture. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 230–250. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-230-250

## ВВЕДЕНИЕ

Плеяда ученых, в числе которых Н. Я. Марр, Е. И. Крупнов, С. Н. Кореневский, В. В. Иванов, Б. Х. Бгажноков, Е. С. Шакрыл, Р. М. Мунчаев, Н. Г. Ловпаче, Р. Ж. Бетров, А. С. Касьян, Л. С. Клейн, В. А. Фоменко, А. В. Сивер, А. Ж. Бакиев, А. С. Кук, Р. З. Куаджэ и многие другие, считают установленным фактом, что создателями майкопской культуры являются автохтоны Северного Кавказа в лице адыго-абхазов, родственников древним хаттам. Об этом свидетельствует и ряд антропонимов на «хат», едва ли не самые распространенные в адыго-абхазском социуме [1, с. 68]. Исторический экскурс в эпоху майкопской культуры и кургана Ошад, где обнаружены сосуды с надписями, их особенности и лингвистические характеристики подробно освещены в предыдущей статье «Исследование надписей сосуда № 1 из кургана Ошад майкопской культуры» [1]. В советский период дешифровками этих надписей занимался Г. Ф. Турчанинов [2]. Однако несмотря на то, что ученый не уделил должного внимания адыгскому языку, в его трудах намечены важные отправные начала для дальнейшей исследовательской деятельности.

Сложные синтаксические конструкции алфавитного письма состоят из двух и более грамматических основ, где в качестве дополнений и определений выступают второстепенные члены предложения. В исследуемых пиктографических надписях они выражаются омонимами, синонимами, полисемичными (многозначными), диалектными словами и фонологическими единицами (слогами, фонемами) при повторных (альтернативных) прочтениях одних и тех же образов (пиктограмм, их фрагментов и сочетаний), изображенных на сосуде. Например, побег/отросток с тополиными признаками – адыг.: **кьыхэкIа щиху** (побег тополя), исходящий из изображения правого русла реки на сосуде, может рассматриваться и как побег (**кьыхэкIа**), и как тополь (**шиху**), из которых, соответственно, выводятся уместные полный и неполный омонимы – «происхождение» и, по контексту, «почтенный, «святой»; или лаконичное **кIэ** (хвост) может озвучиваться омонимами (конец; край), а также послелогом в функции предлога, например, в составной словоформе **лъэныкъуитIкIэ** (по

обе стороны, с обеих сторон). Использование созвучных и разнодиалектных слов существенно повышает информативность надписей. Благодаря лингвистическим особенностям и возможностям языка, переданным в пиктографических образах с филигранным подходом уникальной методикой искусного автора, создаются семантически взаимосвязанные варианты прочтений с новыми сведениями, которые наслаиваются, объединяются и в совокупности воссоздают подробные, развернутые нарративы.

Надписи читаются по направлению «шествия» животных. Общий смысл сохраняется, если их считать с произвольно выбранной пиктограммы, прибегая к инверсии, перестановке слов. Фрагментарные трактовки пиктограмм тоже содержат конкретные сведения в части контекста, хотя и отрывочные.

В первых силлабариях (наборах слоговых знаков) II тыс. до н.э. еще даются названия (первоначальные значения), из которых вычленились префиксы-слоги, с соответствующими символами, которые закрепились таковыми в протосинайском, библском или ханаанейском (по Б. Коллессу) и других аналогичных системах слогового письма. Более того, в последующих алфавитах (финикийский, др.-греческий и др.) известны слова, из которых извлекались первые буквы с соответствующими обозначениями. Например, финик. и др.-греч. буква алфавита «к» вычленена из названий, соотв., *karh* и *karra* (каппа), заимствованных из силлабариев – библ.: *karri*, протосин.: *karh* в значении «рука» (ср. убух.: *кана* – «рука»; адыг.: *канхон* – «хватать»). В пиктограммах сосуда подобные исходные слова заложены непосредственно в названиях образов и их фрагментов, из которых выделяются и вычлениются (отсечением) первые слоги и фонемы (буквы), отражающие зачаточное состояние слогового и алфавитного письма. Например, по контексту слог *мы* выводится из слова *мышэ* (медведь), а буква (фонема) *е* – из *еих* (ест) или *егъу* (глодает), которые в соединении с цельным словом *къонс* (отросток) образуют арх. топоним *Мыекъонс* (Майкоп).

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

До начала дешифровок целесообразно указать на исторические причины фонетико-лексических изменений отдельных адыгских слов. При этом отметим, что буква «э» в адыгской орфографии передает краткий звук «а»; буква «ы» в словах фактически не произносится, но она обозначает неясный звук, который в некоторых отношениях был исторически преобразован (по Г. Ф. Турчанинову) из звука «а» [2, с. 72, 74]. Поэтому с учетом трансформации слов и «поправок на древность» в плане исторической ономастики слово/слог *псы* – «вода, река» (*Псыжъ* – р. Кубань) следует озвучивать в иных случаях арх. произношениями как *пса/пша/псе/псо* [3, с. 13]. Эти лексические формы находят отражение в адыго-абхазских гидронимах, в том числе засвидетельствованных в Нартском эпосе [4, с. 45, 48]: *Псахо*, *Псебэ*, *Псоу*, *Хыпста*, *Пседах*, *Псенафа*, *Афипс*, *Туапсе*, *Псакупс* и в других ранних: *Псат*, *Псахапсия*, *Арипса*, *Ансара*, *Лагумпса*, *Сунса*. Корень *пса* в значении «вода» сохранился в некоторых адыгских словах, например, *псаишъо/псафэ/псафан*1э (водопой); *къуэпсапс* (моросит). Наряду с этим передался и хатто-адыго-абхазский пласт в названиях рек на *рѣа* – *пша* (вода) [5, с. 54], *пш* (вода, река): *Пшада*, *Пшиз*, *Пшши*, *Пше*, *Пшеха*, *Пшишьэжъ*; абх. *Юпшара*, *Гагрипш*, *Пишан* (абх. – «устье реки»); груз. *пша*: «родник, вода, бьющая ключом» [6, с. 253] и др. Поскольку конечный формант *жъ* может означать и «течение» – *ижъ/жэ*, древние диалектные названия р. Кубань *Пшажъ/Пшижъ/Псыжъ* возможно трактовать, как «бегущая/текущая вода», а р. Терек – *Пшауор/Пшыуэр/Псыуэр* – «вода бурная, волнистая». Хаттское *рѣа* – *пша* (вода) усматривается в однородных адыгских словах *пшагъуэ* (туман), *пшэ/пшэ* (туча, облака) [7, с. 430; 8, с. 263]. В этой связи архаизм *пша* (вода) может отражать некий синкретизм мышления раннего человечества, когда такие

взаимосвязанные явления природы, как вода и туча в силу своих аморфных (бесформенно-расплывчатых [9, с. 23]), текучих свойств и состояний (адыг.: *пиша* – «раздутый»; *пишан* – «расползаться» и т.п.) могли выражаться однокоренными словами. В иной проекции коренная основа *пс*, по-видимому, ассоциировалась и увязывалась в представлениях древних с жизненно важными субстанциями, какими являются «вода» (*псы*), «солнечный свет» (*дыгъанс*), «душа» (*псэ*), «жизнь» (*псэун*), «слово» (*псаль*), «добро» (*псапэ*) [1, с. 62] и т.п. Подобное когнитивное восприятие окружающей действительности свидетельствует о том, что уже в архаичный период истории имело место некое осмысленное упорядочивание и систематизация знаний, отразившиеся в лексике. Примечательно, что в др.-греческой мифологии форма трезубца повелителя всех земных вод Посейдона, ударом которого он выбивал воду из земной тверди, явилась прообразом буквы греч. алфавита с адыг. названием «пси» (вода).

На примере твердого вещества подобные смысловые преобразования усматриваются в адыгском архаизме *ша*, который в каменном веке означал и камень, и заряд, и нож (камень с острыми краями) до его семантического расчленения в связи с переходом в век металла. Адыг. архаизм *шадз* и слав. *праща* в значении «метатель камня» образуются из двух слов, порядок, которых согласуется с синтаксическими нормами этих языков: в адыг. – «камень бросающий»; в слав. – «бросающий камень». Очевидно, что эти слова этимологически и семантически восходят к одному арх. корню – *ша/ща* (камень), который в иных случаях развился в *са*. В свою очередь лингвистическую эволюцию форманта *са* в *со* обосновал М. А. Кумахов на примере одного из ярких персонажей нартского эпоса – *Сосруко* (сына камня) [10, с. 500, 501], когда форма *Сосруко* в диалектах восточных черкесов (кабардинцев, черкесов) предстает производной от арх. *Сауэсыруко*, к которой максимально приближена форма *Саусырыко* в западно-черкесском (собир. – адыгейском) наречии.

В условиях ограниченного словарного запаса древних были насущны многозначные, универсальные слова, смысл которых определялся конкретной ситуацией или распознавался в контексте, что практикуется и в наши дни. Однако с течением времени в связи с востребованностью дифференцированного, избирательного подхода в определении тех или иных явлений природы и развивающегося социума лексика древних обогащалась разнообразием новых слов с видоизменением или утратой отдельных старых. Например, в языке западных адыгов (усл. адыгейцев) слово *къо* означает и «сын», и «свинья», и (уст.) «долина» [8, с. 169], тогда как у восточных (каб.-черк.) понятие «свинья» уже выделено отдельным словом: *кхъуэ* (*кхъо*) [7, с. 648]. Кроме того, в ряде слов восточных адыгов преобладают твердые согласные по сравнению с западными диалектами, например, каб.: *дыгъэ* (солнце), *дыжын* (серебро) и соотв. адыг.: *тыгъэ*, *тыжъын*. При этом у восточных адыгов сохранилось слово *дзэпкъ* в значении «клык» и *гуу* – «бык», а у западных преобладает *цу*, *быгъу* в значении «бык».

Свидетельством того, что адыгские диалекты имели место по меньшей мере в IV–III тыс. до н.э., являются лексические соответствия в кабардинском, шумерском, эламо-касситском языках и санскрите: *адда* – «отец», *ана* – «мать», *нэху* – «свет» и др., с одной стороны, и те же понятия в (собир.) адыгейском, хаттском, бактрийском и др.-египетском языках: *та/ты/тат* – «отец», *нана/ны/нан* – «мать», *нэфы* – «светлый» и др. – с другой. Древний автор вовлекает в письмо широко распространенные в ту пору разнодиалектные арх. хатто-адыг. названия, в т.ч. воды/реки – *пиша/пса/псы*, которые озвучиваются силлабемами, в прямом смысле или уместными по контексту другими значениями. Аналогично этому и арх. слово *ша/са* долгое время употреблялось как в значении «камень», так и в значении «нож», поскольку в эпоху бронзы вплоть до железного века наряду с введенными в обиход металлическими предметами и оружием еще продолжительное

время повсеместно изготавливали и использовали их каменные первообразы [11, с. 234–235]. Сегодня в адыгском языке архаичные и современные слова и понятия перемежаются: *шъажъый* и *са* – «нож» (уже металл.); *шамаджыжъ* (устар. тесак); *ша* – «снаряд», «боеприпас», «пуля», «патрон» и др.; *м(ы)вэ* или *м(ы)жъо* – «камень»; *аша/аща* – «оружие» и др.

По некоторым сведениям, и в алфавитной системе письма этимология букв «щ» и «с» восходит к букве «ш», и в силу их созвучности в произношении иных слов они сливаются, ассимилируются: *счастье* («щастье»), *сишла* («шшила»), *расширить* («рашширить») и т.п. Взаимозаменяемость букв (фонем) «ш», «щ» и «с» усматривается в адыгских разнодиалектных словах: *шабзэ/щабзэ* – «лук» (оружие), *шыд/щыды* (осел), *шъыхэ/щыхэ* (олень), *шъажъый/са* (нож) и др. Важно отметить, что в условиях этнической пестроты Малой Азии хаттская лексика стала существенно преобразоваться еще за много столетий до вытеснения хаттского языка индоевропейской речью и в частности неситской.

В ходе исследования выдаются созвучные и взаимозаменяемые хаттские (ранние) и адыго-абхазские исходные слова: *Тха/Та* (бог), *р̣ša/пса/псы* (вода, река), *гъэнэхун/гъэнэфын* (освещать), *ha/шъхъ/цхъэ* (голова и др.), *ре/пэ* (передний; нос), *тхъап/тхъэмпэ* (лист), *ти/мы* (яблоня; дикая яблоня), *шари/шъхъапэ/цхъэкIэ* (крона, верхушка), *цIагъ/чIэгъ* (под), *цIы/чIы* (земля), *цыгу/цхъэгу* (макушка), *остыгъай/уэдыгъей* (сосна; пихта), *цэин/шэцIын* (протягивать, вытягивать), *ti/ты/тIы* (баран), *мышэ/мышъэ* (медведь), *гуу/цу/ацэ/быгъу* (бык), *жэм/ажэ* (корова) и др. По оценке В. А. Истрина, пиктографические надписи – это «сложные изобразительные композиции повествовательного характера или же серии последовательно связанных друг с другом рисунков, как бы "рассказы в картинках"», которые разгадываются «с трудом, как современные ребусы» [12, с. 47].

#### Надпись на горловине сосуда № 1 (рис. 1)

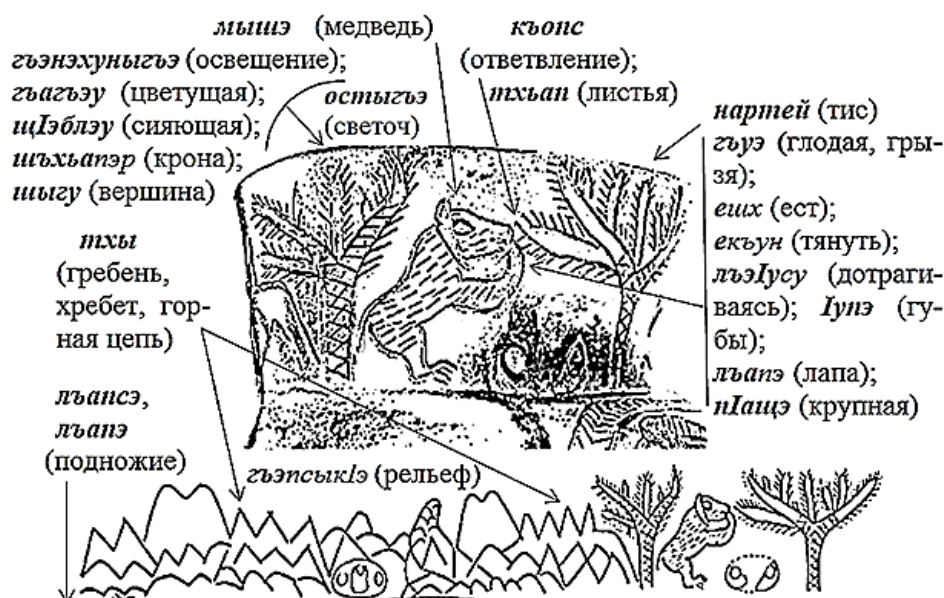


Рис. 1. Фрагмент и прорисовка пиктограмм горловины сосуда № 1 с основными адыгскими названиями образов и действий

Fig. 1. Fragment and drawing of pictograms of the neck of the vessel No. 1 with the main accessories. names of images and actions

Заголовок (шапка) текстов образуется соединением слогов и омонимов, озвученных из адыг. названий высотного и нижнего ландшафтных поясов горной системы Кавказского хребта (рис. 1): *тхы* (гребень, хребет, горная цепь, позвоночник [8, с. 319]; пиши);

*лъапсэ* (подножие; земля предков), *лъапэ* (подножие; неполный омоним – священный, святой); *гъэпсыкIэ* (рельеф, система); *тхын* (написание), *тхыныр* (писание). Соединением лаконичного слова *тхы* (хребет) и слога *гъэ*, выделенного из слова *гъэпсыкIэ* (рельеф, система), складывается понятие *тхыгъэ* – «послание», «надпись», «графические знаки». Исходя из этого, в упрощенных вариантах заголовков гласит: *Тхыгъэ лъапсэ* – «Послание земли предков»; *Тхыль\_ лъапсэ лъапIэ* – «Священная книга/сборник земли предков», где формант *лъ* дублируется в слове *лъапсэ* (подножие; родина).

Отдельным контекстом в свете сакральной (культовой) характеристики надпись гласит: *«Нартей (Натий) ТхъацIагъ абарагъуэ Мыекъонс ТхалъIупIэ лъапIацзу, цIэблэу/шIэту шъхъа шыгу»* – «Нартеи, под богом Тха огромная Майкопса, священного места проведения сходов, жертвоприношений и молений богу Тха, сияющая головная вершина». Этот текст выводится соединением выделенных лексических единиц (рис. 1) из очевидного описания изображений: *«Нартей тхъапэ цIагъу, абара гъуэ мыцэ ецхъ (екъу, елъэф) къуэпс тхъапэр, лъэIусу унам лъэпацзу (лъапIацзу). ЦIэблэу/шIэту шъхъапэ шыгу»* – «Под листвой тиса (Нартеи), прикладывая лапу и глодая, *мыцэ* (медведь) ест (дергая, тянет) лист (от)ветвления (или отросток листа), прикасаясь/дотрагиваясь губы протянутой лапой (крупной лапой)». Описание во втором предложении (в прямом и переносном смысле) гласит: «Светящаяся вершина кроны» и т.п.

Прикосновение/дотрагивание лапой к губам – одно из самых очевидных действий медведя. Фрагмент «...*мыцэ ецхъ конс тхъапэр, лъэIусу унам лъэпацзу (лъапIацзу)* – «...медведь (*мыцэ*) ест лист ветви, прикасаясь, дотрагиваясь губы вытянутой лапой (крупной лапой)» может быть заменен альтернативным словосочетанием «...*мыцэ ецхъ конс тхъапэр, лъапэ тхъэмпэкIэ лъэIусу унам*» – «...медведь (*мыцэ*) ест лист ветви (или отросток листа), кистью передней конечности прикасаясь/дотрагиваясь губы», которое озвучивает производное, схожее изречение: «...*Мыеконс Тха лъапIэ ТхалъIупIа*» – «...Майкопса бога Тха дорогого места проведения сходов, жертвоприношений и молений».

Однако более подробное и связанное описание сюжета пиктографических образов гласит: *«Нартей тхъапэ цIагъу, амбр игъуэ мыцэ ецхъ (ельэф) конс тхампэр, лъэIусу унам лъэпацзу (лъапIацзу), и цIыбагъу, гъагъуэ тыгъэ цIэнэ гъэнэхуныгъэ цIэблэу/шIэту пынауэ остыгъуэ шъхъапэ шыгу»* – «Под листвой Нартеи (тиса), глодая побег, *мыцэ* (медведь) ест/тянет ветви лист, прикасаясь к губам вытянутой лапой (крупной лапой), а позади него цветущая, словно в освещении вспыхнувшего/загоревшегося солнца, светится/сияет зажженным светочем вершина кроны». Соединением выделенных лексических элементов исходного текста актуализируется производный, иносказательный нарратив сакрального и светского характера: *«Нартей ТхъэцIагъ, амбрыгъуэ Мыеконс ТхалъIупIэ лъапIацзу и цIы багъу, гъагъуэ ты гъэцIэ гъэнэхуныгъэу, (зы)цIэблэу/шIэту пынауэ остыгъуэ шъхъа шыгу»* – «Нартеи, под богом Тха огромная Майкопса, священного места проведения сходов, жертвоприношений и молений богу Тха, его земли обильной, приумножающейся, расцветающей нашим жизненным опытом, сияющая зажженным (вспыхнувшим) светочем головная вершина». *Нартей* – тис; название страны. *ТхъэцIагъ/ТхъачIэгъ* – «под богом», «земля, покровительствуемая богом»; это священные рощи, деревья, на которые вешали оружие, шкуру животного, принесенного в жертву, сакральные места, где проводились моления и торжественные мероприятия – *ТхалъIу*, с главным атрибутом традиционной религии адыгов – Т-образным крестом или *Тау*-символом, освещающим место религиозного культа [6, с. 267; 13, с. 245; 14, с. 50–82, 280–284; 15, с. 36, 37]. Теофорный термин *ТхъэцIагъ* образуется соединением первого слога от *тхъап/тхъэмпэ* (лист) или *тхъапэхэ* (листва) и *цIагъ* (нижний; под). Составляющие самого слово *ТхъэцIагъ* (бог – нижний; под), соответствующая ему структура Т-образного символа (горизонталь-вертикаль) и дерева (связь кроны (неба) и корня (земли)

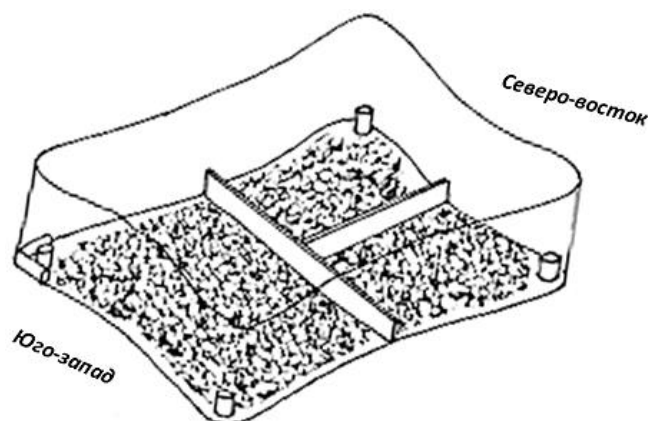
посредством ствола) передают гармонию и единение небесно-божественного и земного начала. Дж. Н. Коков указывает на множество объектов с названием *ТхьэчІэгъ*, в числе которых «*ТхьэчІэгъыжъ* (-жъ «старый») – п.б. Макопсе» [6, с. 267].

Любопытно, что спустя тысячелетия последующие меото-аланские погребения традиционно устраивались в Т-образных катакомбах.

*Абарагъуэ/амбрыгъуэ/абрагъуэ* – «огромный, могучий» – медведь изображен крупным; кроме того, слово *абарагъуэ* озвучивают понятия *абара* (протягивая лапу) и *гъуэ* (глодая); вариант *амбрыгъуэ* озвучивают *Іэмбр* (*амбр*) – «побег; плод» и *гъуэ* – «глодая, грызя»; (*абрэмывэ* – «огромный, тяжелый» камень; в мифологии нарты использовали его в игрищах [16, с. 8]). *Мыекъопс* (Майкоп) складывается из слога *Мы*, вычленяемого от слова *мышцэ/мышьэ* (медведь); фонемы *е* – от *ешх* (ест) или *екъу*, *ельеф* (тянет, дергает); *къопс/къуэпс* (отросток; побег; стебель; ответвление; речная долина; проток реки; светит (о солнце); родственные племена и др.). *ТхьэлъІуиІэ лъапІащэу* (святое место схода, жертвоприношений; алтарь) выводится из сочетания «...*тхампэр*, *лъэІусу упам лъэпашэу/лъапІащэу*» (...лист, прикасаясь к губам вытянутой лапой/крупной лапой); кроме того, *лъапашэ* означает «косопалый». Понятие *и щІыбагъуэ* (позади него; за его спиной) озвучивает полным омонимом выражение *и щІы багъуэ* – «его/ее земли/страны обильной, приумножающейся». Слово *гъагъуэ* (расцветающей) согласуется с предыдущими определениями, а также ассоциируется со светящейся верхушкой дерева. Понятие *ты гъэщІэ* (нашей жизни) образуется из сочетания *тыгъэ щІэнэу* (словно солнца горящего); *гъэунэхуныгъу* (опытом) выводится из созвучного *гъэнэхуныгъуэу* (освещением); *щІэблэу* означает «проникающий» (о свете); *щІэту* – «сияет», «блестит», «сверкает»; хатто-адыг. *п(ы)науэ* означает «зажженным», «загоревшимся». Поскольку омоним слова *щІэблэу* (светящая) означает «поколениями», возможна интерпретация второй части предложения: «...его земли обильной, приумножающейся, расцветающей нашим жизненным опытом поколений, сияющая подобно зажженной светочи – головная вершина»; *остыгъуэ* (светочем; подобно светочи) выводится из очевидного *уэдыгъэ/остыгъэ* (источник света, свеча, факел, лампа) или из *остыгъай/уэдыгъей* (пихта; сосна), если называть второе дерево пихтой/сосной (возможно, из хвойных пород с вертикальными ярко-красными шишками), где составное *тыгъэ/дыгъэ* означает «солнце». Понятие *шъхъа шыгу* (головная вершина/макушка) выводится из сочетания *шъхъанэ шыгу* (верхушка кроны), альтернативным вариантом которого может стать одно слово: *шъхъан* – «вершина».

Макушка бычьих голов золотых фигурок из кургана Ошад декорирована орнаментальным изображением солнца. Эта традиция преломилась в др.-египетском искусстве, где в антропоморфных и зооморфных образах предстают божества в головных уборах с увенчанным, в обрамлении двух рогов, солнечным диском. В ряду подобных экспонатов, в частности, предстает статуя богини Исида в Египте (музей в Луксоре), а также богини Хатхор и скульптура священного быка Аписа (музей в Каире) и в других мировых музейных экспозициях. При этом курган Ошад на порядок старше египетских пирамид. Останки захоронения посыпаны красной краской, которая могла олицетворять багровое солнце на рассвете/закате, огонь или кровь, символизирующую возрождение или продолжение жизни в ином мире, в оккультных представлениях древних. Религиозная символика отражается и в Т-образной перегородке в центре погребальной ямы кольцеобразного кромлеха, которая исполнена в форме жертвенной шкуры животного. Верхняя перекладина перегородки ориентирована на юго-запад, возможно, имитируя сезонную траекторию восходящего на небосводе солнца, как воплощения небесного божества – *Тха/Та* или светила – *Тыгъэ/Дыгъэ* (рис. 2). Примечательно, что на юго-запад ориентированы и завершие Т-образных колонн храмового комплекса Гёбекли-Тепе (X–VIII тыс. до н.э.) [М. И. Зильберман. О сакральном символизме Гёбекли Тепе. 2017].



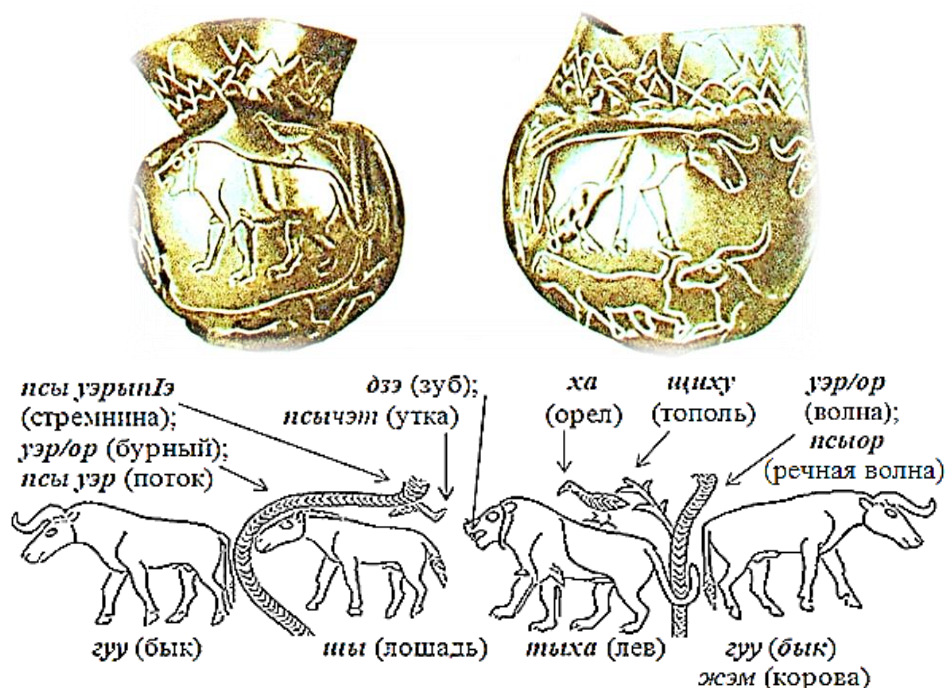


**Рис. 2.** Погребальная яма кургана Ошад с Т-образной перегородкой (по Ю. Ю. Пиотровскому), символизирующей бога Тха

**Fig. 2.** The burial pit of the Oshad mound with a T-shaped partition (according to Yu.Yu. Piotrovsky), symbolizing the god Tha

Древние аллографы (варианты) креста, в ряду которых и Т-образный крест, или Тау-символ (адыг.: *Тапиш/Тхъэпи*) [15, с. 35–38], олицетворяли главную сакральную сущность в верованиях адыгов. Лексические корни *Ta/Tay/Tla* составляют основу ряда адыгских антропонимов [14, с. 294]: *Тау*, *Тапиц*, *Таубэч*, *Таубикъ*, *Таушъэ*, *Тауз*, *Таукъу*, *Таучэ*, *Таучэл*, *Таучэиш*, *Танэ*, *Таз*, *Табыхъу*, *Табыц*, *Танац*, *Тамаз*, *Плау*, *Плауш*, *Тэлэц*, *Плэрэиш*, *Тэжэр*, *Тэбий* и многих других. Тамги некоторых из названных родов: *Таучэиш*, *Танац* и др. имеют очертания Т-образного символа.

### Надпись на средней части сосуда № 1 (рис. 3)



**Рис. 3.** Вверху – сосуд №1 («с пейзажем»). Государственный Эрмитаж. Санкт-Петербург; внизу – прорисовка пиктограмм тулова сосуда (по Б. В. Фармаковскому) с адыг. названиями образов

**Fig. 3.** Above is vessel No. 1 ("with landscape") of the State Hermitage Museum. Saint-Petersburg; at the bottom there is a drawing of pictograms of the body of the vessel (according to B.V. Farmakovsky) with adyg. names of images

На рис. 3 приводятся базовые, исходные хатто-адыг. названия пиктограмм и их фрагментов: *щиху* (тополь), *уэр/ор* (волна; бурный), *ха* (арх. орел), *тыха* (арх. лев), *дзэ* (зуб), *шы* (лошадь), *псы уэр/псыор* (поток; речная волна), *гу зэгунэ* (бык перед быком). Из них в той же последовательности озвучивается предложение: «*Щыхь Уэр-Хаты ха дзэ щыпсэуа(р) гузэгунэ*» – «Передовой центр, где проживал почтенный, глава войска Уар-Хатти». Слово *щыхь* (или *щыхъ*) – «святой», «почтенный» и др. выводится из созвучного *щиху* (тополь). Влаголюбивый тополь олицетворяет побег с тополиными признаками (почки, узлы, семена с пухом и др.), исходящий из правого русла реки, потока, изображенного на сосуде [1, с. 64]. Слово *уэр/ор* (волна; бурный; могучий) может вычленяться вторым слогом из очевидной пиктограммы правого русла реки – *пс(ы) уэр* (поток), т.к. префиксальный слог этого понятия озвучивает слово *псае* – «пихта/ель» (куда восходит исток реки), которая изображена вне пределов средней части сосуда – на его горловине (рис. 4); адыг. *уарш* означает «плеск» [8, с. 334].

