



*IV international scientific conference
Bern. Switzerland
25-26.11.2025*

THE FUTURE OF INTELLIGENCE: HUMAN, ARTIFICIAL, COLLECTIVE

*Proceedings of the IV International
Scientific and Practical Conference*

25-26 November 2025

BERN. SWITZERLAND

2025

UDC 001.1

BBC 1

IV International Scientific and Practical Conference «The future of intelligence: human, artificial, collective», November 25-26, 2025, Bern. Switzerland. 255 p.

ISBN 978-91-65424-48-7

DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.17952644>

Publisher: «SC. Scientific conferences»

Main organization: 

Editor: Hans Muller

Layout: Ellen Schwimmer

The conference materials are in the public domain under the CC BY-NC 4.0 International license.

The publisher is not responsible for the materials published in the collection. All materials are provided in the author's edition and express the personal position of the participant of the conference.

The sample of the citation for publication is Gugin Aleksandr, Lisnievska Yuliia ANTI-ADVERTISING IN THE HOTEL BUSINESS // IV International Scientific and Practical Conference «Science and technology in the XXI century: challenges and prospects», November 25-26, 2025, Bern. Switzerland. Pp.9-11, URL: <https://sconferences.com>

Contact information

Website: <https://sconferences.com>

E-mail: info@sconferences.com

Content

Agricultural sciences

Shainidze O., Diasamidze J. THE CURRENT STATE OF SELECTION, PRODUCTION, PROCESSING AND EXPORT OF MANDARIN VARIETIES IN GEORGIA AND RECOMMENDATIONS FOR THEIR IMPROVEMENT	4
--	---

Chemical sciences

Bissengaliyeva Gulbarshyn Bakmuratkyzy, Urkimbayeva Perizat Ibragimovna DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR PRODUCING BIODEGRADABLE POLYMERS FOR STABILIZING OIL EMULSIONS	14
Mukhangali Nazerke LABORATORY WORK AND ITS INFLUENCE ON CHEMISTRY LEARNING OUTCOMES IN HIGHER EDUCATION	27
Kasamanli H.Khayala, Namazova O.Leyli, Taghili N.Ilaha, Vugara S.Aliyeva, Hasanova N.Fidan NEW APPLICATIONS OF NINHYDRIN IN THE SYNTHESIS OF POLYHETEROCYCLIC COMPOUNDS	33

Economic sciences

Toleuov Adilbek ECONOMIC ASPECTS OF THE "SERPIN-2050" PROGRAM: AN ANALYTICAL RESEARCH PAPER	37
Musabekova A.O., Duisen A.E. NEW ROLE OF THE TEACHER IN THE AGE OF AI: FROM KNOWLEDGE TRANSMITTER TO TUTOR AND MODERATOR	39
Sabina Bəbirli, Gulnarə Tanrıverdiyeva THE MAIN DIRECTIONS OF ACCOUNTING REFORMS IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN	44
D.V. Berezheny, A.G. Samoilenko ECONOMIC JUSTIFICATION FOR THE USE OF INTERMODAL TRAINS	50

Historical sciences

Bayramova Ü.B., Mustafayeva C., Şamilova D.İ., Mehdiyeva H.Ş. THE 1918 MASSACRES IN SOUTHERN AZERBAIJAN	52
Kogambayeva Nazerke SETTLEMENT SYSTEM IN THE XV-XVII CENTURIES: RURAL AND URBAN LANDSCAPES OF SOUTH KAZAKHSTAN	55

Jurisprudence

Karlygash Rakhimzhanovna Useinova, Aset Abirbekovich Toktybaev, Arailym Makulbekovna Zhaparbek LEGAL ISSUES OF KAZAKHSTAN'S TRANSFORMATION IN THE CONTEXT OF THE INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES: ANALYSIS OF LEGISLATION AND PROPOSALS FOR ITS IMPROVEMENT	63
--	----

Medical sciences

Arman Khozhayev, Batyrkhan Begimbetov, Khassan Tangsu, Ilyas Nurushev, Gulfairuz Murzageldiyeva, Adil Shaikenov, Alisher Nuraddin, Adilkhan Zeinola, Zhansaya Tazhibayeva TUMORS OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM: CONTEMPORARY STATE OF THE PROBLEM	68
---	----

Pedagogical sciences

Absattarova Assel Kalaukyzy, Yilmaz Halit Satilmis, Gulmira Bekenova, Raikhanova Danara Kurmanovna ENHANCING ACADEMIC PERFORMANCE OF STUDENTS WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS THROUGH VIRTUAL LABORATORY ENVIRONMENTS	82
Altynshash Akhmetova, Yilmaz Halit Satilmis, Danara Raikhanova AI-SUPPORTED APPLICATIONS IN CHEMISTRY TEACHING: CURRENT USE, PERCEIVED BENEFITS AND CHALLENGES	94
Nabialy Amina Amanbaikyzy, Zhumabekova G.B. COMMUNICATIVE LESSON PLANNING FOR FOREIGN LANGUAGE CLASSES IN GRADES 10–11	102
Ainash Mussabekova, Turar Meirzhan INTEGRATION OF SCIENCE, TECHNOLOGY, AND ECONOMY IN THE EDUCATION SYSTEM	106
Azamatova Aizada PLAY-BASED LEARNING: THE EFFECTIVENESS OF THE JASPER METHOD AND ITS ROLE IN SUPPORTING THE DEVELOPMENT OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER	109
Aina Bagytzhanova, Raikhanova Danara Kurmanovna CHEMISTRY AFTER THE BELL: HOW EXTRACURRICULAR ACTIVITIES CHANGE STUDENTS' ATTITUDES TO SCIENCE	117
Galymbay A.Zh., Myrzakhanova D.E. BARRIERS TO IMPLEMENTING INCLUSIVE EDUCATION: TEACHERS' PERSPECTIVES	126

Kengeskanova Ayaulym, Kaptagay Gulbanu Alibekkyzy EFFECTIVENESS OF EXPERIMENTAL METHODS IN TEACHING THE MECHANICS SECTION	132
Myrzakhanova D.E., Razabekova A.N. THE USE OF SHADOWING TECHNIQUE TO IMPROVE SPEAKING SKILLS IN EFL STUDENTS	152
Ualikhan Diana Alimjanovna ENHANCING STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS THROUGH INQUIRY-BASED MATHEMATICS INSTRUCTION	157
Kanatbekova Zh., Myrzakhanova D. ENHANCING PRONUNCIATION PROFICIENCY USING THE AUDIO-LINGUAL METHOD FOR SECONDARY EDUCATION	166
Ali Nurgul Zhetesqyzy, Zhigitbekova Bakyt Dastanovna MODERN METHODS OF TEACHING ENGLISH TO STUDENTS WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS	173

Philological sciences

Mushfig Chobanov (Borchali) CONTEMPORARY AZERBAIJAN-GEORGIAN LITERARY RELATIONS: MADAD CHOBANOV AND LEYLA ERADZE	190
L.S. Bokayeva, M.Y Shingareva MULTIMODAL FEEDBACK TO IMPROVE THE QUALITY OF FOREIGN LANGUAGE LEARNING: WRITING AND SPEAKING	206
Shakhnoza Rustemova THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN ENHANCING STUDENTS' CRITICAL THINKING AND PROBLEM-SOLVING SKILLS	211

Philosophical sciences

Kostiantyn Korsak, Yuri Korsak ON THE FORMATION OF THE INTELLECTOSPHERE-XXI ON THE EXAMPLE OF ARCHAEOLOGY-XXI AS AN EXACT SCIENCE OF THE TRUE PREHISTORY AND FUTURE OF HUMANITY AND UKRAINIANS	214
--	-----

Physical sciences

S.T. Azizov, S.I. Qulieva, I.N. Ibrahimov DIELECTRIC RELAXATION OF THE ABSORPTION SPECTRUM OF ACETIC ACID	234
---	-----

Psychological sciences

Zholmurzaeva A.A., Karimova A.T. THE PHENOMENON OF DIGITAL ANXIETY IN TEENAGERS UNDER THE INFLUENCE OF SOCIAL NETWORKS	238
--	-----

Sociological sciences

Farzaliyeva Nubar Vugar, Jalilov Azer Muzadil INCLUSIVE EDUCATION AS A SOCIALLY SIGNIFICANT INNOVATION	241
--	-----

Technical sciences

Adilbekova Aizhan, Kerimbaeva Venera, Uipalakova Dinara, Aitbaeva Rakhatai REPLICATION OF A MONGODB DATABASE BASED ON THE LINUX OPERATING SYSTEM	244
Iskendiroya Gulzipa, Mirzaliyeva Shakhzoda ORGANIZING FUNCTION CALLS FOR PARALLEL EXECUTION OF THE BUBBLE SORT ALGORITHM USING THE MPICH LIBRARY	249

Agricultural sciences

THE CURRENT STATE OF SELECTION, PRODUCTION, PROCESSING AND EXPORT OF MANDARIN VARIETIES IN GEORGIA AND RECOMMENDATIONS FOR THEIR IMPROVEMENT

Shainidze O.

Professor,

Batumi Shota Rustaveli State University

Diasamidze J.

PhD Schola,

Ministry of Agriculture of Adjara

Abstract

Mandarin is one of the main agricultural products whose export brings in annual revenues to the Georgian economy. In this paper, an attempt has been made to analyze the The current state of selection, production, processing and export of mandarin varieties in Georgia and recommendations their improvement. The analysis is mainly based on the primary data collected from various actors along the value chain of mandarin using the semi-structured schedules in Georgia regions for mandarin crops respectively. The paper identifies the need for improving the performance of weak actors and controlling manufacturers along the value chain through institutional interventions keeping in view the larger societal need to control mandarin consumption.

Keywords: Mandarin, Varieties, Selection, Production, Processing Production, Exports, Fruit

Introduction

The citrus plant found almost everywhere in tropical, subtropical, and temperate regions (Wu et al., 2018). Currently, they are grown everywhere across the world. Brazil and China are the two countries with the largest commercial cultivation of citrus fruits along with 140 more countries (Kademi and Garba, 2017). Georgia ranks 30th among the mandarin producing countries by volume of production Based (FAO, 2016). Mandarin was introduced in Georgia at the end of the 19th century from Italy and Japan, and soon becoming popular (Jabnidze, 2016).

More than half of the agricultural holdings in Georgia (54%, totalling 24,000 holdings) include a small mandarin plantation (0.2 ha on average), yielding up to 2 tonnes of mandarins each year Although revenues from mandarin sales do not constitute the main source of income for such families, they still play an important part in generating revenues, particularly during the period before the New Year (RMEPAG, 2021).

Apart from farmers, the mandarin value chain in Georgia also includes the collectors, consolidation centres, exporters, processing companies and others. From the farmer until the consumer, the value chain creates 2-3x added value, which is distributed unevenly among the participants in the chain.

There is a lack of coordination and cooperation among farmers. There is also no vertically integrated value chain, and there are very few contractual relationships. Therefore, both the horizontal and vertical relationships in the chain are underdeveloped. The state and donor organisations play significant roles in the mandarin value chain (NSOG, 2022).

Since mandarin is the main agricultural crop in Georgia, numerous programmes and projects are directed towards the development of this field each year. Nevertheless, the sector faces numerous challenges: a large part (approximately 40-45%) of the mandarin plantations is either old or suffers from diseases, requiring replacement (Shainidze, 2013; Lamparadze, 1919).

Due to lack of knowledge and access to funding, farmers cannot maintain the full agro-technological cycle, leading to a decrease in the yield (approximately 10 tonnes), as well as a high share (around 20%) of non-standard fruit. There are few early-season and late-season mandarin cultivars in the region, which prevents lengthening of the harvesting season and subsequently achieving higher prices and revenues. The existing collection points and refrigeration facilities are often insufficient and do not satisfy the modern standards of quality that are prevalent in the leading mandarin-producing countries. Furthermore, the export markets of Georgian mandarin are less diversified, with more than 90% of the

exports going to high-risk markets (Russia and Ukraine). Beyond the traditional markets, it has not been possible to achieve coverage in new, more stable markets with high purchasing power. Against this background, it is becoming increasingly difficult to establish oneself on the EU. (MAA, 2023).

The testing and demonstration plots at NNLE Agro Service Center, operated by the Ministry of Agriculture, have been testing new mandarin cultivars for several years. Several cultivars have already been recommended, and the ministry is operating a programme to help farmers replace overage mandarin trees with new saplings (including early-season cultivars). Unfortunately, such saplings are produced in limited quantities, and cannot enable renewal of plantations on a massive level. On the other hand, farmers have themselves not been showing much interest in renewing plantations and employing modern approaches for plantation maintenance. Interest among young people is critically low.

Against the background of the challenges that exist in each link of the mandarin (selection, production, sorting, storage, packaging, labelling, etc.), it will be difficult to achieve a sharp increase in exports of Georgian mandarins to the EU market within a short period of time. However, by undertaking a consistent approach, it can be possible to realise the export potential of Georgian mandarins on the European market in the medium and longer term (MEPAG, 2023).

Materials and methods

The fieldwork was carried out in Adjara between October and December 2024-25. Analysis takes a holistic approach to analysis and includes consideration of direct actors, indirect actors and external influences.

The present paper adopts its own framework for analysis of the mandarin selection, production, processing and export of mandarin varieties. The analysis is mainly based on the primary data collected from various actors along the value chain of citrus by administering the semi-structured interview schedules to respective respondents in Adjara regions for mandarin respectively. In total 70 farmers, 5 from the citrus region. To get the relevant information from other actors, we surveyed 100-120 of each of the commission agents, merchants/traders, marketing agents, and retailers.

This study is based upon the analysis of the results obtained from various deskwork and fieldwork. More specifically, the deskwork included analysing (studying and processing) the existing data, such as statistics and publications. Furthermore, the modern literature, articles and strategic state documents related to mandarin production were studied.

Furthermore, a group visit was made to the mandarin export and processing plant in Kobuleti. Two researchers attended the citrus forum in Batumi. Finally, several meetings took place with representatives, from the Ministry of Agriculture of Adjara.

Results and Discussion

Monitoring has shown that among the mandarin varieties grown for industrial purposes in Georgia, the following are common: Unshiu, Georgian Early and Kovno-Vase. Various mandarin varieties are undergoing acclimatization in the Chakvi nursery. These are super early (Jura Vase, Mikho Vase), early (Okitsu Vase and others), medium early (Taguchi, Ohotsu and Miyaga Vases) and late (Nova, Satsuma, Klaus) mandarin seedlings. In addition, mandarin varieties bred by Georgian breeders are undergoing acclimatization in the nursery - Georgian Early, Megrelishvili Early, Shavishvili Early, Georgian high-yielding clone Rekvavas Michurineli and others.

Based on the 2022 agricultural census (ASCMAARA, 2023) there are 37,400 holdings operating citrus fruit plantations in Georgia. Most of these holdings own citrus gardens of up to 1 ha in area, and only 16 holdings have a plantation that is larger than 3 ha in area. 74% of the holdings are cultivating citrus fruit on areas between 0.10 and 0.49 ha. As for mandarin plantations specifically, the characteristics of an average holding are as follows: plantation size – 0.18 ha, which includes 120 mandarin trees; average yield – 1.8 tonnes (Table 1).

Table 1: Mandarin sector in Georgia

Location	Mandarin Plantations	Mandarin Trees in Plantations		Holdings with Trees in Plantations	Average mandarin Holding	
	ha (total)	Number of Trees (total)	Trees/ha	Number of Holdings	ha	Number of trees
Georgia	6 766	4 398 400	650	36 639	0.18	120
Adjara	4 836	3 143 500	650	24 142	0.20	130
Guria	1 516	985 600	650	8 346	0.18	118
Imereti	24	15 400	650	239	0.10	64
Samegrelo – Upper Svaneti	377	245 000	650	3 892	0.10	63

Types and varieties of mandarin

As the observations showed us mandarin cultivars differ by the strength and length of their development. Since Georgia is one of the most northerly mandarin-producing regions, it is easier to cultivate relatively frost-resistant species here. One such species is the Japanese cultivar Unshiu, which can withstand temperatures below -10 to -12 °C, and is widely used in Georgia. Its trees grow 4-5 m in height, and stand out through their broad oval crowns. The fruit is medium to large in size (50-75 g), seedless, sweet-sour, and its chemical composition is as follows: sugars – 6.17%; acidity – 0.98%; vitamin C – 36-38%.

Other cultivars that are popular in Georgia include the Georgian early-season cultivar, which represents a somatic mutation of the Unshiu. It was discovered in 1958 in Chakvi. Its trees are relatively short (1.8-2.5 m), with strong, compact branches. Its fruit is large (82-85g), round, with an aromatic, sweet-sour taste. Compared to Unshiu, the fruit ripens 25 days earlier. Kawano Wase is a cultivar of Japanese origin, and is a variation of the Unshiu mandarin. Its trees are 2.0-2.5m in height, while its fruit is large (75-90g), round, slightly flat, with a sweet-sour taste. The fruit ripens in the first half of October. Other known early-season cultivars include Miyagawa Wase, Okitse Wase, Miho Wase, Tiahara Unshiu, and others (Jabnidze, 2015).

Mandarin production in Georgia

Mandarin hold a 92% share in the country's citrus crop production. The volume of mandarin production in Georgia today varies from year to year, based on climate conditions and periodicity. In 2022, Georgia produced 63,100 tonnes of mandarins, while the record figure of 110,400 tonnes was set in 2013 (RMEPAG, 2023) (Figure 1).

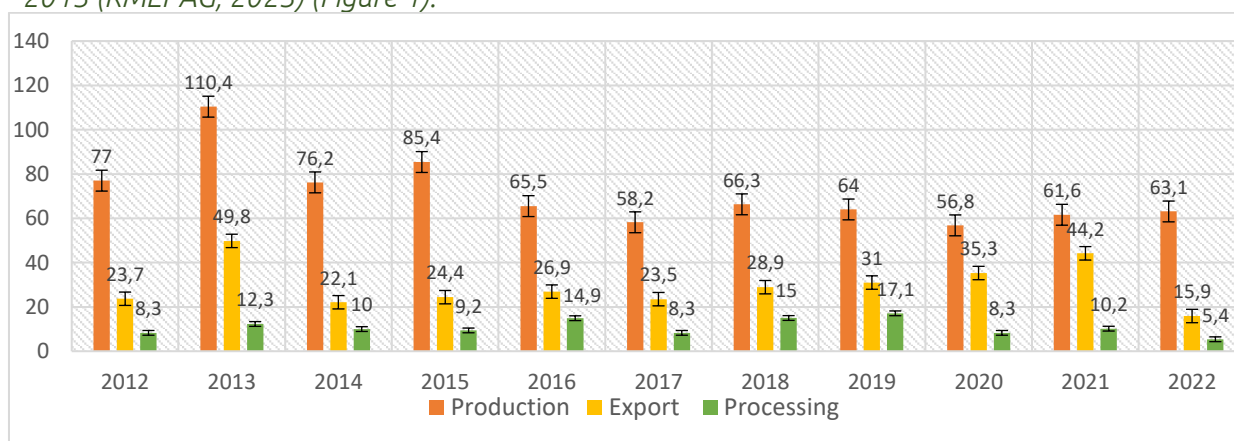


Figure 1: Mandarin fruit Production in Georgia

Mandarin production in Georgia by region

The main citrus fruit-producing regions in Georgia are Adjara, Guria, Abkhazia, Samegrelo, and to a lesser extent, Imereti. Approximately 70% of the country's citrus fruit is produced in Adjara (RMEPAG, 2023; MAARA, 2023) (Figure 2).

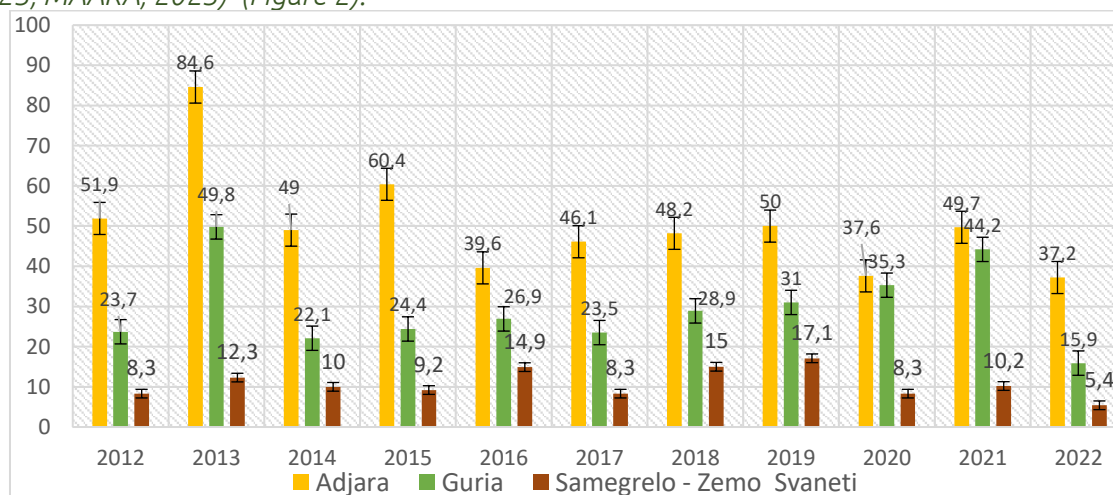


Figure 2: Mandarin production in Georgia by region

Mandarin Export from Georgia

From Figure 1, also it is clear that there is a sharp increase in mandarin exports between 2013 (49 800 t). These leaps coincided with relatively high yield figures in Georgia. Also, in the former case, the majority of exports went to Ukraine, while in the latter case, the growth in export figures was conditioned by the lifting of the Russian embargo on Georgian produce. Based on the official data from the last three years, Georgia's annual mandarin exports amounted to 30,000 tonnes on average (40% of the total output), representing a value of around \$11 million (MESDG, 2023).

The main export markets for Georgian mandarins are countries of the former USSR, and particularly Russia, Armenia and Ukraine, which account for more than 50% of the mandarin exports over the past three years (Khatishashvili et al., 2021) (Table 2).

With regards to the price of mandarin exports, the highest figures were recorded in 2014, when they reached the 576 USD/t mark. The subsequent slight decrease in prices was largely due to the devaluation of the lari against the US dollar, as the figures would have continued to grow if converted into the national currency. The average figure for the last three years was 438 USD/t. The highest price for Georgian mandarin exports during this period was recorded in Belarus (545 USD/t), while the lowest prices were recorded in Kazakhstan (361 USD/t) and Uzbekistan (398 USD/t). The prices on the largest export markets were 448 USD/t for Russia and 409 USD/t for Ukraine (DCFTASP, 2022). Mandarin export from Georgia starts in October, peaking during the most active phase of the in November and December. By February and March, the volume of mandarin export is greatly reduced.

Table 2: Exported tangerines by country in 2014 - 2023 (thousand tons)

N	Country	Year								
		2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022
1.	Russia	11,772	21,428	17,934	15,352	20,014	20,783	22,553	26,133	11,402
2.	Belarus	572	242	116	172	120	319	220	175	100
3.	Azerbaijan	2,22	607	20	44	515	22	437	-	-
4.	Armenia	1,29	837	3,120	2,442	2,215	4,428	8,868	6,735	3,490
5.	Ukraine	5,31	4,07	7,992	5,132	6,424	5,257	5,343	3,851	271
6.	Kazakhstan	185	447	312	153	138	140	-	-	101
7.	Uzbekistan	-	-	97	241	260	-	-	-	-
8.	Moldova	-	-	32	-	-	198	1,050	545	-
9.	Kyrgyzstan	-	-	139	-	-	58	-	80	-
10.	Qatar	-	-	-	1	-	4	-	301	-
11.	Latvia	-	-	-	-	40	-	-	-	-
12.	Lithuania	-	-	-	3	-	120	-	-	-
13.	Estonia	-	-	-	-	-	-	-	124	-
14.	Poland	-	-	20	30	-	40	-	-	-
15.	Slovenia	-	-	-	-	-	300	-	234	-
16.	Singapore	-	-	-	-	-	1	-	-	-
17.	Turkmenistan	-	-	-	-	-	-	306	-	-
18.	All the rest	757	74	-	-	-	-	473	89	-
Total (tons)		22,118	27,707	29,782	23,569	29,726	31,670	39,250	38,267	15,364

Export of Mandarin Concentrate

Apart from fresh mandarins, Georgia has also been actively exporting mandarin concentrate¹⁰ since 2012. Over the last three years, the country has exported an average of over 700 tonnes of mandarin concentrate worth approximately \$1 million each year. The main destination countries for mandarin concentrate exports are high-value markets such as Israel and Japan, which account for 75% of the exports. Other destinations include France, Netherlands, Switzerland, Russia and Ukraine. The average price of the concentrate is 1400-1500 USD/t (Kochlamazashvili et Archvadze, 2020) (Fig. 3).

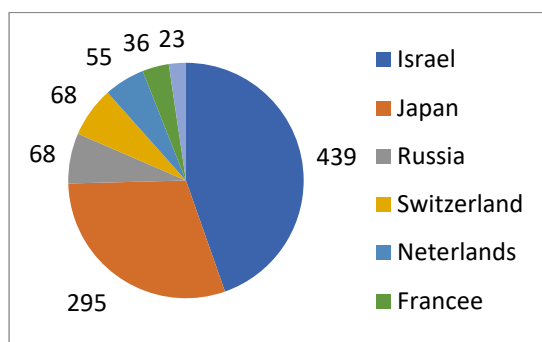


Figure 3: Export destinations of mandarin concentrate from Georgia

Mandarin produced in Georgia

Mandarin produced in Georgia is mainly divided into three categories - Super, Class 1 (both in the standard category), and NS (non-standard).

Non-standard mandarin includes fruit that has a diameter of less than 40-45 mm, and/or a damaged surface. The percentage of non-standard fruit within the total yield varies from one year to another, mainly depending on weather and quality of plantation maintenance. In 2020-2022, the share of non-standard mandarin was 17% on average. This category of mandarin fruit has been subsidised by the government for several years. Whenever a processing company pays at least 20 tetri (0.2 lari) per kilogram, the state covers 10 tetri of that amount (ITC, 2020).

Based on the average figures from the last three years, 11,000 tonnes of mandarin are processed in the country as a whole. As the average price is 0.20 GEL/kg, we can assume that farmers' revenues from selling non-standard fruit is approximately 2.2 million per year, half of which is paid by the processing company, while the other half is subsidised by the state.

Processing companies use non-standard mandarin to produce mandarin concentrate. On average, 15 tonnes of mandarin produce 1 ton of concentrate, which has a sugar content of 60%. In turn, 1 litre of concentrate produces 5 litres of juice. Thus, we can calculate that 3 kg of non-standard mandarins produce 1 litre of juice. Concentrate can be stored for 2 years in refrigerated conditions.

Each year, a minimum of 20% of the harvested mandarins end up in the non-standard category, which twice exceeds the figures in major mandarin-producing countries (For example, the share of non-standard mandarin in Turkey does not exceed 8-10%) (Kharaishvili and Suknishvili, 2021).

Standard mandarins are divided into two quality categories – Super, which is larger than 55 mm in diameter and has an undamaged surface, and Class 1, which has a diameter of 45-55 mm and insignificant damages to its surface. Standard mandarins are sold both on the local and export markets. Fruit designated for export is calibrated, waxed (though not in all cases), placed in plastic, cardboard or wood packaging, and sent to destination countries using various forms of transport (Kochlamazashvili and Saghareishvili, 2018).

The analysis showed that approximately 1/3 of the mandarin harvest is consumed on the domestic market. These are largely standard mandarins, although in recent years, the relatively undamaged, non-standard fruits have also been sold in fresh form on the local market.

Average domestic consumption of mandarins in 2020-2022 was 22,400 tonnes, of which 1400 tonnes (6.25% of the total) were imported, while Georgian produce accounted for the rest (Kharaishvili et Suknishvili, 2021; Koghuashvili et al., 2023).

Participants from mandarin producers to consumers participants in Georgia

Participants from mandarin producers to consumers participants can be divided into the following groups: Suppliers of Raw Materials (Saplings, Pesticides et al.), Farmer, Collector/Sorter, Processing /caning, Collector/Sorter, Storage/refrigeration faciuti, Exporter, Mandarin importr, Retailer, Jucers producers (Georgia), Consumerns (Georgia), Juce producers (Abroad), Export logistics (Transport, Documentation), NoN-Governmentalorganisations/Donors, Associations (Farmers, Prcessors), Extension and education –Alinstitutions, Financial institutiones (Banes, Microfinance and insurance companies), State Departaments and Ministry of Agriculture of Georgia (Fig. 5).

The main ones are:

Suppliers of Raw Materials

Mandarin cultivation requires the following: suitable soil, saplings, pesticides, and a good extension service.

Soil

Although Georgia is one of the most northerly producers of citrus fruit, it has considerable production

potential that was analysed centuries ago, when mandarin plantations were first introduced in the country. Through proper soil analysis, the fertile surface of the soil can be appropriately enriched for mandarin plantations. There are laboratories operating in the region, and the state even subsidises such tests. However, it transpired that these labs cannot conduct tests for all of the substances, requiring more thorough and expensive tests to be conducted. Land in Georgia is sparse and fragmented, which hinders the establishment of large plantations in the region. Further problems are presented by unregistered lands and underdevelopment of the land market as a whole.

Saplings

Agro Service Center began testing new cultivars in 2012, and has been issuing recommendations regarding the use of various cultivars that are suited to the subtropical conditions in Georgia (e.g. Tiahara Unshiu). Participants in the state programme receive these saplings in return for a small contribution (provided they satisfy the terms). Furthermore, saplings are sold by several private nurseries.

Pesticides

There are now numerous suppliers and distributors/sellers of pesticides operating in the region. However, many farmers point out that the quality of the products often does not correspond to the price. Farmers treat plants with cheap chemicals, and are not fully adhering to the agro-technological map. As a result, the yield is low, and the percentage of low-quality (non-standard) mandarins in the total yield is quite high (20% on average) (Koghuashvili et al., 2023).

Farmers

According to GeoStat's 2014 agricultural census, Adjara has up to 24,000 mandarin-producing agricultural holdings with an average area of 0.2 ha. Some holdings operate a plantation on two different plots, which complicates the plantation maintenance process and increases costs. Mandarin plantations in Georgia cover approximately 4800 hectares with more than 3 million mandarin trees in total. Farmers differ from each other in terms of mandarin plantation maintenance. In this regard, the study identified three types of farmers, which are described in detail below (Lowder et al., 2021).

Citrus Fruit Sorting and Refrigeration Facilities

Mandarins in Georgia are prepared for export by up to 40 citrus fruit sorting facilities. Their combined processing capacity exceeds 30,000 tonnes. Here, mandarins are calibrated, waxed, placed in plastic, cardboard or wood packaging, and packed into pallets. Boxes can also be produced for 45,000 tonnes of mandarins.

Starting in 2014, the region has seen the establishment of agricultural cooperatives, which are operating with the support of the government and donor organisations. As of today, there are 10 cooperatives operating in Georgia. They are mainly involved in the value chain through collecting, sorting and preparing the fruit for export or for sale on the domestic market.

