



## ВОСТОЧНО ЕВРОПЕЙСКИЙ НАУЧНЫЙ ЖУРНАЛ

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109

#1(109), 2025 часть 1

Восточно Европейский научный журнал  
(Санкт-Петербург, Россия)  
Журнал зарегистрирован и издается в России  
В журнале публикуются статьи по всем  
научным направлениям.  
Журнал издается на русском, английском и  
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого  
месяца.

Периодичность: 12 номеров в год.

Формат - A4, цветная печать

Все статьи рецензируются

Бесплатный доступ к электронной версии  
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишневецки

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт  
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский  
технологический университет имени  
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский  
университет)

Бартош Высоцкий (Институт  
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский  
университет)

#1(109), 2025 part 1

Eastern European Scientific Journal  
(St. Petersburg, Russia)  
The journal is registered and published in Russia  
The journal publishes articles on all scientific  
areas.  
The journal is published in Russian, English  
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each  
month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal  
Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International  
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko  
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International  
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

**Давид Ковалик (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Питер Кларквуд (Университетский колледж Лондона)**

**Игорь Дзедзич (Польская академия наук)**

**Александр Клиmek (Польская академия наук)**

**Александр Роговский (Ягеллонский университет)**

**Кехан Шрайнер (Еврейский университет)**

**Бартош Мазуркевич (Краковский технологический университет им. Тадеуша Костюшко)**

**Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)**

**Миколай Жуковский (Варшавский университет)**

**Матеуш Маршалек (Ягеллонский университет)**

**Шимон Матысяк (Польская академия наук)**

**Михал Невядомский (Институт международных отношений)**

**Главный редактор - Адам Барчук**

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Kracow University of Technology named Tadeusz Kościuszko)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

**Igor Dzedzic (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Klimek (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Rogowski (Jagiellonian University)**

**Kehan Schreiner (Hebrew University)**

**Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko Cracow University of Technology)**

**Anthony Maverick (Bar-Ilan University)**

**Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)**

**Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)**

**Szymon Matysiak (Polish Academy of Sciences)**

**Michał Niewiadomski (Institute of International Relations)**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

# СОДЕРЖАНИЕ

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

<i>Nacicheant A.</i> ADAPTIVE CLOUD INFRASTRUCTURE MANAGEMENT USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS AND SRE PRINCIPLES .....	4
<i>Бабаева З.Р.</i> ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ .....	7
<i>Шукюрова Г.Д., Маммедова Д.Д.</i> КЛАССИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНОЙ И ДВУМЕРНОЙ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА. ....	13

## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

<i>Pham Van Chung, Pham Son Tung, Hoang Van Ngoi, Ngo Van Dung, Vu Van Son, Tran Van Tu</i> ANOTHER VARIANT FOR BROADBAND EXCITERS OF TM <sub>01</sub> MODE IN CIRCULAR WAVEGUIDE WITH A COAXIAL INPUT .....	17
<i>Nguyen Van Bang</i> BUILDING AN ALGORITHM TO DETERMINE HIGHLY MANEUVERABLE TARGET PARAMETERS ON THE BASIS OF APPLICATION OF KALMAN FILTER THEORY .....	21
<i>Trinh Thi Min<sup>1</sup>, Vu Quang Luong, Nguyen Ha Giang, Tran Anh Tu</i> SYNTHESIS OF AN OPTIMAL CONTROLLER FOR A TARGET RANGE TRACKING CONTROL SYSTEM WITH A MANEUVERING TARGET .....	29

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

<i>Желихажева М.В., Мерзляков В.Ю.</i> КАЧЕСТВО ЖИЗНИ И ИЗМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОЙ ФУНКЦИИ У БОЛЬНЫХ ИБС С СОПУТСТВУЮЩЕЙ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ В ОТДАЛЕННЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИЙ АОРТОКОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ. ....	35
<i>Issametov D., Maulenov Z.O., Ismailov S.T., Assabayeva R.I.</i> INTRAARTERIAL CHEMOINFUSION INTO BRONCHIAL ARTERIES AS AN OPTION FOR TREATING UNRESECTABLE LUNG CANCER .....	43

## СОЦИАЛЬНЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

<i>Катина Я.Д., Абрамова И.В.</i> ЕДИНАЯ БАЗА ПРАКТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ПЕДАГОГОВ: ПЛАНИРОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА ДЕТСКОГО ВЫПУСКНОГО СПЕКТАКЛЯ .....	47
<i>Valiulina S.I., Nuretdinova A.R.</i> METALLURGICAL CRUCIBLES OF THE GOLDEN HORDE (BASED ON MATERIALS FROM EXCAVATIONS OF A JEWELRY WORKSHOP AT THE TSAREVSKOYE SETTLEMENT) .....	50
<i>Дуплякин Е.Б., Ондасын Г.Б.</i> ФАКТОРЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ У ПОДРОСТКОВ: ОЦЕНКА И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ 60	

## ЕСТЕСТВЕННЫЕ НАУКИ

*Alexandr Hacicheant*

*Head of Reliability Engineering at Mayflower.*

### ADAPTIVE CLOUD INFRASTRUCTURE MANAGEMENT USING MACHINE LEARNING ALGORITHMS AND SRE PRINCIPLES

**Abstract.** This article focuses on adaptive cloud infrastructure management with the use of machine learning (ML) algorithms and Site Reliability Engineering (SRE) principles. The material examines key challenges of traditional load management approaches, including reactive scaling, static automation rules, and manual alert configuration.

It highlights that machine learning enables the prediction of load changes, while SRE methodologies ensure automated incident response. The mechanisms of predictive scaling, dynamic traffic distribution, and automatic failure resolution are discussed. The article emphasizes that this approach reduces service downtime and optimizes infrastructure costs.

The author draws attention to potential implementation challenges: insufficient data for training models, the need for proper configuration of SLO (Service Level Objectives) and SLI (Service Level Indicators) metrics, and integration with DevOps practices. The article describes solutions to these challenges and underscores the importance of a comprehensive approach.

Practical examples of adaptive management under rapidly increasing load conditions are provided. The article notes that the use of ML and SRE allows companies to automate resource management, reduce the workload for engineers, and ensure service stability even during peak loads.

*Keywords: SRE, DevOps, cloud technologies, ML, machine learning, infrastructure management*

Modern solutions in cloud infrastructures operate in constantly changing conditions. Workloads in cloud infrastructures grow in waves, influenced by seasonality, advertising campaigns, promotions, and other external factors. During peak periods, servers may become overloaded, and if scaling is done manually, there is a high risk of not responding in time. This leads to slower website loading speeds or complete downtime, resulting in business losses.

In the traditional approach to infrastructure management, engineers react to load changes after the fact: they monitor system metrics, receive alerts about failures, and address the consequences of incidents. This method does not prevent problems but only minimizes damage when they occur. As a result, services periodically face downtime, and teams spend resources fixing issues that have already happened instead of improving the system.

Automated scaling solves some of these challenges, but its effectiveness is limited. Most solutions are based on static rules: for example, if server load exceeds 80%, the system adds more resources. Such systems cannot adapt to rapidly changing conditions, and their efficiency drops when workloads behave unpredictably.

Another challenge is configuring monitoring and alerts. In traditional systems, engineers manually set threshold values for key metrics: acceptable response times, requests per second, resource utilization levels, and others. However, parameters that work today may become irrelevant tomorrow, requiring constant adjustments. In a dynamic environment, this approach does not scale.

To make infrastructure more resilient, companies are implementing adaptive management mechanisms that leverage machine learning and Site Reliability

Engineering (SRE) principles. Combining these approaches allows for predicting potential risks and proactively adapting the system to changing conditions.

#### HOW MACHINE LEARNING AND SRE WORK TOGETHER

SRE (Site Reliability Engineering) is a set of practices, tools, and cultural principles introduced by Google over 20 years ago. These principles aim to improve collaboration between teams and ensure system reliability.

The SRE approach involves creating shared metrics and standards for evaluating service performance and managing incidents. It enables organizations to address workload growth reactively and, where possible, prevent issues proactively. In SRE, failures are seen as an inevitable part of operations, and the primary focus is on minimizing the impact of failures and learning from their analysis.

In this context, machine learning (ML) analyzes historical data, identifies patterns, and uses them to predict peak periods at different times. By combining these two approaches, infrastructure becomes flexible and resilient: it adapts to changes in real time, prevents downtime, and reduces the workload on engineering teams.

#### Predictive Load Management

Machine learning algorithms analyze patterns in load changes, taking into account external factors such as seasonality, user behavior, and marketing campaigns, and build forecasts. For example, if the model predicts that the number of requests will increase in the next hour, the system proactively activates additional servers. This helps avoid overloads and reactive scaling, which often occurs with delays.

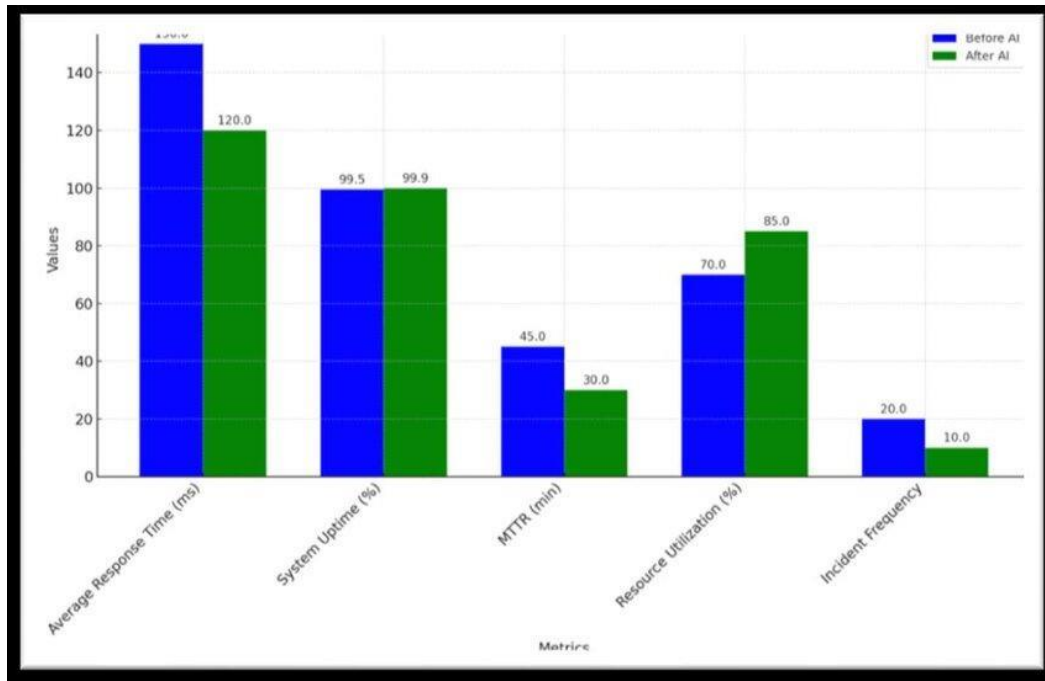
#### Metrics for Incident Response

The primary goal of SRE is to maintain stable service operation with minimal downtime. To achieve this, two key metrics are introduced:

- **Service Level Objectives (SLO)** — The target level of system performance quality that a company commits to maintaining. This metric helps define the boundaries of acceptable risks and is calculated using a combination of monitoring data, such as uptime, response time, and the percentage of successful requests.

- **Service Level Indicators (SLI)** — A metric that shows how well a service is performing. For example, it can measure the average response time of a service or the percentage of successful requests. Its main function is to objectively assess system performance and detect issues in a timely manner.

If SLI values begin to deviate from SLO, the system automatically generates alerts. For instance, if the response time exceeds 200 ms, engineers receive a notification and can respond promptly.



A key element of SRE is runbooks. Runbooks are pre-prepared instructions that describe standard scenarios for responding to failures. Instead of troubleshooting a problem from scratch, engineers use ready-made solutions, which speeds up service recovery.

**Automation of Routine Tasks**

Recurring incidents consume engineers' time, so one of the key goals of adaptive management is to minimize manual labor. Machine learning can automatically identify patterns in incidents.

Additionally, algorithms can resolve common issues automatically. For example, they can restart stuck containers without engineer intervention, dynamically balance loads, and analyze logs for errors and failures.

**Flexible Release Management**

SRE advocates moving away from large, infrequent updates in favor of frequent, smaller releases that are rolled out to a limited number of users for testing. If issues arise during testing, automation tools like Canary Release in GitLab or Spinnaker for Kubernetes roll back the changes. If no issues are detected, the updates are deployed to all users.

By combining ML and SRE, infrastructure becomes more predictable, resilient, and automated. Instead of reactively fixing problems, the service proactively adapts to load changes.

**How to Implement SRE and ML in Practice**

First, it's important to define which SRE tasks ML can help solve. For example, this could include anomaly detection, incident prediction, and optimizing system scaling during peak hours. Next, choose metrics to measure the success of the implementation, such as prediction accuracy and a reduction in the number of incidents.

Simultaneously, gather data to train the ML model. Start with data accumulated over several months of service and infrastructure operation from multiple sources:

- Metric storage tools like Prometheus or VictoriaMetrics
- Log collection systems like ELK (Elasticsearch/Logstash/Kibana) or EFK (Elasticsearch/Fluentd/Kibana)
- Trace collection and storage systems like OpenTelemetry or Jaeger.

It's important to pay attention to data quality, as a large dataset with "noise" can degrade the model's performance.

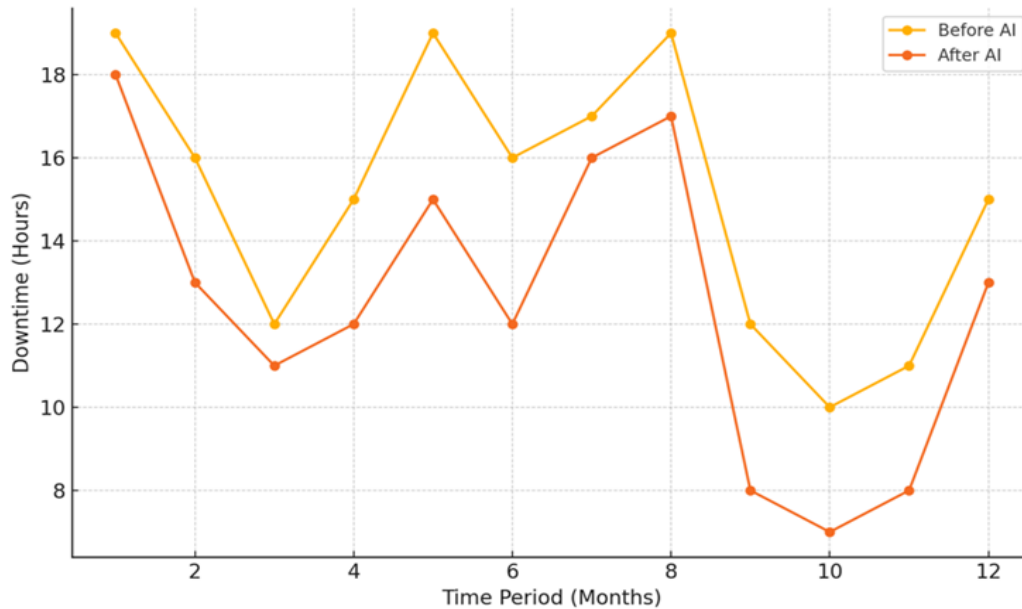
To train and manage ML models, an MLOps team is required. This team adapts the existing CI/CD pipeline for the development, testing, and deployment of models in an automated manner based on new data from the algorithm.

Let's examine the joint application of ML and SRE using the example of a large marketplace serving millions of users. Its infrastructure consists of dozens of microservices running in the cloud.

In such a project, SRE engineers are responsible for uninterrupted operation, scalability, and rapid incident response, while the ML model focuses on

improving service predictability, anomaly detection, and process automation.

The model is continuously retrained: data from Prometheus, OpenTelemetry, ELK, and other tools monitoring metrics, server throughput, CPU, and memory usage is collected and recorded for further analysis.



As a result, the combination of ML and SRE allows for predicting problems before they lead to system failures and automatically scaling the system based on historical data or similar past situations. It also learns from real incidents, improving system reliability and efficiency.

#### WHAT CHALLENGES MIGHT ARISE?

##### *Lack of Data for Training ML Models*

For predictive algorithms to work correctly, high-quality historical data is required: information about load, request volumes, typical failures, and anomalies. However, at the start of implementation, such data may be insufficient. For example, if a company has just begun using cloud infrastructure or previously did not conduct detailed analytics, the model may not be able to make accurate predictions.

To avoid this issue, it's important to start collecting data as early as possible. Additionally, synthetic anomalies in metrics can be created (e.g., simulating a sudden increase in service response time or a spike in CPU load). This will expand the dataset and allow the model to recognize patterns under unstable conditions.

##### *Proper Configuration of SLO and SLI*

SRE principles require that target performance levels (SLO) and control metrics (SLI) be established for each service. However, overly strict parameters can lead to frequent false alerts, overwhelming engineers with unnecessary notifications.

For example, if the threshold API response time is set at 100 ms, but the service consistently operates in the range of 110–120 ms without negatively impacting users, this will result in constant false alarms.

To avoid this, it's crucial to carefully analyze the actual performance metrics of services before setting SLOs and use statistical methods to determine reasonable boundaries for acceptable deviations. ML algorithms can help regularly revise metrics as infrastructure and user behavior evolve.

##### *Integration with DevOps Processes*

Successful integration of adaptive management requires close collaboration between DevOps, SRE, and ML development teams. The configured system must not only optimize infrastructure but also align with team workflows, ensuring control and predictability of changes.

#### CONCLUSION

Adaptive cloud infrastructure management using machine learning and SRE principles enables a shift from reactive problem-solving to proactive problem prevention. This approach makes systems more resilient, reduces the risk of downtime, and lessens the workload on engineers.

Machine learning analyzes historical data and predicts load peaks, allowing resources to be scaled in advance. SRE methodologies ensure service quality control and automatic incident response, minimizing the impact of failures. As a result, infrastructure not only adapts faster to changes but also becomes more cost-effective: resources are used as needed, without excessive reserves.

When implemented correctly, this approach makes cloud services more reliable and flexible. Engineers spend less time on routine tasks, and users enjoy stable, fast-performing services even during peak loads.

### References

1. An SRE's guide to optimizing ML systems with MLOps pipelines, Google Cloud  
<https://cloud.google.com/blog/products/devops-sre/applying-sre-principles-to-your-mlops-pipelines>
2. ML for Operations, Google SRE  
<https://static.googleusercontent.com/media/sre.google/en//static/pdf/login-summer20-08-ross.pdf>  
SRE and Artificial Intelligence: The Rise of AIOps, International Journal of Computer Techniques, 2020  
[https://www.researchgate.net/publication/382394748\\_SRE\\_and\\_Artificial\\_Intelligence\\_The\\_Rise\\_of\\_AIOps](https://www.researchgate.net/publication/382394748_SRE_and_Artificial_Intelligence_The_Rise_of_AIOps)
3. AI for Site Reliability Engineering (SRE): Predictive Maintenance and Automated Remediation, 2023  
[https://www.researchgate.net/publication/388633173\\_AI\\_for\\_Site\\_Reliability\\_Engineering\\_SRE\\_Predictive\\_Maintenance\\_and\\_Automated\\_Remediation](https://www.researchgate.net/publication/388633173_AI_for_Site_Reliability_Engineering_SRE_Predictive_Maintenance_and_Automated_Remediation)
4. Site Reliability Engineering: Application of Item Response Theory to Application Deployment Practices and Controls, 2020  
<https://arxiv.org/abs/2008.06717>
5. The Future of SRE: Trends, Tools, and Techniques for the next decade, International Journal of Science and Research, 2024  
<https://www.ijsr.net/getabstract.php?paperid=SR24927125336>

УДК 338.22

**Бабаева З.Р.***Азербайджанский Государственный Педагогический Университет*

### ОСОБЕННОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БИОРЕСУРСОВ

UDC 338.22

**Z.R.Babayeva***Azerbaijan State Pedagogical University*DOI: [10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109.524](https://doi.org/10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109.524)

**Аннотация.** Природные условия, с одной стороны, представляют собой систему, в которой взаимодействуют различные компоненты природы: воздух, вода, почва, растительность, животный мир. С другой стороны, положение этих компонентов в общей экосистеме Земли обеспечивает целостность и функциональность природных условий. Каждый элемент этой сложной системы, в свою очередь, поддерживает равновесие и устойчивость экосистемы, и любое изменение или нарушение может привести к нарушению этого баланса и естественных условий может иметь негативные последствия для функционирования состояния. Изучение природных условий базируется как на изучении взаимосвязей различных компонентов природы, так и на оценке воздействия деятельности человека на природу. В данной статье отмечена важность биоразнообразия для экосистемных услуг. Статья посвящена изучению использования биоресурсов в устойчивом развитии страны. Биоресурсы это природные ресурсы, предоставляемые природой и способные восстанавливаться посредством биологических процессов. В современное время использование биоресурсов охватывает экологические, экономические и социальные аспекты устойчивого развития каждой страны. Целью исследования является изучение использования биоресурсов в стране, выявление существующих проблем и предоставление предложений. Целью исследования является оценка изменений в использовании биоресурсов за период 2000-2023 гг.

**Abstract.** Natural conditions are a system in which some components of the environment, such as air, water, soil, vegetation and fauna, are interconnected. These complexes are components of the Earth's overall ecosystem, ensuring the integrity and functionality of natural conditions. This balance and the functions of natural conditions can have a significant impact. The study of natural conditions is aimed at achieving both the purification of individual components of nature and the calculation of the impact of human activity on nature. This article emphasizes the damage to biodiversity on ecosystem services. The article is devoted to the production of bioresources in sustainable development in Azerbaijan and ensuring food security from them. Bioresources are natural resources that are provided by natural conditions and can be renewed through biological processes. In modern times, each bioresource used covers the ecological, economic and social aspects of development. The purpose of the study is to investigate the use of bioresources in the country, clarify existing problems and proposals. The basis of the study is the assessment of changes in the use of bioresources in 2000-2023.

*Ключевые слова:* биоресурсы, изменение климата, лесные ресурсы, источники энергии, окружающая среда

*Keywords:* bioresources, climate change, forest resources, energy sources, environment

**Введение.** Биоресурсы используются в различных целях и в целом играют важную роль в устойчивости экосистем. Исторически люди использовали эти ресурсы для удовлетворения своих потребностей в питании и материальных

нуждах. Со временем использование биоресурсов возросло, что открыло путь развитию сельского хозяйства, промышленности и современных технологий. Сегодня сохранение и устойчивое использование биоресурсов имеет

основополагающее значение для здоровья экосистем и будущего благополучия людей. Одной из проблем современности является неэффективное и чрезмерное использование биоресурсов, что приводит к нанесению ущерба природной среде. Поэтому устойчивое управление биоресурсами и сохранение экологического равновесия имеют первостепенное значение.

Правильное функционирование экосистем не только обеспечивает основные потребности людей, но и помогает поддерживать здоровые условия жизни. Например, растения и деревья поглощают углерод из атмосферы, что играет важную роль в борьбе с изменением климата. В то же время природная среда также оказывает положительное влияние на здоровье людей. Природные экосистемы, такие как леса, выполняют важные функции, такие как защита от стихийных бедствий, таких как наводнения, оползни и затопления. Другими словами, защита природы — это не только забота об окружающей среде, но и долгосрочное благополучие людей. Здоровые экосистемы также гарантируют будущим поколениям чистую воду, воздух и здоровую окружающую среду.

Биоразнообразие является ключевым фактором здоровья природы и устойчивости предоставляемых ею услуг. Такое разнообразие природы сохраняет экосистемы здоровыми и продуктивными. Экосистемы с большим биоразнообразием могут возобновляться после таких событий, как изменение климата или стихийные бедствия, что обеспечивает их функциональность.

**Материалы и методы исследования.** В статье выявлены и проанализированы проблемы использования биоресурсов и охраны окружающей среды в стране. Статистической основой исследования являются статистические сборники и данные Государственного статистического комитета Азербайджанской Республики. На основе материалов и научной литературы определены основные направления использования биоресурсов в стране. Исследование проводилось с использованием методов сравнительного и математического анализа.

**Анализ и обсуждение.** В Повестке дня ООН в области устойчивого развития на период до 2030 года рассмотрены 17 целей устойчивого развития, включая чистую воду, возобновляемые источники энергии, изменение климата и земельные ресурсы. По мере увеличения воздействия человека на природу разрабатывались различные законы и научные подходы для защиты окружающей среды. Экологические проблемы, возникающие в географических слоях. Например, загрязнение атмосферы или загрязнение воды в гидросфере являются специфическими экологическими проблемами, возникающими в каждом из этих слоев. Необходимо изучать сложность среды обитания и взаимодействие природных, экологических и социальных факторов, определяющих качество жизни человека. Этот

анализ следует проводить с учетом того, что как природная, так и социальная сферы тесно взаимосвязаны. Взаимодействие и изменения между природой и человеком также меняют социальные, экономические и культурные аспекты общества.

Изменение климата существенно влияет на распределение и циркуляцию воды. Повышение температуры приводит к увеличению испарения в атмосфере и, как следствие, к изменениям в круговороте воды. Это может привести как к усилению дефицита воды, так и к возникновению других опасностей, связанных с водой, таких как наводнения и засухи. Количество и распределение осадков меняются: в некоторых регионах выпадает больше осадков, а в других наблюдается усиление засухи. Подобные изменения серьезно угрожают как сельскому хозяйству, так и природным экосистемам. Например, сокращение водных ресурсов может привести к нехватке питьевой воды, а также к снижению производительности сельского хозяйства. С другой стороны, иногда сильные дожди или ураганы могут привести к наводнениям, которые могут нанести серьезный ущерб жизни людей и имуществу. Для предотвращения этих проблем крайне важно найти экологические, экономические и технологические решения в глобальном масштабе.

Водные ресурсы Азербайджана отличаются значительным разнообразием и сталкиваются с проблемами, связанными с неравномерным распределением. Около 70–72% источников питьевой воды формируются за пределами страны, включая реки, озера, водохранилища и ледники. Природная минерализация питьевой воды колеблется в пределах 0,3–0,5 г/л. В Азербайджане имеется 140 водохранилищ общей емкостью 22 км<sup>3</sup>, в том числе такие крупные водохранилища, как Мингячевир, Шамкир, Араз и Сарсанг. Водоохранилища помогают уменьшить сезонные изменения речного стока. В Азербайджане насчитывается 450 озер общей площадью 394 км<sup>2</sup>, хотя 200 из них летом пересыхают. Общий водный ресурс озер составляет около 0,90 км<sup>3</sup>, а питьевой воды — 0,03–0,05 км<sup>3</sup>. Ледники, сосредоточенные на Большом Кавказе, занимают площадь около 6,6 км<sup>2</sup> с водоисточником 0,08 км<sup>3</sup>. За последние 70 лет их площади значительно сократились, что оказало влияние на реку. Общий объем подземных вод составляет около 6,51 млрд м<sup>3</sup>/год. Источники в горных районах обеспечивают высококачественные подземные воды с дебитом до 5–10 литров в секунду. Несмотря на трудности, Азербайджан превосходит многие страны мира по показателю обеспеченности водой на душу населения, что отражает важность водных ресурсов [6].

Стратегические инвестиции Азербайджана в водную инфраструктуру являются важными шагами на пути к эффективному управлению водными ресурсами страны и решению существующих проблем, связанных с водными



ресурсами. Строительство плотин и водохранилищ имеет большое значение, особенно с точки зрения регулирования водотоков и обеспечения водоснабжения. Целью этих проектов является укрепление ирригационных систем и оптимизация использования воды в сельском хозяйстве. Кроме того, такая инфраструктура играет важную роль в предотвращении стихийных бедствий, таких как наводнения и засухи. С помощью планов управления водными ресурсами страна стремится более эффективно использовать водные ресурсы и в то же время защищать окружающую среду.

Использование альтернативных источников энергии является одной из важнейших проблем современности. Такой подход не только помогает поддерживать экологический баланс, но и обеспечивает экономически устойчивое развитие. Например, возобновляемые источники, такие как солнечная энергия и энергия ветра, предотвращают истощение природных ресурсов и минимизируют их негативное воздействие на окружающую среду. Использование биомассы и бытовых отходов в производстве энергии также оказывает положительное влияние на охрану окружающей среды, поскольку эти отходы перерабатываются экологически безопасным и экономически выгодным способом. Применение этих технологий требует использования современных научно-технических инноваций, а также сотрудничества государства и частного сектора. Улучшение производственных структур и обеспечение устойчивости производства энергии приводит не только к повышению эффективности производства энергии, но и к улучшению качества жизни населения. Это также важный шаг в борьбе с глобальным изменением климата. В Азербайджане действуют гидро, ветряные, солнечные и биоэнергетические установки, использующие возобновляемые источники энергии. Мощность гидроэнергетики: 1301,8 МВт - 24 из 35 станций - малые гидроэлектростанции, мощность ветроэнергетики: 66,4 МВт - 3 из 8 станций - гибридные станции, мощность биоэнергетики: 37,7 МВт - 2 станции, мощность солнечной энергетики: 281,9 МВт - 13 станций, 3 из которых являются гибридными станциями. Гибридные установки Гобустанского, Джульфинского и Галинского экологического парка сочетают в себе энергию ветра, солнца и биоэнергию. В Нахчыванской Автономной Республике действуют солнечные электростанции общей мощностью 39 МВт [7]. На освобожденных территориях формируется около 25% внутренних водных ресурсов Азербайджана, что составляет около 2,56 млрд м<sup>3</sup> в год. Особо следует отметить, что на освобожденных территориях имеется благоприятный потенциал для реализации проектов солнечной энергетики. Таким образом, солнечная радиация, наблюдаемая на территориях Зангелана, Джебраила, Губадлинского и Физулинского районов, является вторым по благоприятности регионом в стране после солнечной радиации, наблюдаемой в

Нахчыванской Автономной Республике. Установлено, что на освобожденных территориях имеется благоприятный ветропотенциал, особенно в горных частях Лачина и Кельбаджара [5].

Гидроэнергетика считается экологически чистым методом производства энергии, поскольку гидроэлектростанции (ГЭС) вырабатывают электроэнергию, используя природные ресурсы, и при этом не выбрасывают в атмосферу токсичные газы. Однако экологические преимущества гидроэнергетики могут быть достигнуты только при условии правильного проектирования и мер, направленных на защиту окружающей среды. Например, эти станции, использующие движение воды, нарушают экосистемы, поскольку строительство плотин и сброс воды с высоких мест могут изменить естественный поток воды. Это может отрицательно сказаться на условиях жизни рыб и других водных существ. Кроме того, плотины и водохранилища могут влиять на качество почвы и воды. Поэтому при планировании гидроэнергетических проектов следует учитывать такие факторы, как сохранение рыбных ресурсов, защита качества воды и сохранение естественного биоразнообразия. В то же время экологическая эффективность гидроэнергетики способствует устойчивости энергоснабжения в более широком смысле и оказывает минимальное воздействие на природу. При реализации правильных мер по охране окружающей среды гидроэнергетика может обеспечить чистую и устойчивую энергию за счет эффективного использования природных ресурсов.

В Азербайджане важную роль в энергоснабжении страны играют Мингечаурская, Варваринская, Еникендская, Шамкирская, Сарсангская, Аразская и другие гидроэлектростанции. Кроме того, важную роль в производстве энергии играет использование энергии малых рек.

Гидроэнергетика, несомненно, является возобновляемым и экологически чистым источником энергии, но при правильном планировании и поддержании экологического баланса использование этого источника энергии становится еще более эффективным и устойчивым. Территориальная дифференциация экологических проблем и пути их решения являются одними из самых актуальных вопросов современности. Стремительное загрязнение окружающей среды ставит под угрозу жизнь живых существ и людей на Земле. Экологические проблемы проявляются по-разному в разных регионах, и решения этих проблем должны корректироваться с учетом местных особенностей.

Изменение климата является одной из крупнейших глобальных проблем XXI века, и его последствия уже ощущаются во всем мире. После середины XX века, особенно в период развития промышленной революции, парниковый эффект усилился и привел к повышению глобальной температуры. Это создает множество осложнений, в том числе:

1. Таяние ледников и повышение уровня моря: повышение уровня моря из-за таяния ледников создает проблемы для прибрежных районов и населенных пунктов.

2. Увеличение числа экстремальных климатических явлений: погодные аномалии, такие как сильные штормы, засухи и волны тепла, становятся все более частыми.

3. Воздействие на экосистемы: Изменение климата приводит к разрушению естественной среды обитания, видов животных и растений, а также создает угрозу существованию некоторых видов.

По этой причине международное сотрудничество и содействие устойчивому развитию имеют первостепенное значение для предотвращения изменения климата на глобальном уровне. Азербайджан не остался в стороне от влияния глобального изменения климата. За последние 100 лет среднегодовая температура в Азербайджане повысилась на 0,4-1,3<sup>0</sup>С. На фоне изменения климата в Азербайджане наблюдаются наводнения, лавины, штормы, ураганы, волны, сильные ветры, волны тепла, засухи, таяние ледников, засоление, деградация почв, опустынивание, сокращение осадков и водных ресурсов и т. д. подвергаются воздействию таких экстремальных климатических явлений [4].

Лесное хозяйство и лесная продукция играют важную роль в глобальном устойчивом развитии, и эта роль основана на трех основных факторах:

1. *Экономический фактор*: Лесное хозяйство является важным сектором местной и мировой экономики. Лесная продукция, древесина, бумага, лекарства и другие природные ресурсы играют важную роль в экономике. Кроме того, лесное хозяйство создает рабочие места на местном уровне и способствует экономическому развитию.

2. *Экологический фактор*: Леса жизненно важны для экосистем нашей планеты. Они борются с изменением климата, поглощая углекислый газ, а также регулируют круговорот воды, предотвращая эрозию почвы и сохраняя биоразнообразие.

3. *Социальный фактор*: Особенно выгодны такие зоны тем, кто живет в районах, близких к лесам.

Эти три фактора тесно связаны друг с другом, и устойчивое лесопользование должно обеспечивать не только экологические, но также экономические и социальные выгоды.

Хотя в закономерностях расположения растительных поясов в различных горных системах

республики имеются определенные сходства, имеются и черты, отличающие их друг от друга. Лесные массивы: в нижнем поясе горных лесов распространены леса из иберийской сосны с примесью ели, в среднем поясе горных лесов — восточные буковые леса, в верхнем поясе горных лесов — восточные дубовые леса. В районах Ленкоранского региона в нижнем лесном поясе распространены сложнопостроенные железнолесья с участием дуба каштанолистного, ольхи кавказской и ряда реликтовых гирканских пород. Для сохранения и развития флоры и фауны нашей страны созданы государственные природные заповедники и заказники Ширванский, Исмаиллинский, Баситчайский и Аггельский [3, 248].

Тальшские леса, некоторые районы Большого и Малого Кавказа, в том числе Лянкяранская, Астаринская, Губинская, Шемахинская, Исмаиллинская, Шекинская, Загатальская, Гянджинская и Гейгельская зоны, имеют большой потенциал с точки зрения экологического туризма и отдыха. Эти районы примечательны богатой растительностью и природными ландшафтами. Тальшские леса особенно богаты эндемичными растениями, и эти районы являются одними из самых привлекательных мест для любителей экотуризма. Кроме того, предгорья, горы и равнинные леса создают идеальную среду для любителей природы, людей, интересующихся пешими прогулками и другими видами активного отдыха. Природа этих территорий, особенно горных, также создает важные возможности для развития туризма. В республике созданы национальные парки, из них: Абшеронский национальный парк, Аггельский, Алтыгагачский, Гейгельский, Гирканский, Гызылагачский, Самур-Яламинский, Шахдагский, Ширванский национальный парк и Зангезурский национальный парк следует подчеркнуть.

В целом сложность природных условий влияет на продуктивность и породный состав лесов. Специалисты подсчитали, что в зависимости от природно-географических условий леса различаются по следующим показателям: по запасам на единицу территории; качество, особенно высота, плотность, размер ствола деревьев и т. д.; воспроизводство, скорость восстановления, скорость смены пола и т. д.; разнообразие площади распространения лесов, территориальная структура и т. д. [2, 46].