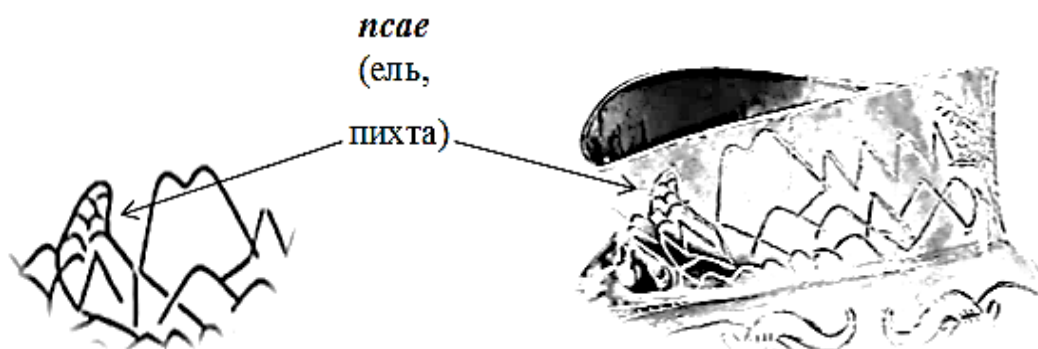


Рис. 4. Пиктограмма, изображающая образ ели/пихты на горловине сосуда

Fig. 4. Pictogram depicting the image of spruce/fir on the neck of the vessel

Вторая часть имени – *Хаты* выводится соединением арх. *ха* в значении «орел» [2, с. 46] (хетт.: *хараиш* – «орел») и префиксального слога *ты* от арх. *тыха* – «лев» (Н. Г. Ловпаче. Майкопская культура (очерки). 2018 г.). Понятие *ха дзэ* – букв. «глава войска» образуется последовательным соединением *ха* (второй слог от *тыха*) и омонима *дзэ* – «зуб» (оскаленный львом) в значении «войско», где хатто-адыго-абх. *ха/һа* – «глава», «царь» [5, с. 55], абаз.: *хадэ* – «старейшина», «глава». Глагольная приставка места *щы* (где) озвучивается названием лошади – *шы* (*щыды* – «осел»). Понятие *псэуа(р)* – «жил» озвучивается словосочетанием *псы уэр* – «поток» (второй реки), который очевиден и дублируется соединением префиксальной *псы* (вода, река), вычлененной из названия водяной птицы *псы бзу* или утки/нырка *псычэт/лал* с *уа(р)/уэр* (бурный) – показателем прошедшего времени. Пиктограмма этой птицы расположена на участке русла с крутым скатом (рис. 3), что возможно толковать как: «вода/река хлынула» – *псы уа*; «птица повалилась» – *псы бзу уэ*, из которых альтернативным способом выводится омоним *псэуэ* – «жил». Кроме того, выражение *псэуар(ы)нлэ* – букв. «место, где жил» (фонема «ы» – соединительная) может выводиться из характеризующего этот скат омонимичного понятия – «быстрина», «стремнина» – адыг. *псы уарынлэ*; стрелки (шевроны) потоков указывают направление течения рек, а места их разломов – на стремительный и бурный характер. Понятие *гузэгунэ* (передовой центр) выводится полным омонимом из очевидного изображения – *гу зэгунэ* – «бык перед быком».

Очередной вариант интерпретации надписи озвучивается с использованием арх. хатто-адыго-абх. синонима воды/реки – *рša* – *пиша* (стр. 232) с привлечением иных омонимов, идеограмм и характеристик при повторном прочтении некоторых образов и фрагментов. Арх. слог *пиша* может извлекаться из адыгского названия водяной птицы



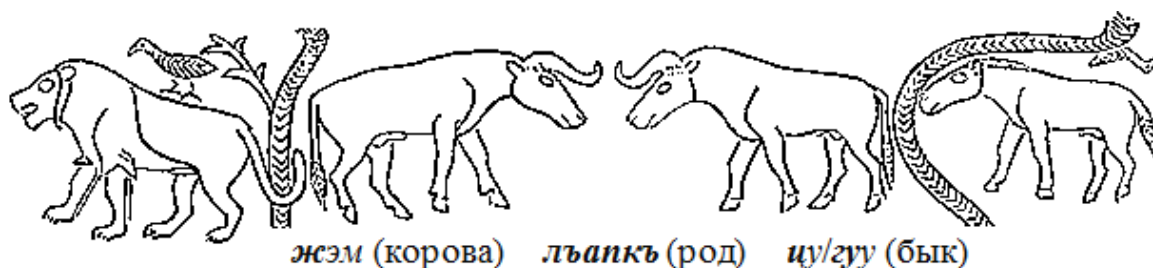
*пиахъоджэд* – «кулик», очертания которой также соответствуют образу перевернутой птицы (рис. 5) и обитающей на р. Терек.



**Рис. 5.** Фрагмент сосуда. Оперение водоплавающей птицы и поверхность русла реки автор выразил одинаковой штриховкой (в «елочку»)

**Fig. 5.** The fragment of a vessel. The plumage of a waterfowl and the surface of the riverbed were expressed by the author with the same hatching (in a "herringbone")

Надпись может считываться с пиктограммы, изображающей лошадь, с которой начинается «шествие». Повторное прочтение в таком порядке, сливаясь с предыдущим вариантом интерпретации, образует новую фразу: «*Шыпцэ уэр цІэлъэпкыжь кыыхэкІа, шІыхъ Уэр-Хаты хабэдзаса лъэпкыжь дзэпаша, шыпца, шыпсауа(р) гузэгу нэ*» – «Передовой центр, где княжил/правил и жил почтенный/святой предводитель передового войска древнего племени хабэдзаса – Уар-Хатти, происходящий из могучего, воинственного, прославленного рода Шыпца/Шыпш». Род/фамилия *Шыпца/Шыпш* озвучивается соединением *шы* (конь) и *рša* – *пиа* (вода/река). Слово *уар* – *уэр/ор* (волна/бурный) в переносном смысле означает «могучий, многочисленный, воинственный». Расположенные друг напротив друга однорогие животные в идеографическом плане олицетворяют род, племя, народ, т.е. – *лъэпкъ* (рис. 6); к этому слову присоединяются в одном ряду форманты *цІэ* и *жь*, производные соотв. от *цу* (бык) и *жэм* (корова), образуя понятие *цІэлъэпкыжь* (прославленный, древний род), где буква «ы» – соединительная.



**Рис. 6.** Идеографический образ рогатого скота в значениях – «род», «племя», «народ», «порода» и т.п.

**Fig. 6.** Ideographic image of cattle in the meanings – "genus", "tribe", "people", "breed", etc.

По Г.Ф. Турчанинову форма *цу* исторически производна от *цэ* и «очень рано звук *э* перешел в звук *у*» [2, с. 75]. Ученый трактует эти пиктограммы аналогичным образом: «мощный (могущественный) род» – *цэ жэ* [2, с. 76].

Полный омоним слова *кыыхэкІа* – «побег» (тополя) в тексте означает «происходящий». Сочетание *ШІыхъ Уэр-Хаты* (святой/почтенный Уар Хатти) выводится ранее упомянутым способом (стр. 238). Фольклорная форма *Хаму* (клинописная – *Hatti/Xammu*) может выводиться, если арх. название льва рассматривать как *tuh* (*мух*), что означало в хатт. языке «бог», «царь», «жертвоприношение». С хаттским *tuh* (*мух*) сопоставимо каб. *тых*, означающее «жертвоприношение», что предполагает и тождественность понятий *туха* и

*тыха*, в т.ч. и в арх. значении «лев». Заметим, что хатто-адыг. сакральное *тыха* означает букв. «отец-голова»; «отец зверей». Вероятностный арх. этноним *хабадзаса* озвучивается соединением лексических единиц – префиксальной *ха* как продолжение второго слога от *тыха* (лев) с *ба дзэса* – букв. «массивный зуб-нож». Примечательно, что ареал крупнейшего в прошлом адыгского субэтноса *абадзэ* (абадзехов) исторически приходился на сердцевину майкопской культуры, где более всего сконцентрированы ее памятники, согласно карте археологических раскопок (рис. 7). Понятие *лъэпкъыжъ* (древнего племени/народа/породы) озвучивается арх. омонимом «коготастый» (лев), где арх. слово *лъэпкъ* – «коготь», состоящее из *лъэ* – «нога», *пкъ* – «костяк», восстанавливается морфологически по аналогии с каб. словом *дзэпкъ* (клык), где *дзэ* – зуб, *пкъ* – «костяк», которое в свою очередь тоже оказалось утраченным в других адыгских диалектах; конечная *жъ* означает «старый», «древний» и др.

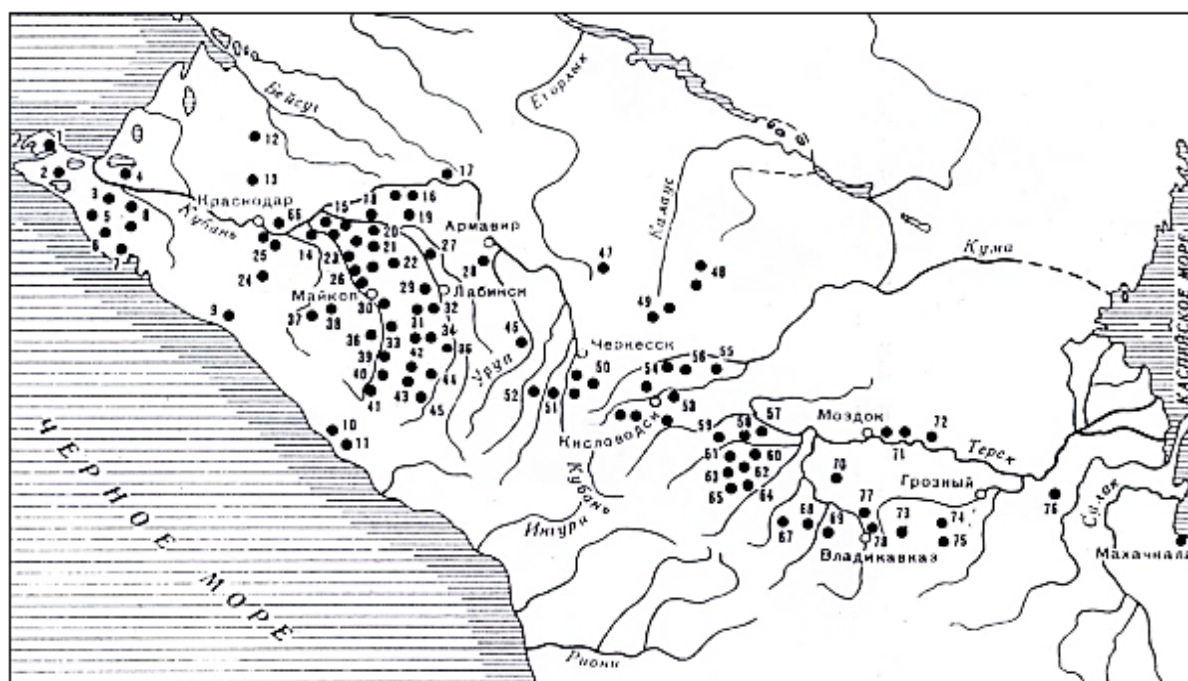


Рис. 7. Памятники майкопской культуры (по Р. М. Мунчаеву)

Fig. 7. Monuments of the Maikop culture (according to R. M. Munchaev)

Автор явно демонстрирует большие, загнутые когти взрослого льва, которые предназначены для захвата, хотя в обычном состоянии и в том, в каком хищник показан на рисунке, они всегда втянуты. (Гепард – единственный вид семейства кошачьих, у которого невтяжные когти). Понятие *дзэпацха* (военачальник; предводитель авангарда, войска) фонетизируется очевидными фрагментами – *дзэ* – «зуб» льва (омоним – «войско»), *па* (передний), *цха* (голова; верхний); здесь уместны альтернативные понятия: *дзэпкъыцха* (глава воинского костяка/ касты), выводимое из *дзэпкъ* (клык; костяк войск) и *цха* (верхний, глава); *дзэпэрым* (предводитель войска), выводимое омонимом из слов: *дзэ* (зуб; войско) и его местоположения у льва – *пэрым* (передний; вожак); *дзэпацым* (стоящий впереди войск) выводится из *дзэ* (зуб; войско), *па* (передний), *цым* (расположен, стоит); *дзэпхъэбгъу* (оскал зубов; широко/далеко распространяющимся войском); *дзэпкъыцхуэ* (клыкастый; великий войсковой костяк/корпус). (В адыгском языке существительное *дзэ* имеет два омонимичных значения – «зуб» и «войско», что перекликается с сюжетом др.-греческой мифологии об аргонавтах (упоминаемой в

исследованиях Г. Ф. Турчанинова), где в царстве Колхиды из зубов дракона, брошенных на распаханную землю, вырастает войско). Понятие *щыпцá* (где княжил, властвовал, правил), с ударением на конечную гласную, считается повторно соединением кратких адыго-хатт. слов – *шы* (лошадь) и *пша* (вода/река; правил/княжил); словосочетание *щыпсауá(р) гуззу пэ* (передовой центр, где проживал) выводится ранее изложенным способом (стр. 238). Дополнительное привлечение гидронима *Пиыжэ* (р. Кубань) в его омонимичном значении – «истинный, великий князь/правитель» – дополняет характеристику вождя по контексту: «...*щДыхъ пшыжэ Уэр-Хаты...*» – «...святой, великий/истинный князь/правитель Уар-Хатти...».

Полисинтетические и агглютинативные особенности абхазо-черкесских языков предполагают соединение взаимосвязанных понятий предложения или словосочетания, соотв., полной или частичной инкорпорацией, в одно объемное слово. Этому способствует и гибкость адыгских слов, исключаяющих необходимость употребления предлогов. На фрагменте рис. 3 из названий неразделенных компонентов пиктограмм и их связи посредством львиного хвоста может озвучиваться производное словосочетание, также скрепленное интонациями в одно сложное, цельное слово:

«... *ЩДыхъ УэрХаты хабэдзсальэпкыжэ дзэпцха* ...» Перевод (в порядке адыг. слов) – «...Святой Уар-Хаты хабадзаса древнего племени войск предводитель...». Другие примеры сложных слов и инкорпораций: адыг. *дзэхозэжэ* (мы снова встретились); *шызэрыгэжэгузгу* (беговая дорожка для лошади); абаз. *мараглатишкларыцЫрта* (восток; букв. – место, где восходит солнце) и т.п.

Таким образом, упоминаемый в надписи древний царь, которого Г. Ф. Турчанинов трактует, как «Лев Ачбовых» [2, с. 76], в адыгской версии предстает, как *Уэр-Хаты* из рода *Шыпи/Щыпцэ*. По имеющимся источникам (данным клинописных текстов с хронологическим пересчетом древнеассирийского царя XXIII в. до н.э. Нарам-Сина), царь хаттского племени Фар Хатти (Var/Уар Hatti – царь Хатти) или *Уар-Хату* (по адыг. преданиям) организовал поход в Малую Азию, который завершился в 3750 г. до н.э. на Евфрате созданием царства [17, с. 24]. Какими судьбами с этой датой связано почти синхронное появление на Северном Кавказе майкопской культуры с ее многочисленными артефактами, в т.ч. кургана Ошад, схожими с аналогичными памятниками материальной культуры Месопотамии и даже др.-инд. г. Мохенджо-Даро [11, с. 234, 235], следует уточнить. Если эти хронологии находятся в определенной корреляции, то возникают резонные вопросы, связанные с идентификацией неординарной личности вождя, погребенного со столь высокими почестями и беспрецедентной роскошью в кургане с мировым именем. *Царь Уар-Хатти мог быть похоронен (или перезахоронен) на земле предков как император, предводитель передового войска, возможно, первой империи доиндоевропейской цивилизации. Культуры Малой Азии и Месопотамии были звеньями одной цепи, связанными с Кавказом и Балкано-Карпатским регионом. Древний Майкоп мог явиться резиденцией Уар-Хатти, ставкой, одновременно, будучи центром Циркумпонтийской металлургической общности и метрополией* [18, с. 10] *обширной, централизованной империи, включающей и прикаспийские территории*. Б. Х. Бгажноков отмечает: «Майкопская культура стала, по словам Е. Н. Черных, «прародительницей» и центром Циркумпонтийской металлургической провинции IV–III тысячелетий до н.э., охватывавшей громадное, населенное множеством племен, пространство вокруг Черного моря» [19, с. 15]. Вместе с тем влияние майкопской культуры распространялось на земли, прилегающие к акватории Каспийского моря, и Среднюю Азию [11, с. 245, 459; 20, с. 59].

В ряду разнообразных монархических, царских регалий предстает великолепная булава (рис. 8) – «символ власти военачальника» [9, с. 63]. М. В. Горелик считает, что булава «являлась одной из основных инсигний власти, символизируя неразрывность

гражданской, военной и сакрально-магической сущностей», и именно «парадные» из них изготавливались из камня – «ритуального материала» [20, с. 57]. Усматривая в булаве маркер социального статуса, исследователь в то же время резюмирует: «Социально-репрезентативный фактор обусловил длительное широкое распространение булавы в обществах с очень высоким уровнем производства металлического оружия, но с низким уровнем социальной стратификации, каковыми были общества Кавказа и Западного Ирана, абсолютное большинство населения которых состояло, видимо, из свободных общинников» [20, с. 60]. Найденные в погребении булава (адыг. прич. форма *уар* – «ударяющий, бьющий»), большое число оружейных изделий и культовых предметов, а также ряд артефактов, обнаруживающих аналоги в Малой Азии и Месопотамии (возможно, частью привозных, трофейных), могут говорить о том, что в кургане захоронен не рядовой правитель, а вернувшийся на родину верховный представитель воинской касты и жречества, который обрел славу эпохального лидера, исторической личности и народного героя.



**Рис. 8.** Навершие булавы из драгоценного камня в золотой оправе. IV тыс. Курган Ошад. Государственный Эрмитаж. Санкт-Петербург

**Fig. 8.** The pommel of the mace is made of a precious stone in a gold frame. IV. The Oshad mound. The State Hermitage Museum. Saint-Petersburg

Ж. В. Кагазежев замечает: «Само имя полководца, скорее всего, правителя, – Уар-Хату имеет смысловое значение. Слово «уэ» с адыгского означает «удар/ударить». От него происходят и слова, связанные с военной терминологией адыгов: *зауэ* – война, *зауэн* – воевать, *еуэн* – ударить и т.д. Уар или уэр и сейчас используется в значении «множественная/громкая», «тотальная», связанная с энергичным движением большого количества людей либо природной силы. Этимология адыгского «уэр» и праиндоевропейских слов «*wag*» / «*wers*» – «война» / «конфликт», скорее всего, родственна, и происходят они из одного корня. Исходя из вышесказанного, этимологию антропонима «Уар-Хату» можно трактовать как «военачальник страны Хату/Хатти» [21, с. 176]. Эти выводы согласуются с взглядами и мнением С. Н. Кореневского, которые разделяет и Б. Х. Бгажноков, констатируя, что «по насыщенности предметами охоты и войны майкопские погребения не имеют себе равных на Кавказе. В распоряжении местных племен были типы оружия по эффективности, не уступающие даже оружию воинов государственного периода древнего Египта и Шумера (копья с бронзовыми наконечниками, бронзовые топоры, кинжалы)» [18, с. 19].

По некоторым сведениям, лошади майкопской культуры выводились и использовались, главным образом, уже для верховой езды «выделившейся знати» (Р. М. Мунчаев. 1973, В. Б. Ковалевская. 1977). Это немаловажное обстоятельство свидетельствует о том, что, будучи у истоков domestikации животных, население предмайкопской и особенно



майкопской культурной общности продвинулось далеко вперед в развитии отрасли коневодства. В этой связи показательны лексические сопоставления Б. Х. Бгажнокова: «К черкесскому обозначению колесничего – *шырым*, букв. «стоящий на коне (на/в колеснице)» восходит, по всей вероятности, название колесницы – *chariot*, распространенное в десятках современных языков, в том числе индоевропейских. Слово *chariot* означает «колесница» в английском, французском (*char*), ирландском, шотландском, голландском, норвежском, грузинском, армянском, азербайджанском, словацком, сунданском, сербском (*чхариот*), литовском и других языках. Но термин *chariot* в перечисленных языках не имеет внутренней формы, позволяющей представить, каким образом сформировалось его значение. Между тем состав слова *шырым* в черкесском языке вполне очевиден: *шы* – лошадь, *ры* – сема (морфема), которая, появляясь в сложном слове между двумя корнями, придает ему орудное значение, и, наконец, *т/ты* (хаттск. *tí*) – стоять, находиться. В дополнение к сказанному заметим, что, по всей видимости, касситами и эламитами было воспринято черкесское слово *иу* – «всадник» [22, с. 20, 21].

Следовательно, хатто-адыг.: *шы* (конь) и *рša* – *ниа* (река; княжил), а также образованная ими древняя и современная адыг. фамилия/род **Шыпцэ** или **Шыпш** (в возможной интерпретации – князь-коневод, владыка/покровитель лошадей) засвидетельствованы и бытовали за несколько тысячелетий до н.э.

Называя курган и его находки замечательными, академическая наука отмечает, что в целом Северный Кавказ в эпоху бронзы «по темпам развития, безусловно, далеко обогнал другие области материковой Европы» [11, с. 235, 238], что, несомненно, обусловило резкий экономический подъем и развитие территорий, распространявшихся далеко за пределами самого Кавказа [11, с. 245, 246].

Данные о возрасте кургана Ошад предварительны и ориентировочны, поскольку современные методы датирования могут допускать определенные погрешности и отклонения в сотни лет, как и древние летоисчисления.

#### Надпись на придонной части сосуда № 1 (рис. 9)

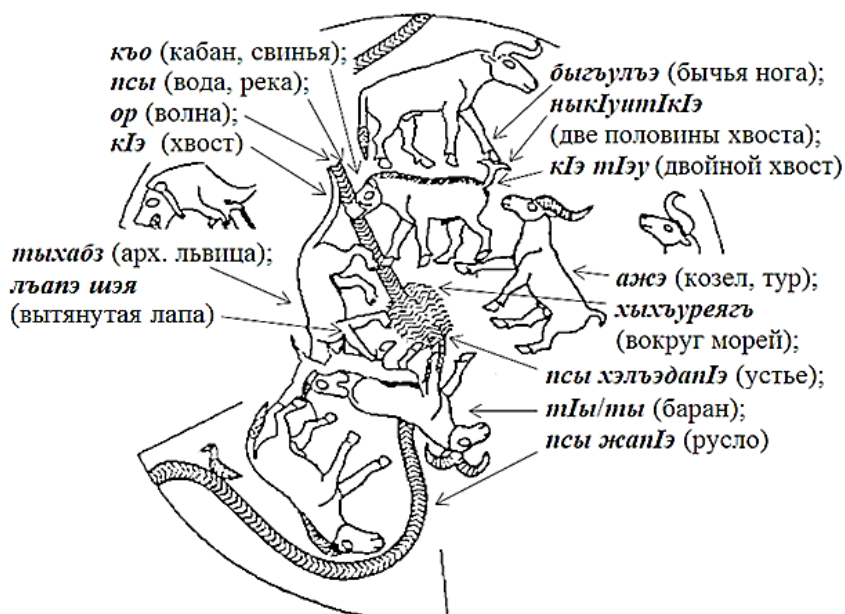


Рис. 9. Фрагмент. Прорисовка днища сосуда № 1 (по Е. С. Матвееву)  
с адыг. названиями образов

Fig. 9. The fragment. Drawing the bottom of vessel No. 1 (according to E.S. Matveev)  
from adyg. names of images

Надпись на днище сосуда (рис. 9) считывается по ходу «шествия», которое начинается с пиктограммы козла и заканчивается на изображении русла второй реки. Визуальное описание здесь преломляется в контексте, который в части сакрального нарратива гласит: *А жэ(р) быгъульэныкъуиткIэ, тIуацIэ къопс оркIэ, Псытха бза/бзыкIэ, лъапIэцэ ты псалъэуэ, хытI хъурегъу, псыжанIэ-хэлъэдапIу* – «(А) этими текущими по обе стороны быков /по двум боковым сторонам двойным волновым ответвлением/рукавом рек *Псытха*, нашего святейшего слова, гравирована вокруг двух морей, руслами-устьями рек». Понятие *А жэ(р)* – «(А) этими текущими/бегущими» озвучивается полным омонимом из слова *ажэ (р)*, где *ажэ* – «козел; тур» (частица *р* – показатель причастия и определенного существительного). Понятие *быгъульэныкъуиткIэ* – «по обе стороны быков» формируется соединением названий образов: *быгъу* – «бык», *лъэ* – «нога» быка, которая упирается в *ныкъуиткIэ* – «две половины хвоста» (кабана) и может озвучиваться как *б(ы)гъульэныкъуиткIэ* – «по двум боковым сторонам». Однако смысл не изменится, если исключить это составное слово, трактуемое с привлечением сочлененной пиктограммы быка из среднего яруса, поскольку оно может заменяться очевидным понятием *кIэ тIуацIэ* – «двойной хвост» или *кIэ тIэу* – «двумя хвостами/концами» (кабана). Словосочетание *тIуацIэ къопс(ы) оркIэ* – «двойным волновым ответвлением, рукавом (рек)» образуется из понятий: *тIуацIэ* – «двойной, раздвоенный» (хвост кабана); сочленения слога *къо*, озвученного словом «кабан» и *псыор* – «речная волна; поток» (уголки в виде волн, указывают направление потока), куда приходится голова кабана, образуя понятия *къопс(ы)ор* – «волновое ответвление, рукав реки, проток», где *ор/уэр* – «волна», «бурный» и *кIэ* – «хвост» львицы, в который упирается пасть кабана, образуя грамматическую форму *оркIэ* – «волновыми». Альтернативные прочтения – *тIуацIэ къо псыоркIэ* – «двумя волновыми речными долинами» и *кIэ тIэу къуэжкIэ* – «двойными концами рукавов рек», где формант *ж* произведен от *ижэ/жэ* – «течение». Выражение *Псытха бза/бз(ы)кIэ* – «Псытха гравирована», где *Псытха* – теоним в значении Богиня вод/рек, – образуется сочетанием слов: *псы* – «вода/река», куда ступает львица – арх. *т(ы)хабз*, где *т(ы)ха* – «божество», *бз(ы)* – «самка» (омоним – «вырезанная»), а в сочленении с *кIэ* (хвост) – *бз(ы)кIэ* (гравированная) [7, с. 189]; хвост барана изображен куцом, словно вырезан – *бза* [8, с. 28]), отхвачен – (*бз(ы)кIэ*) раскрытой пастью львицы, подобно ножницам. Сочетание *лъэпацэ* – «распрявленная передняя лапа» (львицы) или *лъапIэцэ* – «крупная нога» озвучивают понятие *лъапIэцэ* – «очень дорогим, почитаемым, святым». Сочетание *ты/тIы* «баран» (хатт.: *tí* [5, с. 54]), *псы* (река), *лъэ* (нога) *уа/уа* (впала, провалилась) озвучивает понятие *ты псалъэуэ* – «нашим словом» (очень почитаемым). Поскольку на дне сосуда изображен абстрактный водоем, куда впадают и Кубань, и Терек и вокруг которого разворачивается «процессия», то в равной мере он может расцениваться и как Черное море, и как Каспийское. Соответственно, образуется понятие *хытI хъурегъу* – «вокруг двух морей», где безударная, грамматическая форма *тI(ы)* выводится из омонима *тIы* (баран), означая в конце слов число два (*тI*). Очевидно, что животные, и в т.ч. львица, расположены вокруг водоема. Слово *псыжанIэ* означает «русло», букв. «место, где течет река» – пиктограммы русел рек очевидны. Синонимы *псы хэлъэдапIэ* (букв. «место, куда вливается, впадает вода/река»), *псынэ* (букв. «нос/перед реки») или *псы хэхуапIэ* (букв. «место, куда упала, впала, загнана вода/река»), где *хэхуа* – «впал; упал; загнан», *пIэ* – «место», означают «устье, место впадения реки». Баран ногой «угодил в реку» – *псым хэлъэда* или «загнан» в воду (львицей), «угодив в воду» – *псым хэхуа*, в месте – *пIэ*, на которое приходится и указывает копыто передней ноги животного в устье реки. Понятие *псыжанIэ-хэлъэдапIу* означает в контексте «устьями-руслами рек».

Следует отметить, что если даже водоем рассматривать только как Черное море (по Г. Ф. Турчанинову), тогда адыгские интерпретации могут ограничиваться описаниями пределов Циркумпонтийской металлургической провинции (ЦМП).

Религиозная идея красной нитью пролегает в повествовании. При этом солярные мотивы отражаются главным образом на горловине сосуда, а культу Богини вод/рек посвящена преимущественно надпись на днище, что соответствует местоположению этих природных явлений в макром мире. Данные дешифровки вместе с ранее изложенными в научной статье «Исследование надписей сосуда № 1 из кургана Ошад майкопской культуры» [1, с. 56–77] являют собой только составную часть полной версии интерпретаций, где просматриваются и анимистические воззрения древних. Резонно замечает М. Г. Кук: «Изображения, представленные на данных сосудах, являются символами, а их содержательная программа обладает многозначностью» [23, с. 287]. В однозначных же трактовках пиктографических образов выстраиваются упрощенные, лаконичные формы, которые легко выводятся даже языковыми средствами одного диалекта. Например, подобные варианты отдельных интерпретаций надписей сосуда гласят: а) на горловине: *Мыекъонс ТхъачИэгъ/ТхъэцИэгъ абрагъу мыцИэ и хъу и гъукъэ, къыхэкIа лъэпкъыгъу(э), зыцИэблэу шхъап* – «Под богом Тха Майкопса огромная ювелирно-кузнечной (металлургической) выделившейся отрасли, сияющая вершина» [1, с. 74]; б) на тулове: *Щыпцэ уэр лъэпкъ къыхэкIа Уэр-Хаты ха* – «Царь Уар Хатти происходит из могучего рода Щыпца/Шыпш», где *ха (ha)* – хатт. «царь»; в поэтическом исполнении: *Щыхъу Уэр-Хаты ха – Щыпцэ уэр цIэлъэпIкыжъ* – «Щыпцэ рода мощного – Уар Хатти святейший царь» или *Щыхъ уэр хатыха щыпсэуа(р) гузэгу нэ* – «Передовой центр, где проживали почтенные, могучие/многочисленные хатты» [1, с. 63]; в) на днище: *Ажэкъо КIэтIау урыбзыкIэты* – «Ажако Кятау отгравировал» [1, с. 69]. Можно было бы ограничиться этими однозначными трактовками. Однако одни и те же образы и выводимые из них слова и понятия могут считываться на равных началах и по-разному, что обусловило разнообразие семантически взаимосвязанных интерпретаций. Так, например, словосочетание *уэр хаты ха* может переводиться как «Уар-Хатти царь» (стр. 238), так и «Могучие хатты» [1, с. 63]; *уэр/уа(р)* означает «бурный», «обильный» или озвучивает хатто-адыг. суффикс [24, с. 111] – показатель глаголов прошедшего времени (стр. 238); обособленное взаиморасположение быков может расцениваться в идеографическом плане как род/племя (*лъэпкъ*) или озвучивать понятие «передовой центр» (*гузэгу нэ*) и др.; омонимами передается слово *тхыцIэ*: «спина», «хребет», «писаное имя» и др. [1, с. 75]; синонимы воды *пиа/пса/псы* (стр. 232, 238) в сочетаниях также образуют различные слова и понятия и т.п.

Очевидно, что для передачи объемной информации древний автор прибегает к разным приемам. Иные сообщения прочитываются, если детально вникать в искусственно привнесенные им иррациональные образы и элементы. Для этого изображены не только кабан с раздвоенным хвостом, лев с выпущенными когтями (вне атаки) и птица в перевернутом положении, но и показан медведь с огромной головой как у осла/лошади, мордой собаки, задней частью и хвостом как у онагра/осла; в нижнюю боковую почку побега сегментом вписан нож, типичный для майкопской культуры [1, с. 64], и т.п. Из них выводятся, комбинируются и считаются новые слова, образующие очередные сведения.

Возможности и умение столь оригинальными для своей эпохи способами передать весьма содержательную и разветвленную информацию, на первый взгляд, предстают загадочными, а манера письма – сумбурной, так же, как древние могли воспринимать головоломкой современное алфавитное письмо.

Глоттохронологический анализ основных адыгских слов и их корней в данном исследовании обнаруживает параллели в ряде утраченных языков древности, которые восходят по крайней мере к IV–II тыс. до н.э.: *тха* (бог), *псы/пиа* (вода), *нэху/нэфы* (свет), *пина/пына* (загорелся), *на* (глаз), *уар* (обильный, мощный и др.), *бэ* (масса и др.), *цха/ха* (голова), *гуу/быгъу* (бык), *па* (нос; передний), *шы* (лошадь), *ажэ* (козел, тур),

ты/тІы (баран) и др. Подобные лексические соответствия возводят кавказские языки к глубокой древности и подтверждают выводы ученых о том, что «основной фонд» адыго-абхазских языков (за редкими архаизмами) не изменился с эпохи бронзы [25, с. 196].

### Выводы

1. В изготовлении и оформлении сосудов кургана Ошад и их надписей принимали участие первоклассные мастера и высокопрофессиональные специалисты майкопской культуры. Формируя сообщения на основе пиктографии, они привлекали разнодиалектную лексику мегаполиса *Мыекъопс* (вероятно, наидревнейшего из известных топонимов), куда разными волнами стекались со всех сторон этнические группы, сосуществуя и консолидируясь с родственным местным населением. Отдельные разнодиалектные хатто-адыг. слова соседствуют и в хеттском лексиконе, например, *аппа* (мать), соответствующая восточно-адыг. и *atta, tat* (отец) – западно-адыг. диалектам. При этом очевидно, что древние авторы стремились привлекать общеупотребительные, диалектные слова, воздерживаясь от использования эндемической лексики, свойственной только той или иной географической местности.