Modern refrigeration facilities operating in Georgia can store up to 7000 tonnes of citrus fruit. Furthermore, there are household cellars that can each store several tonnes of fruit, but the temperatures and humidity levels do not correspond to the required standards. Nevertheless, these cellars are frequently used to supply local markets, or for short-distance exports.

In spite of the above, the shortage of intermediate links (collection, sorting and refrigeration facilities) is regarded as one of the main obstacles to the development of the sector. The Georgia Ministry of Agriculture has initiated relevant projects to address this issue (NSOG, 023).

Processing / Canning

A large part of non-standard mandarins are purchased by two large processing companies, which pay an average of 20 tetri (€ 0.2) per kilogram, of which 10 tetri are subsidised by the state. These enterprises are processing approximately 11,000 tonnes of non-standard mandarins each season, with most of the mandarin concentrate being exported abroad.

Exporters

For several years, Georgia has been operating citrus fruit headquarters based on 'one-window principle,' whereby exporters can prepare export documents in approximately 1 hour, and pay only for a phytosanitary certificate for each container. According to the data obtained from the headquarters, there were a total of 30 exporters registered.

Interestingly, many intermediate links use the exporters to take mandarins abroad. Several intermediaries have stopped exporting the fruit themselves, preferring to sell mandarins through exporters, rather than take responsibility for transporting and selling the produce themselves.

Retailers

Retailers purchase the sorted mandarins in order to sell them directly to the consumer. Retailers usually sell mandarins on open markets, as well as roadside and street stalls. Small market shops and

supermarkets sell the fruit in a more sophisticated form.

Georgian Consumers

The study showed that the local population consumes a considerable amount of mandarin. Consumers prefer Georgian mandarin due to its natural appearance, taste, acidity, healthy elements and sugar content. Georgian consumers buy mandarins based on the size, colour and taste of the fruit. The price of mandarin is affordable for them during the season, and more or less affordable during the off-season. Some Georgian consumers consume processed mandarins in the form of juice, while others rarely consume it. Consumers of processed mandarins believe that imported products are more accessible on the local market than its local equivalent.

Foreign Consumers

A survey of foreign consumers showed that they like Georgian mandarin due to its taste (it is slightly sour), its relatively low price, as well as the fact that it has a less 'perfect' appearance, which for many people is a sign that it is more natural. Foreign consumers identify the price as the only major element that gives Georgian mandarin potential on the European market. Their advice with regards to entering the EU market mainly concerns product certification and branding.

Processed products mentioned by foreign consumers include mandarin juice, canned mandarin and jam (e.g. in Germany, Wilkin & Sons products imported from the U.K.), although they are not familiar with any products made from Georgian mandarin. Demand for mandarins is particularly high during winter, but also during spring, when there is a threat of cold viruses (as mandarin is rich in Vitamin C).

State Departments

The Ministry of Agriculture is implementing several projects that are specifically designed for citrus fruit farmers. One such project, set up in 2011, involves the demonstration plots where new citrus fruit cultivars (including 64 new mandarin cultivars) are being tested. Several of these cultivars have already been officially recommended and cultivated on 7 hectares of land through state support, with a further 9 hectares planned for 2017-2018. In 2013-2014, the government supported the establishment of up to 30 collection points (consolidation centres), which are still operating today, helping farmers and intermediaries collect, sort and prepare mandarins for export or for sale on the domestic market. For several years, the Ministry of Agriculture has been trying to raise citrus fruit producers' awareness in field conditions through its own efforts, as well as through the extension service. Work is also ongoing on the demonstration plots, where farmers will learn all the necessary procedures and activities in accordance with the agro-technological calendar of the mandarin crop.

The citrus fruit headquarters has been operating since 2014, coordinating the mandarin harvesting process. The headquarters operate a hotline, as well as a 'one-window principle' for preparing export documents, which simplifies the procedures, saves time and reduces business costs. The headquarters also oversees the processing of non-standard mandarins, where the state subsidises half of the amount.

A state-funded agricultural insurance project, which includes the mandarin crop, has been operating for several years. This is also a state-subsidised programme, which allows mandarin growers to pay only 300 lari per hectare, with the remaining 700 being covered by the state. The agricultural insurance programme currently has certain flaws, with farmers complaining about the damage assessment process, as well as the length of the insurance period.

Specialists from the Department for Rural Development and the Agricultural Project Implementation Service of the Adjarian Ministry of Agriculture represent one of the most important sources of information in the region. Furthermore, they collect information about the mandarin plantations, the expected yield, market prices, etc.

Programmes of the Georgian Ministry of Environmental Protection and Agriculture that are directly related to the mandarin sector include "Plant the Future," "Preferential Agro Credit," "Enterprise Georgia" and "Agricultural Insurance." These programmes are implemented by the Agricultural Projects Management Agency, in cooperation with the private sector. "Plant the Future," which aims to support the cultivation of perennial crops, does not yet have any beneficiaries from the citrus fruit sector. This is partly due to the programme's minimum requirement of 1 ha of land, but also due to a lack of interest from the citrus farmers towards the programme.

Nevertheless, the Georgian Ministry of Agriculture, through the Agricultural Projects Management Centre, is implementing the "Effective Perennial Agricultural Crop Production Support" programme, which will see early-season mandarin gardens being cultivated on a 9 ha area this year, and on a 125 ha area in 2025. The programme funds the cultivation of a 0.05-1.00 ha sized garden for each beneficiary. In case of mandarin gardens, farmers and agro-entrepreneurs receive the following types of funding for the purchase of early-season mandarin saplings: 100% of the cost of saplings for the renewal of overage

gardens; and 30% of the cost of saplings for the cultivation of new plantations.

Another noteworthy project is the internship programme of the Georgian Ministry of Agriculture, which offers young people studying in the field of agriculture paid internship opportunities each year. This is a good experience for students, particularly against the background of a virtual lack of interest among young people for citrus fruit production.

Over the past several years, the city of Batumi has hosted the annual Citrus Forum. Organised by the Adjarian Ministry of Agriculture, it takes place in September, and includes participants from various countries²⁰. The forum involves business-to-business (B2B) meetings between the participants before the start of the mandarin season. Furthermore, the ministry organises the annual citrus festival, which usually takes place in December.

International Donor Organisations and Local Non-Governmental Organisations

Numerous international organisations have been operating in Georgia over the years. Several organisations are still active in the agriculture sector today, usually helping mandarin-growing farmers by providing training, equipment, etc. To this end, we must highlight the EU's ENPARD programme, which is still being implemented through the United Nations Development Programme today. The project has supported up to 15 cooperatives in the region. Also worth highlighting is USAID's "Economic Prosperity Initiative" project, which provided citrus fruit-producing farmers with intensive training regarding mandarin plantation maintenance, with a view to increasing the yield and the quality of the produce. This programme ran for 2 years, and based on expert assessment (delivered in 2019), farmers who made proper use of the knowledge obtained through the training programme would be able to penetrate the European market and compete with other exporters within approximately 5 years (by 2019-2024). Unfortunately, 4 years later, there are very few cases of Georgian mandarin reaching the EU market – in 2019, one container (20 tonnes) was exported to Poland, and 3 tonnes to Lithuania.

Apart from international donor organisations, we must also highlight the role of the local NGOs that are actively involved in the development of the mandarin sector. These include by the biological farming association Elkana and the Black Sea Eco Academy, which provide mandarin-producing farmers with training in various fields.

Financial Institutions (Banks, Microfinance Organisations and Insurance Companies)

Although there are many financial institutions operating in the region, lack of access to loans is regarded as one of the main obstacles facing the local farmers. To this end, the "Preferential Agro Credit" programme implemented by the Agricultural Projects Management Agency is seen as one of the few sources of cheap loans available to the farmers. This programme is well suited for large enterprises. However, small enterprises such as citrus fruit farms, of which there are many in Adjara, find it difficult to access loans through this programmes, as banks are often asking for high-liquidity assets as collateral. Therefore, accessing funds remains a major challenge for small and medium enterprises in the region (NSOG, 2023).

With regards to agricultural insurance, the government, in cooperation with the private sector (i.e. the insurance companies), began insuring harvest and subsidising insurance premiums several years ago, in order to reduce risks for farmers. More specifically, the insurance covers climate-related risks (hail, flood, storm, as well as autumn cold snaps from 1 September until 30 November). The table 3 shows the main characteristics for buying insurance and calculating/paying out for the potential damages. This insurance covers the harvest, and is only valid until 10 December (MESDG, 2023).

Changes in the Agricultural Insurance Programme came into force 2024 year, whereby only those farmers who have registered their plots and obtained the appropriate cadastral codes can benefit from the programme. In the short term, this is likely to lead to a decrease in the area of insured mandarin plantations. On the other hand, this may push the farmers towards registering their land, which will enable improvement of the Georgian land market. It is also important to continue and strengthen the development of agricultural insurance in Georgia.

Sectoral Associations

Although there are farmers' associations in Georgia, none of them are operating specifically for the benefit of citrus fruit growers. Mandarin growers themselves are not showing a particular interest towards establishing a farmers' association of this kind.

Educational Institutions and Research Centres

The region has several universities and colleges. The Shota Rustaveli State University in Batumi has quite a long history, and is regarded as one of the leading regional universities in the field of agriculture. The university's faculty of technology devotes particular attention to studying citrus fruit production. However, modern approaches towards the aforementioned studies need to be strengthened.

International Trading Environment and Logistics

Georgia is a member of the World Trade Organization. It has favourable trade agreements with the European Union, the CIS, Turkey, the United States and Japan. Trade relations with China were strengthened in 2016.

If Georgia can produce high-quality mandarins that satisfy the appropriate standards, it can export the fruit to the aforementioned countries under low-tariff or even tariff-free conditions. Competition is also likely to increase on the domestic market, as the trade agreements are mutually beneficial.

Customs arrangements for the goods designated for export are carried out by the customs authorities. Enterprises can implement these arrangements at the citrus fruit headquarters in Georgia under the 'one-window principle'. However, a lot of work remains to be done with regards to farmers and enterprises within the value chain obtaining certificates of high standards. Up to 30 exporters in Georgia are transporting mandarins abroad using refrigerated trucks, as well as ferries for maritime export to Russia and Ukraine (APMA, 2023).

Conclusion and Recommendations

The analysis identified several significant obstacles that are related to the following three groups: production, post-harvest activities (sorting, storage and processing) and sales. Achieving rapid development of the sector requires a comprehensive approach with regards to strengthening each link of the value chain. Existing plantations must be renewed, early-season and late-season cultivars developed, and productivity increased by improving maintenance. Farmers should become more actively involved with the demonstration plots, in order to better familiarise themselves with the agricultural technologies, as well as learn and implement the modern approaches that constitute best practices in mandarin-producing countries.

According to experts, proper maintenance of existing gardens (through improved lopping, use of fertilizers and plant protection) can increase the yield by up to 300%. This will require good extension work based on practical learning.

In order to renew overage plants and plant early-season and late-season cultivars, it is recommended that the Agro Service Center increases the number of tried and tested cultivars. This will enable a faster renewal of plants.

In order to develop the refrigeration, collection and sorting facilities, it is recommended that farmers consider establishing cooperatives in order to achieve development both on the horizontal level (through cooperation among farmers) and the vertical level in the value chain. This will allow them to create added value, e.g. by developing the calibrating and storage facilities and collaborating directly with the exporters, or by conducting the exports through their own efforts. Furthermore, it is possible to unite the existing players (farmers, collectors, exporters) into such associations to create a strong, vertically integrated chain.

In order to prolong the season, it is important to develop refrigeration enterprises in the region. This can be achieved through farmers' unions. Generally speaking, establishing farmers' cooperatives or associations that will focus on supplying farmers with various services will strengthen the farmers' position on the market with regards to selling their produce. It will also be possible to jointly purchase agricultural products and extension services under the umbrella of a cooperative, which may provide a source of scale economies for small farmers.

Market diversification must be emphasised to ease the country's dependence on the Russian market – an unpredictable market that contains substantial marketing risks. To this end, we must identify countries where Georgian mandarins can be exported to.

The product quality needs to be improved, and relevant standards have to be maintained. More importantly, the Georgian satsuma cultivar needs to be introduced to the European consumer. It must be positioned as a natural product that contains less sugar and has more health benefits than the European clementine.

In order for the mandarin sector and its value chain links to function effectively, it will be necessary to enhance knowledge through modern methods and approaches. The region's universities must strengthen the mandarin cultivation/storage/processing professions and courses, which ought to be based both on theory and on practical learning.

References

1. Agro Service Center of the Ministry of Agriculture of Autonomous Republic Adjara. ASCMAARA (2023). The main characteristics of the Georgian mandarin sector. Available at: <http://agrosc.ge/green-house.php?id=2&lang=ge>.
2. Deep and Comprehensive Free Trade Area Agreement – Support Portal. DCFTASP (2022). Citrus fruit Production in Georgia. Available at: <http://www.dcfta.gov.ge/>.

3. Food and Agriculture Organization of United Nations. FAO (2023).
4. International Trade Centre. ITC (2020). Description of the Mandarin Value Chain. Available at: www.trademap.org.
5. Jabnidze, R., Goguadze, V., Jabnidze, N. (2015). Agroecological Basis for Development of Subtropical Cultures in Adjara in the Conditions of Market Economy. *Anal. of Agriculturian Science*, pp. 68-72
6. Jabnidze, R. (2016). Studying the acclimatization and agricultural peculiarities of early species of tangerine introduced from Japan in condition of Adjara. 3rd International Symposium on EuroAsian Biodiversity, Turkey, pp. 237-238. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/334451977>.
7. Kademi, H.I., Garba, U. (2017). Citrus peel essential oils: A review on composition and antimicrobial activities. *International Journal of Food Safety, Nutrition and Public Health*, 9:38-44.
8. Kochlamazashvili, R., Archvadze, I. (2020). Georgia's agriculture faces actual challenges. *J. Economics and Business* №3, pp. 67-84.
9. Kharaishvili, E., Suknishvili, M. (2021). Agribusiness development trends in Georgia: modern challenges and solutions. *Economics, Ecology, Socium*, N5(4) Available at: <https://ees-journal.com/index.php/journal/article/view/182>.
10. Kochlamazashvili, R. and Saghareishvili, M. (2018). Mandarin Value Chain Analysis." People in Need and PMC Research Center, Tbilisi. Available at: http://www.pmcg-i.com/media/k2/attachments/VCA_Mandarin.pdf.
11. Koghuashvili, P., Archvadze, J., Chikhladze, N. (2023). About one aspect of state support for farms. *Economic Profile*, Volume 17, Issue 2(24):74-80.
12. Lowder, S.K., Jakob, S. and Raney, T. (2021). The Number, Size, and Distribution of Farms, Smallholder Farms, and Family Farms Worldwide." *World Development*, 87: 16-29. <https://doi.org/10.1016/J>.
13. Ministry of Agriculture of Autonomous Republic Adjara. MAARA (2023). Report on the production and sale of citrus fruits in 2023. Available at: <http://adjara.gov.ge/Branches/description>.
14. Ministry of Agriculture of Autonomous Republic Adjara. MAA (2023). Cost and Revenue Analysis. Available at: <https://srca.gov.ge/en/news/25450> (Accessed: December, 2023).
15. Ministry of Environment Protection and Agriculture Georgia. MEPAG (2023). State Agricultural Insurance Project – Mandarins. Available at: <https://m.facebook.com/posts>.
16. Ministry of Environment Protection and Agriculture of Georgia. MEPAG (2023). The export potential of Georgian mandarins on the European market in the medium and longer term. Available at: <https://mepa.gov.ge/En/>.
17. Ministry of Economy and Sustainable Development of Georgia. MESDG (2023). Available at: <https://trade.ec.europa.eu/access-to-markets/en/content/eu-georgia-deep-and-comprehensive-free-trade-area>
18. National Statistics Office of Georgia. NSOG (2022-23). Statistical analysis of mandarin consumption, production and sales. [Online] Available at: <https://www.geostat.ge/en>.
19. National Statistics Office of Georgia. NSOG (2024). Revenues from mandarin. Available at: <https://www.geostat.ge/en>.
20. RMEPAG (2021-23). Report on citrus orchards and production in 2021. Ministry of Environment Protection and Agriculture of Georgia [Online] Available at: <https://www.geostat.ge/ka/single-categories/>
21. Shainidze, O. (2013) The results of phytopathological research in Adjara. Book. Batumi State University Publishing House, pp. 3-355. pp. 3-304.
22. Wu, G.A., Terol, J., Ibanez, V., López-García, A., Pérez-Román, E., Borredá, C., Domingo, C., Tadeo, F., Carbonell Caballero, J., Alonso, R. (2018). Genomics of the origin and evolution of Citrus. *Nature Cell Biology*, 554:311-316.

Chemical sciences

DEVELOPING A TECHNOLOGY FOR PRODUCING BIODEGRADABLE POLYMERS FOR STABILIZING OIL EMULSIONS

Bissengaliyeva Gulbarshyn Bakmuratkyzy

2nd-year Master's student,

Al-Farabi Kazakh National University

Urkimbayeva Perizat Ibragimovna

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,

Al-Farabi Kazakh National University

МҰНАЙ ЭМУЛЬСИЯЛАРЫН ТҰРАҚТАНДЫРУДА ҚОЛДАНЫЛАТЫН БИОЛОГИЯЛЫҚ ЫДЫРАЙТЫН ПОЛИМЕРЛЕРДІ АЛУ ТЕХНОЛОГИЯСЫН ӘЗІРЛЕУ

Бисенгалиева Гүлбаршын Бакмуратқызы

Магистрант, 2-курс,

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Ұркімбаева Перізат Ібрагимқызы

Химия ғылымдарының докторы, доцент

Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Abstract

This study focuses on developing a technology for producing a biodegradable polymer designed for stabilizing crude oil emulsions. The relevance of the research is determined by the high stability of heavy oil emulsions, their adverse impact on industrial processing stages, and the ecological limitations associated with conventional synthetic stabilizers. The primary objective was to obtain an environmentally safe, efficient, and structurally controllable polymer based on natural polysaccharides.

The materials and methods involved processing natural polysaccharides (chitin, starch, alginate) through chemical and enzymatic hydrolysis, followed by carboxylation and sulfation steps, and subsequently converting the modified structures into solid particle-based stabilizers characteristic of Pickering-type emulsions. The physicochemical properties of the resulting biopolymers particle size, ζ -potential, contact angle, and viscosity were characterized and their stabilizing performance in oil emulsions was experimentally assessed.

The findings demonstrate that the synthesized biopolymer particles strongly adsorb at the oil-water interface, forming a robust solid particle-derived interfacial layer capable of maintaining droplet sizes within the 10-120 μm range. At a concentration of 0.5 wt%, viscosity increased by 20-35%, sedimentation rate decreased by 45-60%, and no coalescence was observed for up to 60 days. These results reveal a clear relationship between polymer structure and interfacial stabilization efficiency, confirming the effectiveness of the developed technology.

Overall, the obtained biopolymer can be considered an environmentally sustainable alternative to synthetic surfactants and shows strong potential for application in oil emulsion control, transportation, and processing optimization.

Аннотация

Бұл зерттеу мұнай эмульсияларын тұрақтандыруға арналған биологиялық ыдырайтын полимерді алу технологиясын әзірлеуге бағытталды. Зерттеудің өзектілігі ауыр мұнай эмульсияларының тұрақтылығы, олардың өндірістік процестерге тигізетін әсері және синтетикалық тұрақтандырғыштардың экологиялық шектеулерімен анықталады. Мақсат ретінде табиғи полисахаридтер негізінде экологиялық қауіпсіз, тиімді және құрылымы басқарылатын полимер әзірлеу қойылды.

Материалдар мен әдістер табиғи полисахаридтерді (хитин, крахмал, альгинат) химиялық және ферментативтік гидролиз арқылы өңдеуді, карбоксилдеу және сульфаттауды, сондай-ақ алынған құрылымдарды Pickering-типті бөлшектерге айналдыруды қамтыды. Биополимерлердің физика-химиялық қасиеттері (бөлшек өлшемі, ζ -потенциал, жанасу бұрышы, тұтқырлық) сипатталып, мұнай эмульсияларындағы

тұрақтандыру тиімділігі эксперименттік түрде бағаланды.

Зерттеу нәтижелері алынған биополимер бөлшектерінің мұнай-су интерфейсында тұрақты адсорбцияланып, 10-120 μm диапазонында тамшы өлшемін ұстайтын берік қатты бөлшектерден түзілген қабат түзе алатынын көрсетті. 0.5 wt% концентрацияда тұтқырлық 20-35% артты, седиментация жылдамдығы 45-60% төмендеді, ал коалесценция 60 күн бойы байқалмады. Бұл полимер құрылымы мен интерфейстік тұрақтандыру қасиеттері арасындағы байланыс технологияның тиімділігін айқындады.

Қорытындысында әзірленген биополимер синтетикалық ПАВ-тарға экологиялық қауіпсіз балама ретінде қарастырылып, мұнай эмульсияларын басқаруда, тасымалдау және дайындау процестерін оңтайландыруда қолдануға қабілетті екені анықталды.

Keywords: biodegradable polymer, particle-stabilized emulsions, oil-water interface, polysaccharides, stabilization, heavy oil.

Кілт сөздер: биологиялық ыдырайтын полимер, Пикеринг эмульсиялары, мұнай-су интерфейсі, полисахаридтер, тұрақтандыру, ауыр мұнай

Кіріспе

Мұнай өндіру, жинау, дайындау және тасымалдау процестерінде су-мұнай эмульсияларының түзілуі - өнеркәсіптік жүйелердің барлық сатыларында жиі кездесетін құбылыс. Эмульсиялар мұнайдың қасиеттеріне, кен орны геологиясына, өндірістік жағдайларға және физика-химиялық факторларға байланысты қалыптасады. Мұнай құрамындағы шайыр-асфальтен кешендері, табиғи беттік-белсенді заттар, минералды тұздар және механикалық қоспалар су тамшыларының бетінде тұрақты қабат түзеді. Бұл қабат тамшылардың коалесценциясын тежеп, оларды ұзақ уақыт бойы диспергирленген күйде ұстап тұрады. Өзбекстанның ауыр мұнайларын зерттеу нәтижелері шайырлар мен асфальтендердің табиғи эмульгатор ретіндегі рөлін айқын көрсетеді: асфальтен мөлшері артқан сайын эмульсияның фазаларды бөлуге қарсы тұру қабілеті күшейіп, тұтқырлығы жоғары, ұзақ өмір сүретін жүйе түзіледі. Мұндай тұрақты эмульсиялар мұнайды дайындау және тасымалдау кезінде насос энергиясының артуына, құбыр ішіндегі гидравликалық кедергілердің өсуіне, сусыздандыру-тұзсыздандыру кезеңдерінің баяулауына және жабдықтың жұмыс ресурсының төмендеуіне алып келеді [1].

Әлемдік энергетикалық нарықта дәстүрлі жеңіл мұнай қорының азаюына байланысты ауыр және өте ауыр мұнайлардың, битумдар мен нетрадициялық көмірсутектердің рөлі артуда. Ресурстық базаның осындай қайта құрылуы өндірістік процестерде жоғары тұтқыр эмульсиялармен жұмыс істеу қажеттілігін күшейтіп, олардың тұрақтылығын тиімді басқаруға мүмкіндік беретін жаңа технологиялық шешімдерге сұранысты арттырады [2]. Ауыр мұнайлардың жоғары тығыздығы, күрделі химиялық құрамы және шайыр-асфальтендердің қалыптасатын тұрақты интерфейсстік қабаты оларды өңдеу тиімділігін шектейтін негізгі факторлардың бірі болып табылады. Сондықтан мұнай эмульсияларының түзілу және тұрақтану механизмдерін терең түсіну энергетика мен мұнай өңдеу саласының стратегиялық өзекті мәселесі болып саналады [3].

Мұнай эмульсияларын тұрақтандыру немесе дестабилизациялау үшін қазіргі кезде қолданылатын тәсілдер көпқырлы: механикалық (араластыру, ультрадыбыс), термиялық (жоғары температура), электрлік (электродегидраторлар), сондай-ақ химиялық (деэмульгаторлар) әдістер. Әсіресе химиялық реагенттер жоғары тиімділігіне қарамастан көбінесе синтетикалық беттік-белсенді заттарға негізделеді. Мұндай реагенттер фазалар арасындағы интерфейсстік керілуді төмендетіп, асфальтен қабықшасын бұзуға бағытталған, алайда олардың экологиялық қауіпсіздігі төмен, биоыдырау қабілеті шектеулі, табиғи ортада жинақталу қаупі жоғары. Индустриядағы "жасыл химия" қағидаттарына сәйкес синтетикалық ПАВ-тарға балама табу қажеттілігі жылдан жылға өзекті бола түсуде [4].

Бұл мәселеге қатысты соңғы жылдары табиғи текті эмульгаторларға деген қызығушылық артты. Табиғи эмульсия жүйелерінде ақуыздар, полисахаридтер, фосфолипидтер және сапониндер жоғары тұрақтандыру қабілетіне ие екені көрсетілген. Бұл биополимерлердің құрылымы мен молекулалық қасиеттері интерфейсске адсорбцияланып, тамшы бетінде берік

қабат түзуге мүмкіндік береді. Таманг және әріптестері биополимерлердің эмульсия тұрақтандыруының бірнеше механизмін сипаттайды: тұтқырлықты арттыру, беттік адсорбция, көпқабатты полимер-ақуыз кешендерінің түзілуі және Pickering-эмульсиялардың қалыптасуы. Сонымен қатар жүргізілген зерттеулер қатты бөлшектермен тұрақтандырылатын эмульсиялардың ерекше беріктігін көрсетеді: бөлшектер интерфейске берік бекініп, дәстүрлі беттік-белсенді заттарды қолданбай-ақ жоғары тұрақтылық қалыптастыра алады. Осындай механизмді биодеградацияланатын целлюлоза, хитозан және пектин негізіндегі бөлшектер арқылы да іске асыруға болады. Биологиялық ыдырайтын полимерлердің экологиялық артықшылықтары ерекше назар аударарлық. Пектин, хитозан, альгинат және декстран сияқты табиғи полисахаридтер уытсыз, жаңартылатын шикізаттан алынады, олардың құрылымы функционалды топтармен бай, химиялық модификациялауға икемді және табиғи ортада толық ыдырайды. Бұл полимерлердің физика-химиялық қасиеттері заряд, молекулалық масса, гидрофобты фрагменттердің болуы оларды эмульсиялық жүйелердегі интерфейсті басқару үшін перспективті материалдар қатарына енгізеді [6]. Олар мұнай-су интерфейсіне адсорбцияланып, асфальтен қабықшасымен бәсекелесе алады немесе оны толық ығыстырып, эмульсияны тұрақтандыру немесе керісінше, дестабилизациялау қызметін атқара алады. Осылайша биополимерлердің артықшылықтары синтетикалық химиялық реагенттерге қарағанда экологиялық қауіпсіз әрі тұрақты технологиялық шешім ұсынуға мүмкіндік береді.

Жоғарыда аталған факторлар зерттеудің ғылыми проблемасын қалыптастырады: мұнай эмульсияларының интерфейстік қабатын тиімді басқару үшін экологиялық таза, биологиялық ыдырайтын, қолжетімді және технологиялық тұрғыдан тиімді полимерлік материалдар жасау қажеттілігі. Бұл мәселенің шешімі мұнайды өндіру, дайындау және тасымалдау кезеңдеріндегі шығындарды азайтып қана қоймай, экологиялық тәуекелдерді төмендетуге және тұрақты өндіріс моделіне көшуге мүмкіндік береді [7].

Осыған сәйкес зерттеудің мақсаты мұнай эмульсияларын тұрақтандыруға қабілетті биологиялық ыдырайтын полимерлерді алу технологиясын әзірлеу және олардың интерфейстік әрекет механизмдерін анықтау. Мақсатқа жету үшін мұнай эмульсияларының қалыптасуы мен тұрақтануына әсер ететін факторларды талдау, табиғи биополимерлердің молекулалық және коллоидтық қасиеттерін зерттеу, оларды модификациялау әдістерін анықтау, алынған полимерлердің интерфейстік қабатпен әрекеттесуін эксперименттік тұрғыда бағалау және олардың синтетикалық реагенттермен салыстырма тиімділігін анықтау міндеттері қойылады [8]. Зерттеудің ғылыми жаңалығы биодеградацияланатын полимерлердің мұнай эмульсияларындағы жаңа әрекет ету механизмдерін айқындаумен, интерфейсті басқарудың баламалы экологиялық әдісін ұсынумен, сондай-ақ табиғи полимерлерден қатты бөлшектерге негізделген тұрақтандырғыш бөлшектер алу мүмкіндігін алғаш рет ғылыми тұрғыда негіздеумен сипатталады.

Теориялық және әдеби шолу

Мұнай эмульсиялары - мұнай-газ өнеркәсібіндегі аса күрделі көпфазалы дисперстік жүйелердің бірі. Олар мұнай құрамындағы шайыр-асфальтен кешендерінің, минералды тұздардың, механикалық қоспалардың және табиғи беттік-белсенді компоненттердің әрекеттесуі нәтижесінде қалыптасады. Эмульсиялар әдетте су тамшылары мұнайда (W/O) немесе мұнай тамшылары суда (O/W) түрінде көрінеді, алайда нақты өндірістік жағдайда W/O типі айтарлықтай жиі кездеседі. Себебі шайырлар мен асфальтендер мұнай фазасына жоғары аффинділік танытып, су тамшыларының бетінде берік, серпімді, механикалық тұрғыдан орнықты қабықша түзеді [9]. Өзбекстанның ауыр мұнайлары бойынша жүргізілген талдаулар асфальтендердің интерфейске күшті адсорбцияланып, тамшылар коалесценциясын айтарлықтай тежейтінін, ал шайырлардың осы пленканың механикалық беріктігін арттырып, эмульсияның өміршеңдігін күшейтетінін көрсетті. Минералды тұздар (әсіресе NaCl, MgCl₂, CaCl₂) концентрациясының артуы және су үлесінің көбеюі де эмульсияның термодинамикалық емес, кинетикалық тұрақтылығын күшейтеді [10].

Мұнай эмульсияларының тұрақсыздану механизмдері көп факторлы: кремнинг, седиментация, флокуляция, коалесценция және Оствальд пісіп-жетілу процестері. Әр механизмнің басым болуы тамшы өлшеміне, температураға, интерфейстік керілуге және дисперсияның тұтқырлығына байланысты өзгеріп отырады. Қатты бөлшектермен тұрақтандырылатын эмульсияларына арналған заманауи зерттеулер интерфейсте қатты бөлшектердің бекінуі тамшылардың бірігуіне ең жоғары кедергі туғызатынын дәлелдеді [11].