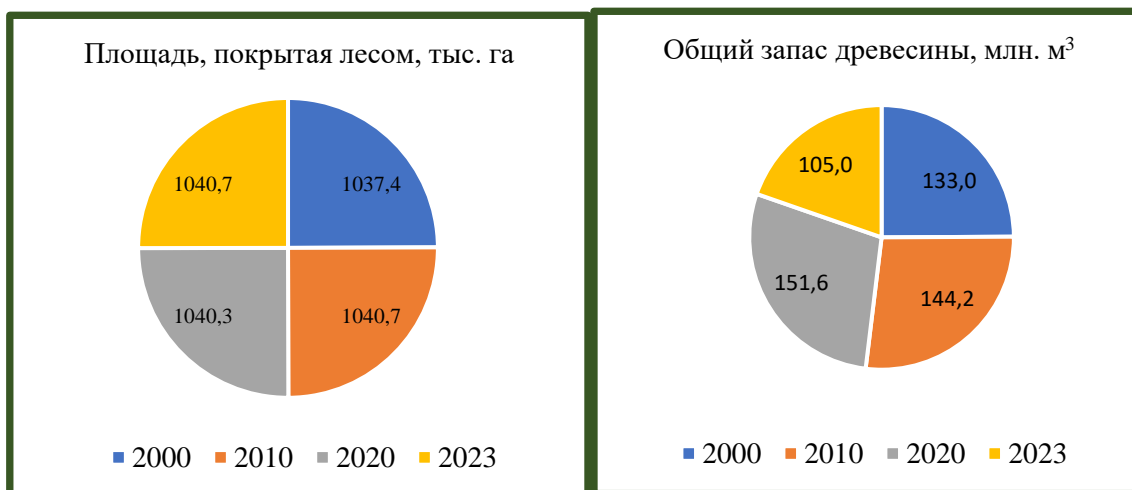


Рисунок 1. Основные показатели лесного фонда на конец года

Источник: Окружающая среда в Азербайджане. Статистическая сводка. АРСК. Баку: 2024, 140 с.

В период с 2000 по 2023 год существенных изменений в лесопокрытых площадях не произошло. Наблюдаются динамические колебания общих показателей запаса деревьев. Так, высокие показатели наблюдаются в 2010 и 2020 годах, в 2023 году наблюдалось снижение (рисунок 1).

Естественно, к основным причинам неудовлетворительного состояния лесов относятся следующие факторы:

1. *Низкий уровень естественного возобновления.* Процессы самовосстановления лесов не протекают на ожидаемом уровне. Это зависит как от биологических, так и от экологических факторов.

2. *Глобальное изменение климата.* Изменения в атмосфере, особенно изменения температуры и характера осадков, оказывают негативное влияние на восстановление лесных экосистем.

3. *Слабость лесозащитных мероприятий.* Непринятие необходимых мер по охране и восстановлению лесов приводит к ослаблению механизмов защиты от различных природных факторов.

4. *Рост численности вредителей и болезней.* Распространение вредителей и болезней в лесах снижает урожайность и качество семян.

5. *Выпас скота.* Неспособность предотвратить выпас скота создает нагрузку на пастбища и замедляет развитие молодых лесов.

При сочетании этих причин естественный процесс возобновления лесов происходит неравномерно, что ставит под угрозу здоровье и устойчивость лесных экосистем. Важно усилить соответствующие меры по сохранению и восстановлению для улучшения естественного возобновления.

Хотя значительная часть деятельности человека направлена на достижение краткосрочной экономической выгоды за счет нанесения вреда природе, долгосрочные последствия такого подхода могут быть негативными. Одним из основных условий развития человечества является доступность продовольствия, воды, энергии и биологических ресурсов для людей сегодня и в будущем. Улучшение и защита количества и качества этих ресурсов также является одной из основных целей развития. Важно поддерживать экологический баланс, чтобы ущерб природе не сказался на будущих поколениях.

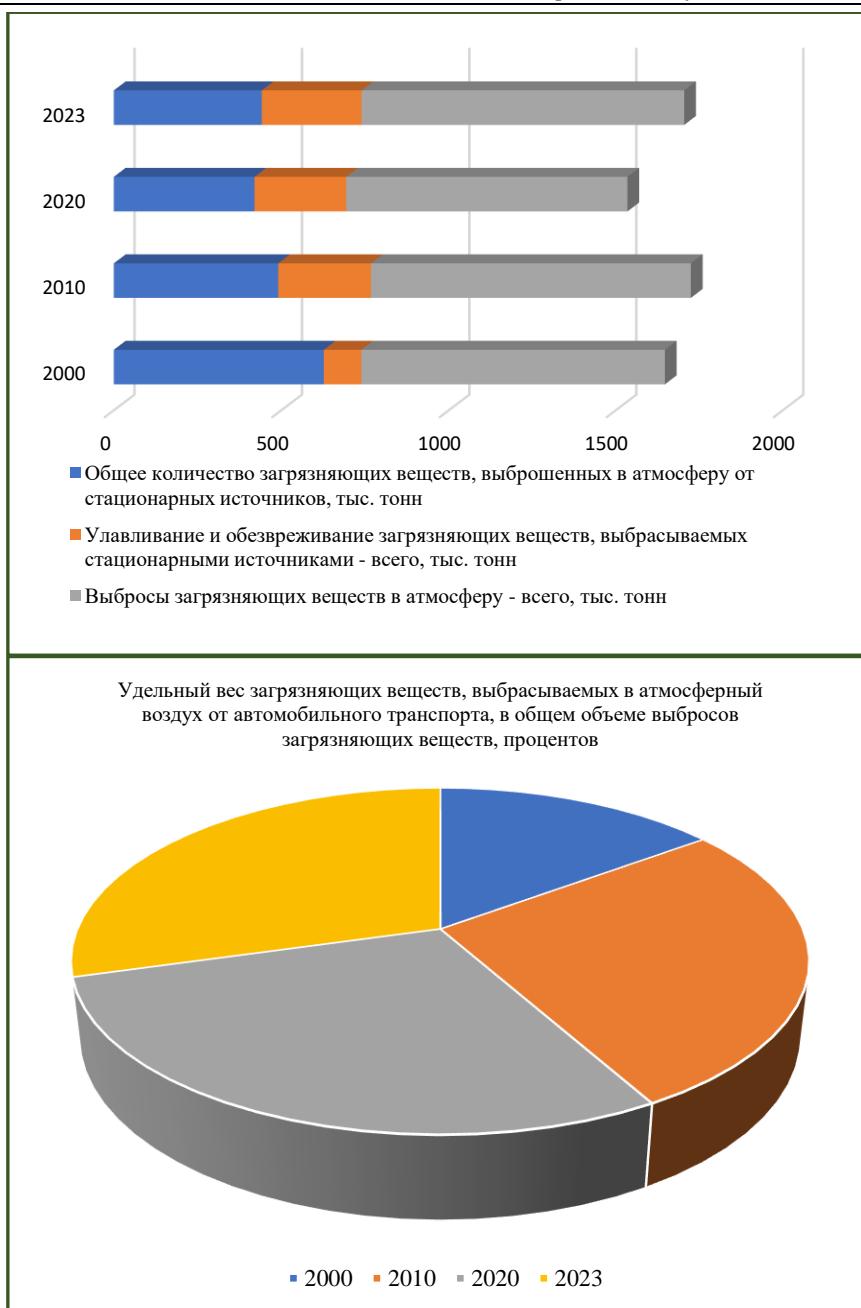


Рисунок 2. Показатели, характеризующие охрану атмосферного воздуха и его вредное воздействие  
Источник: *Окружающая среда в Азербайджане. Статистическая сводка. АРСК. Баку: 2024, 140 с.*

За период 2000-2023 гг. наблюдается снижение общего количества выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников. За последние годы наблюдается рост удельного веса загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, в процентах от общего объема выбросов загрязняющих веществ (рисунок 2).

Экосистемы предоставляют многочисленные регулирующие услуги, обеспечивающие устойчивость жизни. К таким услугам относятся, например, регулирование изменения климата, предотвращение наводнений, поддержание здоровья почвы и многие другие факторы, обеспечивающие устойчивое существование природных экосистем. Эти услуги не только защищают саму природу, но и защищают качество жизни людей и напрямую влияют на него. Однако

экономическая ценность этих услуг часто остается неопределенной, и природные ресурсы следует рассматривать не только с точки зрения здоровья окружающей среды, но и с экономической точки зрения. Его цель — правильно оценить ценность природных ресурсов и обеспечить устойчивое развитие для будущих поколений. В этой связи необходим значимый экономический анализ для оценки экосистемных услуг и их защиты, чтобы люди и политики могли принимать эффективное решение.

#### Результат

Из проведенного исследования можно прийти в выводу что, большинство экологических проблем возможно предотвратить, эффективно используя ресурсы. Например, переработка отходов,

сбережение водных ресурсов, рациональное использование биологических ресурсов и т. д.

Несмотря на снижение общего количества выбросов загрязняющих веществ от стационарных источников за период 2000–2023 гг., удельный вес загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферный воздух, увеличился. Это изменение может быть связано с несколькими факторами:

1. Количество загрязняющих веществ, выбрасываемых стационарными источниками (например, промышленными предприятиями, электростанциями), со временем уменьшилось. Причиной этого может быть модернизация отрасли и внедрение новых технологий.

2. Увеличение удельного веса загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу, может быть обусловлено увеличением выбросов загрязняющих веществ от динамических источников, особенно транспортных средств. Увеличилось количество автомобилей, возросло потребление бензиновых и дизельных двигателей. Это может привести к увеличению удельного веса общего количества загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Увеличения лесных площадей и защиты экосистем в стране является чрезвычайно важным. Такой подход имеет большое значение не только для сохранения природы, но и для экономического развития.

Сохранение здоровья лесных экосистем и создание природных парков обеспечивает экологический баланс за счет увеличения биоразнообразия. Кроме того, освоение таких лесных массивов создает условия для внедрения более устойчивых методов ведения сельского

хозяйства. Обеспечение поставок дров без нанесения вреда экосистемам способствует внедрению экологически ответственных подходов. В целом, увеличение площадей лесов и выращивание быстрорастущих пород деревьев на этих территориях служит как защите природы, так и повышению устойчивости социального и экономического развития.

#### Список источников

1. Окружающая среда в Азербайджане. Статистическая сводка. АРСК. Баку: 2024, 140 с.
2. Гейчайлы Ш., Исмаилов Т. Экономические и экологические основы природопользования. Баку: 2009, 232 с.
3. Мамедов Г., Халилов М. Леса Азербайджана. Баку: 2002, 472 с.
4. <https://eco.gov.az/az/hidrometeorologiya/iqlim-deyismeleri>
5. <https://minenergy.gov.az/az/alternative-and-renewable-energy/use-of-renewable-energy-sources-in-azerbaycanda>
6. Общая оценка водной безопасности Азербайджана, 2023, 67 стр. <https://documents1.worldbank.org/curated/en/099062424121020896/pdf/P1700301052f320b1a9b11f795ee5a6ba0.pdf>.
7. Материалы Государственного агентства по возобновляемым источникам энергии при Министерстве энергетики Азербайджанской Республики. <http://www.area.gov.az/>
8. FAO. 2020. Global Forest Resources Assessment 2020: Main report. Rome. <https://doi.org/10.4060/ca9825en>

**Шукжорова Гюльнара Дадаш гызы**

доктор философии по математике,

Бакинский Государственный Университет ,

Азербайджан, г. Баку

**Маммедова Джалала Джалал гызы**

кандидат физико-математических наук, доцент,

Бакинский Государственный Университет ,

Азербайджан, г. Баку

## КЛАССИЧЕСКОЕ РЕШЕНИЕ ОДНОМЕРНОЙ И ДВУМЕРНОЙ НЕЛИНЕЙНЫХ ОБРАТНЫХ ЗАДАЧ ДЛЯ ПАРАБОЛИЧЕСКОГО УРАВНЕНИЯ ВТОРОГО ПОРЯДКА.

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109.523

**Аннотация.** В работе изучены существование и единственность классического решения самосопряженных и несамосопряженных нелинейных обратных краевых задач с нелокальными краевыми данными (относительно временных и пространственных переменных) и с различными дополнительными условиями для одномерного параболического уравнения второго порядка.

**Ключевые слова:** самосопряженные нелинейные обратные краевые задачи, нелокальные краевые данные, одномерное параболическое уравнение.

В области  $D_T = \{(x, t): 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$  рассмотрим уравнение:

$$c(t)u_t(x, t) = u_{xx}(x, t) + a(t)u(x, t) + b(t)g(x, t) + f(x, t), (x, t) \in D_T \quad (1)$$

при условиях

$$u(x, 0) + \delta u(x, T) + \int_0^T p(t)u(x, t)dt = \phi(x), 0 \leq x \leq 1, \quad (2)$$

$$u(0, t) = u(1, t), 0 \leq t \leq T, \quad (3)$$

$$\int_0^1 u(x, t) dx = 0, 0 \leq t \leq T, \quad (4)$$

$$u(x_i, t) = h_i(t), i = 1, 2; 0 \leq t \leq T, \quad (5)$$

где  $T > 0$  - любой фиксированный момент времени,  $\delta \geq 0$ ,  $x_i \in (0, 1)$ ,  $i = 1, 2$ ,  $x_1 \neq x_2$  - фиксированные числа,  $c(t) > 0$ ,  $f(x, t)$ ,  $g(x, t)$ ,  $p(t) \geq 0$ ,  $\phi(x)$ ,  $h_i(t)$ ,  $i = 1, 2$  - заданные функции, а  $u(x, t)$ ,  $a(t)$  и  $b(t)$  - искомые функции.

**Определение 1.** Классическим решением обратной краевой задачи (1)-(5) назовём тройку  $\{u(x, t), a(t), b(t)\}$  функций  $u(x, t)$ ,  $a(t)$  и  $b(t)$ , обладающих следующими свойствами:

1. функция  $u(x, t)$  и её производные  $u_t(x, t)$ ,  $u_x(x, t)$ ,  $u_{xx}(x, t)$  непрерывны в области  $D_T$ ;
2. функции  $a(t)$  и  $b(t)$  непрерывны на  $[0, T]$ ;
3. все условия (1) - (5) удовлетворяются в обычном (классическом) смысле.

Доказывается следующее утверждение.

**Теорема 1.** Пусть выполняются условия  $0 < c(t) \in C[0, T]$ ,  $0 \leq p(t) \in C[0, T]$ ,

$f(x, t), g(x, t) \in C(D_T)$ ,  $\int_0^1 f(x, t) dx = \int_0^1 g(x, t) dx = 0$ ,  $\phi(x) \in C[0, 1]$ ,  $h(t) \equiv h_1(t)g(x_2, t) - h_2(t)g(x_1, t) \neq 0$ ,  $h_i(t) \in C^1[0, T]$ ,  $i = 1, 2$  и условие согласования

$$\int_0^1 \phi(x) dx = 0, \quad (6)$$

$$h_i(0) + \delta h_i(T) + \int_0^T p(t) h_i(t) dt = \phi(x_i), i = 1, 2. \quad (7)$$

Тогда задача нахождения классического решения задачи (1)-(5) эквивалентна задаче определения функций  $u(x, t) \in C^{2,1}(D_T)$ ,  $a(t), b(t) \in C[0, T]$ , удовлетворяющих уравнению (1), условиям (2), (3) и

$$u_x(0, t) = u_x(1, t), 0 \leq t \leq T, \quad (8)$$

$$c(t)h'_i(t) = u_{xx}(x_i, t) + a(t)h_i(t) + b(t)g(x_i, t) + f(x_i, t), i = 1, 2, 0 \leq t \leq T. \quad (9)$$

Через  $B_{2,T}^3$  обозначим совокупность всех функций вида

$$u(x, t) = \sum_{k=0}^{\infty} u_{1k}(t) \cos \lambda_k x + \sum_{k=1}^{\infty} u_{2k}(t) \sin \lambda_k x, \lambda_k = 2k\pi,$$

рассматриваемых в  $D_T$ , где каждая из функций  $u_{1k}(t)$  ( $k = 0, 1, \dots$ ) и  $u_{2k}(t)$  ( $k = 1, 2, \dots$ ) непрерывна на  $[0, T]$  и удовлетворяет следующему условию

$$\|u_{10}(t)\|_{C[0,T]} + \left( \sum_{k=1}^{\infty} \left( \lambda_k^3 \|u_{1k}(t)\|_{C[0,T]} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} + \left( \sum_{k=1}^{\infty} \left( \lambda_k^3 \|u_{2k}(t)\|_{C[0,T]} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} < +\infty.$$

Норма на этом множестве определена следующим образом:

$$\|u(x, t)\|_{B_{2,T}^3} = \|u_{10}(t)\|_{C[0,T]} + \left( \sum_{k=1}^{\infty} \left( \lambda_k^3 \|u_{1k}(t)\|_{C[0,T]} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}} + \left( \sum_{k=1}^{\infty} \left( \lambda_k^3 \|u_{2k}(t)\|_{C[0,T]} \right)^2 \right)^{\frac{1}{2}}.$$

Через  $E_T^3$  обозначим пространство  $B_{2,T}^3 \times C[0, T] \times C[0, T]$  вектор-функций  $z(x, t) = \{u(x, t), a(t), b(t)\}$  с нормой

$$\|z(x, t)\|_{E_{2,T}^3} = \|u(x, t)\|_{B_{2,T}^3} + \|a(t)\|_{C[0,T]} + \|b(t)\|_{C[0,T]}.$$

Известно, что  $B_{2,T}^3$  и  $E_T^3$  являются банаховыми пространствами.

Предположим, что данные задачи (1)-(3), (8) и (9) удовлетворяют следующим условиям:

1.  $\phi(x) \in C^2[0, 1]$ ,  $\phi'''(x) \in L_2(0, 1)$ ,  $\phi(0) = \phi(1)$ ,

$$\phi'(0) = \phi'(1), \phi''(0) = \phi''(1);$$

$$2. f(x, t), f_x(x, t), f_{xx}(x, t) \in C^2[0,1], f_{xxx}(x, t) \in L_2(D_T),$$

$$f(0, t) = f(1, t), f_x(0, t) = f_x(1, t), f_{xx}(0, t) = f_{xx}(1, t) = 0, 0 \leq t \leq T;$$

$$3. g(x, t), g_x(x, t), g_{xx}(x, t) \in C^2[0,1], g_{xxx}(x, t) \in L_2(D_T),$$

$$g(0, t) = g(1, t), g_x(0, t) = f_x(1, t), g_{xx}(0, t) = g_{xx}(1, t) = 0, 0 \leq t \leq T;$$

$$4. p(t) \in C[0, T], h_1(t), h_2(t) \in C^1[0, T],$$

$$h_1(t)g(x_2, t) - h_2(t)g(x_1, t) \neq 0, 0 \leq t \leq T.$$

**Теорема 2.** Пусть  $R = A(T) + 2$ , выполняются условия 1-4 и условие

$$(B(T)(A(T) + 2) + C(T) + D(T))(A(T) + 2) < 1. \quad (10)$$

Тогда задача (1)-(3), (8), (9) имеет в шаре  $K = K_R \subset E_T^3$  единственное решение.

**Теорема 3.** Пусть выполняются все условия теоремы 2, условия согласования (6), (7) и условия

$$\int_0^1 f(x, t) dx = \int_0^1 g(x, t) dx = 0, 0 \leq t \leq T.$$

Тогда задача (1)-(5) имеет в шаре  $K \subset E_T^3$  единственное классическое решение.

Далее изучим однозначную разрешимость параболического уравнения

$$c(t)u_t(x, t) = u_{xx}(x, t) + a(t)u(x, t) + b(t)g(x, t) + f(x, t), (x, t) \in D_T, \quad (11)$$

со следующими условиями

$$u(x, 0) + \delta u(x, T) + \int_0^T p(t)u(x, t) dt = \phi(x), 0 \leq x \leq 1, \quad (12)$$

$$u(0, t) = \beta u(1, t), 0 \leq t \leq T, \quad (13)$$

$$\int_0^1 u(x, t) dx = 0, 0 \leq t \leq T, \quad (14)$$

$$u(x_i, t) = h_i(t), i = 1, 2; 0 \leq t \leq T, \quad (15)$$

где  $T, \beta > 0, \delta \geq 0, x_i \in (0, 1) \quad (i = 1, 2; x_1 \neq x_2)$  - фиксированные числа,  $D_T = \{(x, t): 0 \leq x \leq 1, 0 \leq t \leq T\}$  - есть прямоугольная область,  $c(t) > 0, f(x, t), g(x, t), \phi(x), p(t), h_1(t), h_2(t) \geq 0$ - заданные функции, а  $u(x, t), a(t)$  и  $b(t)$  - искомые функции.

**Теорема 4.** Пусть  $0 < c(t) \in C[0, T], 0 \leq p(t) \in C[0, T], f(x, t), g(x, t) \in C(D_T), \int_0^1 f(x, t) dx = \int_0^1 g(x, t) dx = 0, \phi(x) \in C[0, 1], h_i(t) \in C^1[0, T], i = 1, 2, h(t) \equiv h_1(t)g(x_2, t) - h_2(t)g(x_1, t) \neq 0, t \in [0, T]$ , и выполняются условия согласования

$$\int_0^1 \phi(x) dx = 0, \quad (16)$$

$$h_i(0) + \delta h_i(T) + \int_0^T p(t)h_i(t) dt = \phi(x_i), i = 1, 2. \quad (17)$$

Тогда задача нахождения классического решения задачи (11)-(15) эквивалентна задаче определения функций  $u(x, t) \in C^{2,1}(D_T), a(t) \in C[0, T]$  и  $b(t) \in C[0, T]$ , удовлетворяющих уравнению (11), условиям (12), (13) и условиям

$$u_x(0, t) = u_x(1, t), 0 \leq t \leq T, \quad (18)$$

$$c(t)h_i'(t) = u_{xx}(x_i, t) + a(t)h_i(t) + b(t)g(x_i, t) + f(x_i, t), i = 1, 2; 0 \leq t \leq T. \quad (19)$$

Предположим, что данные задачи (11)-(13), (18), (19) удовлетворяют следующим условиям:

$$5. \phi(x) \in C^2[0, 1], \phi'''(x) \in L_2(0, 1), \phi(0) = \beta\phi(1), \phi'(0) = \phi'(1),$$

$$\phi''(0) = \beta\phi''(1), \beta \neq \pm 1;$$

$$6. f(x, t) \in C_{x,t}^{2,0}(D_T), f_{xxx}(x, t) \in L_2(D_T), f(0, t) = \beta f(1, t),$$

$$f_x(0, t) = f_x(1, t), f_{xx}(0, t) = \beta f_{xx}(1, t), \beta \neq \pm 1, 0 \leq t \leq T;$$

$$7. g(x, t) \in C_{x,t}^{2,0}(D_T), g_{xxx}(x, t) \in L_2(D_T), g(0, t) = \beta g(1, t),$$

$$g_x(0, t) = f_x(1, t), g_{xx}(0, t) = \beta g_{xx}(1, t) = 0, \beta \neq \pm 1, 0 \leq t \leq T;$$

$$8. c(t), p(t) \in C[0, T], h_i(t) \in C^1[0, T], i = 1, 2,$$

$$h(t) = h_1(t)g(x_2, t) - h_2(t)g(x_1, t) \neq 0, 0 \leq t \leq T.$$

**Теорема 5.** Пусть  $R = A(T) + 2$ , выполняются условия 5-8,

$$R(B(T)R + C(T) + D(T)) < 1,$$

и условия согласования

$$\int_0^1 \phi(x) dx = 0, h_i(0) + \delta h_i(T) + \int_0^T p(t) h_i(t) dt = \phi(x_i), i = 1, 2$$

Тогда задача (11)-(15) имеет в шаре  $K \subset E_T^3$  единственное классическое решение.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Егоров, И.Е., Федоров В.Е. Неклассические уравнения математической физики высокого порядка. – Новосибирск: Изд-во ВЦ СО РАН, 1995. – 133 с.

2. Кожанов, А.И. О разрешимости некоторых пространственно-нелокальных задач для линейных параболических уравнений // Вестник СамГУ. – 2008. – № 3 (62). – С. 165-174.

3. Кожанов, А.И., Пулькина Л.С. О разрешимости краевых задач с нелокальными

граничными условиями интегрального вида для многомерных гиперболических уравнений // Дифференц. уравнения. – 2006. – Т. 42. – № 9. – С. 1166-1179.

4. Пулькина, Л.С. Начально-краевая задача с нелокальным граничным условием для многомерного гиперболического уравнения // Дифференц. уравнения. – 2008. – Т. 44. – № 8. – С. 1084-1089.

5. Смирнов, В.И. Курс высшей математики, том V. – Москва, 1957.



## ТЕХНИЧЕСКИЕ НАУКИ

Pham Van Chung<sup>1</sup>, Pham Son Tung<sup>2</sup>,

Hoang Van Ngoi<sup>1</sup>, Ngo Van Dung<sup>1</sup>, Vu Van Son<sup>1</sup>, Tran Van Tu<sup>1</sup>

1- Missile Faculty, Viet Nam Academy of Air Defence – Air Force,

2- Training Department, Viet Nam Academy of Military Science and Technology

### ANOTHER VARIANT FOR BROADBAND EXCITERS OF $TM_{01}$ MODE IN CIRCULAR WAVEGUIDE WITH A COAXIAL INPUT

**Summary:** Another variant for broadband exciters of  $TM_{01}$  mode in circular metal waveguide with a coaxial input have been suggested and explored. Electrodynamics modeling and parameter optimization are performed through the application of finite element and finite difference time domain methods.

*Keywords* — exciters, scalar modes, circular waveguide, coaxial input, broadband

#### I. INTRODUCTION

The scalar modes  $TM_{0m}$  and  $TE_{0m}$ ,  $m = 1, 2, \dots$ , are the highest modes of a circular metal waveguide and are relatively little used in practice. The  $TM_{01}$  mode is used mainly in monopulse feeds [1] and rotating waveguide joints. The  $TE_{01}$  mode can be used for the same purposes, with its additional advantage being its high-power transmission. In addition, due to the absence of longitudinal currents, the  $TE_{01}$  mode has very small thermal linear losses, which, unlike other types of modes, decrease with frequency, which makes its use in long paths of microwave and high frequency bands very attractive. The limited use of the  $TM_{01}$  and  $TE_{01}$  modes of a circular waveguide is primarily due to the complexity of the implementation of exciters, radiators, and path elements.

Many works [2-5] have been devoted to the study of the excitation of  $TM_{01}$  and  $TE_{01}$  modes, however, the exciters have either large transverse dimensions or a narrow band of operating frequencies. Since most of the well-known works are devoted to exciters of the  $TE_{01}$

mode and  $TM_{01}$  mode [6-8] with a waveguide input, the main attention in this work will be paid to the creation of a new type of exciters of the  $TM_{01}$  mode based on a round metal waveguide with a coaxial input.

#### II. THE EXCITER OF THE $TM_{01}$ MODE WITH A COAXIAL INPUT

The preceding paper examined the exciters  $TM_{01}$  mode using both waveguide and coaxial input [9]. This paper will delve into a different coaxial input exciter design, composed of two distinct sections (Figure 1). The first part is a biconic line. The second part is a round metal-dielectric coaxial waveguide, the inner conductor of which is a metal cylinder with a stepped section. The dielectric layer on the outer conducting cylinder is a torus made of polypropylene ( $\epsilon = 2.25$ ) with a generatrix in the form of a circle segment of radius  $R$ . As a result of the exciter optimization, the following parameter values were obtained:  $w = 2.7 \text{ mm}$ ,  $L_1 = 50 \text{ mm}$ ,  $L_2 = 100 \text{ mm}$ ,  $d_{in} = 4 \text{ mm}$ ,  $d_{out} = 7 \text{ mm}$ ,  $D = 28 \text{ mm}$ ,  $d_1 = 2.4 \text{ mm}$ ,  $d_2 = 11.2 \text{ mm}$ ,  $d_3 = 15.2 \text{ mm}$ ,  $d_4 = 16 \text{ mm}$ ,  $a_1 = 50 \text{ mm}$ ,  $a_2 = 2.2 \text{ mm}$ ,  $a_3 = 1.3 \text{ mm}$ ,  $a_4 = 1.2 \text{ mm}$ ,  $R = 297 \text{ mm}$ .

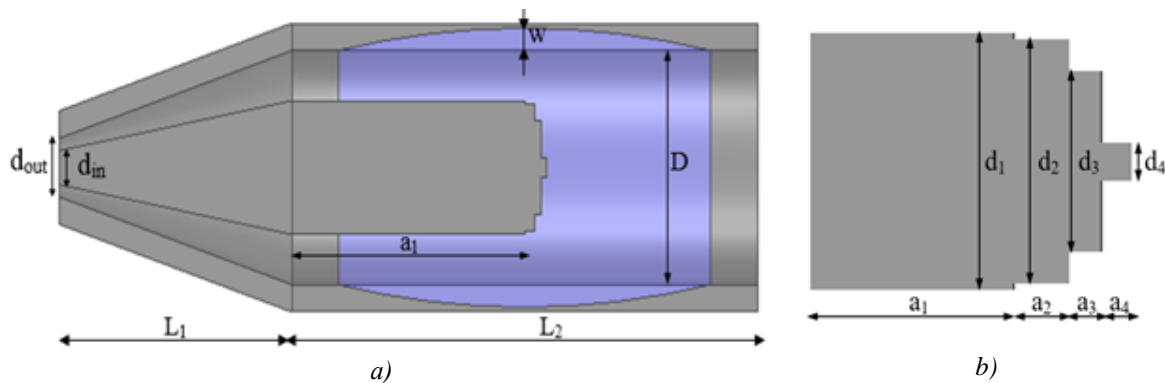


Figure 1. The exciter of the  $TM_{01}$  mode with a coaxial input:

a) the longitudinal section of the exciter; b) the longitudinal section of the cylinder with a stepped section

Figure 2 shows the frequency dependences of the reflection coefficient at the input and the excitation coefficient of the  $TM_{01}$  mode at the output of an

optimized exciter with a coaxial input, calculated using finite element method (FEM) and finite difference time domain method (FDTD).

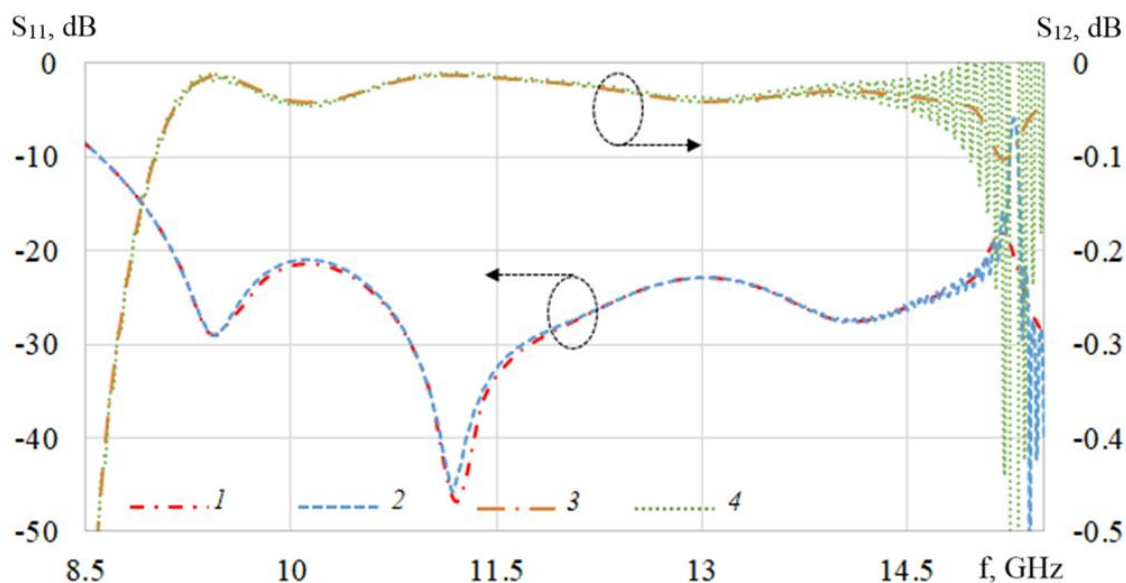


Figure 2. The frequency dependences of reflection coefficient  $S_{11}$  (1, 2) and excitation coefficient  $S_{12}$  (3, 4) calculated using FEM (1, 3), FDTD (2, 4)

As can be seen in the figure, in the frequency band 9.25 ...15.1 GHz (relative band 48%), the reflection coefficient does not exceed -20 dB, and the excitation losses of the  $TM_{01}$  mode do not exceed 0.1 dB.

Thus, the relative frequency band of both proposed and investigated variants of the  $TM_{01}$  mode exciter with a coaxial input is approximately twice the band of known exciters with a coaxial input and 2.5 times that of exciters with a waveguide input. Therefore, it is of interest to use a combination of two

exciters: the  $TM_{01}$  mode with a coaxial input and the TEM mode with a waveguide input. For this purpose, standard designs of coaxial-waveguide junctions (CWJ) can be used. However, in such CWJ, the diameter of the coaxial input, as a rule, does not exceed 0.1 of the minimum wavelength of the operating range, which leads to a limitation of the transmitted power. Therefore, a CWJ with an increased electric diameter of the coaxial input is further developed, which consists of three parts (Figure 3).

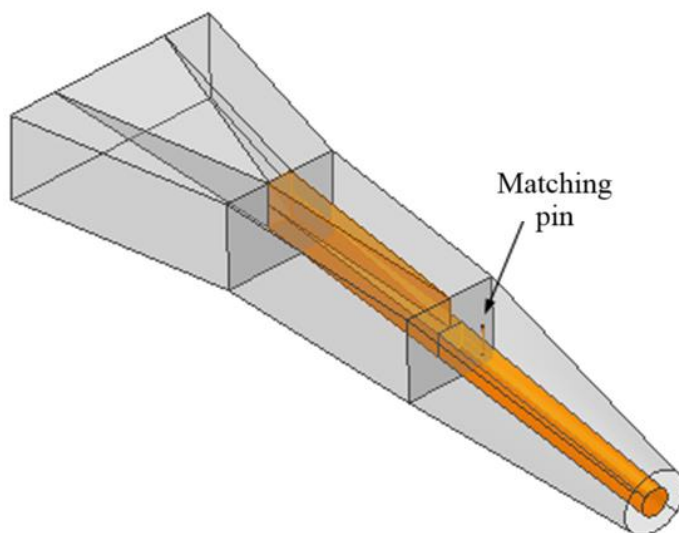


Figure 3. Coaxial-waveguide junction

The first part is a linear transition from a rectangular waveguide measuring 23x10 mm to a U-shaped waveguide. The U-shaped waveguide is also transformed using a linear transition into a rectangular coaxial waveguide with a longitudinal partition, which breaks off and the rectangular coaxial waveguide then smoothly transitions into a coaxial line with an outer diameter of 7 mm. At a distance of 4.9 mm from the

breakage of the partition there is a matching pin with a diameter of 0.05 mm.

Figure 4 shows the frequency characteristics of two CWJ variants (with wave resistances at the output of 33.5 and 50 ohms) calculated using FEM. The figure shows that in the frequency band 9.2 ...15.2 GHz for the first variant (relative band 49%) and in the band 9.2 ... 16 GHz (relative band 54%) for the second variant of

the CWJ, the reflection coefficient does not exceed -20 dB, and the losses are no more than 0.05 dB.