2. Исследуемое письмо носит сложный, нерасчлененный характер; пребывая в синкретической форме, оно не является ни чисто пиктографическим, когда рисунки означают только то, что на них изображено, ни чисто слоговым и алфавитным, где слоги и буквы уже выделены и состоялись в качестве словообразующих элементов. Функционируя на ранних стадиях эволюции письменности, оно приходится, с другой стороны, на позднюю стадию пиктографии и являет собой, очевидно, промежуточное, переходное письмо с фонетическими зачатками и предпосылками в роли предтечи идеографического (включая иероглифику с фигурными знаками), слогового и алфавитного письма, рассматриваемых (в современной классификации) как последовательно сменяющиеся этапы.

3. Развернутые, полные тексты в надписях сосуда образуются соединением или фузией (слиянием) альтернативных, семантически и логически взаимосвязанных вариантов прочтений, дополняющих друг друга.

4. В религиозном мировоззрении представителей майкопской культуры усматриваются признаки монолатрического политеизма, основанного на почитании различных божеств, при главенствующем одном. В разные эпохи или в одну, но в разных частях Ойкумены его олицетворяло приоритетное божество – двуединое, матриархальное или небесное, в апофеозе которого на этапе солнцепоклонничества в рассматриваемую эпоху предстает солнечное светило.

5. Согласно дешифровкам надписи сосуда № 1 в кургане Ошад, с богатым арсеналом погребального инвентаря и с символами монархической и жреческой власти, был захоронен святой *Уар-Хатти/Хату* из рода *Шытти/Шыпицэ* – первый и, возможно, единственный император-солнцепоклонник доиндоевропейской цивилизации, на периферии которой формировались подвластные ей ранние индоевропейские, семитские и др. племена. Был ли это царь, которого называют вышеупомянутые клинописные тексты и народные предания, или его последователь с таким же именем, прояснят точные и окончательные датировки. При этом надо отметить, что древние титулы и имена монархов часто наследовались преемниками: Саргон I, Саргон II; Хетти I, Хети II, Хети III и др.; Хаттусили I, Хаттусили II, Хаттусили III; Рамсес I, Рамсес II и т.п.

В современном адыгском обществе весьма распространены фамилии на «уар» и «шы»: *Уарэзей, Уардэцауэ, Уардокъуэ, Уардым, Уарзэлы, Уаршыкъуэ, Уаркъ, Уаршэкудыгъу, Уарсей, Уартэн, Уарыш, Уарицо* и др.; *Шыгэлыгъуэ, Шыгун, Шыгъуэстэн, Шыгъур, Шыгъус, Шыгъушэ, Шыгъушх, Шыд, Шыдакъ, Шыдыгъу, Шыкуэ, Шытти/Шыпицэ, Шымэзэкъуэ, Шыклэбахъуэ, Шытлу, Шыу* и др.



Сокровища кургана Ошад и содержание надписей его сосудов, сопровождающие вождя-гегемона и его приближенных, отражают основной жизнеутверждающий и созидательный концепт бытия хатто-хурритского сообщества. На фоне этих реалий приходит осознание той истины, что приверженцы архаичных верований не только способствовали сохранению человечества как ветви в условиях агрессивной среды обитания прошлого, но и заложили фундаментальные основы для его материального и духовного развития в будущем.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Вороков А. К.* Исследование надписей сосуда №1 из кургана Ошад майкопской культуры // *Международный научный журнал «Символ науки»*. Т. 2. № 12–1. 2023. С. 56–77. EDN: JHXZHC
2. *Турчанинов Г. Ф.* Открытие и дешифровка древнейшей письменности Кавказа. М., 1999. 263 с.
3. *Бубенок О. Б.* Древний кавказский (адыгский) субстрат в Северном Причерноморье // *Археология и этнология Северного Кавказа*. № 7. Нальчик: КБГИГИ, 2017. С. 7–33.
4. *Дзуганова Р. Х.* Топонимические термины в адыгском нартском эпосе // *Вестник Кабардино-Балкарского института гуманитарных исследований*. 2019. № 1(40). С. 44–51. DOI: 10.31007/2306-5826-2019-1-40-44-51
5. *Тихонова А. П.* Разноаспектное исследование хаттских текстов // *Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 2: филология и искусствоведение*. 2021. С. 50–57. DOI: 10.53598/2410-3489-2021-4-287-50-57
6. *Коков Дж. Н.* Адыгская (черкесская) топонимия. Нальчик: Эльбрус, 1974. 16 с.
7. *Большой русско-кабардино-черкесский словарь*. Сост.: *Б. Ч. Бижоев, Х. Ч. Желетежев, Д. М. Кумыкова, Х. Т. Тимижев*. Нальчик: Фрегат, 2021. 792 с.
8. *Шаов Ж. А., Меретуков К. Х., Водождоков Х. Д. и др.* Адыгейско-русский словарь. Адыгейск. Майкоп. 1975. 440 с.
9. *Ожегов С. И., Шведова Н. Ю.* Толковый словарь русского языка. М.: Азбуковник, 1997. 944 с.
10. *Кумахов М. А.* К этимологии имени основного героя адыгского и абхазского эпоса // *Сказания о нартах – эпос народов Кавказа*. М.: Наука, 1969. 551 с.
11. *Всемирная история*. М.: Госполитиздат, 1955. Т. 1. 746 с.
12. *Истрин В. А.* Развитие письма. М.: Издательство Академии наук СССР, 1961. 395 с.
13. *Меретуков К. Х.* Адыгейский топонимический словарь. Майкоп: Качество, 2003. 424 с.
14. *Вороков А. К.* Феномен Тха. Нальчик: Принт-Центр, 2020. 388 с.
15. *Кагазежев Ж. В.* Тау-символ в адыгской традиционной религии // *Вестник Владикавказского научного центра РАН*. 2022. Т. 22. № 1. С. 35–38. DOI: 10.46698/VNC.2022.88.53.001
16. *Биццо Б. Ч.* Адыгэбзэм и псалъэгъэнахуэ. Налшык: Эльбрус, 2015. 376 с.
17. *Ловпаче Н. Г.* Мировоззрение древних атыхов, хаттов. Мир культуры адыгов / Сост. и науч. ред. Р. А. Ханаху. Майкоп: Адыгея, 2002. С. 23–34.
18. *Бгажноков Б. Х.* Ключевые вопросы древнейшей истории адыгов // В кн. *Очерки древней и средневековой истории адыгов*. Нальчик: КБГИГИ, 2016. С. 7–19.
19. *Бгажноков Б. Х.* К вопросу о достижениях майкопской культуры // *Сборник научных трудов «Археология и этнология Северного Кавказа»*. Нальчик: Редакционно-издательский отдел КБГИГИ, 2019. С. 7–24.
20. *Горелик М. В.* Оружие древнего Востока (IV тысячелетие – IV в. до н.э.). М.: Восточная литература, 1993. 352 с.

21. Кагазежев Ж. В. Проблема происхождения эндоэтнонима «адыгэ» (adyge) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6(104). С. 174–184. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-174-184
22. Бгажноков Б. Х. Кассито-хатто-каскайские историко-культурные и лексические связи и параллели // Вестник Кабардино-Балкарского института гуманитарных исследований. 2019. № 3(42). С. 15–22. DOI: 10.31007/2306-5826-2019-3-42-15-22
23. Кук М. Г. Художественный металл майкопской культуры из кургана Ошад // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 2: Филология и искусствоведение, 2014. № 2(140). С. 284–289. EDN: SZZTEN
24. Тихонова А. П. Времена и наклонения в хаттском и абхазо-адыгских языках // Вестник Адыгейского государственного университета. Серия 2: Филология и искусствоведение. 2017. Выпуск 1(192). С. 108–114. EDN: YPCHCJ
25. Лавров Л. И. О происхождении народов Северо-Западного Кавказа // Сборник статей по истории Кабарды. Нальчик: Кабполиграфиздат, 1954. Вып. III. С. 193–207.

## REFERENCES

1. Vorokov A.K. The study of inscriptions in vessel No. 1 from the Oshad mound of the Maikop culture. *Symbol of science: international scientific journal*. Vol. 2. No. 12-1, 2023. Pp. 56–77. EDN: JHXZHC. (In Russian)
2. Turchaninov G.F. *Otkrytie i deshifrovka drevneishey pis'mennosti Kavkaza* [The discovery and deciphering of the oldest written language of the Caucasus]. Moscow, 1999. 263 p. (In Russian)
3. Bubenok O.B. The ancient Caucasian (Adyghe) substrate in the northern Black Sea region. *Arheologiya i etnologiya Severnogo Kavkaza* [Archeology and Ethnology of the North Caucasus]. No. 7. Nalchik: KBGIGI, 2017. Pp. 7–33. (In Russian)
4. Dzuganova R.Kh. Toponymic terms in the Adyghe Nart epic. *Vestnik Kabardino-Balkarskogo instituta gumanitarnykh issledovaniy* [Bulletin of the Kabardino-Balkarian Institute for Humanitarian Research]. 2019. No. 1(40). Pp. 44–51. DOI: 10.31007/2306-5826-2019-1-40-44-51. (In Russian)
5. Tikhonova A.P. A multidimensional study of Khatt texts. *Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 2: Filologiya i iskusstvovedenie* [Bulletin of Adygea State University. Series 2: philology and art history]. 2021. No. 4(287). Pp. 50–57. DOI: 10.53598/2410-3489-2021-4-287-50-57. (In Russian)
6. Kokov Dzh.N. *Adygsкая (cherkessкая) toponimiya* [Adyghe (Circassian) toponymy]. Nalchik: Elbrus, 1974. 316 p. (In Russian)
7. *Bol'shoy russko-kabardino-cherkesskiy slovar'* [The Great Russian-Kabardino-Circassian dictionary]. B.Ch. Bizhoyev, Kh.Ch. Zheletezhev, D.M. Kumykova, Kh.T. Timizhev. Nalchik. The frigate. 2021. 792 p. (In Russian)
8. Shaov J.A., Meretukov K.Kh., Vodozhdokov Kh.D. et al. *Adygeisko-russkiy slovar'* [The Adyghe-Russian dictionary]. Adygheisk Research Institute. Maykop. 1975. 440 p. (In Russian)
9. Ozhegov S.I., Shvedova N.Y. *Tolkovyy slovar' russkogo yazyka* [Explanatory dictionary of the Russian language]. Moscow: ed. The ABC book. 1997. 944 p. (In Russian)
10. Kumakhov M.A. To the etymology of the name of the main hero of the Adyghe and Abkhazian epos. *Skazaniya o nartah – epos narodov Kavkaza* [Tales of narts – the epic of the peoples of the Caucasus]. Moscow: Nauka, 1969. 551 p. (In Russian)
11. *Vsemirnaya istoriya* [World history]. Moscow: Gospolitizdat, 1955. Vol. 1. 746 p. (In Russian)

12. Istrin V.A. *Razvitie pis'ma* [The development of writing]. Moscow: Publishing House of the Academy of Sciences, USSR, 1961. 395 p. (In Russian)
13. Meretukov K.Kh. *Adygeiskiy toponimicheskii slovar'* [The Adyghe toponymic dictionary]. Maikop: Quality, 2003. 424 p. (In Russian)
14. Vorokov A.K. *Fenomen Tha* [The phenomenon Of Tha]. Nalchik: Print Center, 2020. 388 p. (In Russian)
15. Kagazezhev Zh.V. Tau-symbol in the Adyghe traditional religion. *Vestnik Vladikavkazskogo nauchnogo centra* [Bulletin of the Vladikavkaz Scientific Center of the Russian Academy of Sciences]. Vol. 22. No. 1. 2022. Pp. 35–38. DOI: 10.46698/VNC.2022.88.53.001. (In Russian)
16. Bishio B.C. *Adygabzem and psalegenahue*. Nalshik: Elbrus, 2015. 376 p. (In Kabardin)
17. Lovpache N.G. *Mirovozzrenie drevnih atyhov, hattov. Mir kul'tury adygov* [The worldview of the ancient Athykh, Hutts. The world of culture of the Adygs]. Compiled and edited by R.A. Hanakhu. Maykop: Adygea, 2002. Pp. 23–34. (In Russian)
18. Bgazhnokov B.Kh. Key issues of the ancient history of the Adygs. *V kn.: Ocherki drevney i srednevekovoy istorii adygov* [In book: Essays on the ancient and medieval history of the Adygs]. Nalchik: KBIGI, 2016. Pp. 7–19. (In Russian)
19. Bgazhnokov B.Kh. On the question of the achievements of the Maikop culture. *Sbornik nauchnykh trudov «Arheologiya i etnologiya Severnogo Kavkaza»* [Collection of scientific papers "Archeology and Ethnology of the North Caucasus"]. Nalchik: Editorial and Publishing Department of KBIGI, 2019. Pp. 7–24. (In Russian)
20. Gorelik M.V. *Oruzhie drevnego Vostoka (IV tysyacheletie – IV v. do n.e.)* [Weapons of the ancient East (IV millennium – IV century BC)]. Moscow: Oriental Literature, 1993. 352 p. (In Russian)
21. Kagazezhev Zh.V. The problem of the origin of the endoethnonym "adyge". *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021. No. 6(104). Pp. 174–184. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-174-184. (In Russian)
22. Bgazhnokov B.Kh. Kassito-hatto-kaskeyskie historic-cultural and lexical connections and parallels. *Vestnik Kabardino-Balkarskogo instituta gumanitarnykh issledovaniy* [Bulletin of the Kabardino-Balkarian Institute for Humanitarian Research]. Nalchik. 2019. No. 3(42). Pp. 15–22. DOI: 10.31007/2306-5826-2019-3-42-15-22. (In Russian)
23. Kuek M.G. The artistic metal of the Maikop culture from the Oshad mound. *Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 2: Filologiya i iskusstvovedenie* [Bulletin of Adygea State University. Series 2: philology and art history]. 2014. Pp. 284–289. EDN: SZZTEN. (In Russian)
24. Tikhonova A.P. Tenses and moods in the Khatt and Abkhaz-Adyghe languages. *Vestnik Adygeiskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya 2: Filologiya i iskusstvovedenie* [Bulletin of Adygea State University. Series 2: philology and art history]. 2017. No. 1(192). Pp. 108–114. EDN: YPCHCJ. (In Russian)
25. Lavrov L.I. On the origin of the peoples of the North-Western Caucasus. *Collection of articles on the history of Kabarda*. Nalchik: Kabpoligraphizdat, 1954. No. III. Pp. 193–207. (In Russian)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

**Информация об авторе**

**Вороков Анзор Кушумзукович**, мл. науч. сотр. лаборатории «Цифровая палеография» научно-инновационного центра «Естественно-научные методы в археологии, антропологии и археографии», Кабардино-Балкарский научный центр РАН;

360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2;

legatto777@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-9087-5665>, SPIN-код: 5021-3219

**Information about the author**

**Anzor K. Vorokov**, Junior Researcher of the laboratory "Digital paleography" of the scientific and innovative center "Natural scientific methods in archeology, anthropology and archeography" of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street;

legatto777@yandex.ru, ORCID: <http://orcid.org/0009-0001-9087-5665>, SPIN-code: 5021-3219

УДК 93/99(093.2.64) + 94(470.6)

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-251-263

EDN: SVWXZP

Научная статья

## Документы к истории Высочайшего пожалования земель по Золке и Этоке (1840 г.)

З. Ж. Глашева

Институт гуманитарных исследований –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18

**Аннотация.** В статье представлены документы из Российского государственного военно-исторического архива (РГВИА), содержащие сведения о землях по Золке и Этоке за 1839–1840 гг. Актуальность предлагаемых в статье материалов заключается в необходимости введения в научный оборот новых архивных документов для более полного изучения обстоятельств, связанных с выделением кабардинцам земель, лежащих между Золкой и Этокой, и с тем, почему вопрос о них стоял остро на протяжении десятилетий и был решен «Высочайшим пожалованием 1889 г.». Материалы, представленные в статье, позволяют по-новому взглянуть на исторические события, связанные с этими землями.

**Ключевые слова:** Николай I, А. А. Вельяминов, Я. М. Шарданов, Кавказ, Кабарда, Золка, Этока

Поступила 26.08.2024, одобрена после рецензирования 23.09.2024, принята к публикации 02.10.2024

**Для цитирования.** Глашева З. Ж. Документы к истории Высочайшего пожалования земель по Золке и Этоке (1840 г.) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 251–263. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-251-263

Original article

## Documents to the history of the Highest grant of lands by Zolka and Etoka (1840)

Z.Zh. Glasheva

Institute of Humanitarian Researches –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street

**Abstract.** The article presents documents from the Russian State Military Historical Archive (RSMHA), containing information about the lands by Zolka and Etoka for 1839–1840. The relevance of the materials proposed in the article lies in the need to introduce new archival documents into scientific circulation for a more complete study of the circumstances related to the allocation of lands to Kabardians lying between Zolka and Etoka, and why the issue of them has been acute for decades and was resolved by the «Highest grant of 1889». The materials presented in the article allow us to take a fresh look at the historical events associated with these lands.

**Keywords:** Nicholas I, A.A. Velyaminov, Ya.M. Shardanov, Caucasus, Kabarda, Zolka, Etoka

Submitted 26.08.2024, approved after reviewing 23.09.2024, accepted for publication 02.10.2024

**For citation.** Glasheva Z.Zh. Documents to the history of the Highest grant of lands by Zolka and Etoka (1840). *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 251–263. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-251-263

Исследовательский интерес, связанный с проблемой интеграции горских народов в Российское государство и последующими преобразованиями в Кавказском регионе, не утратил своей актуальности. В современной кавказологии представляется актуальным введение в научный оборот новых документов, более полно характеризующих сложившееся положение в землевладении и землепользовании в равнинной части Центрального Кавказа в конце 30-х – начале 40-х гг. XIX в. Предлагаемые документы представляют большой научный интерес с точки зрения социально-политической и экономической истории народов Центрального Кавказа. Некоторые аспекты данной проблемы освещались в работах Т. Х. Кумыкова [5], Х. М. Думанова [4, 5, 6, 9], П. А. Кузьминова [1], Д. Н. Прасолова [7], З. Ж. Глашевой [3].

Одним из важнейших вопросов, стоявших перед кавказской администрацией, был земельный, затрагивающий интересы всех слоев горского населения. С интеграцией Кабарды в административно-политическую систему Российской империи вопрос о закреплении за кабардинским народом владения всеми землями стоял остро. Этот вопрос неоднократно поднимался кабардинскими общественными деятелями перед кавказской военной и гражданской администрацией. В своем обращении в 1827 г. кабардинские князья и уздени просили у И. И. Дибича «о возвращении земель, взятых от кабардинцев, и укреплении таковых в их владении и о возвращении в особенности земель около соляных озер на новом поселении Волгского казачьего полка находящихся» [2, с. 869]. Во время путешествия Николая I по Кавказу в 1837 г. кабардинские депутаты просили о закреплении за ними, земель, лежащих «между речками Золкою и Этокою, которая издревле принадлежала кабардинскому народу... потому всеподданнейше просит о позволении пасти без возбрано стада свои на пустопорожних казне принадлежащих землях лежащих на старой линии за рекою Малкою и Курою» [8, л. 10–11]. В добавление к докладной записке писали, что учреждение крепостей «будет препятствовать сему народу во время хлебопашества и пастьбе разного скота на урочище Этоке и на Золке где все лето должны находится как значится новая линия» [8, л. 11].

17 ноября 1837 г. командующий войсками на Кавказской линии и в Черномории А. А. Вельяминов получил из Военного министерства ответ на прошение кабардинцев. Ему было рекомендовано детально изучить этот вопрос и предоставить подробную информацию вместе со своим мнением «о возможности удовлетворить сию просьбу» [8, л. 1–2 об]. Неоднозначность ответа на просьбу кабардинцев породила межведомственную переписку на протяжении многих десятилетий.

Из рапорта полковника барона Россилиона от 30 ноября 1838 г. за № 8 командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории П. Х. Граббе следует, что российская администрация приступила к сбору сведений о принадлежности земель в Кабарде, о землях, составлявших собственность удалившихся за Кубань кабардинцев, и почему необходимо поручить составление его Я. М. Шарданову: «Не излишним считаю при этом случае заметить, что совершенное знание края, приобретенное Шардановым во время 16 летнего заведывания делами, может быть весьма полезно начальству он один в состоянии привести в исполнение предложение генерала от инфантерии Ермолова, т.е. составить добавление к данной им кабардинскому народу прокламации, в этом добавлении он может с точностью определить отношение князей, и узденей и черного народа между собою и дать

нужные сведения определенности земель в Кабарде вообще на землях принадлежавших кабардинцам удалившимся за Кубань» [8, д. 282, л. 3–3 об].

1 мая 1839 г. начальник штаба войск Кавказской линии А. С. Траскин обратился к Я. М. Шарданову: «По воле командующего войсками на Кавказской линии и в Черномории, вследствие предписания господина командира Отдельного Кавказского корпуса предлагаю Вашему Высокоблагородию составить в дополнение к инструкции данной главноуправляющим генералом от инфантерии Ермоловым кабардинскому народу о управлении сим народом. В проекте этом определить с точностью отношение между собой князей, узденей и черного народа и вообще образ управления или в отношении полиции, суда и расправы и в быту хозяйственном все сии предметы изложить с точностью, сообразно древним обычаям и правам кабардинцев но вместе с тем объяснить как бы вы полагали согласовать или сблизить обычаи азиатцев с законоположениями России, потому уважению, что многие из сих обычаев не могут быть допущены в исполнении их со стороны правительства, как и теперь это не дозволяется, поручение это вы легко можете исполнить, как человек знающий край и управлявший делами 16 лет. Независимо означенный проект, который по окончании извольте представить г. командующему войсками, теперь же представте Его Превосходительству, вообще подробные сведения запискою о принадлежности земель в Кабарде и о землях составляющих собственность удалившихся за Кубань кабардинцев» [8, д. 282, л. 6 об – 7 об].

Уже 20 мая 1839 г. Я. М. Шарданов представил командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории П. Х. Граббе докладную записку о принадлежности земель в Кабарде и землях, составлявших собственность удалившихся за Кубань кабардинцев [6, с. 265–277; 8, л. 11–30 об]. Им также был подготовлен дополнительный проект [6, с. 278–317; 8, л. 40–71]. В первой записке Я. М. Шарданов описал 174 владения с указанием их расположения. В первой половине XIX в. в Кабарде сложилась сложная система землевладения с различными формами землепользования. Я. М. Шарданов выступал за размежевание земель с целью регулирования земельно-правовых отношений. В записке он писал, что имелись участки, принадлежавшие всему народу, среди которых были разделенные и неразделенные, которые считались общенародными, имея в виду районы Малки, Золки и Этоки: «Начиная от старой линии до речки Женалки и по рекам Малке, двум Золкам и Этоке к ущелью, земли есть неразделенные, общенародные, на коих хотя производилось хлебопашество, но наиболее сберегались оные в летнее время для пастбы скота, табунов и баранов. По рекам же Куме, Жицу и Нарзани хотя и были разделены кабардинцами и даже занимали жительство, но ныне я не указываю о принадлежности их, потому что оные отошли под владение русского правительства» [6, с. 275]. Положение о пользовании этими землями будет выработано позднее. Докладные записки, письма, рапорты Я. М. Шарданова дают нам возможность изучить социально-политическое положение в Кабарде в 30-х гг. XIX в.

Представленные документы раскрывают, как решался вопрос по наделению кабардинцев землей, они также отражают социально-политическую и экономическую политику России на Северном Кавказе. Российское правительство, не имея возможности положительно ответить на просьбу кабардинских депутатов, осуществляло политику по «позволению» пользоваться землями по Золке и Этоке в течение одного сельскохозяйственного года, оставляя решение проблемы на потом. Данная политика была рассчитана в первую очередь на укрепление в регионе российских позиций. Представленные документы освещают межведомственную переписку за 1839 и 1840 гг., начатую после прошения кабардинских депутатов императору Николаю I в 1837 г.

Приведенные ниже архивные документы выявлены в Российском государственном военно-историческом архиве, в фонде «Штаба войск Кавказской линии и в Черномории расположенных». Их условно можно разделить на рапорты, прошения, докладные служебные записки и делопроизводственную переписку кавказской военной и гражданской администрации между собой. Документы состоят из: выписки из письма П. Х. Граббе, мнения Пирятинского на проект Я. М. Шарданова, рапорты начальника Центра Кавказской линии и начальника Кисловодской линии, командира Волжского казачьего полка, атамана Кавказского линейного казачьего войска, распоряжение Е. А. Головина, прошение общества Большой Кабарды на имя Е. А. Головина.

Работа по дальнейшему выявлению и изучению материалов, относящихся к данной тематике, предполагает быть комплексной, что сделает ее настоящим достоянием для широкого круга ученых. Введение в научный оборот материалов, касающихся земель по Золке и Этоке, представляется вполне перспективным направлением в отечественной исторической науке. Представленные документы публикуются с сохранением стилистических и археографических особенностей подлинника, как и цитат в водной статье. Они также снабжены комментариями автора. Неразборчивые слова в тексте обозначены в квадратных скобках.

#### № 1

#### **1839 г. апреля 30. – Выписка из письма, командующего войсками на Кавказской линии и в Черномории П. Х. Граббе от 30 апреля 1839 года**

*Выписка из письма Его Превосходительства Павла Христофоровича Граббе от 30 апреля 1839 года.*

Вопрос о позволении кабардинцам пользоваться землей на Золке и Этоки, по взгляду на месте, для меня совершенно решен. Их недолжно ни в каком случае пускать туда. Они дурные соседи для обеспечения Пятигорска. Край прекрасной, представляет все выгоды для поселения хорошей станицы, к тому же Малка составляет естественную границу между неустроенной Кабардою и нашим заселением. На этих основаниях, которые легко развить, надобно окончить этот долговременной, стороной вопрос.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 20–20 об. Подлинник.

#### № 2

#### **1839 г. – Замечания Пирятинского на докладную записку подготовленную Я. М. Шардановым<sup>1</sup> командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории П. Х. Граббе<sup>2</sup>**

Майор Шарданов хотя описал земли в обеих Кабардах состоящие с объяснением кому где из владельцев принадлежат но не мог пояснить какое количество десятин имеет каждый владелец, и он же сам Шарданов в своей докладной записке под № 6-м говорит «с уничтожением чумной болезни вновь начали происходить о землях споры и убийства, которые продолжались без конечно потому что древних доказательств как выше значится о праве наследия земель уже никто не припомнит и представить не мог, ибо знающие о оных люди все истреблены чумою, по что некоторые из владельцев кабардинских имеют землю с большим избытком и многие из них нуждаются, при управлении мною кабардинским народом с 1833 до 1835 года кабардинцы ежегодно имели спор и недовольствие за земли, каковые их недовольствия весьма трудно было разбирать и решать». Относительно до разделения земель по



аулам против предположения майора Шардонова сие весьма полезно было бы для общей пользы надо бы не усилить в народе ропоту полагая некоторое время оставить на том положении как ныне пользуются, а тем более признаю необходимым что за недопущением по донесению командира Волского казачьего полка майора Львова господину командующему войсками на Кавказской линии и Черномории; в наступающую осень нынешнего года пасть бараньи отары и конные табуны на земле между рек Золки и Этоки кабардинцы имеют хотя неявной но тайной ропот и по необходимости их бараньи отары отогнаны на речки Куру, Куму и Бойвалу где нанимают позбенные места, не излишним считаю пояснить, что Волгской казачий полк как мне известно никогда не имел нужды в земле.

Между Золки и Этоки и нынешний год хлебопашества и покоса казаки помянутого полка там не производили, то я думаю полезно было бы для успокоения кабардинского народа допустить по прежнему пасть отары и конные табуны между Золки и Этоки до того времени доколе понадобятся те земли для поселения, или другого предположения от начальства. Изложив мое мнение имею честь присоединить, что самая необходимость требует привести начально в известность в обеих Кабардах земли. И тогда можно будет потребное количество разделить по аулам по числу душ мужска пола, а остальную землю назначить для военных поселений в тех местах где начальством признано будет удобным.

Генерал-майор Пирятинский.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 282. Л. 30–31. Подлинник.

### № 3

**1839 г. сентябрь 23. – Рапорт начальника Центра Кавказской линии генерал-майора Пирятинского командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории П. Х. Граббе от 23 сентября 1839 года**

*Командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории господину генерал-лейтенанту, генерал-адъютанту и кавалеру Граббе.*

Начальника Центра Кавказской линии  
генерал-майора Пирятинского<sup>3</sup>.

### Рапорт

Начальник штаба вверенных Вашему Превосходительству войск флигель-адъютант полковник Траскин при рапорте своем № 13076 препроводил ко мне подлинную докладную записку состоящего по кавалерии майора Шарданова<sup>4</sup> № 6 о принадлежности земель в Кабарде и вообще о землях составлявших собственность удалившихся за Кубань кабардинцев, по внимательном рассмотрении мною и проверке в управлении имею честь представить к Вашему Превосходительству с моим замечанием, докладывая что до приведение в известность всех земель в Кабарде определить примерно нет никакой возможности, сколько состоит земли после бежавших за Кубань кабардинцев тем более что она никогда отделена не была и этой землею владеют с давних времен или наследники или родственники.

Генерал-майор Пирятинский.

№ 478

23 сентября 1839 года.

Крепость Нальчик.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 282. Л. 79–79 об. Подлинник.

## № 4

**1840 г. марта 22. – Рапорт кордонного начальника Кисловодской линии майора Львова командующему войсками на Кавказской линии в и Черномории П. Х. Граббе от 22 марта 1840 года**

*Командующему войсками на Кавказской линии и Черномории господину генерал-адъютанту и кавалеру Граббе.*

Кордонного начальника Кисловодской линии майора Львова<sup>5</sup>.

**Рапорт**

Дошло до сведения моего, что некоторые соседственные с Волским казачьим полком жители Большой Кабарды, будучи не довольны последовавшим по представлению Вашего Превосходительства распоряжением господина корпусного командира о границе земли Волгского полка с Кабардою которым предписано считать реку Малку рубежом казачьих земель и к тому еще подстрекаемы известным Шардановым и другими подобными ему, намереваются с наступлением весны собрав в значительном количестве рабочий скот, отары и табуны перейти реку Малку и силой вторгнутся на земли Волгского полка, о чем кабардинцы по свойственной азиатцам не терпеливости неоднократно объявляли из азиатцев волгским казакам предупреждая, что есть ли кордонная стража добровольно их не пропустит, то они проложат себе путь оружием.

Почтительнейше донося о сем Вашему Превосходительству! присовокупить честь имею: что хотя в некоторых отношениях распускаемое кабардинцами полагаю происходит от одной лишь сродной горцам хвастливости; но как они же в прошлом году при проезде Вашего Превосходительства, в чеченскую экспедицию, под руководством Шарданова, Абукова и других, переехав Малку и кордонную землю уже самовольно приступили к занятию означенных земель и потому я счел необходимой обязанностию не умолчать о дошедшем до меня и покорнейше просить Вашего Превосходительства в предупреждение беспорядков, начальнического распоряжения Вашего по сему предмету и в месте с тем разрешения должен ли я как начальник кордонной стражи употребить вооруженную силу есть ли бы кабардинцы решились оружием нарушить постановление начальства или дозволить им это своеволие.

Майор Львов.

№ 396

22 марта 1840 года.

Станица Есентукская.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 55–56. Подлинник.

## № 5

**1840 г. марта 24. – Рапорт начальника Центра Кавказской линии генерал-майора Пирятинского командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории П. Х. Граббе от 24 марта 1840 года**

*Командующему войсками на Кавказской линии и Черномории господину генерал-адъютанту и кавалеру Граббе.*

Начальника Центра Кавказской линии генерал-майора Пирятинского.

## Рапорт

Во исполнения Вашего Превосходительства от 26-го октября 1839 года № 18534 и препровожденной при оном копии с рапорта вашего к командиру Отдельного Кавказского корпуса, господину генералу от инфантерии и кавалеру Головину № 13392, кабардинцам в их просьбе, поданной Государю Императору во время Высочайшего путешествия по Кавказу, об отдаче земли между Золкою и Этокою, мною им отказано.