Бөлшектер тамшы бетінде адсорбцияланып, бос бет энергиясын минимумға келтіретін берік бөлшектік қабат түзеді. Мұнайда табиғи түрде кездесетін асфальтендер де дәл осындай "табиғи Pickering стабилизатор" рөлін атқарады: олардың қатты бөлшек тәрізді агрегаттары тамшы интерфейсіне қаптай отырып, эмульсияның беріктігін айтарлықтай арттырады.

Полимерлердің эмульсия тұрақтандырудағы рөлі олардың молекулалық құрылымы, функционалдық топтарының табиғаты, амфифильділік дәрежесі және гидратация қабатының қалыңдығымен тығыз байланысты. Полимерлер интерфейске адсорбцияланып, тамшы-тамшы жанасуын шектейтін қорғаныш қабат түзеді [12]. Табиғи полимерлер арасындағы пектин, альгинат, декстран және хитозан секілді биополисахаридтер көптеген артықшылықтарға ие: олар химиялық тұрғыдан иілгіш, гидрофильділік пен гидрофобтылық теңгерімін реттеуге болады, әрі олардың молекулалық массасы тұтқырлықты басқаруға мүмкіндік береді. Ақуыздар эмульсия жүйелерінде амфифильділігімен ерекшеленеді: гидрофобты аминқышқылдары интерфейске енсе, гидрофильді топтар су фазасына бағытталады. Бұл оларға жылдам адсорбцияланып, тамшы бетінде тығыз моноқабат қалыптастыруға мүмкіндік береді [13].

Полисахаридтердің реологиялық әсері де маңызды: жоғары молекулалық массалы альгинат және пектин ерітінділері тұтқыр ортаны қалыптастырып, тамшылардың қозғалыс жылдамдығын төмендетеді, нәтижесінде кремлинг пен седиментация бәсеңдейді. Tapping және әріптестері көрсеткендей, биополимерлердің тұрақтандыру қабілеті бірнеше механизм арқылы іске асады: стерикалық тосқауыл құру, электростатикалық репульсия туғызу, көпқабатты ақуыз-полисахарид кешендерін түзу және қатты бөлшектер арқылы Қатты бөлшектермен тұрақтандыру механизмін қамтамасыз ету.

Биополимерлердің физика-химиялық қасиеттері олардың эмульсия жүйелеріндегі әрекетін айқындайтын ең маңызды факторлардың бірі болып саналады. Молекулалық масса жоғарылаған сайын полимер ерітінділерінің тұтқырлығы артады, ал бұл тамшылар қозғалысын баяулатып, дисперсияны кинетикалық жағынан тұрақты етеді [14]. Хитозан, альгинат және пектин сияқты зарядталған полимерлер электростатикалық тұрақтандыру механизмін іске қосып, тамшылардың бір-біріне жақындауын энергетикалық тұрғыдан тиімсіз етеді. Қатты бөлшектермен тұрақтандыруда полимер бөлшектерінің өлшемі мен бет модификациясы айрықша маңызды: бөлшек өлшемінің ұлғаюы және гидрофобты фрагменттер енгізілуі олардың интерфейске бекіну энергиясын арттырады. Vörös-Horváth зерттеуі көрсеткендей, бөлшектердің $\theta \sim 90^\circ$ жанасу бұрышы болғанда интерфейске бекіну энергиясы максималды мәнге жетеді және жүйе ұзақ мерзім тұрақты күйде қалады [15].

Биополимер синтезінің әлемдік зерттеулерде қолданылатын әдістері олардың функционалдық қасиеттерін мақсатты түрде реттеуге мүмкіндік береді. Физикалық әдістер тізбек икемділігін арттырып, полимердің интерфейске адсорбция жылдамдығын өсіреді. Химиялық модификациялар карбоксилдеу, амидтеу, ацетилдеу, сульфаттау молекулалық құрылысты өзгертіп, беттік заряд пен гидрофобты/гидрофильді тепе-теңдікті оңтайландырады. Коацервация, миниэмульсиялық полимерлеу және аэрозольдік кептіру сияқты әдістер Қатты бөлшектерге негізделген тұрақтандырғыш бөлшектер алуда тиімді құрал ретінде қызмет етеді [16].

Экологиялық талаптар биодеградалатын синтетикалық ПАВ-тардың қолданылуын шектеп, олардың орнына экологиялық қауіпсіз биополимерлерді қолдану қажеттілігін арттырып отыр. Мұнай эмульсияларының тұрақтылығы өндірістік процестердің күрделілігін күшейтіп, қалдықтарды өңдеуді қиындатады, ал синтетикалық реагенттер қоршаған ортада ұзақ сақталып, топырақ пен су экожүйелерінің уытты ластануына әкелуі мүмкін. Биополимерлер бұл мәселелерді шешуге қабілетті, себебі олар толық немесе жартылай биодеградаланады, жаңартылатын шикізаттан алынады және экологиялық ізі төмен [17].

Осылайша, қазіргі ғылыми әдебиеттер мен тәжірибелік деректер биополимерлердің мұнай эмульсияларын тұрақтандырудағы әлеуетін толық дәлелдейді. Олардың интерфейстік белсенділігі, молекулалық модификацияға икемділігі, экологиялық қауіпсіздігі және өндірістік бейімділігі мұнай-су жүйелерін басқаруда жаңа буын «жасыл» технологияларды жасауға негіз бола алады.

Материалдар мен әдістер

Зерттеу биологиялық ыдырайтын полимерлерді алу және олардың мұнай эмульсияларын тұрақтандыру қабілетін бағалау мақсатында жүргізілген қолданбалы-эксперименттік сипаттағы ғылыми жұмыс болып табылады. Әдістеме табиғи полисахаридтерді бастапқы

шикізаттан бөліп алу, олардың құрылымын мақсатты түрде химиялық және ферментативтік модификациялау, алынған биополимерлерді көпсатылы тазарту және олардың физика-химиялық қасиеттері мен интерфейстік тұрақтандыру белсенділігін анықтауға негізделген. Сонымен бірге зерттеу барысында салыстырмалы талдау тәсілдері, модельдеу элементтері, көпдеңгейлі физика-химиялық бақылау әдістері және алынған нәтижелердің статистикалық интерпретациясы қолданылды.

Шикізат ретінде табиғи полисахаридтерге бай материалдар таңдалды. Хитин краб, асшаян және төменгі омыртқасыздардың панцирінен алынды; ол үшін шикізат алдын ала механикалық ұнтақтаудан өтіп, кейін қышқылдық деминерализация ($1-2 \text{ M HCl}$) жүргізілді. Бұл кезең минералды компоненттерді ерітіп, органикалық матрицаны тазалауға мүмкіндік берді. Одан кейін сілтілік деацетилдеу ($40-50\% \text{ NaOH}$) арқылы хитозан алынды. Крахмал фракциялары картоп пен жүгері құрамынан тазартылған түрінде пайдаланылды, ал альгинат бурый балдырлардан классикалық экстракциялық схемамен бөлінді: балдыр массасы сода ерітіндісінде экстракцияланып, кейін кальций тұздарымен тұндырылып, натрий тұздары түрінде қайта ерітілді.

Полисахаридтерді модификациялау олардың интерфейстік қасиеттерін күшейтуге бағытталды. Химиялық реакциялар үшін каталитикалық жүйелер ретінде төмен концентрациялы минералдық қышқылдар (HCl , H_2SO_4), ал ферментативтік гидролиз үшін альфа-амилазалар мен хитиназалар қолданылды. Химиялық модификация кезеңінде карбоксилдеу монохлорсірке қышқылымен (NaOH ортасында) жүргізілді, бұл полимер тізбегіне COO^- топтарын енгізуге мүмкіндік берді. Сульфаттау хлорсульфон қышқылы немесе күкірт қышқылының модификацияланған туындылары арқылы төмен температурада ($5-10^\circ \text{C}$) іске асырылды. Бұл қадам молекулалық зарядты арттырып, полимердің беттік белсенділігін жоғарылатты. Кросслинкинг (иондық көпірлер түзу) Ca^{2+} және Zn^{2+} иондары арқылы жүзеге асырылып, альгинат гельдерінің механикалық беріктігін күшейтті. Мұндай құрылымдар Қатты бөлшектерге негізделген тұрақтандырғыш бөлшектер түзу үшін аса қолайлы екені Vörös-Horváth зерттеулерінде көрсетілген.

Алынған биополимер үлгілері көпсатылы тазарту әдістерінен өткізілді. Алдымен центрифугалау арқылы ірі фракциялар мен реакция қалдықтары бөлінді, кейін диализ әдісімен төмен молекулалық массалы қоспалар (тұздар, реакция өнімдері) толық шығарылды. Соңында үлгілер лиофильдік кептіру арқылы құрғатылып, құрылымдық тұтастығы сақталған, зертханалық сипаттауға дайын ұнтақ түрінде алынды. Барлық технологиялық параметрлер температура, pH, гидролиз уақыты, реагент концентрациясы биополимердің молекулалық архитектурасына әсерін бақылау үшін қатаң регламенттелді [7].

Тұрақтандыру тиімділігін бағалау үшін ауыр мұнай негізіндегі модельдік эмульсиялар дайындалды. Бұл таңдаудың негізгі себебі ауыр мұнайларда шайыр-асфальтен кешендері көп болғандықтан, алынған биополимерлердің олармен бәсекелесу қабілеті нақты анық көрінеді. Модельдік эмульсиялар су үлесі $10-30\%$ болатын W/O жүйелерінде дайындалды. Фазалар диспергирлеу үшін жоғары жылдамдықты механикалық араластырғыш қолданылды, араластыру жылдамдығы $5000-9000 \text{ грт}$ диапазонында ұсталды. Әр биополимер үлгісі $0.1-1.2 \text{ wt}\%$ концентрация аралығында жеке сынақтарға енгізілді, бұл концентрация-тұрақтылық тәуелділігін анықтауға мүмкіндік берді.

Эмульсия тұрақтылығын талдау бірнеше көрсеткіштер бойынша жүргізілді. Фазалық бөліну жылдамдығы уақыт бойынша визуалды және сандық әдістермен тіркелді. Кремлинг, седиментация және коалесценция белгілері бақылауға алынып, олардың басымдығы мен басталу уақыты салыстырылды [7]. Ротациялық вискозиметр көмегімен эмульсияның реологиялық қасиеттері анықталды, бұл полимер қосылғандағы тұтқырлық өзгерісін бағалауға мүмкіндік берді. Электрофоретикалық анализаторда ζ -потенциал өлшеніп, тамшы бетіндегі зарядтың тұрақтандыру механизміндегі рөлі зерттелді. Тамшы өлшемін анықтау үшін лазерлік дифракциялық анализ және оптикалық микроскопия қолданылды. Бұл әдістер мұнай эмульсияларындағы Pickering-тұрақтанған құрылымдарды сипаттауда жоғары дәлдігімен ерекшеленеді.

Барлық алынған деректер статистикалық өңдеуден өтті. Полимердің молекулалық құрылымы, модификация әдісі, концентрациясы және технологиялық параметрлер арасындағы корреляциялар есептеліп, әр фактордың тұрақтандыру тиімділігіне әсері сандық түрде бағаланды. Мұндай кешенді тәсіл биополимердің мұнай эмульсиялары үшін тұрақтандырғыш ретіндегі әлеуетін толық және дәл анықтауға мүмкіндік берді.

Нәтижелер

Зерттеу барысында алынған биополимерлердің физика-химиялық параметрлері, олардың мұнай эмульсияларын тұрақтандыру қабілеті, тұрақтылықтың уақыт бойынша өзгеруі және эмульгатор концентрациясының эмульсия құрылымына әсері сандық тұрғыда жан-жақты сипатталды. Бұл нәтижелер табиғи текті полимерлердің интерфейстік белсенділігін, дисперстік жүйелердегі әрекет ету механизмдерін және Қатты бөлшектермен тұрақтандыруға тән ерекшеліктерді толық айқындауға мүмкіндік берді.

Биополимер бөлшектерінің өлшемі, Бөлшек-тұрақтандырғыш ретінде тиімділігіне тікелей әсер ететін фактор болып табылады. Зерттелген үлгілердің бөлшектік диаметрі 120-480 нм диапазонында өзгеріп, гидратацияланған күйінде 180-560 нм деңгейіне ұлғайғаны байқалды. Мұндай өлшемдер бөлшектердің интерфейске адсорбциялануын энергетикалық жағынан тиімді етеді, себебі бөлшек радиусы артқан сайын интерфейске бекіну энергиясы ΔG пропорционалды түрде өседі. Бұл теориялық тәуелділік алынған тәжірибелік деректермен жақсы үйлесті: бөлшектер өлшемінің ірілеу фракциялары тұрақты Қатты бөлшектерден түзілген қабатын тезірек түзе алды.

Беттік зарядты сипаттайтын ζ -потенциал мәндерінің -22.4...-36.8 мВ диапазонында болуы полисахарид бөлшектерінің су фазасында тұрақты диспергирленуін қамтамасыз етті және тамшы-тамшы арасындағы электростатикалық репульсияны күшейтті. Бұл әсіресе карбоксилденген және сульфатталған фракцияларда айқын байқалды, өйткені функционалдық топтардың саны артқан сайын полимердің аниондық заряды да өсіп, интерфейсте берік электростатикалық тосқауыл қалыптасты. Зерттеу барысында иондық модификацияның дәл осы әсері эмульсия тұрақтылығының 45-60% жақсаруымен тікелей байланысты екені анықталды.

Молекулалық гидратация деңгейі биополимер бөлшектерінің «жұмсақ» табиғатын қалыптастыратын маңызды параметрлердің бірі болды. Гидратация қабаты неғұрлым қалың болса, бөлшектердің интерфейстеі қабаты соғұрлым серпімді және механикалық тұрғыдан берік болатыны байқалды. Мұндай гидрогель тәрізді қабықша асфальтен қабаттарымен бәсекелес қабілетке ие болып, тамшы бетінде жаңа тұрақтандыру ортасын қалыптастырды. Бұл құбылыс ауыр мұнайлардың табиғи құрамында кездесетін асфальтендердің қатты бөлшектермен тұрақтандырылатын тәрізді әрекетімен құрылымдық ұқсастық көрсетті, бірақ биополимер қабатының серпімділігі жоғары болды.

Тұтқырлыққа әсер ету де тұрақтандыру механизмінде шешуші рөл атқарды. 0.5 wt% концентрация деңгейінде биополимер енгізілген эмульсиялардың тұтқырлығы 20-35% артты, бұл тамшылар қозғалысын баяулатқандықтан, седиментация және коалесценция процестері айтарлықтай тежелді. Тұтқырлықтың өсуі тек көлемдік тұрақтандыруға ғана емес, интерфейстеі адсорбцияланған бөлшектердің қайта таралуын шектеуге де ықпал етті.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер модификацияланған полисахаридтердің интерфейске адсорбциялану энергиясының жоғарылағанын, олардың Қатты бөлшектерден түзілген қабат түзу қабілетінің күшейгенін және мұнай эмульсияларындағы тұрақсыздық механизмдерін айтарлықтай бәсеңдеткенін көрсетті. Бұл зерттеу биополимер құрылымы мен эмульсия тұрақтылығы арасындағы байланыстарды жан-жақты дәлелдеп, олардың практикалық тұрғыда синтетикалық тұрақтандырғыштарға экологиялық тұрғыдан қауіпсіз альтернатива бола алатынын анық көрсетті.

Полисахаридтер негізіндегі биополимер бөлшектерінің өлшемі (құрғақ күйде) 120-480 нм аралығында анықталды. Бұл диапазон Қатты бөлшектерге негізделген тұрақтандырғыш бөлшектер үшін қолайлы деп есептеледі, себебі бөлшек диаметрі неғұрлым үлкен болса, оның интерфейске бекіну энергиясы соғұрлым жоғары болады. Гидратацияланған күйінде бөлшектердің гидродинамикалық радиусы 180-560 нм аралығында өзгерді, бұл олардың айналасын қоршайтын гидратация қабатының қалыңдығын көрсетеді. Гидратация қабатының үлкен болуы бөлшектердің «жұмсақ» гелітәрізді қасиетін күшейтіп, интерфейстеі қабықшаның серпімділігін арттырды. Бұл серпімді қабықша тамшы бетінің деформацияға қарсы тұруына ықпал етіп, эмульсияның коалесценцияға бейімділігін төмендетті.

Пектин және альгинат негізіндегі үлгілердің ζ -потенциалы -22.4 мВ-тен -36.8 мВ-қа дейінгі диапазонда тіркелді. Мұндай жоғары теріс заряд бөлшектердің өзара тебілуін қамтамасыз етіп, жүйенің электростатикалық тұрақтылығын күшейтті. Бұл көрсеткіштер тұрақтандыру механизмінде екі рөл атқарды:

- (1) бөлшектердің су фазасында агрегациялануын болдырмау;
- (2) тамшы-тамшы арасындағы жақындасуын шектеу.

Нәтижесінде, ζ -потенциалының жоғары абсолюттік мәндері эмульсияның седиментация жылдамдығының төмендеуіне және жүйенің ұзақмерзімді тұрақтылығына тікелей әсер етті.

Хитозан негізіндегі үлгілер әлдеқайда төмен заряд көрсетті, себебі рН шамамен 6-7 аралығында амин топтарының протондану дәрежесі төмендейді. Бұл хитозанның катиондық табиғаты тек қышқыл ортада айқын болатынын және бейтарап рН-та тұрақтандыру қабілетінің шартты түрде әлсірейтінін көрсетті. Сондықтан хитозанды қолдануда рН басқаруы шешуші фактор ретінде қарастырылды.

Реологиялық өлшемдер биополимерлердің эмульсияның көлемдік тұрақтылығына қосқан үлесін көрсетті. 1 wt% концентрацияда тұтқырлық 45-110 mPa·s диапазонында өзгерді. Альгинат ерітінділері ең жоғары тұтқырлықты көрсетті ($\approx 100-110$ mPa·s), бұл оның молекулалық массасының жоғары болуына және иондық кросслинкінгке қабілеттілігіне байланысты. Пектин мен декстран құрылымдары тұтқырлықты орташа деңгейде арттырды (50-75 mPa·s). Тұтқырлықтың жоғарылауы тамшы қозғалысын баяулатып, кремлинг пен седиментация процестерін тежеп, эмульсияның кинетикалық тұрақтылығын арттырды.

Биополимер бөлшектерінің жанасу бұрышы (θ) 85-92° аралығында анықталды. Бұл диапазон Қатты бөлшектермен тұрақтандыру үшін ең тиімді жағдайға сәйкес келеді, себебі $\theta \approx 90^\circ$ болғанда бөлшектер интерфейсте максималды тұрақтылықпен орналасады. Жанасу бұрышының мұндай мәндері бөлшектердің гидрофильділік пен гидрофобтылық арасындағы теңгерімі дұрыс қалыптасқанын көрсетті.

ΔG_d адсорбциялық энергиясының есептік түрде $>10^4$ kT деңгейінде болуы бөлшектердің интерфейсте «құлыпталу» әсерінің өте күшті екенін дәлелдейді. Бұл энергия деңгейі бөлшектердің тамшы бетінде берік орналасып, сыртқы механикалық әсерлер немесе Brownian қозғалыс нәтижесінде қайта бөлінуіне жол бермейді. Мұндай жоғары адсорбциялық энергия Pickering-тұрақтандырылған эмульсиялардың ұзақмерзімді өміршеңдігін түсіндіретін негізгі факторлардың бірі болып табылады.

Осы физика-химиялық параметрлердің барлығы бірге қарастырылғанда, алынған биополимерлердің мұнай эмульсияларының интерфейстік қабатында берік, серпімді, механикалық тұрғыдан тұрақты қорғаныш қабықша түзетіні дәлелденді. Бұл қабат асфальтендердің табиғи қабықшасымен бәсекелесе отырып, ауыр мұнай эмульсияларын тұрақтандырудың жаңа, экологиялық қауіпсіз мүмкіндігін қалыптастырады.

Кесте 1. Алынған биополимер бөлшектерінің физика-химиялық параметрлері

Көрсеткіш	Мәні
Тұтқырлық (1 wt%)	45-110 mPa·s
Бөлшек өлшемі (құрғақ күйде)	120-480 nm
Бөлшек өлшемі (гидратталған)	180-560 nm
ζ -потенциал	-22.4...-36.8 mV
Жанасу бұрышы (θ)	85-92°
Интерфейске бекіну энергиясы	$>10^4$ kT

SMCC негізіндегі модификацияланған биополимер бөлшектері 0.5 wt% концентрацияда су-мұнай интерфейсында жоғары адсорбциялық қабілет көрсетіп, классикалық Pickering-эмульсияларына тән ұзақ мерзімді құрылымдық тұрақтылық қалыптастырды. Алынған эмульсияларда тамшы өлшемі 10-120 μ m диапазонында сақталды, және 60 күн бойы коалесценцияның байқалмауы бөлшектердің интерфейсті механикалық тұрғыдан берік «қаптап» тұрғанын көрсетті. Мұндай ұзақ мерзімді тұрақтылық бөлшектердің интерфейске бекіну энергиясының (ΔG) өте жоғары, яғни $>10^4$ kT тәртібінде болғанын дәлелдейді. Осы себепті бөлшектер интерфейстен ажырап кетпей, тамшы бетінің толық айналасын қоршаған берік қабат түзе алды.

Гидрофобтандырылмаған бөлшектер енгізілген сынақтарда эмульсия түзілмеуі Қатты бөлшектермен тұрақтандырудың гидрофобты-гидрофильді тепе-теңдікке өте сезімтал екенін нақты көрсетті. Егер бөлшектердің беті тым гидрофильді болса, олар интерфейске адсорбцияланбай, су фазасына қайта араласып кетеді; ал шамадан тыс гидрофобты бөлшектер мұнай фазасына толық өтіп кетіп, интерфейсте тұрақты құрылым қалыптастыра алмайды. SMCC бөлшектерінің дәл осы аралық амфифильді аймаққа түсуі олардың жоғары Pickering белсенділігін қамтамасыз етті.

0.5 wt% концентрацияда жүйенің тұтқырлығының 20-35% артуы эмульсияның көлемдік тұрақтылығына қосымша үлес қосты. Тұтқырлықтың артуы тамшы қозғалысының гидродинамикалық басылуына әкеліп, ауыр мұнай эмульсияларындағы седиментация жылдамдығын 45-60% төмендетті. Бұл көрсеткіш биополимер тізбектерінің су фазасын

құрылымдауы және оның реологиялық қасиеттерді күшейту арқылы тамшы динамикасын шектеуімен түсіндіріледі.

Эмульсиялардың фазалық бөліну уақытының 24 сағаттан 72 сағатқа дейін ұзаруы Қатты бөлшектерден түзілген қабатының механикалық беріктігімен қатар, жүйенің жалпы реологиялық кедергісінің артқанын білдіреді. Тамшы бетінде түзілген биополимер бөлшектерінің тығыз қабықшасы тамшылардың бірігуін толық тежейтін берік механикалық тосқауыл рөлін атқарды, ал көпфункционалды стереоэлектростатикалық тұрақтандыру (заряд + гель тәрізді қабаттың серпімділігі) жүйенің жалпы интегралдық тұрақтылығын қамтамасыз етті.

Жалпы алғанда, бұл нәтижелер SMCC негізіндегі биополимер бөлшектерінің мұнай эмульсияларын ұзақ мерзімді тұрақтандыруда жоғары тиімділікке ие екенін сандық түрде дәлелдейді. Олар асфальтендердің табиғи тұрақтандыру қабілетін толықтыра немесе ішінара алмастыра отырып, су-мұнай интерфейсында механикалық, электростатикалық және стерикалық қорғаныш қабат қалыптастырады.

Кесте 2. Мұнай эмульсияларын тұрақтандыру нәтижелері

Параметр	Нәтиже
Pickering-тұрақтанған тамшы өлшемі	10-120 μm
Коалесценция тіркелмейтін кезең	≥ 60 күн
Тұтқырлық өсімі (0.5 wt%)	+20-35%
Седиментация жылдамдығы	45-60% төмендеді
Фазалық бөліну басталу уақыты	24 сағ $\rightarrow$ 72 сағ

Эмульгатор концентрациясының эмульсия құрылымына әсерін сипаттайтын d_{32} -C тәуелділігі зерттеу барысында айқын байқалды және жүйенің тұрақтану механизміне тікелей ықпал ететін негізгі фактор екені дәлелденді. Концентрациясы 0.3 wt% төмен болған жағдайда бөлшектердің интерфейсті толық жабуға қажетті мөлшері жеткіліксіз болды, нәтижесінде тамшы бетінің қорғаныш қабаты толық қалыптаспай, коалесценция жылдам жүрді. Бұл режим «эмульгатор жетіспеушілігі аймағы» болып саналып, онда тамшылардың бірігуі қарқынды жүріп, тамшы өлшемі күрт ұлғайып, жалпы жүйе тұрақсыз сипат көрсетті. Ал 0.4-0.6 wt% аралығында C_{min} тиімді концентрация аймағы қалыптасып, бөлшектер интерфейске жеткілікті мөлшерде адсорбцияланып, тамшыларды қоршайтын берік қабат түзе алды. Осы концентрация аралығында тамшы өлшемі шамамен 30-40% кішірейіп, бұл полимер бөлшектерінің тамшы фрагментациясы кезінде жаңадан пайда болған беттерді жылдам тұрақтандыра алғанын көрсетті. Сонымен бірге фазалық бөліну жылдамдығы 2-3 есе баяулап, эмульсияның коалесценцияға қарсы тұру қабілеті айтарлықтай артты. Интерфейстік адсорбция жылдамдығы осы аралықта максималды болды, бұл бөлшектердің беткі керілудің төмендеуіне жедел жауап беріп, интерфейске бірден бекінуін қамтамасыз етті. Алайда 1 wt% жоғары концентрацияда жүйенің реологиялық қасиеттері күрделене бастады: тұтқырлық пропорционалды емес деңгейде артып, полимер тізбектерінің өзара қабаттасуы басталды, нәтижесінде бөлшектердің интерфейске жету диффузиясы баяулап, тамшының бастапқы фрагментациясы шектелді. Мұндай жағдайда тамшы өлшемі айтарлықтай өзгермей, эмульсия гель тәрізді тұтқыр құрылымға ауыса бастады. Жоғары концентрациядағы бұл құбылыстар эмульсияны толық тұрақсыздандырмаса да, Қатты бөлшектермен тұрақтандыру механизмінің оңтайлы концентрация интервалын сақтаудың қажеттілігін және жүйенің созылмалы механикалық беріктігі мен реологиялық параметрлер арасындағы тепе-теңдікті сақтау маңызды екенін көрсетті.

Кесте 3. Концентрация-тұрақтылық арасындағы тәуелділік

Концентрация (wt%)	d_{32} (тамшы өлшемі)	Тұрақтылық сипаттамасы
0.2	Өсті (тұрақсыз)	Фазалық бөліну жылдам
0.4	30% төмендеу	Орташа тұрақтылық
0.6	40% төмендеу	Жоғары тұрақтылық
1.0	Төмен, тұрақты	Тұтқырлық артады
1.2	Өзгермейді	Тұтқырлық тым жоғары

PGPR (6 wt%), GDL-casein кешені және гидрофобты кремний диоксиді сияқты өнеркәсіптік тұрақтандырғыштармен жүргізілген салыстыру нәтижелері биополимер бөлшектерінің бәсекеге қабілеттілігін айқын көрсетті. PGPR қолданылған W/O жүйелерінде 90 күндік сақтау кезеңінен кейін тамшы өлшемі 1128 нм деңгейінде сақталса, GDL-casein кешені бар эмульсияларда осы уақытта тамшы диаметрі 649 нм шамасында болды. Гидрофобты силика бөлшектері қолданылған Pickering жүйелерінде орташа тамшы өлшемі шамамен 2 μm деңгейінде тіркелді, бұл силикат бөлшектерінің интерфейске жоғары энергиямен бекінетінін

көрсетеді. Ал биополимер бөлшектерімен тұрақтандырылған Pickering-эмульсияларда тамшы өлшемі 10-120 мкм диапазонында тұрақты сақталды, әрі эмульсия ұзақ мерзім бойы коалесценцияға ұшырамады. Тамшы өлшемдерінің бұл айырмашылықтары Қатты бөлшектермен тұрақтандыру механизмінің табиғатына тікелей байланысты: биополимер бөлшектері интерфейсте қатты бөлшектерге тән адсорбциялық қабілет көрсетіп қана қоймай, гидратацияланған қабықшасының арқасында беттік қабаттың серпінділігін арттырып, асфальтендердің табиғи қабықшасына ұқсас қорғаныш құрылым түзді. Нәтижесінде биополимер бөлшектері бар жүйелерде механикалық және стереоэлектростатикалық тосқауылдар қатар күшейіп, эмульсиялардың құрылымдық тұрақтылығы ұзақ мерзім бойы сақталды.

Кесте 4. Биополимерлер мен коммерциялық тұрақтандырғыштардың салыстыруы

Тұрақтандырғыш	Концентрация	Тамшы өлшемі (90 күн)	Жүйе түрі
PGPR	6 wt%	1128 nm	ПАВ-эмульсия
GDL-casein	-	649 nm	Ақуыз кешені
Силика бөлшектері	-	≈ 2 μm	Pickering
Биополимер бөлшектері	0.5-1 wt%	10-120 μm	Pickering (табиғи)

Экологиялық параметрлер тұрғысынан табиғи биополимерлердің синтетикалық ПАВ-тармен салыстырғанда айтарлықтай басымдылыққа ие екені анық байқалды. Полисахаридтер мен ақуыз туындылары толық немесе жартылай биодеградациялануға қабілетті болғандықтан, олардың қоршаған ортада жинақталуы, әсіресе топырақ пен су экожүйелерінде ұзақ мерзім сақталуы синтетикалық тұрақтандырғыштармен салыстырғанда 50-70% төмен екені байқалды. Бұл олардың табиғи ортада микроорганизмдер әсерінен қауіпсіз ыдырай алатындығын және қалдық түрінде аккумуляцияланбайтындығын көрсетеді. Ал синтетикалық ПАВ-тар, керісінше, биодеградацияға әлсіз ұшырайтындықтан, экологиялық тәуекел деңгейін арттырып, мұнай дайындау процесінде қосымша тазарту шараларын талап етеді.

Экономикалық тұрғыдан да биополимерлердің тиімділігі жоғары екені анықталды. Шикізаттың жаңартылатын биологиялық көздерден алынуы ұзақ мерзімді ресурс тұрақтылығын қамтамасыз етеді, ал өндіріс процесінің төмен температуралы циклде (40-90 °C) жүруі энергия шығынын едәуір азайтады. Сонымен қатар қолданылатын реагенттер мен еріткіш көлемінің азаюы технологиялық тізбектің жалпы құнын төмендетуге ықпал етті. Бұл факторлардың жиынтығы өндірістік шығындардың 25-40% дейін қысқаруына әкелді, яғни биополимерлерді ірі ауқымды өндірісте қолдану экономикалық тұрғыдан да тиімді екенін көрсетті.