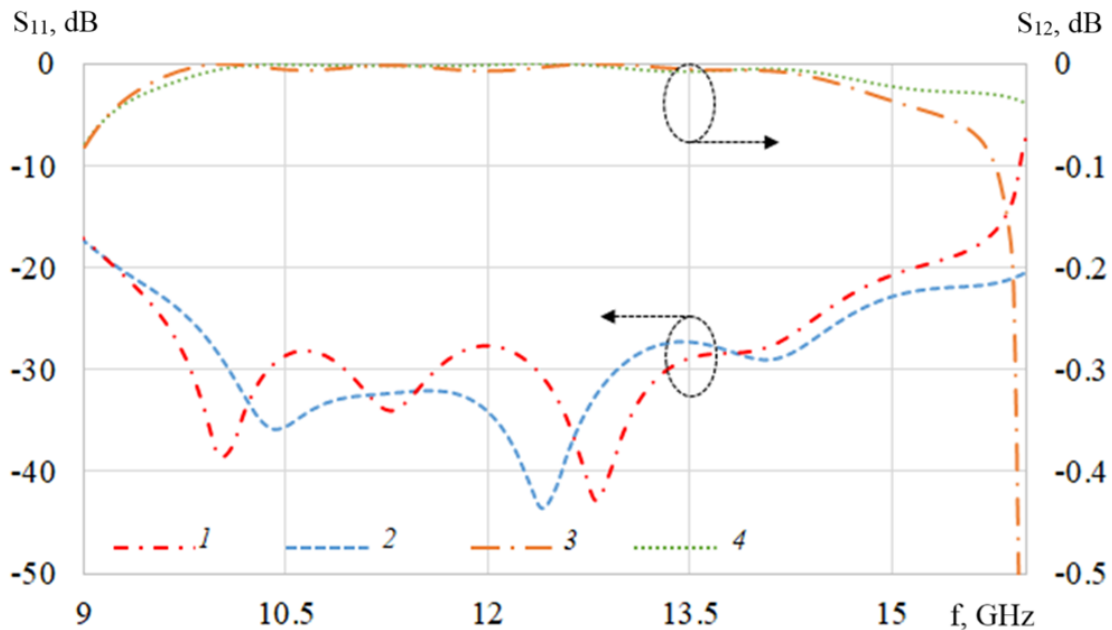


Figure 4. The frequency dependences of reflection coefficient  $S_{11}$  (1, 2) and excitation coefficient  $S_{12}$  modes  $TM_{01}$  (3, 4): the first variant (1, 3), the second variant (2, 4)

Next, the exciters of the  $TM_{01}$  mode were investigated, containing the developed CWJ in combination with the developed and studied [9]

exciters of the  $TM_{01}$  mode with a coaxial input (Figure 5).

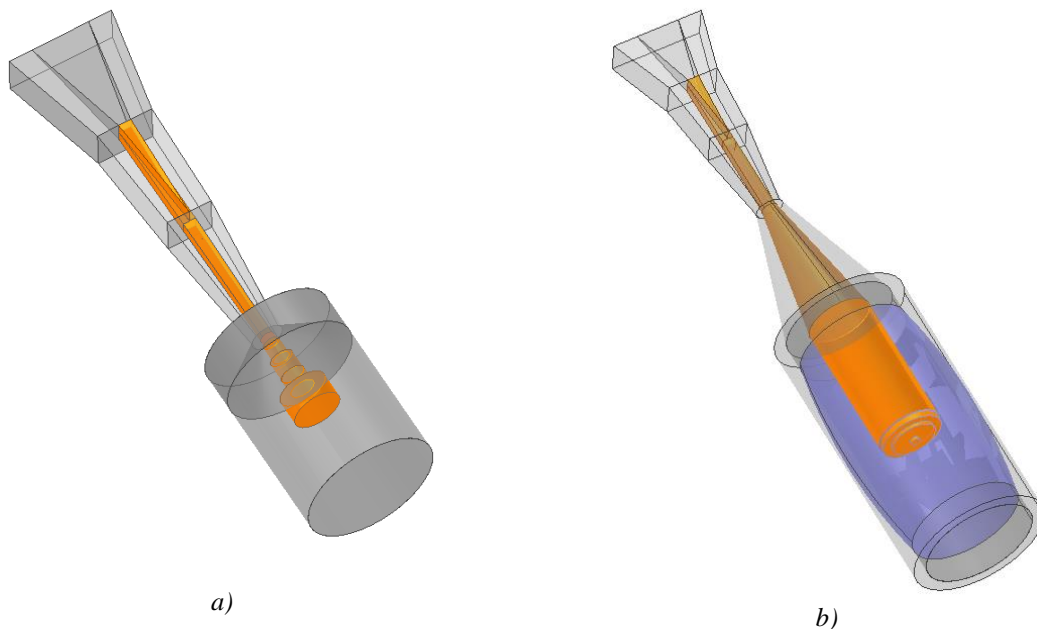


Figure 5. The exciter of the  $TM_{01}$  mode with CWJ: a) the first variant; b) the second variant

The frequency characteristics of exciters of the first variant calculated using FEM and FDTD are shown in Figure 6. As can be seen in the figure, in the frequency band 8.7 ...15.3 GHz (relative frequency

band 55%), the reflection coefficient of the exciter does not exceed -20 dB. At the same time, the excitation losses of the  $TM_{01}$  mode do not exceed 0.1 dB.

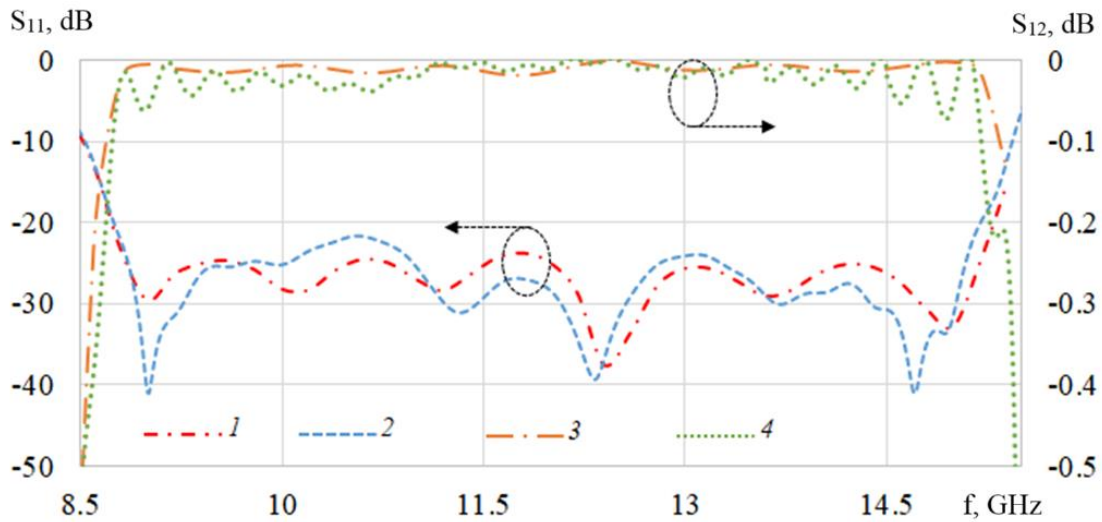


Figure 6. The frequency dependences of reflection coefficient  $S_{11}$  (1, 2) and excitation coefficient  $S_{12}$  (3, 4) of the first variant: FEM (1, 3), FDTD (2, 4)

The frequency characteristics of the second variant of the exciter are shown in Figure 7. As can be seen in the figure, in the frequency band 9.3 ... 14.6

GHz (relative band 44%), the reflection coefficient does not exceed -20 dB, and the excitation losses of the  $TM_{01}$  mode do not exceed 0.1 dB.

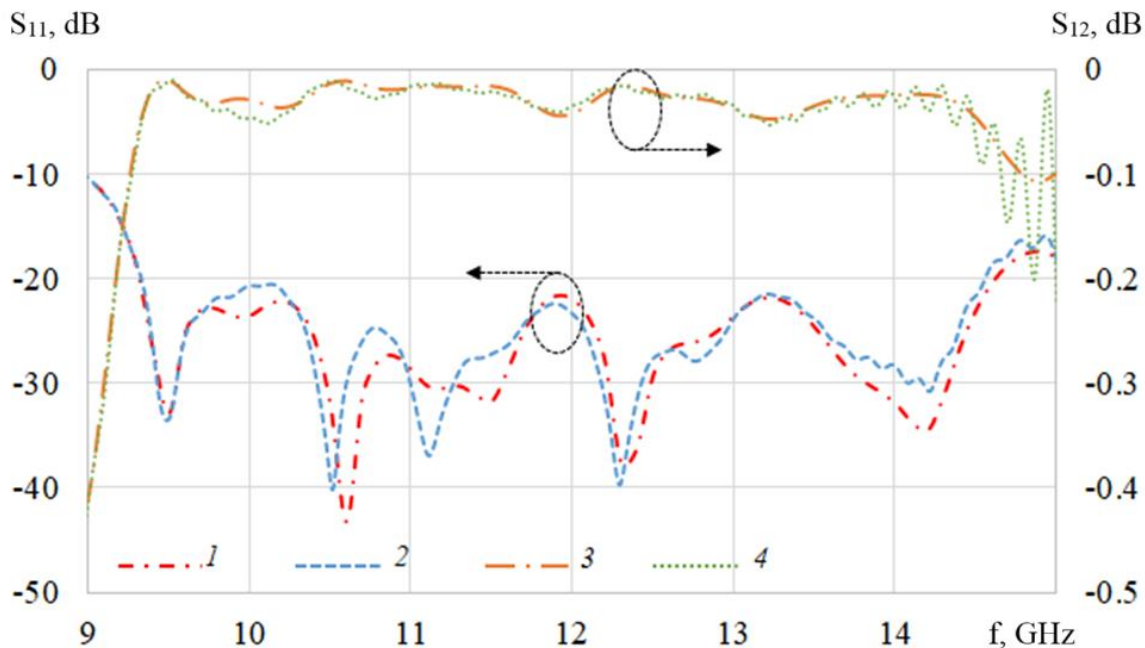


Figure 7. The frequency dependences of reflection coefficient  $S_{11}$  (1, 2) and excitation coefficient  $S_{12}$  (3, 4) of the second variant: FEM (1, 3), FDTD (2, 4)

### III. CONCLUSION

Based on the results obtained, the following conclusions can be drawn:

1. The proposed and investigated in the work of the exciter mode  $TM_{01}$  with a coaxial input allows you to provide a 48% operating frequency band, i.e. more than twice expand the operating frequency band compared to the known exciter with the same dimensions.

3. The exciter of the  $TM_{01}$  mode with a waveguide input in the form of a combination of the developed CWJ and an exciter with a coaxial input provides an operating frequency band of 55%, i.e. it allows more

than three times to expand the operating frequency band compared to the known exciter with a waveguide input.

### REFERENCES

1. Vnotchenko S.L., Konev V.G., Lavretski E.I., Chernyshov V.S. "Dual-channel tracking monopulse antenna using  $TM_{01}$  mode". // Journal of Radio Electronics, 2021. No. 5. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.5.2> (in Russian).
2. J. R. Montejo-Garai, I. O. Saracho-Pantoja, J. A. Ruiz-Cruz and J. M. Rebollar, "Broadband and high-purity Ku-band circular  $TE_{01}$ -mode converter," 2016

Asia-Pacific Microwave Conference (APMC), New Delhi, India, 2016, pp. 1-4.

3. S. Patel, R. Jaiswal, R. Singh and V. P. Anitha, "Design and development of mode launcher for  $TM_{01}$  mode in circular waveguide in S-band," 2017 IEEE MTT-S International Microwave and RF Conference (IMaRC), Ahmedabad, India, 2017, pp. 279-282.

4. Patel S., Jaiswal R., Singh R. and Anitha V.P. "Design and development of mode launcher for  $TM_{01}$  mode in circular waveguide in S-band" // 2017 IEEE MTT-S International Microwave and RF Conference (IMaRC), Ahmedabad, India, 2017. pp. 279-282.

5. J. R. Montejo-Garai, J. A. Ruiz-Cruz and J. M. Rebollar, "Design of a Ku-Band High-Purity Transducer for the  $TM_{01}$  Circular Waveguide Mode by Means of T-Type Junctions," IEEE Access, vol. 7, pp. 450-456, 2019.

6. V. A. Kaloshin, E. V. Frolova and P. Van Chung. "Broadband Exciters and Radiators of Scalar Modes of a Circular Waveguide". // 2021 Radiation and Scattering of

Electromagnetic Waves (RSEMW), Divnomorskoe, Russia, 2021, pp. 16-19, doi: 10.1109/RSEMW52378.2021.9494110.

7. M. Del Mastro, M. A. Del Pino and M. Spirito, "A 3D Printed  $TE_{10}$  Rectangular to  $TE_{01}$  Circular Waveguide Transition for Polymer Waveguide Characterization," 2019 92<sup>nd</sup> ARFTG Microwave Measurement Conference (ARFTG), Orlando, FL, USA, 2019, pp. 1-3.

8. Kaloshin V.A., Pham Van Chung. "Exciters of scalar modes of a circular waveguide". // Zhurnal Radioelektroniki [Journal of Radio Electronics]. 2021. No.5. <https://doi.org/10.30898/1684-1719.2021.5.8> (In Russian)

9. Pham Van Chung, Tran Van Tu, Ngo Van Dung, Trinh Thi Minh. "Broadband exciters of  $TM_{01}$  mode in circular waveguide". // East European Scientific Journal. 2024. Vol. 2 No. 99. pp- 22-26.

*Nguyen Van Bang*

*Air Defence - Air Force Academy,  
Ha Noi, Viet Nam*

## BUILDING AN ALGORITHM TO DETERMINE HIGHLY MANEUVERABLE TARGET PARAMETERS ON THE BASIS OF APPLICATION OF KALMAN FILTER THEORY

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109.519

**Abstract.** The paper presents the results of building a filter algorithm with the purpose of evaluating the parameters of a highly maneuverable target, in order to realize the guidance law when taking into account the parameter of a maneuvering target on the basis of the application of three-states Kalman filter. The algorithm has a simple structure, high convergence and stability. The simulation results show that the algorithm is highly reliable, easy to implement in practice, and meets the requirements of modern guiding laws to advance the efficiency of target destruction and improve the accuracy of the guidance.

*Keywords: Guidance law, Target, Kalman filter, High maneuver, Acceleration, Evaluate.*

### 1. Overview

In the proportional navigation guidance (PNG) law, the missile's acceleration  $n_c$  is proportional to the line-of-sight rotation speed  $\dot{\sigma}$ , proportional to the miss

$y$  and inversely proportional to the square of the time to go  $t_{go}$  [3], [4]:

$$n_c = \frac{N}{t_{go}^2} [y + \dot{y}t_{go}] = NV_c \dot{\sigma} \quad (1)$$

We see that the miss component in the PNG law (1) has no parameters describing the maneuverability of the target. This does not mean that the PNG law does not hit the target, but it does not mean that the guidance law is not optimal for a maneuvering target.

If the maneuverability target is a function of time, we can calculate the miss precisely and generate a new

guidance law model which is an augmented proportional navigation guidance law (APNG) [1], [2], [5], [7]. The mathematical expression then of miss contains the target maneuver component, the target's acceleration  $\ddot{y}_T$ .

$$n_c = \frac{N}{t_{go}^2} [y + \dot{y}t_{go} + \frac{1}{2}\ddot{y}_T t_{go}^2] = NV_c \dot{\sigma} + \frac{1}{2}N\ddot{y}_T \quad (2)$$

The expression (2) of the advanced PNG law consists of two components, one component proportional to the line-of-sight rotation speed and the other proportional to the target's acceleration.

When the target is highly maneuver or hyper-maneuverability, if the target's maneuverability form (pattern) is known, we can construct an optimal guidance law even if the target maneuver is in complex form [9], [10], [11].

One of the solutions to advance the ability to destroy complex maneuvering targets is to improve the guidance law by adding to the expression of the guidance law the parameters of the target including target acceleration, target acceleration derivative and the target's maneuvering frequency.

Currently, real equipments can only determine the position and velocity of the target. Therefore, in order to realize modern guidance laws [6], [8], [12], [13], we

need to measure or evaluate the parameters in the expression of the guidance law. In addition to the parameters like the PNG law, we need to evaluate parameters such as the target's acceleration, the change in the target's acceleration (the derivative of the target's acceleration) and the target's maneuvering frequency.

Therefore, on the basis of the application of Kalman filter theory, the paper proposes a method to

evaluate the parameters of a highly maneuverable target.

## 2. Building algorithms to determine highly maneuverable target parameters

To evaluate the applicability of the Kalman filter, we first consider the homing loop model in the ideal form (order 0) having the form shown in figure 1 [2], [12], [14].

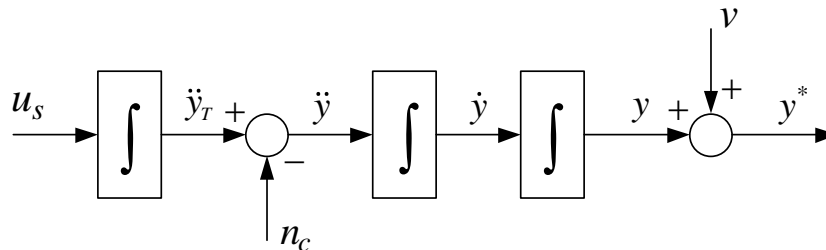


Figure 1. Kalman filter in homing loop model

In this guidance system we can only measure:

$y^*$  - Relative position of missile - target (due to noise  $v$ ).

$y$  - Estimate the relative position of missile - target (try to estimate the real value without noise).

$\dot{y}$  - Relative velocity of missile - target.

$\ddot{y}_T$  - Target's normal acceleration.

The missile acceleration  $n_c$  is assumed to be known (determined by the guidance law), and the target acceleration  $\ddot{y}_T$  is considered to be modeled as a white noise  $u_s$  through an integrator.

The spectral density of this white noise process  $u_s$  is given by:

$$\Omega_s = \frac{n_{TMAX}^2}{t_F} \quad (3)$$

$n_{TMAX}$ : The maximum maneuver level.

$t_F$ : The flight time

The differential equation representing the kinematic relationship of the system has the following form [4], [5]:

$$\dot{x} = Fx + Gu + w$$

We can express the model of figure 1 in state space form as:

$$\begin{bmatrix} \dot{y} \\ \dot{\dot{y}} \\ \dot{\ddot{y}}_T \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} y \\ \dot{y} \\ \ddot{y}_T \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} n_c + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ u_s \end{bmatrix} \quad (4)$$

The systems dynamics matrix has the following form:

$$F = \begin{bmatrix} 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \quad (5)$$

The fundamental matrix can be derived from the systems dynamics matrix according to:

$$\Phi(t) = \mathcal{L}^{-1}\{[sI - F]^{-1}\} \quad (6)$$

Where:  $I$  - The fundamental matrix and  $\mathcal{L}^{-1}$  - the Laplace transform domain.

We have:

$$sI - F = \begin{bmatrix} s & -1 & 0 \\ 0 & s & -1 \\ 0 & 0 & s \end{bmatrix} = A$$

$$\det A = s^3$$

$$A_{11} = s^2, A_{12} = 0, A_{13} = 0;$$

$$A_{21} = s, A_{22} = s^2, A_{23} = 0;$$

$$A_{31} = 1, A_{32} = s, A_{33} = s^2;$$

$$[sI - F]^{-1} = \frac{1}{s^3} \begin{bmatrix} s^2 & s & 1 \\ 0 & s^2 & s \\ 0 & 0 & s^2 \end{bmatrix}$$

$$\Phi(s) = [sI - F]^{-1} = \begin{bmatrix} \frac{1}{s} & \frac{1}{s^2} & \frac{1}{s^3} \\ 0 & \frac{1}{s} & \frac{1}{s^2} \\ 0 & 0 & \frac{1}{s} \end{bmatrix}$$

Substituting into equatio (6) We have:

$$\Phi(t) = \mathcal{L}^{-1}\{[sI - F]^{-1}\} = \begin{bmatrix} 1 & t & 0.5t^2 \\ 0 & 1 & t \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (7)$$

After replacing time variable  $t$  with the sampling time  $T_s$ , we obtain the discrete form of the fundamental matrix as:

$$\Phi_k = \begin{bmatrix} 1 & T_s & 0.5T_s^2 \\ 0 & 1 & T_s \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

The measurement equation is expressed in discrete form as follows:

$$y_k^* = [1 \quad 0 \quad 0] \begin{bmatrix} y_k \\ \dot{y}_k \\ \dot{y}_{T_k} \end{bmatrix} + v_k \quad (9)$$

Therefore, the discrete measurement matrix  $H_k$  has the form:

$$H_k = [1 \quad 0 \quad 0]$$

From the original state space equation, we have a continuous control matrix  $G$ :

$$G = \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} \quad (10)$$

The discrete control matrix  $G_k$  is calculated by:

$$G_k = \int_0^{T_s} \Phi(t)G(t) dt = \int_0^{T_s} \begin{bmatrix} 1 & t & 0.5t^2 \\ 0 & 1 & t \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ -1 \\ 0 \end{bmatrix} dt = \begin{bmatrix} -0.5T_s^2 \\ -T_s \\ 0 \end{bmatrix} \quad (11)$$





Substitute expression (19) into expression (16):

$$Q_k = \Omega_s \begin{bmatrix} \frac{T_s^5}{20} & \frac{T_s^4}{8} & \frac{T_s^3}{6} \\ \frac{T_s^4}{8} & \frac{T_s^3}{3} & \frac{T_s^2}{2} \\ \frac{T_s^3}{6} & \frac{T_s^2}{2} & T_s \end{bmatrix} \quad (20)$$

Substitute the parameters into the expression (15) :

$$M_k = \begin{bmatrix} 1 & T_s & 0,5 T_s^2 \\ 0 & 1 & T_s \\ 0 & 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} P_{11} & P_{12} & P_{13} \\ P_{12} & P_{22} & P_{23} \\ P_{13} & P_{23} & P_{33} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ T_s & 1 & 0 \\ 0,5 T_s^2 & T_s & 1 \end{bmatrix} + \Omega_s \begin{bmatrix} \frac{T_s^5}{20} & \frac{T_s^4}{8} & \frac{T_s^3}{6} \\ \frac{T_s^4}{8} & \frac{T_s^3}{3} & \frac{T_s^2}{2} \\ \frac{T_s^3}{6} & \frac{T_s^2}{2} & T_s \end{bmatrix} \quad (21)$$

Find the gains  $K_k$ :

$$K_k = M_k H_k^T [H_k M_k H_k^T + R_k]^{-1} \quad (22)$$

$R_k$  - The measurement noise matrix is related to the measured noise vector according to the following expression:

$$R_k = E[v_k \ v_k^T] = \sigma_n^2 \quad (23)$$

$\sigma_n^2$  - Variance of measurement noise.

With the model of Fig. 1, the  $R_k$  matrix is  $1 \times 1$ , we can calculate the Kalman gain of the following form:

$$K_{01} = \frac{M_{11}}{M_{11} + \sigma_n^2}$$

$$K_{02} = \frac{M_{12}}{M_{11} + \sigma_n^2}$$

$$K_{03} = \frac{M_{13}}{M_{11} + \sigma_n^2} \quad (24)$$

Determine the error correlation matrix of state estimation after measurement update has the following form:

$$P_k = (I - K_k H_k) M_k \quad (25)$$

Can easily be expanded to:

$$P = \begin{bmatrix} (1 - K_1)M_{11} & (1 - K_1)M_{12} & (1 - K_1)M_{13} \\ M_{12} - K_2 M_{11} & M_{22} - K_2 M_{12} & M_{23} - K_2 M_{13} \\ M_{13} - K_3 M_{11} & M_{23} - K_3 M_{12} & M_{33} - K_3 M_{13} \end{bmatrix} \quad (26)$$

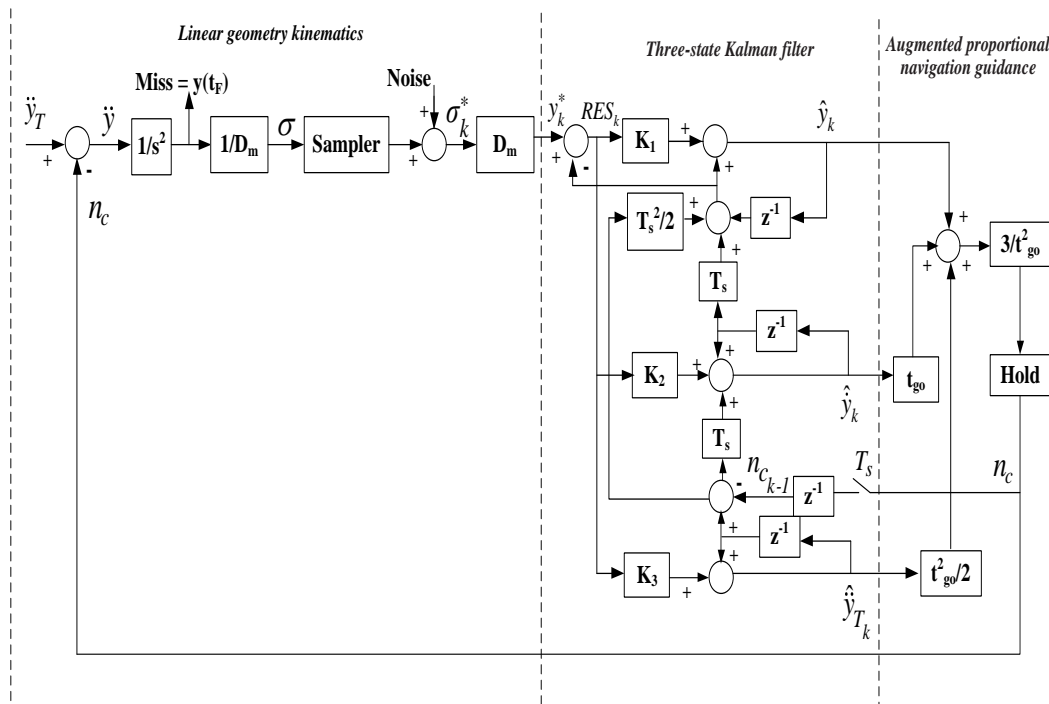


Figure 3. Three-state Kalman filter as part of homing loop with APN law

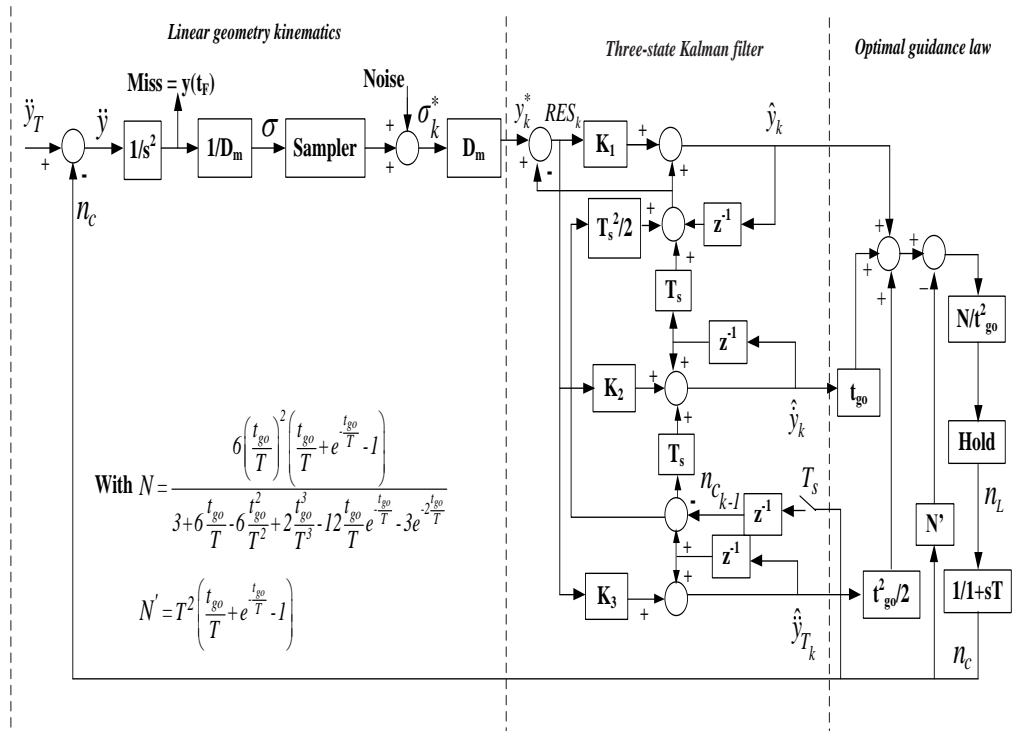


Figure 4. Three-state Kalman filter in homing loop with optimal guidance law

**3. Simulation results and analysis**

System input parameter:

Target acceleration level:  $n_T = 3g(m/s^2)$

Missile velocity:  $V_M = 900(m/s)$

Measurement noise (seeker):  $\sigma_{Noise} = 1(mr)$  and  $\sigma_{Noise} = 10(mr)$

Closing velocity:  $V_c = 2700(m/s)$

Autopilot time constant:  $T = 0,5(s)$

Target maneuvering frequency:  $\omega = 2(rad/s)$

Flight time:  $t_F = 10(s)$

Sampling time:  $T_s = 0,01(s)$

Guidance law (2):

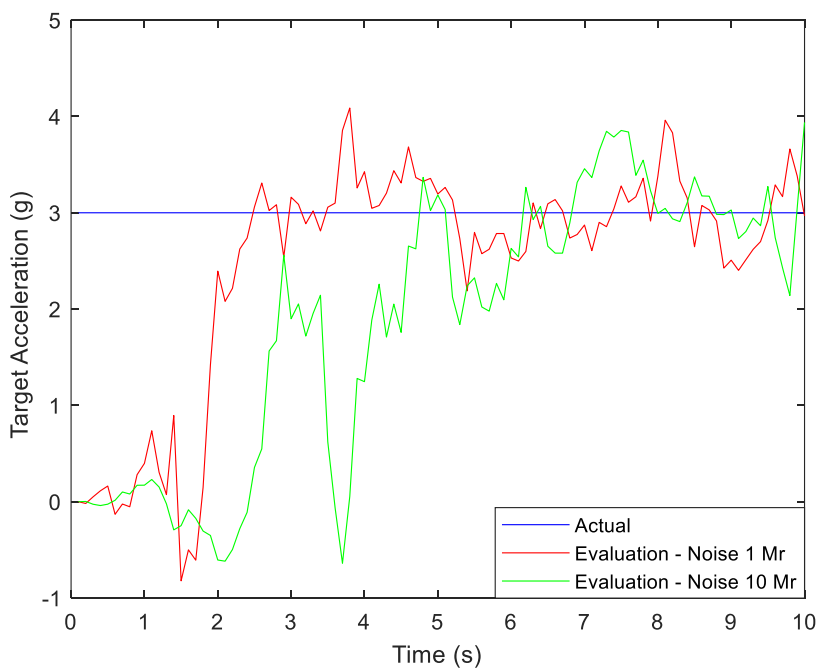


Figure 5. Target acceleration

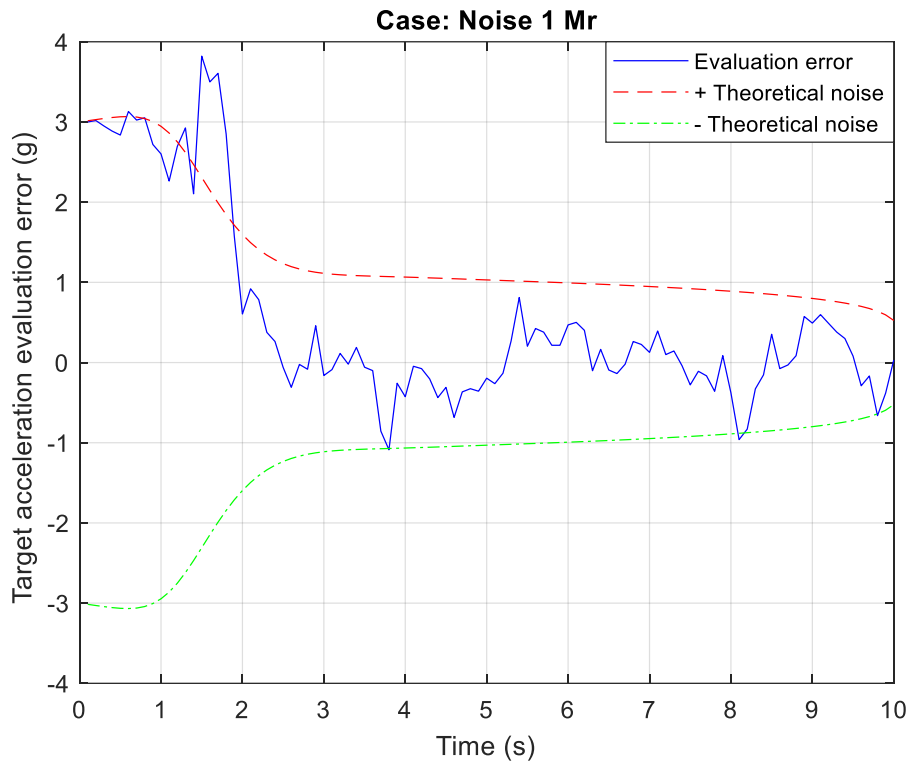


Figure 6. Target acceleration evaluation error with noise 1 mr

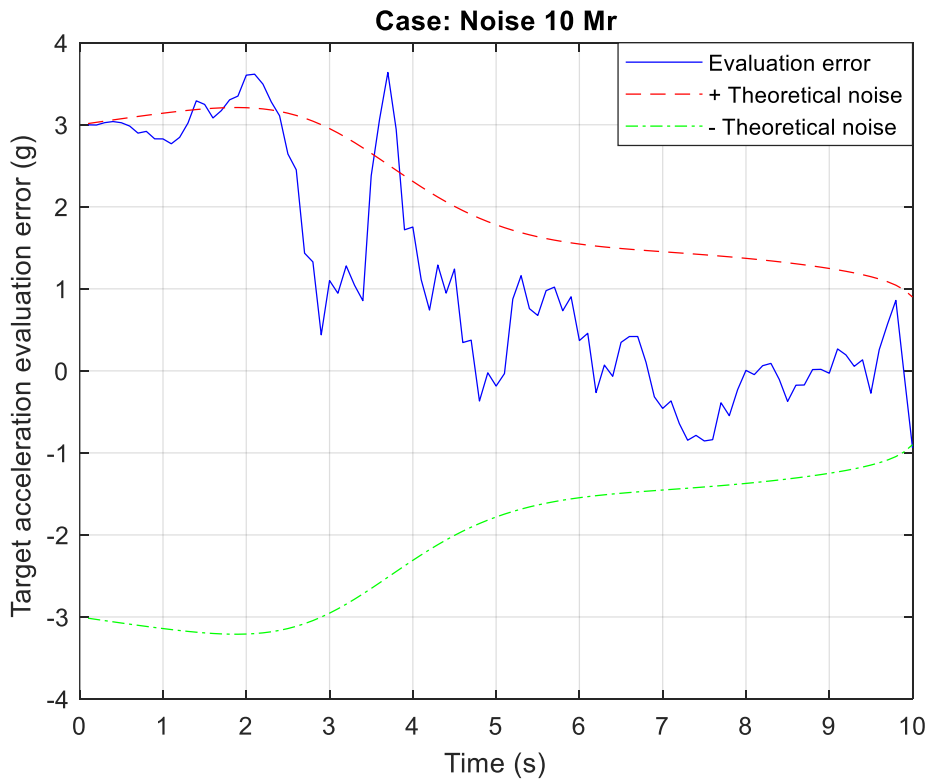


Figure 7. Target acceleration evaluation error with noise 10mr

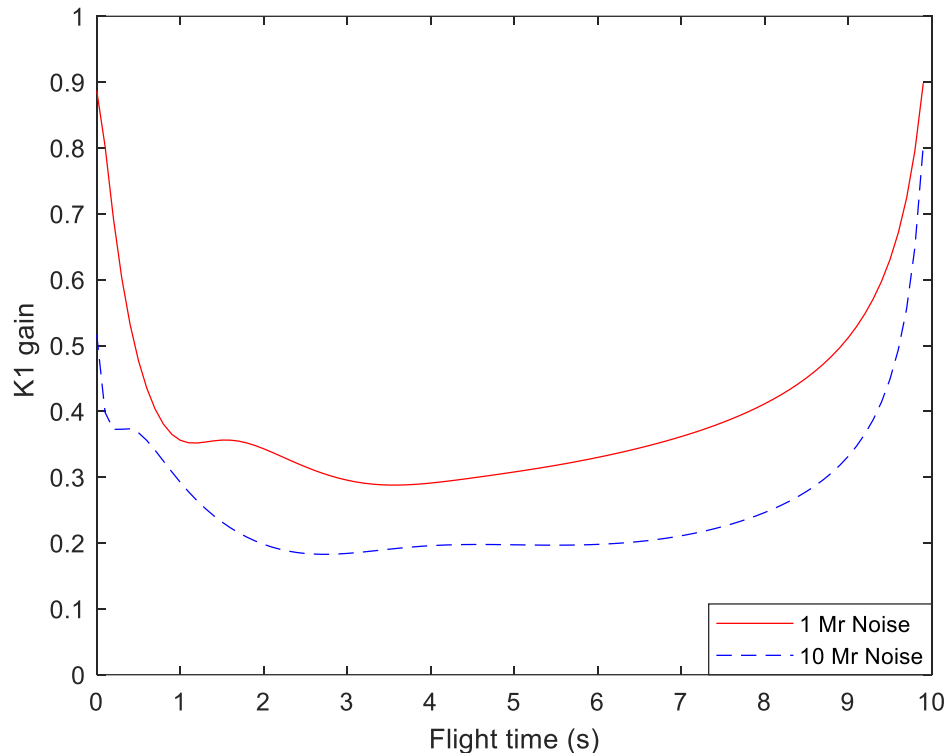


Figure 8. Increasing measurement noise estimate decreases Kalman gain

The three-state Kalman filter accurately evaluates the target acceleration with small error (fig.6-7). The results of the evaluation are almost perfect. The results of the evaluation are almost perfect (fig.5).