Но с того времени кабардинцы возымели ропот и неоднократно входили ко мне с просьбами о исходатайствовании им у начальства позволения, хотя временно, часть стада их на земле лежащей между Золкой и Этокой, каковые я, под разными предложениями отклонял. А как приближается настоящее время к хлебопашеству и выгону скота на пастбищные места, то кабардинцы еще более стали входить ко мне неотступными своими просьбами, о испрашении начальнического позволения пустить их бараньи атары, скот и лошадей на поясненные земли, которые от продолжительной зимы и малому запасу сена, по неурожаю в прошлом годе, привели свое скотоводство до такого изнурения. Если оставить оное в Кабарде, где несколько позже поспевает подножный корм, нежели на Золке и Этоке, тогда они должны будут лишиться большей части онаго, в котором заключается их богатство, с разведением коего люди, занимавшиеся прежде шалостями, принимают постоянную жизнь и стараются иметь прочную оседлость, что мною неоднократно замечено в кабардинцах.

Будучи убежден просьбами их, нахожу, что оные не из прихоти, но совершенно из крайности утруждают начальство обратить внимание на их нужды.

О чем имею честь донести Вашему Превосходительству, покорнейше прошу дозволить кабардинцам хотя нынешний год пасти конные табуны, скот и овец на землях, лежащих между Золкою и Этокой и напаивать в соленом озере, ибо чрез таковое запрещение в народе возник большой ропот, а как многие из них есть люди непостоянные, то некоторые умы, как мне известно, уже колеблются, имея неблагоприятные замыслы. Нельзя ручаться за то, что кабардинцев тайно не подстрекают непокорные чеченцы и закубанцы к дурным замыслам; в предупреждение чего хотя и приняты мною строгие меры от всякого неблагонамеренного в сношениях с чеченцами и закубанцами подстрекаемыми возмутителями, но за всем этим кабардинцы могут изыскать средства к сношению с чеченцами и закубанцами, и нет средств преградить им таковое.

К отклонению всех невыгодных действий непокорных горцев, могущих склонять народ кабардинский к волнению, я имею честь покорнейше просить Ваше Превосходительство, по крайней мере дозволить кабардинцам, хотя нынешний год, пустить на подножный корм конные табуны и скот на земли по Золке и Этоке и напаивать таковые в соленом озере, в чем нельзя ожидать ни какого убытку для казаков Волгского полка, потому что на тех землях они не занимаются хлебопашеством и не гоняют для пастьбы скота, кроме жителей Бабуковской станицы, которые вероятно не встретят недостатка в пастбищных местах, если допущены будут к таковым табуны и кабардинские, но последние станут считать за большое снисхождение и может прекратится существующий ныне в народе ропот, еще более возникающий от разнородных притеснений делаемых им командиром Волгского казачьего полка майором Львовым, который по беспокойному своему характеру и незрелые предприятия восстанавливает в народе беспокойствие, не понимающим русских законов, ибо гораздо легче поселить в народе ропот, нежели восстановить тишину и спокойствие для общего блага зная правила горцев, которые с открытием весны всегда начинают приводить в исполнение свои предположения; почему долгом поставляю покорнейше просить Ваше Превосходительство в разрешение всего выше изложенного почтить меня предписанием, дабы при необходимом случая мог заблаговременно принять меры.

Генерал-майор Пирятинский.  
№ 344  
24 марта 1840 года.  
Крепость Нальчик.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 57–58 об. Подлинник.

№ 6

**1840 г. марта 29. – Распоряжения командующего войсками по Линии**

№ 6389 и 6390  
Общего журнала  
№ 575 и 576  
наст. регист.  
От господина командующего войсками  
Пограничное отделение  
29 марта 1840 года.  
№ 5630

*Начальнику Центра Кавказской линии господину  
генерал-майору и кавалеру Пирятинскому.*

Принимая во внимание обстоятельства изложенные в рапорте Вашем от 24 марта настоящего года № 347 и в уважение крайнего недостатка в поземельных довольствиях кабардинцев и весьма ощутительного расстройтва в хозяйстве, которому они подверглись по случаю чрезвычайности суровости зимы настоящего года, я дабы дать им способ предохранить от гибели скотоводство их и тем отвратить разорение в домашнем быту, разрешаю Ваше Превосходительство, дозволить им по примеру прежних лет пасти конские табуны их и прочий скот на земле лежащей между Золкою и Этокою принадлежащей Волгскому казачьему полку и напавать скот в соленом озере; но с дозволением этого объявить, что это допускается только по убеждению к расстроенному положению их и собственно на текущий год но не далее; кордонный начальник Кисловодской линии майор Львов, об этом распоряжении поставлен в известность вместе с сим.

№ 5631

*Кордонному начальнику Кисловодской линии господину майору и кавалеру Львову.*

Вместе с рапортом Вашим от 22 числа текущего месяца № 391, я получил представление начальника Центра Кавказской линии генерал-майора Пирятинского от 24 марта настоящего года № 347, объясняющее бедственное положение кабардинцев от недостатка в поземельном довольствии чрез, что равно от продолжительной и суровой зимы сего года, они привели свое скотоводство до такого изнурения, что лишены всех средств к прекращению падежа, а потому генерал-майор Пирятинский просит разрешение, дозволить кабардинцам хотя нынешний год пасти конные табуны, скот и овец, на землях лежащих между Золкой и Этокой и напавать оный в соленом озере, в предложении что чрез это не встретит Волгский полк, ни какого убытка для казаков, потому что они на сих землях не занимаются хлебопашеством и не гоняют скот для пастьбы.

Принимая во уважение весьма стеснительное положение кабардинцев, я дабы дать им ним отвратить разорение в домашнем быту, теперь же прошу генерал-майора Пирятинского, дозволить кабардинцам по примеру прежних лет пасти свои табуны и прочий скот собственно только в нынешнем году на земле лежащей между Этокою и Золкою\*, и об

\* Подчеркнуто карандашом.

этом давая знать Вашему Высокоблагородию, приписываю, отнюдь не делать ни какого препятствие кабардинцам в означенном поземельном довольствии, стараться всеми мерами отклонять всякое своеволие со стороны казаков командуемого Вами полка.

В заключение предписываю Вам, поделаться относящимся до управления кордонной линией, подобно настоящему случаю, входить с представлением по команде чрез начальника Центра Кавказской линии но не прямо ко мне.

Подлинное подписал генерал-адъютант Граббе.

Скрепил начальник штаба флигель-адъютант полковник Траскин<sup>6</sup>.

Верно: за начальника отделения хорунжий Гуков.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 59–60 об. Подлинник.

#### № 7

### **1840 г. апреля 1. – Рапорт командира Волгского казачьего полка майора Львова наказному атаману Кавказского линейного казачьего войска генерал-майору и кавалеру Николаеву от 1 апреля 1840 года**

*Наказному атаману Кавказского линейного казачьего войска господину генерал-майору и кавалеру Николаеву.*

Командира Волгского казачьего полка майора Львова.

#### Рапорт

В следствие представления г. генерал-майора и кавалера Пирятинского о бедственном от недостатка в поземельном довольствии кабардинцев положении и произошедшем от того падеже в скотоводстве их, Его Превосходительство господин начальствующий войсками на Кавказской линии и Черномории 29 марта за № 5631 предписать изволил мне, допустить жителей Кабарды пасти в нынешнем году их табуны и прочий скот на принадлежащей казакам вверенного мне полку между Золкой и Этокой земле, с тем чтобы я всеми мерами старался отклонить в сим случае всякое своеволие казаков.

Почтительнейше донося о сем Вашему Превосходительству честь имею объяснить следующие обстоятельства:

Многие из жителей вверенного мне полка особенно же азиатцы станиц Бабуковской, Чурековской и Лысогорской, обнадеживаясь распоряжением прошлого году о поступлении означенной между Золкой, Этокой и до реки Малки земли во владение вверенного мне полка, в которой они с давнего времени по многочисленному скотоводству терпели большую нужду тогда же воспользовавшись объявленным им на сей предмет предписанием начальства перенесли свои баранкоши и перевели скотоводство свое в разные на сей земле смотря по удобству места, после чего уже в нынешнем году переместится им в скором времени как разве с крайним расстройством, с тех мест совершенно неудобно и потому полагая обязанностию ходатайствовать при сем случае за них осмеливаюсь всепокорнейше просить Ваше Превосходительство войти с представлением, дабы есть ли дозволение данное кабардинцам пасти их и табуны на земле Волгскому полку принадлежавшей ни каким образом уже отменить не возможно, то по крайней мере запретить жителям Кабарды, гонять табуны и прочий их скот на места уже занятые кошами и пастьбою скота жителями полка, без чего кроме расстройства хозяйственного сих последних от врожденной азиатцами пылкости тех и других произойти могут не маловажные ссоры. В заключение сего доложить Вашему Превосходительству честь имею, что так как сами кабардинцы объяснили начальству о существующем в табунах и скотоводстве их значительном

падеже, и потому опасаясь в случае заразительности объясненного кабардинцами падежа распространить подобную заразу и в скотоводстве вверенного мне полку всепокорнейше прошу Ваше Превосходительство почтить меня и на сей предмет предписанием Вашим.

Майор Львов.

№ 2831

1 апреля 1840 года.

Станица Есентукская.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 61–62. Подлинник.

#### № 8

**1840 г. апреля 22. – Распоряжения наказному атаману Кавказского линейного казачьего войска господину генерал-майору и кавалеру Николаеву**

№ 7236

Общего журнала

№ 627

наст. регист.

От господина командующего войсками

Пограничное отделение

22 апреля 1840 года.

№ 7015

*Наказному атаману Кавказского линейного казачьего войска господину генерал-майору и кавалеру Николаеву.*

Вследствие рапорта командира Волгского казачьего полка, представленного Вашим Превосходительством от 3-го апреля настоящего года № 2337, прошу Вас подтвердить майору Львову, что бы он минуя все препятствия не стеснял как кабардинцев в дозволенном им разрешении пасти свои табуны и прочий скот на земле лежащей между Этокою и Золкою, так и казаков вверенного ему полка и лежащих там коши, но наблюдал бы, под собственною его ответственностию, дабы не произошло каких либо беспорядков; ибо земли достаточно для всех; в заключение прошу обратить внимание, что перенесение кошей допущено без соображения и преждевременно потому, что Волгскому полку предоставлена помянутая земля по местным соображениям. Собственно для переселения или станиц, или людей из великороссийских губерний, на что следовало ожидать распоряжения начальства, но произвольно отдавать место для занятия под участки казакам избыточным и без того землею.

Подлинное подписал генерал-адъютант Граббе.

Сверил начальник штаба флигель-адъютант, полковник Траскин.

Верно: за начальника отделения хорунжий Гуков.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 63–63 об. Подлинник.

#### № 9

**1840 г. сентября 23. – Распоряжение Е. А. Головина<sup>7</sup> командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории П. Х. Граббе**

Штаб

Отдельного

Кавказского корпуса

по Генеральному штабу

Отделение 3  
Тифлис  
23 сентября 1840 года.  
№ 994

*Командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории,  
господину генерал-адъютанту и кавалеру Граббе.*

Вступившее ко мне от общества Большой Кабарды прошение о возвращении им земель между речками Золкою и Этокою лежащих и о том что бы разбирательство между ими спорных дел предоставлено было избираемому ими кадию и шариату\*, без вмешательства Кабардинского временного суда, имея честь препроводить при сем в переводе присовокупляю, что я с своей стороны признаю необходимым для успокоения кабардинцев дать им земли между Золкою и Этокою, а до утверждения положения об управлении горцами, предоставить кабардинцам свободу в своих тяжбах обращаться во временной суд или к шариату, с тем что бы одно из этих мест не имело права опровергать решения другого, и тогда на неправильное решение суда или шариата кабардинцы могут жаловаться одному лишь начальству.

О распоряжение какое угодно будет Вашему Превосходительству сделать по этому предмету, не оставте меня Вашим уведомлением, – присовокупив и мнение Ваше на счет земель между Золкою и Этокою.

Командир корпуса генерал от инфантерии Головин.  
Начальник штаба генерал-майор Кацебу.

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 64–65. Подлинник.

№ 10

### **1840 г. – Пршение общества Большой Кабарды на имя Е. А. Головина**

*Пршение общества Большой Кабарды на имя его Высокопревосходительства  
господина корпусного командира.*

Покорнейше просим Ваше Высокопревосходительство изволить приказать дать нам, как вы сами изволили общать лично, когда мы имели счастье явиться Вашему Высокопревосходительству, – письменное повеление, чтобы наши дела всегда были рассматриваемы по нашему шариату так, что никто из членов судебного места не имел бы право вмешиваться в разбирательство наших дел, и отменить разрешение нашего кадия, общим соглашением нашего общества избранного, а иначе [т.и.] если будут вмешиваться в разбирательства наших претензий и отменить решение нашего кадия, то всегда будут проистекать распри и не спокойствие неприкращаемые [нашей] религии весьма вредные.

Еще осмеливаемся утруждать особу Вашего Высокопревосходительства [слово неразборчивое] покорнейше приказать [просьбою] нам наши сады, хлебопашенные места и пастьбенные места между реками Золке и Етуге\* лежащие, без коих наши средства к приобретению пропитания семействами нашим день ото дня истощаются и угрожает нам бедностью, которая доведет нас до того, что мы будем лишаться возможности пости выполнять полагаемые на нас начальством повинности.

Перевел прапорщик [подпись].

РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 66–66 об. Подлинник.

\* Здесь и далее подчеркнуто в документе.

\* Этоке.

<sup>1</sup> Шарданов Якуб Магомедович (1787–1849) – родился в 1787 г. в селении Шалушка, получил духовное образование, владел русским, персидским, арабским и турецким языками. В 1806 г. он назначается секретарем главного князя Кабарды полковника Мурзабека Хамурзина, а затем и полковника Кучука Джанхотова. Вся переписка главного князя Кабарды проходила через Я. М. Шарданова. Российская администрация пользовалась услугами Я. М. Шарданова для перевода персидских и турецких прокламаций, содержащих призывы к горцам выступать против России. А. П. Ермолов включил Я. М. Шарданова в состав посольства в Персию. В 1817 г. ему было присвоено звание капитана. В прокламации 29 августа 1822 г. А. П. Ермолов объявил о создании Кабардинского временного суда под председательством валия Кабарды Кучука Джанхотова. Секретарем суда был назначен Я. М. Шарданов (1822–1838).

<sup>2</sup> Замечания, написанные А. Г. Пирятинским на докладную записку, подготовленную Я. М. Шардановым 20 мая 1839 г. командующему войсками на Кавказской линии и в Черномории господину генерал-лейтенанту и кавалеру П. Х. Граббе. Материалы Я. М. Шарданова по обычному праву кабардинцев первой половины XIX века. / Сост. Х. М. Думанов. Нальчик: Эльбрус, 1986. С. 265–277. РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281. Л. 11–29 об.

<sup>3</sup> Пирятинский Александр Григорьевич (1786–?) – в 1830 г. назначен командиром Бутырского пехотного полка, в 1831 г. произведен в полковники, в 1832 г. назначен командиром Кабардинского пехотного полка, в 1833 г. назначен командующим Кабардинской линией (1833–1835), в 1834 г. командиром Кабардинского пехотного егерского полка, с 1839 г. назначен начальником Центра Кавказской линии (1839–1841).

<sup>4</sup> Подготовку записки о принадлежности земель в Кабарде администрация поручила Я. М. Шарданову. Поручая ему такую ответственную работу, кавказская администрация исходила из того, что он прослужил более тридцати лет секретарем главного князя (валия) и Кабардинского временного суда и лучше кого-либо знает состояние земельного вопроса в Кабарде. Материалы Я. М. Шарданова по обычному праву кабардинцев первой половины XIX века. / Сост. Х. М. Думанов. Нальчик: Эльбрус, 1986. С. 5–6.

<sup>5</sup> Львов – начальник Кисловодской линии (1839–1843), майор.

<sup>6</sup> Траскин Александр Семенович (1803–1855) – в 1837 г. назначен исполняющим должность начальника штаба войск Кавказской линии и в Черномории; в 1839 г. утвержден в должности; в 1842 г. произведен в генерал-майоры, в 1843 г. назначен начальником штаба Отдельного Кавказского корпуса; в 1844 г. назначен состоять в Свите Е.И.В.

<sup>7</sup> Головин Евгений Александрович (1782–1858) – в 1837 г. назначен командиром Отдельного Кавказского корпуса, главнокомандующий гражданской частью и пограничных дел в Грузии, Армянской и Кавказской областях (1837–1842), прибыл на Кавказ и вступил в должность 21 марта 1838 г.; в 1839 г. произведен в генералы от инфантерии.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Аграрные отношения у народов Северного Кавказа в российской политике XVIII – начала XX века: архивные материалы и научные исследования. / Сост. П. А. Кузьминов. Нальчик: Эль-Фа, 2008. 550 с.
2. АКАК. Тифлис, 1878. Т. VII. Ст. 843. С. 869–873.
3. Глашева З. Ж. Документы к истории Высочайшего пожалования земель по Золке и Этоке (1839 г.) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2023. № 3(113). С. 55–67. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-3-113-55-67
4. Думанов Х. М. Якуб Шарданов. Из истории изучения обычного права кабардинцев. Нальчик: Эльбрус, 1988. 84 с.
5. Кумыков Т. Х. Культура и общественно-политическая мысль Кабарды первой половины XIX века. Нальчик: Эльбрус, 1991. 176 с.
6. Материалы Я. М. Шарданова по обычному праву кабардинцев первой половины XIX века. / Сост. Х. М. Думанов. Нальчик: Эльбрус, 1986. 320 с.
7. Прасолов Д. Н. «Высочайшее пожалование» Александра III от 21 мая 1889 г. в общественной жизни кабардинцев и балкарцев // Вестник Кабардино-Балкарского института гуманитарных исследований. 2021. № 1(48). С. 83–90.
8. РГВИА. Ф. 13454. Оп. 2. Д. 281.
9. Территория и расселение кабардинцев и балкарцев в XVIII – начале XX веков. Сборник документов / Сост. Х. М. Думанов. Нальчик: Нарт, 1992. 270 с.

## REFERENCES

1. *Agrarnye otnosheniya u narodov Severnogo Kavkaza v rossiiskoy politike XVIII – nachala XX veka: arhivnye materialy i nauchnye issledovaniya* [Agrarian relations among the peoples of



the North Caucasus in Russian politics of the XVIII – early XX century: archival materials and scientific research]. Sost. P.A. Kuz'minov. Nalchik: El-Fa, 2008. 550 p. (In Russian)

2. АКАК. Tiflis, 1878. Т. VII. Ст. 843. Р. 869. (In Russian)

3. Glasheva Z.Zh. Documents to the history of the Highest land grant for Zolka and Ethoka (1839). *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2023. № 3(113). Pp. 55–67. DOI: 10.35330/1991-6639-2023-3-113-55-67. (In Russian)

4. Dumanov Kh.M. *Yakub Shardanov. Iz istorii izucheniya obychnogo prava kabardincev* [Yakub Shardanov. From the history of the study of Kabardian customary law]. Nalchik: Elbrus, 1988. 84 p. (In Russian)

5. Kumykov T.Kh. *Kul'tura i obshchestvenno-politicheskaya mysl' Kabardy pervoy poloviny XIX veka* [Culture and socio-political thought of Kabarda in the first half of the XIX century]. Nalchik: Elbrus, 1991. 176 p. (In Russian)

6. *Materialy Ya.M. Shardanova po obychnomu pravu kabardincev pervoy poloviny XIX veka* [Shardanov's materials on the customary law of Kabardians of the first half of the XIX century]. Sost. Kh.M. Dumanov. Nalchik: Elbrus, 1986. 320 p. (In Russian)

7. Prasolov D.N. «Vysochaishee pozhalovanie» Aleksandra III ot 21 maya 1889 g. v obshchestvennoy zhizni kabardincev i balkarcev [“The highest award” of Alexander III dated May 21, 1889 in the public life of Kabardians and Balkars]. *Vestnik Kabardino-Balkarskogo instituta gumanitarnykh issledovaniy*. 2021. № 1 (48). Pp. 83–90. (In Russian)

8. RGVIA. F. 13454. Op. 2. D. 281. (In Russian)

9. *Territoriya i rasselenie kabardincev i balkarcev v XVIII – nachale XX vekov. Sbornik dokumentov* [The territory and settlement of Kabardians and Balkars in the XVIII – early XX centuries. Collection of documents]. Sost. Kh.M. Dumanov. Nalchik: Nart, 1992. 270 p. (In Russian)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторе

**Зулейха Жамботовна Глашева**, канд. ист. наук, науч. сотр., Институт гуманитарных исследований – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук; 36000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18; zu-20.80@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2484-2398>, SPIN-код: 9636-1238

### Information about the author

**Zuleikha Zh. Glasheva**, Candidate of Historical Sciences, Researcher, Institute for Humanitarian Researches – branch of the Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Center" Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences; 360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street; zu-20.80@list.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2484-2398>, SPIN-code: 9636-1238

УДК 009

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-264-272

EDN: TCLUBH

## Виртуальный музей археологии: проблемы организации структуры

И. Х. Гукемух

Кабардино-Балкарский научный центр Российской академии наук  
360010, Россия, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

**Аннотация.** В статье рассматриваются роль и возможности IT-технологий в создании музеев нового поколения, основные типы сетевых музеев и принципы организации тематической структуры виртуального музея археологии. Отдельное внимание автор уделяет вопросам, касающимся различных опций в структуре виртуального музея.

**Ключевые слова:** виртуальный музей, экспозиция, IT-технологии, структура, археологическая культура, опции

Поступила 07.08.2024, одобрена после рецензирования 02.09.2024, принята к публикации 20.09.2024

**Для цитирования.** Гукемух И. Х. Виртуальный музей археологии: проблемы организации структуры // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 264–272. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-264-272

Original article

## Virtual museum of archaeology: problems of organizing the structure

I.Kh. Gukemukh

Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360010, Russia, Nalchik, 2 Balkarov street

**Abstract.** The article examines the role and capabilities of IT technologies in creating new generation of museums, the main types of network museums and the principles of organizing the thematic structure of a virtual museum of archeology. The author pays special attention to issues related to various options in the structure of a virtual museum.

**Keywords:** virtual museum, exposition, IT technologies, structure, archaeological culture, options

Submitted 07.08.2024, approved after reviewing 02.09.2024, accepted for publication 20.09.2024

**For citation.** Gukemukh I.Kh. Virtual museum of archaeology: problems of organizing the structure. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 264–272. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-264-272

### ВВЕДЕНИЕ

В последние пять лет в научном сообществе, а также в среде учащейся молодежи и краеведов-энтузиастов растет популярность цифровых версий исторических музеев. Новый импульс этому росту дала пандемия COVID-19.

В период вынужденной самоизоляции (2020–2022 гг.) процент граждан, посетивших сайты сетевых музеев, резко вырос. По данным ВЦИОМ, в период с 2020-го по 2022 год в виртуальных музеях побывал каждый пятый россиянин, имеющий доступ к интернету (83 % всех россиян). В 2020 году виртуально гуляли по музеям 72 % из них. В период вынужденной самоизоляции ими воспользовались более половины (57 %) россиян, имеющих выход в интернет. Среди музеев, которые россияне хотят посетить виртуально, лидируют исторические (47 %) <sup>1</sup>.

Сегодня виртуальные музеи способны сохранить (в цифре), репрезентировать, задокументировать предметы (объекты) историко-культурного наследия и обеспечить доступ не только к интернет-сайтам государственных учреждений культуры, но и к собраниям частных коллекционеров [1, с. 216].

Новизна статьи заключается в том, что в ней рассматриваются вопросы, связанные со структурированием экспозиции виртуального археологического музея из цифровых версий предметов, оригиналы которых хранятся в разных музеях, научных учреждениях и частных коллекциях. Предложения автора по организации такой структуры основаны на опыте его работы в группе по сбору (сканированию и оцифровке), каталогизации и аннотированию экспонатов для виртуального музея археологии КБНЦ РАН <sup>2</sup> и, конечно, на накопленном за последние годы опыте российских музейщиков.

На сегодняшний день в Российской Федерации создано более 90 цифровых музеев [2, с. 2], однако количество археологических музеев очень невелико, и несмотря на свое название не все они в полной мере соответствуют понятию «виртуальный» – то есть воспринимаемый нами в реальном времени через воздействие технических средств на наши органы чувств. Есть и другие варианты определения этого понятия <sup>3</sup>. Музеи в интернете и виртуальные музеи представляют разные типы организации. Последние отличаются от интернет-представительств реальных музеев прежде всего тем, что они являются не только хранителями и носителями информации, но и ее первоисточником. При кажущейся аналогии с обычным музеем виртуальный музей – это новая реальность, выходящая за рамки традиционного представления о материальном музее с его экспозицией и выставками. Экспозиция виртуального музея постоянна лишь в своем развитии, а время «работы» выставок может исчисляться годами, и их количество, как правило, регламентировано не количественными категориями, а соображениями концептуальными, связанными с появлением новой информации <sup>4</sup>.

Существующие на сегодняшний день цифровые музеи условно можно разделить на три типа.

К первому относятся интернет-представительства традиционных музеев, которые предлагают пользователям оцифрованные материальные объекты (карты с указанием подъездов и парковок, проекции здания музея, интерьеров экспозиционных залов и непосредственно экспонатов). Именно об этом типе виртуальных музеев говорится в технических рекомендациях Министерства культуры РФ [3, с. 5].

---

<sup>1</sup>Марунова В. Каждый пятый россиянин, имеющий доступ к интернету, посещал виртуальный музей // Интернет-портал «Российского исторического общества». 2020. URL: <https://historyrussia.org/sobytiya/kazhdyj-ryatuj-rossiyanin-imeyushchij-dostup-k-internetu-poseshchal-virtualnyj-muzej.html> (дата обращения 04.07.2024)

<sup>2</sup>Виртуальный музей КБНЦ РАН <https://vm.kbncran.ru/> (дата обращения 29.07.2024)

<sup>3</sup>Виртуальная реальность // Википедия. Свободная энциклопедия. URL: <https://ru.wikipedia.org/wiki/%> (дата обращения 05.07.2024)].

<sup>4</sup>Иванов В. Музеи в сети Интернет // Интернет-портал «Меценат». [https://maecenas.ru/doc/2005\\_1\\_15.html#9](https://maecenas.ru/doc/2005_1_15.html#9) (дата обращения 06.08.2024)

Второй тип составляют музеи, экспозиции которых структурируются в исключительно абстрактном пространстве, при полном отсутствии материальной инфраструктуры. Они существуют и функционируют только в интернет-сети. «У такого музея нет помещений и запасников, нет выставочного оборудования и зрителей в залах» [4, с. 139]. Место настоящих, то есть физически осязаемых экспонатов, здесь занимают цифровые реплики (3D-проекции) оригиналов, находящихся в залах или хранилищах реальных музеев или в частных коллекциях. *Именно такой музей мы и называем виртуальным.* Его экспозиции могут:

- объединять предметы из разных, географически далеко отстоящих друг от друга реальных музеев;
- структурироваться вне зависимости от их расположения в «родном» учреждении (в обоих случаях легенда<sup>5</sup>, сопровождающая 3D-проекцию экспоната, должна содержать информацию о месте постоянного хранения оригинала и имя его бывшего или нынешнего владельца);
- быть пластичными, легко и быстро изменяемыми (например, экскурсионные маршруты могут формироваться под определенную профессиональную либо социальную страту посетителей);
- снимать риски, связанные с сохранностью и безопасностью экспонатов, которые в ходе строительства и последующей работы традиционной экспозиции могут быть повреждены или похищены;
- включать реконструированные с помощью IT-технологий экспонаты (объекты), реальные прототипы которых были частично или полностью утрачены [5, с. 15];
- представлять посетителю проекции предмета до и после его реставрации;
- привлекать людей с ограниченной подвижностью, зрением и слухом;
- предлагать возможность обмена мнениями.

Существует и третий, «смешанный» тип музея, где виртуальные предметы (объекты) или их фрагменты представлены в традиционной экспозиции с применением технологий дополненной реальности (Augmented Reality)<sup>6</sup>. Например, наведя свой телефон или планшет на специальную метку под экспонатом и отсканировав ее, вы увидите на экране своего гаджета презентационный ролик, содержащий подробную информацию о предмете (объекте) и о том, как он выглядел ранее (в случае его частичного разрушения). С помощью AR-технологий можно также «оживить» интерактивную модель (животного или человека) и заставить ее двигаться в зале традиционного музея.

Или, наведя камеру мобильного устройства на изображение древнего разрушенного храма, мы видим на экране его реконструкцию. Дополненная реальность позволяет знакомиться с экспонатами и в игровой форме. Например: камера телефона при наведении на скульптуру, стоящую в зале, разбивает ее на фрагменты, которые прежде, чем перейти к другому экспонату, нужно собрать в пазл.

Таким образом посетитель максимально вовлекается в процесс получения и усвоения новой информации, а дети и молодежь в ходе игры получают новые знания.

Независимо от типа цифрового музея в фокусе создаваемых информационных систем «всегда находятся электронные «экспонаты» и их метаданные, позволяющие осуществить более точный пользовательский поиск» [1, с. 215]. С каждым годом все больше традиционных музеев создают цифровые варианты своих экспозиций и выставок, так как их руководство приходит к пониманию потенциальных возможностей IT-технологий в

<sup>5</sup> Легенда экспоната – история происхождения, сведения о связанных с ним событиях и лицах, среде бытования и др.

<sup>6</sup> Суть дополненной реальности, или AR-технологии, состоит в наложении виртуальной реальности на объекты реального мира.

деле популяризации своих коллекций и одновременно развития коммерческой стороны музейной деятельности.

Сегодня все больше специалистов сходятся во мнении, что виртуальные музеи, как и музеи традиционные, должны создаваться в соответствии с определенной научной и дизайнерской концепциями и экспозиционными сценариями, то есть стоять на тех же «трех китах», что и реальные музеи [6, с. 80–81].

Таким образом, независимо от формата музея – материального или виртуального – перед научными сотрудниками и дизайнерами, задействованными в строительстве экспозиции, стоят во многом сходные задачи, заключающиеся в разработке и воплощении научной концепции и тематической (сюжетно-тематической) структуры экспозиции. В качестве принципа группировки экспонатов можно избрать любой из приведенных ниже:

- соответствие определенным археологическим культурам (Майкопской, Ямной, Северокавказской, Кобанской, Скифской и т.д.) и хронологии (эпоха, тысячелетие, век);
- принадлежность к конкретному археологическому комплексу (например, «Предметы из кургана Ошад» или «Материалы раскопок Нальчикского энеолитического могильника» и т.п.);
- предназначение: практическое, эстетическое, обрядовое (например, «холодное оружие», «орудия труда», «женские украшения», «предметы культа» и т. д.);
- материальный (камень, дерево, глина, медь, бронза, железо и т.д.);
- ареальный (Центральный Кавказ, Предкавказье, Восточное Причерноморье и т.д.).