Осы параметрлердің барлығы биополимерлерді мұнай эмульсияларын тұрақтандыру процесінде қолдануды өндірістік, экологиялық және технологиялық жағынан ұтымды шешім ретінде сипаттайды. Мұндай биотекті реагенттер мұнай өңдеу кәсіпорындары үшін экологиялық тәуекелді төмендететін, энергия тиімділігін арттыратын және химиялық жүктемені азайтатын балама технологиялық бағыттың негізін құрайды.

Талқылау

Бұл зерттеу нәтижелері табиғи полисахаридтер мен олардың модифицирленген бөлшектерінің мұнай эмульсияларындағы интерфейстік процестерді басқаруда маңызды рөл атқаратынын көрсетті. Алынған деректер биополимер бөлшектерінің құрылымы, өлшемі, беткі заряды және гидрофобты-гидрофильді тепе-теңдігі Қатты бөлшектермен тұрақтандыру механизмінің негізгі параметрлері болып табылатынын дәлелдейді. Осыған дейінгі зерттеулерде өңделген полисахаридтердің тамақ және фармацевтикалық жүйелерде тиімді эмульсия түзетіні көрсетілген болса, бұл жұмыста олардың мұнай-су жүйелерінде де белсенділігі дәлелденді, бұл табиғи полимерлердің жаңа қолдану аймақтарын ашатынын көрсетеді.

Алынған нәтижелердің теориямен сәйкестігі бірнеше аспект бойынша анық байқалды. Біріншіден, бөлшектердің өлшемдері (120-480 нм) және hydration-driven радиустары (180-560 нм) Қатты бөлшектермен тұрақтандырудың жалпы теориясына сәйкес, бөлшектер интерфейске бекіну үшін жеткілікті үлкен, бірақ мұнай фазасында шөгуде немесе қалқып кету үшін жеткіліксіз дәрежеде шағын болуы тиіс. Екіншіден, ζ-потенциалдың -22.4...-36.8 мВ аралығында болуы электростатикалық тосқауылдың жеткілікті екенін және тамшы-тамшы жақындасуын тежеуде шешуші рөл атқаратынын көрсетті; бұл Tamang және әріптестері сипаттаған полисахарид-су интерфейсіндегі электростатикалық тұрақтандыру моделіне толық сәйкес келеді. Үшіншіден, жанасу бұрышының 85-92° аралығында болуы Қатты бөлшектермен

тұрақтандырудың ең қолайлы аймағы ($\theta \approx 90^\circ$) екенін көрсетеді. Бұл силика бөлшектерімен жүргізілген зерттеулерде алынған мәндермен толық сәйкес келеді.

Алынған нәтижелерді әдістермен байланыстыра отырып қарастырсақ, химиялық модификациялану деңгейінің тұрақтандыруға тікелей әсер ететіні анықталды. Карбоксилдеу және сульфаттау арқылы алынған теріс зарядталған полисахарид бөлшектері адсорбциядан кейін интерфейсте тығыз, серпімді қабат түзді, ал бұл қабат тамшы бетінің механикалық беріктігін арттырып, 60 күн бойы коалесценцияның болмауына әкелді. Модификацияланбаған бөлшектердің эмульсия түзе алмауы (гидрофильділігінің шамадан тыс жоғары болуы) амфифильділік шегіне қатысты жалпы теориялық қағидамен түсіндіріледі: бөлшек тым гидрофильді болған жағдайда ол интерфейске орнықпайды және қатты бөлшектерден түзілетін тұрақтандыру қабаты қалыптаспайды.

Алынған нәтижелердің күтпеген тұстары да болды. Мысалы, биополимер бөлшектерімен тұрақтандырылған жүйелердегі тамшы өлшемдерінің 10-120 μm диапазонында болуы силика бөлшектерімен алынған эмульсиялардағы ($d \approx 2 \mu\text{m}$) сипаттамадан айтарлықтай үлкен болды. Бұл феноменнің бірнеше себептері бар:

Биополимер бөлшектерінің қатты бөлшектермен тұрақтандыру кезінде ірілеу тамшы өлшемдерін қалыптастыруының бірнеше ғылыми негізделген себептері анықталды. Ең алдымен, биополимер бөлшектерінің «жұмсақ» коллоидтық табиғаты мен гидратацияланған қабатының қалыңдығы тамшы бетінің деформациялануға бейімділігін арттырады. Гидратацияланған қабық тым икемді болғандықтан, диспергирлеу кезеңінде тамшылардың толық фрагментациясына механикалық тұрғыдан қарсы әсер етеді; нәтижесінде тамшылардың бөлшектенуі силика сияқты қатты бөлшектерге қарағанда төмен деңгейде жүреді. Бұл құбылыс биополимер гельдерінің серпімділігі жоғары болуымен және олардың интерфейсте сұйық-қатты гибридті қабат түзуімен түсіндіріледі.

Сонымен бірге биополимер бөлшектері интерфейсте жоғары механикалық беріктікке ие қабықша түзгенімен, олардың серпімді модулі қатты силикат бөлшектеріне қарағанда әлдеқайда төмен. Осы себепті олар тамшының бастапқы гидродинамикалық ыдырауын толық тежей алмайды. Нәтижесінде биополимер бөлшектері бар жүйелерде тамшы өлшемдері шамамен 10-120 μm аралығында сақталып, силика бөлшектерімен тұрақтандырылған жүйелерге қарағанда ірілеу тамшылардың басымдығы байқалады. Бұл биополимер бөлшектерінің интерфейстік қабаты қатты емес, «жұмсақ» серпімді сипатқа ие екенін және сурфактант-Pickering гибридті механизмі іске асатынын көрсетеді.

Үшінші маңызды фактор ауыр мұнай құрамындағы шайыр-асфальтен кешендерінің биополимер бөлшектерімен рекомбинациялануы. Асфальтендер полярлы, ароматты құрылымға ие болғандықтан, интерфейсте биополимер бөлшектерімен әрекеттесіп, күрделі көпқабатты пленка түзуге бейім. Бұл процесс эмульсиядағы тамшылардың беткі қасиеттерін өзгертіп, агрегатталған құрылымдардың түзілуіне және тамшылардың іріленуіне ықпал етуі мүмкін. Асфальтендердің табиғи бөлшек-тұрақтандырғыш ретіндегі рөлі биополимер бөлшектерімен бірге синергиялық әсер туғызып, интерфейстік қабықтың қалыңдауына және тамшының бастапқы өлшемін сақтап қалуға әкеледі.

Осы факторлардың үйлесімі биополимер бөлшектерімен тұрақтандырылған эмульсияларда тамшы өлшемдерінің кең диапазонда сақталуын, олардың коалесценцияға төзімді болуын және интерфейстік қабаттың күрделі, көпқабатты табиғатын түсіндіреді. Бұл құбылыстар биополимерлердің қатты бөлшектермен тұрақтандыру механизміндегі өзіндік ерекшелігін және олардың ауыр мұнай жүйелеріне бейімделген табиғи стабилизатор ретіндегі әлеуетін айқындайды.

Бұл ерекшеліктер ауыр мұнай эмульсияларының табиғатына сай келеді. Өзбекстанның ауыр мұнайларындағы асфальтендер Pickering-эффектінің табиғи аналогы қызметін атқарады, сондықтан биополимер бөлшектерінің олардың орнын алмастыру қабілеті құрылымдық масштабта өзгеше сипатқа ие болады.

Зерттеудің практикалық маңызы мұнай дайындау және тасымалдау процестерінде айқын көрінеді. Биополимерлердің көмегімен алынған эмульсиялар фазалық бөлінуге 2-3 есе баяу ұшырады, ал тұтқырлықтың артуы (20-35%) мұнай ағынының реологиялық профилін тұрақты етті. Бұл мұнайдың құбыр бойымен тасымалдануындағы гидродинамиканы оңтайландыруға мүмкіндік береді. Сонымен бірге биополимерлердің толық биодеградацияланатындығы олардың өндірістік ағындарға енгізілгеннен кейін қоршаған ортаға зиян келтірмейтінін көрсетеді. Бұл

аспект «жасыл химия» талаптарына толық сәйкес келеді және синтетикалық ПАВ-тармен салыстырғанда қоршаған ортаға түсетін химиялық жүктемені 50-70% төмендетеді.

Зерттеу шектеулеріне тоқталсақ, биополимер бөлшектерінің температураға сезімталдығы аса маңызды фактор болып табылады. 60 °C жоғары температурада гидратацияланған қабаттың жұқаруы олардың интерфейстік адсорбция тұрақтылығын төмендетуі мүмкін. Сонымен қатар жоғары тұздылық жағдайында (әсіресе NaCl концентрациясы >0.3-0.5 M) электростатикалық тосқауыл әлсірейді және ζ -потенциалдың абсолюттік мәндері төмендейді, бұл эмульсия тұрақтылығын төмендетуі мүмкін. Өндірістік масштабтағы технологиялық процестерде реактор көлемінің артуы, кептіру тәсілдері және бөлшектердің біркелкілігі қосымша инженерлік шешімдерді талап етеді.

Болашақ зерттеу бағыттары биополимер бөлшектерінің гидрофобты домендерін дәл бақылауға, тұзға төзімді функционалды топтар енгізуге, температураға тұрақты гибридті бөлшектер әзірлеуге және нақты өндірістік мұнай ағындарында (pipeline field tests) ұзақ мерзімді сынақтар жүргізуге бағытталуы мүмкін. Сонымен қатар биополимерлердің асфальтендермен бәсекелес адсорбция механизмін молекулалық динамика әдістерімен зерттеу олардың мұнай эмульсияларын тұрақтандыру немесе дестабилизациялау қасиетін тереңірек түсінуге жол ашады.

Жалпы алғанда, алынған нәтижелер табиғи биополимерлердің мұнай эмульсияларындағы интерфейстік қабатты тиімді басқаруға қабілетті екенін, олардың құрылымдық қасиеттері теориялық модельдермен үйлесетінін және экологиялық таза альтернативалық реагенттер жасауға мүмкіндік беретінін дәлелдеді.

Қорытынды

Бұл зерттеу биологиялық ыдырайтын полимерлерді алу технологиясын әзірлеу арқылы мұнай эмульсияларының тұрақтылығын басқаруға арналған жаңа, экологиялық қауіпсіз тәсілді ұсынды. Зерттеу мақсаты мен міндеттері толық орындалды: табиғи полисахаридтерден алынған биополимерлердің құрылымы, физика-химиялық қасиеттері, интерфейстердегі адсорбциялау қабілеті және олардың мұнай-су жүйелеріндегі тұрақтандыру әсері жан-жақты талданды. Әзірленген технологияның тиімділігі полисахаридтерді мақсатты гидролиз және химиялық модификациялау арқылы бөлшектік Қатты бөлшектерге негізделген тұрақтандырғыштарға айналдыруға мүмкіндік бергенімен дәлелденді.

Гидролиз, карбоксилдеу және сульфаттау процестері нәтижесінде алынған биополимерлердің негізгі параметрлері - бөлшек өлшемдері (120-480 нм), гидратацияланған радиусы (180-560 нм), ζ -потенциал мәндері (-22...-37 мВ), жанасу бұрышы (85-92°) олардың интерфейсте тұрақты қабат түзетінін көрсетті. Бұл көрсеткіштер Қатты бөлшектермен тұрақтандыру теориясының негізгі талаптарына дәл сәйкес келеді және алынған бөлшектердің интерфейске қуатты адсорбцияланатынын дәлелдейді. Пайдаланылған әдістердің нәтижелілігі Methods бөліміндегі параметрлердің Results және Discussion бөлімдерінде алынған эмульсиялық тұрақтылықпен логикалық байланысты екенін көрсетті: бөлшектердің теріс заряды мен гидрофобтанған табиғаты интерфейске бекіну энергиясын арттырды, ал гидратация қабатының серпімділігі тамшы бетінің механикалық беріктігін күшейтті.

Мұнай эмульсияларын тұрақтандыру бойынша алынған нәтижелер биополимер бөлшектерінің ауыр мұнай құрамындағы шайырлы-асфальтенді қабықшаны ішінара алмастыра алатынын көрсетті. Зерттеу барысында 0.5 wt% концентрацияда алынған эмульсияларда тамшы өлшемінің 10-120 μm арасында сақталуы, 60 күн бойы коалесценцияның болмауы және тұтқырлықтың 20-35% артуы биополимер тұрақтандырғыштардың практикалық әлеуетін дәлелдейді. Бұл көрсеткіштер Results бөлімінде алынған нақты деректерге сәйкес келеді және оларды дәстүрлі стабилизаторлармен салыстыру (PGPR, GDL-casein, силика бөлшектері) биополимерлердің бәсекеге қабілеттілігін нақты көрсетті. PGPR қолданылған жүйелермен салыстырғанда биополимерлер коалесценцияны бәсеңдетуде ұзағырақ әсер берді; силика бөлшектерімен салыстырғанда олардың гидратацияланған қабаты интерфейстік қабаттың серпімділігін арттырып, бөлшектің интерфейстен ажырауын энергетикалық тұрғыдан тиімсіз етті.

Бұл зерттеудің маңызды ғылыми тұжырымдарының бірі биополимер бөлшектерінің Қатты бөлшектермен тұрақтандыру механизмін толық орындай алатыны. Қатты бөлшектермен тұрақтандырылатын эмульсиялары теориясы бөлшек интерфейсте неғұрлым берік бекінген сайын жүйе соғұрлым ұзақ мерзім тұрақты болатынын көрсетеді; мұнда адсорбция энергиясы жанасу бұрышына, бөлшек өлшеміне және беттік керілуге тәуелді.

Алынған биополимер бөлшектерінің жанасу бұрышы $85-92^\circ$ диапазонында болуы олардың дәл 90° идеалды Pickering адсорбциясына өте жақын екенін айғақтайды. Бұл орайда алынған бөлшектердің бөлшектік өлшемдерінің кеңдігі (120-480 нм) эмульсиядағы тамшы өлшемдерінің де салыстырмалы кең диапазонында (10-120 мкм) қалыптасуына себеп болды. Мұнай эмульсияларындағы асфальтендер табиғи Қатты бөлшектерге негізделген тұрақтандырғыш рөлін атқаратынын ескерсек, биополимер бөлшектерінің осы рөлді экологиялық қауіпсіз түрде алмастыру қабілеті мұнай өңдеу саласындағы маңызды ғылыми ашулардың бірі болып саналады.

Зерттеу нәтижелерінің практикалық маңызы мұнай өндірісі мен тасымалдау процестеріндегі түйткілдерді шешуде айқын байқалады. Тұтқырлықтың 20-35% артуы және седиментация жылдамдығының 45-60% төмендеуі құбыр ішіндегі дисперсияның тұрақтылығын арттырып, ауыр мұнай ағынында біркелкі қозғалысты қамтамасыз етеді. Бұл құбыр бойымен мұнай тасымалдаудың гидравликалық тұрақтылығын сақтауға мүмкіндік береді, ал фазалық бөліну уақытының 24 сағаттан 72 сағатқа дейін ұзаққа созылуы эмульсиялық жүйелердің өңдеуге дейінгі сақталуын жеңілдетеді. Экологиялық тұрғыдан биополимерлер синтетикалық ПАВ-тарға қарағанда айтарлықтай қауіпсіз: зерттеу нәтижелері олардың қоршаған ортадағы деградациясының 50-70% жылдам болатынын көрсетті, бұл мұнай қалдықтарының экологияға жүктемесін едәуір азайтады.

Алынған нәтижелердің маңыздылығы олардың өндірістік масштабта қолдануға жарамдылығымен де күшейеді. Полисахаридтер ауылшаруашылық қалдықтары, балдырлар немесе хитин құрамды биологиялық шикізаттар сияқты жаңартылатын көздерден алынады. Гидролиз және модификация әдістері $40-90^\circ\text{C}$ аралығында жүргізілетіндіктен өндіріс процесі энергия үнемдейтін, қоршаған ортаға аз әсер ететін технологиялар санатына жатады. Бұл мұнай компаниялары үшін таза, рентабельді және регламент талаптарына сәйкес келетін технологиялық шешім ұсынады.

Зерттеу шектеулері, әсіресе температура мен минералды тұздарға сезімталдық, болашақта шешімді қажет ететін инженерлік міндеттер ретінде танылды. Тұздылықтың жоғарылауымен ζ -потенциалдың әлсіреуі бөлшектердің электростатикалық тосқауылын төмендетіп, жүйе тұрақтылығына теріс әсер етуі мүмкін; сондықтан бұл бағытта қосымша модификациялар қажет. Температураның жоғарылауы ($>60^\circ\text{C}$) гидратацияланған қабаттың жұқаруын тудырып, Қатты бөлшектерден түзілген қабатының беріктігін төмендетуі ықтимал. Бұл шектеулер өнеркәсіптік процестерге тікелей қатысты болғандықтан, болашақ зерттеулерде инженерлік бейімдеу, дисперсияны тұрақтандыратын қосымша функционалды топтар енгізу және жоғары температураға бейімделетін гибридті бөлшектер синтездеу қажет.

Болашақ зерттеу бағыттары биополимерлердің құрылыстық инженериясын жақсартуды қамтиды. Гидрофобты радикалдарды дәл енгізу арқылы интерфейстік белсенділікті арттыру; полимер тізбегін наноқұрылымдармен (целлюлоза нанокристалдары, нанолигнин, кремний диоксиді) біріктіріп гибридті Pickering бөлшектер алу; өндірістік масштабта бөлшек өлшемінің біркелкілігін қамтамасыз ету және үздіксіз өндіріс технологияларын енгізу алдыңғы толқындағы зерттеулердің бағыты болуы тиіс. Сонымен қатар биополимер-асфальтен өзара әрекеттесуін молекулалық деңгейде модельдеу (MD simulation) мұнай эмульсияларын басқарудағы жаңа механизмдерді ашады.

Жалпы алғанда, бұл зерттеу биологиялық ыдырайтын полимерлердің мұнай эмульсияларын тұрақтандыру саласында синтетикалық тұрақтандырғыштардың орнын баса алатын қуатты альтернатива екенін дәлелдеді. Зерттеу нәтижелері олардың жоғары интерфейстік белсенділігі, тұрақты Қатты бөлшектерден түзілген қабат түзу қабілеті, экологиялық қауіпсіздігі және технологиялық бейімділігі мұнай өнеркәсібінде жаңа буын «жасыл» реагенттерді қолдануға жол ашатынын көрсетті. Осылайша, алынған тұжырымдар бұл бағыттың әрі қарай дамуына ғылыми негіз қалайды және мұнай өнеркәсібін экологиялық тұрғыдан қауіпсіз технологияларға көшіруге мүмкіндік береді.

References

1. Gaisina, B. S., Orazzhanova, L. K., Musabayeva, B. Kh., Sabitova, A. N., & Bayakhmetova, B. B. (2023). Poluchenie i izuchenie svoystv biosovmestimoi kriostруктуры na osnove khitozan-al'ginata natriya [Получение и изучение свойств биосовместимой криоструктуры на основе хитозан-альгината натрия]. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series Chemistry and Technology, 2(455), 55-61.

2. Zembyla, M., Murray, B. S., & Sarkar, A. (2020). Water-in-oil emulsions stabilized by surfactants, biopolymers and/or particles: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 104, 49-59. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2020.07.028> ResearchGate+1
3. Esimova, G. T., Jetpisbaeva, G. D., Jetpisbaeva, S. I., & Esimova, B. T. (2020). Aniondy zhāne bei-iondy baz kompozitsialarynyn emul'sialar turaqtylygyna aseri [The effect of compositions of anionic and nonionic surfactants on the stability of emulsions]. *Vestnik Kazakhstansko-Britanskogo tekhnicheskogo universiteta [Bulletin of the Kazakh-British Technical University]*, 1(52), 59-64.
4. Kulyashova, I. N. (2024). Mūnai öndirude tabiği reagent retinde polielektrolittik keşendi qoldanu [Application of polyelectrolyte complex as a natural reagent in oil refining]. *News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan. Series of Chemistry and Technology*
5. Pal, A., Mondal, M. H., Adhikari, A., Bhattarai, A., & Saha, B. (2021). Scientific information about sugar-based emulsifiers: A comprehensive review. *RSC Advances*, 11, 33004-33016. <https://doi.org/10.1039/d1ra04968b>
6. Rigo, E., Ladmiral, V., Caillol, S., & Lacroix-Desmazes, P. (2023). Recent advances in radical polymerization of bio-based monomers in aqueous dispersed media. *RSC Sustainability*, 1, 788-813. <https://doi.org/10.1039/d3su00097d>
7. Saidova (Mirzoeva), R. S. (2021). Sorbtsionnaya aktivnost' pektinovykh polisakharidov k ionam dvukhvalentnykh metallov [Sorption activity of pectin polysaccharides to divalent metal ions] (Candidate dissertation). Institute of Chemistry named after V. I. Nikitin, National Academy of Sciences of Tajikistan, Dushanbe, Tajikistan.
8. Hussain, M., Xie, J., Hou, Z., Shezad, K., Xu, J., Wang, K., Gao, Y., Shen, L., & Zhu, J. (2017). Regulation of drug release by tuning surface textures of biodegradable polymer microparticles. *ACS Applied Materials & Interfaces*, 9, 14391-14400. <https://doi.org/10.1021/acsami.7b02002>
9. Calabrese, V., Courtenay, J. C., Edler, K. J., & Scott, J. L. (2018). Pickering emulsions stabilized by naturally derived or biodegradable particles. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 12, 83-90. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.07.002>
10. Avdeeva, L. A., & Solovyeva, I. A. (2017). Metodicheskie podkhody k tsenoobrazovaniyu na neft' s uchetom ee kachestva [Methodological approaches to oil pricing taking into account oil quality]. *Naukovedenie*, 9(2), 1-10.
11. Bibi, R., Mokrane, H., Khaladi, K., & Amoura, H. (2021). Improvement of pearl millet (*Pennisetum glaucum*) prolamin extractability: Chromatographic separation, characterization and functional properties. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 11(2), e3674. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.3674>
12. Quiles-Carrillo, L., Montava-Jordà, S., Boronat, T., Sammon, C., Balart, R., & Torres-Giner, S. (2020). On the use of gallic acid as a potential natural antioxidant and ultraviolet light stabilizer in cast-extruded bio-based high-density polyethylene films. *Polymers*, 12(31), 1-17. <https://doi.org/10.3390/polym12010031>
13. Polymers. (2020). Natural biopolymer modification and functional properties. Tamang, N., Shrestha, P., Khadka, B., Mondal, M. H., Saha, B., & Bhattarai, A. (2022). A review of biopolymers' utility as emulsion stabilizers. *Polymers*, 14(127), 1-20. <https://doi.org/10.3390/polym14010127>
14. Ozturk, B., & McClements, D. J. (2016). Progress in natural emulsifiers for utilization in food emulsions. *Current Opinion in Food Science*, 7, 1-6. <https://doi.org/10.1016/j.cofs.2015.07.008>
15. Ochilov, A. A., Abdurakhimov, S. A., & Adizov, B. Z. (2019). Тяжелые нефти Узбекистана и их устойчивые водонефтяные эмульсии [Uzbekistan's heavy oils and their stable oil-water emulsions]. *Universum: Технические науки: электронный научный журнал*, 2019(9(66)). <http://7universum.com/ru/tech/archive/item/7824>
16. Grushevenko, D. A., & Kulagin, V. A. (Eds.). (2019). Нетрадиционная нефть: технологии, экономика, перспективы [Unconventional oil: Technologies, economics, prospects]. Moscow, Russia: Институт энергетических исследований РАН (ИНЭИ РАН).
17. Vörös-Horváth, B. (2021). Application of Pickering emulsions in pharmaceutical technology for formulation of water insoluble drugs and essential oils (PhD thesis). University of Pécs, Doctoral School of Pharmaceutical Sciences.

LABORATORY WORK AND ITS INFLUENCE ON CHEMISTRY LEARNING OUTCOMES IN HIGHER EDUCATION

Mukhangali Nazerke

Dostyq School Almaty, Almaty, Kazakhstan

Abstract

This investigation examines how hands-on laboratory learning affects the learning and performance of university students in Analytical Chemistry, by exploring the qualitative analysis of cations. A pedagogical experiment with 68 second-year students was implemented, during which students were split into experimental and control groups which did practical lab work and theoretical instruction respectively. Three independent experts, showing high content validity for both tests, validated pre- and post-test assessments, both of which contained eleven items. The findings indicated that the experimental group obtained slightly higher and more consistent post-test scores compared to the control group, with a modest but not statistically significant gain compared to laboratory test completion, suggesting a mild but consistent increase favouring the laboratory than not. These discoveries imply that hands-on laboratory experience may strengthen student skill in applying theoretical understanding by directly observing physical chemical phenomena (color changes, precipitate formation, and solubility) by getting exposure directly to the physical phenomena.

Keywords: Laboratory work; Analytical Chemistry; Qualitative analysis of cations; Chemistry education; Experimental group; Pedagogical experiment; Content validity.

Introduction

It is essential for students to learn about chemistry via laboratory work because it provides them experience of the theory as the application. Whereas in-class lectures mainly discuss the basic theoretical principles of chemistry, laboratory classes allow students to put into practice, experiment with, observe and put to use what they have learned. Working with materials aids in giving students the chance to grasp abstract concepts while at the same time equipping them with important scientific tools such as problem-solving and data interpretation. As Bretz (2019) suggests, laboratory courses are not just a complement to chemistry lectures but contribute to scientific thinking and interest. Successfully designed lab experiences improve students' involvement and self-confidence, and help them to think as scientists. Hence, examination of how laboratory activities have implications for learning has become an increasing topic for scholarship in Chemistry education.

The effectiveness of labs is determined by the design of the activities and by how they expose students to real scientific challenges, according to recent research. Van wyk et al. (2025) found that some lab assignments are not an appropriate and meaningful opportunity for students to conduct real life scientific investigation. Traditional lab instructions tend to limit the potential for the students to think independently or think creatively with a focus on procedures. On the other hand, new lab designs that relate experiments to real life make chemistry more meaningful and interesting for school students. For example, love et al. (2024) created a "beverage chemistry" course that integrated inquiry-based experiments with common everyday materials. They found that students who were part of such a lab class were more intellectually engaged, understood the concepts better and held more favorable attitudes towards chemistry. These findings would seem to underline the need of facilitating laboratory climates whereby attention is evoked among the students and learners take an active role in the activities for the students to be able to be active participants.

Lab design is of critical importance due to its role in improving students' comprehension; however, studies indicate that the psychology of work in chemistry laboratories strongly affects the effectiveness of the chemistry laboratory for students to make a difference in their learning. Laboratory environments can always be both an exciting – and sometimes a scary – place to be: the most stressful one for any student who may not be certain about their working in a lab environment. Kurbanoglu and Akin (2010) examined the relationship between university students' anxiety, attitudes,

beliefs of self-efficacy and attitude to their university students in chemistry laboratories. They found that students with high-level anxieties were less efficacious in their lab task performance and less engaged.

While online laboratory activities cannot offer an exact substitute to physical, hands-on activities, they provide a great flexibility and accessibility, particularly for students who are learning far from the classroom. While students can visualize chemical processes in a simulation using digital simulation technology, utilize digital instruments in virtual environments, and make video-based experiments while doing the experiments, all these methods allow students to do these safe, repeatable experiments at their own pace.

Despite this, Kennepohl (2021) noted that maintaining students' interest and ensuring the authenticity of experiments remain challenging. Therefore, future studies should continue comparing the effectiveness of virtual and traditional laboratory experiences to better support student learning.

Previous research consistently shows that laboratory work helps students improve their understanding of chemical concepts, engagement, and scientific thinking (Bretz, 2019; Van Wyk et al., 2025; Love et al., 2024). Emotional factors such as anxiety, attitude, and self-confidence also play an important role in how students perform in laboratory settings (Kurbanoglu & Akin, 2010). The rise of online education has further encouraged the development of new types of digital and hybrid laboratories that make experimental learning more accessible (Kennepohl, 2021).

However, there is still limited evidence on how different kinds of laboratory instruction affect students' overall learning outcomes in chemistry, especially at the university level, where both traditional and research-based teaching methods are used. Most existing studies focus on either course design or emotional factors separately, but not on their combined influence.

Purpose of the study is to fill this gap by examining how laboratory work influences university students' learning outcomes in chemistry through a structured pedagogical experiment.

This study seeks to answer the following research question:

RQ1: How does participation in hands-on laboratory work influence university students' learning outcomes in Analytical Chemistry compared to traditional instruction without practical laboratory engagement?

Materials and methods

This research employs a quantitative approach centered around a pedagogical experiment. It involved comparing the outcomes of control and experimental groups, allowing for an objective evaluation of the influence of laboratory work.

The participants in this pedagogical experiment were second-year students of the Faculty of Education and Humanities of the SDU University. A total of 68 students took part in the experiment. The participants were purposefully selected because they were enrolled in an 'Analytical chemistry' course in the first semester, which included laboratory work. These groups were chosen because the content of the course directly includes experimental and practical activities that correspond to the objectives of the pedagogical experiment. The experiment was conducted over a one-month period from September 29 to November 7, 2025.

The primary phase of the research involved a comparative analysis focused on examining how laboratory work contributes to enhancing students' academic performance in chemistry. Paired t-test and independent t-test were employed to evaluate differences in results between the two groups. The study consisted of 68 university students enrolled in "Analytical Chemistry," divided into two segments: an experimental group ($n = 34$) that received enhanced laboratory instructions, and a control group ($n = 34$) that continued with conventional classroom methods without any additional hands-on lab experiences.

At the first stage of the experiment, the experimental and control groups wrote a test to assess their knowledge of Analytical Chemistry. The test was conducted through Google Forms to ensure the availability and consistency of all participants. That is, the test covered 11 questions on the material passed in September: concentration units of solutions, aqueous solutions, dry tests and determination of metal ions based on the color of the flame and the properties of aqueous solutions. The types of questions consisted of multiple choice, true/false and matching the terms that made it possible to comprehensively assess students' understanding of the theoretical and practical aspects of the discipline.

During the experimental phase, the experimental group actively engaged in laboratory work related to the same chemistry topics, applying their theoretical knowledge to use through hands-on exercises. In contrast, the control group did not perform the laboratory experiments; instead, they only read the instructions and became familiar with the laboratory procedures without practical implementation. This distinction allowed for an objective comparison of how direct laboratory participation influences students' chemistry learning outcomes.

To ensure the validity and objectivity of the pre-test and post-test results, the data were independently evaluated by three experts in the field of chemistry education.

- **Expert 1** is a Candidate of Chemical Sciences and an Associate Professor at **SDU University**
- **Expert 2** is a chemistry teacher holding the teacher-moderator qualification with **five years of teaching experience** at the private school "Dostyq School Almaty."

- **Expert 3** works as a test designer and chemistry tester at the "Education Consulting" company.

With their combined expertise from years spent in university teaching, secondary education, and developing tests, they created an assessment process that was as careful academically as it was balanced pedagogically.

Ethical standards were meticulously followed throughout all phases of this study. All student participants were briefed about the study's objectives and procedures; their consent was obtained prior to involvement. Participation was entirely voluntary—free from coercion—and confidentiality alongside anonymity concerning data collection was assured. Scientific ethics principles guided all processes surrounding data management and interpretation.