The evaluation error will increase as the measurement noise increases (fig.6-7).

The gain of the Kalman filter will decrease as the measurement noise increases (fig.8).

#### 4. Conclusions

The three -state Kalman filter is capable of estimating parameters such as relative position, relative velocity and acceleration of the target. Therefore, the corresponding guidance laws can be used in combination with three-state Kalman filter to create a missile control loop which are proportional navigation, augmented proportional navigation, optimal guidance.

The simulation results show a significant influence of types of different maneuvering targets on the accuracy of determining the coordinates of the target coordinate system. With the evaluation of the parameters of the high maneuverability target, the reliability of the survey results is increased when this model is not taken into account in the process of synthesizing the target phase coordinate filter, this is the basis in improving the quality of the target coordinate system.

When the target maneuver is complex form with constant maneuvering frequency, we can develop the filtering problem by expanding the state space to four states, in addition to evaluating the acceleration parameter of the target we also evaluate the parameter acceleration derivative of the target. This problem will be presented in the next paper.

#### Reference

- [1] H. Jin Kim and Min-Jea Tahk, "Fast Adaptive Guidance Against Highly Maneuvering Targets", Korea Advanced Institute of Science and Technology (KAIST) Daejeon, Korea, 2008.
- [2] Moon, J., Kim, K., and Kim, Y, "Design of missile guidance law via variable structure control", Journal of Guidance, Control, and Dynamics, Vol.24, No.4, pp. 659-664, 2015.
- [3] Neil F. Palumbo, Ross A. Blauwkamp, and Justin M. Lloyd, "Modern Homing Missile Guidance Theory and Techniques", Johns Hopkins APL Technical Digest, Vol.29, No.1, pp.1367-1385, 2010.
- [4] Liu T., Xie Y, "A relative navigation algorithm for a chaser tracking a non-cooperative maneuvering target in space". Vol 31, No5, pp. 1338–1344, 2016.
- [5] Ming-Hsiung Hsueh, Chin-I Huang, Li-Chen Fu, "A Differential Game Based Guidance Law for the Interceptor Missiles", Industrial Electronics Society, IECON, 33rd Annual Conference of the IEEE, pp.665-670, 2017.
- [6] Jiyuan L., Jun Z., Yingying L, "Applying auto-adaptation filter to tracking of maneuvering target in special relative navigation", J. Northwest, Polytech. Univ. 4, 013, 2018.
- [7] Le X.R., Kilkov V.P. "A survey of maneuvering target tracking: Approximation techniques for nonlinear filtering", Proceedings of SPIE conference on signal and data processing of small targets, pp. 537-550, 2014.
- [8] Li X.R., Jilkov V.P. "Survey of maneuvering target tracking-part V". IEEE transaction on aerospace and electronic system, 41 (4), pp. 1255-1321, 2015.

[9] Nguyen Van Bang, “Algorithm to determine target angle coordinates with maneuvering detection of self-guided head on the basis of state model parameter recognition”, International Journal of Scientific Engineering and Science, Volume 5, Issue 8, August 2021, pp. 65-71.

[10]D. Trung, N. Tuan, N. Bang, T. Tuyen, “Synthesis of line of sight angle coordinate filter on the basis of interactive multi-model evaluation algorithm”, Informatics and Automation, Scopus Indexed - Q3, Volume 20 No 6, December - 2021, pp. 1333-1367.

[11] Dang Tien Trung, Nguyen Van Bang “Synthesis of the switched bias proportional navigation guidance law to destroy complexly maneuvering targets”, International Journal of Intelligent Systems

and Applications in Engineering, Scopus indexed Q3, Vol 11, No.2, Feb 2023, pp. 272-276.

[12]Xu B. “An adaptive tracking algorithm for bearings-only maneuvering target”, International journal of computer science and network security, 7 (1), 2017.

[13]Yang C. C., Tsung T. K., “An interactive dynamic multi-objective programming model to support better land use planning”, Land Use Policy, Elsevier, Vol.36, pp. 13-22, 2016.

[14]Qian G.H., Li, Y., Luo, R.J. “One maneuvering frequency and the variance adaptive filtering algorithm for maneuvering target tracking”, J. Radars 2(6), pp. 258–264, 2017.

**Trinh Thi Minh\*<sup>1</sup>, Vu Quang Luong<sup>2</sup>, Nguyen Ha Giang<sup>2</sup>, Tran Anh Tu<sup>3</sup>**

1- Basic Sciences Faculty, Air Defence-Air Force Academy, Ha Noi, Viet Nam

2- Missile Faculty, Air Defence-Air Force Academy, Ha Noi, Viet Nam

3-National Defense and Security Education Faculty, Hanoi University of Science and Technology, Ha Noi, Viet Nam

## SYNTHESIS OF AN OPTIMAL CONTROLLER FOR A TARGET RANGE TRACKING CONTROL SYSTEM WITH A MANEUVERING TARGET

**Abstract.** This paper presents a method to synthesize an optimal controller for a target range tracking control system with a maneuvering target. Optimal control theory is applied to synthesize the controller to generate a control signal that makes the phase coordinates of the control system track the phase coordinates of the target. The method uses a quadratic local quality criterion function and the Discrete-time Linear Quadratic Regulator (DLQR) algorithm in Matlab to calculate the optimal range and velocity tracking error gain coefficients. Simulation results show that the optimal controller achieves excellent maneuvering target tracking performance, with fast response time and high stability.

*Keywords: Optimal controller, control system, range tracking system, maneuvering target, optimal control theory, quadratic local quality criterion.*

### I. Introduction

In radar or guidance systems, the ability to continuously track a maneuvering target is extremely important to ensure effective tracking and accurate localization. However, for targets moving at high speeds and accelerations, maintaining a stable and accurate tracking process is a major challenge. The goal of this research is to design an optimal controller for the range tracking control system to achieve continuous and effective tracking of maneuvering targets. The optimal controller is designed to generate an appropriate control signal that makes the phase coordinates of the control system track the phase coordinates of the target tracking process. The main advantage of this optimal controller is the use of optimal control theory based on the quadratic local quality criterion function and the DLQR algorithm in Matlab. This allows the calculation of the optimal range

and velocity tracking error gain coefficients, ensuring high tracking performance, fast response time and good stability. In addition, the controller also considers the velocity tracking error in the control signal, helping to stabilize the maneuvering target tracking process without causing abrupt changes or oscillations.

### II. Synthesis of the Optimal Controller for the Range Tracking System

The task of the optimal controller is to generate the control signal to be applied to the control system. The output of the control system will then go to the waveform generator to create the waveform pulses for continuously tracking the target signal. It also creates a composite feedback signal to be fed to the optimal filter.

Therefore, it is necessary to create an optimal control signal  $u_v$  according to the minimum of the local quality criterion function in the form:

$$I = M_y \left\{ \begin{bmatrix} D_{bs} - D_{dk} \\ V_{bs} - V_{dk} \end{bmatrix}^T \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} D_{bs} - D_{dk} \\ V_{bs} - V_{dk} \end{bmatrix} + \int_0^t u_v^2 k_u dt \right\} \quad (1)$$

Where:  $q_{11}, q_{12} = q_{21}$  and  $q_{22}$  are weighting coefficients for range and velocity tracking accuracy, and  $k_u$  is the weighting coefficient for the control signal.  $D_{bs}, D_{dk}$  are the tracking range and control range.  $V_{bs}, V_{dk}$  are the tracking velocity and control velocity.

The optimal controller generates the control signal  $u_v$  such that  $D_{dk}$  and  $V_{dk}$  always track  $D_{bs}$  and  $V_{bs}$ . We then have:

$$\begin{aligned} x_T &= [D_{bs} \ V_{bs}]^T, x_y = [D_{dk} \ V_{dk}]^T, u = u_v, K = k_u \\ B_y &= \begin{bmatrix} 0 \\ b_v \end{bmatrix}, Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix}, F_T = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}, F_y = \begin{bmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{bmatrix} \end{aligned} \quad (2)$$

Applying (2) to the local quality criterion function (1), we obtain the operation algorithm of the optimal controller:

$$u_v = \frac{b_v q_{21}}{k_u} (\hat{D}_{bs} - \hat{D}_{dk}) + \frac{b_v q_{22}}{k_u} (\hat{V}_{bs} - \hat{V}_{dk}) = K^D \Delta D + K^V \Delta V \quad (3)$$

Where the range tracking error and velocity tracking error are determined by:

$$\Delta D = \hat{D}_{bs} - \hat{D}_{dk}; \Delta V = \hat{V}_{bs} - \hat{V}_{dk} \quad (4)$$

The range and velocity tracking error gain coefficients are:

$$K^D = b_v q_{21} / k_u, K^V = b_v q_{22} / k_u \quad (5)$$

From the formula (3)÷(5), we see that the adjustment system is a feedback system with negative feedback for all controlled coordinates  $D_{dk}$  and  $V_{dk}$ . For the adjustment system to operate, it needs evaluation signals  $\hat{D}_{bs}, \hat{D}_{dk}, \hat{V}_{bs}, \hat{V}_{dk}$ . The control signal depends on both the distance tracking error  $\hat{D}_{bs}, \hat{D}_{dk}$  and the velocity tracking error  $\hat{V}_{bs}, \hat{V}_{dk}$ . The total error in the control signal is determined by the relationship between the penalty signal for tracking accuracy and economy  $q_{21}/k_u$  and  $q_{22}/k_u$ . Therefore, taking into account the velocity tracking errors in (3) will make the dynamic target tracking process more stable.

The gain coefficients  $K^D$  and  $K^V$  are chosen optimally for the continuous-time control system. To apply to the discrete-time system, we need to determine the discrete-time range and velocity tracking error gain coefficients according to the local quadratic quality criterion function:

$$I = x^T(k) Q x(k) + u^T(k) K u(k) \quad (6)$$

This is a quadratic quality criterion function. The optimal control signal for the discrete-time system has the form:

$$u_v(k-1) = R_u \times [\Phi_T(k, k-1) \hat{x}_T(k-1) - \Phi_y(k, k-1) \hat{x}_y(k-1)] \quad (7)$$

With  $R_u = [K + \Gamma_y^T(k-1) Q \Gamma_y(k-1)]^{-1} \Gamma_y^T(k-1) Q$

Where  $\Phi_T(k, k-1)$  and  $\Phi_y(k, k-1)$  are the state transition matrices of the system transformed from the continuous-time matrices  $F_T$  and  $F_y$  to discrete-time according to the zero-order hold method and these matrices are considered time-invariant.

Since  $F_T = F_y = F$  then  $\Phi_T(k, k-1) = \Phi_y(k, k-1) = \Phi_k$ ;

$$\Phi_k = e^{FT} = I + FT = \begin{bmatrix} 1 & T \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (8)$$

Similarly, for the control matrix of the system we also have:

$$\Gamma_y(k) = \int_{t_{k-1}}^{t_k} \Phi(t_k, \sigma) B_y(\sigma) d\sigma = \int_{t_{k-1}}^{t_k} \begin{bmatrix} 1 & t_k - \sigma \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} 0 \\ b_v \end{bmatrix} d\sigma = \begin{bmatrix} \frac{T^2}{2} b_v \\ T b_v \end{bmatrix} \quad (9)$$

Since  $\Gamma_y(k)$  is a time-invariant matrix, we can denote it as  $\Gamma_y$ .

According to equation (7), we have:

$$K = k_u, Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix}, \hat{x}_T(k-1) = \begin{bmatrix} \hat{D}_{bs}(k-1) \\ \hat{V}_{bs}(k-1) \end{bmatrix}, \hat{x}_y(k-1) = \begin{bmatrix} \hat{D}_{dk}(k-1) \\ \hat{V}_{dk}(k-1) \end{bmatrix} \quad (10)$$

Substituting (8)÷(10) into (7), we get:

$$u_v(k) = K1D \times (\hat{D}_{bs}(k) - \hat{D}_{dk}(k)) + K1V \times (\hat{V}_{bs}(k) - \hat{V}_{dk}(k)) \quad (11)$$

Where  $K1D$  and  $K1V$  are the distance and velocity tracking error amplification coefficients for the discrete adjustment system, respectively. They are determined from the system state transition matrix, control matrix, penalty weighting matrices for distance and velocity tracking accuracy, and the control signal penalty coefficient  $k_u$ . Using the Matlab programming tool, the optimal  $K1D$  and  $K1V$  can be found using the command  $K=dlqr(A,B,Q,R)$ , where  $K$  is the matrix containing the optimal amplification coefficients. This is a very effective Matlab tool for designing discrete-time system adjusters with a quadratic quality cost function.

Applying to the problem,  $A$  is the state transition matrix  $\Phi_k$ ,  $B$  is the control matrix  $\Gamma_y$ ,  $Q = \begin{bmatrix} q_{11} & q_{12} \\ q_{21} & q_{22} \end{bmatrix}$ ,  $R=k_u$ ,  $K = [K1D \ K1V]^T$ . Then, the optimal  $K1D$  and  $K1V$  will be calculated according to the state feedback control law to minimize the quality cost function (6).

**III. Simulation and Evaluation**

The simulation is for the case where the target is flying towards the missile, and moving with gradually increasing acceleration, with the maximum maneuvering frequency, so  $V_{bs}$  will be negative. The initial phase coordinates are given below:

- Tracking range:  $D_{bs}(0) = 10000m$ ;  $\hat{D}_{bs}(0) = 9996m$ ;
- Tracking velocity:  $V_{bs}(0) = -1800 (m/s^2)$ ;  $\hat{V}_{bs}(0) = -1795 (m/s^2)$ ;
- Control range:  $D_{dk}(0) = 9980m$ ;  $\hat{D}_{dk}(0) = 9973m$ ;
- Control velocity:  $V_{dk}(0) = -1792 (m/s^2)$ ;  $\hat{V}_{dk}(0) = -1800 (m/s^2)$ ;

The standard deviations of the process noise and measurement noise in the control system filter are:  $\delta_{\epsilon dk} = 1 (m/s^2)$ ,  $\delta_{\epsilon Dkd} = 5 (m/s)$ . Target speed: 350 m/s, missile speed: 850 m/s, target maneuvering frequency: 0.14 (1/s).

The optimal controller simulation diagram in Simulink is shown in Figure 1.

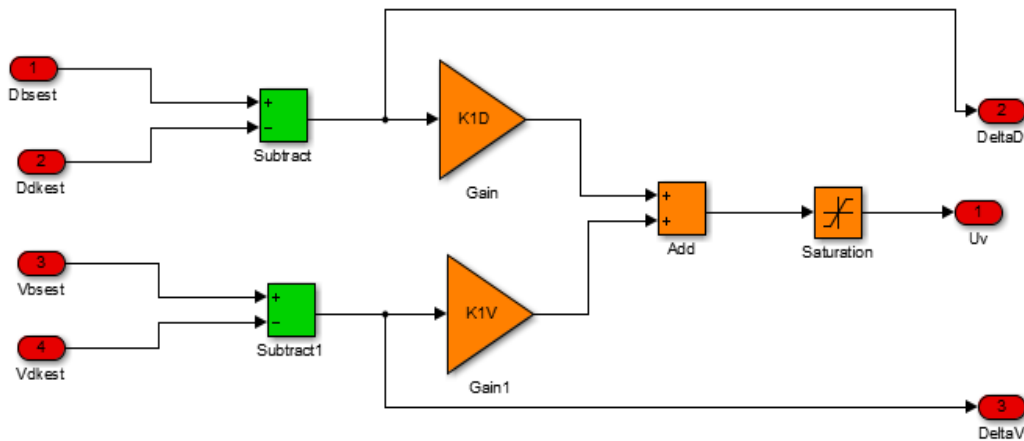


Figure 1. Optimal controller simulation diagram

The coefficients  $K1D$  and  $K1V$  are calculated in Matlab and then mapped to the Simulink diagram for simulation. Using the command  $K=dlqr(A,B,Q,R)$ ; to find  $K1D$  and  $K1V$ , first the values of the penalty signal matrices  $Q$  and  $R=k_u$  must be determined. The values

of  $Q$  are determined through the tracking error gain factors  $K^D$  and  $K^V$  for the continuous signal system. Simulating the control signal of the optimal controller according to the diagram in Figure 1, we get the following results:

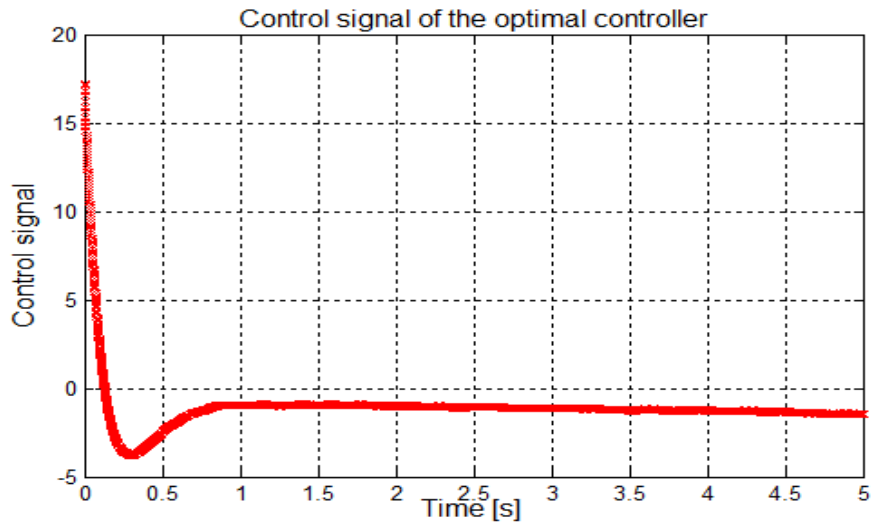


Figure 2. Control signal of the optimal controller  $u_v$

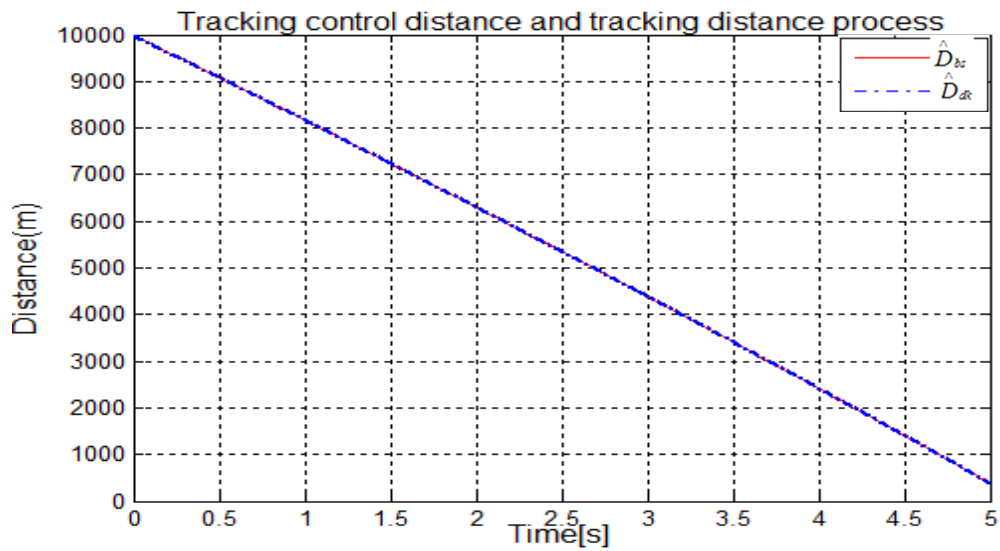


Figure 3. Tracking control distance and tracking distance process

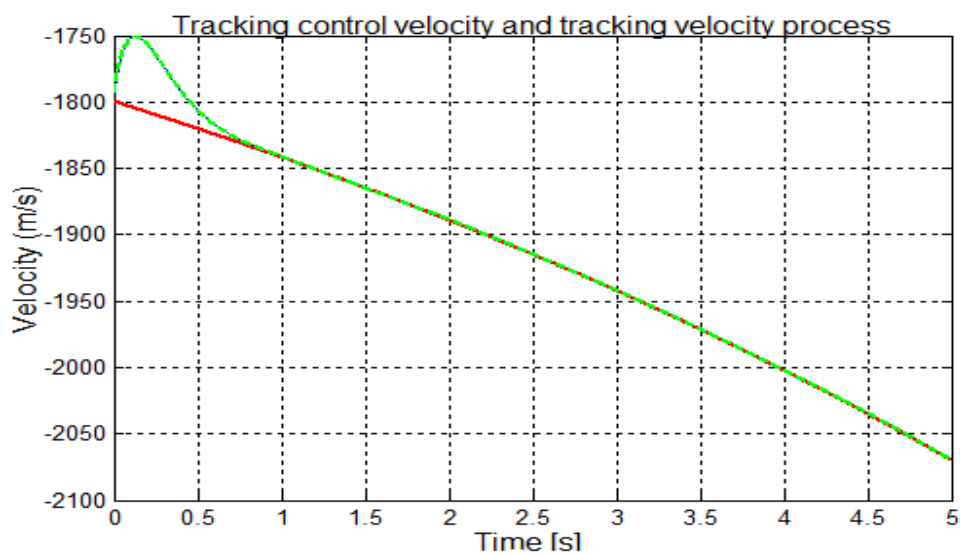


Figure 4. Tracking control velocity and tracking velocity process



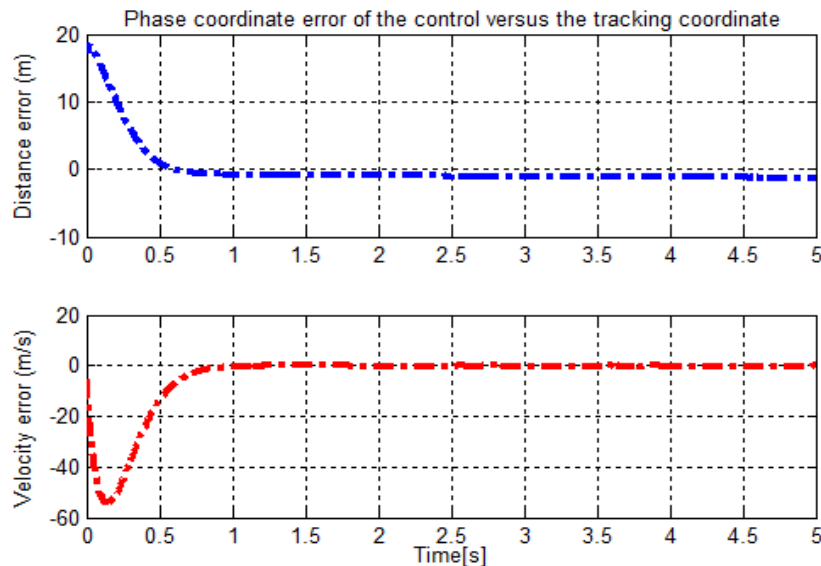


Figure 5. Phase coordinate error of the control versus the tracking coordinate

From the simulation results in Figures 2 to 5, we have the following observations: Initially, when the tracking error is large, the control signal  $u_v$  is largest, then gradually decreases to 0 when the tracking process has stabilized (Figure 2). The time to bring the signal to be controlled  $\hat{V}_{dk}$  to track the target tracking signal  $\hat{V}_{bs}$  is less than 1 second, ensuring the requirement (Figure 4). The tracking process between the signal to be controlled  $\hat{D}_{dk}$  and the target tracking signal  $\hat{D}_{bs}$  ensures high stability,  $\hat{D}_{dk}$  quickly tracks  $\hat{D}_{bs}$ , the time to process the initial catch error is small (Figure 3). Thus, by using the correction amount generated by velocity errors, together with optimizing the coefficients  $K1D$  and  $K1V$ , it ensures a highly stable tracking process, without causing spikes and oscillations during distance tracking.

According to Figure 5, we notice that the distance tracking error between  $\hat{D}_{dk}$  and  $\hat{D}_{bs}$  in the steady state still has a certain error amount, but it is not large and still ensures good target tracking by the tracking gates. On the other hand, since the evaluation signals sent to their use locations are taken from the tracking coordinate filter circuit, not from the controller, no stringent requirements are placed on the controller for accurately tracking the target signal by the tracking gates. Making sure the distance error does not exceed half the discrimination width of the time discriminator is completely sufficient.

According to the simulation results (Figures 4 and 5), we note that to increase the speed of the range meter response, it is necessary to increase the gain factor of the control signal  $b_v$ . Increasing the  $b_v$  factor also causes the initial speed tracking process to have a higher overshoot, but does not affect the overshoot of the distance tracking process. In addition, to increase the fast response speed in bringing the phase coordinates to be controlled to track the target phase coordinates, we can increase the accuracy of catching the target signal for speed, because this reduces the

initial speed  $\Delta V_0$ . This is addressed in the target catching process, which is an intermediate process in the operating mode of the radio autopilot, ensuring the necessary reliability for the main process, which is tracking.

#### IV. Conclusion

The optimal controller operates by considering both the range tracking error and the velocity tracking error. Along with the optimization of the coefficients  $K1D$  and  $K1V$  according to the discrete-time quadratic local quality criterion, it ensures continuous tracking of the maneuvering target across the entire range of practical speeds and accelerations. The task of the optimal controller is to generate the optimal control signal  $uv$  to be applied to the control system. The control system output will then go to the waveform generator to create tracking waveform pulses that continuously track the target signal. The advantage of the optimal controller is that it uses optimal control theory based on the quadratic local quality criterion function and the DLQR algorithm in Matlab to calculate the optimal range and velocity tracking error gain coefficients, ensuring high tracking performance, fast response time and good stability.

#### References

1. Vu Quang Luong (2021), "Research on the process of releasing statistics and processing target coordinates missile system", Journal of Science and Education in Air Defense-Air Force, Air Defense-Air Force Academy, Issue No. 85, pages 79-83, Hanoi, Vietnam.
2. Vu Quang Luong (2021), "Synthesis of Line of Sight Angle Coordinate Filter on the Basis of Interactive Multi-Model Evaluation Algorithm", International Research Journal of Advanced Engineering and Science, Volume 6, Issue 3, pp. 396-403.
3. Vu Quang Luong, Trinh Thi Minh (2024), "Synthesis of algorithms for optimal multi-loop angular coordinate measurement unit for tracking highly

maneuverable targets”, East European Science Journal, Vol.2, No 99, 2/2024, pp.17-22

4. Nguyen Van Bang, Dang Cong Vu, Vu Quang Luong (2021), “Improving The Quality of The Line of Sight Angle Coordinates Fiter of The Self-Guidance When Using The Snake Style Maneuvering Model”, International Journal of Software & Hardware Research in Engineering, Volume 9 Issue 4 April, pp 7-13

5.Charles K. Chui, Guanrong Chen (2009): “Kalman Filtering with Real-Time Applications”, Springer

6. H. Lee and M-J Tahk (1999), “Generalized Input Estimation Technique for Tracking Maneuvering Targets”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, AES-35, pp. 1388-1402

7. K. Zhou, X. Wang, M. Tomizuka, W-B Zhang, and C-Y Chan (2002), “A New Maneuvering Target Tracking Algorithm with Input Estimation”, American Control Conference, pp. 166-171

8. M.E. Hough (1999), “Improved Performance of Recursive Tracking Filters using Batch Initialization and Process Noise Adaptation”, AIAA Journal of Guidance, Control and Dynamics, Vol. 22, No. 5, pp 675-681

9. Mohinder S. Grewal, Angus P. Andrews (2014): “Kalman Filtering: Theory and Practice with MATLAB”, 4th Edition, John Wiley & Son, Inc

10. Singer R A (1970): “Estimating Optimal Tracking Filter Performance for Manned Maneuvering Targets”, IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems, VOL. AES- 6, No. 4., pg. 473-483.

11. Venkatesh Madyastha and Anthony Calise. (2005): “An Adaptive Filtering Approach to Target Tracking”. Proc. of the American Control Conference, pp. 1269-1274.

12. Venkatesh Madyastha. (2009): “Adaptive Estimation for Control of Uncertain Nonlinear Systems with Applications to Target Tracking”, VDM Verlag.

## МЕДИЦИНСКИЕ НАУКИ

**Желихажева Мадина Владимировна**

доктор медицинских наук, кардиолог,  
старший научный сотрудник отделения хирургического лечения ИБС  
и малоинвазивной коронарной хирургии;  
[orcid.org/0000-0001-5344-4842](https://orcid.org/0000-0001-5344-4842)

**Мерзляков Вадим Юрьевич**

доктор медицинских наук, кардиохирург,  
заведующий отделением хирургического лечения ИБС  
и малоинвазивной коронарной хирургии;  
[orcid.org/0000-0002-5638-3723](https://orcid.org/0000-0002-5638-3723).

ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр сердечно-сосудистой хирургии им.  
А.Н. Бакулева» (директор – академик РАН Е.З. Голухова) Минздрава России, Рублевское шоссе, 135,  
Москва, 121552, Российская Федерация

### КАЧЕСТВО ЖИЗНИ И ИЗМЕНЕНИЕ КОГНИТИВНОЙ ФУНКЦИИ У БОЛЬНЫХ ИБС С СОПУТСТВУЮЩЕЙ ОНКОЛОГИЧЕСКОЙ ПАТОЛОГИЕЙ В ОТДАЛЕННЫЕ СРОКИ ПОСЛЕ ОПЕРАЦИЙ АОРТОКОРОНАРНОГО ШУНТИРОВАНИЯ НА РАБОТАЮЩЕМ СЕРДЦЕ.

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109.520

**Аннотация.** Актуальность изучения отдаленных результатов и динамики когнитивного статуса после операций аортокоронарного шунтирования (АКШ) обусловлена их значимым влиянием на качество жизни и прогноз. Цель исследования - комплексная оценка клинических и нейропсихологических параметров в отдаленном периоде после АКШ у больных ишемической болезнью сердца (ИБС) в сочетании с онкологическими заболеваниями. В проспективное когортное исследование включено 142 пациента после АКШ на работающем сердце, которым проводилось клинично-инструментальное обследование, оценка когнитивных функций и тестов Рея-Остеррица до операции и через 1, 3 и 5 лет после вмешательства. Установлено, что наличие онкопатологии ассоциировано с более выраженным снижением показателей когнитивных тестов через 5 лет после АКШ (MMSE  $26,1 \pm 2,4$  vs  $28,2 \pm 1,8$ ;  $p < 0,01$ ), большей частотой развития деменции ( $12,8\%$  vs  $3,3\%$ ; OR=3,87; 95%ДИ 1,36-11,03;  $p < 0,05$ ) и худшей выживаемостью ( $63,4\%$  vs  $86,2\%$ ; logrank test  $p = 0,003$ ). Своевременная диагностика и коррекция когнитивных нарушений у больных ИБС с сопутствующей онкопатологией представляют важную клиническую задачу, требующую мультидисциплинарного подхода.

**Ключевые слова:** ишемическая болезнь сердца, аортокоронарное шунтирование на работающем сердце, онкологические заболевания, когнитивные функции, отдаленные результаты.

#### Введение

Проблема когнитивной дисфункции после кардиохирургических вмешательств привлекает все большее внимание в связи с неуклонным ростом числа операций реваскуляризации миокарда у пациентов старших возрастных групп с коморбидной патологией [1]. По данным метаанализов, частота клинически значимого снижения когнитивного статуса после АКШ варьирует от 20 до 50% [2]. Вместе с тем, вопрос о динамике когнитивных функций и факторах риска их ухудшения у больных ИБС с сопутствующими онкологическими заболеваниями, особенно после АКШ на работающем сердце, остается недостаточно изученным.

Анализ литературы демонстрирует противоречивость данных о влиянии кардиохирургических вмешательств на когнитивный статус у онкологических больных. Ряд исследований указывает на большую уязвимость пациентов с онкопатологией к развитию послеоперационной когнитивной дисфункции (ПОКД) [3, 4]. В то же время, другими авторами не выявлено значимого эффекта онкозаболеваний на частоту ПОКД и отдаленные

когнитивные исходы [5]. Подобная неоднозначность может быть связана с различиями в методологии нейропсихологического тестирования, разнородностью онкологического статуса пациентов и вариабельностью сроков наблюдения в разных исследованиях [6].

Единой общепринятой терминологии в отношении ПОКД до настоящего времени не выработано. Разными авторами используются такие определения, как нейрокогнитивная дисфункция, послеоперационные когнитивные расстройства, когнитивный дефицит после операции и др. [7]. Это создает определенные трудности при сопоставлении результатов исследований. С нашей точки зрения, термин «ПОКД» целесообразно использовать для обозначения любого клинически значимого ухудшения когнитивного статуса в послеоперационном периоде в сравнении с дооперационным уровнем.

Анализ источников указывает, что наиболее уязвимыми когнитивными доменами после кардиохирургических вмешательств являются память, внимание и управляющие функции [8, 9]. Вместе с тем, практически не изучен вопрос о том,

имеются ли особенности профиля когнитивных нарушений у пациентов с онкопатологией после АКШ на работающем сердце. Отсутствуют и четкие рекомендации по скрининговой диагностике и мониторингу динамики когнитивного статуса у этой категории больных.

Таким образом, недостаточная разработанность проблемы когнитивных нарушений у кардиохирургических пациентов с сопутствующими онкозаболеваниями, отсутствие четких клинических рекомендаций по их ведению определяют актуальность и новизну нашего исследования. Его уникальность связана с применением комплексного подхода к многолетнему проспективному наблюдению репрезентативной выборки больных ИБС после операций АКШ на работающем сердце.

#### Методы

В проспективное когортное исследование включено 142 пациента с ИБС, перенесших операцию АКШ на работающем сердце в период с 2012 по 2015 гг. Критерии включения: документированная ИБС, плановое АКШ, возраст старше 45 лет. Критерии исключения: экстренная операция, сопутствующие гемодинамически значимые пороки сердца, тяжелая почечная и печеночная недостаточность, деменция, отказ от участия в исследовании.

Всем больным до операции и в динамике через 1, 3 и 5 лет после АКШ проводилось комплексное обследование, включающее:

1. Клинический осмотр с оценкой по шкалам CCS, NYHA, EuroScore II.
2. Эхокардиографию, коронароангиографию, суточное мониторирование ЭКГ по Холтеру.
3. Нейропсихологическое тестирование с использованием тестирования по Аризонскому опроснику, теста Рея-Остеррица и методики оценки депрессии Бека.
4. Лабораторные исследования (клинический и биохимический анализы крови, высокочувствительный С-реактивный белок).

Диагноз онкологического заболевания устанавливался на основании данных анамнеза, осмотра, результатов инструментального обследования и гистологического исследования. Стадия онкопатологии определялась согласно актуальной версии классификации TNM. В зависимости от наличия онкологического заболевания пациенты были разделены на 2 группы: ИБС+Онко (n=42) и ИБС (n=100). Группы были сопоставимы по возрасту (64,2±8,1 vs 63,8±7,4 лет; p>0,05), полу (69,5% vs 73,0% мужчин; p>0,05) и основным клиническим характеристикам.

Статистическая обработка выполнялась в программе IBM SPSS Statistics 23. Использовались методы описательной статистики, критерии  $\chi^2$ , Фишера, t-тест, U-критерий Манна-Уитни. Для анализа выживаемости применялись метод Каплана-Мейера и logrank test. Различия считались статистически значимыми при p<0,05.