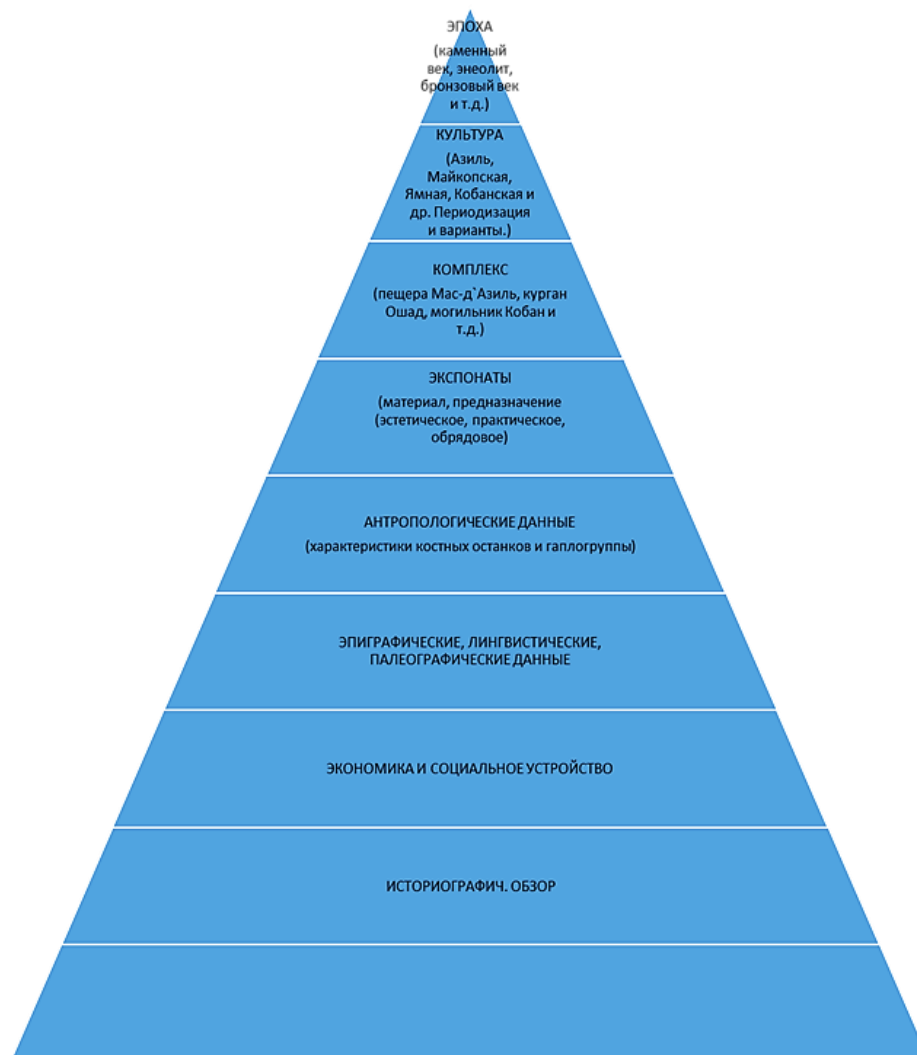
В процессе группировки экспонатов будут формироваться тематические разделы и подразделы (или коллекции – оружия, украшений, керамики и т.д.) виртуального музея, каждый из которых должен быть снабжен текстовыми и аудиоаннотациями на двух языках – русском и английском.

#### МНОГОСТУПЕНЧАТОСТЬ ИЛИ ПИРАМИДА

Посетителями (пользователями) музея будут не только студенты, пишущие на данную тему курсовую работу, или диссертанты, готовящие публикацию в научном журнале. В числе гостей наверняка появится и какое-то количество краеведов, коллекционеров, журналистов, публикующих в СМИ сведения об археологических находках, и т.д. Поэтому виртуальный музей (как и любой другой) должен ориентироваться не только на профессионалов, но и на широкую аудиторию увлеченных (в нашем случае – историей) любителей. Исходя из сказанного, организаторы экспозиции должны стремиться к тому, чтобы сделать ее структуру многоступенчатой, то есть такой, в которой визуальная и вербальная информация (об эпохах, культурах, артефактах) вела бы посетителя от общих сведений к частностям, от официально признанных, устоявшихся точек зрения – к спорным теориям и гипотезам. Возникает вопрос: как добиться этой многоступенчатости и вызвать интерес у потенциальных посетителей с разным уровнем погруженности в данную область знаний?

Представляется важным не переутомлять непрофессиональных энтузиастов истории специфической информацией, для понимания которой требуется владение научной терминологией, знакомство с трудами авторов и апологетов различных теорий и т. д. В противном случае есть большой риск завести пользователя в научные «дебри», в результате чего он может навсегда потерять интерес к посещению виртуального музея. В то же время нельзя забывать и о тех, кто занимается историей профессионально и кого вряд ли привлечет изложение азов археологии. Думается, что последняя категория пользователей будет открывать сайт виртуального музея преимущественно для справки и сверки своих предположений с существующими в науке мнениями.

В этих обстоятельствах научная концепция как краткая структура экспозиции графически может выглядеть, как пирамида, вершина которой – это общие сведения, а каждая последующая ступень – их конкретизация [7, с. 12].



**Рис. 1.** Пирамидальная структура экспозиции виртуального музея археологии

**Fig. 1.** Pyramidal structure of the exposition of the virtual museum of archeology

Если речь идет об археологической экспозиции, то ее структура, от вершины к основанию пирамиды, может выглядеть так:

- бронзовый век (сер. IV – вторая пол. II тыс. до н.э.), его характеристика, периодизация и ареал;
- основные археологические культуры бронзового века (Ямная, Куро-Араксская, Майкопская, Кобанская и т.д.), их периодизация (например, если речь идет о Кобанской культуре, – раннекобанский, классический, кобанский, позднекобанский) и варианты (западный, восточный и т.д.);
- эталонные и эпонимные памятники, история открытия, местоположение, тип объекта (стоянка, городище и т. п.), инвентарь;
- эпиграфические, палеографические и лингвистические данные, то есть сведения о языке и письменности;
- расовые типы и антропологические характеристики, соответствующие той или иной археологической культуре (понтский, кавказский, индо-каспийский и др.);

- палеогенетические данные по культурам (гаплогруппы);
- экономика, социальное устройство;
- краткая историография (история открытия и исследования) с указанием имен ученых и эпонимных (давших название археологической культуре, титульных) памятников;
- 3D-проекция, фото и текстовое описание артефактов с указанием материалов, из которых они изготовлены, их предназначение, место, время и обстоятельства обнаружения;
- библиография (источники и литература).

#### ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ ОПЦИИ

Виртуальный формат музея подразумевает наличие платных опций. Их стоимость должна быть мизерной, а вырученные деньги могут быть потрачены на амортизацию компьютерного оборудования (обслуживание и ремонт аппаратуры, оплата интернета и т.п.).

При организации экспозиции виртуального музея особое внимание, на наш взгляд, необходимо уделить таким опциям, как возможность обмена мнениями. Сайт должен быть интерактивным – иметь обратную связь и предполагать живой диалог. Естественно, администратор такой площадки обязан следить за тем, чтобы участники дискуссий избегали вульгаризмов и оскорбительных выпадов, к которым стороны на форумах иногда прибегают под влиянием эмоций. Для участия в дискуссиях необходимо будет зарегистрироваться.

Одной из важных составляющих структуры музея должна быть опция «словарь-справочник», который будет пополняться по мере появления в научном обороте новых понятий и терминов, а также по просьбе посетителей, обращающихся за разъяснениями.

Визуальный материал не должен ограничиваться лишь 3D-демонстрацией предмета или объекта. При сканировании часто утрачиваются либо плохо отображаются элементы орнамента, фактура поверхности (гладкая, шероховатая и т.д.), цвета и т.д. Кроме того, существует проблема восприятия. Далеко не все потенциальные посетители виртуальных музеев, особенно в глубинке, готовы принимать новшества «digital culture» [8, с. 2]. Поэтому наряду с 3D-изображением желательно размещать оцифрованное фото, а иногда и зарисовку предмета (объекта), которые полнее отобразят форму, цвет и фактуру материала, из которого он создан.

Отдельное место в виртуальной экспозиции должен занимать опционный раздел картографии, содержащий цифровые карты со сведениями о времени, ландшафте и ареале распространения археологических культур с указанием расположения основных памятников (могильников, селищ, городищ, стоянок, курганов и т. д.). Здесь важно уделить пристальное внимание вопросам соблюдения законности публикации такой информации в открытом доступе с целью недопущения ее использования разного рода «черными копателями» и самодельными археологами<sup>7</sup>. Помимо современных карт, составленных с помощью спутниковой и аэросъемки, а также воздушного лазерного сканирования, данный раздел должен пополняться материалами (картами и экстрактами описаний), составленными древними и средневековыми авторами – историками и путешественниками (Геродот, Страбон, Аммиан Марцелин, Плано Карпини, Гийом де Рубрук, Ибн Хальдун, Василий Татищев и др.) Для посещения данного раздела также необходимо будет зарегистрироваться.

Для полноты восприятия и популяризации представленной визуальной информации полезным может быть аудиосопровождение демонстрации (виртуальной экскурсии), которое бы включало как голос аудиогuida, так и музыкальный фон. Такое сопровождение

<sup>7</sup> Статья 243.2. УК РФ: Незаконные поиск и (или) изъятие археологических предметов из мест залегания. [https://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_10699/f693b70aea5be7642495767ff175fc5720198a87/](https://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_10699/f693b70aea5be7642495767ff175fc5720198a87/) (дата обращения: 14.06.2024).

поможет эмоционально погрузить посетителей в атмосферу обозреваемой эпохи и соответствовать культуре, в рамках которой бытовал тот или иной экспонат (объект)<sup>8</sup>. В нашем случае демонстрация может сопровождаться чтением отрывков из эпоса «Нарты», «Эпоса о Гильгамеше», поэм Гомера, произведений древних и средневековых авторов и других аутентичных источников. Часть вышеперечисленных пунктов может быть опциональной, то есть доступ к ним может предоставляться за определенную, пусть и символическую плату. К разделам, которые виртуальному музею желательно иметь на своем сайте, относятся также интернет-магазин («Книжная лавка», «Сувениры» и т. д.) и раздел для желающих оказать помощь. Причем интернет-магазин не обязательно должен представлять собой действующую торговую площадку – в нем можно поместить ссылки на дружественные ресурсы [9, с. 86, 88].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Археология, как и другие науки, не стоит на одном месте. Многие теории, еще вчера считавшиеся аксиомическими, сегодня подвергаются обоснованным сомнениям и рушатся под напором фактов, добытых антропологами, палеогенетиками, лингвистами, этнологами, климатологами, представителями других смежных наук и дисциплин. Огромную роль в процессе изучения истории человеческой цивилизации стали играть ИТ-технологии – воздушное лазерное сканирование, тепловизионная съемка, 3D-моделирование, математическая статистика, искусственный интеллект и др.<sup>9</sup>

В силу исторических фактов, установленных с помощью новых технологий, перманентной корректировке должны подвергаться и наши знания о событиях далекого прошлого. Виртуальные музеи в этом смысле являются идеальным пространством. Благодаря своей пластичности они знакомят посетителей со свежей, непрерывно пополняющейся информацией (экспонатами и трактовками). То же свойство позволяет ориентировать ее на различные возрастные категории.

Кроме того, виртуальный музей – прекрасная возможность для демонстрации предметов и коллекций, находящихся в разных географических точках, но объединенных тематически. Организаторы таких экспозиций не связаны ни помещением, ни необходимостью транспортировки и обеспечения сохранности.

Одна из важнейших функций виртуального музея – коммуникативная. Посетитель может не только осмотреть залы, но также поучаствовать в конференциях и дискуссиях и оставить свои пожелания в гостевой книге.

Виртуальный музей позволяет использовать в проектах различные способы представления информации: тексты, рисунки, фото, аудио, видео, анимацию, голограмму, маппинг и т.п., создавая тем самым «новую реальность» самого виртуального музея.

Социальная функция виртуальных музеев заключается в возможности посещать их людям с ограниченными возможностями здоровья. И, наконец, виртуальный музей содержит в себе огромный образовательный потенциал, основанный на самых разных методах подачи информации, которые стали возможными благодаря развитию ИТ-технологий.

Виртуальный музей постоянно пополняется новыми версиями экспонатов, с изменением взглядов меняется и структура его экспозиций. Для своевременной реакции на эти изменения и соответствующей перестройки экспозиционных разделов необходимо привлечь к научной работе квалифицированных сотрудников в разных областях и объединить

<sup>8</sup> Пример: новеллы к японским миниатюрным фигуркам (нэцкэ) из х/ф «Каникулы Кроша» (1980); URL: <https://www.youtube.com/watch?v=XzsW-iNlXm> (дата обращения: 12.06.2024)

<sup>9</sup> Сурвилло И. Глубокое заблуждение. Как цифровая археология борется с фейками // Цифровая версия журнала «Цифровой океан» URL: <https://digitalocean.ru/n/glubokoe-zabluzhdenie> (дата обращения: 20.06.2024).



их в комиссию, действующую на постоянной и мобильной основе. Основная задача такой комиссии должна заключаться в приеме, всесторонней оценке поступающих в музей проекций предметов (объектов) и определении их места в пространстве виртуального музея.

Если виртуальный музей в своей деятельности найдет интересные, адекватные общественным потребностям формы, его посещаемость будет расти. Она будет расти тем быстрее, чем шире диапазон ИТ-технологий, применяемых музеем в процессе работы с посетителями.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Поврозник Н. Г. Виртуальный музей: сохранение и репрезентация историко-культурного наследия // Вестник Пермского университета, 2015. № 4. С. 213–221.
2. Гордеева Н. Виртуальный музей – феномен современной культуры // *Vinchi journal*, 2024. URL: <https://vinchi-interactive.ru/journal/virtualnyij-muzej-fenomen/> (дата обращения: 11.08.2024)
3. Технические рекомендации по созданию виртуальных музеев // Министерство культуры РФ; 2014. С. 1–37. <https://culture.gov.ru/documents/po-sozdaniyu-virtualnykh-muzeev-250714/> (дата обращения: 29.06.2024)
4. Селиванов Н. Л. Субъективный взгляд на музей из виртуальной реальности // Сб. под ред. Никишина Н. А. Музей и новые технологии. На пути к музею XXI века М.: Прогресс-Традиция, 1999. С. 143. URL: [http://www.future.museum.ru/lmp/books/archive/mus&n\\_t.pdf](http://www.future.museum.ru/lmp/books/archive/mus&n_t.pdf) (дата обращения: 20.07.2024)
5. Мальцева С. С. Виртуальный музей: понятие, инструменты работы, перспективы использования. Текст: электронный // Документ. Архив. История. Современность: сборник научных трудов. Екатеринбург: Издательство Уральского университета. 2022. Выпуск 22. С. 14–23. URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/117205/1/dais\\_2022\\_22\\_003.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/117205/1/dais_2022_22_003.pdf) (дата обращения: 03.07.2024).
6. Лебедев А. В. Музейные представительства в интернет. Российский и зарубежный опыт // Сб. под ред. Никишина Н. А. Музей и новые технологии. На пути к музею XXI века М.: Прогресс-Традиция, 1999. С. 81. URL: [http://www.future.museum.ru/lmp/books/archive/mus&n\\_t.pdf](http://www.future.museum.ru/lmp/books/archive/mus&n_t.pdf) (дата обращения: 01.07.2024).
7. Поляков Т. П. Музейная экспозиция: методы и технологии актуализации культурного наследия. М., 2018. 588 с. URL: <https://heritage-institute.ru/wp-content/uploads/2018/10/muzejnaya-ekspozicziya-metody-i-tehnologii-aktualizaczii-kulturnogo-naslediya.pdf> (дата обращения: 10.07.2024).
8. Клементьева Н. В. Информационные технологии в современном музейном пространстве // Научное обозрение. 2018. № 1. С. 8.
9. Максимова Т. Е. Рекомендации по созданию виртуальных музеев: тематическая специфика // Культура и цивилизация. 2016. № 1. С. 83–99. URL: <http://publishing-vak.ru/file/archive-culture-2016-1/6-maksimova.pdf> (дата обращения: 18.06.2024).

## REFERENCES

1. Povroznik N.G. Virtual museum: preservation and representation of historical and cultural heritage. *Vestnik Permskogo universiteta* [Bulletin of Perm University]. 2015. No. 4. Pp. 213–221. (In Russian)
2. Gordeeva N. Virtual museum – a phenomenon of contemporary culture. *Vinchi Journal*. 2024. URL: <https://vinchi-interactive.ru/journal/virtualnyij-muzej-fenomen/> (date accessed: 11.08.2024). (In Russian)

3. Technical recommendations for the creation of virtual museums. Ministry of Culture of the Russian Federation. 2014. Pp. 1–37. <https://culture.gov.ru/documents/po-sozdaniyu-virtualnykh-muzeev-250714/> (date of access: 29.06.2024). (In Russian)
4. Selivanov N.L. Subjective view on the museum from virtual reality. Coll. ed. Nikishin N.A. *Muzey i novyye tekhnologii. Na puti k muzeyu XXI veka* [Museum and new technologies. Towards a museum of the XXI century]. Moscow: Progress-Traditsiya, 1999. P. 143. URL: [http://www.future.museum.ru/lmp/books/archive/mus&n\\_t.pdf](http://www.future.museum.ru/lmp/books/archive/mus&n_t.pdf) (date of access: 20.07.2024). (In Russian)
5. Maltseva S.S. Virtual museum: concept, tools of work, prospects of use. Text: electronic. *Dokument. Arkhiv. Istoriya. Sovremennost': sbornik nauchnykh trudov* [Document. Archive. History. Modernity: collection of scientific papers]. Ekaterinburg: Izdatel'stvo Ural'skogo universiteta. 2022. No. 22. Pp. 14–23. URL: [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/117205/1/dais\\_2022\\_22\\_003.pdf](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/117205/1/dais_2022_22_003.pdf) (accessed: 03.07.2024). (In Russian)
6. Lebedev A.V. Museum representations on the Internet. Russian and foreign experience. Coll. ed. by Nikishin N.A. *Muzey i novyye tekhnologii. Na puti k muzeyu XXI veka* [Museum and new technologies. Towards a 21st century museum]. Moscow: Progress-Traditsiya, 1999. P. 81. URL: [http://www.future.museum.ru/lmp/books/archive/mus&n\\_t.pdf](http://www.future.museum.ru/lmp/books/archive/mus&n_t.pdf) (accessed: 01.07.2024). (In Russian)
7. Polyakov T.P. *Muzeynaya ekspozitsiya: metody i tekhnologii aktualizatsii kul'turnogo naslediya* [Museum exposition: methods and technologies for updating cultural heritage]. M., 2018. 588 p. URL: <https://heritage-institute.ru/wp-content/uploads/2018/10/muzejnaya-ekspozitsiya-metody-i-tehnologii-aktualizatsii-kulturnogo-naslediya.pdf> (date of access: 10.07.2024). (In Russian)
8. Klementyeva N.V. Information technologies in the modern museum space. *Nauchnoye obozreniye* [Scientific review]. 2018. No. 1. P. 8. (In Russian)
9. Maksimova T.E. Recommendations for the creation of virtual museums: thematic specifics. *Kul'tura i tsivilizatsiya* [Culture and civilization]. 2016. No. 1. Pp. 83–99. URL: <http://publishing-vak.ru/file/archive-culture-2016-1/6-maksimova.pdf> (accessed: 18.06.2024). (In Russian)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторе

**Гукемух Ибрагим Халидович**, канд. ист. наук, науч. сотр. Центра естественно-научных методов в археологии, антропологии и археографии, Кабардино-Балкарский научный центр РАН; 360000, Россия, г. Нальчик, ул. И. Арманд, 37-а;  
IBRAGUK22@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7908-6463>, SPIN-код: 2415-2346

### Information about the author

**Ibragim Kh. Gukemukh**, Candidate of Historical Sciences, Researcher, Center for Natural Science Methods in Archaeology, Anthropology and Archaeography, Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;  
360000, Russia, Nalchik, 37-a I. Armand street;  
IBRAGUK22@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0009-0008-7908-6463>, SPIN-code: 2415-2346

УДК 82-32

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-273-282

EDN: UUVBNH

## «Кавказский тезаурус» или «концептосфера горца» в новеллах С. Бабаева («Книга отца»)

А. Д. Атабиева

Институт гуманитарных исследований –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18

**Аннотация.** Целью данного научного изыскания является оценка смыслового наполнения новеллистической прозы балкарского писателя Сулеймана Хызировича Бабаева в аспекте отражения «концептосферы горца», на основе которой вырисовывается узнаваемый «кавказский тезаурус». Для решения выдвинутой задачи в работе задействованы биографический, типологический, этноонтологический, интерпретационный, структурно-семиотический методы исследования. В статье представлен развернутый анализ цикла новелл, вошедших в «Книгу отца»; определены узловые тематические линии и проблематика произведений; обозначена авторская идея в трактовке таких ценностных ориентаций, как связь поколений, преемственность этнических традиций, комплекс мировоззренческих установок и т.д. Философские размышления писателя выстраиваются вокруг центрального образа – человека, представляющего собой аутентичный облик таулу (балкарца/горца), в ком синтезированы вековые устои, опыт, знания и мудрость народа. Через призму мировосприятия героя-рассказчика соизмеряются основополагающие критерии, по которым идентифицируется человек гор. Новеллы С. Бабаева позволяют собрать воедино закрепленные в этническом сознании представления о национальной ментальности, нравственности, этике, связи с родом, любви к отчей земле, ценности слов и поступков человека, ответственности каждого за всеобщее благополучие. Четкое соответствие нравственным императивам является необходимым условием существования этноса на протяжении веков, этому принципу следует главный герой анализируемой книги.

**Ключевые слова:** Сулейман Бабаев, новеллы, образ отца, этническое самосознание, концептосфера горца, кавказский тезаурус, связь поколений

Поступила 30.08.2024, одобрена после рецензирования 12.09.2024, принята к публикации 23.09.2024

**Для цитирования.** Атабиева А. Д. «Кавказский тезаурус» или «концептосфера горца» в новеллах С. Бабаева («Книга отца») // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 273–282. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-273-282

Original article

## The "Caucasian thesaurus" or "conceptosphere of mountaineer" in the S. Babaev's short stories ("The Father's Book")

A.D. Atabieva

Institute of Humanitarian Researches –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street

**Abstract.** The purpose of this scientific research is to assess the semantic content of the short story prose of the Balkarian writer Suleiman Khyzovich Babaev in the aspect of reflecting the "conceptosphere of the mountaineer", on the basis of which a recognizable "Caucasian thesaurus" emerges. To solve the proposed task, the following are involved in the work uses biographical, typological, ethnoontological, interpretative, structural and semiotic research methods. The article presents a detailed analysis of the cycle of short stories included in the "Book of the Father"; the nodal thematic lines and problems of the works are identified; the author's idea in the interpretation of such value orientations as the connection of generations, the continuity of ethnic traditions, a set of ideological attitudes, etc. The philosophical reflections of the writer are built around the central image – a man representing the authentic appearance of taulu (balkarian/mountaineer), in whom the age-old foundations, experience, knowledge and wisdom of the people are synthesized. Through the prism of the worldview of the hero-narrator, the fundamental criteria by which the mountaineer is identified are measured. S. Babayev's short stories allow us to bring together ideas fixed in the ethnic consciousness about national mentality, morality, ethics, connection with the family, love for the father's land, the value of human words and deeds, the responsibility of everyone for the well-being of all. Strict compliance with moral imperatives is a necessary condition for the existence of an ethnic group for centuries, this principle is followed by the main character of the analyzed book.

**Keywords:** Suleiman Babaev, short stories, the image of the father, ethnic consciousness, the conceptosphere of the mountaineer, Caucasian thesaurus, generational connection

*Submitted 30.08.2024,*

*approved after reviewing 12.09.2024,*

*accepted for publication 23.09.2024*

**For citation.** Atabieva A.D. The "Caucasian thesaurus" or "conceptosphere of mountaineer" in the S. Babaev's short stories ("The Father's Book"). *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 273–282. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-273-282

## ВВЕДЕНИЕ

Выбор объекта изучения, проблематика статьи и ее актуальность продиктованы необходимостью рассмотрения литературных персоналий в связке со спецификой этноментальности и уровнями проявления таковой. В выстраивании концептуалогии статьи автор опирается на труды Ф. Урусбиевой, З. Кучуковой, Н. Смирновой и др., которые послужили методологической базой работы. Тема исследования обусловила целесообразность обращения к этноонтологическому принципу анализа и оперирование соответствующей терминологической системой.

Творческий путь Сулеймана Хызировича Бабаева (1932–2003) – тот редкий случай, когда удельный вес художественных произведений относительно мал, но качество ценностно-смыслового содержания и способы воплощения авторской идеи значительно превосходят ожидания.

В середине 1970-х годов отдельные подборки рассказов балкарского автора публиковались в местной периодике: «Жаундан сора» («После дождя»), «Ыстаутдан кьошха келе» («По пути от кошары в кош»), «Бир эртденликде» («Однажды утром»), «Ахшылык» («Доброта»), «Река в холаме» (в переводе с балкарского С. Ахматовой) – на страницах газет «Коммунизмге жол» («Путь к коммунизму»), «Советская молодежь», журналов «Шуёхлук» («Дружба») и «Минги тау» («Эльбрус»). Новелла «На зимних пастбищах» включена в «Антологию балкарской прозы» (составитель – Б. Чипчиков, 2009).

В 1977 году республиканским книжным издательством «Эльбрус» осуществлена публикация единственного сборника новелл писателя «Атамы китабы» («Книга отца») на балкарском языке. Под тем же названием в переводе М. Джуртубаева книга вышла в свет в 2001 г. В 2011 и 2017 годах лирико-философские новеллы С. Бабаева были переизданы.

Круг тем, волнующих писателя, включает размышления об онтологических, нравственно-философских вопросах, предназначении человека в этом мире, специфике этнического мышления, художественное воспроизведение величественной природы Кавказа. В тексте новеллы «Слова подобны зернам» недвусмысленно разъяснена гуманистическая концепция автора: *«Велик человек, ни с кем его не сравнить. Как замечателен, удивителен он в своей печали и радости, как идет он по земле, и сердце его колотится от тревоги и восторга, путник, идущий в туманном небе среди звезд, поднимающийся к ним из гор и долин; и то, что будоражит его и движет им – это и есть то, что мы называем человеком, зерно, которое есть во всех нас – и в тебе, и в тех, кого ты знаешь и любишь, и в тех, кого знаю и люблю я, и во мне, идущем ночью по берегу реки, когда в тумане появляется силуэт всадника, небесного странника, и сходит с коня отец»* [1, с. 74]. В понимании С. Бабаева ничто в мире не равноценно уму и сердцу человека.

Образ *дороги* – один из акцентных в его творчестве, тяготение к детализации – особенность авторской манеры. В представлении писателя жизнь – это путешествие, в котором человеку нужно и радоваться, и терпеть, всегда идти уверенной поступью, и если необходимо – ломать скалы, сдвигать валуны, расчищая себе путь. Слова: *«Дорога свята, она главное дело мужчины – воина и путника. Вечными путниками были наши деды», «жизнь – долгий путь, где нет остановки»* [1, с. 5] – красноречивое подтверждение транслируемой идеи. Отца своего (Хызира) рассказчик также называет *путником*, прошедшим огонь войны, видевшим смерть и потому строящим дороги. *«Тысяча дорог за ним, тысяча гор и долин, тысячи взглядов на эти скалы, семь тысяч переходов на семи конях, семь тысяч мудрых слов»* [1, с. 39]. Жизнь и сама тождественна пути (*жашау жол*), кавказец живет, прокладывая себе дорогу к вершине среди каменистых троп. *«Огромность земли, даль дороги, белый обрыв, похожий на полумесяц, оползень, мосты над водами – все они, пройденные мною, остаются в моем сердце, как чьи-то чудесные рассказы, потому что, как говорил мой отец, в каждой трудности – тысяча удовольствий. Если бы в моей жизни не было дорог, – не так билось бы сердце, неуверительными были бы мои слова»* [1, с. 5] – этими умозаключениями предваряется новелла «Доброта».

Система миропонимания этноса формировалась на основе восхождения по вертикали (*гора*) и движения по горизонтали (*дорога, тропа*), что продиктовано аскетичными условиями существования. В связи с необходимостью обживания труднодоступных высокогорных местностей, ареальности поселений, ввиду специфичности ландшафта сложились свои законы взаимодействия с природой и суровым климатом. Сопутствующие им опасность, риск с потенциальной возможностью схода селей, лавин и камнепадов, бездорожье, снежные вершины, рельефы скал, горных гряд и холмов, наличие бурных рек, крутых склонов, обрывов, узких тропинок, передвижение на лошадях, вьючных животных, воловьей арбе – привычный жизненный фон. Дорога сводится к испытанию силы духа, хождению по краю бездны, балансированию над пропастью. Все это воспринималось будничными действиями, ежедневной рутинной. Простор вокруг служил благодатной почвой, на которой взращивался дух свободы, создавались условия для выработки ключевых качеств национального характера. Для горца жизнь в аскезе – абсолютная норма, принципы его существования близки к философии стоицизма. Отсюда типичные черты балкарца – *сабырлык* (сдержанность, уравновешенность, степенность), *тёжюмлюк* (терпение, стойкость).

Такая модель этносреды закономерно обуславливает ментальность балкарца, определяющуюся особыми критериями, метами, системой аксиологических концептов в единстве *горы* (вертикаль), *дороги* (горизонталь) и *человека*. Это особая культура экологии. «Недаром пашня, очищенная от камней, сложенных затем аккуратно в виде изгороди, становилась частью души, синонимом его личной свободы и достоинства. Она из-

мерялась ценой труда, вложенного в нее, количеством копен, шириной ладони или пространством под камнем, под стопой» [2, с. 152]. Из подобных деталей формируется особая образная система, «символический тезаурус» действительности, окружающей горца. Вышеперечисленные аспекты составляют «когнитивный генокод» (привязанные к культуре народа и зафиксированные в языке особенности мышления, психологии и этики), способствующий самоидентификации, аккумулируя в себе память, знания и опыт прежних поколений.

Проза С. Бабаева по определению этнична, произведения автора концентрированно отражают национальный дух. Это этнографически маркированные истории из жизни, облеченные в сказовую форму. Художественный текст щедро пропитан народной лексикой, насыщен географическими деталями. В том числе топонимические названия местностей (Холамское ущелье, Усхур, Мысты-кам, Березовый склон, хребты Таракъла, гора Башты-кыр, лес Къуршоучу, ложбины Къозу-Ойнагъан и Буу-мюйюзле, склон Газа-тюбю, Таухурун – падь); озер в Къая-Арты, Тай-Тутуучу, Сары-Тюз; рощ (Жылкычы Жюрек – Сердце Табунщика); родников и речек (Акъ-Суу, Суу-Чыкыгъан, Суу-Айырылгъан, Суу-Кесген); галактик (Къой-Ызы – «овечья тропа», «след» / Млечный Путь); звезд и планет (Темир-Къазакъ – «железный кол» / Полярная звезда, Чолпан – Венера); природных явлений (тейри кылыч – «божий меч», «небесный меч» / радуга); животных и растений (мыллыкчы къуш – орел-ягнятник, жерк – ольховник, чум – кизил); предметов обихода, еды, питья (кукурузные чуреки, айран, бишлякъ – сыр, боза – буза, сыра – пиво, буу мюйюзле – оленье рога, агъач аякъ – деревянная чаша); народных музыкальных инструментов (сыбызгъы – дудка, кыыл-кыобуз – смычковый инструмент) и иных определений (кыош – стоянка пастухов, ныгыш – место сбора старейшин; шапа – человек, прислуживающий гостям за столом).

Примечательно, что в языке такие антропологические номинации, как *къол* (рука), *сырт* (спина), *аууз* (рот), *эрин* (губа), *бурун* (нос), *тил* (язык), *кыулакъ* (ухо) зачастую переносятся на топонимические геокоординаты: *къол* – долина, *сырт* – плоскогорье, возвышенность, *аууз* – ущелье, *эрин* – уступ (яр), *кыулакъ* – выступ (либо «кыулакъ кыар юзюлген» – снежная лавина или камнепад). Данная особенность также отражена в текстах новелл С. Бабаева.

Писателем приводится множество примеров, разъясняющих архаические представления этноса. В анализируемом сборнике превалируют мифологизированные солярные образы (звезд, луны, солнца). Читатель созерцает, как *солнце*, словно всадник на рыжем коне, уходит за горы («Теплый снег») или уподобляется красному быку, с ревом спускающемуся с неба («Звезда мира»); обращаясь к светилу, герой-рассказчик просит согреть его сердце и помочь написать что-то нужное людям. Употребителен и образ *луны*: она «поднимается над ущельем, скитаясь в сучьях чинар, моет седые волосы в реке» [1, с. 98], освещает дорогу запоздалому путнику и девушке, несущей на плечах воду; наблюдение за лунным затмением вызывает ассоциацию с языческим мифом, в котором описывается метафизическое явление – поглощение луны небесным драконом («Богатство»).

В новелле «Рассвет» упоминаются небесные врата, врата солнца, которые по легенде раскрывались только избранным, в это время следовало загадывать заветное желание, чтобы оно обязательно исполнилось. Отношение ко сну как к вестнику, предвестию благих событий обыгрывается в содержании одноименного цикла новелл «Книга отца». Интересен также заимствованный из мифа вставной сюжет о трех гуриях, прилетающих вечером к озеру в облике птиц, которые превращаются в прекрасных девушек, купаются, после чего вновь принимают прежний облик и улетают. В народной памяти существовало поверье, что у того, кто увидит крылатых девушек, непременно будут хорошая жена и

счастливая судьба. Герой произведения приходит лунной ночью к озеру и грезит о своей любимой. В контекст новеллы включена и древняя легенда, гласящая, что овцы предка Бабы (рода Бабаевых), когда-то сорвавшиеся со скалы, превратились в камни.