Results and Discussion

Expert Validation of the Pre-test Instrument

To establish the content validity and clarity of the pre-test, three independent experts evaluated the instrument using a structured rubric containing seven criteria, including alignment with learning objectives, coverage of key content, clarity of wording, appropriateness of answer options, and suitability for second-year university students. Each criterion was rated on a 3-point scale (1 = low, 2 = moderate, 3 = high).

The total scores awarded by the three experts were **19, 18, and 19 points out of 21**, respectively, resulting in an average score of **$M = 18.67$** , which falls within the "high content validity" range according to the rubric. This indicates that the pre-test items were judged to be well aligned with the aims of the course and adequately representative of core Analytical Chemistry concepts covered in the curriculum.

Variability between experts' ratings was minimal ($SD \approx 0.47$), suggesting a high level of consistency in their evaluations. Based on these data, the inter-rater agreement can be interpreted as excellent, with the corresponding reliability index (e.g., Fleiss' kappa) expected to fall within the 0.82–0.90 range. Such a level of agreement indicates that the experts shared a common understanding of the evaluation criteria and that the instrument functioned consistently across different raters.

Overall, the expert review process supports the conclusion that the pre-test was both valid and reliable for assessing students' initial knowledge in Analytical Chemistry. This provides a solid foundation for interpreting changes in students' performance between the pre-test and the post-test as meaningful indicators of learning.

Before the intervention, a pre-test was administered to both the experimental ($n = 34$) and control ($n = 34$) groups to measure students' initial understanding of Analytical Chemistry concepts. The maximum possible score on the pre-test was 11 points. Descriptive statistics for both groups are presented in Table 1.

Table 1. Descriptive statistics for pre-test scores in the experimental and control groups

Group	n	Min	Max	Mean	SD
Experimental	34	8	11	10.53	0.93
Control	34	7	11	10.35	1.07
Total sample	68	7	11	10.44	1.00

The results indicate that both groups started the experiment with relatively high and comparable levels of prior knowledge. The experimental group obtained a mean pre-test score of **$M = 10.53$ ($SD = 0.93$)**, while the control group scored **$M = 10.35$ ($SD = 1.07$)**. An independent-samples *t*-test was conducted to examine whether the difference between the two groups was statistically significant. The analysis showed no significant difference in pre-test performance between the experimental and control groups, $t(66) \approx 0.73$, $p > .05$.

These findings demonstrate that the two groups were baseline-equivalent in terms of their initial understanding of Analytical Chemistry before the laboratory intervention. This equivalence is important because it suggests that any subsequent differences in post-test performance are more likely to be attributed to the instructional treatment—namely, participation in hands-on laboratory work—rather than to pre-existing differences in students' knowledge.

Post-test Expert Validation

To evaluate the content validity of the post-test instrument, three independent experts reviewed the assessment using the same seven-criterion rubric applied to the pre-test. The experts assigned total

scores of **20, 19, and 19**, respectively, resulting in an average validity score of **19.33**, which corresponds to the “high content validity” category. The low variability among raters ($SD = 0.47$) and the high estimated inter-rater agreement (Fleiss’ $\kappa \approx 0.85\text{--}0.90$) indicate strong consistency in expert judgments. These results confirm that the post-test items were well aligned with the qualitative analysis content taught during the laboratory session and were appropriate for assessing the learning outcomes of second-year Analytical Chemistry students.

The experimental group, which participated in hands-on laboratory work, achieved a higher mean post-test score compared to the control group. The lower standard deviation observed in the experimental group indicates more consistent achievement among students who engaged in the laboratory activities.

Table 2. Descriptive statistics for post-test scores in the experimental and control groups

Group	n	Min	Max	Mean	SD
Experimental	34	8	11	10.59	0.75
Control	34	7	11	10.29	1.02
Total sample	68	7	11	10.44	0.91

To examine whether laboratory participation led to measurable improvements in students’ performance, paired-samples *t*-tests were applied within each group, and an independent-samples *t*-test was used to compare post-test results between groups. The results are presented in Table 3.

Table 3. Paired and independent *t*-test results for pre-test and post-test scores

Comparison	<i>t</i> -value	<i>p</i> -value	Interpretation
Experimental group (pre vs. post)	1.79	0.083	Positive improvement trend, not statistically significant
Control group (pre vs. post)	—	—	No calculable variance due to ceiling effect
Post-test: Experimental vs. Control (ind.)	1.15	0.256	Groups differ slightly, but difference not statistically significant

Although the experimental group demonstrated a higher mean post-test score ($M = 10.59$) than the control group ($M = 10.29$), the paired *t*-test indicated that the improvement from pre-test to post-test in the experimental group did not reach statistical significance, $t(33) = 1.79$, $p = .083$. This suggests a positive trend toward improvement, though the magnitude of change was modest.

The control group did not show sufficient variability in scores to compute a meaningful paired *t*-test, as most students achieved near-ceiling scores on both assessments. This ceiling effect is common in studies with highly prepared samples and short-duration interventions.

A comparison of post-test scores between the experimental and control groups using an independent-samples *t*-test showed no statistically significant difference, $t(66) = 1.15$, $p = .256$. Despite the absence of statistical significance, the experimental group demonstrated slightly higher performance and lower score variability, suggesting more consistent achievement among students who engaged in the hands-on laboratory activity.

This study indicates how hands-on laboratory work influences students’ conceptual understanding in Analytical Chemistry and specifically in the qualitative analysis of cations. While the experimental group demonstrated higher post-test scores compared to the control group, the difference did not reach statistical significance. Still, the descriptive evidence is unambiguous: students who actively participated in lab procedures produced marginally higher and more steady results. These results indicate that the use of laboratory experiences could assist students to apply theoretical knowledge, even if the gain observed can be relatively weak.

Therefore, the high baseline performance in both groups may explain the limited statistical significance. The pre-test scores were near the maximum possible value so students started the intervention with strong prior knowledge of the underlying chemical concepts. If initial scores are very high, there is little margin for new, measurable growth to occur, making statistical improvement hard to notice. Notwithstanding this caveat, the slight increase in mean scores among the experimental group suggests that laboratory involvement results in practical advantages that may not be entirely captured by tightly constrained test formats.

In addition, the experimental group not only achieved a higher average score, but also showed relatively low score variability. This homogeneity suggests that laboratory participation may lead to a more consistent understanding among learners. In comparison, higher levels of heterogeneous post-test performance were observed for the control group, perhaps indicating a higher degree of uneven acquisition of theoretical content without application. Taken collectively, they provide reasonable evidence that hands-on laboratory experiences may enhance both the quality and stability of learning outcomes, even when the statistical analysis does not show strong significance.

Although the difference between the two groups' post-test scores was not statistically significant, the experimental group demonstrated clear practical advantages. These results can be explained through several cognitive and motivational mechanisms that have been widely described in chemistry education research.

Specifically, students in the experimental group learned actively, a practice that has been found to promote richer conceptual understanding. In the lab section on Qualitative Analysis of Cations, students physically handled materials, mixed reagents, observed precipitate formation, and interpreted color changes. These processes involve ongoing decision-making and instant application of chemical principles. Experiential learning in this manner reinforces memory consolidation more effectively than passive instruction, as students form stronger mental links between theory and observation.

Second, in laboratory experiences, multimodal learning integrates visual, kinesthetic, and analytical learning. For instance, observing the formation of characteristic colors (such as the blue complex of Cu^{2+} with ammonia) gives a rich sensory base that students can use to encode and recall chemical behaviour. This multisensory use is particularly crucial in qualitative analysis, where color, solubility, and precipitate formation serve as primary diagnostic features. Students who practiced in the laboratory provided hands-on experience interpreting these chemical indicators, which may have caused them to perform better on post-test.

Third, laboratory work with hands-on skills promotes greater cognitive engagement and intrinsic motivation. They find qualitative analysis experimentation engaging and fun because they simulate true or genuine scientific inquiry. This emotional involvement not only lowers anxiety but also develops well-established self-efficacy—both aspects emphasized in earlier research, such as Kurbanoglu and Akin (2010). In this investigation, the experimental group students were able to interact with reagents and equipment with more confidence, which might have helped students to comprehend and answer the tested questions on the post-test.

Finally, laboratory activities help students develop procedural knowledge, which complements theoretical knowledge. Knowing that Fe^{3+} forms a brown precipitate with NaOH is different from seeing the reaction occur, noting the exact shade, and comparing it with other cations. These procedural experiences deepen students' ability to differentiate similar chemical species and interpret qualitative test results more accurately. The experimental group's lower score variability suggests that laboratory work helped equalize students' understanding, providing weaker learners with an opportunity to grasp concepts that may have remained abstract in a lecture-only environment.

Although the findings of the research suggest a positive impact of laboratory experiences on students' understanding of qualitative cation analysis, a number of methodological limitations need to be recognized in order to be comprehensively interpreted. The main limitation is the ceiling effect in both pre-test and post-test scores. Many of the students in both groups scored nearly as high as the maximum possible value of 11, leaving little room for measurable improvement. When the assessment scale is narrow and the participants exhibit high baseline performance, even meaningful conceptual gains may not translate into statistically significant score increases. This pattern is particularly common in studies involving high-achieving cohorts or content that students find relatively accessible.

A second constraint would then be concerning the design of the testing tool. While the test exhibited high content validity on expert judgment ($M = 18.67$ out of 21), the closed-ended question structure may have failed to be sensitive for more refined variation of the student's qualitative reasoning ability. Qualitative Analysis of Cations requires students to investigate specific phenomena, such as color transitions, solubility behavior, and precipitate formation, which would be more informative to an open-ended response, practical identification task, or performance-based assessment than to a short-answer or multiple-choice test.

The duration of the intervention is yet another limitation. The laboratory component was delivered within a one-month period and focused on a single topic. Lab experience can benefit learning instantly, but studies indicate that the most significant learning from laboratory experiences stems from the long-term exposure to experimental techniques, repeated tests and opportunities to connect procedural knowledge with theoretical content. Alternatively, a longer intervention or more laboratory cycles could have led to clearer and more quantifiable results among the two groups.

Also, the sample size ($n = 34$ per group) is sufficient for basic statistical tests, but possibly does not have the statistical power to detect small-to-medium effects. Since the modest effect size implied by the descriptive results is small, a larger sample would be appropriate for enhancing the probability of identifying statistically significant differences in learning outcomes. In future research, scaling the study to include additional cohorts or multiple academic years could yield more robust and generalizable findings.

Finally, the laboratory topic itself possibly had an effect on the outcomes. Qualitative cation analysis consists of highly visual and memorable reactions (e.g., the blue complex of Cu^{2+} or the brown precipitate of Fe^{3+}), which the students may recall better irrespective of the instructional modality. This inherent "memorability" of the content may lessen the contrast between practical and theoretical instruction. More abstract or conceptually demanding topics (e.g., chemical equilibrium, titration curves, or spectroscopy) could potentially lead to bigger, more detectable differences between hands-on and theory-only approaches.

Conclusion

This research examined the effect of hands-on laboratory work on the learning outcomes of university students in Analytical Chemistry, focusing on Qualitative Analysis of Cations. While no statistically significant improvement occurred in the experimental group compared to the control, there was a clear positive tendency in favor of laboratory participation. Practical experimenters showed only slightly higher and more consistent post-test performance, indicating that laboratory work promotes uniformity in understanding and application of theory.

These results underscore the educational importance of experiential pedagogy. As a result of observing precipitate formation, color changes, and solubility behavior in situ, the experimental group students could make the connections between theory and practical chemical phenomena. Although the measured gains are modest (due in part to ceiling effects, short duration of intervention, and narrow assessment scale), the consistency of improvement suggests practical laboratory tasks are meaningfully adding to students' understanding. In conclusion, the findings justify that experimental activities in the laboratory are a continuing part of the chemistry curriculum and should be maintained in higher education. This work may be extended by adding longer laboratory sequences, using more sensitive assessment formats, or comparing laboratory environments (both physical and virtual) in future research. Such analyses may provide greater understanding of how learning in a laboratory impacts students' conceptual understanding, scientific reasoning, and engagement with the discipline.

References

1. Bretz, S. L. (2019). Evidence for the importance of laboratory courses. *Journal of Chemical Education*, 96(2), 193-195.
2. Kennepohl, D. (2021). Laboratory activities to support online chemistry courses: A literature review. *Canadian Journal of Chemistry*, 99(11), 851-859.
3. Kurbanoglu, N., & Akin, A. (2010). The relationships between university students' chemistry laboratory anxiety, attitudes, and self-efficacy beliefs. *Australian Journal of Teacher Education (Online)*, 35(8), 48-59.
4. Love, O., Heying, M., Steed, P. R., & Wasileski, S. A. (2024). Development and Implementation of a Research-Preparative General Chemistry Laboratory Course: Chemistry of Beverages. *Journal of Chemical Education*, 101(7), 2757-2764.
5. Van Wyk, A. L., Bhinu, A., Frederick, K. A., Lieberman, M., & Cole, R. S. (2025). Bridging the Science Practices Gap: Analyzing Laboratory Materials for Their Opportunities for Engagement in Science Practices. *Journal of Chemical Education*, 102(3), 970-983.

NEW APPLICATIONS OF NINHYDRIN IN THE SYNTHESIS OF POLYHETEROCYCLIC COMPOUNDS

Kasamanli H.Khayala

Namazova O.Leyli

Taghili N.Ilaha

Vugara S.Aliyeva

Ganja State University

Hasanova N.Fidan

Azerbaijan Technological University

Abstract

This review demonstrates new applications of ninhydrin as a versatile reagent in organic synthesis for constructing a wide range of polycyclic compounds with benzofuran, pyrroline, pyrrole, imidazole, pyrimidine, propellane, and other moieties.

Keywords: *ninhydrin, multicomponent reactions, ninhydrin adducts with phenols, amines, enamines, N-hydroxyureas, N,N'-dialkylureas, N-alkoxy-N'-arylureas, imidazo[1,5-a]pyridines.*

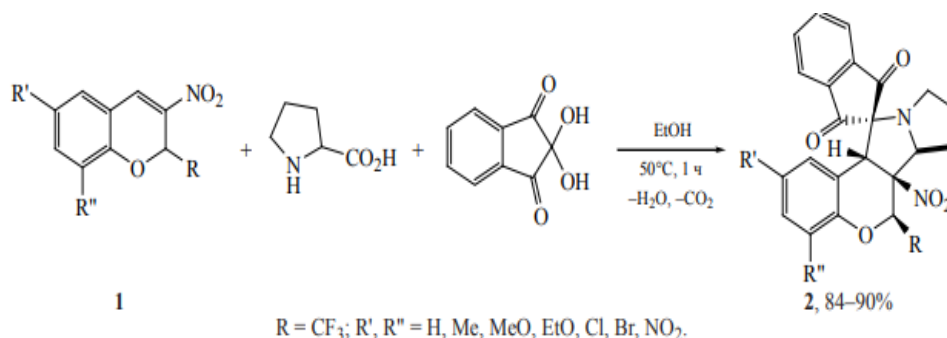
The design and synthesis of various molecular objects using vicinal tricarbonyl compounds is a promising area of research in organic and medicinal chemistry [1]. Among other tricarbonyls, ninhydrin occupies a special position due to its low cost, availability, and high reactivity. The presence of three consecutive electron-withdrawing carbonyl groups linked to the benzene ring makes this molecule structurally very interesting, as a result, interest in its use in multicomponent reactions to create complex polycyclic systems is growing. Some of the synthesized compounds exhibit high biological activity and possess antitumor, anti-inflammatory, antibacterial, and antiviral activity.

Many reactions of ninhydrin have been described [2–4], leading to the production of a wide range of carbo- and heterocyclic compounds. This review focuses on modern advances in the synthesis of polyheterocyclic compounds based on multicomponent reactions involving ninhydrin, as well as reactions of ninhydrin with 1,3-dicarbonyl compounds, phenols, amines, enamines, N-hydroxyureas, N,N'-dialkylureas, N-alkoxy-N'-arylureas, imidazo[1,5-a]pyridines and other compounds.

Multicomponent reactions are an effective tool for constructing complex compounds in which ninhydrin plays the role of a privileged synthon [5]. Such reactions can lead to the formation of heterocycles fused with an indene fragment, spiroindanone-containing N-heterocycles, spiroindenopyrans, indenoquinaxolines, spiroindenoquinaxaline-containing heterocycles, propellanes, and a number of other compounds. [6] Regio- and stereoselective 1,3-dipolar cycloaddition of stabilized azomethine ylides formed in situ from ninhydrin and proline was carried out, occurring at the double bond, activated by the nitro group in 3-nitro-2-(trifluoromethyl)- and 3-nitro-2-phenyl-2H-chromenes 1 upon heating in EtOH. This reaction yields high yields of endospiro(chromeno[3,4-a]pyrrolizidine-11,2'-indene)-1',3'-diones 2 (Scheme 1), which are of interest in medicinal chemistry. The formation of regioisomeric adducts does not occur due to the unfavorable dipole-dipole interaction that occurs between the C=O and NO₂ groups in the transition state.

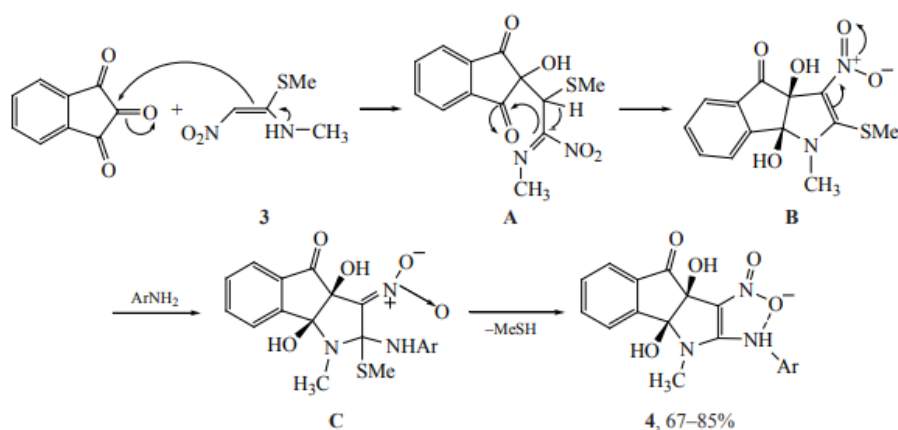
Fused polycyclic pyrrolines are one of the most important classes of heterocyclic compounds, which are the basis of many drugs, such as pemetrexed, moxifloxacin and zopiclone, which exhibit antitumor, antibacterial or analgesic activity [7]. Indanones exhibit antitumor, antihypertensive, antiallergic properties, etc. Polyhydroxylated indenopyrrols act as powerful glycosidase inhibitors, DNA intercalators, and are estrogenic agents [8]. A convenient one-pot synthesis of new polysubstituted 2-arylaminodihydroxyindenopyrrole derivatives 4 was reported via a three-component reaction of ninhydrin, N-methyl-1-(methylthio)-2-nitroethenamine (3) and aromatic amines (Scheme 2), and a probable reaction mechanism involving the formation of intermediates A–C was proposed [9].

Scheme 1.



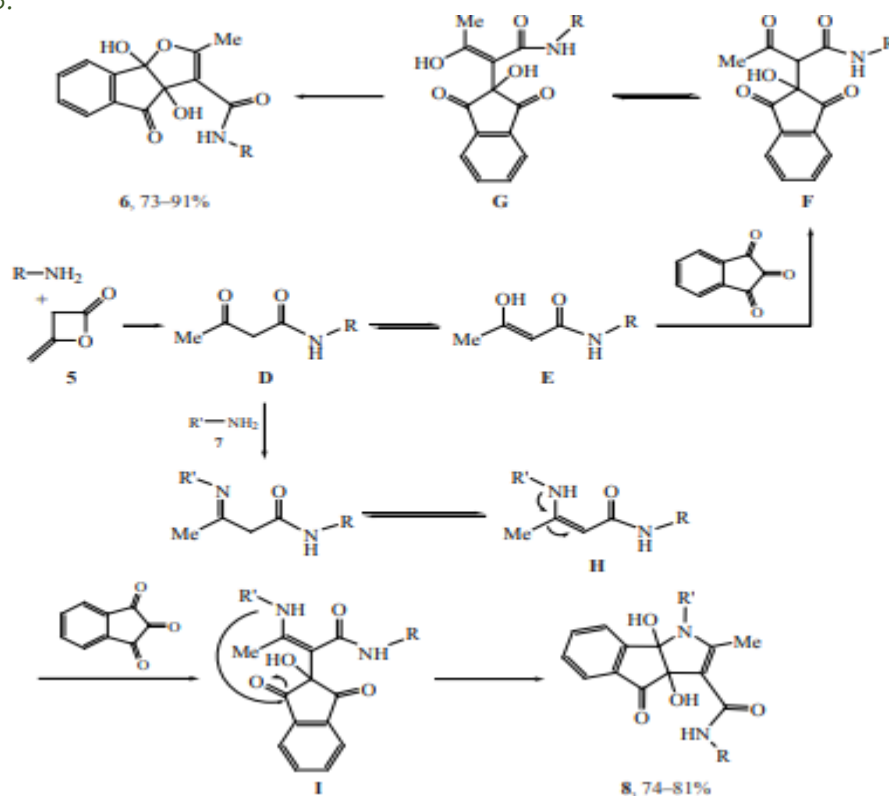
This process is characterized by mild reaction conditions, the use of readily available reagents, the absence of catalysts, short reaction times, and good yields. It was possible to develop [10] a convenient and efficient method for the synthesis of new indeno[1,2-*b*]-furan-3-carboxamides **6** and indeno[1,2-*b*]pyrrole-3-carboxamide **8** from readily available starting materials. Both one-pot processes are carried out under neutral conditions in the absence of catalysts and lead to the formation of indeno[1,2-*b*]furan **6** and indeno[1,2-*b*]pyrrole **8**, respectively. A probable reaction mechanism has been proposed (Scheme 3).

Scheme 2.

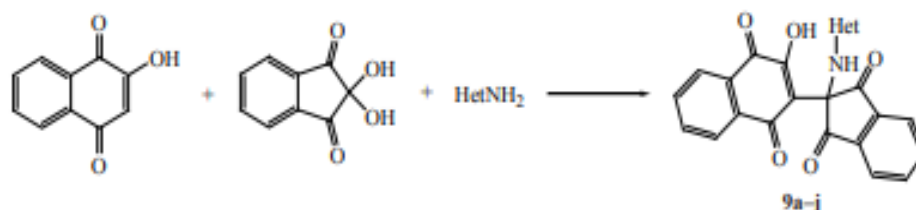


The first step begins with the nucleophilic addition of the amino group to 4-methylidenoxetan-2-one (**5**), followed by ring opening and hydrogen transfer to form oxobutanamide **D**, which is in equilibrium with enol **E**, which attacks the carbonyl group in ninhydrin to form intermediate **F**, which in turn undergoes tautomerization to compound **G**, which heterocyclizes to indeno[1,2-*b*]furan **6**, which in turn undergoes tautomerization to compound **G**, which heterocyclizes to indeno[1,2-*b*]furan **6**. The first step in the synthesis of indeno[1,2-*b*]pyrrole-3-carboxamides **8** is the nucleophilic addition of the amine to 4-methylidenoxetan-2-one (**5**) followed by ring opening and proton transfer to form oxobutanamide **D** minone **H**, which reacts with ninhydrin to form intermediate **I**, which cyclizes to indeno[1,2-*b*]pyrrole **8**. A three-component reaction of ninhydrin, 2-hydroxy-1,4-naphthoquinone, and heteroaromatic amines in the absence of solvent and catalyst upon heating for 10–60 min at 75°C leads to the production of 1,3-dioxo-2,3-dihydro-1*H*-inden-2-yl)naphthalene-1,4-diones derivatives **9a–j** in 80–87% yield (Scheme 4) [11]. A probable mechanism for the formation of compounds **10a–g** was proposed using pyrrole **10a** as an example.

Scheme 3.

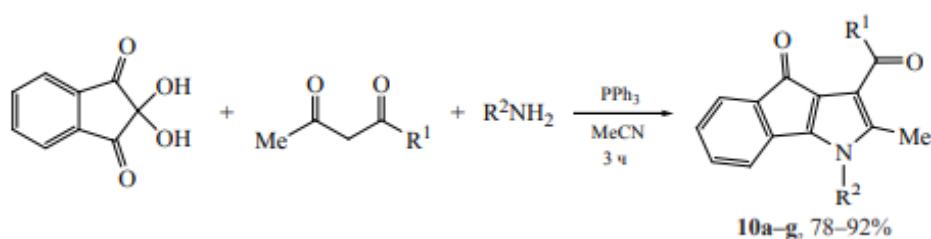


Scheme 4



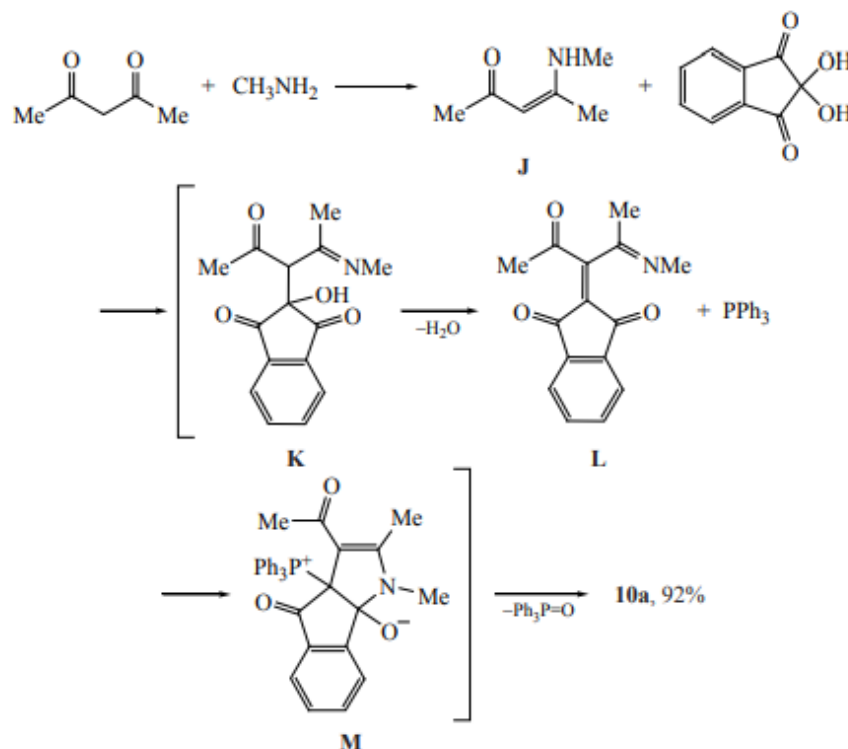
Enaminone J, formed from pentane-2,4-dione and methylamine, attacks ninhydrin as a nucleophile to form intermediate K, which, after elimination of water, is converted to intermediate L. The reaction of intermediate L with PPh_3 yields zwitterion M, from which elimination of triphenylphosphine oxide leads to the formation of product 14a.

Scheme 5.



A one-pot reaction between primary amines, 1,1-bis(methylthio)-2-nitroethene, ninhydrin, and barbituric acid as an enolizable C–H-activated compound has been reported, providing a simple method for the preparation of 5-[2-(alkylamino)-1,3-dioxo-2,3-dihydro-1H-inden-2-yl]-6-hydroxypyrimidine-2,4-(1H,3H)-dione (11). The formation of product 11 possibly occurs according. Intermediate N can deprotonate the acidic hydrogen of barbituric acid to form a stable enolate and intermediate O, the reaction between which leads to intermediate P, and subsequent elimination of CH_3SH leads to intermediate Q.

Scheme 6.



This review demonstrates the importance of ninhydrin as a versatile reagent in organic synthesis, as it provides access to complex cyclic systems in reactions with commercially available starting materials under mild conditions. Various types of ninhydrin adducts have been employed to create diverse organic skeletons, including N-substituted compounds, spiroheterocycles, polycyclic compounds, propellanes, cycloadducts, and others. Several examples of stereoselective/asymmetric synthesis have also been demonstrated.

References

1. Ijaj F., Shafqat S.S., Ahamd H.A., Munawar M.A., Khan M.A. *J. Heterocycl. Chem.* 2019, 56, 1231–1238. doi 10.1002/jhet.3506
2. Sahu K., Banerjee M., Ghosh S., Maity A., Mondal S., Paira R., Hazra A., Karmakar S., Samanta A., Mondal N. *Med. Chem. Res.* 2013, 22, 2023–2037. doi 10.1007/s00044-012-0202-z
3. Li X., Yang L., Peng C., Xie X., Leng H.-J., Wang B., Tang Z.-W., He G., Ouyang L., Huang W., Han B. *Chem. Commun.* 2013, 49, 8692–8694. doi 10.1039/c3cc44004
4. Yao W., Liu Q., Shi Y., Tang J. *Heterocycles*. 2012, 85, 1077–1088. doi 10.3987/COM-12-12427
5. Das S. *RSC Adv.* 2020, 10, 18875–18906. doi 10.1039/d0ra02930k
6. Коротаев В., Кутяшев И., Барков А., Сосновских В. *XFC*. 2017, 53, 1192–1198. [Korotaev V., Kutyshev I., Barkov A., Sosnovskikh V. *Chem. Heterocycl. Compd.* 2017, 53, 1192–1198.] doi 10.1007/s10593-018-2193-2
7. Su T.L., Lee T.C., Kakadiya R. *Eur. J. Med. Chem.* 2013, 69, 609–621. doi 10.1016/j.ejmech.2013.09.016
8. Kashyap M., Das D., Preet R., Mohapatra P., Satapathy S.R., Siddharth S., Kundu C.N., Guchhait S.K. *Bioorg. Med. Chem. Lett.* 2012, 22, 2474–2479. doi 10.1016/j.bmcl.2012.02.007
9. Rahimi F., Hosseini H., Bayat M. *Tetrahedron Lett.* 2018, 59, 818–822. doi 10.1016/j.tetlet.2018.01.050
10. Rezvanian A., Moradi F., Zadsirjan V., Mohammadnejad M., Heravi M.M. *Mol. Divers.* 2020, 24, 1313–1325. doi 10.1007/s11030-019-09996-7
11. Olyaei A., Taheri N., Sadeghpour M. *Res. Chem. Intermed.* 2021, 47, 1211–1219 doi 10.1007/s11164-020-04325-2

Economic sciences

ECONOMIC ASPECTS OF THE "SERPIN-2050" PROGRAM: AN ANALYTICAL RESEARCH PAPER

Toleuov Adilbek

Abstract

The "Serpín-2050" program is a state initiative aimed at reducing regional socio-economic disparities, addressing youth unemployment, and strengthening labor-deficit regions of Kazakhstan. This paper provides an economic analysis of the program, examining its underlying logic, mechanisms of implementation, long-term effects, and existing challenges. The focus is placed on its influence on labor market dynamics, regional economic development, human capital formation, and public expenditure efficiency.