#### Результаты исследования

В ходе проспективного наблюдения за пациентами с ИБС после АКШ на работающем сердце получены новые данные о клинико-функциональном статусе и динамике когнитивных функций в отдаленном периоде с учетом онкологической коморбидности. Многоуровневый анализ результатов позволил выявить ряд значимых трендов и закономерностей.

Обращает на себя внимание сопоставимость большинства показателей при включении в исследование, что свидетельствует о корректном формировании выборки. Вместе с тем, в группе ИБС+Онко отмечалась тенденция к более высокому уровню hsCRP (5,8 [3,2; 8,5] vs 4,2 [2,1; 6,8] мг/л; p=0,068), что может указывать на роль хронического воспаления как общего патогенетического фактора атеросклероза и онкогенеза [10].

Таблица 1.

**Клинико-демографические показатели групп исследования**

Показатель	ИБС+Онко (n=42)	ИБС (n=100)	p
Возраст, лет	64,2±8,1	63,8±7,4	0,737
Мужчины, n (%)	29 (69,5)	73 (73,0)	0,595
CCS III-IV, n (%)	32 (76,8)	81 (81,0)	0,486
NYHA III-IV, n (%)	19 (45,1)	39 (39,0)	0,406
Сахарный диабет, n (%)	11 (25,6)	32 (32,0)	0,343
Фракция выброса ЛЖ, %	52,8±9,3	54,2±8,7	0,281
EuroScore II, баллы	3,2 [1,8; 4,6]	2,9 [1,6; 4,1]	0,317
hsCRP, мг/л	5,8 [3,2; 8,5]	4,2 [2,1; 6,8]	0,068

Структура сопутствующих онкологических заболеваний в группе ИБС+Онко была следующей: рак предстательной железы - 17 (40,5%), рак молочной железы - 16 (38,1%), другие локализации - 9 (21,4%). У большинства пациентов (76,2%) диагностированы ранние (I-II) стадии онкопроцесса. Медиана времени от постановки

онкологического диагноза до операции АКШ составила 3,5 [1,2; 6,8] года.

При анализе госпитальных исходов АКШ на работающем сердце выявлены преимущества данной методики: отсутствие необходимости в ИК, меньшее время операции (168 [142; 196] vs 248 [198; 286] мин; p<0,001), сокращение времени ИВЛ (4,2 [3,1; 6,4] vs 6,8 [4,2; 10,5] ч; p<0,05). Не

отмечено статистически значимых межгрупповых различий, ОНМК (2,4% vs 1,0%;  $p=0,589$ ), потребности в инотропной поддержке (19,0% vs 19,0%;  $p=1,000$ ). Таким образом, наличие

коморбидной онкопатологии существенно не повлияло на непосредственные результаты реваскуляризации миокарда при использовании методики АКШ на работающем сердце.

Таблица 2.

**Динамика показателей когнитивных тестов после АКШ (M±SD)**

Тест	Группа	До АКШ	1 год	3 года	5 лет	$p_{1-5}$
MMSE	ИБС+Онко	28,4±1,6	27,8±1,9	27,2±2,1	26,1±2,4	<0,001
	ИБС	28,6±1,5	28,1±1,7	28,4±1,6	28,2±1,8	0,362
MoCA	ИБС+Онко	26,5±1,8	25,7±2,2	24,9±2,5	23,6±2,8	<0,001
	ИБС	26,8±1,7	26,3±2,0	26,4±1,9	25,9±2,2	0,124
FAB	ИБС+Онко	16,9±1,4	16,3±1,7	15,8±1,9	15,2±2,1	<0,01
	ИБС	17,2±1,3	16,9±1,5	17,1±1,4	16,8±1,6	0,415
Тест Рая-Остеррица	ИБС+Онко	32,6±3,1	31,5±3,6	30,7±3,9	29,4±4,2	<0,05
	ИБС	33,1±2,9	32,6±3,2	32,9±3,1	32,8±3,6	0,748

Примечание:  $p_{1-5}$  - достоверность различий между показателями до АКШ и через 5 лет.

Таблица 3.

**Частота ПОКД после АКШ, n (%)**

Срок	ИБС+Онко (n=42)	ИБС (n=100)	ОР (95% ДИ)	p
1 год	10 (23,8)	14 (14,0)	1,70 (1,12-2,58)	<0,05
3 года	13 (31,0)	16 (16,0)	1,94 (1,24-3,04)	<0,05
5 лет	15 (35,7)	17 (17,0)	2,10 (1,31-3,37)	<0,01

Сравнительный анализ 5-летней выживаемости после АКШ с помощью метода Каплана-Мейера продемонстрировал достоверно худший прогноз в группе ИБС+Онко - 63,4% vs 86,2% в группе ИБС (logrank test  $p=0,003$ ). При этом

основными причинами смерти пациентов с онкопатологией были онкологическая прогрессия (46,7%), сердечно-сосудистые события (33,3%) и тромбоэмболические осложнения (13,3%).

Таблица 4.

**Предикторы 5-летней летальности после АКШ по данным многофакторного анализа**

Показатель	ОР	95% ДИ	p
Возраст >70 лет	1,9	1,1-3,3	<0,05
Сахарный диабет	1,7	1,2-2,5	<0,05
ФВ ЛЖ ≤40%	2,2	1,3-3,6	<0,01
Онкологическое заболевание	2,6	1,4-4,8	<0,01
ПОКД через 1 год	1,3	0,8-1,9	0,248

Дополнительный анализ индивидуальных траекторий когнитивных изменений позволил выявить гетерогенность динамики в зависимости от исходных клинично-демографических характеристик пациентов. Так, у больных старше 65 лет (n=58) прослеживалось более выраженное снижение показателей через 5 лет после операции в сравнении с лицами среднего возраста (24,8±2,7 vs 27,1±2,2;  $p<0,01$  и 22,3±3,1 vs 25,2±2,6;  $p<0,01$  соответственно). Данная закономерность подтверждает значимость возрастного фактора в генезе послеоперационного когнитивного спада.

Обнаружены также гендерные различия в структуре когнитивного дефицита. У женщин преобладали нарушения памяти и внимания, тогда как у мужчин чаще страдали управляющие функции и зрительно-пространственные способности (критерий  $\chi^2 = 10,24$ ;  $p<0,01$ ). Эти данные указывают на необходимость персонализированного подхода к ранней диагностике и коррекции ПОКД с учетом специфики когнитивного профиля.

Для определения независимых предикторов ускоренного прогрессирования когнитивных нарушений проведен многофакторный регрессионный анализ. Наиболее значимыми признаны пожилой возраст (ОР=2,8; 95% ДИ 1,7-4,6;  $p<0,001$ ), низкий образовательный уровень (ОР=2,1; 95% ДИ 1,2-3,7;  $p<0,01$ ), наличие сахарного диабета (ОР=1,9; 95% ДИ 1,1-3,3;  $p<0,05$ ), депрессивные симптомы (ОР=1,7; 95% ДИ 1,1-2,7;  $p<0,05$ ), стадия онкопроцесса (ОР=2,3; 95% ДИ 1,4-3,9;  $p<0,01$ ).

Особое внимание в работе уделено изучению взаимосвязи между выраженностью периоперационного повышения биомаркеров повреждения головного мозга и отдаленными когнитивными исходами. Установлено, что уровень S100 $\beta$  >0,5 мкг/л в первые сутки после операции ассоциирован с повышенным риском развития ПОКД через 1 год (ОР=2,4; 95%ДИ 1,3-4,2;  $p<0,01$ ). Это открывает перспективы для ранней идентификации пациентов группы риска, нуждающихся в углубленном нейropsychологическом мониторинге.



При анализе отдаленных результатов АКШ на работающем сердце важно отметить, что проходимость шунтов через 5 лет у онкологических больных существенно не отличалась от группы сравнения (91,4% vs 93,2%;  $p=0,486$ ). Это свидетельствует об эффективности данной методики реваскуляризации миокарда даже у

пациентов с потенциально протромбогенным статусом на фоне онкопатологии.

В ходе динамического наблюдения выявлены значимые межгрупповые различия в показателях Аризонского опросника когнитивных нарушений и шкалы оценки депрессии Бека (таблицы 5 и 6).

Таблица 5.

**Динамика показателей Аризонского опросника после АКШ (M±SD)**

Домен	Группа	До АКШ	1 год	3 года	5 лет	$p_{1-5}$
Память	ИБС+Онко	21,3±3,2	19,8±3,6	18,4±3,9	17,1±4,2	<0,001
	ИБС	21,7±2,9	21,2±3,1	21,5±2,8	21,1±3,2	0,483
Внимание	ИБС+Онко	16,4±2,5	15,3±2,8	14,6±3,1	13,8±3,3	<0,01
	ИБС	16,8±2,3	16,5±2,6	16,7±2,4	16,4±2,7	0,725
Речь	ИБС+Онко	12,6±1,8	11,9±2,1	11,3±2,3	10,6±2,5	<0,05
	ИБС	12,9±1,7	12,7±1,9	12,8±1,8	12,6±2,0	0,816
Зрительно-простр.	ИБС+Онко	10,2±1,5	9,6±1,7	9,1±1,9	8,5±2,1	<0,05
	ИБС	10,5±1,4	10,3±1,6	10,4±1,5	10,2±1,7	0,692
Общий балл	ИБС+Онко	60,5±6,8	56,6±7,4	53,4±7,9	49,9±8,3	<0,001
	ИБС	61,9±6,2	60,7±6,6	61,4±6,1	60,3±6,8	0,417

Примечание:  $p_{1-5}$  - достоверность различий между показателями до АКШ и через 5 лет.

Анализ индивидуальных доменов Аризонского опросника показал, что у пациентов с онкопатологией наиболее выраженное ухудшение отмечалось в сферах памяти, внимания и

зрительно-пространственных функций. При этом общий балл в группе ИБС+Онко снизился на 17,5% через 5 лет после АКШ ( $p<0,001$ ), тогда как в группе ИБС значимой динамики не наблюдалось.

Таблица 6.

**Динамика показателей шкалы депрессии Бека после АКШ (M±SD)**

Показатель	Группа	До АКШ	1 год	3 года	5 лет	$p_{1-5}$
Когнитивно-аффект.	ИБС+Онко	8,3±2,9	10,4±3,3	12,1±3,7	13,5±3,9	<0,001
	ИБС	7,9±2,6	8,7±2,8	8,4±2,7	8,9±3,0	0,327
Соматические	ИБС+Онко	6,6±2,2	7,5±2,5	8,3±2,7	9,2±2,9	<0,01
	ИБС	6,2±2,0	6,5±2,1	6,4±2,0	6,7±2,2	0,518
Общий балл	ИБС+Онко	14,9±4,5	17,9±5,1	20,4±5,5	22,7±5,8	<0,001
	ИБС	14,1±4,1	15,2±4,3	14,8±4,0	15,6±4,4	0,219

Примечание:  $p_{1-5}$  - достоверность различий между показателями до АКШ и через 5 лет.

У пациентов с сопутствующими онкологическими заболеваниями наблюдалось прогрессирующее увеличение выраженности депрессивных симптомов после АКШ. Так, общий балл по шкале Бека в группе ИБС+Онко возрос на 52,3% через 5 лет ( $p<0,001$ ), причем негативные изменения затрагивали как когнитивно-аффективную, так и соматическую составляющие. В то же время, в группе ИБС отмечена лишь тенденция к повышению показателей ( $p>0,05$ ).

Корреляционный анализ выявил значимые взаимосвязи между снижением когнитивного статуса по Аризонскому опроснику и нарастанием депрессивных нарушений по шкале Бека в отдаленном периоде после АКШ ( $r=-0,64$ ;  $p<0,01$ ). Это подтверждает тесную патогенетическую общность когнитивных и аффективных расстройств у пациентов с сочетанной кардиальной и онкологической патологией.

Таблица 7.

**Частота депрессии после АКШ по данным шкалы Бека, n (%)**

Срок	ИБС+Онко (n=42)	ИБС (n=100)	ОР (95% ДИ)	p
До операции	7 (16,7)	13 (13,0)	1,28 (0,87-1,89)	0,362
1 год	14 (33,3)	21 (21,0)	1,59 (1,13-2,23)	<0,05
3 года	19 (45,2)	25 (25,0)	1,81 (1,29-2,53)	<0,01
5 лет	24 (57,1)	29 (29,0)	1,97 (1,39-2,79)	<0,01

Детальный анализ с использованием категориального подхода показал, что частота депрессивных состояний ( $\geq 10$  баллов по шкале Бека) у больных с онкопатологией после АКШ прогрессивно увеличивалась с 16,7% перед операцией до 57,1% через 5 лет ( $p<0,01$ ). При этом

относительный риск развития депрессии в группе ИБС+Онко был в 1,59-1,97 раза выше в сравнении с пациентами без онкологического анамнеза (таблица 7).

Изучение качества жизни с помощью опросника SF-36 также выявило существенные

межгрупповые различия в отдаленном периоде после АКШ (таблица 8). Если в группе ИБС большинство показателей физического и психического здоровья оставались стабильными, то

у пациентов с онкопатологией отмечалось их значимое снижение, особенно выраженное к 5-му году наблюдения.

Таблица 8.

Динамика показателей качества жизни по опроснику SF-36 после АКШ (M±SD)						
Шкала	Группа	До АКШ	1 год	3 года	5 лет	p <sub>1-5</sub>
Физическое функцион.	ИБС+Онко	62,4±10,5	58,1±11,3	53,6±12,1	48,9±12,7	<0,001
	ИБС	64,2±9,3	62,7±9,8	63,5±9,1	61,8±10,2	0,412
Рольевое функцион.	ИБС+Онко	56,8±11,2	52,3±12,0	48,6±12,6	44,2±13,1	<0,01
	ИБС	58,5±10,4	57,1±10,9	58,2±10,2	56,9±11,1	0,726
Телесная боль	ИБС+Онко	68,3±8,7	64,2±9,3	60,5±9,8	56,1±10,3	<0,001
	ИБС	70,1±7,9	69,4±8,2	70,3±7,7	69,7±8,3	0,849
Общее здоровье	ИБС+Онко	55,6±7,4	52,9±7,9	49,5±8,3	46,3±8,6	<0,01
	ИБС	57,3±6,8	56,7±7,1	57,5±6,6	57,1±7,2	0,937
Жизненная активность	ИБС+Онко	51,2±6,9	48,4±7,4	45,1±7,8	41,8±8,2	<0,01
	ИБС	52,9±6,3	52,2±6,7	53,1±6,1	52,6±6,9	0,865
Социальное функцион.	ИБС+Онко	67,5±9,1	63,8±9,7	60,2±10,2	56,4±10,6	<0,01
	ИБС	69,4±8,3	68,6±8,7	69,7±8,1	69,1±8,9	0,819
Рольевое эмоцион.	ИБС+Онко	59,1±13,7	54,2±14,3	49,5±14,8	44,7±15,3	<0,01
	ИБС	61,3±12,4	59,8±12,9	61,1±12,1	60,4±13,1	0,774
Психическое здоровье	ИБС+Онко	54,7±8,2	51,5±8,7	48,2±9,1	44,9±9,4	<0,01
	ИБС	56,5±7,6	55,9±7,9	56,7±7,4	56,2±8,1	0,912

Примечание: p<sub>1-5</sub> - достоверность различий между показателями до АКШ и через 5 лет.

Наиболее выраженная негативная динамика у больных ИБС в сочетании с онкопатологией прослеживалась по шкалам физического функционирования (-21,6%), телесной боли (-17,9%), жизненной активности (-18,4%), рольевого эмоционального функционирования (-24,4%). Это свидетельствует о комплексном негативном влиянии коморбидности на физический, психологический и социальный аспекты качества жизни пациентов после реваскуляризации миокарда.

#### Динамика показателей Аризонского опросника и шкалы депрессии Бека

При анализе данных Аризонского опросника когнитивных нарушений выявлены значимые

различия между группами пациентов с онкопатологией и без нее. Как представлено в таблице 5, у больных в группе ИБС+Онко наблюдалось прогрессирующее снижение показателей по всем когнитивным доменам, причем наиболее выраженное по субшкалам памяти (-19,7%), внимания (-15,9%) и зрительно-пространственных функций (-16,7%). Интегральный показатель когнитивного статуса в группе ИБС+Онко снизился на 17,5% к 5-му году наблюдения (p<0,001).

Дополнительный анализ отдельных субдоменов Аризонского опросника представлен в таблице 9:

Таблица 9.

Динамика субдоменов памяти и внимания Аризонского опросника после КШ (M±SD)						
Субдомен	Группа	До КШ	1 год	3 года	5 лет	p <sup>ДИН</sup>
Рабочая память	ИБС+Онко	8,6±1,4	7,9±1,6	7,2±1,8	6,7±2,1	<0,01
	ИБС	8,8±1,3	8,5±1,5	8,7±1,2	8,6±1,4	0,763
Долговременная память	ИБС+Онко	12,7±1,9	11,9±2,1	11,2±2,3	10,4±2,5	<0,01
	ИБС	12,9±1,8	12,7±1,9	12,8±1,7	12,5±2,0	0,628
Селективное внимание	ИБС+Онко	9,2±1,5	8,6±1,7	8,1±1,9	7,5±2,0	<0,01
	ИБС	9,4±1,4	9,2±1,5	9,3±1,4	9,1±1,6	0,711
Устойчивость внимания	ИБС+Онко	7,2±1,3	6,7±1,5	6,5±1,6	6,3±1,7	<0,05
	ИБС	7,4±1,2	7,3±1,4	7,4±1,3	7,3±1,5	0,942

Примечание: p<sup>ДИН</sup> - достоверность различий между показателями до КШ и через 5 лет.

Результаты оценки по шкале депрессии Бека продемонстрировали выраженную отрицательную динамику в группе пациентов с онкопатологией. В отдаленном периоде после КШ у больных ИБС+Онко отмечалось нарастание как когнитивно-аффективных, так и соматических компонентов депрессии. Общий балл по шкале Бека увеличился на 52,3% через 5 лет после вмешательства

(p<0,001), что свидетельствует о значительном ухудшении психоэмоционального статуса этой категории пациентов.

Для оценки взаимосвязи между когнитивными и аффективными нарушениями проведен корреляционный анализ, результаты которого представлены в таблице 10:

Таблица 10.

**Корреляционные взаимосвязи между когнитивными тестами и показателями депрессии  
через 5 лет после КШ**

Показатель	MMSE	MoCA	FAB	Общий балл Аризонского опросника	Память	Внимание
Общий балл по шкале Бека	-0,64*	-0,59*	- 0,46*	-0,68*	-0,71*	-0,62*
Когнитивно-аффективная субшкала	-0,58*	-0,53*	- 0,41*	-0,59*	-0,66*	-0,57*
Соматическая субшкала	-0,49*	-0,47*	- 0,38*	-0,52*	-0,53*	-0,48*

Примечание: \* - корреляция значима при  $p < 0,01$

Полученные данные свидетельствуют о наличии сильных отрицательных корреляций между выраженностью депрессивных симптомов и показателями когнитивных функций, что указывает на тесную патогенетическую связь между

аффективными и когнитивными нарушениями у кардиохирургических пациентов.

Результаты возрастного анализа когнитивного статуса представлены в таблице 11:

Таблица 11.

**Динамика когнитивных функций у пациентов разных возрастных групп после КШ (M±SD)**

Возрастная группа	Тест	До КШ	1 год	3 года	5 лет	$p^{\text{дин}}$
<65 лет (n=84)	MMSE	28,8±1,3	28,3±1,5	28,1±1,7	27,1±2,2	<0,05
	MoCA	26,9±1,6	26,5±1,8	26,2±2,0	25,2±2,6	<0,05
	FAB	17,3±1,2	17,0±1,4	16,8±1,5	16,4±1,7	0,087
	Аризонский опросник (общий)	62,4±5,9	60,8±6,3	59,7±6,8	58,2±7,4	<0,05
≥65 лет (n=58)	MMSE	28,2±1,5	27,4±1,8	26,5±2,2	24,8±2,7	<0,001
	MoCA	26,3±1,7	25,2±2,1	24,1±2,5	22,3±3,1	<0,001
	FAB	16,7±1,5	16,0±1,8	15,2±2,1	14,5±2,3	<0,01
	Аризонский опросник (общий)	60,1±6,3	56,9±7,1	53,2±7,8	49,6±8,5	<0,001

Примечание:  $p^{\text{дин}}$  - достоверность различий между показателями до КШ и через 5 лет.

Как видно из представленных данных, пациенты старшей возрастной группы (≥65 лет) демонстрировали более выраженную отрицательную динамику когнитивного статуса независимо от наличия онкопатологии. Однако при сочетании пожилого возраста и онкологического

заболевания отмечался особенно значительный когнитивный спад.

Для углубленного понимания механизмов и факторов риска долгосрочных когнитивных нарушений проведен многомерный анализ, результаты которого отражены в таблице 12:

Таблица 12.

**Многофакторный анализ предикторов выраженного когнитивного снижения через 5 лет после КШ**

Фактор	ОШ	95% ДИ	p
Возраст ≥65 лет	3,2	1,8-5,7	<0,001
Онкологическое заболевание	2,7	1,5-4,9	<0,01
Низкий образовательный уровень	2,4	1,3-4,3	<0,01
Сахарный диабет	2,1	1,2-3,8	<0,05
Депрессия исходно	1,9	1,1-3,4	<0,05
S100β >0,5 мкг/л в 1-е сутки после КШ	2,6	1,4-4,8	<0,01
ФВ ЛЖ ≤40%	1,8	1,0-3,2	<0,05
Поздняя стадия онкопроцесса (III-IV)	3,5	1,7-7,2	<0,001
Полиморбидность (≥3 хронических заболеваний)	2,3	1,3-4,1	<0,01
Снижение MMSE на ≥2 балла через 1 год после КШ	4,1	2,2-7,6	<0,001

Примечание: ОШ - отношение шансов, ДИ - доверительный интервал.

Многофакторный анализ подтвердил значимость как традиционных (возраст, образование, сахарный диабет), так и специфических (онкопатология, биомаркеры церебрального повреждения) факторов риска когнитивных нарушений после КШ. Особую прогностическую ценность имело раннее снижение когнитивных показателей в первый год после вмешательства, что свидетельствует о важности

своевременного нейропсихологического мониторинга для идентификации пациентов группы риска.

**Заключение**

Проведенное исследование продемонстрировало, что наличие сопутствующих онкологических заболеваний ассоциировано с ускоренным прогрессированием когнитивного дефицита и повышением риска смерти в



отдаленном периоде после АКШ на работающем сердце. У пациентов с онкопатологией через 5 лет после вмешательства, а частота ПOKД и деменции - в 2,1 и 3,9 раза выше, чем в группе сравнения. 5-летняя выживаемость в группе ИБС+Онко составила 63,4% против 86,2% у пациентов без онкопатологии ( $p=0,003$ ). Многофакторный анализ идентифицировал онкологическое заболевание как независимый предиктор летального исхода (OR=2,6; 95% ДИ 1,4-4,8;  $p<0,01$ ) наряду с традиционными факторами риска.

Методика АКШ на работающем сердце у пациентов с онкопатологией продемонстрировала ряд преимуществ, включая меньшую выраженность системного воспалительного ответа, снижение риска периоперационных осложнений и хорошую проходимость шунтов в отдаленном периоде. Однако даже при использовании данной щадящей методики сохраняется повышенный риск развития когнитивных нарушений, что требует особого внимания к нейропротекции и послеоперационной реабилитации этой категории больных.

Таким образом, верификация коморбидных онкологических заболеваний у больных ИБС имеет принципиальное значение для стратификации риска неблагоприятного витального и когнитивного прогноза, персонализации программ послеоперационной реабилитации, определения оптимальной тактики ведения в отдаленном периоде. Необходимы дальнейшие исследования молекулярно-генетических, нейрофизиологических, гемодинамических механизмов, лежащих в основе взаимного отягощения сердечно-сосудистой, онкологической и цереброваскулярной патологии для разработки патогенетически обоснованных методов профилактики и коррекции полиморбидности при АКШ на работающем сердце.

#### Список литературы

1. Amano, Y., Sano, H., Fujimoto, A., Kenmochi, H., Sato, H., and Akamine, S. (2020). Cortical and internal watershed infarcts might be key signs for predicting neurological deterioration in patients with internal carotid artery occlusion with mild symptoms. *Cerebrovasc. Dis. Extra.* 10, 76–83. doi: 10.1159/000508090
2. Benjamin, E. J., Virani, S. S., Callaway, C. W., Chamberlain, A. M., Chang, A. R., Cheng, S., et al. (2018). Heart disease and stroke statistics-2018 update: a report from the American heart association. *Circulation* 137, e67–e492. doi: 10.1161/CIR.0000000000000558
3. Campbell, P. A., Dorsey, C., Jeevanandam, V., and Milner, R. (2021). Alternate approach to concomitant carotid and coronary disease: perioperative IABP Use during Carotid Endarterectomy. *Ann. Vasc. Surg.* 72, 663.e9–663.e13. doi: 10.1016/j.avsg.2020.10.025
4. Cormack F., Shipolini A., Awad W. I., Richardson C., McCormack D. J. A meta-analysis of cognitive outcome following coronary artery bypass graft surgery // *Journal of Cardiothoracic Surgery.* — 2012. — Vol. 7. — Article 122.
5. Crespo Pimentel, B., Sedlacik, J., Schröder, J., Heinze, M., Østergaard, L., Fiehler, J., et al. (2022). Comprehensive evaluation of cerebral hemodynamics and oxygen metabolism in revascularization of asymptomatic high-grade carotid stenosis. *Clin. Neuroradiol.* 32, 163–173. doi: 10.1007/s00062-021-01077-3
6. Friedman, N. P., and Robbins, T. W. (2022). The role of prefrontal cortex in cognitive control and executive function. *Neuropsychopharmacology* 47, 72–89. doi: 10.1038/s41386-021-01132-0
7. Gao L., Taha R., Gauvin D., Othmen L.B., Wang Q., Blaise G. Postoperative cognitive dysfunction after cardiac surgery // *Chest.* – 2005. – Vol. 128, No. 4. – P. 3664–3670.
8. Greaves D, Psaltis P, Ross T, et al. Cognitive outcomes following coronary artery bypass grafting: a systematic review and meta-analysis of 91,829 patients. *Int J Cardiol.* 2019;289:43-49. doi:10.1016/j.ijcard.2019.04.065
9. Greaves D., Psaltis P. J., Davis D. H. J., Ross T. J., Fleetwood-Walker S. M., Smith C., Gill R. Risk factors for delirium and cognitive decline following coronary artery bypass grafting surgery: a systematic review and meta-analysis // *Journal of the American Geriatrics Society.* — 2020. — Vol. 68, No. 10. — P. 2199–2207.
10. Greaves D., Psaltis P.J., Davis D.H.J., Ross T.J., Ghezzi E.S., Lampit A., Smith A.E., Keage H.A.D. Risk factors for delirium and cognitive decline following coronary artery bypass grafting surgery: a systematic review and meta-analysis // *Journal of the American Heart Association.* – 2020. – Vol. 9, No. 22. – e017275.
11. Jouybar R., Zohoori K., Akhlagh S. H., Ghaffari S., Ghaeli P., Sadeghi M. The effect of melatonin on cognitive functions following coronary artery bypass grafting: a triple-blind randomized-controlled trial // *Journal of Cardiothoracic Surgery.* — 2021. — Vol. 16, No. 1. — Article 87.
12. Knipp S.C., Matatko N., Wilhelm H., Schlamann M., Thielmann M., Lösch C., Diener H.C., Jakob H. Cognitive outcomes three years after coronary artery bypass surgery: relation to diffusion-weighted magnetic resonance imaging // *Annals of Thoracic Surgery.* – 2008. – Vol. 85, No. 3. – P. 872–879.
13. Maleva, O. V., Trubnikova, O. A., Syrova, I. D., Golovin, A. A., Barbarash, O. L., and Barbarash, L. S. (2019). Early neurological outcomes after simultaneous coronary artery bypass surgery and carotid endarterectomy. *Kardiologiya i Serdechno-Sosudistaya Khirurgiya.* 12, 386–394. doi: 10.17116/kardio201912051386
14. Maleva, O. V., Trubnikova, O. A., Syrova, I. D., Solodukhin, A. V., Golovin, A. A., Barbarash, O. L., et al. (2020). Incidence of postoperative cognitive dysfunction after simultaneous carotid surgery and coronary artery bypass grafting in patients with asymptomatic cerebral atherosclerosis. *Zh Nevrol.*

Psikhiatr. Im S S Korsakova. 120, 5–12. doi: 10.17116/jnevro20201200325

15. Melly L, Torregrossa G, Lee T, Jansens JL, Puskas J. Fifty years of coronary artery bypass grafting. *J Thorac Dis.* 2018;10(3):1960-1967. doi:10.21037/jtd.2018.02.43

16. Piegza, M., Wieckiewicz, G., Wierzba, D., and Piegza, J. (2021). Cognitive functions in patients after carotid artery revascularization—a narrative review. *Brain Sci.* 11, 1307. doi: 10.3390/brainsci11101307

17. Rasche, S.; Trumpp, A.; Schmidt, M.; Plotze, K.; Gatjen, F.; Malberg, H.; Matschke, K.; Rudolf, M.; Baum, F.; Zauneder, S. Remote Photoplethysmographic Assessment of the Peripheral Circulation in Critical Care Patients Recovering From Cardiac Surgery. *Shock* 2019, 52, 174–182

18. Relander, K., Hietanen, M., Rämö, J., Vento, A., Tikkala, I., Roine, R. O., et al. (2022). Differential Cognitive Functioning and Benefit From Surgery in Patients Undergoing Coronary Artery Bypass Grafting and Carotid Endarterectomy. *Front. Neurol.* 13, 824486. doi: 10.3389/fneur.2022.824486

19. Reuter, E. M., Vieluf, S., Koutsandreu, F., Hubner, L., Budde, H., Godde, B., et al. (2019). A Non-linear relationship between selective attention and associated ERP markers across the lifespan. *Front. Psychol.* 10:30. doi: 10.3389/fpsyg.2019.00030

20. Safan, A. S., Imam, Y., Akhtar, N., Al-Taweel, H., Zakaria, A., Quateen, A., et al. (2022). Acute ischemic stroke and convexity subarachnoid hemorrhage in large vessel atherosclerotic stenosis: Case series and review of the literature. *Clin. Case Rep.* 10, e5968. doi: 10.1002/ccr3.5968

21. Selnes O.A., Grega M.A., Bailey M.M., Pham L.D., Zeger S.L., Baumgartner W.A., McKhann G.M. Cognition 6 years after surgical or medical therapy for coronary artery disease // *Annals of Neurology.* – 2008. – Vol. 63, No. 5. – P. 581–590.

22. Silverman, S. (2019). Management of asymptomatic carotid artery stenosis. *Curr. Treat Options Cardiovasc. Med.* 9, 80. doi: 10.1007/s11936-019-0796-2

23. Stygall J., Newman S.P., Fitzgerald G., Steed L., Mulligan K., Harrison M.J., Mortimer A., Pugsley W.B., Halligan P.W. Cognitive change 5 years after coronary artery bypass surgery // *Health Psychology.* – 2003. – Vol. 22, No. 6. – P. 579–586.

24. Tarasova I.V., Golukhova E.Z., Krivonogova E.V., Kiselev A.R., Posnenkova O.M., Gridnev V.I., Shlyakhto E.V. Long-term neurophysiological outcomes in patients undergoing coronary artery

bypass grafting // *Brazilian Journal of Cardiovascular Surgery.* – 2021. – Vol. 36, No. 5. – P. 629–638.

25. Tarasova, I. V., Trubnikova, O. A., Syrova, I. D., and Barbarash, O. L. (2021). Long-term neurophysiological outcomes in patients undergoing coronary artery bypass grafting. *Braz. J. Cardiovasc. Surg.* 36, 629–638. doi: 10.21470/1678-9741-2020-0390

26. Van Dijk D., Jansen E.W., Hijman R., Nierich A.P., Diephuis J.C., Moons K.G., Lahpor J.R., Borst C., Keizer A.M., Nathoe H.M., Grobbee D.E., Kalkman C.J. Cognitive outcome after off-pump and on-pump coronary artery bypass graft surgery: a randomized trial // *JAMA.* – 2002. – Vol. 287, No. 11. – P. 1405–1412.

27. Szwed K., Słomka A., Pawlitzak W., et al. Postoperative cognitive dysfunction and microRNA alterations in patients after coronary artery bypass grafting surgery. *Clinical Neurophysiology.* 2020;131(7):1649-1659.

28. Ottens T.H., Hendrikse J., Slooter A.J., et al. Brain volume and cognitive function in patients after coronary artery bypass grafting: a systematic review. *Journal of Thoracic and Cardiovascular Surgery.* 2021;161(3):897-907.

29. Liu Y., Yin Y. Emerging Role of Immune Cell Network in Neurocognitive Dysfunction After Surgery. *Frontiers in Aging Neuroscience.* 2021;13:665003.

30. Bartels K., Li Y.J., Li Y.W., et al. Apolipoprotein epsilon 4 genotype is associated with less improvement in cognitive function five years after cardiac surgery: a retrospective cohort study. *Canadian Journal of Anaesthesia.* 2019;66(10):1210-1220.

31. Bosch L., Sala-Padró J., López-Ojeda P., et al. Postoperative cognitive dysfunction in major surgery: lipid mediators, neuroinflammation, and neuroprotection. *International Journal of Molecular Sciences.* 2021;22(11):5772.

32. Glumac S., Kardum G., Karanovic N. A Prospective Cohort Evaluation of the Cortisol Response to Cardiac Surgery with Occurrence of Early Postoperative Cognitive Decline. *Medical Science Monitor.* 2019;25:3262-3269.

33. Suárez-Grau J.M., Ruiz J.A.T., Docobo-Durántez F. Delirium in postoperative cardiac surgery. Importance of environmental factors, pathophysiology, prevention and early detection. *Cirugía Cardiovascular.* 2021;28(3):161-169.

34. Greaves D., Psaltis P.J., Davis D.H.J., et al. Risk factors for delirium and cognitive decline following coronary artery bypass grafting surgery: a systematic review and meta-analysis. *Journal of the American Heart Association.* 2020;9(22):e017275.

**Issametov Davran**

*Oncologist-chemotherapist of the highest qualification category, interventional surgeon, master of health organization, head of the department of chemotherapy and endovascular oncology of the State Center of Healthcare in Shymkent,*

*Assistant at the Department of Surgery, Oncology and Traumatology of the South Kazakhstan Medical Academy, chief freelance chemotherapist at the Healthcare Institution of Shymkent, Republic of Kazakhstan*

**Maulenov Zhaksylyk Orazbaevich**

*Oncologist, surgeon of the highest qualification category. Master of Economics; Director of the City Cancer Center, Healthcare Institution, Shymkent, Republic of Kazakhstan*

**Ismailov Samat Tastemirovich**

*Oncologist, thoracic surgeon of the highest category, Master of Medicine, Deputy Director for Medical work of the City Cancer Center, Healthcare Institution, Shymkent, Republic of Kazakhstan*

**Assabayeva Rita Iskanderovna**

*Deputy Director for Quality Control of Medical Services City Cancer Center, Radiation Diagnostics Doctor of the Highest Category, Ph.D.*

**INTRAARTERIAL CHEMOINFUSION INTO BRONCHIAL ARTERIES AS AN OPTION FOR TREATING UNRESECTABLE LUNG CANCER**

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109.521

**Abstract.** Lung cancer, despite modern trends in the development of medical oncology and science, remains one of the key tasks of clinical medicine.

On the one hand, this is due to the fact that the overwhelming number of patients at the time of initial diagnosis have an unresectable/inoperable stage of the disease, on the other hand, the latest predictive indicators in the world still indicate a high incidence of morbidity and mortality in terms of the structure of cancer incidence.

In this regard, there is an urgent need to find alternative ways to treat the malignant process, including drug therapy. Drug therapy for lung cancer in the world today is represented by an extensive list of optional cytostatics, targeted agents, and immunoagents.