Витальность (жажда жизни, благоговение перед ней, тяга к познанию окружающего мира) – одна из характерных черт бабаевской прозы. В ней выражена индивидуальная натурфилософия. Писатель воздаст хвалу жизни, подчеркивая, что нужно ценить каждое ее мгновение: *«Как безмерно щедра жизнь, дарующая нам цветы, мелодии свирели, летние фиолетовые сумерки, алый закат на снегу; и как этот закат, аела на снегу кровь солдата, раненого в этой ложбине, и была она свята, как цветы во мгле вечера, как солнце, освещающее ложбину, дающее ей жизнь»* [1, с. 34]. Поэтике новелл свойственны особая живописность, то самое элегическое дыхание, произвольная символизация бытийных реалий. Художник окидывает взглядом узнаваемые приметы родной земли (скалы, камни, пещеры, деревья, излучины рек, чинаровые леса, сочные луга, родники, о каждом из которых можно написать отдельную повесть), памятные с детства чистые горные источники, ласковые, как прикосновение материнской ладони. Созерцает величественную красоту необозримого мира, ощущая единство всего, что сотворено божественным промыслом. Слушает журчание родников и шум рек, любит бродить ранним утром по росе, умываться студеной водой, пить бодрящий айран или пенящееся молоко, пропитанные силой целебных трав, наблюдать за парящим орлом в небе, подниматься по склонам, ведя коня на поводу. Проникается сочувствием к одинокой чинаре над обрывом, что в бурю, не выдержав собственной тяжести, валится вниз и остается лежать поперек реки, продолжая служить людям в качестве моста. Герой-рассказчик (отождествляемый с самим автором) любит жизнь во всех ее проявлениях, излучает свет, учит творить добро, черпать силу в обыденных вещах, здороваясь с солнцем поутру, а ночью приветствуя луну: *«Сейчас вошла в мое сердце доброта вчерашнего вечера, святость его благодати, его красоты – и только сейчас я понял чистоту моего сердца. Нет в природе ничего, что не было бы прекрасным»* [1, с. 8], – озвучивает свою жизненную философию С. Бабаев.

Главный адресат книги – отец писателя, который прежде всего является сыном своего народа и составляет центрообразующее ядро новеллистического цикла. Так вырисовывается мудрый, благословенный облик отца, и в каждом тексте запечатлены теплые, трогательные воспоминания о нем. Наставничество отца помогало автору постигать окружающий мир, набираться житейского опыта, осваивать многие навыки, изучать народные приметы и пословицы, запоминать названия горных ущелий, свойства лекарственных трав и цветов. Из всего этого впоследствии и сложилась «Книга отца» (по аналогии с Книгой Тейри из карачаево-балкарской мифологии, содержащей исчерпывающие знания о мире). Уроки и наставления старших служили путеводной звездой, освещали жизнь и придавали сил. *«Мой добрый белобородый отец, ни один шаг, который я сделал, следуя за тобой в горах и долинах, не был напрасным, ни одно слово, сошедшее с твоих губ, не пропало. Как семечки яблок, занесенные ветром в горы и доли, и нашедшие там благодатную почву, твои слова пробиваются ростками в моей душе»* [1, с. 42], – пишет автор. Тот же лейтмотив выделяется в контексте новеллы «Рассвет»: *«Будьте всегда со своим народом, берегите его речь, сердце, дух»* [1, с. 10]. Сама эта идея программно закреплена в прозе С. Бабаева и звучит как послание следующим поколениям.

О важности родовых отношений, многовековой связи поколений, ценности перенимаемого опыта повествует новелла «После дождя»: *«И сам я, слушая отца, часто думаю: «Если бы в молодости он, хоть изредка, записывал то, что слышал от своего отца, моего деда, – это были бы бесценные слова»* [1, с. 16]. Выраженная мысль в новой интерпретации преподносится в произведении с поэтичным названием «Яблоня перед моим до-

мом». Происходит смена ракурсов, но идея все та же. Образы, сходные по смыслу, равные по силе эмоционально-эстетического воздействия. Связь поколений иллюстрируется на примере семьи: дед Копай – отец Хызир (проживший сто лет) – сын Сулейман – внук Мусса (который ушел из жизни в младенческом возрасте). Велик долг отца перед детьми, его поступки являются и примером, и консолидирующей силой, учат доброте, закладывают фундамент для последующего формирования личности. Бесценна радость ребенка, окруженного заботой родителей, именно этот урок позволит его сердцу отзываться на чужую боль. В продолжение заданного тона размышлений автор пишет: *«Все прекрасное на земле – цветы, светила, деревья, все необыкновенное принадлежит тем, кто может удивляться, – детям»* [1, с. 66]. Поэтому, обращая внимание на то, как общее дело объединяет семью, писатель подчеркивает первооснову человеческих взаимоотношений – любовь. Проявлением нерушимости духовной связи между отцом и детьми служит *ябло-ня*, в свой черед каждый из них должен будет посадить свое дерево, ощущая себя неотъемлемым звеном единой цепи. *Дерево* (как символ рода) дарит радость безвозмездно, напоминая людям, что можно *«улыбаться просто от того, что встало солнце, ощущать полноту жизни в себе и во всем, что тебя окружает»* [1, с. 63]. В привычном жизненном укладе горца особая ценность придавалась *сливовому дереву* (из него изготавливался кьобуз – музыкальный инструмент), *чинару* (отличающемуся твердостью древесины), *боярышнику* (горцы-пастухи использовали его ветви в качестве посоха).

Если бы человек понимал, какая созидательная сила заключена в его руках, сажающих плодовые деревья, мысленно представляя их уже цветущими, сеял зерно и видел перед собой колосющееся поле, которое затем превратится в теплый хлеб, то получал бы ни с чем не сравнимую радость. Сами люди, несомненно, когда-то уйдут из жизни, но их добрые дела останутся. *«Отец всегда чтил разум, чтил детей, нивы, дожди – все, что дарует народу мощь, доброту, надежду. Здороваясь с солнцем, кланяясь луне, начинал он и заканчивал свой день, творил добрую жизнь, которая соединялась с вечной жизнью... – словно это было предопределено ему от сотворения мира»* [1, с. 7]. Такой принцип выступает духовным ориентиром, служит основой человеческого существования в целом. Писатель видел этот пример перед глазами – отец был для него образцом духовности, эталоном мужской чести, средоточием вековых знаний народа, человеком, тонко чувствовавшим бие-ние жизни, который был так близок к родной земле. В его облике заложены истинные черты образа *таулу* – мужчины-горца. Оттого сильны слова благодарности сына мудрому отцу как дань памяти за бесценные уроки созидания во благо всему живому.

Орография, точнее, орографичность (частые описания гор) является доминирующей линией творчества балкарских поэтов и писателей. В северокавказском общелитературном контексте *гора* характеризуется как «онтологическая константа» или «пространственная вертикаль», определяющая мотивацию и поведение горца во всех сферах его жизнедеятельности [3]. В соотношении с данным образом различаются категориальные понятия вечное/преходящее, величественное, возвышенное/приземленное.

Естественно, «горность» и «равнинность» имеют свою специфику. Гора для балкарца – не столько географическая мета, сколько особое зрение и восприятие окружающего мира. Жизнь в окружении гор формирует специфический «этос» (соответствующие нравственно-этические привычки и особенности характера). Суровый ландшафт, ограниченный горами, одновременно дает простор высоким душевным устремлениям человека. Родная геосреда, пейзажи, знакомые писателю с детства, менталитет народа, насыщенная этноархетипами среда служат определителями этнической принадлежности и в некоторой степени предопределяют стиль мышления, раскрывая все нюансы и обертоны жизни в окружении уникальной природы.



Прапамять народа хранит классическую систему ценностей и все аспекты горской культуры. Природа и человек, их взаимообусловленность – ключевые смысловые линии книги С. Бабаева. Слитность человека и среды, связь гор и жизни горца (одно немыслимо без другого), подобие горы и горца во внешних описаниях и свойствах характера. Таким образом, очевидно, что горы считаются как этническая мета. «Горность как граница горности, восходящих к горскости – таулулукъ – как характеру и судьбе. Система отсчета и мер, предлагаемых горами» [4, с. 197], подразумевающая под этим «горность» пейзажей и ландшафта, плюс «горскость» мышления и характерного стиля жизни. Гора (вертикаль) – почитаемая народом «онтологическая константа», которая является «прасимволом кавказской культуры», что подчеркивается исследователями [4], [5].

Мысль о кровном родстве горцев и аутентичной среды вынесена писателем за скобки. Гармония и равновесие – вот к чему стремится человек, живущий среди скал, он вращается корнями в каменистую землю, непрерывно взаимодействует с ней. Величие этих мест, сакральная география, и, собственно, само пространство вобрали в себя этноментальность, особенности психологии, этики, специфику народного сознания, ими обусловлены обычаи и предания, посредством которых усваиваются безусловные, непреложные истины, подводя к пониманию сути слов духовность, нравственность. Благодаря чему вырисовывается общекавказская система координат, отсюда берет начало панорамное мышление. Горы, как центр мира, синонимичны бессмертию, во всяком случае таково миропонимание живущих здесь людей. Суровый климат и те реалии, та атрибуция, без которых существование балкарца непредставимо, закономерно предопределили черты характера, в числе которых выделяется потенциальная рациональность в расходовании доступных природных ресурсов. Именно поэтому *адамлыкъ* (человечность) считается опорной категорией жизненной философии, а взаимопомощь служит гарантом выживания. Народ является носителем этого высокого знания, рупором духовных истин. Примером хрестоматийного образа горца является и центральный герой анализируемой книги. В его лице представлен народ, определяющийся писателем как мерило духовности.

Собранный в «Книге отца» свод сведений о жизни балкарцев в горах формирует уникальный «кавказский тезаурус», выстраивая каноническую «концептосферу горца». Образ Кавказа, сама метафизика гор и соответствующих ландшафтных ориентиров приобретают в сборнике эмблематический статус. Кавказ трактуется как когнитивный центр бытия горца, образец высокой нравственности, пример возвышенных помыслов. Оттого эта благословенная земля взрастила такое количество поэтов-мудрецов (Кязим Мечиев, Кайсын Кулиев, Керим Отаров, Ибрагим Бабаев), писателей-философов (Алим Теппеев, Зейтун Толгуров, Борис Чипчиков и др.).

Следует сказать, что самоназвание балкарцев (*таулула* – горцы) содержит прямую отсылку к горам, и в основу этнонима заложена соответствующая семантика (*таулу* равно *горец*). Созвучие слов *тау* – *таулу* – *таулулукъ* указывает на неразрывность понятий, в которых зафиксированы перманентные характеристики человека, живущего в суровых условиях (внешняя стать, свободолюбие, стойкость, крепость духа, степенность, благородство, преобладание духовной составляющей), узнаваемый облик народа-труженика и нравственно-этический кодекс, закрепленный в этносознании. Вышеперечисленные описания вбирает в себя «таулулукъ».

Земной путь человека не лишен тягот и страданий, жизнь в горах нелегка и опасна. Собственно путь – есть универсальная метафора движения. Веками путь горца состоял из тяжелого труда на пастбищах и сенокосных угодьях, земледелия и ремесленничества. Для писателя труд сельчанина и художественное творчество нераздельны, об этом новелла «На зимних пастбищах»: «Целый день я таскаю на волах копны сена, дрова, бревна. Хо-

рошо, что до коша не так далеко. Вечером, пригнав стадо, выпрягая усталых Айбаша и Доммая, от которых валит пар, я оглянулся. На снегу остались клочки сена и полосы от дров, словно это были те строки, которые я должен был написать и написал сегодня» [1, с. 29]. Стойкость духа этих людей, осваивавших скудные, каменистые земли, сродни стали, утверждает писатель. Вставая спозаранку, им необходимо было развести огонь, набрать и принести воды, испечь хлеб, приготовить нехитрую еду, идти на охоту, смотреть за скотом, защищаться от хищников, пережить суровые зимы, подолгу находясь на коше. Однако всегда и везде балкарца отличали трудолюбие, широта души, неразрывная связь с живой природой. Настоящий горец, даже когда рубит дерево, просит у него прощения («В лесу»). Не менее значимо для горцев слово, оно должно быть осмысленным и произнесено к месту, нести добрый посыл, тогда это будет золотое слово («Слова подобны зернам»). Обо всем этом повествуют новеллы Сулеймана Бабаева.

Художник непрестанно восхищается величием кавказских гор, способным излечить душу человека и очистить его разум: *«Взгляни на горы – как они чисты, ясны. Кажется, что если подойти к ним ближе и бросить на них один только взгляд, почувствовать их величие – и этого будет достаточно, чтобы излечить человека»* [1, с. 11]. В этом плане примечательно содержание новеллы «Трава камня», метафорически передающее мощь и силу родной земли, подчеркивая, что горец слит с ней воедино, именно ее притяжение спасло народ от гибели на чужбине. *«Могуч сок травы у родного камня...», «Вода и камень родины тянули нас к себе, потому и вернулись мы...»* [1, с. 13], – звучат слова героя. В произведениях подспудно присутствуют трагические страницы народной истории. Содержание новелл «Звезда мира» и «Сливовое дерево» бедит сердце драматическими воспоминаниями о войне, трудных послевоенных годах, тяготах выселения. Сравнивая свое голодное детство, проведенное на чужбине, с детством своих детей, писатель подчеркивает очевидный контраст, разность мировосприятия двух поколений. *«Много раз нам, балкарским детишкам, луна над среднеазиатскими степями казалась пирогом или сыром, когда по ночам мы ходили собирать колосья, оставшиеся на полях. Много скорбных дум передумали старые горцы, вспоминая о стадах и табунах, оставшихся без присмотра, о заброшенных полях. Старушки утешали детей, словно слова могли чем-то помочь, метались по дому, плакали от бессилия. ...А в доме не было ни пылинки муки. Вечером, столпившись вокруг них, детишки с потемневшими, как зола, горящими глазами глядели на тусклый свет керосиновых ламп, словно из этого света должны были прорасти пшеничные колосья»* [1, с. 96]. Родители вынужденно обменивали ценные вещи (золотой пояс, обручальное кольцо, старинный прадедовский кинжал в серебряных ножнах) на мешок пшеницы, поскольку нет ничего страшнее для человека, чем голодные глаза его детей.

Задумываясь о человеческих судьбах, писатель осознает цикличность самой жизни – закономерный процесс, когда все зарождается и увядает, уступая место чему-то новому. *«Все идет своим чередом, как и века назад, и земля так же спокойна, уверенна и огромна, как небо над ней. Если бы они могли чувствовать то, что чувствую я, они сделали бы человека бессмертным»* [1, с. 27]. То, что нас окружает, требует бережного отношения, сострадания, человеческого тепла («Слепая лошадь»). Автором нащупано удачное сравнение: «земля – слепорожденная кобылица». *«Черная земля и сама перенесла немало бед со дня творения; земля, слепорожденная кобыла. Сколько снарядов рвали ее могучее тело, сколько огней обжигали ее, и сама она иногда дышала огнем, взлетали в небо камни, словно комья глины из-под копыт несущейся вскачь лошади»* [1, с. 30]. Означенная метафора художественно отражает гуманистическую концепцию писателя. Слепая лошадь спотыкается, встает на ноги и продолжает путь, она помнит звуки плети, лишившей ее зрения, бесчувственность хозяев «без Бога в душе». Но белая звезда на лбу освещает ей дорогу ради новой жизни в ней, она помнит всех своих жеребят (рыжих, вороных, гне-

дых) и готова отдать всю жизнь без остатка, чтобы вновь увидеть их. Люди, не задумываясь, лишают животных свободы, но что может быть прекраснее лошади, быстрой как птица, с горящими глазами, скачущей на просторах альпийских лугов с развевающейся гривой. Для горца (пастуха и воина) существенное значение имеет слитность с конем, в его восприятии лошадь – самое прекрасное и верное животное на земле. *«Нет на свете животного добрее... Тысячелетия уже служит она человеку, живет для него, не щадя себя ни в сражении, ни на пахоте»* [1, с. 31].

В творчестве С. Бабаева раскрывается трепетное отношение к женщине, тем более что сам он рано лишился ласки матери. Писатель следует заповеди своего отца: *«Берегите, храните честь и красоту наших женщин, наших матерей»* [1, с. 10], эта мысль транслируется в содержании новеллы «Рассвет» (женщина-мать как воплощение родной земли). В рассказе «Блаженство ночи» отражены драматические страницы жизни семьи главного героя и образ жены, родившей ему семерых детей (четверых из которых она похоронила), обладающей неисчерпаемым мужеством и терпением. В женщинах заключены мощь и красота самой жизни, они и есть источник этой жизни, их руками, не знающими отдыха, создано все («Тяжесть ведра воды»). Не потому ли балкарки такие искусные мастерицы, заключает автор. Их образ уподобляется небесному светилу: *«Чем хуже солнца хорошая девушка? А мать с ребенком на руках прекраснее солнца»* [1, с. 47].

Объемное образное мышление, яркие визуальные метафоры, вещественная зримость картин, формульность, мифологическая насыщенность текста, сосредоточенное созерцание, пассионарность и антропоцентричность – одни из множества характерных черт поэтики новелл балкарского писателя. Художественная состоятельность книги бесспорна. В ней просматривается философско-экзистенциальный акцент на земном бытии.

В книге С. Бабаева обнаруживается множество автобиографических подробностей, информации из жизни его семьи. И каждый читатель сам может это прочувствовать. Анализируя содержание сборника, Е. Жабоева-Тетиева справедливо отмечает, что новеллы писателя напоминают дневниковые записи, заметки из ежедневника, поскольку автор старался запечатлеть и удержать в памяти каждое мгновение прошлого. «Понимание вечных божественных ценностей – это высокий уровень интеллектуального развития, необычный интерес к жизни» [6, с. 65], – рассуждает она. Исследуя художественные тексты, автор статьи обращает внимание на то, как точны портретные характеристики героев. Кроме того «интертекстуальные связи позволяют увидеть генезис текста, его структуру, основные составляющие смысла» [6, с. 66]. Действительно, в новеллистической прозе С. Бабаева четко обозначена та ценностная система координат, что служила опорой этноса на протяжении многих веков. Читателю преподносится книга жизни народной, полноценная историческая хроника с калейдоскопом характеров и человеческих судеб.

В анализируемом сборнике сформулирована образцовая модель литературного творчества: *«Если моим пером водит любовь к высокой земле родины, память об отце, если кто-то, неведомый мне, читая слова мои, может хоть на миг ощутить то, что ощущаю я, увидеть – хоть на миг – прорастание травы, струение родника, полет звезды, первый снег, падающий в горах, – значит, душа моя – от камня родной земли, кровь моя – от родных рек. Значит, ладится мой труд»* [1, с. 49]. Именно такой оценки читателя достойна проза С. Бабаева, в которой живо представлены образы простых тружеников, достойных людей с большим сердцем и чистыми помыслами.

Из систематизированного материала и последовательного анализа художественных текстов следует, что полновесное отражение концептосферы горца с ориентацией на формирование целостного свода сведений о жизни и культуре этноса в единый «кавказский тезаурус» характеризует «Книгу отца» С. Бабаева, которую, без сомнения, можно назвать энциклопедией народной мудрости.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бабаев С. Книга отца. Новеллы / Перевод с балк. М. Джуртубаева. Нальчик: Эльбрус, 2001. 104 с.
2. Урусбиева Ф. Уровни чтения. Статьи. Нальчик: Эльбрус, 2010. 248 с.
3. Кучукова З. Онтологический метакод как ядро этнопоэтики: (карачаево-балкарская ментальность в зеркале поэзии). Нальчик: Издательство М. и В. Котляровых, 2005. 312 с.
4. Смирнова Н. «Чтоб пробудить крылатость в человеке». Жизнь-творчество: Керим Отаров. Книга-эссе. М.: Наука, 2014. 328 с.
5. Кучукова З. Вертикаль как прасимвол кавказской культуры // Вопросы культурологии. 2012. № 8. С. 32–36.
6. Жабоева-Тетиева Е. О «Книге отца» Сулеймана Бабаева // Литературная Кабардино-Балкария. 2012. № 6. С. 62–72.

## REFERENCES

1. Babaev S. *Kniga ottsa. Novelly* [The Father's Book]. Perevod s balkarskogo M. Dzhurtubaeva. Nalchik: Elbrus, 2001. 104 p. (In Russian)
2. Urusbieva F. *Urovni chteniya* [Reading levels]. Stat'i. Nalchik: Elbrus, 2010. 248 p. (In Russian)
3. Kuchukova Z. *Ontologicheskii metakod kak yadro etnopoetiki: (karachaevo-balkarskaya mentalnost v zerkale poezii)* [The ontological metacode as the core of ethnopoeitics: (Karachay-Balkarian mentality in the mirror of poetry)]. Nalchik: Izdatelstvo M. i V. Kotlyarovykh, 2005. 312 p. (In Russian)
4. Smirnova N. «*Chtob probudit krylatost v cheloveke*». *Zhizn-tvorchestvo: Kerim Otarov* ["To awaken wingedness in man." Life is creativity: Kerim Otarov]. *Kniga-esse*. Moscow: Nauka, 2014. 328 p. (In Russian)
5. Kuchukova Z. *Vertikal kak prasimvol kavkazskoi kultury* [Vertical as the proto-symbol of Caucasian culture]. *Voprosy kulturologii*. 2012. No. 8. Pp. 32–36. (In Russian)
6. Zhaboeva-Tetueva E. *O «Knige ottsa» Suleimana Babaeva* [About "The Father's Book" by Suleiman Babaev]. *Literaturnaya Kabardino-Balkariya*. 2012. No. 6. Pp. 62–72. (In Russian)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

## Информация об авторе

**Атабиева Асият Даутовна**, канд. филол. наук, ст. науч. сотр. сектора карачаево-балкарской литературы, Институт гуманитарных исследований – филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук;

360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18;

bolatovaatabieva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2384-6108>, SPIN-код: 7303-0391

## Information about the author

**Asiyat D. Atabieva**, Candidate of Philological Sciences, Senior Researcher, Institute of Humanitarian Researches – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;

360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street;

bolatovaatabieva@mail.ru, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-2384-6108>, SPIN-код: 7303-0391

УДК 811.512.142

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-283-288

EDN: VGIXGE

Научная статья

## Концепт алтын «золото» в современном карачаево-балкарском языке

Б. А. Мусуков, Л. Х. Махиева✉

Институт гуманитарных исследований –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18

**Аннотация.** В статье впервые в современном карачаево-балкарском языке исследуется концепт **алтын** «золото» как базовая единица лингвокультурологии. **Целью** работы являются системное изучение, описание данного концепта в национально-культурном аспекте и анализ свободных и лексикализованных словосочетаний, идиом фразеологического типа, простых и сложных предложений, образованных с помощью общетюркской лексемы. В ней рассматриваются словообразовательные особенности данной единицы, участвующей в деривационных процессах с помощью аффиксальных и корневых морфем. В работе выявлены особенности вербализации, отражающие специфику данного концепта в языковой национальной культуре карачаевцев и балкарцев, определены некоторые основные базовые понятия и термины, связанные с концептом **алтын** «золото». Практическое значение заключается в том, что материалы исследования могут быть использованы при сравнительно-сопоставительном изучении лексики тюркских языков, в лекционно-семинарских курсах по теории современного карачаево-балкарского языка, а также при составлении учебников и учебных пособий, словарей различных типов.

**Ключевые слова:** концепт, ментальная единица, символ, ценности золота, метафора, языковая картина мира, пословичный фонд, фразеологизм

Поступила 27.09.2024, одобрена после рецензирования 07.10.2024, принята к публикации 11.10.2024

**Для цитирования.** Мусуков Б. А., Махиева Л. Х. Концепт алтын «золото» в современном карачаево-балкарском языке // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 283–288. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-283-288

Original article

## Concept altyn “gold” in the modern karachay-balkar language

B.A. Musukov, L.Kh. Makhieva✉

Institute of Humanitarian Researches –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street

**Abstract.** The article is the first to examine the concept of altyn "gold" in the modern Karachay-Balkar language as a basic unit of linguacultural studies. The aim of the work is a systematic study, description of this concept in the national-cultural aspect and analysis of free and lexicalized word combinations, idioms of phraseological type, simple and complex sentences formed with the help of the common Turkic lexeme. It examines the word-formation features of this unit participating in derivational

processes with the help of affixal and root morphemes. The work reveals the features of verbalization reflecting the specificity of this concept in the linguistic national culture of the Karachays and Balkars, defines some basic concepts and terms associated with the concept of altyn "gold". The practical significance lies in the fact that the research materials can be used in comparative-contrastive study of the vocabulary of Turkic languages, in lecture and seminar courses on the theory of the modern Karachay-Balkar language, as well as in the compilation of textbooks and teaching aids, dictionaries of various types.

**Keywords:** concept, mental unit, symbol, gold values, metaphor, linguistic world-image, proverbial fund, phraseological unit

*Submitted* 27.09.2024,

*approved after reviewing* 07.10.2024,

*accepted for publication* 11.10.2024

**For citation.** Musukov B.A., Makhieva L.Kh. Concept altyn "gold" in the modern karachay-balkar language. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 283–288. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-283-288

## ВВЕДЕНИЕ

В последние годы в современном карачаево-балкарском языке успешно развивается такое направление, как когнитивная лингвистика. Главной категорией когнитивной лингвистики является понятие «концепт». Как отмечает В. И. Карасик, «концепт – это единица ментального пространства, позволяющая структурировать знания о мире» [1, с. 41].

В современном мире золото является самым известным драгоценным металлом желто-оранжевого цвета. Особый интерес представляет этимология термина «**ЗОЛОТО**». Данное слово «восходит к праиндоевропейской основе, вербализованной значением желтый» [2].

Культурное воззрение о золоте сформировано одним из древних концептов **АЛТЫН** «**ЗОЛОТО**».

В языковой национальной культуре карачаевцев и балкарцев концепт **АЛТЫН** «**ЗОЛОТО**» является неотъемлемым атрибутом богатства, власти, эквивалентом денег и т.д. Степень безупречности привела его к представлению о нем, как о чистом металле, с которым связано такое понятие, как символ величия, достоинства, непоколебимости.

Данный концепт в качестве символа благополучия олицетворяет все самое возвышенное, прекрасное и светлое.

Как пишет Гэ Яньлэй, «данное слово вообрало в себя метафорически структурированную глубинную ментальность. И эта ментальность репрезентирована положительной коннотацией, которая объективируется образами света, солнца, добра, чистоты, с другой стороны, – отрицательной коннотацией, поскольку само слово по своей природе амбивалентно» [3, с. 128].

В «Толковом словаре карачаево-балкарского языка» представлены следующие значения лексической единицы **АЛТЫН** «**ЗОЛОТО**»:

**АЛТЫН** *ат* 1) золото / химия элемент, тэш, чёгюч бла ишлерге бек тынч эм иги созулуучу, сары тюрсюнюлү, жылтырауукъ, сыйлы металл;

2) в позиции определения золотой «*алтындан ишленген*» [4, с. 135].

Следует отметить, что, кроме этих основных значений, концепт **АЛТЫН** «**ЗОЛОТО**» имеет и оттеночные значения.

## ОСНОВНАЯ ЧАСТЬ

Национальный менталитет народа проявляется в символизации особенностей этноса, истории и культуры, обычаев, быта, в частности, в его сформировавшихся строевых единицах, к числу которых относятся пословицы и поговорки. Данный жанр устного народ-

ного творчества во многом коррелирует и с фразеологическими единицами изучаемого языка. В тюркологических исследованиях утвердилось мнение, согласно которому необходимо разграничить паремические высказывания и фразеологические единицы.

«Пословицы и поговорки – один из интересных информативно насыщенных жанров фольклора. Они отражают духовный облик народа, помогают узнать жизненные ценности, в их основе лежат экстралингвистические признаки языковых явлений» [5, с. 162–163].

Большую группу паремических высказываний составляют конструкции с концептом **алтын** «золото», которые до настоящего времени не были предметом специального изучения в исследуемом языке. Как показывает фактологический материал, в пословицах сконцентрированы реальные и воображаемые образы:

**Алтынны алма да, алгышны ал** (посл.) «Служи не за золото, а выбирай благодарность»; **Алтындан гитче да жокьду, алтындан багьалы да жокьду** (посл.) «Золото дороже всего, хоть и меньше всего (по размеру)»; **Алтынны таба билген, асырай да билир** (посл.) «Кто умеет находить золото, тот сумеет и сохранить его»; **Алтын ачхыч темир кьаланы ачар** (посл.) «Золотой ключ железную крепость открывает»; **Алтынны кирге атсанг да, жылтырар** (посл.) «Золото и в грязи блестит».

Как показывают примеры, пословицы передают законченную мысль, выраженную в виде краткого заключения. В них сконцентрированная мысль передается в определенной последовательности либо положительно, либо отрицательно. Структурно состоят из двух частей, могут быть употреблены в прямом и переносном значениях, например: **Жылтырагьан бары да алтын болуп бармайды** (посл.) «Не все золото, что блестит». Исходя из этого значения пословиц состоят в том, что оценивать кого-то или что-то нужно по внутреннему содержанию, а не по внешним признакам.

В своей работе Т. С. Гелястанова пишет: «Поговорка – это меткое и краткое изречение, высказанное по конкретному поводу и образно определяющее предмет и явления по их характерным признакам. Она относится к определенному факту, употребляется к слову, подтверждает мысль, обогащает и окрашивает, оживляет речь. Поговорка короче пословицы, она не делает выводы, но подразумевает их [6, с. 54]. Сравним: **Алтынны тот басмаз** «Золото не ржавеет»; **Алтыннга талашма, акьылгьа талаш** «Не хлопочи о золоте, хлопочи об уме».

Занимая промежуточное положение между пословицами и поговорками, фразеологизмы выражают устойчивые лексико-семантические значения.

Все эти факты свидетельствуют о том, что в области теоретической и практической лексикографии современного карачаево-балкарского языка имеется ряд нерешенных вопросов, связанных с совершенствованием словарей различного типа.

Фразеологические единицы выступают языковыми средствами и способами вербализации, которые способствуют выявлению лингвокультурологического потенциала концепта **алтын** «золото».

Значительное место по количеству и образно-метафорическим особенностям в исследуемом языке занимают соматические фразеологизмы с концептом **алтын** «золото», в которых опорным является слово, обозначающее какую-либо часть человеческого тела. Например, с соматизмом **жюрек** «сердце» **алтын жюрек** «золотое сердце»: переносное значение **алтын жюрекли адам** «человек с золотым сердцем» – так говорят о людях добрых, щедрых. Фразеологические единицы со словом-соматизмом **кьол** «рука»: **алтын кьоллу**, **кьоллары бек уста**, **чемер** «мастер на все руки»; фразеологические единицы со словом-соматизмом **бармакь** «палец»: **бармагьындан бал тамады** «у него золотые руки», «у него из пальцев мед капает».

Фразеологизмы с положительной характеристикой: **акъыл токмакъ** «умный»; **учхан къушдан алтын тюк алгъан** «смелый, отважный».

Фразеологические единицы, в которых нашли отражение назидательные умозаключения: **Ёлмеген къул алтын аякъ бла суу ичер** «Оставшийся в живых раб из золотой чаши пьет»; **Сабыр туюбю – сары алтын** «Терпение – чистое золото»; **Алтынны кепге къуйгъанлай** «Говорить логично, без лишних слов».

Фразеологические единицы, в основе которых образное сравнение человека с неодушевленными предметами: **алтынны журуну кибик** «очень хороший», «как кусок золота»; **алтын сёзле** «золотые слова», «умные слова» и др.

«Уместно отметить, что перенос одного предмета, признака, процесса и т.д. на другой предмет может осуществляться и по смежности, он называется метонимией» [7, с. 314].

Приведенные примеры свидетельствуют о том, что в составе метафорического переноса, как правило, лежит сходство предметов, действий, признаков, а новое значение слова – результат ассоциативных связей.

Концепт **алтын** «золото» активно функционирует в пословично-поговорочном дискурсе, а также во фразеологии исследуемого языка.

В качестве культурной единицы данный концепт воплощает в себе морально-этические ценности, показывает высоконравственные позиции, базирующиеся на сопоставлении, сравнении, метафоризации и метонимии. В различных значениях имеет переносный смысл.