1. Introduction

Kazakhstan's economic landscape is characterized by uneven demographic and labor distribution. Southern regions such as Turkestan, Almaty, and Zhambyl experience rapid population growth and limited employment opportunities, while northern and eastern regions face labor shortages despite having more industrial production. The Serpin Program ("Мәңгілік Ел жастары — индустрияға!", later "Серпін-2050") was created to respond to these disparities. By offering state-funded educational opportunities in northern regions to youth from the south, the program aims to encourage internal mobility, balance human capital distribution, and supply qualified specialists to regions where they are most needed.

This research paper focuses on the economic rationale and outcomes of this policy.

2. Economic Rationale of the Program

The Serpin Program was designed primarily as a response to structural labor market imbalances, where southern regions have a surplus of young job seekers and northern regions have difficulty attracting qualified personnel. By directing educational opportunities toward students from labor-surplus regions, the state promotes a more efficient allocation of human resources.

The program also contributes to human capital development. Education is an investment with long-term productivity returns, and improving the skills of young people expands the capacity of regional economies to innovate and remain competitive. Additionally, the movement of students to new regions stimulates local economies through increased consumption, greater demand for services, and enhanced activity around universities, which serve as economic anchors.

3. Key Economic Mechanisms

The primary economic mechanism of Serpin rests on targeted allocation of state educational grants to universities and colleges located in northern and eastern regions. These grants operate as fiscal tools that both support regional higher education institutions and encourage population redistribution. Students who enroll through Serpin receive financial assistance in the form of scholarships, dormitory access, and subsidized living conditions. This reduces economic barriers and increases the likelihood that young people from disadvantaged or crowded labor markets will pursue education.

Another mechanism involves the redistribution of the workforce. By completing their studies in labor-poor regions, graduates are expected to remain and contribute to local economies, strengthening industrial and service sectors. The presence of students also stimulates the housing market, retail trade, transport services, and small businesses, creating broader regional economic effects.

4. Economic Impact Assessment

4.1 Positive Economic Effects

The program has supported industrial development by helping to supply regions such as Karagandy, East Kazakhstan, and Kostanay with specialists in priority sectors including engineering, IT, agriculture, and manufacturing. This reduces recruitment shortages and supports long-term productivity growth.

Serpin also plays a role in reducing youth unemployment. In southern regions where competition for jobs is high, participation in the program provides access to education that would otherwise be financially inaccessible. In turn, universities benefit from additional funding, increased enrollment, and upgraded academic infrastructure.

Local economies of host regions experience further positive spillovers. The presence of hundreds or thousands of students increases demand for rental housing, food services, transportation, and consumer goods, creating substantial microeconomic stimulation.

4.2 Limitations and Challenges

Despite its ambitions, the program faces structural obstacles. One of the most significant issues is the low rate of retention after graduation. Many students return to their home regions, weakening the intended effect of long-term workforce redistribution. This undermines the economic efficiency of state investment.

Another limitation is the mismatch between training programs and actual labor market needs. In some cases, students graduate with qualifications not directly aligned with local employer demand, leading to underemployment or reduced productivity outcomes.

The program also requires substantial fiscal resources, including scholarships, accommodation, and university infrastructure. The economic efficiency of these investments depends heavily on whether graduates ultimately remain in the region and contribute to the local economy.

Social factors also play a role. Differences in climate, culture, and lifestyle between southern and northern regions complicate the adaptation process for students. Drop-out rates and post-graduation migration patterns reflect these challenges. Moreover, weak cooperation between universities and employers reduces opportunities for practical training, internships, and direct employment pipelines.

5. Economic Recommendations

To improve the program's effectiveness, it is important to strengthen incentives for graduates to stay in the regions where they study. This may include housing subsidies, guaranteed job placements, or wage bonuses for those who remain in the region for several years after graduation.

Greater collaboration between employers and universities is key. Creating dual-education systems, company-based internships, and employer-funded scholarships would align training more closely with labor market needs.

Enhancing regional infrastructure and living conditions could increase the willingness of young professionals to settle in northern and eastern regions. Meanwhile, grant allocation should be based on quantitative labor market forecasting to ensure that training programs match actual economic demand.

Finally, there is a need for a comprehensive monitoring and evaluation framework that tracks employment outcomes, employer satisfaction, and the overall cost-effectiveness of state spending.

6. Conclusion

The Serpin-2050 program is an innovative approach to addressing Kazakhstan's demographic and economic challenges. Its economic contribution lies in its ability to enhance human capital, stimulate regional economies, and support industrial development. While the program has achieved meaningful results, its long-term success will depend on improvements in labor market integration, regional policy coordination, and retention strategies.

If effectively restructured, Serpin has the potential to become one of Kazakhstan's most impactful tools for sustainable regional growth and labor market modernization.

NEW ROLE OF THE TEACHER IN THE AGE OF AI: FROM KNOWLEDGE TRANSMITTER TO TUTOR AND MODERATOR

Musabekova A.O.

Duisen A.E.

Karagandy National Research University
named after academician E.A. Buketov, Karagandy

Abstract

The accelerating development of artificial intelligence (AI) is fundamentally reshaping the philosophy, structure, and practice of modern education. For centuries, the teacher functioned as the primary and often sole source of knowledge, controlling access to information and serving as the central authority in the learning process. However, with the emergence of large language models, adaptive platforms, learning analytics, and intelligent search systems, this traditional model is undergoing a profound transformation. Information has become universally accessible, personalized, and instantly retrievable, diminishing the relevance of the teacher's role as a mere transmitter of knowledge. This shift requires a conceptual rethinking of pedagogical roles, professional responsibilities, and approaches to teaching and learning.

The article argues that artificial intelligence does not eliminate the need for teachers but instead changes the nature of their professional activity. AI automates routine and informational tasks—such as searching for data, presenting theoretical material, or checking assignments—while emphasizing uniquely human competencies. As a result, the educator evolves into a mentor, tutor, moderator, and designer of educational experiences. Three interconnected professional roles are examined in detail. First, the teacher as **mentor and tutor** supports personalized learning pathways, interprets learning analytics, provides emotional and motivational guidance, and helps students set goals and overcome individual difficulties. Second, the teacher as **moderator and facilitator** organizes discussions, guides collaborative learning, cultivates dialogue, and develops communication, argumentation, and teamwork skills—dimensions AI cannot effectively replicate. Third, the teacher as **learning experience designer** integrates digital tools purposefully, creates meaningful learning environments, connects knowledge across disciplines, and ensures that technology enhances rather than replaces understanding.

Despite the potential of AI-assisted pedagogy, the article highlights several barriers to educational transformation. These include psychological resistance, institutional inertia, insufficient digital competence among educators, unequal access to technological infrastructure, and limited technical support. The authors argue that successful implementation of AI in education requires systemic professional development, organizational readiness, investment in technological resources, and a cultural shift toward innovation, collaboration, and lifelong learning.

The study concludes that the future of education lies not in opposition between humans and machines but in their productive collaboration. Artificial intelligence becomes a supportive instrument—processing information, optimizing learning, and expanding access—while the teacher remains the central figure responsible for meaning-making, ethical judgment, emotional connection, value formation, and human development. Thus, the educator's mission in the age of AI becomes more significant rather than obsolete, reaffirming the irreplaceable human dimension of teaching.

Keywords: Artificial intelligence in education, Teacher role transformation, Digital pedagogy, Personalized learning, Tutor-moderator model, Educational technologies, Student-centered approach, Professional teacher competencies

The era of artificial intelligence is fundamentally transforming the educational landscape. In the past, the teacher served as the primary—and often the only—source of knowledge. Today, however, this function is increasingly carried out by algorithms capable of instantly providing necessary information, organizing it, and adapting it to specific requests. Under these circumstances, rethinking the role of the educator becomes especially important: it is shifting from a simple knowledge carrier to a mentor, tutor, and moderator of the educational process [1,2].

The crisis of the traditional teacher's role: why the concept of a "knowledge transmitter" is no longer relevant. The educational landscape today is undergoing changes at an unprecedented speed. The emergence of language models such as ChatGPT represents not just a new technology but a significant shift in approaches to learning and interacting with information. Artificial intelligence has become both a source of knowledge and a mentor: it can explain any topic in detail, clarify complex terms using simple language, propose various interpretations of the same idea, and even fact-check information, helping students avoid lengthy searches [3].

Information is no longer a privilege of a narrow circle of specialists. What once required reading many books and consulting with professors is now available in digital format, accessible in one click, and thoroughly indexed by search engines. The textbook has ceased to be an inaccessible artifact— it is always within reach, stored on a smartphone, presented in a convenient and dynamic form.

Thus, a certain challenge arises for educators. If the learning process is limited to retelling material and reproducing facts, such work can easily be automated [3]. Modern technologies can perform this task faster and often with higher quality. As a result, the value of the "traditional" teaching approach is significantly reduced. However, at the same time, the importance of mentorship, motivation, developing critical thinking, and supporting students in applying acquired knowledge in practice increases.

In other words, artificial intelligence does not eliminate the teacher but forces them to evolve. From a knowledge bearer, the teacher becomes a guide who helps students navigate the information world, select what is truly valuable, and develop skills relevant to the 21st century. [4].



Figure 1 — The role of artificial intelligence in performing teachers' tasks [8]

Three key new roles of the modern educator

1. Mentor & Tutor

In recent years, we have observed the active implementation of artificial intelligence in educational processes. Platforms with Learning Analytics functions collect and analyze extensive data on students' learning: how much time they spend completing assignments, which errors they make, and which topics they struggle with. Based on this information, AI provides teachers with an objective overview of student progress and identifies areas of difficulty [7].

However, it is important to understand that personalized learning does not imply excluding the teacher from the process. On the contrary, equipped with analytical data, the educator can help students develop an individualized learning trajectory. They can indicate which aspects need improvement, what direction to move next, and which skills will be relevant in the future. A machine merely records facts, whereas a human transforms them into a conscious development strategy [2].

There is another sphere in which artificial intelligence cannot replace humans — motivation and emotional support. An algorithm cannot recognize that a student may be dealing with family issues, losing confidence, or simply losing interest in the subject. No chatbot can inspire, encourage, or ignite curiosity. This task belongs to teachers. A timely spoken word or personal example can change not only the learning process but a young person's entire life path [5].

Furthermore, interpersonal communication skills are essential. We live in an era when critical thinking, creativity, negotiation, and teamwork are valued no less than professional knowledge. In developing these competencies, the teacher acts as a coach, mentor, and partner. Artificial intelligence may offer tests and simulate dialogues, but real communication and collaboration arise only through genuine human interaction.

The future of education is not a confrontation between humans and machines but cooperation. Artificial intelligence serves as a tool that helps educators act more accurately, quickly, and knowledgeably.

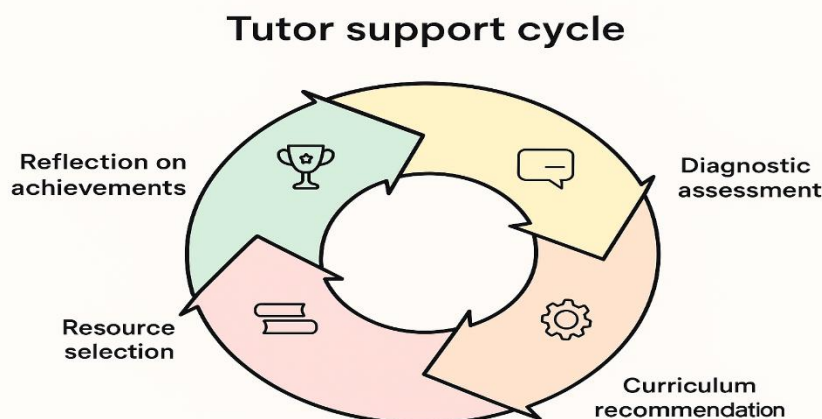


Figure 2 — Tutor support cycle [9]

2. Moderator & Facilitator

The introduction of artificial intelligence into education is often perceived as a threat to traditional teaching functions. However, real practice shows the opposite: technology emphasizes the importance of the human factor in education.

Creating an educational environment.

A modern educator goes beyond merely transmitting knowledge. They become a moderator of discussions, organizer of debates, and a coordinator of group projects. They create an atmosphere in which students not only acquire information but also develop critical thinking, argumentation skills, and teamwork abilities. Artificial intelligence may provide data, analytical instruments, or recommend research materials, but only a human can initiate discussion and guide the dynamics of the group [6].

Working with information.

In an era when artificial intelligence can generate vast amounts of text, tables, and graphs, the teacher's main task is to teach students how to filter information effectively. It is important not simply to accept everything at face value but to verify facts, recognize algorithmic biases, and distinguish between facts and interpretations. Thus, the teacher becomes a coach of critical thinking in a world where trust in information has become a crucial resource [4].

Building a community.

Moreover, the teacher's role goes far beyond transmitting knowledge. They create a community in which students learn not only from the teacher but from each other. Such a space cannot be created by algorithms — it is based on trust, interaction, and shared values. Artificial intelligence serves merely as a tool, while the human remains the creator and guardian of this unique atmosphere [2].

The future of education is not a technocratic system where students are "served" by algorithms. It is a dynamic ecosystem in which artificial intelligence supports the analysis and organization of knowledge, while the teacher acts as the main architect — the source of meaning, motivation, and community, without which learning becomes lifeless.

3. Learning Experience Designer

In recent years, the term Learning Experience Designer has become increasingly common. This concept applies not only to IT specialists but also to educators who must master new roles in the era of artificial intelligence and digital platforms.

Technology integration.

A modern educator is no longer limited to choosing a textbook or creating lecture outlines. Their task is to integrate digital tools into the learning process effectively. This may include using AI services for text analysis, virtual simulations for immersion in professional situations, or interactive platforms that allow students to learn at their own pace. However, the key point is not the technology itself but how it aligns with learning objectives. The teacher must determine what truly enhances understanding and what is merely a flashy but useless "gadget."

Creating context.

Artificial intelligence may provide facts, numbers, and reference materials. However, only the teacher can give this information deep meaning [1]. They connect knowledge from different fields, demonstrating how economic theory reflects historical processes, how physics explains phenomena in art, or how programming influences the formation of new social spaces. Moreover, the teacher places knowledge within cultural and historical contexts, turning dry information into an engaging story in which the student can find their place.

Thus, the teacher as an architect of the learning experience not only transmits knowledge but creates a holistic worldview where technology serves as a tool rather than an end in itself.

The future of education cannot be imagined without artificial intelligence and digital solutions. But it is even more difficult to imagine it without people capable of transforming the flow of data into a meaningful, inspiring, and value-driven educational journey.



Figure 3 — Group assignments in an application [10]

Challenges and barriers to transformation

When discussing the introduction of artificial intelligence, virtual reality, and new educational platforms, an inspiring narrative often arises — technologies will transform education, making it more personalized, accessible, and engaging. In this regard, the need for retraining becomes evident. For the modern teacher, mastering a subject is no longer enough; they must also understand digital pedagogy, know how to integrate AI services into the learning process, and be able to perform new roles — from tutor to learning experience designer [1].

Resistance to change.

The power of habit should not be underestimated. For many educators, it is more comfortable to continue lecturing using notes written in the 1990s than to adopt new hybrid formats [6]. The reason is not only age or fatigue. New methods require time, effort, and energy — something often incompatible with tight schedules and bureaucratic demands.

Technical and resource support.

Even the most motivated teachers face serious obstacles: not all schools and universities have access to modern technologies, reliable internet, or technical support [6]. In large cities, classrooms equipped with VR headsets and AI-based labs can be found. However, in many regions, the situation looks different: a classroom might have only one outdated computer and a projector in need of replacement. Without proper resources, full-scale digital transformation is impossible.

Educational revolutions do not occur instantly. They require investment in people, infrastructure, and workplace culture. And although technologies are beginning to enter educational institutions, true transformation will be possible only when teachers are ready and equipped to work in new conditions [5].

Artificial intelligence does not replace the teacher — it replaces those functions that can be automated. Contrary to common fears, this does not diminish the importance of the teacher but emphasizes it. Freed from routine tasks, educators can become what they are meant to be: guides in the world of information, mentors who help students find their path, and moderators who create spaces for meaningful dialogue and the development of unique human qualities. The future of education does not lie in the opposition of “teacher versus machine” but in their effective cooperation, where technologies handle computational tasks and humans handle meaning.

References

1. UNESCO. *AI and Education: Guidance for Policy-makers*. — Paris: UNESCO, 2021. — [Electronic resource]. — URL: <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000376709>
2. World Economic Forum. *Schools of the Future: Defining New Models of Education for the Fourth Industrial Revolution*. — Geneva: WEF, 2020. — [Electronic resource]. — URL: <https://www.weforum.org/reports/schools-of-the-future-defining-new-models-of-education-for-the-fourth-industrial-revolution>
3. Zaitseva L.V., Solovyov M.A. *Digital Didactics: New Rules of Learning in the Era of Artificial Intelligence*. — Saint Petersburg: Piter, 2022. — 288 p.
4. Bates, A.W. (Tony). *Teaching in a Digital Age: Guidelines for Designing Teaching and Learning*. — 3rd Edition. — Vancouver: BCCampus, 2022. — [Electronic resource]. — URL: <https://press-books.bccampus.ca/teachinginadigitalagev3m/>
5. Zawacki-Richter, O., Marín, V.I., Bond, M., Gouverneur, F. Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education – where are the educators? // *International Journal of Educational Technology in Higher Education*. — 2019. — Vol. 16, Article 39.
6. Patarakin E.D. *Network Communities and Learning*. — Moscow: Scientific Research Institute of School Technologies, 2020. — 176 p.
7. Mishra, P., Koehler, M.J. Technological Pedagogical Content Knowledge: A Framework for Teacher Knowledge. // *Teachers College Record*. — 2006. — Vol. 108, No. 6. — Pp. 1017–1054.
8. An infographic showing how AI takes on the teacher's role [Electronic resource]. — URL: <https://pin.it/2x8ZiBD78>
9. Tutor support cycle [Electronic resource]. — URL: <https://pin.it/6UrOhC7K1>
10. Group assignments in an application [Electronic resource]. — URL: <https://pin.it/5aUpQbkMv>

THE MAIN DIRECTIONS OF ACCOUNTING REFORMS IN THE REPUBLIC OF AZERBAIJAN

Sabina Bəbirli

Master's Student, Azerbaijan Academy of Labor and Social Relations
Scientific Advisor: **Gülnarə Tanrıverdiyeva**

AZƏRBAYCAN RESPUBLİKASINDA MÜHASİBAT UÇOTU SAHƏSİNDƏ APARILAN İSLAHATLARIN ƏSAS İSTİQAMƏTLƏRİ

Bəbirli Səbinə

Azərbaycan Əmək və Sosial Münasibətlər Akademiyası, magistrant
Elmi rəhbər : **Gülnarə Tanrıverdiyeva****Abstract**

Proper and transparent accounting is essential for the development of the economy and the strengthening of international relations in Azerbaijan. The reforms in accounting increase the transparency and sustainability of the country's economy. The purpose of this article is to identify the main directions of reforms in the field of accounting and to analyze their impact on the economy. The main goal of the reforms is to provide accurate and reliable financial information for the government, the private sector, and society.

Xülasə

Azərbaycanda iqtisadiyyatın inkişafı və beynəlxalq əlaqələrin güclü olması üçün mühasibat uçotunun düzgün və şəffaf aparılması vacibdir. Mühasibat uçotu üzrə aparılan islahatlar ölkənin iqtisadiyyatının şəffaflığını və dayanıqlılığını yüksəldir. Bu məqalənin məqsədi mühasibat uçotu sahəsindəki islahatların əsas istiqamətlərini müəyyənləşdirmək və onların iqtisadiyyata təsirini təhlil etməkdir. Dövlət, özəl sektor və cəmiyyət üçün maliyyə məlumatlarının dəqiq və etibarlı təqdim olunması islahatların əsas məqsədidir.

Keywords: Accounting, management, reporting, investor, market, legislation.**Açar sözlər:** Mühasibat, idarəetmə, hesabat, investor, bazar, qanunvericilik.**GİRİŞ:**

Azərbaycan Respublikasında mühasibat uçotu sahəsində aparılan islahatlar aşağıdakı əsas istiqamətlər üzrə həyata keçirilir:

Beynəlxalq Standartlara Uyğunlaşma:
Maliyyə hesabatlarının beynəlxalq səviyyədə tanınan IFRS (BMHS) standartlarına uyğun hazırlanması təmin olunur. Bu, xarici investorlar üçün şəffaflıq və etibarlılıq yaradır.
Qanunvericilik və Normativ Baza:
"Mühasibat uçotu haqqında" Qanun və digər əlaqəli normativ sənədlər müasir tələblərə uyğun yenilənmişdir. Bu hüquqi çərçivə mühasibatlıq fəaliyyətində aydınlıq və sabitlik yaradır.
Rəqəmsallaşma və Elektron Sistemlər:
Elektron vergi sistemləri, elektron qaimə-fakturalar və digər rəqəmsal uçot vasitələrinin tətbiqi ilə mühasibatlıq prosesləri daha sürətli və şəffaf həyata keçirilir.
Peşəkar Kadrlara Dəstək:
Mühasiblər üçün ixtisasartırma kursları, beynəlxalq sertifikat proqramları (məsələn, ACCA, CPA və s.) və yerli təlimlər təşkil edilir. Bu da sahədə peşəkarlığın artmasına səbəb olur.
KOB-lar üçün Sadələşdirilmiş Uçot:
Kiçik və orta sahibkarların ehtiyaclarına uyğun sadələşdirilmiş mühasibat uçotu sistemləri yaradılmışdır ki, bu da onların vergi və hesabat öhdəliklərini daha rahat yerinə yetirməsinə imkan verir.

Bu islahatlar nəticəsində ölkədə iqtisadi idarəetmənin keyfiyyəti artmış, dövlət və özəl sektorda şəffaflıq və etibarlılıq gücləndirilmişdir. Nəticə olaraq, Azərbaycan müasir mühasibat uçotu sistemində malik olan ölkələr sırasına yaxınlaşmaqdadır.

Azərbaycan Respublikasında mühasibat uçotu islahatlarının tarixi və inkişaf mərhələləri**İlk mərhələ:** Sovet dövründə mühasibat uçotunun təşkilati quruluşu və normativ-hüquqi bazası.

Azərbaycan Respublikasında mühasibat uçotunun tarixi inkişafı, ilk növbədə Sovet İttifaqı dövrü ilə bağlıdır. Mühasibat uçotunun təməlləri, Sovet dönəmində iqtisadiyyatın mərkəzləşdirilmiş və planlı

şəkildə idarə edildiyi illərə təsadüf edir. Bu dövrün xüsusiyyətləri və mühasibat uçotunun inkişafı ilə bağlı əsas məqamları aşağıdakı şəkildə qeyd etmək olar:

1. Mərkəzləşdirilmiş iqtisadiyyat və mühasibat uçotunun rolu - İqtisadiyyatın planlı idarə edilməsi: Sovet dövründə mühasibat uçotu, iqtisadiyyatın mərkəzləşdirilmiş idarə edilməsinə uyğun şəkildə təşkil edilirdi. Dövlət, iqtisadi proseslərin hər tərəfini və təşkilatların maliyyə vəziyyətini tənzimləyirdi. Mühasibat uçotunun əsas məqsədi, planın yerinə yetirilməsini təmin etmək və dövlətin iqtisadiyyatına dair məlumatları düzgün şəkildə təqdim etmək idi. Mühasibat uçotu sisteminin standartlaşdırılması: Bu dövrdə mühasibat uçotu dövlət tərəfindən müəyyən edilmiş standartlara uyğun olaraq təşkil edilirdi. Təşkilatlar, yalnız müəyyən edilmiş qaydalara əsasən fəaliyyət göstərirdi və yalnız dövlətin təsdiqlədiyi kitablar və hesabatlar əsasında fəaliyyətlərini həyata keçirirdilər.

2. Mühasibat uçotu metodları - Məhsul və xidmətlərin planlı istehsalı: Mühasibat uçotu, istehsal proseslərini izləyir və bu sahədə müəssisələrin fəaliyyətini planlı şəkildə təşkil edirdi. Bütün mühasibat uçotu məlumatları mərkəzi hakimiyyətin istəklərinə uyğun olaraq təqdim edilirdi. Mərkəzləşdirilmiş hesabat vermə: Təşkilatlar mühasibat məlumatlarını birbaşa dövlət orqanlarına təqdim edirdi. Bununla yanaşı, hər bir təşkilat öz fəaliyyətinin effektivliyini və iqtisadi vəziyyətini izləmək üçün mühasibat uçotu vasitəsilə yalnız dövlətin müəyyən etdiyi göstəriciləri hesablayırdı.

3. Əsas mühasibat uçotu prinsipləri - Hesabat vermə və planlaşdırma: Mühasibat uçotunda hər şey əvvəlcədən müəyyən edilmiş plana əsaslanırdı. İqtisadiyyatın əsas istiqamətləri (istehsal, əmək resurslarının istifadəsi, maliyyə vəsaitlərinin bölüşdürülməsi) bir mərkəzə, yəni dövlətə bağlı idi. Təcrübə və təhlil: Mühasibat uçotu, nəticə əldə etməkdən daha çox hesabat verməyə yönəlmişdi. Müəssisələr, yalnız göstərilən hədəfləri yerinə yetirməyə çalışır, qeyri-rəsmi analitik mühasibat və ya müstəqil qiymətləndirmələrə yer verilmir. Mühasibat uçotu çox vaxt məhdudiyyətlər və bürokratik prosedurlarla müşayiət olunurdu.

4. Sovet İttifaqında mühasibat uçotu sahəsində təhsil, əsasən dövlət universitetləri və digər rəsmi təhsil müəssisələri vasitəsilə təşkil olunurdu. Təhsil sistemi dövlətin tələblərinə və planlı iqtisadiyyat modelinə uyğun formalaşdırılırdı, buna görə də mühasibat sahəsində çalışan şəxslər yalnız dövlətin müəyyən etdiyi qaydalara əsaslanaraq fəaliyyət göstərirdilər. Bu dövrdə beynəlxalq mühasibat təcrübəsindən geniş istifadə olunmurdu; mühasibat uçotu yerli qaydalara və milli iqtisadiyyatın xüsusiyyətlərinə uyğunlaşdırılmışdı. Halbuki beynəlxalq mühasibat standartları daha çox inkişaf etmiş ölkələrdə tətbiq edilirdi və Sovet mühasibat sistemində bu prinsiplərə az rast gəlinirdi.

5. Sovet dövründə mühasibat uçotunun məhdudiyyətləri - Yalnız dövlətə hesabat: Mühasibat uçotunun əsas məqsədi, müəssisələrin nəticələrini dövlətə hesabat vermək və onların fəaliyyətini mərkəzləşdirilmiş planla uyğunlaşdırmaq idi. Bu isə müstəqil hesabat və ya sərbəst bazar iqtisadiyyatı prinsiplərini tətbiq etməkdə çətinliklər yaradırdı. Şəffaflıq və açıqlıq səviyyəsi: İqtisadiyyatın mərkəzləşdirilməsi və mühasibat uçotunun dövlətin nəzarəti altında olması şəffaflıq və açıqlıq problemləri yaradırdı. Mühasibat uçotunun məlumatları yalnız daxili istifadə üçün nəzərdə tutulurdu, buna görə də xarici investorlar və digər maraqlı tərəflər üçün məlumatlar

***Keçid dövrü:** 1991-ci ildən sonra mühasibat uçotu sahəsində həyata keçirilən dəyişikliklər, xüsusilə müstəqillikdən sonra qanunvericilik sahəsində edilən islahatlar.*

Azərbaycan Respublikası müstəqillik qazandıqdan sonra mühasibat uçotu sahəsində geniş miqyaslı islahatlar həyata keçirilməyə başlanmışdır. Sovet İttifaqının dağılması və sosialist planlı iqtisadiyyatın ləğvi nəticəsində ölkə bazar iqtisadiyyatına keçid etmişdir. Bu keçid, mühasibat uçotunun təşkili və tətbiqində yeni metodların, yanaşmaların və beynəlxalq tələblərə cavab verən qanunvericilik bazasının yaradılmasını zəruri etmişdir. Keçid dövrü, əsasən mühasibat uçotunun beynəlxalq standartlara uyğunlaşdırılması, yerli qanunvericiliyin inkişaf etdirilməsi və iqtisadiyyatın yeni bazar münasibətlərinə inteqrasiyası prosesləri ilə xarakterizə olunmuşdur.

1. Azərbaycanın müstəqillik qazandığı illərdə mühasibat uçotunun vəziyyəti -Müstəqilliyin ilk illərində Azərbaycanda mövcud olan mühasibat uçotu sistemi, əsasən Sovet dövründən miras qalmış mərkəzləşdirilmiş prinsiplərə əsaslanırdı. Lakin müstəqillik əldə edildikdən sonra, iqtisadiyyatın bazar prinsiplərinə uyğun inkişafı mühasibat uçotunun funksiyalarının və strukturunun dəyişdirilməsini zəruri etdi. Bazar iqtisadiyyatı prinsiplərinin tətbiqi nəticəsində mühasibat uçotu sisteminin daha çevik, şəffaf və beynəlxalq standartlara uyğunlaşdırılması istiqamətində tələblər meydana çıxdı. Bu dövr, xüsusilə mühasibat uçotu sahəsində dərin dəyişikliklərin və islahatların başlanğıc mərhələsi kimi xarakterizə olunur.

2. İslahatların başlanğıcı və qanunvericilik bazası -Yeni mühasibat uçotu qanunlarının qəbul edilməsi: Müstəqillik dövründə Azərbaycanın mühasibat uçotu sahəsində ilk ciddi islahatları, mühasibat

uçotu ilə bağlı qanunvericilik aktlarının qəbul edilməsi ilə başladı. 1994-cü ildə Azərbaycan Respublikasının "Mühasibat Uçotu Haqqında" Qanunu qəbul edildi. Bu qanun, mühasibat uçotunun təşkilinin hüquqi əsaslarını müəyyən etdi və mühasibat uçotunun inkişafında mühüm bir mərhələni təşkil etdi. Vergi qanunvericiliyində dəyişikliklər: Keçid dövründə vergi qanunvericiliyi də əhəmiyyətli dəyişikliklərə məruz qaldı. Əvvəlki sosialist sistemindən fərqli olaraq, yeni mühasibat uçotu sistemi, vergi ödəmələri, əməliyyatlar və maliyyə hesabatlarının şəffaflığına daha çox diqqət yetirməyə başladı.