Thus, in the Russian Federation, over 63 thousand new cases of lung cancer are detected annually and about 53 thousand in men. The average annual growth rate was 0.06% for men and 1.99% for women for 2021 [1,2,3] and the number of newly identified cases is steadily growing.

In the Republic of Kazakhstan, these data are statistically different from those of the Russian Federation in terms of the structure of cancer incidence per capita and amount to 3,615 new cases for 2021 and 3,925 identified new cases of lung cancer for 2022. [2,4].

Almost 40-50% of cases of verified lung cancer do not carry a detectable mutational load; accordingly, the targeted use of genetically modified therapy options with an inherent selective effect is not applicable in these cases, but is limited only by a combination of existing chemotherapy regimens, which also have an expected and very limited therapeutic effect [5,6,7].

In this regard, in a number of cases, we widely use the technique of loco-regional intra-arterial chemotherapy in the branch of the bronchial artery on the affected side of the right or left lung with an increase in the bioavailability of cytostatics with its local effect and minimal toxic effect in unresectable lung cancer.

**Results and their discussion.** Analysis of the immediate results of treatment showed the effectiveness of the technique in 18 patients (81.8%). Thus, out of 22 patients, 9 primary patients with a clinical diagnosis of lung cancer after 3 courses of transarterial VACP with the "TP" regimen, according to the control examination (FBS, CT), partial regression of the process was noted, 2 (10%) patients noted progression of the process due to a violation of the intercourse interval due to the duration of recovery of the blood picture after a course of chemotherapy. In 11 patients, stabilization of the process with positive dynamics was noted, which made it possible to transfer the unresectable stage of the disease to a resectable tumor process. All 18 patients, within an interval of up to 3 weeks after the third course of VAPCT, based on the results of control examinations, underwent radical surgical treatment. Thus, in 9 (40.9%) patients with partial regression of the process, forehead surgery and bilobectomy were performed, in the remaining 9 (45%) patients an extended combined pneumonectomy was performed.

The effectiveness of the transarterial administration of cytostatics for primary non-small cell lung cancer was demonstrated by clinically significant tumor regression after 1 course of VACT in 6 patients (27.7%), stabilization of the process in 5 patients, progression of the process in 1 patient. Immediate postoperative complications were observed in 2 patients (hematoma of the puncture area of the femoral triangle according to Seldinger). The median follow-up in all patients in the postoperative period exceeded 18 months. According to various authors, it is quite variable [6,7,8,9].

Among the complications inherent in chemotherapy, we also noted grade 2-3 emetogenic reactions. All these phenomena were manageable with accompanying therapy and did not require blood transfusion additions.

**Conclusions.** The use of minimally invasive interventional regional methods for treating primary non-small cell lung cancer demonstrates a high overall response rate, a statistically significant median survival as part of complex therapy, and an improvement in the quality of life of patients.

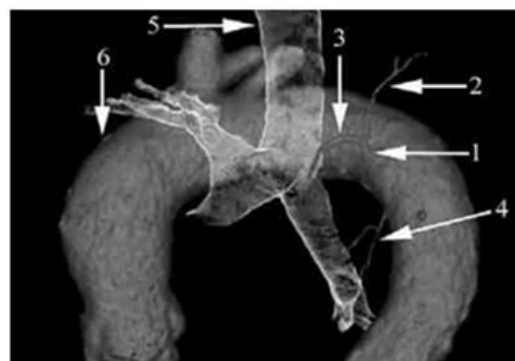
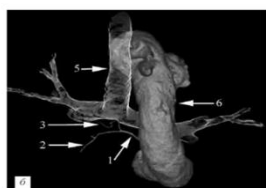
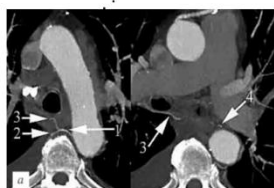
**Key words:** primary lung cancer, locally advanced inoperable lung cancer, transthoracic chemotherapy, targeted therapy.

**The purpose of the study** was to evaluate the possibility of using intra-arterial treatment methods for unresectable locally advanced non-small cell lung cancer.

#### Materials and methods.

The technique of intra-arterial chemoinfusion is reduced to puncture and puncture followed by catheterization of the femoral artery using the Seldinger technique in the projection of the right/left inguinal fold. Selective catheterization of the bronchial artery is carried out by aortography of the thoracic aorta with identification of the branches of the bronchial artery (bronchial arteries arise at the level of ThV, ThVI, the so-called orthotopic option). In any variant of origin, the pulmonary arteries enter the parenchyma in the area of their roots and run parallel to the bronchi, located in their outer connective tissue layer. Cauldwell et al. [8] described four classic variants of the origin of the bronchial arteries from the aorta: (a) the first type (40.6% of cases), when two bronchial arteries arise from the aorta on the left, and one on the right from the intercostal-bronchial trunk (IRB); (b) the second type (21% of cases), when there is one bronchial artery on the left and one MRBS on the right; (c) the third type

(20% of cases), when two bronchial arteries arise from the left and two from the right, while one of the arteries on the right is presented as MRBS; (d) the fourth type (9.7% of cases), in which one artery is identified on the left and two on the right, while one of the arteries on the right is presented as MRPS. The left bronchial artery usually arises from the anterolateral surface of the descending thoracic aorta and follows the direction of the root of the left lung. On the right, the intercostal-bronchial trunk usually arises from the right posteromedial surface of the descending thoracic aorta and follows in a cephalad direction until it divides into the intercostal (or intercostal) artery and the right bronchial artery. The latter then turns in a caudal direction and follows along the right main bronchus. The duration of the procedure is 20-30 minutes. The procedure time from the beginning of the procedure when working in "4 hands" (2 angiologists) is 25-35 minutes. (depends on the anatomy of the vessels). As the catheter is installed, the infusion of cytostatics continues for 60 minutes each, followed by compression of the femoral artery area until complete hemostasis (10-15 minutes) or suturing the puncture hole with an Angiosil device measuring 6-7 F.



A typical variant of the origin of the bronchial arteries from the aorta (type 1 according to Cauldwell et al., type 2 according to Yoshiaki et al.). One right bronchial artery arises from the intercostal-bronchial trunk, two left bronchial arteries arise from the descending part of the thoracic aorta through a common trunk; and fragments of computed tomograms in MIR mode into three-dimensional reconstructions of bronchial arteries. 1 intercostal bronchial trunk, 2 intercostal artery, 3 right bronchial artery, 4 two left bronchial arteries immediately below the origin of the aorta, 5 trachea and bronchi, 6 larynx.

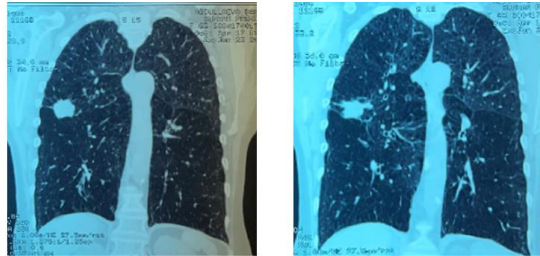
All of 22 patients aged 52 to 60 years were treated in the period from 2022 to 2024. In all patients, stage IIIa-IIIb of the process was established (T3N0M0 – T2-3bN1M0). All patients at the time of initial or repeated treatment (relapse) had a histologically verified variant of non-small cell lung cancer. Morphologically, lung adenocarcinoma was detected in 5 patients (22.7%),

squamous cell carcinoma was detected in 17 patients (77.3%). In all cases, radiological confirmation of the local extent of the process was noted through CT/MRI/PET/CT examinations. All patients received intra-arterial chemotherapy in the branch of the bronchial artery according to the "TR" regimen (Docetaxel 75 mg/m<sup>2</sup> + Cisplatin 75 mg/m<sup>2</sup>) in a

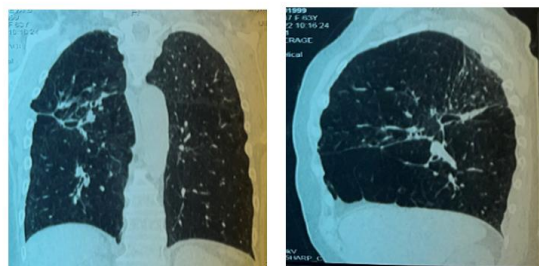
standard therapeutic dose. The interval between courses of intra-arterial chemotherapy was carried out once every 21 days from the date of administration of chemotherapy. Among the side effects, one can note the inherent cytotoxicity of the drugs with manifestations of anemia, leukemia and thrombocytopenia, which

were corrected through the use of L-CSF (leukocyte colony-stimulating factor), glucocorticoids and targeted symptomatic replacement therapy.

We present the results of our own empirical observations of patients in the above cohort.

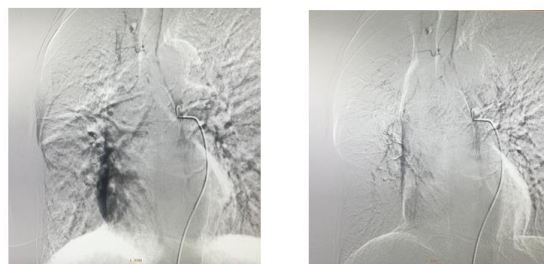


**Pic. 2** CT scan of the chest of a patient with peripheral lung cancer with centralization of the process, the presence of lymph nodes at the level of the tracheal bifurcation and paratracheal lymph nodes before treatment (A, B).

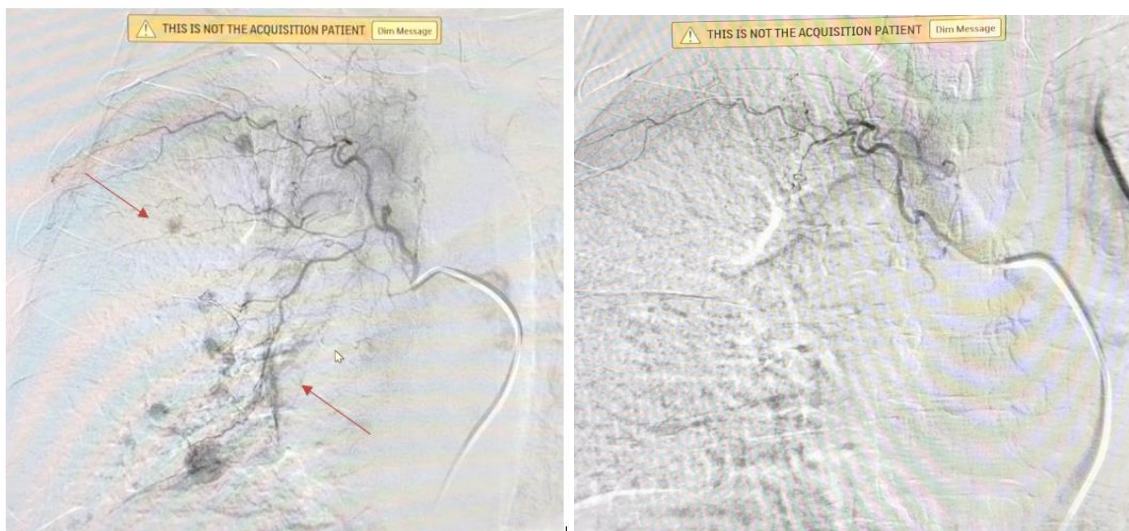


**Pic. 3** CT scan of the chest of a patient with peripheral lung cancer with centralization of the process, the presence of lymph nodes at the level of the tracheal bifurcation and paratracheal lymph nodes in the coronal section (A).

There is almost complete regression of the tumor process against the background of 3 courses of infusion in branch a. Bronchialis in sagittal section (B).



**Pic. 4** CT arteriogram of the branches of bronchialis dextra with the presence of pathological accumulation (A) of contrast agent in the projection of the tumor formation of the right lung. After the procedure, intraarterial chemoinfusion into the bronchial artery (B).



**Fig. 5** Angiography *a. brochialis* on the right.  
 Central cancer of the right lung with intraorgan metastatic foci.  
 Selective catheterization (A). Condition after 3 courses of HIBA (B)

#### List of used literature

1. Malignant neoplasms in Russia in 2021. (morbidity and mortality). Edited by A.D. Kaprin, V.V. Starinsky, A.O. Shakhzodova. Moscow 2022 Page 14.
2. Oncological care in the Republic of Kazakhstan for 2023. "Kazakhstan Pharmaceutical Bulletin". Kaidarova D.R. 2024 Page1.
3. "Oncology" Gantsev Sh.Kh., Gantsev K.Sh., Kaidarova D.R., Kzyrgalin Sh.R., Kobyakov G.L., Kudaibergenova I.O., Lipatov O.N., Lyadov V.K., Polatova D.Sh., Rakhmatullina I.R., Safin Sh.M., Semiglazov V.V., Tryakin A.A., Ulrich E.A., Umezawa K. – M., 2023. – 704 p.
4. «Locally advanced non-small cell lung cancer: current issues and recent trends». Rep Pract Oncol Radiother. Alaswad M.2023 Jun 26;28(2):286-303. doi: 10.5603/RPOR.a2023.0019.
5. «Multimodality treatment including surgery related to the type of n2 involvement in locally advanced non-small cell lung cancer. Cancers» (Basel). Allaeys T, Berzenji L, Lauwers P, Yogeswaran SK, Hendriks JMH, Billiet C, De Bondt C, Van Schil PE. 2022 Mar 25;14(7):1656. doi: 10.3390/cancers14071656.
6. «Radiomics nomogram for predicting locoregional failure in locally advanced non-small cell lung cancer treated with definitive chemoradiotherapy». Acad Radiol. Chen X, Tong X, Qiu Q, Sun F, Yin Y, Gong G, Xing L, Sun X. 2022 Feb;29 Suppl 2:S53-S61. doi: 10.1016/j.acra.2020.11.018.
7. «Hybrid video-assisted thoracoscopic sleeve lobectomy: an elegant minimally invasive technique for locally advanced non-small cell lung cancer». J Thorac Dis. Chidi AP, Antonoff MB.2023 Apr 28;15(4):1533-1535. doi: 10.21037/jtd-23-77.
8. Cauldwell E. W. The bronchial arteries: an anatomic study of 105 human cadavers / E. W. Cauldwell, R. G. Siekert, R. E. Lininger et al. // Surg. Gynecol. Obstet.— 1948.— Vol. 86.— P. 395–412.

## СОЦИАЛЬНЫЕ И ГУМАНИТАРНЫЕ НАУКИ

**Катина Ярослава Дмитриевна**

*Педагог-практикант ГБУДО города Москвы  
«Детской школы искусств «Дети синей птицы»*

**Абрамова Ирина Вячеславовна**

*Заведующая хореографическим отделением  
ГБУДО города Москвы  
«Детской школы искусств «Дети синей птицы»,  
руководитель хореографического коллектива «Ерошки»,  
преподаватель хореографических дисциплин.*

### ЕДИНАЯ БАЗА ПРАКТИКИ ДЛЯ СТУДЕНТОВ-ПЕДАГОГОВ: ПЛАНИРОВАНИЕ И ПОДГОТОВКА ДЕТСКОГО ВЫПУСКНОГО СПЕКТАКЛЯ

**Katina Y.D**

*Trainee teacher of State budgetary institution of additional education  
Children's Art School DSHI «Deti siney ptitsu»*

**Abramova I.V.**

*Head of the choreographic department of the  
State budgetary institute of additional education  
Art School "Deti siney ptitsu",  
head of the choreographic collective "Eroshki",  
teacher of choreographic disciplines*

### UNIFIED PRACTICE BASE FOR STUDENT TEACHERS: PLANNING AND PREPARATION OF A CHILDREN'S GRADUATION PERFORMANCE

DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109.518

**Summary:** The choice of a unified practice base for graduate students of higher educational institutions of creative orientation, as an opportunity for the detailed implementation of the theater project described in the final qualifying work. Presentation of a unified system of methodological recommendations on the basic principles of planning and preparing a children's graduation performance in an institution of additional education.

**Аннотация:** Выбор единой базы практики для студентов выпускных курсов высших учебных заведений творческой направленности, как возможность детальной реализации описываемого в выпускной квалификационной работе театрального проекта. Представление единой системы методических рекомендаций по основным принципам планирования и подготовки детского выпускного спектакля в учреждении дополнительного образования.

**Цель статьи:** Целью представляемой статьи является разработка методических рекомендаций по подготовке и планированию детских спектаклей в рамках реализации тем выпускных квалификационных работ студентов-практикантов высших учебных заведений в сфере дополнительного образования, а также анализ опыта студентов в данной области.

**Задачи статьи:** изучение методических основ подготовки спектакля, исследование взаимодействия участников процесса, создание методических рекомендаций по подготовке и планированию детских спектаклей.

**Ключевые слова:** педагогика, детская школа искусств, театр, детский театр, искусство, высшее образование.

**Keywords:** pedagogy, children's art school, theater, children's theater, art, higher education.

**Основной материал:**

Тема необходимости единой базы практики в период обучения на выпускном курсе для студентов-практикантов в сфере дополнительного образования является актуальной в контексте образовательного процесса, так как постоянство рабочего пространства и коллектива благоприятно влияет на работу студента, исключая прохождение стрессового процесса «погружения в образовательную среду» в каждом семестре. Студенты-практиканты выбирающие для базы практики единое учебное заведение на весь период обучения имеют большее количество времени для

подготовки и реализации детских выпускных спектаклей в рамках написания своих выпускных квалификационных работ.

Однако, несмотря на очевидные преимущества педагогической практики в одном учреждении, студенты-практиканты часто сталкиваются с трудностями в организации своей деятельности. Недостаток методических знаний, неопытность в планировании и распределении ролей, сложность в коммуникации с детьми, родителями и педагогами-коллегами являются основными препятствиями на пути к успешной реализации таких проектов.



В статье использовались методы анализа и синтеза педагогического опыта, наблюдение за процессом подготовки детских спектаклей, а также анкетирование учеников, студентов-практикантов и родителей для получения обратной связи. Такой подход позволил интегрировать теоретические знания о театральном искусстве и педагогической деятельности с практическими аспектами организации постановочного процесса в среде детского дополнительного образования.

Практическая значимость статьи заключается в создании единых рекомендаций для студентов при выборе базы практики, на которой будет реализовываться педагогическая деятельность в рамках выпускной квалификационной работы. Ожидается, что разработанные рекомендации помогут студентам эффективно организовывать театральные мероприятия, способствуя их профессиональному росту и улучшению образовательного процесса.

## **МЕТОДИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОДГОТОВКИ ВЫПУСКНОГО СПЕКТАКЛЯ**

### **1. Цели и задачи спектакля.**

Цель организации детского выпускного спектакля заключается в создании условий для развития потенциала детей, их самовыражения, творческой активности и лидерских качеств, а также формирования навыков командной работы и необходимого в театральной среде «чувства локтя». Помимо этого, деятельность способствует формированию у студентов-практикантов профессиональных навыков, таких как управление коллективом, взаимодействие с детьми разного возраста (в том числе пубертатного периода и кризиса подросткового возраста) и решение педагогических задач. Исследования показывают, что постановка четкой цели в образовательном процессе увеличивает мотивацию участников действия на 20%, что подчеркивает важность определения целей как для учеников, так и для студента-режиссера. С другой стороны, важно отметить, что «цель данной формы воспитательного воздействия в социальных театрах – профилактика асоциальных явлений действительности, формирование позитивного отношения к себе как к личности, которая может выбирать и осознанно говорить «нет» искушениям и плохим привычкам» (Астраханцева, 2014. 4 с.). Таким образом, выпускной спектакль не только развивает творческие способности, но и выполняет значимую социальную функцию, что является важной практикой для студентов.

Для успешной реализации поставленных целей выпускного спектакля необходимо установить конкретные и понятно сформулированные задачи для всех участников процесса, включая распределение ролей между учениками детского коллектива, определение обязанностей и сроков выполнения задач (домашних заданий). Опыт педагогов показывает, что четкое распределение задач среди учеников связано с высокой эффективностью: 85%

успешных спектаклей достигли своих целей благодаря этому подходу, что минимизирует возможные спорные и проблемные моменты и способствует организации работы. Вместе с тем важно учитывать, что «создание условий для свободы выбора в учебном процессе, опережающая самостоятельная работа, побуждение к рефлексии — самоанализу учебной и профессиональной деятельности, выявлению собственных затруднений и ошибок» (Пастухова, Тарасова, 2012. 6 с.). Таким образом, сочетание четкого распределения задач, поставленных участникам детского коллектива, и свободы выбора форматов и стилей театрального искусства не только углубляет вовлечение учеников в процесс, но и повышает общую эффективность работы над реализуемым спектаклем.

Одним из самых важных аспектов подготовки детского выпускного спектакля, как выпускной квалификационной работы студента-практиканта, является взаимодействие с детьми и их родителями, что создает более комфортную атмосферу и повышает вовлечённость всех участников постановки. Исследования показывают, что сотрудничество и позитивная коммуникация с родителями при подготовке мероприятий увеличивает их удовлетворённость образовательным процессом и итоговым продуктом (в данном контексте выпускаемым спектаклем) на 30%. Это подчеркивает значимость данного аспекта для успешной реализации работы студента-практиканта. Работа с родителями относится к одной из самых ответственных сторон организации образовательного процесса.

### **2. Критерии успешного спектакля.**

Критерии успешного спектакля определяют основные аспекты, которые будут учитываться при итоговом разборе выпускной квалификационной работы студента-практиканта. Успешным считается спектакль, который достигает поставленных образовательных и воспитательных целей, передает через искусство слова и пластики мысли, закладываемые режиссером, а также вызывает положительные эмоции у всех участников процесса (ученики, педагог, родители и зрители). Вовлеченность детей в подготовку, создание и реализацию спектакля является важнейшим критерием, так как она способствует их эмоциональному и творческому развитию, а также формирует командную работу и понятие «коллектива» в сфере искусства. При этом качественная и планомерная подготовка, включающая декорации, костюмы и репетиции, играет ключевую роль в достижении успеха спектакля. Положительная обратная связь от зрителей и родителей учеников также является значимым аспектом, подтверждающим, что спектакль был воспринят позитивно и с интересом. Важно отметить, что «тесное сотрудничество с семьей делает успешной работу образовательной организации» (Ситников, Буркова, Дунаевская, 2017. 71 с.). Эти элементы подчеркивают, что успех



спектакля зависит от гармоничного взаимодействия всех участников процесса и не может состоять без цельной работы четырех аспектов: учеников, педагога, родителей и зрителей.

Примеры успешных практик подтверждают важность соблюдения указанных критериев. В рамках проекта «Театр в школе», реализуемого **Департаментом культуры города Москвы и Департаментом образования города Москвы**, педагоги отмечают, что вовлеченность детей в процесс создания спектакля, начиная с выбора идеи и произведения и заканчивая репетициями, значительно повышает их интерес и мотивацию работать. Одним из ярких примеров успешной практики является постановка «Питер Пэн» Детской школы искусств «Дети синей птицы», в которой дети-участники самостоятельно разрабатывали элементы декораций и костюмов, что способствовало развитию их творческих способностей. Положительные отзывы зрителей, включая родителей учащихся, подтверждают успешность спектакля. По мнению Астраханцевой, спектакли вызывают сильные эмоции у зрителей, что подчеркивает их значимость в воспитательном процессе. Эти примеры демонстрируют, что соблюдение критериев успешного спектакля способствует достижению высоких результатов.

**3. Роль выпускного спектакля в образовательном процессе.**

Детский выпускной спектакль имеет важное значение в образовательной жизни детской школы искусств, предоставляя уникальную возможность для детей-участников закрепить полученные знания и навыки, а для студента-практика реализовать задуманные творческие идеи и показать высокий уровень педагогического мастерства. Участвуя в постановке, ученик осваивает основы театрального искусства и актерского мастерства, развивает навык публичного выступления и учится работать в составе творческого коллектива. Режиссерская педагогическая деятельность способствует развитию у студентов-практикантов лидерских качеств и формирует будущую модель поведения «учитель-ученик», к которой студент сможет обращаться в будущей работе. Исследования подтверждают положительное влияние театральной деятельности на образовательный процесс, что подчеркивает важность интеграции различных форм обучения. В этом контексте проектная деятельность, предусмотренная в рамках предмета «Искусство», становится важным дополнением, так как «в течение учебного года школьники должны защитить 2 исследовательских проекта» (Овсянникова, 3 с.). Таким образом, выпускной спектакль не только обогащает учебный процесс детской школы искусств, но и формирует будущую модель поведения у студента-практиканта.

Театральная выпускная постановка, помимо образовательной функции, выполняет важную

воспитательную роль. В процессе создания спектакля дети учатся взаимодействовать друг с другом, развивают чувство ответственности к созданию искусства. Участие в театральной деятельности способствует формированию уважения к творческой деятельности других учеников и умению работать в коллективе. Статистика показывает, что такие творческие проекты повышают уровень уверенности у детей на 20%, что является значимым аспектом их личностного роста и развития большого количества навыков. Воспитательный потенциал спектакля также заключается в возможности реализации студентом-практиком своих педагогических навыков, которые будут необходимы при обсуждении с детьми важных социальных и моральных тем постановки. В этом контексте Косинец подчеркивает, что «развитие у современного ребенка толерантного отношения к себе и к окружающему миру является важной задачей театральной педагогики» (Косинец, 2013. 24 с.).

Развивающая функция детского спектакля проявляется в создании условий для раскрытия творческого потенциала учеников. Актерское искусство и театральное мастерство позволяют учащимся экспериментировать с предлагаемыми ролями, пробуя новые интонации, мимику и жесты. Это способствует развитию воображения и укреплению творческого подхода к деятельности. Социальный театр, как отмечает Астраханцева, формирует у детей позитивное отношение к себе и способствует профилактике асоциальных явлений (Астраханцева, 2014, с. 4). Таким образом, детский спектакль становится возможностью для реализации детского творческого потенциала и способностей каждого ребенка, что делает его важным элементом образовательного процесса учреждения дополнительного образования.

В результате работы над статьей была разработана единая система методических рекомендаций для планирования и подготовки детского выпускного спектакля, как итогового театрального проекта выпускной квалификационной работы студентов выпускных курсов высших учебных заведений.

#### Список литературы:

1. Астраханцева Л. Н. Социальный театр как средство воспитания подрастающего поколения: из опыта работы педагога дополнительного образования / Л. Н. Астраханцева. — Омутнинск, 2014.
2. Косинец Е.И. Ресурсы театральной педагогики для реализации требований новых образовательных стандартов в области компетентностного подхода в общем и дополнительном образовании // Научный поиск. — 2013. — № 4.2.
3. Овсянникова О. А. Проблема соотношения стандартов общего музыкального образования и

стандартов направления «Педагогическое образование» профиля «Музыка» — 3 с.

4. Пастухова И.П., Тарасова Н.В. Основы учебно-исследовательской деятельности студентов: учеб. пособие для студ. учреждений средн. проф. образования / И.П. Пастухова, Н.В. Тарасова. — 2-е изд., перераб. — М.: Издательский центр «Академия», 2012. — 160 с.

5. Ситников В. Л., Буркова С. А., Дунаевская Э. Б. Семья и современный социум, серия: семья и дети в современном мире: коллективная монография / под общей и научной редакцией В. Л. Ситникова, С. А. Бурковой, Э. Б. Дунаевской. — СПб.: «Социально-гуманитарное знание», 2017. — 130 с.

**Valiulina Svetlana Igorevna.**

*PhD, Associate Professor. Kazan (Volga Region) Federal University. Kremlyovskaya St., 18, Kazan, 420008, Republic of Tatarstan, Russian Federation*

**Nuretdinova Alsou Renatovna.**

*PhD, head of the Archaeological museum. Kazan (Volga Region) Federal University. Kremlyovskaya St., 18, Kazan, 420008, Republic of Tatarstan, Russian Federation*

### METALLURGICAL CRUCIBLES OF THE GOLDEN HORDE (BASED ON MATERIALS FROM EXCAVATIONS OF A JEWELRY WORKSHOP AT THE TSAREVSKOYE SETTLEMENT)

**Summary:** The article is devoted to the study of metallurgical crucibles from the jewelry workshops of one of the capitals of the Golden Horde - Sarai al-Jedid - that had been producing gold jewelry in the 1340s-1370s. The chemical composition of the clay fabrics of crucibles and to a greater extent the composition of crucible slags formed in the contact zone between the vessel walls and their filling during melting was determined by scanning electron microscopy (SEM). The analyses let us reveal the composition of the crucible molding fabrics, which is almost identical to the composition of tableware from a nearby pottery workshop. The article also provides data on assay analysis of the workshop's products. The fine of the gold evidences that jewelers' skill and the quality of technical ceramics let them achieve great results.

*Keywords: Golden Horde, 14th century, jewelry workshops, technical ceramics, crucibles*

#### Introduction

Sarai al-Jedid – the Tsarevskoe settlement and the second capital of the Golden Horde in the Lower Volga Region (Figure 1) – is a unique monument in many respects. First of all, the huge city was obvious in the relief of the surface even before excavations and preserved evidence of topography and planning

structure. According to written sources and numismatic data, Sarai al-Jedid is known as a rapidly emerging and flourishing city that existed for only a few decades in the 14th century – from the second half of the 1330s, the time of the reign of the Uzbek Khan, to the ruin of Timur in 1395.

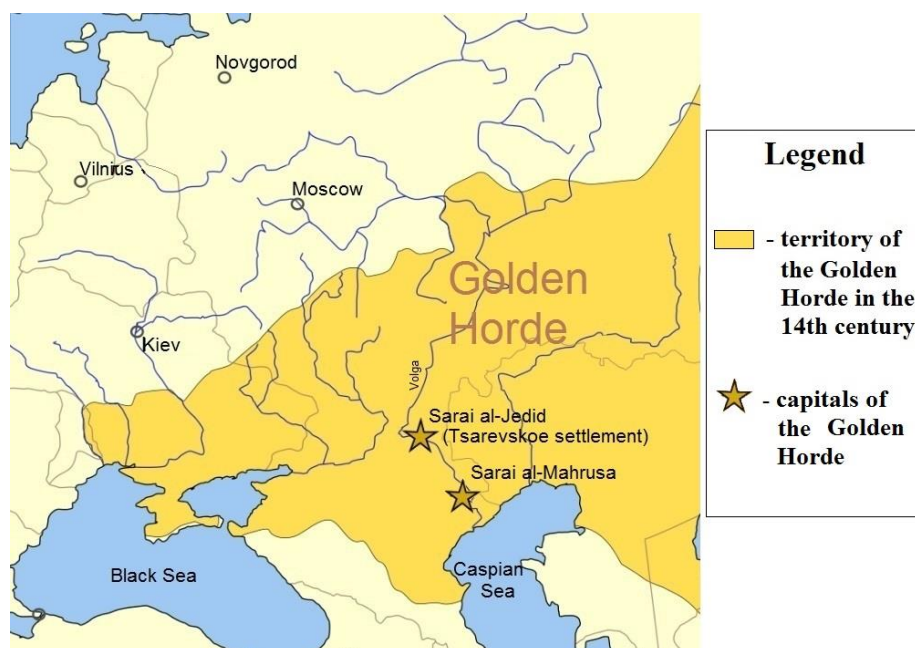


Figure 1: Map of the location of the Golden Horde capitals in the Lower Volga Region.

These factors were determinant when choosing the monument as the object of the first researches of the

Golden Horde cities in the Volga region by the Moscow University archaeological expedition under the

direction of G.A. Fyodorov-Davydov. In 1959, regular digging was started in the Tsarevskoye settlement, and from 1961 to 1968 a group from the Kazan University (supervised by I.S. Vainer) took part in the excavations (Figure 2). During these years the layout of the city, the type of constructing, fortification and water supply system were determined. Craft workshops – a large tile workshop in the potters' quarter in the central part of the city and three rich estates with workshops in the South-Eastern suburbs – were explored. Several types of production were organized in the estates: pottery (glazed dishes) production (Valiulina and Nuretdinova 2021), bone-carving and jewelry making (Valiulina 2020). Two successive gold-making workshops (Homestead II and Homestead III), according to numismatic material, functioned from the 1340s to the 1370s (Fyodorov-Davydov et al. 1974: 113). The

neglected Homestead III survived until 1395. According to G.A. Fyodorov-Davydov, life in the suburbs after the raid of Timur's troops did not stop completely and the remaining residents of the quarter cleaned the territory of the homesteads. However, the former intensity of life was not observed, the quarter emptied and fell into decline.

At the initial stage of jewelry production in Homestead II, a workshop (380x170 cm) was located next to a residential dugout and at the distance from the rich house of the owner of the homestead; the jeweler probably lived in the dugout and was a dependent person. At the next stage in the 1360s-1370s, Homestead III appeared: a wooden house and a workshop next to (640x700 cm) were built there and that was the workshop of a free master.

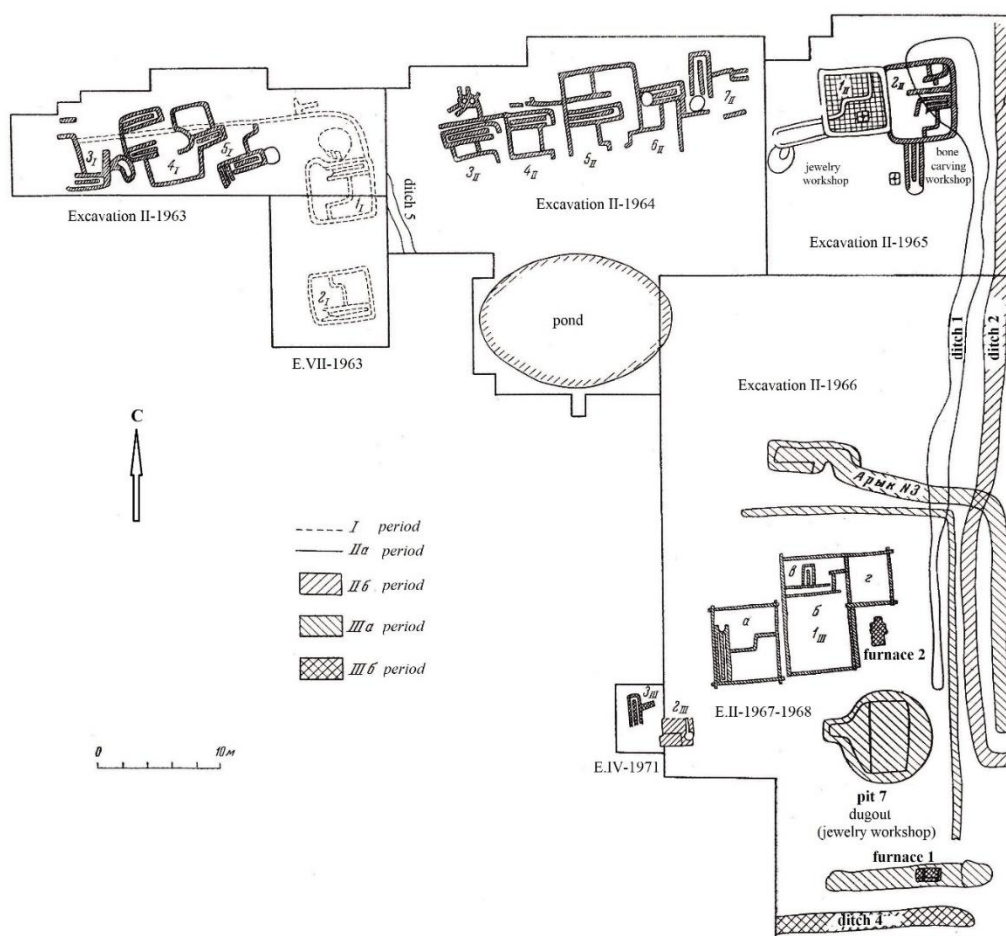


Figure 2: Layout of the excavations of the Tsarevskoye settlement.

The excavations presented the remains of thermal and technical constructions – furnaces, jewelry tools, numerous production wastes – golden plates' cuttings, wire, and finished products made of gold (overlay, turquoise set in gold, six-petal rosette, ring, miniature carnations) (Figure 3). The goldsmith's workplace is marked by drops of gold on pieces of stove plate and clay coating in kilns, on the fragments of household utensils and inside melting vessels – crucibles (Figure 3). In total, 137 crucibles of various degrees of

preservation were found in workshops; the whole collection is stored in the Archaeological Museum of Kazan University (Inventory number AKYKP 358) (Valiulina and Nuretdinova 2022).