Как показывает собранный фактологический материал, концепт **алтын** «золото» часто применяется по отношению к человеческим умениям, навыкам, к высокой оценке. Сравним: **алтын кибик** «очень дорогой или очень хороший»; **алтын багъасы болгъан** «на вес золота».

Анализируемый концепт **алтын** «золото» ассоциируется с такими явлениями природы, как солнце, его лучи, солнечный свет: **кюнню алтын таякълары** «золотые лучи солнца»; цвет листвы: **алтын кюз арты** «золотая осень»; цвет золотых волос: **алтынчач, чачы алтын болгъан** «златовласый, златокудрый».

Все это показывает, что концепт **алтын** «золото» олицетворяет символику красоты.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Резюмируя вышеизложенное, следует отметить, что оценочная, понятийная и образная составляющие концепта **алтын** «золото», в частности, зависят от этнических особенностей и национально-специфических качеств карачаевцев и балкарцев. Они отображают менталитет народа, помогают понять всю глубину его обычаев, традиций, ценностей, т.е. исследование символики концепта **алтын** «золото» представляется перспективным для отражения драгметаллического кода и языковой картины мира в карачаево-балкарской лингвокультурологии.

## ПРИЛОЖЕНИЕ

Слова (термины), связанные с концептом **алтын** «золото»:

алтын – золото  
алтын-кюмюш – драгоценные металлы  
акъ алтын – платина  
от алтын – золото высокого качества  
сырма алтын – червонное золото  
суу алтын – позолота  
алтын суу ичирилген – позолоченный  
алтынкъулакъ фольк. – ружье, винтовка



алтынлы фольк. – ушкок  
 алтынчы – ювелир, золотых дел мастер  
 алтын затла – золотые изделия, украшения  
 алтынчач – златовласый, златокудрый  
 алтын бетли – цвета золота  
 алтынча жылтырагъан – отливающийся золотом  
 алтынжакъ – украшение, привешиваемое на лоб лошади  
 алтынжал – златогривый  
 алтын тауукъ – павлин  
 алтын къуш – жар-птица  
 алтын чыпчыкъ – иволга  
 алтын кюз арты – золотая осень  
 алтын хазна – золотой фонд  
 алтын ахча – золотые деньги (монеты)  
 алтын жюзюк – золотое кольцо  
 алтын билезик / бууунлукъ – золотой браслет  
 алтын бууун сагъат – наручные золотые часы  
 алтын бууун тюйме – золотые запонки  
 алтын сынжыр – золотая цепочка  
 алтын сыргъала – золотые серьги  
 алтын суу ичирилген сагъат – часы с позолотой  
 алтын суу ичирилген къашыкъ – позолоченная ложка  
 алтын суу ичирилген адырла – позолоченная посуда.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Карасик В. И. Языковой круг: личность, концепты, дискурс. М.: ГНОЗИС, 2004. 398 с.
2. Шанский Н. М. Этимологический словарь русского языка [электронный ресурс: <https://1793.slovaronline.com/>]. Дата обращения: 05.08.2024.
3. Яньлей Гэ. Культурный концепт ЗОЛОТО / ЗОЛОТОЙ в поэтических произведениях А. С. Пушкина // Вестник Казахского национального университета. Серия филологическая. 2023. Т. 189. № 1. DOI: 10.26577/ejph.2023.v189.i1.ph13
4. Толковый словарь карачаево-балкарского языка. В трех томах. Т. 1. А–Ж. Нальчик: Эль-Фа, 1996. 1016 с.
5. Махиева Л. Х., Локьяева Ж. М. Устаревшая лексика в карачаево-балкарских народных пословицах и поговорках // Северокавказская фольклористика: история и современность: сборник статей. Нальчик: Принт Центр, 2022. 218 с.
6. Гелястанова Т. С. Прагматика карачаево-балкарских паремий // Актуальные вопросы карачаево-балкарской филологии: сборник статей. Нальчик, 2010. 208 с.
7. Махиева Л. Х. Семантическая лексика (на материале словарей карачаево-балкарского языка) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2020. № 6(98). С. 312–317. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-312-317

## REFERENCES

1. Karasik V.I. *Yazykovoy krug: lichnost', kontsepty, diskurs* [Language circle: personality, concepts, discourse]. Moscow: GNOZIS, 2004. 398 p. (In Russian)
2. Shansky N.M. *Etimologicheskiy slovar' russkogo yazyka* [Etymological dictionary of the Russian language] [electronic resource: <https://1793.slovaronline.com/>]. Date of access: 08/05/2024. (In Russian)

3. Yanlei Ge. Cultural concept GOLD / GOLDEN in the poetic works of A.S. Pushkin. *Eurasian Journal of Philology. Science and Education*. 2023. Vol. 189. No. 1. DOI: 10.26577/ejph.2023.v189.i1.ph13. (In Russian)
4. *Tolkovyy slovar' karachayevo-balkarskogo yazyka* [Explanatory dictionary of the Karachay-Balkar language]. In three volumes. Vol. 1. A–J. Nalchik: El-Fa, 1996. 1016 p. (In Karach.-Balk.)
5. Makhieva L.Kh., Lokyaeva Zh.M. Outdated vocabulary in Karachay-Balkar folk proverbs and sayings. *Severokavkazskaya fol'kloristika: istoriya i sovremennost'* [North Caucasian folkloristics: history and modernity]: collection of articles. Nalchik: Print Tsentr, 2022. 218 p. (In Russian)
6. Gelyastanova T.S. Pragmatics of Karachay-Balkar paremias. *Aktual'nyye voprosy karachayevo-balkarskoy filologii* [Current issues of Karachay-Balkar philology]. Nalchik, 2010. 208 p. (In Russian)
7. Makhieva L.Kh. Semantic vocabulary (based on the dictionaries of the Karachay-Balkar language). *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences*. 2020. No. 6(98). Pp. 312–317. DOI: 10.35330/1991-6639-2020-6-98-312-317. (In Russian)

**Вклад авторов:** все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Contribution of the authors:** the authors contributed equally to this article. The authors declare no conflicts of interests.

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

### Информация об авторах

**Мусуков Борис Абдулкеримович**, д-р филол. наук, зав. сектором карачаево-балкарского языка, Институт гуманитарных исследований – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18;  
bmusukov@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1765-0176>, SPIN-код: 8975-4530

**Махиева Людмила Хамангериевна**, канд. филол. наук, доцент, зам. директора по научной работе, Институт гуманитарных исследований – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН; 360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6186-0395>, SPIN-код: 3779-5112

### Information about the authors

**Boris A. Musukov**, Doctor of Philological Sciences, Leading Researcher, Head of the Karachay-Balkar Language Sector of the Institute for Humanitarian Research – branch of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;  
360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street;  
bmusukov@bk.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1765-0176>, SPIN-code: 8975-4530

**Lyudmila Kh. Makhieva**, Candidate of Philological Sciences, Deputy Director for Research, Leading Researcher of the Karachay-Balkar Language Sector, Institute of Humanitarian Researches – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;  
360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street;  
ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-6186-0395>, SPIN-code: 3779-5112, SPIN-code: 3779-5112

УДК 811.512.142

Научная статья

DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-289-296

EDN: YCLASR

## Просветительская составляющая публицистики А. Урусовой

Ф. Т. Узденова

Институт гуманитарных исследований –  
филиал Кабардино-Балкарского научного центра Российской академии наук  
360000, Россия, г. Нальчик, ул. Пушкина, 18

**Аннотация.** Изучение текстов публицистического жанра актуализирует проблему концептуального осмысления аксиологических архитектур национальной литературы. Впервые в научный оборот вводится публицистическое (в особенности литературно-критическое) наследие карачаевской писательницы А. Урусовой. Цель исследования – выявить просветительские тенденции публицистической деятельности А. Урусовой. Методы исследования: структурно-описательный, системный, типологический. Результаты исследования: на примере деятельности А. Урусовой проиллюстрировано историко-культурное значение общественно-просветительской и литературно-критической мысли и ее влияние на эволюцию национального сознания карачаевского народа; выявлены дефинитивные особенности национальной публицистики, ее жанровые модификации (заметка, статья, рецензия, очерк), языковой ресурс.

**Ключевые слова:** карачаевская литература, публицистика А. Урусовой, просветительство, очерк, статья, литературная критика

Поступила 16.09.2024, одобрена после рецензирования 04.10.2024, принята к публикации 08.10.2024

**Для цитирования.** Узденова Ф. Т. Просветительская составляющая публицистики А. Урусовой // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2024. Т. 26. № 5. С. 289–296. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-289-296

Original article

## Enlightenment component of A. Urusova's journalistic writing

F.T. Uzdenova

Institute of Humanitarian Researches –  
branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences  
360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street

**Abstract.** The journalistic texts' study actualizes the problem of the national literature's axiological architectures' conceptional understanding. For the first time, the journalistic (especially literary-critical) heritage of the Karachay writer A. Urusova is introduced into scientific circulation. The purpose of the study is to identify the educational tendencies of A. Urusova's journalistic activity. Research methods: structural-descriptive, systemic, typological. Research results: the example of A. Urusova's activity illustrates the historical and cultural significance of social-educational and literary-critical thought and its influence on the Karachay people's national consciousness evolution; definitive features of national journalism, genre range (note, article, review, essay), expressive language resource have been identified.

**Keywords:** Karachay literature, A. Urusova's journalistic writing, enlightenment, essay, article, literary criticism

**For citation.** Uzdenova F.T. Enlightenment component of A. Urusova's journalistic writing. *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2024. Vol. 26. No. 5. Pp. 289–296. DOI: 10.35330/1991-6639-2024-26-5-289-296

## ВВЕДЕНИЕ

Публицистика в литературах Северного Кавказа представляет собой важный сегмент идеолого-просветительской мысли народа, показатель интеллектуальной ступени творческого развития. Демократические преобразования, произошедшие в последние десятилетия, «разархивация» документов, «замалчивавших» разного рода факты, в том числе репрессии 1930-х, депортацию народов в Среднюю Азию, точную численность погибших в Великую Отечественную войну и др., получают объективное отражение в первую очередь в публицистическом жанре.

Деятельность первых просветителей-публицистов Карачая и Балкарии пришлась на вторую половину XIX – начало XX века: И. Урусбиев, М. Абаев, И. Крымшамхалов, Б. Шаханов, И. Акбаев, И. Хубиев (Карачайлы), Иммолат Хубиев и др. Внимание их было сконцентрировано главным образом на актуальной социально-идеологической, героической, этнографической проблематике. Исторический очерк «Балкария» М. Абаева, написанный им на русском языке, публиковался отдельными статьями в газете «Каспий», затем в журнале «Мусульманин» (Париж, 1911) [1, с. 359]. Деятельность карачаевского публициста И. Хубиева (Къарачайлы) всецело основана на просветительской «доктрине». Письмо, с которым он обратился в «Мусульманин» (о возможности публикации проблемных статей о горской действительности), было опубликовано в журнале в 1910 году. С середины 20-х гг. И. Хубиев работает в г. Ростове-на-Дону, его статьи и заметки печатаются во многих изданиях (общее число последних достигало 18). Только в двух из них – «Терек» и «Советский юг» – было опубликовано более ста пятидесяти его трудов [4, с. 8]. Одним из известных карачаевских просветителей является И. Я. Акбаев (Чокуна афенди), автор «Учебного пособия первоначального обучения детей письму и чтению» на карачаево-балкарском языке» (1910), учитель, богослов, переводчик с арабского языка («Иман-ислам», «Зикир о пророке»); владел многими тюркскими языками, в совершенстве знал русский язык и русскую литературу, «обладал обширными знаниями по философии, географии, этнографии и истории, астрономии, восточной литературе и искусству» [1, с. 360]. В 1916 г. в Тифлисе издал первую книгу на карачаево-балкарском языке (с арабским шрифтом). Это был букварь – «Ана тил» («Родная речь»), ставший, в конце концов, исходной точкой развития национальной письменности. «Обучение в школах, печатание газеты и книг на карачаевском языке, – все вплоть до 1929 года осуществлялось на основе составленного им алфавита» [Там же].

Вторая волна карачаевских и балкарских публицистов (преимущественно 30-е годы XX века) связана с активизацией деятельности региональных СМИ. Авторами публицистических текстов, как правило, были поэты и писатели, некоторые из них являлись сотрудниками редакций. В их числе карачаевская писательница, общественный деятель, публицист, педагог А. Урусова. Ею написано в общей сложности около сотни статей, опубликованных как в местной периодике (газеты «Таулу джашау» (Горская жизнь), «Къызыл Къарачай» (Красный Карачай), «Ленинни байрагъы» (Ленинское знамя), «Къарачай»), так и в центральных изданиях («Правда», «Известия», «Комсомольская правда» и др.). Объемная картотека в Государственной библиотеке им. В. И. Ленина – свидетельство ее весомого труда.

## ОБСУЖДЕНИЕ И РЕЗУЛЬТАТЫ

Аминат Мудалифовна Урусова (в замужестве – Узденова) родилась 25 августа 1911 г. в а. Верхняя Теберда в семье известного деятеля, одного из представителей передовой интеллигенции Карачая Мудалифа Камашевича Урусова. Атмосфера, царившая в доме, общение с высоконравственными и культурными людьми явились той благодатной почвой, на которой происходило духовное становление А. Урусовой. В числе тех, кто был близок семье, – первые деятели культуры и искусства Карачая: Хубиев Ислам (Къарачайлы), видный общественный деятель, публицист, имя которого вошло в Энциклопедию Р. Луначарского; Акбаев Исмаил (Чокуна афенди), просветитель, богослов, автор первого букваря на карачаево-балкарском языке; Биджиев Асхат, первый из карачаевцев кандидат медицинских наук, писатель, автор ряда книг и учебников, переводчик; Каракетов Исса, один из основоположников карачаевской поэзии, автор знакового стихотворения «Кавказ»; Уртенев Азрет, поэт, один из наставников молодой карачаевской литературы; Аппаев Хасан, автор первого карачаевского романа «Къара кюбюр» («Черный сундук») и др. О них и других выдающихся личностях, внесших весомый вклад в дело становления и развития духовной культуры народа, она впоследствии написала книгу «Емюр танышланы сагъыныу» («Воспоминания о современниках», 1975) [2]. Книга пользовалась и пользуется большой популярностью. Для многих исследователей – этнографов, литературоведов – она явилась бесценным научным подспорьем. В своей рецензии карачаевский писатель Мусса Батчаев отметил: «...Автору суждено было быть в гуще описываемых событий. Отражаемая в книге эпоха представлена объективно, с исключительной достоверностью, что очень ценно для аналогичных работ мемуарного жанра. Одна из попыток сделана человеком, занимавшимся в те годы литературной критикой и журналистикой, – А. Урусовой. Шаг за шагом автор воспроизводит процесс развития культуры, искусства, литературы Карачая тех лет...» [3, с. 263].

Будучи представительницей «старой» национальной интеллигенции, выходцем из среды людей, в числе первых получивших фундаментальное образование, А. Урусова ощущала сопричастность судьбе своего народа. Она принадлежала тому достаточно обширному кластеру научно-технической и творческой элиты национальных окраин, охарактеризованных в свое время В. И. Лениным, как люди, которые «...привыкли к культурной работе», те, кто «двигал культуру, в этом состояла их профессия» [4, с. 250]. В то же время А. Урусова была ярким образцом новой советской интеллектуальной элиты. «А. Урусова, как и тысячи подобных ей, ощущала потребность в просветительской связи со своим народом, и как естественный продолжатель традиций и практик этнической пассионарной прослойки, и как адепт новой коммунистической философии. Сочетание двух нравственных императивов было присуще представителям старой аристократической верхушки карачаево-балкарского народа – весьма значительная часть его дворянства активно способствовала адаптации этноса к новым условиям существования и интеграции его культуры в парадигму советской этики и мировоззрения» [5, с. 330]. Ряд произведений (в особенности ранних) А. Урусовой, опубликованных на страницах первых национальных газет, написаны в полном соответствии с актуальными запросами партии, более того – могут оцениваться в качестве поэтического отклика на совершенно конкретные мероприятия идеологического толка. Естественное, непосредственное участие в политических кампаниях партии, проводившихся в середине – конце 20-х годов – «раскрепощение горянки», «ликвидация безграмотности» – закономерно приводило к появлению дидактических текстов, выстроенных с помощью отвлеченно-пафосных образных конструкций:

...Джарлыды, джазыкды суймеген аланы,  
 Факъырды окумагъан, мискинди джаны,  
 Кёз къарамы шагъатлыкъ эте халына,  
 Тюшалмайды таукелликни джолуна [6, с. 6]

...Беден, несчастен не любящий книги,  
 Нищ нечитающий, душа его убога,  
 Взгляд его доказывает его дух-состояние,  
 Не может он попасть на дорогу мужества... (Подстр. пер.)

Однако даже в таких образцах, написанных в границах ожиданий партийной элиты и ленинских идей о партийности литературы, очевидны весьма иллюстративные примеры подключения к схеме лирического сопереживания неожиданных виртуальных объектов, семантически связанных с вещным миром бытовой конкретики (например, *ножницы*), что уже само по себе демонстрировало прогрессивный вектор авторского поэтического слова к этнической рефлексии, и как следствие усиление суггестивного эффекта:

Тиширыула киргенбиз  
 Ленинни айтхан джолуна,  
 Хар эркинлик берилди  
 Таулу къызны къолуна.  
 Хар джерине дуньяны  
 Нюр себеди отубуз.  
 Азатлыкъны юлгюсюн  
 Бичед анда къыптыбыз... [7, с. 6].

Мы, женщины, пошли  
 По дороге, указанной Лениным,  
 Свобода (каждой) была дана  
 В руки карачаевской девушке.  
 Во все места мироздания  
 Сеет свет наш огонь.  
 Эталон свободы  
 Там вырезают наши ножницы... (Подстр. пер.)

Стихотворение «Къыптыбыз» («Наши ножницы»), написанное в 1927 году, вероятно, как отклик на проводившуюся во всех республиках Северного Кавказа кампанию «Пальто горянке», было опубликовано 7 ноября 1927 года в первом литературном приложении областной газеты «Таулу джашау» («Горская жизнь»). Это была первая публикация 16-летней А. Урусовой.

С 1933 по 1937 год А. Урусова работает в должности ответственного секретаря редакции газеты «Къызыл Къарачай» («Красный Карачай»). Всемерно содействуя свободному обмену мнениями по вопросам фактически зарождавшейся литературы, ей удалось привлечь внимание читателей к газете и произведениям национальных авторов, развернуть полемику вокруг актуальных (наущных) проблем. А. Урусова активно выступает со страниц областных газет с литературно-критическими статьями, посвященными творчеству поэтов Д. Байкулова, А. Уртенкова, прозаика Х. Аппаева и др., способствуя тем самым зарождению критического жанра в карачаевской литературе, откликается на события, происходящие в мире и стране в целом. Так, на литературной странице газеты «Къызыл Къарачай» (26 декабря 1936 г.) публикуется критическая статья А. Урусовой о романе Хасана Аппаева «Черный

сундук»; 4 сентября 1936 г. (продолжение в номере 92 (1242) от 6 сентября) – рецензия на книгу «Анекдоты Насра Ходжи» Азрета Уртенкова; 12 августа 1936 г. – литературно-критическая статья, посвященная поэме «Залихат» Даута Байкулова. В 1974 г. в газете «Ленинни байрагъы» («Ленинское Знамя») публикуется проблемная статья «Эндиги заманны темасы (Къобанланы Ахматны «Кюн таякъла» повестини юсюнден)» («Тема современности» (о повести Ахмата Кубанова «Кюн таякъла» («Лучи солнца»)) [8]. По сути, это были одни из первых работ, написанных в жанре литературной критики. В этом смысле творчество А. Урусовой сыграло важнейшую роль в формировании и развитии данного жанра в карачаевской литературе.

Выраженные просветительские тенденции обнаружены в статьях, написанных и во второй половине XX века: в 1959 г. А. Урусова публикует в областной газете «Ленинни джолу бла» («Ленинским путем») императив «Алыннъан борчланы сѣзсюз толтурургъа керекди» («Взявшие на себя обязательства необходимо выполнить»); выступает с аналитическими материалами о состоянии литературно-художественной критической мысли в регионе («Заманны излеми: Литература-суратлау критиканы юсюнден» («О литературно-художественной критике», 12 сент. 1974 г. [9]); в центральной периодике – «Известиях» (1973) – выходит ее полемическая заметка «Традиции настоящие и мнимые» [10], вызвавшая широкий общественный резонанс.

Патриотическим пафосом проникнуты публицистические материалы о первых деятелях культуры и искусства Карачая, видных общественных деятелях, внесших вклад в укрепление материальной и духовной жизни народа. Статья А. Урусовой «Рождение Карачаевска» в юбилейном номере (к 60-летию г. Карачаевска) газеты «Заря Карачая» («Къарачайны Тангы») (1987) подробно информирует о строительстве областного центра Карачаевской автономной области – г. Микоян-Шахара (ныне г. Карачаевск, Карачаево-Черкесская Республика), о тех, кто стоял у истоков рождения города, начиная с А. Микояна, поддержавшего идею создания областного центра в городе на Кубани; Курмана Курджиева, участвовавшего в церемонии открытия города в ноябре 1927 г., и др. Отмечены заслуги и тех, кто принимал непосредственное участие в руководстве строительством: Ибрагим Баташев, начальник стройки; десятник Али-Солтан Герюгов; Исса Каракетов, председатель Учкуланского окружного исполкома, обеспечивавший поставку леса; Мудалиф Урусов (отец А. Урусовой), председатель Хумаринского окружного исполкома, отвечавший за распиловку леса и доставку к пункту назначения [11, с. 4]. «Волны буйной Кубани катили кругляк из далекого Худеса на стройку. Двухколесные арбы, ведомые волами, и телеги беспрестанно шли с грузом камня, щебня, леса во все объекты строящегося города. Со всех аулов явились сюда плотники, каменщики, печники, возчики, грузчики, мастера по лесосплаву. В худых бешметах и сыромятных чарыках они повсюду трудились с полной отдачей сил. Строил народ, обретший свою автономию в 1926 году, свой первый социалистический город» [Там же].

Облик отца, известного общественного деятеля, ответственного работника области, члена съезда горских народов Терской области во Владикавказе (1920), члена исполкома окружного Совета трудовых горских депутатов (с 1921 г.), получил всестороннее отражение в объемном очерке «Атамы эмда ол заманны юсюнден» («Об отце и том времени»), опубликованном в газете «Ленинни байрагъы» 21 августа 1990 г. [12].

В очерковом жанре написан ряд статей; герои их – достойные личности, известные люди Карачая: «Халкъны сыйлы уланы» («Достойный сын народа») // Ленинни байрагъы. 1990. 25 июля, «Фахмулу эди ол» («Он был талантлив») // Къарачай. 1991. 17 окт. Очерк, посвященный отважному командиру разведгруппы в Великую Отечественную войну Батчаеву

Мулалифу Каракёзовичу, впоследствии вышел отдельным изданием – «Къарачайны ётгюр уланы» («Мужественный сын Карачая»). Черкесск, 2002 [13].

Экзистенциальные рассуждения и афористические «построения» наглядны в работах, имеющих практико-ориентированный (прикладной) характер. В числе таковых одни из последних статей А. Урусовой на карачаево-балкарском языке: «Сагъышларым» («Мои думы») // Ленинни байрагъы. 1990. 7 июня; «Окьюучулагъа» («Читателям») // Къарачай. 1991. 10 окт.; «Кесим дей билмеген аякъ тюрбюнде къалыр» («Не имеющий своего «я», останется под пятой (в состоянии раболепия, унижения)») // Къарачай. 1992. 20 окт.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Литературное творчество А. Урусовой представлено наряду с поэзией, мемуаристикой, крупноформатной прозой (романом-дилогией «Айсанат») внушительным с точки зрения как количественных показателей, так и значимости труда объемом публицистического материала. В работе приведен далеко не полный перечень работ А. Урусовой, но и указанные свидетельствуют о безусловной теоретической значимости ее труда в вопросах становления и развития публицистической мысли Карачая, а также выраженной просветительской и демиургической миссии.

Исследование публицистического наследия А. Урусовой (начиная с публикаций 30-х гг. XX века) позволяет объективно выявить актуальные проблемы культурного развития карачаевского народа (на протяжении 20-го столетия) и подходы к их решению.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Базиева Г. Д., Узденова Ф. Т. Карачаево-балкарская литература и проблемы этнической идентичности // Полилингвальность и транскультурные практики. 2019. Т. 16. № 3. С. 358–365. DOI: 10.22363/2618-897X-2019-16-3-358-365
2. Урусова А. М. Воспоминания о современниках (Ёмюр танышлары сагъыныу): на карач. яз. Черкесск: Карачаево-Черкесское отд-ние Ставропольского кн. изд-ва. 1975. 128 с.
3. Узденова Ф. Т. Мемуарные практики в художественном тексте (на примере творчества А. Урусовой) // Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН. 2021. № 6(104). С. 260–267. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-260-267
4. Ленин В.И. Из выступления на VIII Съезде РКП(б) / Ленин о культуре и искусстве. М.: ИЗОГИЗ, 1938.
5. Узденова Ф. Т. Особенности мемуарной прозы А. Урусовой (на примере книги «Ёмюр танышлары сагъыныу») («Воспоминания о современниках») // Кавказология. 2024. № 2. С. 325–337. DOI: 10.31143/2542-212X-2024-2-325-337
6. Урусова А. М. Хауам – китабла (Книги – дыхание мое) // В кн. Согъулмагъан къыл къобуз (Умолкнувшая скрипка): на карач. яз. Черкесск: Карачаево-Черкесское отделение Ставропольского изд-ва, 1977. С. 6.
7. Урусова А. М. Къыптыбыз (Ножницы) // В кн. Согъулмагъан къыл къобуз (Умолкнувшая скрипка): на карач. яз. Черкесск: Карачаево-Черкесское отделение Ставропольского изд-ва, 1977. С. 6.
8. Урусова А. М. Эндиги заманы темасы (Къобанлары Ахматны «Кюн таякъла повестини юсюнден») (Тема современности) (о повести Ахмата Кубанова «Кюн таякъла») («Лучи солнца»): на карач. яз. // Ленинни байрагъы (Ленинское знамя). 1974. 10 октября.
9. Урусова А. М. Литература-суратлау критиканы юсюнден» (О литературно-художественной критике) // Ленинни байрагъы (Ленинское знамя). 1974. 12 сентября.



10. Урусова А. М. Традиции настоящие и мнимые // Известия. 1973. 20 октября.
11. Урусова А. М. Рождение Карачаевска // Заря Карачая (Къарачайны Тангы). 1987.
12. Урусова А. М. Атамы эмда ол заманны юсюнден (Об отце и том времени): на карач. яз. // Ленинни байрагы (Ленинское знамя). 1990. 21 августа.
13. Урусова А. М. Къарачайны ётгюр уланы (Мужественный сын Карачая): на карач. яз. Черкесск, 2002. 19 с.

## REFERENCES

1. Baziyeve G.D., Uzdenova F.T. Karachay-Balkarian literature and problems of ethnic identity. *Polilingval'nost' i transkul'turnyye praktiki* [Multilingualism and transcultural practices]. 2019. Vol. 16. No. 3. Pp. 358–365. DOI: 10.22363/2618-897X-2019-16-3-358-365. (In Russian)
2. Urusova A.M. *Yomyur tanyshlany sagyny* [Memories of contemporaries]. Cherkessk: Karachaevo-Cherkesskoe otd-nie Stavropol'skogo kn. izd-va. 1975. 128 p. (In Karach.-Balk.)
3. Uzdenova F.T. Memoir practices in artistic text (on the example of the works of A. Urusova). *News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS*. 2021. No. 6 (104). Pp. 260–267. DOI: 10.35330/1991-6639-2021-6-104-260-267. (In Russian)
4. Lenin V.I. *Iz vystupleniya na VIII S"yezde RKP(b)* [From a speech at the VIII Congress of the RCP(b)]. *Lenin o kul'ture i iskusstve*. [Lenin on culture and art]. Moscow: IZOGIZ, 1938. (In Russian)
5. Uzdenova F.T. Features of memoir prose by A. Urusova (using the example of the book “Yomyur tanyshlany sagyny” (“Memories of Contemporaries”). *Kavkazologiya* [Caucasology]. 2024. No. 2. Pp. 325–337. DOI: 10.31143/2542-212X-2024- 2-325-337. (In Russian)
6. Urusova A.M. *Khaouam – kitabla* [Books are my breath]. In: *Sogulmag'an kyyl koobuz* [Silent violin]. Cherkessk: Karachaevo-Cherkesskoe otd-nie Stavropol'skogo kn. izd-va, 1977. P. 6. (In Karach.-Balk.)
7. Urusova A.M. *Kyptybyz* [Scissors]. In: *Sogulmag'an qyl qobuz* [Silent violin]. Cherkessk: Karachaevo-Cherkesskoe otd-nie Stavropol'skogo kn. izd-va, 1977. P. 6. (In Karach.-Balk.)
8. Urusova A.M. *Endigi zamanny themes (Kobanlany Akhmatny “Kyun tayakla povestini yusunden)* [“The Theme of Modernity” (about Akhmat Kubanov’s story “Kyun tayakla” (“Rays of the Sun”)). *Leninni bayragy* [Lenin's Banner]. 1974. October 10. (In Karach.-Balk.)
9. Urusova A.M. *Literatura-suratlau kritikany yusyunden» (O literaturno-khudozhestvennoy kritike)* [On literary and artistic criticism]. *Leninni bayrag"y (Leninskoye znamya)* [Lenin's Banner]. 1974. September 12. (In Karach.-Balk.)
10. Urusova A.M. [Real and imaginary traditions]. *Izvestia*. 1973. October 20. (In Russian)
11. Urusova A.M. *Rozhdeniye Karachayevska* [The birth of Karachayevsk]. *Zarya Karachaya (K"arachayny Tangy)* [Dawn of Karachay]. 1987. (In Russian)
12. Urusova A.M. *Atamy emda ol zamanny yusyunden (Ob ottse i tom vremeni)* [About the father and that time]. *Leninni bayrag"y (Leninskoye znamya)* [Lenin's Banner]. 1990. August 21. (In Karach.-Balk.)
13. Urusova A.M. *Karachayny yotgyur ulans* [Courageous son of Karachay]. Cherkessk, 2002. 19 p. (In Karach.-Balk.)

**Финансирование.** Исследование проведено без спонсорской поддержки.

**Funding.** The study was performed without external funding.

**Информация об авторе**

**Узденова Фатима Таулановна**, д-р филол. наук, вед. науч. сотр., Институт гуманитарных исследований – филиал Кабардино-Балкарского научного центра РАН;  
360000, Россия, Нальчик, ул. Пушкина, 18;  
uzdenova\_kbigi@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-9514>, SPIN-код: 1956-8363

**Information about the author**

**Fatima T. Uzdenova**, Doctor of Philological Sciences, Leading Researcher, Institute of Humanitarian Researches – branch of Kabardino-Balkarian Scientific Center of the Russian Academy of Sciences;  
360000, Russia, Nalchik, 18 Pushkin street;  
uzdenova\_kbigi@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5378-9514>, SPIN-code: 1956-8363

### Анатолию Ивановичу Алтухову – 75 лет



Анатолий Иванович Алтухов – доктор экономических наук, профессор, академик РАН, заведующий отделом Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр аграрной экономики и социального развития сельских территорий – Всероссийский научно-исследовательский институт экономики сельского хозяйства», ведущий ученый в области территориально-отраслевого разделения труда в АПК и обеспечения национальной продовольственной безопасности.

Анатолий Иванович родился в 1949 году, окончил экономический факультет Московской сельскохозяйственной академии имени К. А. Тимирязева в 1972 году, кандидат экономических наук с 1980 г., доктор экономических наук с 1993 г., старший научный сотрудник с 1986 г., профессор с 1997 г., академик

РАЕН с 2000 г., академик РАСХН с 2012 г., академик РАН с 2013 г.

А. И. Алтухов как признанный эксперт по развитию аграрной сферы экономики активно участвует в разработке основных положений аграрной политики России, осуществляет научное сопровождение ключевых программ ее реализации, используя информационные технологии, методы математического моделирования и прогнозирования.