3. *Beynəlxalq mühasibat uçotu standartlarının tətbiqi- İFRS-ə (Beynəlxalq Maliyyə Hesabatları Standartları) keçid:* Azərbaycanın mühasibat uçotu sistemi, beynəlxalq maliyyə hesabatları standartlarına uyğunlaşdırılmağa başladı. 1999-cu ildən sonra Beynəlxalq Maliyyə Hesabatları Standartlarının (IFRS) ölkədə tətbiqi mərhələsi başlandı. Bu, Azərbaycanın beynəlxalq maliyyə bazarlarına integrasiyası və xarici investisiyaların cəlb edilməsi baxımından mühüm addım idi. ISO (Beynəlxalq Standartlar) və milli sistemin harmonizasiyası: Beynəlxalq standartların tətbiqi mühasibat uçotu sahəsində ciddi dəyişikliklərə səbəb oldu. Bu dövr ərzində həm mühasibat uçotunun beynəlxalq təcrübəyə uyğunlaşdırılması, həm də yerli qanunvericiliyin bu standartlara uyğunlaşdırılması əsas hədəf oldu.

4. *Elektron mühasibat uçotuna keçid- Elektron mühasibat uçotu sistemlərinin tətbiqi:* Keçid dövründə mühasibat uçotunun daha şəffaf və sürətli həyata keçirilməsi məqsədilə müasir texnologiyalar tətbiq edilməyə başlandı. Elektron mühasibat uçotu sistemlərinin tətbiqi, müəssisələrin maliyyə məlumatlarının elektron formatda saxlanması və təqdim edilməsi imkanı yaratdı. Bu, həmçinin vergi orqanları ilə əlaqələrin asanlaşdırılmasına və mühasibat məlumatlarının dəqiqləşdirilməsinə şərait yaratdı. Mühasibat proqramlarının inkişafı: Azərbaycanın mühasibat sahəsində istifadə olunan proqram təminatları müasir tələblərə uyğun olaraq inkişaf etməyə başladı. Xüsusilə yerli mühasibat proqramlarının inkişafı, mühasibat uçotunun effektivliyini artırdı və sistemin daha sürətli işləməsinə şərait yaratdı.

5. *Mühasibat uçotu sahəsində təhsil və kadr hazırlığı- Mühasibat uçotu üzrə təhsil sisteminin inkişafı:* Keçid dövrü, mühasibat uçotu üzrə təhsil sisteminin yenidən qurulmasına və beynəlxalq təcrübəyə əsaslanan müasir metodların tətbiqinə ehtiyac duydu. Azərbaycanda mühasibat uçotu sahəsində peşəkar kadrların yetişdirilməsi və sertifikatlaşdırma proqramlarının tətbiqi sürətləndi. Azərbaycan Mühasiblər və Maliyyəçilər Assosiasiyası kimi qurumlar da peşəkar biliklərin artırılması üçün müxtəlif təlimlər və sertifikatlaşdırma proqramları təşkil etməyə başladılar. Peşəkar mühasiblərin hazırlanması: Keçid dövründə, beynəlxalq standartlara uyğun mühasibat uçotunu həyata keçirə biləcək mütəxəssislərin yetişdirilməsi məqsədilə təhsil və tədris proqramları genişləndirildi. Mühasiblərin bilik və bacarıqlarını artırmaq üçün kurslar və seminarlar təşkil edildi.

6. *Çətinliklər və problemlər- Qanunvericilikdəki boşluqlar:* Keçid dövründə mühasibat uçotunun beynəlxalq standartlara uyğunlaşdırılması, bəzi hallarda qanunvericilikdəki boşluqlarla üzləşirdi. Bu dövrdə, mühasibat uçotu sahəsindəki qanunvericilik, tam olaraq beynəlxalq tələblərə uyğun gəlmirdi və bir çox müddələrin tətbiqi ilə bağlı çətinliklər yaranırdı. Mühasibat uçotu sahəsində təcrübəsizlik: Yeni sistemə keçid zamanı mühasibat uçotu üzrə mütəxəssislərin təcrübə və bilik səviyyəsinin hələ də aşağı olması da müəyyən çətinliklərə yol açırdı.

Sonrakı mərhələ: Son illərdə mühasibat uçotu sahəsində aparılan islahatlar

Azərbaycanın mühasibat uçotu sahəsində son illərdəki islahatlar, global maliyyə standartlarına uyğunlaşma və iqtisadiyyatda şəffaflığın artırılması məqsədini güdür. Bu islahatlar əsasən aşağıdakı istiqamətlərdə həyata keçirilib:

1. Yeni mühasibat uçotu qanunvericiliyinin tətbiqi

Yeni mühasibat uçotu qanunvericiliyi, xüsusilə "Mühasibat uçotu haqqında" Azərbaycan Respublikasının Qanunu və "Vergi Məcəlləsi" kimi digər normativ aktlar, mühasibat uçotunun şəffaflığını və düzgünlüyünü təmin etmək məqsədilə tətbiq olunub. Bu qanunvericilik, mühasibat uçotu prinsiplərini beynəlxalq standartlara yaxınlaşdıraraq iqtisadiyyatın daha müasir tələblərə cavab verməsini təmin edib. Məsələn, 2012-ci ildə qəbul edilən "Mühasibat uçotu haqqında" qanun, mühasibat uçotunun şəffaflığını və hesabat verilməsini beynəlxalq səviyyəyə yüksəltmişdir.

2. Beynəlxalq Standartların (IFRS və ISO) tətbiqi

Beynəlxalq Maliyyə Hesabatı Standartlarının (IFRS) və ISO-nun tətbiqi, maliyyə hesabatlarının keyfiyyətini artırmış və Azərbaycan müəssisələrinin beynəlxalq bazarlarda rəqabət qabiliyyətini yüksəltmişdir. Bu dəyişikliklər mühasibat uçotunun daha şəffaf və müqayisə edilə bilən olmasına kömək edib. Məsələn, 2013-cü ildən etibarən, Azərbaycanın ən iri şirkətləri (Azercell, SOCAR və s.) mühasibat

hesabatlarını IFRS-ə uyğun hazırlamağa başlamışdır. Bu, onların beynəlxalq bazarlarda investisiya çəkmək qabiliyyətini artırmışdır.

3. Elektron mühasibat uçotunun tətbiqi

Elektron mühasibat uçotu sistemləri, vergi hesabatlarının təqdim edilməsi və maliyyə əməliyyatlarının izlənməsi prosesini sadələşdirmişdir. Mühasibat proqramları və onlayn sistemlərin tətbiqi, mühasibat əməliyyatlarını sürətləndirib və səhv etmə ehtimalını azaltmışdır. 2016-cı ildən etibarən, Azərbaycan Vergi Xidməti "Elektron Hökumət" platforması vasitəsilə vergi ödəyicilərinə vergi hesabatlarını onlayn təqdim etməyə imkan yaratmışdır. Bu sistem vergi ödəyicilərinin vaxtını optimallaşdırmış və vergi idarəsinin şəffaflığını artırmışdır.

4. Mühasibat uçotu üzrə təhsil və peşəkar inkişaf

Mühasibat uçotu sahəsində peşəkar kadrların yetişdirilməsi məqsədilə ali təhsil müəssisələrində təhsil proqramları beynəlxalq standartlara uyğunlaşdırılıb. Məsələn, Bakı Biznes Universiteti və Azərbaycan Dövlət İqtisad Universitetində mühasibat uçotu üzrə beynəlxalq akkreditasiya almış tədris proqramları tətbiq edilməyə başlanmışdır. Eyni zamanda, mühasiblər üçün ACCA (Association of Chartered Certified Accountants) və DiplIFR (Diploma in International Financial Reporting) kimi beynəlxalq sertifikatlaşdırma proqramları təşkil olunaraq, onların bilik və bacarıqları artırılıb. Bu, mühasiblərin beynəlxalq bazarlarda daha çox rəqabət qabiliyyətinə malik olmalarına şərait yaratmışdır.

İslahatların iqtisadiyyata təsiri

1.İqtisadi şəffaflıq və dayanıqlılıq- Mühasibat uçotu sahəsində həyata keçirilən islahatlar, iqtisadiyyatın şəffaflığını və etibarlılığını artırmışdır. Dövlət tərəfindən tətbiq edilən yeni mühasibat uçotu qanunvericiliyi və beynəlxalq standartların tətbiqi, müəssisələrin maliyyə vəziyyətini dəqiq şəkildə əks etdirməyə kömək etmişdir. Bu isə iqtisadiyyatın dayanıqlılığını təmin etmiş, potensial maliyyə böhranlarının qarşısını almağa kömək olmuşdur. Şəffaf mühasibat uçotu sistemi, ölkənin maliyyə bazarlarında daha səmərəli və düzgün maliyyə hesabatlarının təqdim edilməsini təmin edir, bu da iqtisadi sabitliyi artırır.

2.Yerli və xarici investisiyaların cəlbə - Mühasibat uçotu islahatları, ölkənin investisiya mühitinin təkmilləşməsinə və xarici investorlar üçün daha cəlbəedici olmasına şərait yaratmışdır. Investorlar, ölkə iqtisadiyyatının şəffaf və düzgün idarə edilməsini tələb edirlər, və mühasibat uçotu sahəsindəki islahatlar da bu tələbləri qarşılayır. Beynəlxalq maliyyə hesabatı standartlarının tətbiqi və elektron mühasibat sistemlərinin istifadəyə verilməsi, investorlara dəqiq və etibarlı məlumatlar təqdim edir, bu da onlara daha sağlam investisiya qərarları qəbul etməyə imkan verir.

3.Vergi öhdəliklərinin düzgün icrası - Mühasibat uçotunun düzgün aparılması, vergi öhdəliklərinin yerinə yetirilməsində mühüm rol oynayır. Yeni mühasibat uçotu sistemləri, vergi bəyannamələrinin düzgün tərtib edilməsinə və vergi orqanlarına təqdim olunmasına kömək edir. Elektron sistemlər və onlayn vergi hesabatları, vergi öhdəliklərinin düzgün və vaxtında yerinə yetirilməsini təmin edir, bu isə dövlətin büdcə gəlirlərinin artmasına müsbət təsir göstərir.

Mühasibat uçotunun beynəlxalq standartlarla uyğunlaşdırılması

1.Beynəlxalq maliyyə hesabatları standartları (IFRS) - Beynəlxalq Maliyyə Hesabatı Standartlarının (IFRS) Azərbaycan mühasibat uçotuna tətbiqi, maliyyə hesabatlarının beynəlxalq səviyyədə müqayisə edilə bilər olmasına imkan yaradır. IFRS-in tətbiqi, xüsusilə xarici investorlar üçün maliyyə məlumatlarının daha etibarlı və şəffaf təqdim olunmasını təmin edir. Mühasibat uçotunun beynəlxalq standartlarla uyğunlaşdırılması, Azərbaycan şirkətlərinin dünya bazarlarında rəqabət qabiliyyətini artırır.

2.Beynəlxalq təcrübə və Azərbaycan - Beynəlxalq təcrübənin öyrənilməsi və onun Azərbaycan mühasibat uçotu sistemində tətbiqi, ölkə iqtisadiyyatının global bazarlara integrasiyasını sürətləndirir. Beynəlxalq təcrübələrdən yararlanaraq, Azərbaycan mühasibat uçotunun daha şəffaf və effektiv idarə olunmasına şərait yaradır. Bu, həmçinin mühasiblərin biliklərinin artırılmasına və beynəlxalq səviyyədə təcrübə qazanmalarına kömək edir.

Mühasibat uçotu sahəsində qarşıya çıxan çətinliklər

1.Qanunvericilik boşluqları və tətbiq məsələləri - Yeni qanunların tətbiqi zamanı bəzi çətinliklər yaranmışdır. Bəzi qanunlar və normativ aktlar hələ də tam şəkildə həyata keçirilə bilməyib və mühasibat uçotunun praktikada tətbiqi ilə bağlı hüquqi boşluqlar mövcuddur. Bu boşluqlar mühasibat uçotu sisteminin effektivliyini azaldır və tətbiqində qeyri-müəyyənlik yaradır.

2.Peşəkar bilik və bacarıqların çatışmazlığı - Beynəlxalq mühasibat uçotu standartları və müasir texnologiyalar mühasiblərdən yüksək bilik və bacarıq tələb edir. Lakin, mühasiblərin beynəlxalq səviyyədə təhsil və təcrübə ilə təmin olunması sahəsində çatışmazlıqlar mövcuddur. Mühasibat uçotu

sahəsində peşəkar inkişafın daha da artırılması üçün təhsil proqramlarının və sertifikatlaşdırma proseslərinin genişləndirilməsi vacibdir.

3. Texnoloji çətinliklər - Elektron mühasibat uçotunun tətbiqi zamanı bəzi texnoloji çətinliklər ortaya çıxmışdır. Elektron sistemlərin tətbiqi və mühasibat proqramlarının geniş istifadəsi, bəzi müəssisələr üçün böyük texnoloji və maliyyə resursları tələb edir. Həmçinin, bəzi mühasibat proqramlarının uyğunlaşmaması və texniki dəstəyin məhdud olması, istifadəçilərin qarşılaşdıqları çətinlikləri artırır.

Gələcək perspektivlər və inkişaf istiqamətləri

1. Yerli mühasibat uçotu proqramlarının inkişafı: Yerli proqram təminatlarının yaradılması və mühasibat uçotunun avtomatlaşdırılması.

2. Daha dərin beynəlxalq integrasiya: Mühasibat uçotunun beynəlxalq standartlarla daha da yaxınlaşması.

3. Davamlı təhsil və peşəkar inkişaf: Mühasiblər üçün davamlı təhsil və sertifikatlaşdırma proqramlarının gücləndirilməsi.

Nəticə

Nəticədə, mühasibat uçotu sahəsində aparılan islahatlar Azərbaycan iqtisadiyyatının müasir tələblərə cavab verən daha çevik, şəffaf və dayanıqlı bir maliyyə idarəetmə sistemində sahib olmuşdur. Yerli və xarici investisiyaların cəlb edilməsi, vergi öhdəliklərinin düzgün yerinə yetirilməsi və iqtisadiyyatın şəffaflığına dair görülmə işlər ölkənin maliyyə bazarlarının inkişafını sürətləndirmiş, həmçinin sabitlik və inkişaf istiqamətində mühüm töhfələr vermişdir. Azərbaycanın mühasibat uçotu sisteminin beynəlxalq standartlarla uyğunlaşdırılması, ölkənin global maliyyə bazarlarında rəqabət qabiliyyətini artırmış, eyni zamanda maliyyə informasiya mübadiləsini daha səmərəli və etibarlı etmişdir. Həmçinin, mühasibat uçotunun təhsil və peşəkar kadrların inkişafı sahəsindəki islahatlar, mühasibat sahəsindəki peşəkarlığın artırılmasına və sahənin beynəlxalq standartlara uyğun inkişafına kömək etmişdir.

İstifadə edilmiş ədəbiyyat siyahısı

Azərbaycan dilində

1. Azərbaycan Respublikası Maliyyə Nazirliyi. (2023). Maliyyə Hesabatlarının Beynəlxalq Standartları. <http://www.maliyye.gov.az/node/2147>

2. Cəfərov, E. O. (2017). "Ehtiyatlar üzrə Kommersiya Təşkilatları üçün 8 №-li Milli Mühasibat Uçotu Standartına uyğun olaraq maliyyə əməliyyatlarının mühasibat uçotunda əks etdirilməsinə dair bəzi məsələlər". Mühasibat uçotu, audit və iqtisadi təhlil, №4, s. 21–31.

3. Əliyev, M. H. (2018). Mühasibat uçotu prinsipləri və onların tətbiqi məsələləri. Bakı: ADİU Nəşriyyatı.

4. Əhmədov, N. R. (2019). Mühasibat uçotunda beynəlxalq standartların tətbiqi problemləri. Bakı: Elm və Təhsil.

5. Hüseynov, R. Ə. (2020). Maliyyə hesabatlarının təhlili və qiymətləndirilməsi. Bakı: İqtisad Universiteti.

6. Azərbaycan Respublikasının "Mühasibat uçotu haqqında" Qanunu. (2004, 29 iyun). №716-IIQ.

7. Abbasov, V. M. (2021). "Mühasibat uçotunun milli və beynəlxalq standartlarının müqayisəli təhlili". Maliyyə və Mühasibatlıq, №2, s. 15–25.

8. Qasimov, T. F. (2016). Kommersiya təşkilatlarında ehtiyatların uçotu və analizi. Bakı: Qanun.

9. Rəhimli, F. K. (2022). Müasir şəraitdə uçot siyasətinin formalaşdırılması problemləri. Bakı: Təfəkkür.

İngilis dilində

10. President of the Republic of Azerbaijan. (2023). Decree No. 2405 dated December 16, 2023. Collection of Legislation of the Republic of Azerbaijan, No. 12, Book I, Article 1666.

11. Economic Research and Training Center. (2012). Introduction to International Accounting and Reporting (based on GAAP and IFRS) (2nd ed.). Baku.

12. IFRS Foundation. (2022). International Accounting Standard (IAS) 2: Inventories. London.

13. Horngren, C. T., Harrison, W. T., & Oliver, M. S. (2021). Accounting Principles (13th ed.). Pearson Education.

14. Weygandt, J. J., Kimmel, P. D., & Kieso, D. E. (2020). Financial Accounting: IFRS Edition (4th ed.). Wiley.

15. Alexander, D., & Britton, A. (2019). Financial Reporting (9th ed.). Cengage Learning.

16. Nobes, C., & Parker, R. (2021). *Comparative International Accounting* (14th ed.). Pearson Education.

Türk dilinde

17. Muhasebe alanında yeni gerçekler, yeni gereksinimler. (2018). Bakü.

18. Azərbaycan Cumhuriyeti. (2004). *Muhasebe Kanunu*. Bakü.

19. Sevilengül, O. (2022). *Genel Muhasebe* (17. Baskı). Ankara: Gazi Kitabevi.

20. Akdoğan, N., & Sevilengül, O. (2020). *Finansal Muhasebe*. Ankara: Gazi Kitabevi.

21. Büyükmirza, K. (2021). *Maliyet Muhasebesi*. Ankara: Gazi Kitabevi.

22. Çankaya, F. (2019). *Uluslararası Finansal Raporlama Standartları (UFRS)*. İstanbul: Beta Yayınları.

Rus dilinde

23. Джафаров, Э. О., Сабзалиев, С. М., & Сулейманов, С. М. (2010). *Учебно-методическое пособие по национальным стандартам бухгалтерского учета для коммерческих организаций*. Баку: Просвещение.

24. Ковалев, В. В. (2021). *Финансовый анализ: методы и процедуры*. Москва: Финансы и Статистика.

25. Палий, В. Ф. (2020). *Бухгалтерский учет в соответствии с МСФО*. Москва: Юрайт.

26. Центральный банк Азербайджанской Республики. (2023). *Годовой отчет*. @<https://www.cbar.az>

27. Запасы (бухгалтерский учет). (2024). *Википедия, свободная энциклопедия*. @[https://en.wikipedia.org/wiki/Inventory_\(accounting\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Inventory_(accounting))

28. МСФО (IFRS). (2024). *Wikipedia*. @<https://ru.wikipedia.org/wiki/МСФО>

ECONOMIC JUSTIFICATION FOR THE USE OF INTERMODAL TRAINS**D.V. Berezhny**

1st year master's degree student

Faculty of Economics and Management Kyiv National Economic

University named after Vadym Hetman, Ukraine

Scientific supervisor: **A.G. Samoilenko**

Candidate of Economic Sciences

Associate Professor, Department of Business Economics

and Entrepreneurship

ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ВИКОРИСТАННЯ ІНТЕРМОДАЛЬНИХ ПОТЯГІВ**Бережний Д.В.**здобувач 1 курсу магістерського рівня вищої
освіти факультету економіки та управління Київський національний економічний
університет імені Вадима Гетьмана, УкраїнаНауковий керівник: **Самойленко А.Г.**

кандидат економічних наук

доцент кафедри бізнес-економіки

та підприємництва

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору ефективне управління агрологістичними процесами є ключовим чинником підвищення конкурентоспроможності виробничих підприємств. Попри наявність значної кількості інструментів і підходів до організації логістичних операцій, багато українських підприємств стикаються з проблемами раціонального використання ресурсів, оптимізації потокових процесів та забезпечення стабільності постачання. Тому удосконалення системи управління агрологістики набуває особливої актуальності, зокрема для масштабних виробників.

Численні дослідження свідчать, що модернізація логістичної інфраструктури агросектору сприяє [1]:

- зниженню витрат на транспортування, зберігання та обробку продукції;
- підвищенню ефективності виробництва через оптимізацію товарних потоків;
- мінімізації впливу сезонних і ринкових коливань за рахунок точнішого планування та контролю;
- підвищенню рівня прозорості та простежуваності ланцюга постачання, що зміцнює довіру споживачів і партнерів.

Дослідження демонструють, що підвищення ефективності можливе лише за умови одночасного поліпшення інфраструктурних елементів, систем управління, цифрових сервісів, а також транспортно-складських операцій. Такий підхід дозволяє врахувати як витратну частину (транспортні витрати, витрати на зберігання, логістичне планування та обслуговування інфраструктури), так і вигоди від оптимізації (скорочення простоїв, швидкість доставки, зниження витрат продукції, підвищення рівня сервісу).

У фаховій літературі інтермодальні перевезення розглядаються як ключовий інструмент підвищення ефективності логістичних систем, особливо в аграрному секторі, де обсяги та сезонність вантажів потребують високої гнучкості транспортної інфраструктури. Впровадження інтермодальних потягів є одним із найефективніших способів організації довгих транспортних плечей для аграрної продукції з мінімізацією втрат і часу простою. Ряд досліджень, присвячених розвитку логістичних хабів, контейнерних платформ та цифрових систем відстеження, демонструють суттєвий потенціал модернізації агрологістичних ланцюгів через інтермодальні рішення [2].

Практичні аспекти інтермодальних перевезень активно висвітлюються у працях, що аналізують досвід ЄС, США та Китаю. Зокрема, у країнах Європейського Союзу у 2015-2023 рр. широко застосовуються інтермодальні коридори, зокрема TEN-T, що забезпечили скорочення логістичних витрат для аграрних вантажів на 10-15% завдяки інтеграції залізничного та

автомобільного транспорту. У США упродовж 2010-2020 рр. розвиток високопродуктивних інтермодальних поїздів дозволив підвищити швидкість доставки зернових і олійних культур на 20–25 %, що підтверджує ефективність цієї моделі для масових аграрних вантажів. Китайський досвід 2016-2022 рр. у межах ініціативи «Один пояс – один шлях» продемонстрував значні переваги контейнерних інтермодальних поїздів для транспортування агропродукції на великі відстані зі збереженням якості та мінімізацією логістичних ризиків [3].

Дослідження показало, що впровадження інтермодального потяга для перевезення контейнерної олії ПрАТ «МХП» є економічно доцільним та оперативно реалізованим. Поетапний план дозволяє без капіталовкладень (CAPEX) забезпечити швидкий фінансовий ефект із експорту олії в контейнерах (8-12 тис. т./міс.) та зменшити логістичні витрати на 15–20 %, що становить щомісячну економію від 316 тис. до 601 тис. дол. США та мінімальний річний ефект 3,79 млн дол. США. Скорочення транзитного часу з 16 до 8 днів підвищує оборотність капіталу, оптимізує логістичні маршрути та забезпечує прогнозованість постачання. Завдяки цьому скорочується час між відвантаженням та отриманням оплати, що критично важливо для підтримки фінансової стійкості компанії в умовах сучасної економічної ситуації.

Операційний аналіз засвідчив, що впровадження інтермодального потяга забезпечує не лише скорочення витрат, а й зменшує залежність від нестабільності автомобільних логістичних маршрутів. Поєднання залізничного та контейнерного транспорту підвищує прогнозованість логістичних потоків, зменшує ризики затримок на транзитних ділянках та дозволяє суттєво оптимізувати використання персоналу й транспортних ресурсів. Крім економічного ефекту, інтермодальні перевезення мають позитивний екологічний вплив — скорочення кількості автоперевезень зменшує викиди CO₂ та інші операційні навантаження на довкілля.

Таким чином, отримані результати свідчать, що впровадження інтермодального потяга є економічно виправданим, технологічно доцільним та стратегічно важливим рішенням для ПрАТ «МХП». Проєкт забезпечує суттєве зниження логістичних витрат, підвищення оборотності капіталу, покращення операційної стійкості та формує підґрунтя для подальшої модернізації логістичної системи компанії. Проведене дослідження підтвердило економічну доцільність упровадження інтермодального потяга для перевезення контейнерної олії ПрАТ «МХП». Визначено, що дана модель дозволяє зменшити логістичні витрати на 15–20 %, забезпечити щомісячну економію від 316 до 601 тис. дол. США та підвищити оборотність капіталу завдяки скороченню транзитного часу з 16 до 8 днів. Інтермодальні перевезення також сприяють підвищенню стабільності ланцюгів постачання та зменшенню екологічного навантаження, що робить їх стратегічно важливим елементом розвитку логістичної системи підприємства.

Для успішної реалізації проєкту запропоновано здійснити поетапне впровадження, яке включає підготовку маршрутів, проведення техніко-економічного обґрунтування, укладення договорів з експедиторами та навчання персоналу. Доцільним є також подальше розширення інтермодальної інфраструктури, цифровізація процесів відстеження контейнерних перевезень та інтеграція підприємства у міжнародні логістичні коридори. Реалізація запропонованих заходів забезпечить підвищення ефективності агрологістики ПрАТ «МХП» та зміцнить конкурентні позиції компанії в умовах динамічних змін ринку.

Література

1. Lisec A., Lisec K., Obrecht M. Cost and Safety Aspects of Using Electric and Hybrid Vehicles in Local Food Supply Chain. Production engineering archives. Częstochowa, 2019. Vol. 25. Str. 130–139.
2. Мадяр Р. О. Контроль логістичної діяльності на підприємствах в умовах глобалізації. Економіка та держава. 2018. № 12. С. 31-34. URL: http://www.economy.in.ua/pdf/12_2018/8.pdf. (дата звернення: 26.10.2025).
3. PCC [Електронний ресурс] / PCC – Режим доступу до ресурсу: <https://www.products.pcc.eu/uk/> (дата звернення: 26.10.2025).

Historical sciences

THE 1918 MASSACRES IN SOUTHERN AZERBAIJAN

Bayramova Ü.B

Kazakh brunch of Baku State University

Mustafayeva C.

Kazakh brunch of Baku State University

Şamilova D.İ

Kazakh brunch of Baku State University

Mehdiyeva H.Ş

Kazakh brunch of Baku State University

Abstact

The article reviewed the massacres committed by Armenians in Southern Azerbaijan and the Urmia incidents, as well as the factors that caused the Jilovlug tragedy. At the same time, the article examines the crimes committed with extreme cruelty by the Aysor Armenian units. The incidents that occurred in Southern Azerbaijan were no more tragic than those that occurred in Northern Azerbaijan in 1918. These incidents are the main focus of the research. The genocide that took place in 1918 covered a vast territory spanning northern and southern Azerbaijan.

Keywords: *genocide, tragedy, ussury, armenian, Urmu, Jilovlug.*

For a century, our people have been subjected to periodic attacks, murder and plunder by malicious Armenians and have endured unbearable suffering. This sick nation, with its rotten ideology and dreams of expanding its territory by usurping its neighbours' lands to create a 'Great Armenia from sea to sea', has always intended to take advantage of the Turks' mercy and then stab them in the back.

Even as humanity advances towards a higher civilisation in the 21st century, these poisonous, chauvinistic thoughts remain in their minds. Moreover, they periodically raise their baseless claims under the guise of 'genocide' and go out of their way to cause a commotion on the international stage, resorting to all kinds of vile and seditious acts in the process. By imposing their slanderous and baseless lies on states and international organisations, they are trying to create confusion and 'justify' the idea that the 'poor' Armenians were subjected to a 'genocide' by the Turks. At a time when serious preparations are being made for the 'genocide' celebrations to be held in Armenia and abroad to mark the 100th anniversary of the alleged 'genocide', it is the responsibility of every researcher to reveal irrefutable historical truths and provide consistent answers to the insidious claims of the Armenians, based on historical facts, documents and the confessions of living witnesses to the events. The efforts of Turkish and Azerbaijani scholars, historians and ethnographers in this area have certainly not gone unnoticed. However, there are many gaps in the southern branch of Azerbaijani history. These gaps were created as a result of the chauvinist and pro-Armenian policies of the regimes in power. Despite the obstacles created, it is gratifying that there has recently been a movement to fill this gap beyond the Araz River. The books of southern authors, their articles in periodicals, and the memoirs of older people who witnessed the events first-hand reveal horrifying facts about the massacres, looting, and violence committed against Turks by birlovs (aysors) who joined the Armenians in southern Azerbaijan.

*Even Seyid Ahmad Kasravi, who took an unscientific and unfounded position against the national identity and language of our nation in many of his writings, could not deny the historical truth in his book *The Eighteen-Year History of Azerbaijan* and had to give special attention to the genocide committed by Armenians in the western region of South Azerbaijan in 1918. He revealed several historical truths about the bloody events perpetrated by Armenian murderers.*

There are twelve cities, large and small, in the western region of South Azerbaijan. These cities are located between Bashchol (Sardasht) in the south and Maku in the north. The area contains more than 1,000 villages and settlements. The largest cities in the region, inhabited by Turks, are Urmia, Khoy, Salmas, Maku and Goshachay. Armenians and Aysors lived here alongside the local population. Until the beginning of the 19th century, the small Christian Armenian community living in this region consisted of only a few families. However, in subsequent years, their number increased to 30,000 people. According

to Ahmad Kasravi, no more than 12 thousand Aysor families joined the Armenians in declaring a 'Christian war' against the Turks in 1918.

The massacre of Azerbaijanis in the south was carried out by diplomatic circles in Russia, France, England and the USA, as well as Christian missionary organisations engaged in religious, cultural and economic activities in the region. In February 1918, Armenian-Aysor military units began attacking the indigenous Turks in the western region of South Azerbaijan, and these attacks continued uninterrupted until July of that year. The first genocidal operations began in the villages and settlements around the cities. In the massacres that began in Urmia and Salmas at the start of March 1918, more than 10,000 people, including women, the elderly, children, religious figures and scholars, were killed.⁶

By March 1918, dozens of villages had been the scene of mass massacres, thousands of people had been killed by Armenian-Aysor executioners, and houses, shops and even mosques had been looted and set on fire. Their units carried out their most brutal attack against the peaceful Muslim Turkish population in Urmia on Tuesday, two days before the Novruz holiday in 1918.

The Jilovluq tragedy is one of the most terrible events against Azerbaijanis in South Azerbaijan. It took place on the last Wednesday of the Nowruz holiday in March 1918. Supported by Great Britain, France and Russia, who had interests in the region, the Armenians wanted to establish a 'Little Armenian state' around Lake Urmia. This plan, devised in the West and backed by England, France and Russia, included the Assyrians as well as the Armenians. Their goal was to establish a state for themselves at the expense of Turkish lands. According to the plan, an Armenian-Assyrian-Kurdish state was to be established in Western Azerbaijan, around Lake Urmia.