The results of X-ray analysis of 17 gold samples from the workshops, including 5 gold drops from crucibles, were given in the preliminary publication on the results of the unearthing. In all samples, the content of gold is 90-99%, silver is presented as natural impurity to the gold, and impurity of copper, which,

according to the authors of the study, was added during the melting process in the crucibles, were found. The limited capabilities of X-ray diffraction analysis did not allow us to give full characteristic of the alloys, and the analysis of technical ceramics was not performed

(Vainer and Krinari 1974: 126–129). The assay analysis carried out in the framework of our study supplemented and clarified the previously obtained data (Table 1).

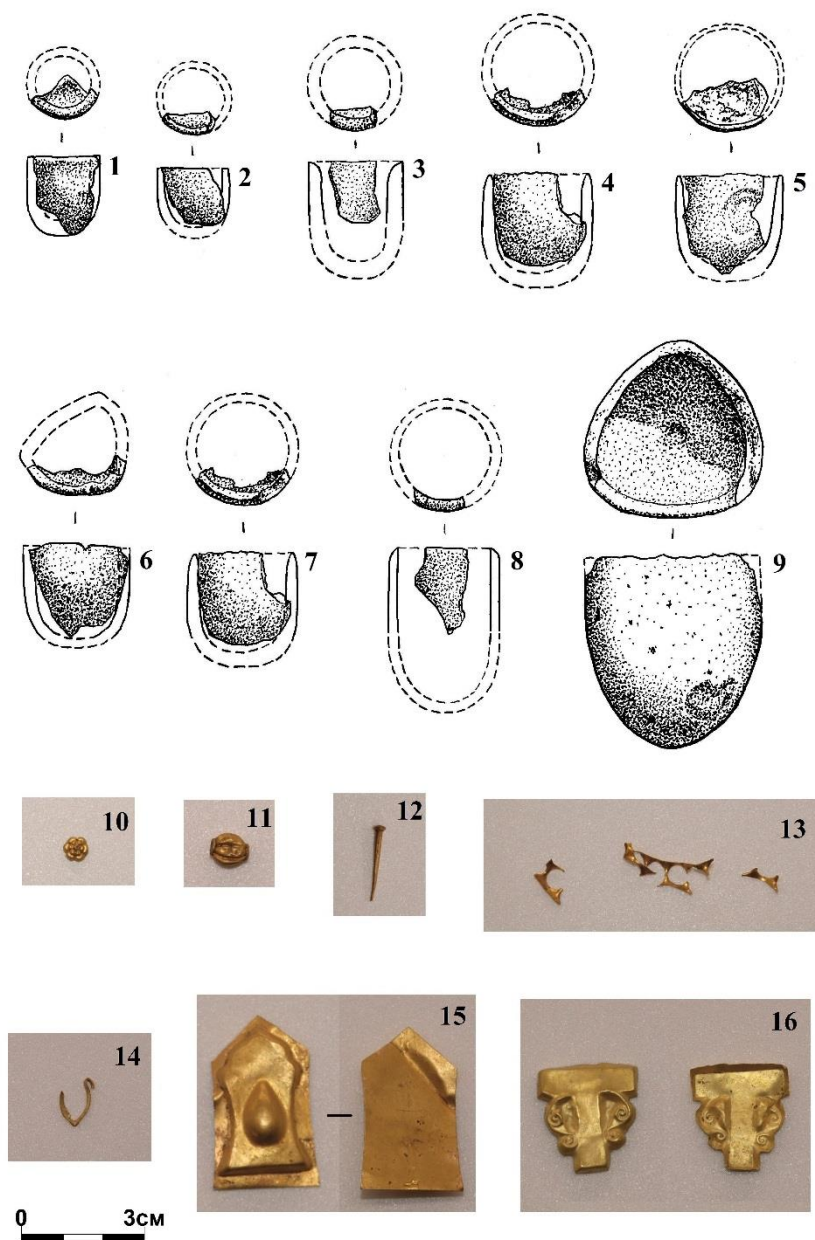


Figure 3: Crucibles (1-9) and golden products (10-16) from Tsarevskoye settlement workshops. Drawing by A.R. Khisamova, photo A.R. Nuretdinova.

Crucibles as vessels for melting metal are characterized by special qualities. They must have had special physical and chemical properties: they were to be resistant to high temperatures, provide the melting speed, and be able to control the melting process. In many ways, the properties of crucibles depend on the

composition of the clay, the shape and method of temperature effect (Yeniosova and Rehren 2011: 244).

The article aims to determine the chemical composition of the clay fabrics of the crucibles, and to a greater extent, the composition of crucible slags formed in the contact zone between the walls of vessels and their filling during melting.



Table 1

**Results of assay analysis of workshops' production from Tsarevskoye settlement.**

name	picture	composition		
		Au	Ag	Cu
onlay	Figure 3, 10	96 %	-	4 %
bead	Figure 3, 11	95 %	3 %	2 %
eardrop	Figure 3, 12	90 %	7 %	3 %
offcut	Figure 3, 13	96 %	3 %	1 %
offcut	Figure 3, 14	80 %	17 %	3 %
onlay	Figure 3, 15	93 %	4 %	3 %
onlay	Figure 3, 16	80 %	18 %	2 %

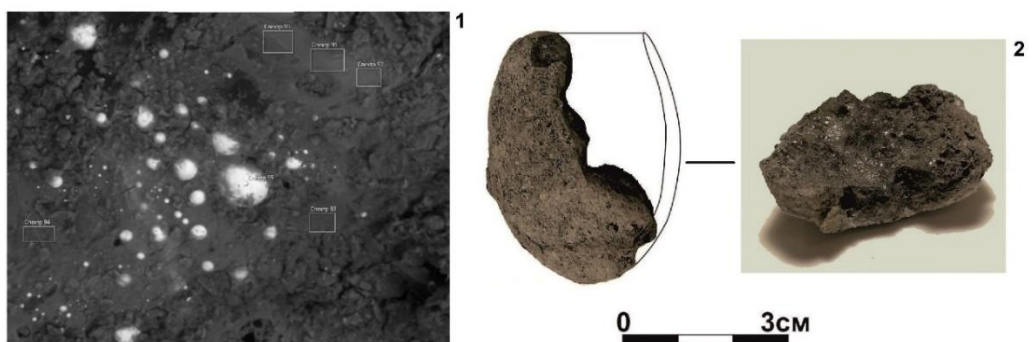
**Methods**

Crucible material was examined by scanning electron microscopy (SEM) using a Carl Zeiss EVO 50 with an X-ray microanalyzer (Bruker EDS). The studies were carried out at accelerating voltages of 20 kV in order to increase the sensitivity of such elements as Pb, Sn, Sb, As, Ba. The current mode ranged from 5 to 12 nA for a better terrain / analysis ratio. The microscope imaging mode involves electron backscattering (BSE). This mode allows you to most accurately distinguish the phase composition in the samples (layers, inclusions). Data on quantitative and qualitative analysis are presented in the form of oxides (Table 2). To process the experimental data and determine the composition directly during the measurements, we used a calculation algorithm based on the ZAF model diagram, which takes into account corrections for the arising effects of generation and absorption of characteristic x-ray radiation, as well as for fluorescence from characteristic x-ray radiation or bremsstrahlung. To obtain reliable results, each sample was studied by 5 spectra (Figure 4), followed by the calculation of average values, the results are presented in Table 2.

**Morphology**

All crucibles from jewelry workshops have been remained as fragments (Figure 3) of varying degrees of

preservation; whole forms are represented by drawings in the General Table of Finds in an early publication (Fyodorov-Davydov et al. 1974: tab. V: 28, 29); these are triangular and cylindrical crucibles. Unfortunately, the triangular crucible was not available for our study. Several fragments preserved a complete profile of vessels, i.e. being "archaeologically full" they provide information about the height and diameter for rather reliable graphical reconstruction (Figure 4: 2). Thus, the safety of the material does not let us either perform a strict systematization of products or create a typology and establish quantitative ratios of different types. Based on the available data, at least three types of crucibles can be distinguished: 1 – cylindrical (2 subtypes) with a rounded bottom and a conical bottom, 2 – egg-shaped – with a rounded bottom, slightly rounded walls and a narrowed opening (Figure 3-8) and 3 – triangular with a rounded bottom. All crucibles were small in size, if the height is difficult to judge, whole samples show 5-6.5 cm, the information about the edge diameter is more reliable: the diameter of the crucibles varied from 3 to 5 cm. Crucibles are thin-walled, the wall thickness was 3-5 mm, increasing in the bottom part. Miniature crucibles correspond to small volumes (portions) of the noble metal used by the jeweler, and thin walls facilitate heat exchange and increase fire resistance (Bayley and Rehren 2007: 47).



AKYKH-358/1	Na	Mg	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Mn	Fe	Co	Cu	Zn	Sn	Sb	Ba	Pb	Ag	Au
Spectrum 90	3.26	1.79	8.29	53.56	5.34	0.46	3.26	12.06	0.36	0.30	8.77	0.12	0.27	0.12	0	0.43	0.24	0.60		
Spectrum 91	4.97	2	7.58	54.2	3.05	0.37	4.18	11.16	0.4	0.24	9.21	0.15	0.27	0.18	0	0.51	0.16	0.37		
Spectrum 92	2.63	2.19	8.61	51.45	3.14	0.53	4.86	13.21	0.43	0.32	10.11	0.08	0.6	0.00	0.21	0.52	0.08	0.22		
Spectrum 93	2.98	2.38	10.37	54.13	4.06	0.81	3.37	12.83	0.43	0.23	6.28	0.02	0.45	0.00	0.17	0.51	0.31	0.15		
Spectrum 94	1.68	1.67	9.73	57.06	5.68	1.17	2.23	12.59	0.28	0.12	5.81	0.00	0.37	0.00	0	0.42	0.27	0.47		
Average	3.10	2.01	8.91	54.08	4.25	0.67	3.58	12.37	0.38	0.24	8.04	0.07	0.39	0.06	0.08	0.48	0.21	0.36		
Standard deviation	1.20	0.29	1.12	2	1.22	0.33	0.99	0.80	0.06	0.08	1.89	0.06	0.14	0.09	0.11	0.05	0.09	0.18		
Spectrum 95	0.76	0.9	3.80	14.88	1.92	1.81	1.41	7.11			2.68		0.66						2.42	61.42

Figure 4: Scanning electron microscopy and photo of crucible no. 1 (AKYKP-358/1).

The surface of the crucibles is even, rather smooth, brown or brown-gray outside and dark gray inside. All samples of the collection from Tsarevskoye do not have vitrification (glazing) either of the external or internal surface. When zooming in on the inner surface of the crucible wall, one can clearly see quartz grains, dark coal (?) clusters, angular shiny scales of muscovite mica and droplets-balls of gold of different size in the composition of ceramic slag in most crucibles (Figure 4: 2).

### Results and discussion

The chemical composition of the crucibles' material (Table 2) shows that they are of common raw material with earthenware and other products from the pottery workshop in Homestead II: nozzles, three-horned stands for firing glazed dishes, matrix forms for making relief stamped ornaments (Valiulina and

Bocharov, 2020). The fabrics of both crucibles and earthenware is characterized by a high concentration of alumina, calcium, and iron with an average content of alkalis of 6 % (Table 2). Only a large amount of aluminum oxide is useful from this list for producing refractory vessels. Therefore, the master should have introduced necessary technological additives into the fabrics to increase the refractoriness of vessels in accordance with the crucibles' targeting. It is important that 5 crucibles taken for analysis demonstrate a lack of standardization in this process – technological additives are individual in almost every sample. Perhaps the master was searching for the optimal composition, which obviously characterized the craft tradition that had not yet developed. However, this diversity may reflect the slag inclusions obtained while using the crucibles.

Table 2

The chemical composition of the material of crucibles and gold inclusions according to the results of SEM.

		N a	M g	Al	Si	P	S	K	Ca	Ti	Fe	C u	Z n	Sn	Sb	Pb	A g	Au
1	AKY KP- 358/1	3, 10	2, 01	8,9 1	54, 08	4, 25	0, 67	3, 58	12, 37	0, 38	8, 04	0, 39	0, 06	0, 08	0, 48	0, 36		
2	Stand ard deviat ion	1, 20	0, 29	1,1 2	2	1, 22	0, 33	0, 99	0,8 0	0, 06	1, 89	0, 14	0, 09	0, 11	0, 05	0, 18		
3	Spectr um (Au)	0, 76	0, 9	3,8 0	14, 88	1, 92	1, 81	1, 41	7,1 1		2, 68	0, 66					2, 42	61, 42
4	AKY KP- 358/1 9	4, 36	2, 93	11, 54	34, 68	0, 94	0, 53	1, 06	20, 62	0, 27	5, 77	9, 14	0, 01	0, 18	0, 74	6, 35		
5	Stand ard deviat ion	0, 26	0, 27	0,9 7	0,9 4	0, 33	0, 29	0, 1	0,7 7	0, 04	0, 4	0, 56	0, 02	0, 08	0, 15	0, 95		
6	Spectr um (Au)	2, 02	0, 83	3,2 1	8,7 4	0, 18	1, 75	0, 34	4,4 3		1, 53	6, 06					8, 89	58, 72
7	AKY KP- 358/2 5	4, 59	2, 9	14, 22	45, 54	1, 11	1, 09	3, 1	17, 93	0, 40	5, 61	0, 89	0, 04	0, 45	0, 47	0, 59		
8	Stand ard deviat ion	0, 72	0, 24	0,8 4	2,8 2	1, 02	0, 42	0, 29	3,3 9	0, 08	0, 45	0, 03	0, 03	0, 16	0, 09	0, 07		
9	Spectr um (Au)	2, 68	1, 62	8,5 5	21, 17	0, 57	1, 98	1, 69	8,6 5		3, 16							49, 41
10	AKY KP- 358/3 1	3, 27	5, 25	13, 46	50, 62	0, 21	0, 44	1, 53	14, 11	0, 55	7, 53	1, 16	0, 02	0, 23	0, 51	0, 37		
11	Stand ard deviat ion	0, 23	0, 47	0,7 1	2,0 4	0, 33	0, 04	0, 35	0,2	0, 17	2, 67	0, 18	0, 03	0, 05	0, 07	0, 08		

1 2	Spectrum (Au)	1,88	1,35	3,65	12,51	0,00	1,51	0,79	3,99		3,42	2,67					3,77	64,21
1 3	AKY KP-358/107	3,68	2,88	28,05	49,13	0,17	0,77	1,76	8,25	1,17	1,97	0,48	0,02	0,13	0,27	0,14		
1 4	Standard deviation	0,20	0,35	2,07	3,07	0,04	0,14	0,27	1,43	0,64	0,31	0,09	0,02	0,08	0,07	0,03		

Of all the samples, crucible no. 107 is the most consistent in composition with the technological standards of refractories. The crucible material is rich in alumina –28.05 %; this is a high concentration level for unused vessels (Martinon-Torres and Rehren, 2009) and the lowest level of iron oxide in the sample – 1.97 % (Table 2: 13). The crucible has an equally smooth surface inside and outside, without bubbles, cavities and traces of metal – gold droplets. All these features and the chemical composition of the crucible material allow us to conclude that the crucible was not used.

Sample no.1 is characterized by a significant amount of phosphorus –1.33 %, that is, more than 3 times higher the average value and an increased content of potassium (Table 2: 1). These data indicate the addition of vegetable ash to the clay; the additive is known to have been used by artisans (Martinon-Torres et al. 2008) for creating of recovery conditions in the crucible (Bayley and Rehren 2007: 47).

Crucible no. 31 is characterized by an increased level of magnesium oxide of 5,25 % (twice higher than the average percentage), possibly due to the introduction of a mineral additive of magnesia-ferruginous silicate (olivine, chrysolite), aimed at increasing heat resistance (Table 2: 5).

Two crucibles no. 19 and 25 are both characterized by a high percentage of calcium oxide 20.62 % and 17,93 %, respectively; in both cases we can assume the presence of bone ash, another typical additive for making refractories, especially specialized in cupellation. Bone ash and wood ash were used to make crucibles in the alchemy laboratory in Oberstockstall (Osten 1998). Probably this multi-step procedure was not completed in crucible no. 19, unlike crucible no. 25 (Table 2: 7,8; 3,4). The large amount of calcite or lime could be a component of slag (Martinon-Torres and Rehren 2007: 86).

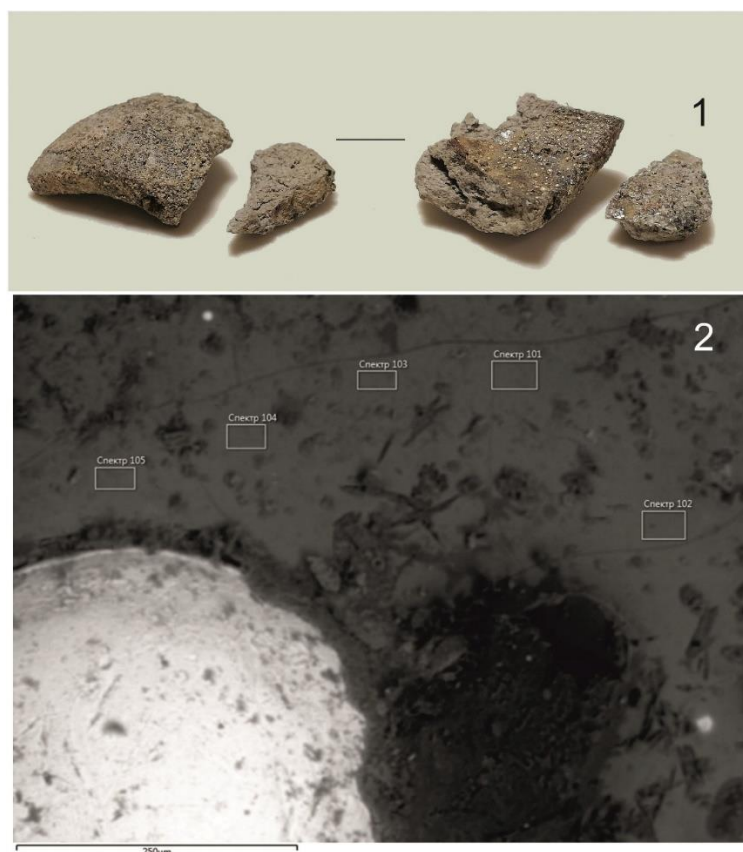


Figure 5: Scanning electron microscopy and photo of crucible no. 19 (AKYKP -358/19).

The absence of vitrified slag on the surface of the crucibles (Figure 3) is determined by a set of technological conditions, including, probably, the metal for which they served. The same feature is noted in the workshop of the Bilyar alchemist, where of 8 crucibles only 2 fragments belonging to one vessel contained vitreous slag. The fact that the Bilyar alchemist worked with gold is evidenced, in particular,

by the assay stones found in the workshop. Some of them retained distinct strokes of gold, which let us determine high concentration of gold - 850 and 950 fines (Valiulina 2005: 156-157, fig. 44; Valiulina 2016: 265-266, fig. 19a, 19b: 8-14). But the three Bilyar crucibles retained traces of brass and also did not have vitreous slag.

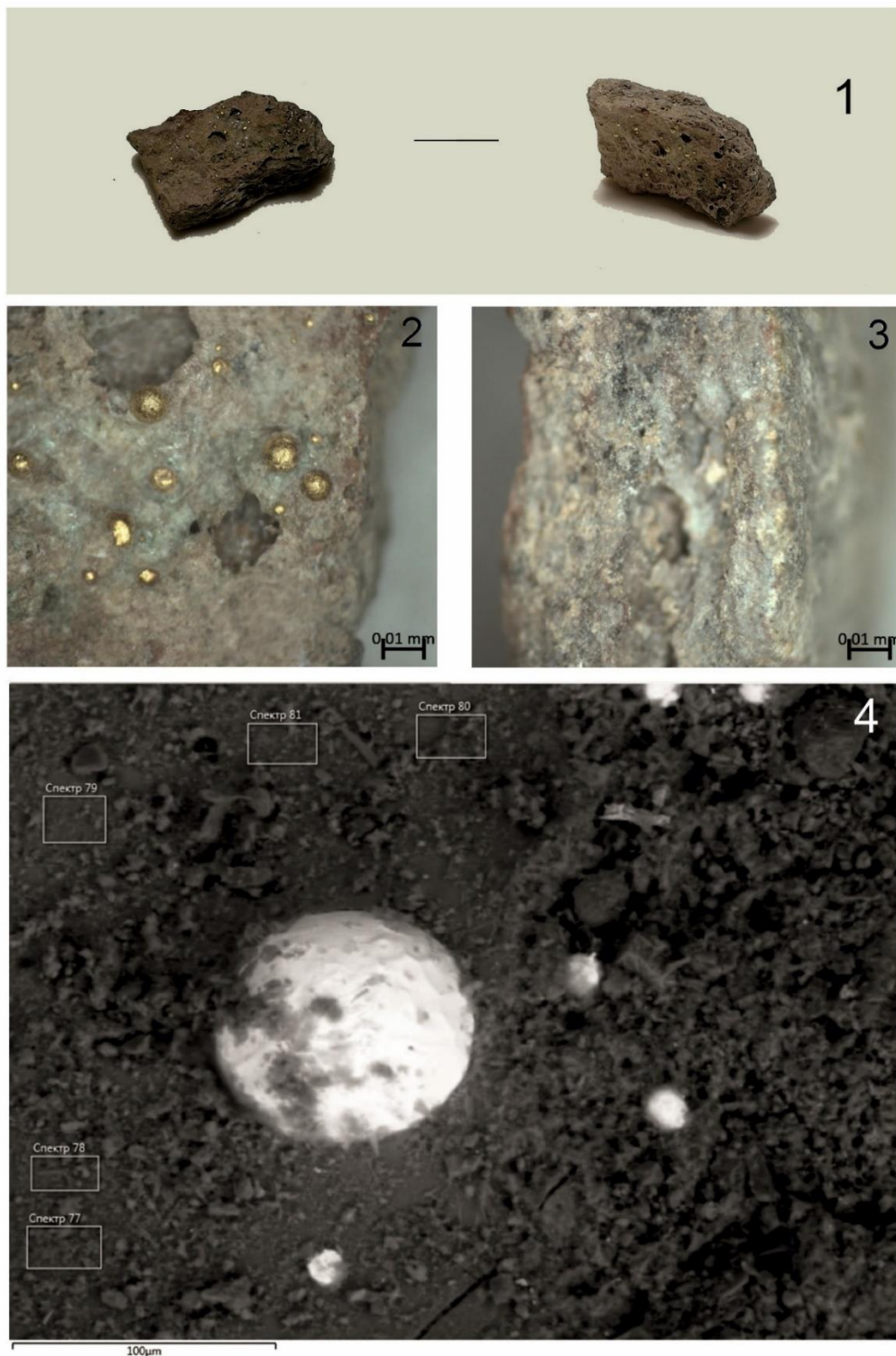


Figure 6: Scanning electron microscopy and photo of crucible no. 25 (AKYKP -358/25).



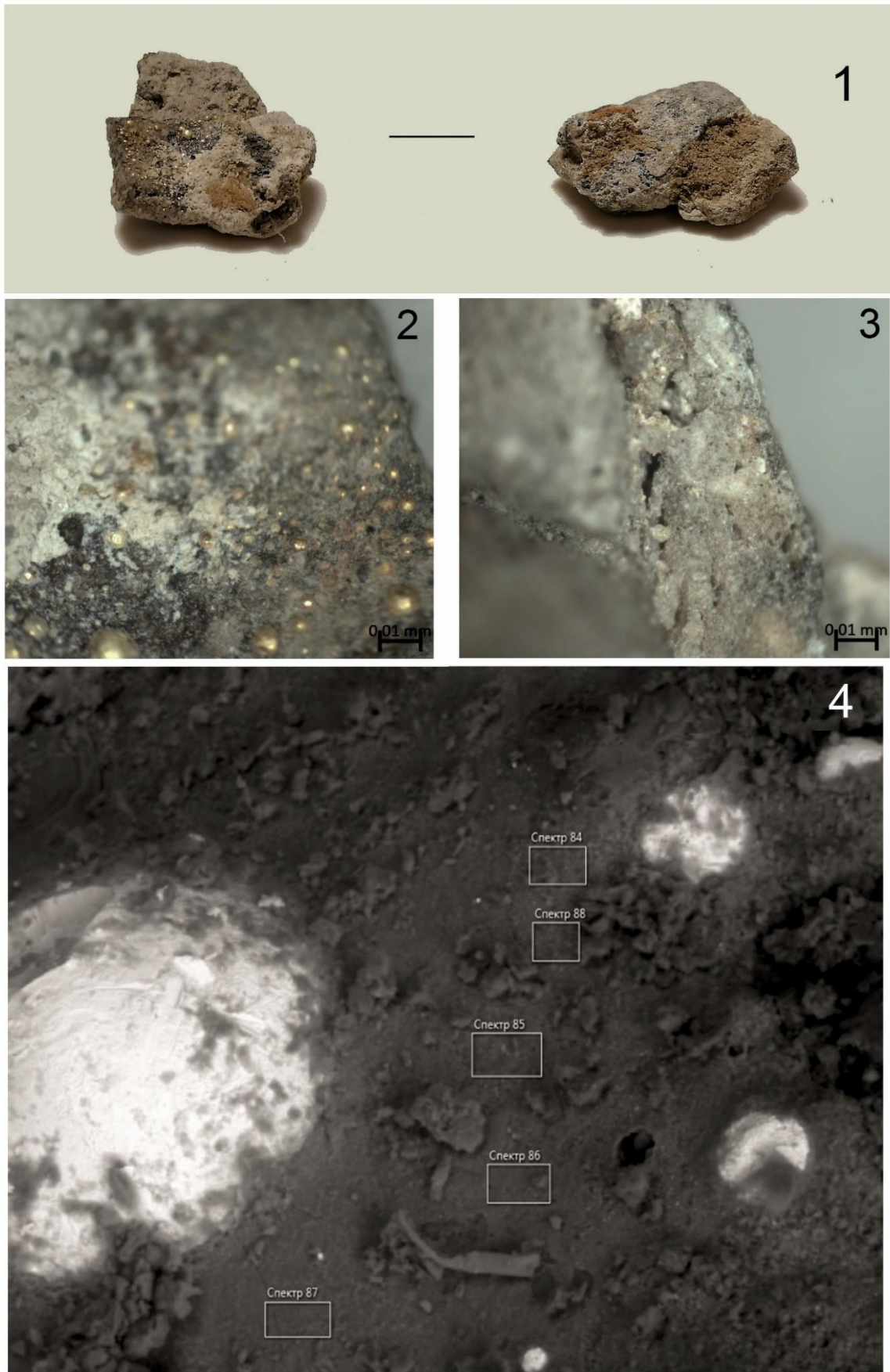


Figure 7: Scanning electron microscopy and photo of crucible no. 31 (AKYKP -358/31).

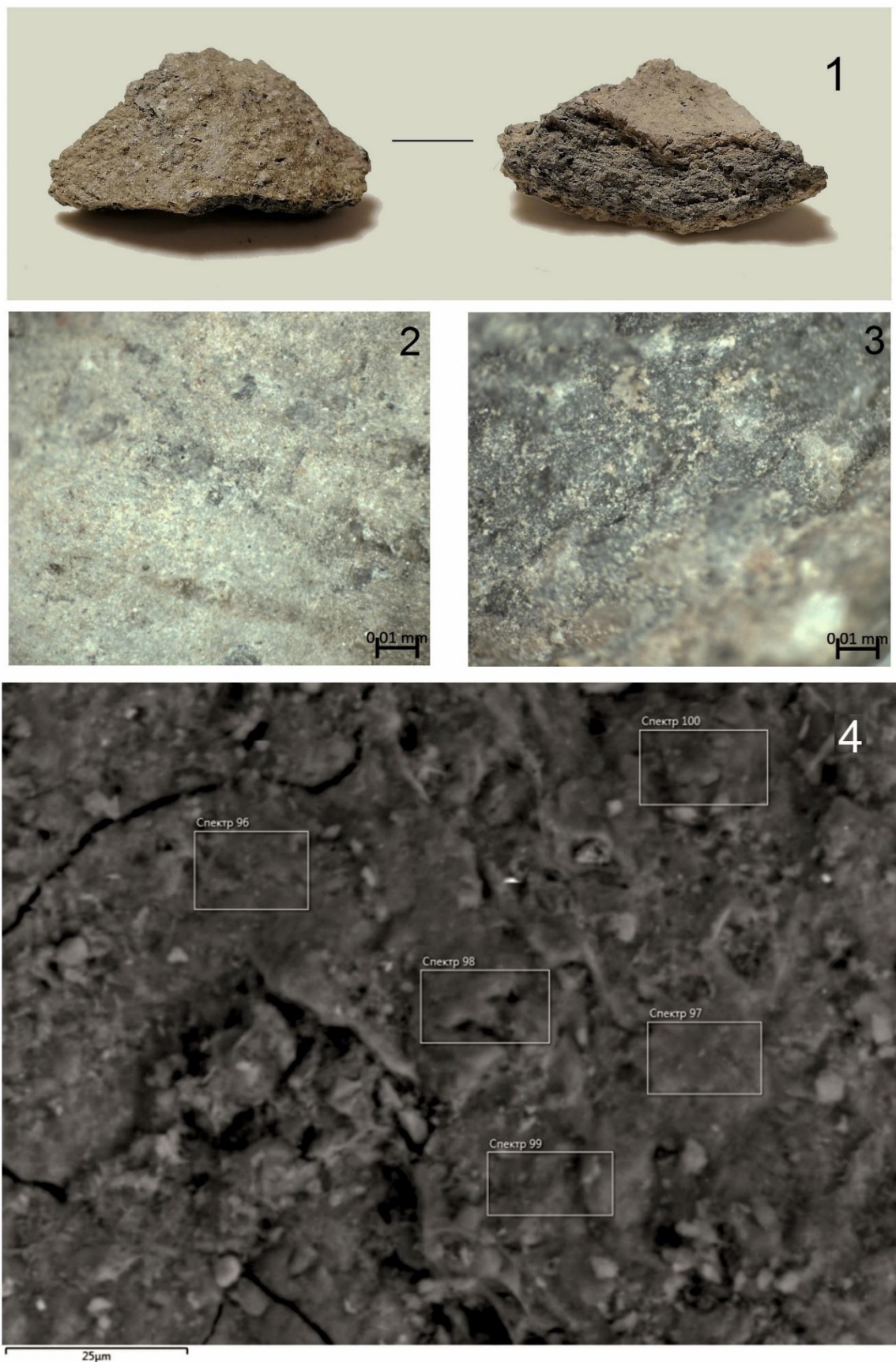


Figure 8: Scanning electron microscopy and photo of crucible no. 107 (AKYKP -358/107).

Analysis of the crucibles of the Tsarevskoye settlement workshop allowed us to obtain information about the slag on their inner surface. This slag usually

carries the most metallurgical significant information (Martinez-Torres and Rehren 2007: 86).

The results of the analysis showed the presence of sulfur in all samples in the range of 0.44-1.09 %, while in all samples of gold balls on the inner surface of the crucibles (except for no. 107, where no gold was found), the concentration of sulfur is 2-3 times higher than that of the matrix. The fact of sulfur presence in clay itself is not surprising, it is found in sand, clay and, accordingly, in the products of the Golden Horde workshops – glazes, ceramics, glass – sulfur compounds are a regional geochemical feature of the raw material base of the Lower Volga region. But an increased amount of sulfur in the metal indicates its deliberate technological addition. Sulfur has been used to refine gold since ancient times. Theophilus mentions sulfur when working with gold at least in three chapters of his work "On Making a Golden Cup", where he recommends to use sulfur for improving the plasticity of the metal, namely in chapters LXVIII and LXIX – "How to Separate Gold from Copper" and "How to Separate Gold from Silver" (Theophilus 2008: 291, 320-321). It is important that pieces of sulfur were found at the sites of workshops from Tsarevskoye (II-1967/1968, 3/213), sulfur was also found in the materials of the alchemist's workshop in Bilyar (Valiulina 2005). T. Rehren cites the opinions of authoritative researchers in this regard and mentions the use of antimonite – antimony sulfide (antimony luster, or the mineral stibnite  $Sb_2S_3$ ) as a separating agent of gold from silver (Rehren 1996: 138). The antimony as well as sulfur is found in the composition of the crucible fabrics, but it is not registered in golden balls (Table 1). The presence of copper in golden balls on the walls of the crucibles is also explained by a technological additive. Sulfur, copper, and a significant percentage of silver in gold show an incomplete cupellation process. And silver is present as silver sulfide in samples no. 1, 25, 31 (Table 2: 3,4; 7,8), or silver nitrate (Rehren 1996: 140), as in sample no. 19 (Table 2: 4), where in addition to a large amount of silver (8.89 %) a significant concentration of nitrogen (2.96 %) is found (Table 2: 4).

### Conclusion

Crucibles from jewelry workshops of the Tsarevsky settlement are stratified and provided with a wide context: technological, numismatic, household; they are a part of a manufacturing complex in its development, implying the changing social conditions of handicraft organization. It is especially important that the craft complex, in addition to jewelry making, included pottery workshops for the production of glazed dishes, which provided a comparative material. All these circumstances open great prospects for further research of crucibles.

A comparative analysis of the composition of the crucible fabrics and the products of the pottery workshop made it possible to determine the local production of crucibles, although it is a well-known fact that these products necessary for metallurgical production could have been a subject of trade (Martinon-Torres and Rehren 2009).

The composition of the molding fabrics of crucibles, which is almost identical to the composition

of tableware, does not allow us to consider them fully fireproof vessels; it is more correct to call them technical ceramics. Examples of such crucibles are known in scientific literature (Rehren 1996). However, the crucibles from Tsarevskoye settlement, being not quite refractory, performed their functions well.

The fact that the crucibles from Tsarevskoye workshops coped with the tasks of cupellation – cleaning gold from ore impurities, melting and casting – is evidenced by the high fine of jewelry, cuttings, wire, and drops of gold (Table 1). At the same time, attention is drawn to the obvious wastefulness of the master when working with noble metal, which is usually not a characteristic of goldsmiths.

Clay crucibles were obviously made by the goldsmiths themselves, because of their complete absence in the potteries located nearby.

In all aspects of studying the syncretic culture of the Golden Horde, the identification of origins of cultural traditions is of particular importance. Nowadays, the lack of analytical data on materials from Central Asia and Transcaucasia is a constraining factor for solving this problem in handicraft and, in particular, in search of technological traditions. In addition, expanding the complex of methods and analytical base on the crucibles from both the Tsarevskoye settlement and other cities – craft centers of the Golden Horde – is the top priority in this field.

### Acknowledgments

The authors express their gratitude to A.P. Kostitsina for performing assay analysis of gold products and A.A. Trifonov for performing scanning electron microscopic analysis of the crucibles.

The study was carried out with financial support from the Russian Foundation for Basic Research, project No. 20-09-00240 «Tsarevskoye ancient settlement: study of excavation materials from 1961-1968 from the funds of the Archaeological Museum of Kazan Federal University and the State Historical Museum».

### References

1. Bayley J., Rehren T. Towards a functional and typological classification of crucibles. LaNiece S., Hook D. and Craddock P.T. (eds.). *Metals and Mines: Studies in Archaeometallurgy. Archetype*. British Museum: London, 2007, P. 46–55.
2. Eniosova N., Mitoyan R. Metal-melting Crucibles from Medieval Russian Towns. Kars H. and Burke E. (eds.). *Proceedings of the 33rd International Symposium on Archaeometry, 22-26 April 2002, Amsterdam*. *Geoarchaeological and Bioarchaeological Studies*, 2005, vol. 3, P. 327–330.
3. Eniosova N.E., Reren T. Plavil'nye sosudy novgorodskih yuvelirov. *Novgorodskie arheologicheskie chteniya – 3. Velikiy Novgorod*, 2011, P. 243–254. (in Russian).
4. Fedorov-Davydov G.A., Vajner I.S., Guseva T.V. *Issledovanie trekh usadeb v vostochnom prigorode Novogo Saraya (Carevskogo gorodishcha)*. Smirnov A.P., Fedorov-Davydov G.A. (eds.). *Goroda*



Povolzh'ya v srednie veka. Moskva, 1974, P. 89–127. (in Russian).