В научных трудах А. И. Алтухова впервые были разработаны:

- теоретико-методологические положения по совершенствованию территориально-отраслевого разделения труда в агропромышленном производстве страны как одного из основных и наиболее эффективных направлений его развития за счет рационального размещения, углубления специализации и оптимальной концентрации производства отдельных видов сельскохозяйственной продукции, формирования их специализированных высокотехнологичных зон, совершенствования межрегионального обмена и экспорта сельскохозяйственной и продовольственной продукции, синхронизации пространственного развития сельского хозяйства и сельских территорий;

- методологические положения по обоснованию наиболее оптимального уровня обеспечения национальной продовольственной безопасности;

- методология обеспечения продовольствием населения крупных городов (совместно с В. Р. Боевым, А. Ф. Серковым), на основе использования которой был разработан проект долгосрочной целевой программы по устойчивому снабжению населения г. Москвы продовольствием, учитывающий наиболее вероятные изменения в макроэкономической ситуации в стране;

- методология формирования коллективной продовольственной безопасности государств – членов ЕАЭС и методика ее расчета на основе учета национальных особенностей обеспечения населения продовольствием и формирования единой базы данных в рамках интегрированной информационной системы для проведения ее мониторинга;

- методология целевого прогнозирования и индикативного планирования развития зернопродуктового подкомплекса как ядра агропродовольственной системы страны, позво-

лившая определить приоритеты и основные направления функционирования подкомплекса, разработать концептуальную модель перевода на инновационно-инвестиционный путь развития и предложить систему организационно-экономических мер и механизмы по ее реализации;

- теория и методология формирования и устойчивого функционирования развитого отечественного зернового рынка и его сегментов за счет создания в оптимальных размерах резервного фонда зерна на основе использования методики вероятных оценок колеблемости производства зерна в регионах страны;

- методические рекомендации по разработке и реализации целевых программ по развитию и размещению отдельных отраслей и подотраслей АПК на основе использования новых информационных технологий, методов математического моделирования и прогнозирования, системы эффективных организационно-экономических мер и механизмов их реализации.

А. И. Алтухов участвовал в разработке многих важных нормативно-правовых и иных актов развития АПК страны, среди которых:

1. Федеральные законы Российской Федерации: «О зерне» (принят 14.05.1993 г. № 4971-1 и дополненный 16.03.2006 г.), «О семеноводстве» (принят 17.01.1997 г. № 149-ФЗ), «О развитии сельского хозяйства» (принят 26.12.2006 г. № 264-ФЗ).

2. Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации 30 января 2010 г. № 120), Доктрина продовольственной безопасности Российской Федерации (утверждена Указом Президента Российской Федерации 21 января 2020 г. № 20).

3. Стратегия устойчивого развития сельских территорий Российской Федерации на период до 2030 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 2 февраля 2015 г. № 151-р).

4. Долгосрочная стратегия развития зернового комплекса Российской Федерации до 2035 года (утверждена распоряжением Правительства Российской Федерации от 10 августа 2019 г. № 1796-р).

5. Отдельные разделы Национального доклада о ходе и результатах реализации Государственной программы развития сельского хозяйства и регулирования рынков сельскохозяйственной продукции, сырья и продовольствия с 2008 по 2015 г.

6. Рекомендации по реализации положений Доктрины продовольственной безопасности для Совета Безопасности Российской Федерации, Комитета Совета Федерации по аграрно-продовольственной политике и природопользованию, Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам, Минсельхоза России.

Анатолий Иванович первым в стране поставил вопрос о необходимости перехода к новой парадигме обеспечения продовольственной безопасности, что приобрело особую актуальность в условиях проведения экспортоориентированной политики в АПК и ужесточения антироссийских санкций. Участвовал также в выполнении совместных НИР с коллегами из государств – членов ЕАЭС, результатом которых, в частности, стала разработка проекта Концепции коллективной продовольственной безопасности государств – членов ЕАЭС.

Научные разработки А. И. Алтухова имеют как теоретическое, так и практическое значение и используются не только в деятельности многих федеральных и региональных органов исполнительной и законодательной власти, но и в практической деятельности АО фирмы «Агрокомплекс» им. Н. И. Ткачева, ООО «Прогресс Агро», группы компаний ОАО «Новоаннинский комбинат хлебопродуктов», АО «Уралплемцентр» и ряда других крупных сельскохозяйственных организаций Краснодарского края, Волгоградской, Орловской,

Московской, Свердловской и Ульяновской областей, Дагестана, Удмуртии и Башкирии. Например, многолетнее внедрение его научных разработок в агропромышленное производство, согласно экспертным оценкам, способствует повышению урожайности сельскохозяйственных культур и продуктивности животных на 15–26 %, снижению в 1,5 раза трудоемкости производства продукции животноводства, рентабельному ведению отрасли на уровне около 25 %. Кроме того, они позволяют более оперативно решать вопросы ускоренного внедрения инноваций в производство, совершенствовать его структуру, надежно обеспечивать население продовольственными товарами, сокращать затраты на их хранение и транспортировку до 10 %.

А. И. Алтухов имеет большую научную школу, в рамках которой им подготовлены 25 докторов и 58 кандидатов экономических наук. Результаты его исследований опубликованы в более чем 900 научных работах, включая 167 книг и брошюр, 13 учебников и учебных пособий, 17 методических рекомендаций и методик, 14 прогнозов и концепций, 18 монографий.

Входил в состав диссертационных советов по защите диссертаций на соискание ученых степеней кандидата и доктора экономических наук, созданных на базе: ФГБНУ ФНЦ ВНИИЭСХ, ФГБОУ ВО «Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К. А. Тимирязева», ФГБОУ ВО «Орловский аграрный университет». Являлся членом редакционных коллегий ряда ведущих научных журналов.

А. И. Алтухов награжден медалью «В память 850-летия Москвы» (1997); почетными грамотами Совета Федерации (2005, 2019), Государственной Думы (2021), Минсельхоза России (2010, 2019), Российской академии сельскохозяйственных наук, Российской академии наук (2019); благодарностями Председателя Совета Федерации (2005), региональных администраций (2005, 2013, 2019); 4 дипломами и золотыми медалями Всероссийской агропромышленной выставки «Золотая осень» (2019, 2021, 2022); дипломами лауреата конкурса за лучшую завершенную научную разработку (2005, 2006). Он почетный работник агропромышленного комплекса России (2015), почетный профессор трех аграрных вузов страны, а также член Комиссии РСПП по развитию АПК.

За большие заслуги в развитии научно-исследовательской и образовательной деятельности, а также за активную работу по внедрению результатов научных исследований в производство и подготовку кадров высшей квалификации Алтухову Анатолию Ивановичу присвоено почетное звание «Заслуженный деятель науки Российской Федерации» (2024).

Уважаемый Анатолий Иванович, коллектив КБНЦ РАН от всей души поздравляет Вас с 75-летним юбилеем! Желаем крепкого здоровья, кавказского долголетия, счастья и благополучия, дальнейших творческих успехов на благо российской науки!

## К 90-летию со дня рождения Олега Борисовича Макаревича



Олег Борисович Макаревич – советский и российский ученый в области разработки многопроцессорных вычислительных систем и средств защиты информации, доктор технических наук, профессор кафедры безопасности информационных технологий Института компьютерных технологий и информационной безопасности Южного федерального университета, заслуженный деятель науки РФ.

Олег Борисович родился 13 сентября 1934 года. В 1961 г. окончил Таганрогский государственный радиотехнический институт по специальности «инженер-электрик». С 1962 года работал в институте ассистентом, старшим инженером, заведующим проблемной лабораторией цифровых интегрирующих машин, заведующим отделом многопроцессорных систем НИИ МВС. В 1970 г. получил ученую степень кандидата технических наук в области многопроцессорных вычислительных систем, в 1983 г. защитил докторскую диссертацию, а в 1986 г. ему присвоено звание профессора.

Благодаря усилиям О. Б. Макаревича в 1995 г. в Таганрогском радиотехническом университете (ТРТУ) началась подготовка по новому направлению информационных технологий – защита информации. В 1997 году по его инициативе была создана кафедра безопасности информационных технологий, а затем и факультет информационной безопасности. С 1997-го по 2013 год он был заведующим этой кафедрой и директором Южно-Российского регионального центра по проблемам информационной безопасности в системе высшей школы.

В 2005 году в ТРТУ была создана научная лаборатория ИИПРУ КБНЦ РАН «Фундаментальные проблемы информационной безопасности», где О. Б. Макаревич в должности главного научного сотрудника активно развивал фундаментальные и прикладные исследования в области теоретических основ информатики и информационной безопасности.

Олег Борисович отдал университету в общей сложности 60 лет своей жизни. Им сформирована научно-педагогическая школа «Интеллектуальные системы защиты информации на базе нейросетевых технологий», которая и сейчас успешно функционирует. Более двадцати его учеников защитили кандидатские диссертации, один – докторскую. Богатый научный и практический опыт, приобретенный при проведении научных и конструкторских изысканий, высокая активность, инициативность и коммуникабельность позволяли О. Б. Макаревичу не только успешно справляться с задачами повышенной сложности, но и использовать полученные наработки в повседневной научной и педагогической работе. В 2006 году ему было присвоено звание «Почетный работник высшего профессионального образования РФ».

О. Б. Макаревич опубликовал более 400 научных работ, в том числе 9 монографий. Он был главным конструктором ряда разработок, в частности вычислительного

комплекса ЕС-2703, разработчиком серии интегральных микросхем К502 (цифровых интеграторов), автором 75 изобретений. В 1983 году ему присвоено звание «Заслуженный изобретатель СССР».

За вклад в подготовку специалистов по информационной безопасности неоднократно становился лауреатом премий «Инфофорум» и «Зубр», а также конкурсов, проводимых Европейской торгово-промышленной палатой, был отмечен грамотами Федеральной службы по техническому и экспортному контролю (ФСТЭК) России. За личный вклад в укрепление государственной системы защиты информации и оказание содействия в решении задач, возложенных на ФСТЭК России в Южном федеральном округе, О. Б. Макаревич награжден медалью «За укрепление государственной системы защиты информации II степени».

Он организовал и провел тринадцать конференций с международным участием «Информационная безопасность», десять международных конференций «Security of Information and Networks».

О. Б. Макаревич пользовался заслуженным уважением и авторитетом среди коллег и студентов. Они всегда ценили Олега Борисовича и как ученого, обладающего глубокими знаниями и огромной энергией, и как светлого человека, друга и учителя.

*Он навсегда останется в нашей памяти и в наших сердцах.*

# **ПРАВИЛА ОФОРМЛЕНИЯ СТАТЕЙ, ПРЕДСТАВЛЯЕМЫХ АВТОРАМИ В ЖУРНАЛ «ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН»**

1. Журнал «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» публикует оригинальные научные, обзорные, аналитические статьи отечественных и зарубежных авторов, рецензии на книги и статьи, персоналии по следующим группам специальностей:

1.1. Математика и механика; 1.2. Компьютерные науки и информатика; 1.3. Физические науки; 1.6. Науки о Земле и окружающей среде; 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации; 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство; 4.2. Зоотехния и ветеринария; 5.2. Экономика; 5.4. Социология; 5.5. Политические науки; 5.6. Исторические науки; 5.9. Филология.

Журнал предназначен для научных работников, преподавателей, аспирантов, магистрантов, студентов. Периодичность – шесть выпусков в год. Журнал публикует статьи на русском и английском языках объемом не менее 8 и не более 20 страниц макетного формата (не менее 18 000 символов). Работы, превышающие объем, принимаются к публикации по специальному решению главного редактора журнала.

Журнал включен в Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук по научным специальностям и соответствующим им отраслям науки (по состоянию на 15.02.2023, п. 1163):

группа специальностей 2.3. Информационные технологии и телекоммуникации:

2.3.1. Системный анализ, управление и обработка информации, статистика (технические науки),

2.3.3. Автоматизация и управление технологическими процессами и производствами (технические науки),

2.3.7. Компьютерное моделирование и автоматизация проектирования (физико-математические науки),

2.3.8. Информатика и информационные процессы (технические науки);

группа специальностей 4.1. Агрономия, лесное и водное хозяйство:

4.1.1. Общее земледелие и растениеводство (сельскохозяйственные науки),

4.1.2. Селекция, семеноводство и биотехнология растений (сельскохозяйственные науки),

4.1.3. Агрохимия, агропочвоведение, защита и карантин растений (сельскохозяйственные науки);

группа специальностей 5.2. Экономика:

5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике (экономические науки),

5.2.3. Региональная и отраслевая экономика (экономические науки),

5.2.6. Менеджмент (экономические науки).

2. К публикации в журнале «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» принимаются статьи, содержащие новые результаты. Статьи должны быть посвящены актуальным проблемам науки, содержать четкую постановку цели и задач исследования, строгую научную аргументацию, обобщения и выводы, представляющие интерес своей новизной, научной и практической значимостью. Журнал также публикует специальные выпуски, посвященные конференциям разного уровня по тематике журнала, обзорные статьи. Не допускается направление в редакцию статей, уже опубликованных или посланных на публикацию в другие журналы. Результаты иных авторов, использованные в статье, следует должным образом отразить в ссылках. Представляя статью в журнал, авторы обязаны выполнять все требования по оформлению.



3. Направляя статью в журнал, каждый из авторов подтверждает, что она соответствует наивысшим стандартам публикационной этики для авторов и соавторов, разработанным COPE (Committee on Publication Ethics), см. <http://publicationethics.org/about>. Всем статьям, опубликованным в журнале, присваиваются идентификаторы цифрового объекта (DOI) для лучшего поиска и идентификации. Поступающие в редакцию статьи проходят проверку на плагиат через систему *Антиплагиат* (<https://www.antiplagiat.ru>), для принятия они должны иметь не менее 75 % уникальности текста.

4. Принятые к публикации в журнале «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» статьи проходят двойное слепое рецензирование, редакционную подготовку, после чего макет направляется на корректуру. Окончательный вариант предоставляется автору на вычитку. Срок предоставления статьи на вычитку автору – 3 рабочих дня.

5. Полнотекстовые версии статей, публикуемых в журнале, размещаются в Интернете в свободном доступе на официальном сайте журнала <https://www.kbncran.ru/izvestiya.htm/>, на сайте Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU, Научной электронной библиотеки «Киберленинка», в Российской государственной библиотеке, ВИНТИ, Google Scholar. Статьи по сельскому хозяйству размещаются в AGRIS. Статьи по математике, физике, информатике, математическому моделированию в экономике и по наукам о земле размещаются на Общероссийском математическом портале Math-Net.Ru [www.mathnet.ru](http://www.mathnet.ru) (<http://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=izkab&optionlang=rus>). Срок размещения редакцией очередного номера журнала – в течение 3 месяцев с даты выхода в свет номера.

6. Публикации в журнале для сотрудников КБНЦ РАН бесплатные, для сторонних авторов – 500 руб. за страницу. Для рецензентов (не членов редколлегии) предусмотрены льготы для опубликования.

7. Требования к рукописи статьи.

Рукопись статьи подается вместе с сопроводительным письмом, подписанным всеми авторами статьи, в котором авторы в том числе подтверждают, что подаваемая в журнал статья ранее не была опубликована, а также не представлена для рассмотрения и публикации в другом журнале. Число и состав авторов после подачи статьи на рецензирование не меняются.

Материалы предоставляются в редакцию журнала по адресу: 360010, Россия, Кабардино-Балкарская Республика, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2 или на электронную почту [ired07@mail.ru](mailto:ired07@mail.ru).

Все страницы, включая рисунки, таблицы и список литературы, следует пронумеровать (если в тексте только один рисунок или таблица, номера ставить не нужно).

В тексте статьи **обязательно** указывается:

- УДК <https://teacode.com/online/udc/>; ORCID; тип статьи (научная, обзорная, аналитическая,...); коды JEL (специальности: 5.2.2. Математические, статистические и инструментальные методы в экономике, 5.2.3. Региональная и отраслевая экономика, 5.2.6. Менеджмент); AMS Subject Classification (по специальностям в областях математики, информатики, физики);
- название статьи на русском и английском языках;
- фамилия и инициалы автора (авторов) на русском и английском языках; электронная почта авторов (если несколько авторов, то указать \* автора, ответственного за переписку);
- полное официальное название учреждения с указанием полного почтового адреса на русском и английском языках, адрес электронной почты (E-mail) **организации**;
- аннотация на русском и английском языках – в ней четко должны отражаться актуальность, новизна, методика и результаты научного исследования, выводы, объем – 150–200 слов.
- ключевые слова на русском и английском языках – не более 10–15 слов;
- основной текст статьи (примерная схема): введение, цели и задачи исследования, методы исследования, результаты исследования, выводы (заключение);
- финансирование.

В аннотации и заключении не допускается использование громоздких формул, ссылок на текст работы или список литературы.

Сведения об авторах (на русском и английском языках): фамилия, имя, отчество, ученая степень, ученое звание, должность, название подразделения, полное название места работы (может быть более одного), рабочий адрес.

Для связи с редакцией – контактный телефон одного из авторов.

8. Список литературы должен содержать только ссылки на научные статьи (периодические журналы, монографии, труды конференций и т.д.), которые упоминаются в тексте работы, расположенные в порядке цитирования, не менее 15. Ссылки на неопубликованные работы, результаты которых используются в доказательствах, не допускаются. Недопустимо использование ссылок на авторефераты, диссертации, газеты, интернет-сайты журналов, электронные газеты. Список литературы печатается в конце статьи, оформляется в соответствии с правилами, предусмотренными журналом. Все остальные источники, использованные при написании статьи, выносятся в сноски в конце каждой страницы (при необходимости). В списке литературы необходимо указывать не менее 50 % от общего количества источников за последние 5 лет (как самого автора, так и сторонних авторов, работающих в данном направлении; в том числе зарубежных источников), не более 20 % ссылок на собственные работы. Исключения составляют статьи, которые посвящены исследованиям конкретных документов.

В списке литературы должны быть указаны источники по образцу:

• статья – Фамилия И. О. Название статьи // Название журнала. Год. Том. Номер. С. .... DOI...

• книга – Фамилия И. О. Название книги: монография. Город: Издательство, Год. ... с.

• коллективная монография – Фамилия И. О. Название книги / под ред. Фамилия И. О. Город: Издательство, Год. ... с.

• статья в сборнике конференций – Фамилия И. О. Название статьи // Название конференции: материалы конференции \* / Название организации. Город, Год. С. .... DOI...

• статья в электронном издании – Фамилия И. О. Название статьи [Электронный ресурс] // Название журнала, Год. Том. Номер. С. .... URL:... (дата обращения: число, месяц, год).

9. Список литературы **полностью** дублируется на **английском языке** независимо от того, имеются в нем иностранные источники или нет.

Пояснения по формированию списка литературы и References.

Если статья, на которую указывает ссылка, была переведена на английский язык и опубликована в английской версии журнала, необходимо указывать ссылку из переводного источника! Указания (учебное пособие, монография, перевод, количество томов и т.д.) в References можно опускать. При цитировании оригинального источника на английском языке в названии с прописной буквы пишется первое слово. В названии журнала пишется каждое полнзначное слово с прописной буквы.

Библиографические описания публикаций в References составляют в следующей последовательности:

#### **журнальная статья**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. *Zaglavie jurnala* [Title of Journal]. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... DOI (In Russian);

в случае, если у журнала есть официальное название на английском языке, источник оформляется в таком виде:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. *Title of Journal*. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... DOI (In Russian);

#### **монография, книга, глава из книги, препринт**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. *Nazvanie* [Title of book]. Gorod: Izdanie. Year. Pages p. (In Russian);

#### **статья в материалах конференции**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of paper. *Nazvanie konferensii*. Gorod, Organizatsia. Year. Pages p. (In Russian);

#### **статья в электронном издании**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of paper. *Nazvanie zhurnala*, Year, Pages p., available at: <http://...> (accessed Data Year).

Журнал «Известия Кабардино-Балкарского научного центра РАН» при оформлении руководствуется ГОСТ 7.0.7 – 2021, ГОСТ Р 7.0.12.

На сайте <http://www.translit.ru/> можно бесплатно воспользоваться программой транслитерации русского текста в латиницу. Для этого, выбрав вариант системы **Board of Geographic Names (BGN)**, получаем изображение всех буквенных соответствий.

10. Требования к электронному носителю:

- к статье прилагается электронный вариант в формате Microsoft Office Word 2007, Windows XP, Windows 7, 10;

- статья должна быть набрана в формате A4 с полями: верхнее и нижнее – 2,0 см; левое – 2,5 см; правое – 2 см, шрифтом Times New Roman, размер 14, полуторный интервал;

- таблицы, алгоритмы, рисунки, схемы и т.п. должны быть редактируемые и выполнены в формате A4 книжной ориентации;

- формулы должны быть набраны в программе MathType, нумеровать следует те формулы, на которые есть ссылки в тексте статьи.

11. Решение о публикации или отклонении авторских материалов принимается редколлегией в соответствии с правилами рецензирования статей. Для экспертной оценки статей привлекаются ведущие специалисты по основным научным направлениям (рубрикам) выпуска журнала.

12. Редакция не вступает в дискуссию с авторами отклоненных материалов.

13. В каждом выпуске публикуется, как правило, не более одной статьи одного и того же автора. Решение о публикации более одного материала принимается редакционной коллегией и главным редактором журнала.

14. Статьи, оформленные без соблюдения указанных правил, не рассматриваются.

## **FORMATTING RULES FOR ARTICLES TO BE SUBMITTED BY AUTHORS TO THE JOURNAL "NEWS OF THE KABARDINO-BALKARIAN SCIENTIFIC CENTER OF RAS"**

1. The journal "News of the Kabardino-Balkarian Scientific Center of RAS" publishes original scientific, review, analytical articles by domestic and foreign authors, reviews of books and articles, personalities in the following groups of specialties:

1.1. Mathematics and Mechanics; 1.2. Computer Science and Informatics; 1.3. Physical Sciences; 1.6. Earth and Environmental Sciences; 2.3. Information Technologies and Telecommunications; 4.1. Agronomy, Forestry and Water Management; 4.2. Zootechnics and Veterinary Medicine; 5.2. Economics; 5.4. Sociology; 5.5. Political Sciences; 5.6. Historical Sciences; 5.9. Philology.

The journal is intended for researchers, teachers, postgraduate students, undergraduates, students. Frequency – six issues per year. The journal publishes articles in Russian and English with a volume of no less than 8 and no more than 20 pages of the layout format (at least 18 000 characters). Papers exceeding that volume may be accepted for publication by special decision of the Editor-in-chief of the journal.

The journal is included in the List of peer-reviewed scientific publications in which the main scientific results of dissertations for the degree of Candidate of Science, for the degree of Doctor of Science in scientific specialties and their respective branches of science should be published (as of February 15, 2023, p. 1163):

group of specialties 2.3. Information technology and telecommunications:

2.3.1. System analysis, management and information processing, statistics (technical sciences),

2.3.3. Automation and control of technological processes and productions (technical sciences),

2.3.7. Computer modeling and design automation (physical and mathematical sciences),

2.3.8. Informatics and information processes (technical sciences);

group of specialties 4.1. Agronomy, forestry and water management:

4.1.1. General farming and crop production (agricultural sciences),

4.1.2. Breeding, seed production and plant biotechnology (agricultural sciences),

4.1.3. Agrochemistry, agrosoil science, plant protection and quarantine (agricultural sciences);

group of specialties 5.2. Economy:

5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods in economics (economic sciences),

5.2.3. Regional and sectoral economics (economic sciences),

5.2.6. Management (economic sciences).

2. Articles are accepted for publication in the journal "News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS" if they contain new results. Articles should be devoted to topical problems of science, contain a clear statement of the goal and objectives of the study, rigorous scientific argumentation, generalizations and conclusions that are of interest for their novelty, scientific and practical significance. The journal also publishes special issues devoted to conferences of various levels on the subjects of the journal, review articles. It is not allowed to send to the editorial office articles that have already been published or sent for publication to other journals. The results of other authors used in the article should be duly reflected in the references. Submitting an article to the journal, authors are obliged to fulfill all the requirements of the journal for their formatting.

3. By submitting an article to the journal, each author confirms that it meets the highest standards of publication ethics for authors and co-authors, developed by COPE (Committee on Publication Ethics), see <http://publicationethics.org/about>. All articles published in the journal are assigned digital object identifiers (DOIs) for better search and identification. Articles submitted to the editorial office are checked for plagiarism through the *Antiplagiat* system (<https://www.antiplagiat.ru>); for acceptance they must have at least 75 % of the uniqueness of the text.

4. Articles accepted for publication in the journal "News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS" undergo double blind peer review, editorial preparation, after which the final layout is sent for correction. The final version is provided to the author for proofreading. The time period for submitting the article to the author for proofreading is 3 working days.

5. Full-text versions of articles published in the journal are posted on the Internet in free access on the official website of the Scientific Electronic Library eLIBRARY.RU, Scientific electronic library "Cyberleninka", in the Russian state library, VINITI, Google Scholar. Articles on agriculture are posted on AGRIS. Articles on mathematics, physics, computer science, mathematical modeling in economics and geosciences are posted on the All-Russian portal Math-Net.Ru [www.mathnet.ru](http://www.mathnet.ru) ([https://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=izkab&option\\_lang=eng](https://www.mathnet.ru/php/journal.phtml?jrnid=izkab&option_lang=eng)). The time for posting of the journal in the web must be within 3 months from the date of issue.

6. Publications in the journal for KBSC RAS employees are free, for outside authors – 500 rubles per page. For reviewers (not members of the editorial board) privileges for publication are provided.

7. Requirements for the manuscript of the article.

The manuscript of the article is submitted together with a covering letter signed by all authors of the article, in which the authors, among other things, confirm that the article submitted to the journal has not been previously published, and has not been submitted for consideration and publication in another journal. The number and composition of authors does not change after submitting an article for reviewing.

Materials are submitted to the Editorial and Publishing Department: 360010, Russia, Kabardino-Balkarian Republic, Nalchik, Balkarov street, 2, or email: [ired07@mail.ru](mailto:ired07@mail.ru).

All pages, including figures, tables and references, should be numbered (if there is only one figure or table, then no numbers are required).

The following indications in the text of the article are **mandatory**:

- UDC <https://teacode.com/online/udc/>; ORCID; type of article (scientific, review, analytical, ...); JEL codes (specialty 5.2.2. Mathematical, statistical and instrumental methods in Economics, 5.2.3. Regional and sectoral economics, 5.2.6. Management); AMS Subject Classification (in the fields of mathematics, computer science, physics);

- the title of the article in Russian and English;

- surname and initials of the author(s) in Russian and English; e-mail of authors (if there are several authors, then indicate \* the author responsible for the contact correspondence);

- the full official name of the institution, indicating the full postal address in Russian and English, the electronic mail address (E-mail) of the **organization**;

- abstract in Russian and English – it should clearly reflect the novelty, relevance and methodology and results of scientific research, conclusions, volume is no more than 150–250 words;

- keywords in Russian and English – no more than 10–15 words;

- main text of the article (approximate scheme): introduction, goals and objectives of the research, research methods, research results, conclusions.

- financing.

The abstract and conclusion should not contain cumbersome formulas, references to the text of the work or the list of references.

Information about the authors (both in Russian and English): last name, first name, patronymic, academic degree, academic title, position, department name, full name of the place of work (there may be more than one), work address, contact phone number.

The contact phone number of one of the authors to contact the editorial office.

8. The list of references should contain only links to scientific articles (periodicals, monographs, conference proceedings, etc.) to which there are references in the text of the work, arranged in the order of citation, not less than 15. References to unpublished works, the results of which are used in the proofs, are not allowed. It is unacceptable to use links to abstracts, dissertations, newspapers, websites of journals, electronic newspapers. The list of references is printed at the end of the article, drawn up in accordance with the rules provided by the journal. All other sources used in the article are placed in footnotes at the end of each page (if necessary). At least 50% of the total number of sources in the list of references should be of the last 5 years (both the author's himself and other authors working in this direction as well as foreign sources) and not more than 20% references to own works. The exception is made for articles that are devoted to the study of specific documents.

In the list of references, sources should be indicated according to the sample:

- article – Surname and initials of the name and patronymic. Title of the article // Title of the journal. Year. Volume. Number. Pp. ... - ... DOI ...

- book – Surname and initials of the name and patronymic. Book title: monograph. City: Publisher, Year. ... p.

- collective monograph – Surname and initials of the name and patronymic. Title of the book. editor – Surname and initials of the name and patronymic. City: Publisher, Year. ... p.

- article in the collection of conference materials – Surname and initials of the name and patronymic. Title of the article // Title of the conference: materials of the conference \* / Name of the organization. City, Year. Pp. ... - ... DOI

- article in the electronic edition – Surname and initials of the name and patronymic, The title of the article [Electronic source] // Journal name, Year. Volume. Number. Pp.... -... URL:... (date of access: date, month, year).

9. The list of references is **fully** duplicated in **English**, regardless of whether it contains foreign sources or not.

Explanations on the formation of the list of literature and References.

If the article to which the reference points was translated into English and published in the English version of the journal, you must provide the link from the translated source! Descriptions (tutorial, monograph, translation, number of volumes, etc.) in References may be omitted. When citing an original source in English, the first word is capitalized in the title. Each full-valued word is capitalized in the title of the journal.

Bibliographic descriptions of publications in References are in the following sequence:

**journal article**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. *Zaglavie jurnala* [Title of Journal]. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... DOI (In Russian);

if the journal has an official name in English, then the reference is formatted in the following way:

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of article. *Title of Journal*. Year. Vol. ... No. ...iss. ... Pp. ...-... DOI (In Russian);

**monograph, book, chapter from a book, preprint**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. *Nazvanie* [Title of book]. Gorod [City], Izdanie [Publisher]. Year. Pages p. (In Russian);

#### **article in conference materials**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Nazvanie [Title of paper]. *Nazvanie konferentsii* [Title of the conference]. Gorod [City], Organizacia [Organization]. Year. Pages p. (In Russian);

#### **article in electronic edition**

Author A.A., Author B.B., Author C.C. Title of paper. *Nazvanie zhurnala*, Year, Pages p., available at: <http://...> (accessed Data Year).

The journal «News of the Kabardino-Balkarian scientific center of RAS» is formatted according to State Standard GOST 7.0.7 – 2021, GOST R 7.0.12.

On the site <http://www.translit.ru/> you can use the program of transliteration of the Russian text into the Latin alphabet for free. For this, choosing the option of the **Board of Geographic Names (BGN)** system, one can get an image of all letter matches.

#### 10. Requirements for electronic media:

- an electronic version in the format of Microsoft Office Word 2007, Windows XP, Windows 7, 10 is attached to the article;
- the article should be typed in A4 format with margins: top and bottom – 2.0 cm; left – 2.5 cm; right – 2 cm, the article should be typed in Times New Roman, size 14, one and a half spacing;
- editable tables, algorithms, figures, diagrams, etc. must be in A4 format, portrait orientation;
- Equations must be typed using the MathType program and equations that are referenced in the text should be numbered.

11. The decision to publish or reject author(s) materials is made by the editorial board in accordance with the rules for reviewing articles. Leading experts in the main scientific directions (headings) of the journal are involved in the expert assessment of the articles.

12. The editorial office does not enter into discussions with the authors of the rejected materials.

13. As a rule no more than one article by one and the same author is published in an issue. The decision to publish more than one material is made by the editorial board and the chief editor of the journal.

14. Articles violating these formatting rules are not considered.

Научный журнал

# ИЗВЕСТИЯ КАБАРДИНО-БАЛКАРСКОГО НАУЧНОГО ЦЕНТРА РАН

Том 26 № 5 2024

Сквозной номер выпуска – 121

Журнал входит в «Перечень рецензируемых научных изданий,  
в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций  
на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук»

Зав. редакционно-издательским отделом КБНЦ РАН – *А. М. Бейтуганова*

Компьютерная верстка – *А. И. Токова*

Техническое редактирование – *А. И. Токова*

Корректор – *Л. Б. Канукоева*

Перевод – *Д. Г. Макоева*

ISSN 1991-6639



---

Подписано в печать 21.10.2024 г. Дата выхода в свет: 31.10.2024 г.

Формат бумаги 60x84 <sup>1</sup>/<sub>8</sub>. Бумага офсетная.

Гарнитура Таймс. Усл. печ. л. 36.04. Тираж 300 экз.

Цена свободная

---

Свидетельство о регистрации ПИ № 77-14936 от 20 марта 2003 г. выдано Министерством  
Российской Федерации по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций

Учредитель: Кабардино-Балкарский научный центр РАН

---

Адрес редакции и издателя: 360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2

Отпечатано в редакционно-издательском отделе КБНЦ РАН по адресу:  
360010, КБР, г. Нальчик, ул. Балкарова, 2





DOI: 10.35330/1991-6639