5. Martinon-Torres M., Rehren T. Ceramic materials in fire assay practices: a case study of 16th century laboratory equipment. Prudencio I., Dias I., Waerenborgh C. (eds.). Understanding People through their pottery. Lisbon: Instituto Portugues de Arqueologia, 2005, P. 139–149.

6. Martinon-Torres M., Rehren T. Trials and errors in search of mineral wealth: metallurgical experiments in early colonial Jamestown. Rittenhouse: the Journal of the American Scientific Instrument Enterprise 21 (66), 2007, P. 82–97.

7. Martinon-Torres M., Rehren T. Post-medieval crucible production and distribution: a study of materials and materialities. Archaeometry 51:1, 2009, P. 49–74.

8. Martinon-Torres M., Tomas N., Rehren T., Mongiatti A. Some problems and potentials of the of cupellation remains: the case of post-medieval Moutbeliard, France. ArchoSeinces 32, 2008, P. 59–70.

9. Teofil. O razlichnykh iskusstvakh [About various arts]. Kniga tain. Sekrety masterstva [Book of secrets. Secrets of mastery], Traslated from Latin. St. Petersburg: Azbuka-Klassika, 2008, P. 169–374. (in Russian).

10. v. Osten S. Das Alchemistenlaboratorium von Oberstockstall. Lin Fundkomplex des 16. Jahrhunderts aus Niederösterreich. Innsbruck: Universitätsverlag Wagner, 1998. (in German).

11. Vajner I.S., Krinari G.A. Prilozhenie 1. Issledovaniya obrazcov zolota iz masterskih v rajone «trekh usadeb» na Carevskom gorodishche (Novyj Saraj). Smirnov A.P., Fedorov-Davydov G.A. (eds.). Goroda Povolzh'ya v srednie veka. Moskva: Nauka, 1974, P. 126–129. (in Russian).

12. Valiulina S. Volga Bulgaria glass: a case study of Bilyar settlement materials. Kazan: Kazan university, 2005. (in Russian).

13. Valiulina S. Medieval workshop of an alchemist, Jeweller and Glassmaker in Bilyar (Middle Volga Region, Russian Federation). Pamatky Archeologicke 107, 2016, P. 237–278.

14. Valiulina S. The problem of the social structure of medieval craft in the Volga region according to archaeological data. Uchenye Zapiski Kazanskogo Universiteta. Seriya Gumanitarnye Nauki 162 (6), 2020, P. 35–46.

15. Valiulina S.I., Bocharov S.G. Chemical and Technological Characteristics of Glazed Pottery from the Workshop of Tsarevskoye Settlement. Geoarchaeology and archaeological mineralogy – 2020. Miass; Chelyabinsk, 2020, P. 130–135 (in Russian).

16. Valiulina S.I., Nuretdinova A.R. Technical ceramics from the pottery workshop at Sarai-Al-Jedid – Tsarevskoye Settlement. Povolzhskaya Arkheologiya No.2, 2021, P. 79–92.

17. Valiulina S.I., Nuretdinova A.R. Metallurgical crucibles from the jewelry workshops of Sarai al-Jedid 14 century. Archeology of the Eurasian steppes No.1, 2022, P. 93–105.

*Дуплякин Е.Б.* \*<sup>1</sup>

*к.м.н., профессор Университет «Туран»  
академик МАИИ*

*ORCID ID: 0009-0005-8417-1978*

*г.Алматы, Казахстан*

*Ондасын Г.Б.* <sup>2</sup>

*магистрант*

*ORCID ID: 0009-0009-5223-1357*

*<sup>2</sup>Университет «Туран»*

*г.Алматы, Казахстан*

## **ФАКТОРЫ ПСИХОЛОГИЧЕСКОГО БЛАГОПОЛУЧИЯ У ПОДРОСТКОВ: ОЦЕНКА И ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗНАЧЕНИЕ**

**DOI: 10.31618/ESSA.2782-1994.2025.1.109.522**

**Аннотация.** Статья посвящена анализу факторов, влияющих на психологическое благополучие подростков и разработке практических методов его поддержки. Рассмотрены основные аспекты, включая роль семьи, школьной среды, социальных связей и эмоциональной стабильности в формировании психического здоровья подростков.

Семейная поддержка играет значимую роль в эмоциональной стабильности подростков и формировании их уверенности. Школьная среда и роль педагогов также оказывают влияние на эмоциональное состояние и успешное адаптирование учащихся. Социальные связи и эмоциональная стабильность имеют ключевое значение для общего психологического благополучия подростков.

В заключении подчеркивается необходимость комплексного подхода к поддержке психологического здоровья подростков, включающего различные аспекты их жизни с целью обеспечения полноценного развития и укрепления эмоциональной стабильности.

*Ключевые слова:* школа, подростки, психология, благополучие, семья, поддержка.

## Введение

Психологическое благополучие подростков является одним из ключевых аспектов их общего здоровья и развития. В период подросткового возраста, который охватывает примерно возраст от 10 до 19 лет, молодые люди сталкиваются с множеством физических, эмоциональных и социальных перемен. Как правило этот период часто сопровождается значительным стрессом, вызванным школьными требованиями, изменениями в теле и самооценке, а также взаимоотношениями с семьей и сверстниками (Ермолаева, Смирнова, 2020) [1]. Согласно исследованию Волковой и др. (2022), психологическое благополучие у подростков охватывает их эмоциональное состояние, чувство собственной ценности, способность к адаптации к изменениям и общее чувство удовлетворенности жизнью [2]. Оценка факторов, влияющих на психологическое благополучие подростков, имеет важное практическое значение для разработки программ и мероприятий, направленных на поддержку их здоровья и развития.

Актуальность данной статьи заключается в том, чтобы рассмотреть основные факторы, которые влияют на психологическое благополучие подростков, и оценить их значимость в практическом контексте. По этой причине, необходимо рассмотреть различные аспекты, такие как семейная поддержка, школьная среда, социальные связи, эмоциональная стабильность, их влияние на психологическое состояние подростков и способы повышения их благополучия. Понимание этих факторов поможет обозначить приоритеты в работе с подростками и разработать эффективные стратегии поддержки их психологического здоровья. Данный анализ также обеспечит базу для дальнейших исследований и разработок в области подростковой психологии с целью улучшения их общественной адаптации и благополучия.

Объектом данного исследования является психологическое здоровье подростков.

Предметом исследования являются факторы психологического здоровья, которые будут рассматриваться на примере современных подростков.

Целью данной статьи выступает проведение теоретического анализа факторов психологического благополучия у современных подростков.

## Методы исследования

Основным методом для реализации этапа исследования, результаты которого отражены в статье, является теоретический и сравнительный анализ, основанный на литературном обзоре источников, раскрывающие тему психологического благополучия подростков.

Мы придерживаемся предположения о том, что значимыми факторами, позволяющие определять степень психологического благополучия подростков выступают: семейная

поддержка, школьная среда, социальные сети и эмоциональная стабильность.

Практическая значимость этого исследования заключается в создании основы для разработки конкретных программ и мероприятий, направленных на улучшение психологического благополучия подростков и создание условий для их полноценного развития и адаптации.

В рамках исследования о психологическом благополучии подростков были применены теоретические и сравнительные подходы для более глубокого анализа и интерпретации данных.

В начале исследования был проведен обширный литературный обзор с целью изучения существующих теорий и концепций, связанных с психологическим благополучием подростков. Это включало изучение академических статей, книг, исследовательских отчетов и других источников. На основе литературного обзора были разработаны концептуальные модели, описывающие связи между различными факторами (например, семейной поддержкой, школьной средой, социальными связями и эмоциональной стабильностью) и психологическим благополучием подростков.

Теоретический подход позволил интерпретировать полученные данные и выявить соответствие или расхождение с представленными теоретическими моделями. Это помогло более глубоко понять механизмы, лежащие в основе психологического благополучия подростков.

Сравнительный анализ был проведен для сопоставления полученных данных с результатами предыдущих исследований в этой области. Это позволило определить общие тенденции, а также уникальные особенности исследуемой группы подростков. Сравнительный подход также использовался для оценки эффективности различных методов сбора данных и анализа результатов. Путем сопоставления различных подходов и их результатов исследователи могли выявить наиболее эффективные методы для анализа психологического благополучия подростков.

Использование теоретических и сравнительных подходов в данном исследовании способствовало углубленному анализу данных и повысило достоверность и обобщаемость полученных результатов. Эти подходы обеспечили тесную связь между теорией и практикой, что является важным аспектом при исследованиях в области психологического благополучия подростков.

## Основные положения

Основные положения, основанные на исследовании, подтверждают влияние следующих факторов на психологическое благополучие подростков:

1. Исследование подтверждает, что семейная поддержка играет ключевую роль в формировании психологического благополучия подростков. Регулярное выражение заботы, понимания и

эмоциональной опоры со стороны родителей способствует уверенности подростка, снижает уровень стресса и повышает эмоциональную стабильность.

2. Исследование выявляет, что школьная среда и взаимодействие с учителями имеют значительное влияние на психологическое благополучие подростков. Поддержка и позитивные отношения со стороны педагогов способствуют успешной адаптации подростков, формированию уверенности в учебной среде и эмоциональной стабильности.

3. Результаты исследования показывают, что социальные связи и активное участие в общественной жизни оказывают существенное влияние на психологическое благополучие подростков. Качественные межличностные отношения и поддержка со стороны друзей и окружающего социума способствуют формированию позитивного эмоционального состояния и общего психологического благополучия.

4. Исследование подтверждает, что эмоциональная стабильность является важным фактором для психологического благополучия подростков. Умение эффективно управлять своими эмоциями и стрессом способствует улучшению общего эмоционального состояния, снижает уровень тревожности и повышает уровень самооценки.

Эти основные положения подчеркивают важность комплексного подхода к поддержке психологического здоровья подростков, учитывая влияние семьи, школьной среды, социальных связей и эмоциональной стабильности на их общее благополучие и успешное адаптивное функционирование.

#### **Литературный обзор**

Семья играет ключевую роль в формировании эмоциональной стабильности у подростков, оказывая значительное влияние на их психологическое благополучие. Взаимоотношения в семье, степень поддержки и коммуникации между членами семьи имеют долгосрочные последствия для эмоционального состояния подростков. Волкова и др. (2024) в своей книге отмечают, что семья является первичной средой, в которой подростки формируют свои эмоциональные реакции и способности к саморегуляции [3]. Именно поэтому поддерживающая, заботливая атмосфера в семье способствует развитию эмоциональной стабильности у подростков. Когда подросток знает, что может полагаться на поддержку и понимание со стороны близких, это укрепляет его эмоциональную устойчивость и способность справляться с трудностями (Веракса и др., 2021) [4, 5].

Качество семейных отношений напрямую влияет на самооценку и уверенность подростков в себе. Поддержка родителей, их оценка и одобрение формируют основу для здоровой самооценки у подростков. Например, в тех семьях, где

присутствует открытая коммуникация, где родители выражают уважение к мнению и чувствам своих детей, подростки чаще всего чувствуют себя более уверенно и устойчиво сталкиваются с вызовами подросткового возраста (Баева и др., 2021) [6].

Помимо семьи школьная среда играет значительную роль в формировании психологического благополучия подростков. Отношение к учебе, атмосфера в школе и роль педагогов оказывают влияние на эмоциональное состояние и общую психологическую устойчивость учащихся.

Так, например, Кузьмишина и Подымова (2021) отмечают, как подростки относятся к учебе и успехам в школе определяют важное значение для их психологического состояния [7]. Школьные достижения могут укрепить уверенность в себе подростков и способствовать развитию позитивного самоощущения. С другой стороны, неудачи или стресс, связанный с учебой, могут вызывать тревогу и негативно сказываться на эмоциональном благополучии.

Подход учителей к обучению также играет важную роль. Поддержка со стороны педагогов, их умение мотивировать и вдохновлять учеников, способствует формированию позитивной атмосферы в учебной среде и улучшению психологического состояния подростков (Шамионов и др., 2022) [8].

Школьная атмосфера и социальные взаимодействия среди учащихся играют также важную роль в формировании эмоционального состояния подростков. Позитивные межличностные отношения и дружеские связи способствуют развитию чувства принадлежности и уважения (Гришина, 2021) [9]. Напротив, негативные взаимоотношения или конфликты среди учеников могут вызывать стресс и неуверенность. Важно обращать внимание на школьную атмосферу, создавая поддерживающее окружение для всех учащихся (Кузьмишина, Подымова, 2021) [7, с.24]. Специальные программы по формированию межличностных навыков и конфликтологии могут помочь учащимся развивать эмоциональную стабильность и улучшать качество межличностных отношений (Гришина, 2021).

Роль педагогов также неопределима. Учителя не только передают знания, но и могут быть важными ролевыми моделями для подростков. Их поддержка, понимание и эмоциональная доступность могут оказать существенное положительное воздействие на психологическое состояние учеников. Умение учителей создавать доверительные отношения с учениками и поддерживать их в трудные моменты помогает подросткам чувствовать себя уверенно и защищено (Гурко, 2023) [10].

Школьные программы по поддержке психологического благополучия подростков могут включать в себя различные аспекты, начиная от тренингов по развитию эмоционального

интеллекта до организации мероприятий по расширению социальных кругов общения. Например, согласно исследованию Цыганова и др. (2021), школьные психологи могут проводить занятия по развитию навыков управления стрессом и адаптации к переменам, что является особенно важным для подростков в период их школьного обучения [11]. Для улучшения психологического благополучия подростков также необходимо обращать внимание на профилактику конфликтов и насилия в школе. Развитие антибуллинговых программ и системы поддержки для детей, сталкивающихся с проблемами взаимоотношений, способствует созданию безопасной и поддерживающей среды для всех учащихся (Гурко, 2023) [10, с.37].

В статье Коробейниковой (2021) отмечен ряд программ и мероприятий, целью которых является содействие развитию здоровых социальных связей среди подростков, включая:

- Школьные клубы и кружки. Организация школьных клубов по интересам (спорт, искусство, наука) способствует общению между одноклассниками с общими интересами.

- Тренинги по коммуникационным навыкам. Проведение тренингов и семинаров по развитию коммуникационных навыков помогает подросткам улучшить умение устанавливать и поддерживать здоровые отношения.

- Поддержка школьных психологов и консультаций. Школьные психологи могут оказывать помощь в разрешении конфликтов, обучении управлению эмоциями и развитии социальных навыков.

- Спортивные и культурные мероприятия. Организация спортивных турниров, концертов, выставок и других мероприятий способствует созданию позитивной и включающей школьной атмосферы [12].

Поддержка здоровых социальных связей у подростков способствует их психологическому благополучию и укрепляет их эмоциональную стабильность. Развитие навыков коммуникации и

умение устанавливать положительные отношения с окружающими помогает подросткам успешно адаптироваться к школьной и социальной среде.

Эмоциональная стабильность также важна в психическом здоровье подростков, влияя на их способность эффективно справляться с жизненными вызовами и стрессом. Эмоциональная стабильность определяется как способность человека поддерживать эмоциональное равновесие и контролировать свои реакции на различные жизненные ситуации (Вельмискина, 2023) [13]. Для подростков это особенно важно, так как они проходят через период значительных эмоциональных и физиологических изменений. Эмоциональная стабильность влияет на психическое здоровье подростков, оказывая положительное воздействие на их самооценку, способность к адаптации и управлению стрессом. Подростки с хорошей эмоциональной стабильностью чаще проявляют высокий уровень эмоционального интеллекта и лучше справляются с конфликтными ситуациями (Петровская, 2021) [14].

Развитие эмоциональной стабильности у подростков является важным аспектом их общего психологического благополучия. Практические методы и программы, направленные на укрепление эмоциональной устойчивости, способствуют формированию здоровой эмоциональной основы для успешной адаптации подростков в современном мире.

#### Результаты и обсуждение

Проведенный анализ позволил выделить ряд факторов, определяющих степень психологического благополучия подростков. Среди выделенных факторов, особую роль имеет семейная поддержка и связь с психологическим благополучием подростков.

Согласно проведенному исследованию, было отмечено несколько практических стратегий, которые семьи могут использовать для поддержки психологического благополучия своих подростков (рисунок 1).



Рисунок 1 – Практические стратегия для применения в семьях  
Примечание: составлено автором на основе источника [15]

Следуя Рисунку 1 выше, необходимо рассмотреть каждую из отмеченных стратегий. В-первых, это - активное слушание и эмоциональная поддержка. Родители могут создать открытую атмосферу, где подростки могут свободно

выражать свои эмоции и переживания. Это поможет подросткам чувствовать себя поддержанными и понятыми.

Во-вторых, это - установление здоровых границ, ведь важно находить баланс между

поддержкой и автономией. Подросткам нужно чувствовать себя свободными, чтобы принимать решения и решать проблемы самостоятельно, при этом зная, что могут обратиться за помощью при необходимости.

В-третьих, это - создание регулярного времени для общения. Семейные обеды, прогулки или другие совместные мероприятия могут стать возможностью укрепить связь между родителями и подростками, что также способствует развитию эмоциональной стабильности и укрепляет доверие.

Далее, это - поощрение здоровых увлечений и интересов. Поддержка родителей в хобби и интересах подростков способствует развитию их самооценки и уверенности.

Как следует, эффективная семейная поддержка играет важную роль в формировании психологического благополучия подростков. Понимание роли семьи и использование практических стратегий помогает создать оптимальные условия для здорового эмоционального развития подростков.

В целом, школьная среда, как фактор, имеющий значительное влияние на психологическое состояние подростков и их общее благополучие. Как было упомянуто выше, отношение к учебе играет важную роль в формировании самооценки и уверенности у подростков. Когда ученики чувствуют, что они успешны в учебе и достигают хороших результатов, это способствует укреплению их психологического состояния и формированию позитивного внутреннего мировосприятия. Кроме того, атмосфера в школе имеет огромное значение для эмоционального благополучия подростков. Позитивная, дружелюбная и поддерживающая обстановка создает условия для формирования здоровых социальных связей и развития

эмоциональной стабильности у учащихся. Важно, чтобы школьная среда способствовала раскрытию потенциала каждого ребенка, а не создавала давление или ощущение неуверенности [16].

Фактор социальных связей занимает не самое последнее место в формировании психологического благополучия подростков, напрямую влияя на общее чувство удовлетворенности жизнью. Дружба и общение с ровесниками имеют важное значение для психологического развития подростков. Качество социальных связей напрямую влияет на эмоциональную устойчивость и самооценку подростков. Близкие дружеские отношения способствуют чувству принадлежности и поддержки, что повышает эмоциональное благополучие и способствует справлению стресса.

С развитием интернета и социальных медиа изменились и способы социального взаимодействия среди подростков. Социальные сети предоставляют возможность для расширения круга общения и установления новых контактов. Однако, они также могут стать источником стресса и негативного воздействия, особенно при неконтролируемом использовании. Важно научить подростков здорово и эффективно использовать интернет для поддержания полезных и поддерживающих социальных связей.

Эмоциональная стабильность, рассматриваемая нами в качестве значимого фактора, имеет значение для общего психологического благополучия подростков.

Управление эмоциями и стрессом является важным аспектом развития эмоциональной стабильности у подростков, именно поэтому для ее развития можно использовать несколько эффективных психологических инструментов и тактик (рисунок 2).

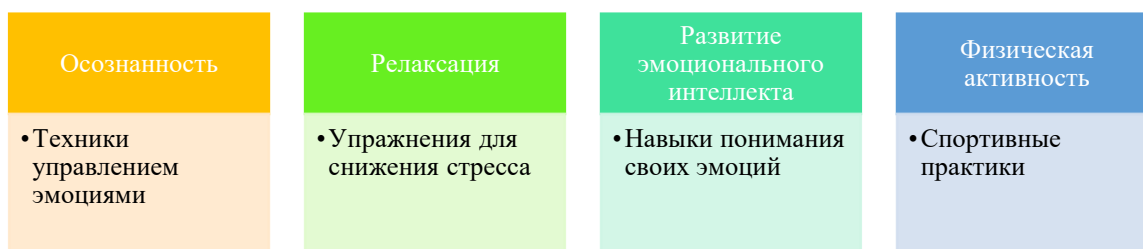


Рисунок 2 – Тактики для развития эмоциональной стабильности у подростков  
(источник: Вельмискина, 2023)

Примечание: составлено автором на основе источника [13]

Рисунок 2 иллюстрирует четыре основных подхода, которые могут помочь подросткам в понимании себя и своих эмоций. Первое, это – осознанность, ведь техники осознанности помогают подросткам быть в настоящем моменте, управлять своими эмоциями и реагировать более гибко на стрессовые ситуации.

Второе, это - релаксация и дыхательные упражнения, которые направлены на снижение уровня стресса и напряженности, способствуя эмоциональному равновесию.

Третье, это - развитие эмоционального интеллекта. Обучение навыкам распознавания и управления своими эмоциями помогает подросткам лучше понимать себя и свои чувства.

Последнее, это - физическая активность, которая способствует выработке эндорфинов, которые помогают справляться со стрессом и улучшают настроение.

Стоит также отметить ряд программ и методик, направленных на развитие эмоциональной стабильности у подростков, такие



как школьные тренинги по эмоциональному интеллекту (обучение навыкам саморегуляции, управления эмоциями и развитие социальных навыков), консультирование у школьных психологов (индивидуальные и групповые консультации для обсуждения эмоциональных проблем и путей их решения), программы по обучению стратегиям управления стрессом (разработка практических навыков по снижению стресса и повышению эмоциональной устойчивости), а также поддержка со стороны родителей и учителей [17].

#### **Заключение**

В завершение можно подытожить, что психологическое благополучие подростков неразрывно связано с множеством факторов, включая семейную поддержку, школьную среду, социальные связи и эмоциональную стабильность. Понимание и учет этих аспектов играют ключевую роль в разработке эффективных стратегий по поддержке и развитию психологического здоровья у подрастающего поколения.

Важным выводом является то, что семейная поддержка оказывает значительное влияние на эмоциональное и психологическое развитие подростков. Качественные семейные отношения способствуют формированию эмоциональной стабильности и уверенности у подростков, что в свою очередь оказывает положительное воздействие на их общее благополучие. Школьная среда играет также важную роль в психологическом развитии подростков. Поддерживающая, стимулирующая и дружелюбная атмосфера способствует формированию здоровых социальных связей и развитию эмоциональной устойчивости у учащихся. Роль педагогов в этом процессе нельзя недооценивать, так как их поддержка и понимание создают основу для успешной адаптации и самореализации подростков. Социальные связи также значительны в психологическом благополучии подростков. Здоровые дружеские отношения и поддержка со стороны окружающих способствуют развитию эмоциональной стабильности и чувства уверенности у подростков. Наконец, эмоциональная стабильность должна тоже учитываться в общем психологическом благополучии подростков. Стратегии управления эмоциями, обучение навыкам саморегуляции и поддержка со стороны специалистов помогают подросткам эффективно справляться с жизненными вызовами и стрессом, способствуя формированию здоровой психологической основы [18].

Итак, для обеспечения психологического благополучия подростков необходимо комплексное воздействие на различные аспекты их жизни, начиная от семейной поддержки и заканчивая развитием эмоциональной стабильности и социальных навыков. Эффективные программы и стратегии, ориентированные на укрепление этих аспектов,

будут способствовать развитию здорового и счастливого подрастающего поколения.

#### **ЛИТЕРАТУРА**

1. Ермолаева М. В., Смирнова О. В. Особенности родительского общения как фактор психологического благополучия подростков // Психологическая наука и образование. – 2020. – Т. 25. – №. 1. – С. 51-62.
2. Волкова Е. Н., Микляева А. В., Хороших В. В. Субъективные предпосылки психологического благополучия одаренных подростков // Психологическая наука и образование. – 2022. – Т. 27. – №. 1. – С. 92-103.
3. Волкова Е. и др. Субъективные факторы психологического благополучия одаренных подростков. – Litres, 2024.
4. Веракса А. Н., Корниенко Д. С., Чурсина А. В. Мотивы использования соцсетей, факторы онлайн-риска и психологическое благополучие подростков в связи с интеграцией социальных сетей в ежедневную активность // Российский психологический журнал. – 2021. – Т. 18. – №. 4. – С. 30-46.
5. Плотникова Е. С., Квашина Н. Н. Принятие родителями как фактор психологического благополучия подростка // Вестник Приамурского государственного университета им. Шолом-Алейхема. – 2022. – №. 4 (49). – С. 95-100.
6. Баева И. А., Гаязова Л. А., Кондакова И. В. Личностные ресурсы психологической безопасности подростков и молодежи в образовательной среде // Интеграция образования. – 2021. – Т. 25. – №. 3 (104). – С. 482-497.
7. Кузьмишина Т. Л., Подымова Л. С. Социально-психологическое благополучие детей в школе: к проблеме исследования. – 2021.
8. Шамянов Р. М. и др. Характеристики школьного благополучия и тревожности подростков с ограниченными возможностями здоровья // Образование и наука. – 2022. – Т. 24. – №. 10. – С. 165-199.
9. Гришина Т. Г. Социально-психологические факторы ролевого поведения подростков в ситуации буллинга // Москва. – 2021.
10. Гурко Т. А. Динамика жизнедеятельности и факторы благополучия подростков // Мир России. Социология. Этнология. – 2023. – Т. 32. – №. 4. – С. 119-137.
11. Цыганов И. Ю., Бондаренко И. Н. Взаимосвязь психологического благополучия с личностными, регуляторными и мотивационными особенностями у обучающихся в средней школе // Вестник Государственного университета просвещения. Серия: Психологические науки. – 2021. – №. 4. – С. 40-61.
12. Коробейникова О. В. Психологическое благополучие подростков в разных образовательных средах // научно-практическая конференция молодых исследователей образования. – Новосибирский государственный педагогический университет, 2021. – Т. 17. – С. 180.

13. Вельмискина А. В. Эмоциональное благополучие как фактор социально-психологической адаптации подростков //Высшее педагогическое образование в провинции: традиции и новации. – 2023. – С. 118-123.

14. Петровская В. Г. Стиль педагогической деятельности и эмоциональное благополучие подростка //Вестник экспериментального образования. – 2021. – №. 4 (29). – С. 19-28.

15. Лактионова Е. Б. и др. Отношение к образовательной среде и психологическое благополучие учащихся специализированных и общеобразовательных школ //Педагогический имидж. – 2020. – Т. 14. – №. 3 (48). – С. 500-515.

16. Лобаскова М. М., Измайлова Ю. С. Эмоционально-поведенческие проблемы подростков, обучающихся в различных образовательных средах //Психология образования: современный вектор развития. – 2020. – С. 571-586.

17. Раку Ж. Особенности психологического благополучия и проявления невротизма у подростков //Психологія. Педагогія. Соціологія. – 2020. – Т. 61. – №. 4. – С. 108-116.

18. Сабирова Р.Ш., Алимбаева Р.Т., Капбасова Г.Б., Лазарева Е.А., Капашева Г.А. Психологическое благополучие казахстанской молодежи в контексте религиозной веры// Психология және социология сериясы. №4 (87). 2023. <https://doi.org/10.26577/JPsS.2023.v87.i4.06>

#### References

1. Ermolaeva M. V., Smirnova O. V. Osobennosti roditel'skogo obshheniya kak faktor psihologicheskogo blagopoluchija podrostkov //Psihologicheskaja nauka i obrazovanie. – 2020. – Т. 25. – №. 1. – С. 51-62.

2. Volkova E. N., Mikljaeva A. V., Horoshih V. V. Sub#ektivnye predposylki psihologicheskogo blagopoluchija odarennyh podrostkov //Psihologicheskaja nauka i obrazovanie. – 2022. – Т. 27. – №. 1. – С. 92-103.

3. Volkova E. i dr. Sub#ektivnye faktory psihologicheskogo blagopoluchija odarennyh podrostkov. – Litres, 2024.

4. Veraksa A. N., Kornienko D. S., Chursina A. V. Motivy ispol'zovanija socsetej, faktory onlajn-riska i psihologicheskoe blagopoluchie podrostkov v svjazi s integraciej social'nyh setej v ezhednevnuju aktivnost' //Rossijskij psihologicheskij zhurnal. – 2021. – Т. 18. – №. 4. – С. 30-46.

5. Plotnikova E. S., Kvashina N. N. Prinjatие roditeljami kak faktor psihologicheskogo blagopoluchija podrostka //Vestnik Priamurskogo gosudarstvennogo universiteta im. Sholom-Alejhema. – 2022. – №. 4 (49). – С. 95-100.

6. Baeva I. A., Gajazova L. A., Kondakova I. V. Lichnostnye resursy psihologicheskij bezopasnosti podrostkov i molodezhi v obrazovatel'noj srede //Integracija obrazovanija. – 2021. – Т. 25. – №. 3 (104). – С. 482-497.

7. Kuz'mishina T. L., Podymova L. S. Social'no-psihologicheskoe blagopoluchie detej v shkole: k probleme issledovanija. – 2021.

8. Shamionov R. M. i dr. Charakteristiki shkol'nogo blagopoluchija i trevozhnosti podrostkov s ogranichennymi vozmozhnostjami zdorov'ja //Obrazovanie i nauka. – 2022. – Т. 24. – №. 10. – С. 165-199.

9. Grishina T. G. Social'no-psihologicheskie faktory rolevogo povedenija podrostkov v situacii bullinga //Moskva. – 2021.

10. Gurko T. A. Dinamika zhiznedejatel'nosti i faktory blagopoluchija podrostkov //Mir Rossii. Sociologija. Jetnologija. – 2023. – Т. 32. – №. 4. – С. 119-137.

11. Cyganov I. Ju., Bondarenko I. N. Vzaimosvjaz' psihologicheskogo blagopoluchija s lichnostnymi, reguljatornymi i motivacionnymi osobennostjami u obuchajushhihsja v srednej shkole //Vestnik Gosudarstvennogo universiteta prosveshhenija. Serija: Psihologicheskie nauki. – 2021. – №. 4. – С. 40-61.

12. Korobejnikova O. V. Psihologicheskoe blagopoluchie podrostkov v raznyh obrazovatel'nyh sredah //nauchno-prakticheskaja konferencija molodyh issledovatelej obrazovanija. – Novosibirskij gosudarstvennyj pedagogicheskij universitet, 2021. – Т. 17. – С. 180.

13. Vel'miskina A. V. Jemocional'noe blagopoluchie kak faktor social'no-psihologicheskij adaptacii podrostkov //Vysshee pedagogicheskoe obrazovanie v provincii: tradicii i novacii. – 2023. – С. 118-123.

14. Petrovskaja V. G. Stil' pedagogicheskij dejatel'nosti i jemocional'noe blagopoluchie podrostka //Vestnik jeksperimental'nogo obrazovanija. – 2021. – №. 4 (29). – С. 19-28.

15. Laktionova E. B. i dr. Otnoshenie k obrazovatel'noj srede i psihologicheskoe blagopoluchie uchashhihsja specializirovannyh i obshheobrazovatel'nyh shkol //Pedagogicheskij imidzh. – 2020. – Т. 14. – №. 3 (48). – С. 500-515.

16. Lobaskova M. M., Izmajlova Ju. S. Jemocional'no-povedencheskie problemy podrostkov, obuchajushhihsja v razlicnyh obrazovatel'nyh sredah //Psihologija obrazovanija: sovremennyj vektor razvitija. – 2020. – С. 571-586.

17. Raku Zh. Osobennosti psihologicheskogo blagopoluchija i pojavlenija nevrozov u podrostkov //Психологія. Педагогія. Соціологія. – 2020. – Т. 61. – №. 4. – С. 108-116.

18. Sabirova R.Sh., Alimbaeva R.T., Kapasova G.B., Lazareva E.A., Kapasheva G.A. Psihologicheskoe blagopoluchie kazhstanskij molodezhi v kontekste religioznoj very// Psihologija zhane sociologija serijasy. №4 (87). 2023. <https://doi.org/10.26577/JPsS.2023.v87.i4.06>

#1(109), 2025 часть 1  
Восточно Европейский научный журнал  
(Санкт-Петербург, Россия)  
Журнал зарегистрирован и издается в России  
В журнале публикуются статьи по всем  
научным направлениям.  
Журнал издается на русском, английском и  
польском языках.

Статьи принимаются до 30 числа каждого  
месяца.

Периодичность: 12 номеров в год.

Формат - А4, цветная печать

Все статьи рецензируются

Бесплатный доступ к электронной версии  
журнала.

Редакционная коллегия

Главный редактор - Адам Барчук

Миколай Вишневецки

Шимон Анджеевский

Доминик Маковски

Павел Левандовски

Ученый совет

Адам Новицки (Варшавский университет)

Михал Адамчик (Институт  
международных отношений)

Питер Коэн (Принстонский университет)

Матеуш Яблоньски (Краковский  
технологический университет имени  
Тадеуша Костюшко)

Петр Михалак (Варшавский университет)

Ежи Чарнецкий (Ягеллонский университет)

Колуб Френнен (Тюбингенский  
университет)

Бартош Высоцкий (Институт  
международных отношений)

Патрик О'Коннелл (Париж IV Сорбонна)

Мацей Качмарчик (Варшавский  
университет)

#1(109), 2025 part 1  
Eastern European Scientific Journal  
(St. Petersburg, Russia)  
The journal is registered and published in Russia  
The journal publishes articles on all scientific  
areas.  
The journal is published in Russian, English  
and Polish.

Articles are accepted till the 30th day of each  
month.

Periodicity: 12 issues per year.

Format - A4, color printing

All articles are reviewed

Free access to the electronic version of journal

Editorial

Editor-in-chief - Adam Barczuk

Mikolaj Wisniewski

Szymon Andrzejewski

Dominik Makowski

Pawel Lewandowski

Scientific council

Adam Nowicki (University of Warsaw)

Michal Adamczyk (Institute of International  
Relations)

Peter Cohan (Princeton University)

Mateusz Jablonski (Tadeusz Kosciuszko  
Cracow University of Technology)

Piotr Michalak (University of Warsaw)

Jerzy Czarnecki (Jagiellonian University)

Kolub Frennen (University of Tübingen)

Bartosz Wysocki (Institute of International  
Relations)

Patrick O'Connell (Paris IV Sorbonne)

Maciej Kaczmarczyk (University of Warsaw)

**Давид Ковалик (Краковский  
технологический университет им. Тадеуша  
Костюшко)**

**Питер Кларквуд (Университетский  
колледж Лондона)**

**Игорь Дзедзич (Польская академия наук)**

**Александр Климек (Польская академия  
наук)**

**Александр Роговский (Ягеллонский  
университет)**

**Кехан Шрайнер (Еврейский университет)**

**Бартош Мазуркевич (Краковский  
технологический университет им. Тадеуша  
Костюшко)**

**Энтони Маверик (Университет Бар-Илан)**

**Миколай Жуковский (Варшавский  
университет)**

**Матеуш Маршалек (Ягеллонский  
университет)**

**Шимон Матысяк (Польская академия  
наук)**

**Михал Невядомский (Институт  
международных отношений)**

**Главный редактор - Адам Барчук**

1000 экземпляров.

Отпечатано в ООО «Логика+»

198320, Санкт-Петербург,

Город Красное Село,

ул. Геологическая,

д. 44, к. 1, литера А

«Восточно Европейский Научный Журнал»

Электронная почта: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>

**Dawid Kowalik (Kracow University of  
Technology named Tadeusz Kościuszko)**

**Peter Clarkwood (University College London)**

**Igor Dzedzic (Polish Academy of Sciences)**

**Alexander Klimek (Polish Academy of  
Sciences)**

**Alexander Rogowski (Jagiellonian University)**

**Kehan Schreiner (Hebrew University)**

**Bartosz Mazurkiewicz (Tadeusz Kościuszko  
Cracow University of Technology)**

**Anthony Maverick (Bar-Ilan University)**

**Mikołaj Żukowski (University of Warsaw)**

**Mateusz Marszałek (Jagiellonian University)**

**Szymon Matysiak (Polish Academy of  
Sciences)**

**Michał Niewiadomski (Institute of  
International Relations)**

**Editor in chief - Adam Barczuk**

1000 copies.

Printed by Logika + LLC

198320, Region: St. Petersburg,

Locality: Krasnoe Selo Town,

Geologicheskaya 44 Street,

Building 1, Litera A

"East European Scientific Journal"

Email: [info@eesa-journal.com](mailto:info@eesa-journal.com),

<https://eesa-journal.com/>