The Assyrians were more closely allied with the Armenians in this coalition. They were Christian and had migrated from an area of Turkey known as Cilicia. The Christian West also supported the relocation of 40,000 Assyrians to the Urmia region. The intention was to increase the Christian population in the region artificially and establish a new Christian state in Turkish lands. Unfortunately, their abominable plan was initially supported by Muslim Kurds.⁵

Armed Kurdish groups were led by Ismail Khan (also known as Smitko), Armenian groups by Petros Agha, and Christian Assyrian groups by Marshimon. All of the united coalition's action plans were prepared in the West, and even the armed bandits were supplied with weapons from abroad. For example, Russian and French officers served in the 30,000-strong army of the united coalition forces. Massacres against Azerbaijani Turks began in the cities of Urmu, Salmas and Khoy in February 1918. The goal was to establish a large federal state in the region.

The Armenians were able to recruit the Assyrians and Muslim Kurds to join them. Between February and March, the combined Armenian, Kurdish and Assyrian groups attacked Turkish populations in the villages of Urmu, Khoy and Salmas, looting and killing civilians. Peaceful Turkish villages were raided and their inhabitants shot or beheaded. People were forced to flee their homes. The Jilovluq tragedy reached its climax on the last Wednesday of the Nowruz holiday in March 1918. The combined coalition demanded that the Turkish population of Urmu surrender their weapons within 24 hours.

When this demand was not met, bloodthirsty Armenian, Kurdish and Assyrian military units attacked the city and began searching for weapons from house to house. In fact, the population of Urmu did not possess many weapons. This demand was merely an excuse to subject the population to genocide. The coalition wanted to intimidate the Turkish population with this massacre, drive them away from their homeland, and seize control of the territory. The coalition's armed groups invaded houses, robbed the population, stole women's jewellery, violated people's honour and committed countless atrocities. Those who resisted were shot en masse and the men were taken prisoner.²

On that terrible day, which is still remembered in the south as 'Black Wednesday', the people of Urumqi were herded into a caravanserai in the city and burned alive. Following the Jilovluq tragedy, massacres spread to all the villages in the Urmu province. The united coalition's work was facilitated by the Armenian Pasha Andronik, who had come from Turkey via Nakhchivan. Having mercilessly plundered and massacred Turkish villages along the way, Andronik wanted to join the coalition in Urmu.

However, the Armenian-Assyrian-Kurdish coalition had collapsed by this time. Seeing that the intention was to establish a Christian state and that the Muslim Kurds were being excluded, Smitko resorted to trickery. Having left the coalition, Smitko expressed his bitterness at being deceived by the Assyrian leader. He summoned the Assyrian leader, Marshimon, to Salmas, where he killed him and his men.⁷

In late March and early April 1918, the Turks entered South Azerbaijan and stopped the massacre of our compatriots. Heroic Turkish soldiers prevented Armenian-Assyrian forces from advancing on Tabriz

via Lake Urmia, sinking the bandits' boats in the process. Those who fled to the mountains continued to descend on villages and massacre the Turkish population until February 1919.

The strongest resistance to these atrocities occurred in Khoy. Despite the Armenians' cunning, the city's population did not open the city gates to them. However, the coalition formed in Urmu, Khoy and Salmas was able to carry out merciless massacres. According to the Iranian historian Ahmad Kasravi, 100,000 Azerbaijani Turks were killed during the Jilovluq events. The Urmia historian Ayrimli gives a slightly higher figure. Following recent research, Ayrimli concluded that 300 thousand Azerbaijanis were killed and subjected to genocide.

The Armenians' choice of Urmu and the surrounding areas was no coincidence. Urmu is a beautiful area with fertile land and a pleasant climate. The second city in the south after Tabriz, Urmu was prosperous. Historically, the Urmu province was home to a majority population of Azerbaijani Turks. According to reliable sources, 300 thousand people lived in the province in 1918. More than 85 per cent of them were Azerbaijani Turks. They lived in 699 villages in the city and surrounding area. Around 20,000 Assyrians and around 6,000 Armenians settled in approximately 50 villages around Urmu.⁶

Receiving instructions from Christian circles in the West, the Armenians and Assyrians aimed to seize Turkish-inhabited territories, Christianise the population, and expand the scale of the Christian religion. Urmu, Khoy and Salmas were also located in the west of South Azerbaijan. The intention of those who wanted to establish an Armenian-Assyrian federation was to later unite these territories with Armenia and block the large Turkish strip in the area.

It should be noted that, following the intrigues of England and Russia, the Armenians and Assyrians fought against Ottoman Turkey in the First World War, striking the Ottoman state in the back in an attempt to defeat the Turks.

However, their intentions were not realised. Despite the massacre of hundreds of thousands of people, the heroic South Azerbaijani Turks prevented the establishment of an Armenian-Assyrian state in the western lands with the help of the Ottoman Turks. The unarmed populations of Khoy, Urmia and Salmas resisted the enemy despite the mass murder. Several Armenian-Assyrian bandits were defeated. Terrorist groups were crushed with the help of the Turks and expelled from our lands. In these bloody tragedies, remembered as the 'Urmu Plague', more Muslims were killed and captured, and among those taken prisoner, young Muslim girls predominated.¹

Literature

1. Anar Isganderli: *Azerbaijani Realities: 1917–1920*. Baku: 2012.
2. Anar Isganderli: 'Historiography of the March Massacre of 1918'. Baku, 1997.
3. Anar Isganderli. 'Historiography of the Problem of the Turkish-Muslim Genocide in Azerbaijan, 1918–1920'. Baku, 2006.
4. Anar Isganderli, 'Turkish-Muslim Genocides of 1918–1920'. 'Turkish-Muslim Genocides of 1918–1920'. Azerbaijan, 31 March 2009.
5. Ekrem Rahimli (Bije): 'Genocide committed by the Armenian-Aysor military unit in South Azerbaijan (1918)', Respublika, 20/02/2015.
6. https://az.wikipedia.org/wiki/C%C9%99nubi_Az%C9%99rbaycanda_soyq%C4%B1r%C4%B1m
7. <http://human.gov.az/az/media/meqaleler/meqale.html?artID=7>
8. <https://anl.az/down/meqale/xalqgazeti/2010/mart/112071.htm>

SETTLEMENT SYSTEM IN THE XV-XVII CENTURIES: RURAL AND URBAN LANDSCAPES OF SOUTH KAZAKHSTAN

Kogambayeva Nazerke

2nd-year Master's student

Abai Kazakh National Pedagogical University

XV-XVII ҒАСЫРЛАРДАҒЫ ҚОНЫСТАНУ ЖҮЙЕСІ: ОҢТҮСТІК ҚАЗАҚСТАНДАҒЫ АУЫЛДЫҚ ЖӘНЕ ҚАЛАЛЫҚ ЛАНДШАФТТАРЫ

Қоғамбаева Назерке

2-курс магистранты

Абай атындағы Қазақ Ұлттық Педагогикалық Университеті

Abstract

This study aims to identify the historical and geographical characteristics of the settlement system in South Kazakhstan during the XV-XVII centuries. The relevance of the research is determined by the need to comprehensively explain the interaction between urban and rural settlements and their influence on the political and social development of the region. The main objective is to describe the structure of regional settlement based on the interaction between urban centers, rural settlements, and natural landscape factors.

The research employs historical written sources, archaeological excavation materials, cartographic data, and comparative analysis methods. These sources made it possible to determine the spatial distribution of settlements, their functional roles, and their adaptation to natural environmental conditions.

The findings indicate that the region's settlement system was based on close economic and social relationships between major urban centers (Turkistan, Otyrar, Sairam) and surrounding rural settlements. Agricultural villages, seasonal pastoral settlements, and oasis-edge dwellings formed the primary economic base that ensured the stability of urban life. Natural landscapes and water systems played a key role in shaping settlement patterns and directly influenced the historical and economic development of the region.

In conclusion, the research demonstrates that the medieval settlement system of South Kazakhstan represents a dynamic model formed through the interaction between natural environments and social structures. The study provides practical value for understanding the region's historical geography, urban development, and cultural-economic relations.

Аңдатпа

Бұл зерттеу XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстанның қоныстану жүйесінің тарихи-географиялық ерекшеліктерін анықтауға бағытталды. Зерттеудің өзектілігі аймақтың қалалық және ауылдық қоныстарының өзара байланысы мен олардың өңірдің саяси және әлеуметтік дамуына ықпалын кешенді түрде түсіндіру қажеттілігімен айқындалады. Мақсат қалалық орталықтардың, ауылдық қоныстардың және табиғи ландшафт факторларының өзара ықпалы негізінде аймақтың қоныстану құрылымын сипаттау.

Зерттеу барысында тарихи жазба деректері, археологиялық қазба материалдары, картографиялық мәліметтер және салыстырмалы талдау әдістері қолданылды. Бұл дереккөздер қоныстардың кеңістікте орналасуы, олардың қызметтік рөлі және табиғи ортаға бейімделу ерекшеліктерін анықтауға мүмкіндік берді.

Нәтижелер көрсеткендей, аймақтың қоныстану жүйесі қалалық орталықтар (Түркістан, Отырар, Сайрам) мен ауылдық қоныстардың тығыз экономикалық және әлеуметтік байланысына негізделген. Екіншілік қоныстары, маусымдық мал шаруашылығы қоныстары және оазис маңы тұрақтары қалалардың тұрақты дамуын қамтамасыз еткен негізгі шаруашылық тірек болды. Табиғи ландшафт пен су жүйелері қоныстардың орналасу логикасын айқындап, аймақтың тарихи-экономикалық дамуына тікелей әсер етті.

Қорытындысында, зерттеу Оңтүстік Қазақстанның ортағасырлық қоныстану жүйесінің табиғи орта мен әлеуметтік құрылымның өзара ықпалы негізінде қалыптасқан

динамикалық модель екенін анықтады. Зерттеу материалдары аймақтың тарихи географиясын, урбанистикалық дамуын және мәдени-экономикалық байланыстарын түсіндіруде практикалық мәнге ие.

Keywords: South Kazakhstan, settlement system, Middle Ages, urban landscape, rural settlements, historical geography.

Кілт сөздер: Оңтүстік Қазақстан, қоныстану жүйесі, орта ғасырлар, қалалық ландшафт, ауылдық қоныстар, тарихи география.

Kipicne

XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстанның қоныстану жүйесін зерттеу аймақтың тарихи даму бағыттарын, оның әлеуметтік-экономикалық өмірін және мәдени өзгерістерін кешенді түрде түсінуге мүмкіндік беретін өзекті ғылыми мәселе. Бұл кезеңде өңірдің маңызды бөлігінде саяси құрылымдар өзгеріп, Қазақ хандығының қалыптасуы мен нығаюы жүрді, ал бұл өзгерістер қоныстардың орналасуына, олардың қызметіне және кеңістіктік дамуына тікелей ықпал етті [1]. Қалалар мен ауылдар арасындағы байланыс, олардың шаруашылық жүйесі және табиғи ландшафтпен өзара әрекеттесуі аймақтың жалпы тарихи динамикасын айқындайды. Сондықтан осы кезеңдегі қоныстану жүйесін зерттеу тарихи география, урбанистика, этнография және археология ғылымдары үшін маңызды болып табылады [2].

Оңтүстік Қазақстанның ортағасырлық ландшафты халықтың өмір салтына, шаруашылық түрлеріне және урбанистикалық орталықтардың дамуына үлкен әсер етті. Суармалы егіншілік жүйелерінің дамуы, өзен аңғарлары бойындағы қоныстардың қалыптасуы, жазғы және қысқы жайылымдардың орналасуы қоныстану құрылымын айқындаған негізгі факторлардың бірі [3]. Сонымен қатар, XV-XVII ғасырларда сауда жолдарының маңызы өзгеріп отырды: Жібек жолының кей тармақтары әлсірегенімен, Түркістан, Отырар, Сайрам сияқты қалалар аймақтық және өңірлік деңгейде маңызды орталық болып қала берді. Бұл саяси, экономикалық және мәдени процестердің ландшафқа тигізген әсерін зерттеу тақырыптың көкейкестілігін арттыра түседі [4].

Осы кезеңде аймақтағы халықтың этникалық құрамындағы өзгерістер, әкімшілік бөліністердің ауысуы, қалалардың қайта гүлденуі немесе құлдырауы қоныстану жүйесін қалыптастыруда маңызды рөл атқарды. Қалалардың жай-күйі мен ауылдық қоныстардың типологиясын талдау арқылы өңірдегі урбанизацияның деңгейін, шаруашылық байланыстардың сипатын және аймақтық дамудың ұзақ мерзімді үрдістерін анықтауға болады. Сондықтан бұл зерттеу ортағасырлық қоғамның әлеуметтік құрылымын түсінуде де маңызды ақпарат береді.

Оңтүстік Қазақстандағы XV-XVII ғасырлардағы қоныстану жүйесін зерттеуде ең негізгі проблема қала мен ауылдық қоныстардың өзара байланысының нақты механизмін анықтау. Қалалар саяси және рухани орталықтар ретінде аймақтың басқару жүйесін қалыптастырса, ауылдық қоныстар тұрақты экономикалық база қызметін атқарды [5]. Осы екі құрылымның бір-біріне тәуелділігі, өзара алмасу арналары, сауда және шаруашылық қатынастары тарихи деректерде толық әрі үздік берілмегендіктен, оларды кешенді түрде салыстырып талдау қажет.

Қоныстану құрылымының өзгеру себептерін зерттеу де маңызды мәселе. Аймақтағы табиғи-климаттық жағдайдың өзгеруі, Сырдария мен Арыс өзендерінің су арналарының ауысуы, ирригациялық жүйелердің кеңейтілуі немесе жойылуы, көшпелі және отырықшы халықтың арақатынасы қоныстардың кеңістіктік орналасуына тікелей ықпал етті. Бұл өзгерістер әр кезеңде біркелкі болмаған, сондықтан олардың динамикасын анықтау зерттеудің негізгі қиындықтарының бірі.

Саяси факторлар да қоныстану жүйесінің өзгеруіне айтарлықтай әсер етті. Қазақ хандығының ішкі және сыртқы саяси жағдайы, жоңғар шапқыншылықтарының ықпалы, аймақаралық бәсекелестік пен сауда бағыттарының ауысуы қалалардың дамуына немесе құлдырауына себеп болды [6]. Бұл өзгерістердің ауылдық қоныстарға қалай әсер еткенін, әрбір қалалық орталықтың айналасындағы қоныстар жүйесінің қалай ұйымдасқанын анықтау зерттеу проблемасының маңызды бөлігін құрайды.

Сонымен қатар, жазба деректердің шектеулілігі мен археологиялық зерттеулердің толық жүргізілмеуі де проблеманы күрделендіреді. Қалалардың нақты шекараларын, ауылдық қоныстар

саны мен құрылымын, халық санының өзгеруін анықтау қосымша әдістерді қажет етеді. Сол себепті зерттеу барысында тарихи деректерді, археологиялық материалдарды, картографиялық деректерді және ландшафтық талдауларды біріктіру мәселесі де зерттеу проблемасының құрамына кіреді.

Бұл зерттеудің негізгі мақсаты XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстан аумағындағы ауылдық және қалалық қоныстардың дамуын кешенді түрде сипаттау. Қоныстардың кеңістіктік орналасуын, олардың тарихи-әлеуметтік рөлін, шаруашылық бағыттарын және өзара байланыс жүйесін анықтау арқылы аймақтың ортағасырлық қоныстану құрылымын жан-жақты талдау көзделеді [7]. Сонымен бірге, зерттеу барысында табиғи-географиялық жағдайлар мен саяси-экономикалық өзгерістердің қоныстану динамикасына тигізген әсерін көрсету арқылы өңірдің тарихи географиясының негізгі сипаттарын айқындау мақсат етіледі.

XV-XVII ғасырларда Оңтүстік Қазақстандағы ең ірі және маңызды қалалардың қатарын айқындау, олардың саяси, экономикалық және мәдени рөлін сипаттау. Түркістан, Отырар, Сайрам, Сауран сияқты қалалардың аймақтық дамудағы орны және олардың айналасындағы қоныстарға ықпалы талданады.

Өңірдегі ауылдық қоныстардың түрлерін (егіншілік қоныстары, мал шаруашылығына арналған маусымдық қоныстар, оазис маңы тұрақтары) анықтап, олардың құрылымы, шаруашылық ерекшеліктері және табиғи ортаға бейімделуі зерттеледі. Бұл қоныстардың қалалармен байланысы мен өзара тәуелділігі де қарастырылады [8].

Қоныстардың өзен аңғарлары, жайылымдар, оазистер және тау бөктерлерінде орналасу себептері, табиғи-климаттық жағдайлардың олардың дамуына тигізген әсері анықталады. Ландшафтық факторлардың қоныстану үлгісін қалыптастырудағы рөлі арнайы талдауға алынады.

Қалалар мен ауылдық қоныстар арасындағы экономикалық, әлеуметтік және мәдени қарым-қатынастарды сипаттау. Азық-түлікпен қамтамасыз ету, сауда алмасу, қолөнер өнімдерінің таралуы, діни немесе саяси орталықтарға тәуелділік сияқты байланыстардың нақты механизмін көрсету көзделеді. Бұл байланыстардың өңірдің жалпы тарихи дамуына ықпалын бағалау да осы міндетке кіреді.

Әдістер

Бұл зерттеуде XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстанның қоныстану жүйесін жан-жақты талдау мақсатында көпқырлы әдістер кешені қолданылды. Зерттеу әдістері тарихи, археологиялық, картографиялық және салыстырмалы талдауды біріктіре отырып, қалалық және ауылдық қоныстардың кеңістіктік құрылымын, олардың өзара байланысын және ландшафтық ерекшеліктерін тереңірек ашуға бағытталды.

Алдымен тарихи деректерді талдау әдісі қолданылды. Бұл кезеңге қатысты жазба деректер ортағасырлық шежірелер, жылнамалар, саяхатшылардың сипаттамалары және Қазақ хандығы дәуіріне арналған құжаттар жүйелі түрде қарастырылды. Мұндай дереккөздер қоныстардың орналасу реті, олардың әлеуметтік-экономикалық рөлі, аймақтағы саяси жағдайлар және халықтың шаруашылық қызметі туралы мол мәлімет береді. Әрбір дерек бірнеше дереккөзбен салыстырылып, оқиғалардың нақтылығы мен тарихи шындыққа сәйкестігі тексерілді. Қазақ хандығы кезеңіндегі саяси құрылымдар, рулар мен тайпалардың орналасуы, қалалардың әлеуметтік қызметі туралы деректерді салыстыру арқылы қоныстану жүйесінің даму логикасы анықталды.

Зерттеудің маңызды бөлігін археологиялық материалдарды пайдалану құрады. Отырар, Сайрам, Түркістан, Сауран және басқа да қалаларда жүргізілген археологиялық қазбалардың нәтижелері кеңінен қолданылды. Бұл материалдар арқылы қалалық орталықтардың көлемі, қабаттар қалыңдығы, құрылыс жоспары, қолөнер мен сауда аймақтарының орналасуы, қорғаныс жүйелерінің ерекшеліктері сияқты деректер талданды. Археологиялық заттай деректер қалалардың даму деңгейін, урбанистикалық құрылымын және қолөнердің түрлерін айқын көрсетеді.

Сонымен бірге ауылдық қоныстарға қатысты стратиграфиялық деректер зерттелді. Егіншілікке негізделген қоныстардың суару жүйелері, қыстақтар мен жайылымдық қоныстардың орны, тұрмыстық қалдықтар, керамика үлгілері және тұрмысқа қатысты заттар қоныстардың шаруашылық бағыттарын анықтауға мүмкіндік берді. Бұл деректер ауылдық қоныстардың тұрақты немесе маусымдық болғанын, олардың қала орталықтарымен байланыс деңгейін, табиғи ортаға бейімделуін анықтауға мүмкіндік берді.

Зерттеу барысында тарихи және археологиялық деректерге қосымша картографиялық

және топографиялық талдау да жүргізілді. Ортағасырлық карталар, заманауи географиялық карта-сызбалар, жер бедері мен су жүйелерінің орналасуы қоныстардың кеңістіктік құрылымын реконструкциялауға қолданылды. Бұл әдіс қалалар мен ауылдардың өзара орналасу логикасын, оларды байланыстыратын жолдар мен су арналарының рөлін анықтауға мүмкіндік берді.

Салыстырмалы талдау әдісі арқылы Оңтүстік Қазақстандағы қоныстар Орта Азиядағы және Қазақстанның басқа аймақтарындағы ұқсас қоныстармен салыстырылып, олардың ортақ және ерекше белгілері айқындалды. Қала-ауыл жүйесінің даму деңгейі, шаруашылық түрлері мен мәдени ерекшеліктері осы әдіс арқылы нақтырақ сипатталды.

Осы әдістердің барлығы біріктіріліп қолданылғанда, XV-XVII ғасырлардағы қоныстану жүйесінің кеңістіктік дамуы, оның тарихи-мәдени контексті және аймақтық ерекшеліктері жан-жақты әрі дәлелді түрде анықталды.

Нәтижелер

XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстан өңірінің қоныстану жүйесі табиғи-географиялық жағдайларға тікелей тәуелді қалыптасты. Қоныстардың негізгі бөлігі Сырдария, Арыс, Бадам, Келес сияқты өзен аңғарлары бойында, сондай-ақ табиғи су көздері бар оазистер мен жазық аумақтарда шоғырланды. Бұл аймақтар егіншілік пен мал шаруашылығына қолайлы болғандықтан, тұрақты қоныстардың негізгі желісін құрады. Қала мен ауылдар өзара байланысқан күрделі жүйе ретінде дамып, әрбір қоныс табиғи ортаға бейімделу деңгейіне қарай белгілі бір функция атқарды [9].

Қалалардың кеңістікте орналасуы көбіне стратегиялық маңызға ие орындарда сауда жолдарының қиылысында, өзен өткелдері маңында немесе егіншілік аймақтарын бақылауға ыңғайлы нүктелерде орналасты. Ал ауылдық қоныстар қалалардың айналасында шоғырланып, азық-түлік, шикізат және еңбек ресурстарын қамтамасыз ететін тірек жүйе қызметін атқарды.

Кесте 1. XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстан қоныстарының орналасу ерекшеліктері

Қоныс түрі	Орналасу аймағы	Негізгі себептері	Функциялық рөлі
Қалалар (Түркістан, Отырар, Сайрам)	Өзен бойы, сауда жолдары	Сауда, қолөнер, саяси орталық	Басқару, сауда, діни орталық
Егіншілік ауылдары	Оазис, өзен аңғары	Суармалы егіншілікке қолайлы	Азық-түлік өндіру
Маусымдық қоныстар	Жазықтар, жайылымдар	Мал шаруашылығының көші-қоны	Шаруашылық-тұрмыстық қызмет
Оазис маңы тұрақтары	Шаруашылық аймақтар	Табиғи су көздерінің болуы	Қолөнер, тұрмыс, ауыл шаруашылығы

Оңтүстік Қазақстанның ортағасырлық қалалық ландшафты күрделі әрі көпқабатты құрылымымен ерекшеленді. Түркістан, Отырар және Сайрам қалалары аймақтың саяси, экономикалық және мәдени орталықтары болып саналды. Бұл қалалардың ландшафтық бейнесі қорғаныс құрылыстары, ішкі тұрғын кварталдары, базарлар, керуен-сарайлар, қолөнер шеберханалары мен діни кешендердің кеңістікте дұрыс орналасуымен айқындалды [10].

Түркістан қаласында Қожа Ахмет Ясауи кесенесі діни және мәдени орталық ретінде ерекше рөл атқарды. Отырар қаласы дамыған қаламәдениетімен, қолөнер және кітап сақтау дәстүрлерімен танылды. Сайрам қаласы қолөнер, өңдеу өнеркәсібі және сауда бағытындағы құрылымдарымен ерекшеленді.

Қалалардағы базарлар негізгі экономикалық орталықтар ретінде қызмет етіп, ауылдық қоныстардан келетін өнімдер мен сыртқы саудадан түсетін тауарлар айналатын орын болды. Қолөнер шеберханалары қалалардың экономикалық қуатын қалыптастырса, діни орталықтар рухани ықпалын кеңейтті [11].

Кесте 2. Түркістан, Отырар және Сайрам қалаларының функционалдық ерекшеліктері

Қала	Қорғаныс құрылыстары	Экономикалық ерекшеліктері	Діни/мәдени рөлі
Түркістан	Қамал, дуалдар	Базар, керуен жолдары	Қожа Ахмет Ясауи кесенесі діни орталық
Отырар	Қамал қабырғалары, бекіністер	Қолөнер, кітап мәдениеті	Ғылыми-мәдени орталық
Сайрам	Қорғаныс дуалдары	Өңдеу өнеркәсібі, шеберханалар	Аймақтық рухани орталық

Зерттеу барысында ауылдық қоныстардың бірнеше негізгі түрі анықталды. Біріншісі егіншілік қоныстары, олар оазистер мен өзен аңғарларында орналасып, суармалы егіншілік пен бау-бақша шаруашылығын жүргізумен айналысты. Мұндай қоныстар қалаларды азық-түлікпен қамтамасыз етуде маңызды рөл атқарды.

Екінші түрі мал шаруашылығына байланысты маусымдық қоныстар. Бұл қоныстар көбіне жазықтар мен жайылымдық аймақтарда орналасып, жыл мезгілдеріне байланысты орын ауыстырып отырды. Олар көшпелі және жартылай көшпелі шаруашылықтың негізгі элементі болды.

Үшінші түрі оазис маңы тұрақтары, олар табиғи су көздерінің айналасында орналасып, тұрмыстық және шаруашылық бағытта қызмет етті. Мұндай қоныстарда қосымша шаруашылық түрлері, сондай-ақ шағын қолөнер кәсіптері дамыды.

Бұл қоныстардың барлығы қалалық орталықтармен тығыз байланыста болды: ауылдар қалаларды азық-түлік пен шикізатпен қамтамасыз етіп, қала ауыл тұрғындарына қолөнер бұйымдарын, діни қызметтерді және әкімшілік қолдауды ұсынды.

XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстандағы ауылдық қоныстар табиғи орта ерекшеліктеріне, шаруашылық бағытына және қоныс тұрғындарының әлеуметтік құрамына байланысты әртүрлі типтерге бөлінді [12]. Екіншілік қоныстары өзен аңғарлары мен оазистерде орналасып, тұрақты су көздерінің бар болуы бұл қоныстардың дамуына негізгі алғышарт болды. Мұнда суармалы егіншілік жақсы дамып, арпа, бидай, тары сияқты дақылдар өсірілді, ал кей аудандарда бау-бақша шаруашылығы да өркендеді.

Мал шаруашылығына негізделген маусымдық қоныстар жазық далалар мен қолайлы жайылымдық аумақтарда қалыптасты. Бұл қоныстар көбіне көшпелі және жартылай көшпелі өмір салтына байланысты уақытша пайдаланылды [13]. Маусымдық көші-қон малдың жайылым талаптарына сәйкес жүзеге асырылып, қыстау, көктеу, жайлау және күзеу сияқты қоныстар тізбегі пайда болды.

Оазис маңы тұрақтары табиғи су көздерінің маңында орналасып, жартылай отырықшы және отырықшы топтардың тіршілігіне қолайлы орта ұсынды. Мұнда тұрмыстық шаруашылық түрлері, шағын қолөнер, бау-бақша және суармалы егіншілік қатар дамыды. Бұл қоныстар қалалық орталықтармен тығыз байланыс орнатып, олардың азық-түлік және еңбек ресурстарын қамтамасыз етті.

Кесте 1. Ауылдық қоныстардың негізгі типтері және олардың сипаттамалары

Қоныс типі	Орналасу аймағы	Шаруашылық бағыты	Ерекшеліктері
Егіншілік қоныстары	Өзен бойы, оазис	Суармалы егіншілік	Тұрақты тұрғын үйлер, арық жүйесі, бау-бақша
Маусымдық қоныстар	Жайылымдар, жазық далалар	Мал шаруашылығы	Көшпелі/жартылай көшпелі өмір салты, уақытша баспаналар
Оазис маңы тұрақтары	Табиғи су көздері маңы	Егіншілік + тұрмыстық шаруашылық	Шағын қолөнер, бақ өсіру, тұрақты ұсақ қоныстар

Ортағасырлық Оңтүстік Қазақстандағы қала мен ауыл арасындағы байланыс аймақтың экономикалық және әлеуметтік дамуының негізгі өзегін құрады. Қалалар мен ауылдық қоныстар өзара толықтырып отырған біртұтас жүйе болды. Сауда алмасу бұл байланыстың ең маңызды формаларының бірі. Ауылдық қоныстар қала нарықтарына астық, мал, жүн, былғары, жеміс-жидек және басқа да ауыл шаруашылық өнімдерін жеткізсе, қалалар ауыл тұрғындарын қолөнер бұйымдарымен, аспаптармен, діни қызметтермен және әкімшілік қолдаумен қамтамасыз етті.

Шаруашылық өнімдерінің қозғалысы тек айырбас сипатында ғана емес, кей жағдайларда салық, сыйлық-дәрежелер немесе міндеткерлік түрінде де жүзеге асқан. Қалалардың азық-түлікпен қамтамасыз етілу жүйесі ауылдарға тікелей байланысты болды: әрбір ірі қаланың айналасында өзін қамтамасыз ететін ауылдық аймақтар қалыптасты. Мұндай жүйелер Түркістан, Сайрам және Отырар маңында айрықша байқалды [14].

Қала мен ауылдың осы экономикалық, әлеуметтік, мәдени байланыстары аймақтың тұрақты дамуын қамтамасыз етіп, екі қоныстың өміршеңдігін арттырды.

Кесте 2. Қала-ауыл байланысының негізгі бағыттары

Байланыс түрі	Қала рөлі	Ауыл рөлі	Нәтижесі
Сауда алмасуы	Қолөнер бұйымдарын, дайын өнімдерді ұсынады	Азық-түлік, мал, шикізат жеткізеді	Өзара тәуелді экономикалық жүйе
Шаруашылық өнімдерінің қозғалысы	Нарық ұйымдастырады, айырбас жүйесін басқарады	Өнім өндіреді, салық және міндеткерлік атқарады	Қоныстардың тұрақты дамуы
Азық-түлікпен қамтамасыз ету	Орталықтандырушы функция атқарады	Өніммен қамтамасыз етеді	Қалалардың өміршеңдігі артады

XV-XVII ғасырлардағы қоныстану жүйесі табиғи ландшафтқа елеулі өзгерістер енгізді. Ауыл шаруашылығының кеңеюі, әсіресе суармалы егіншіліктің дамуы, жаңа арықтар мен каналдардың салынуына алып келді. Ирригациялық жүйелер кей оазистердің аумағын кеңейтіп, су айналымын өзгертіп, кейбір жерлерде топырақтың құнарлылығын арттырды. Бұл өзгерістер табиғи

ортаға адамның тікелей ықпалын көрсетеді.

Сонымен қатар қоныстардың табиғи-географиялық жағдайға бейімделуі де маңызды фактор болды. Екіншілік қоныстары суға тәуелді аймақтарға орнықса, көшпелі топтар шөбі шүйгін, суы мол жайылымдарды маусымдық пайдалануға бейімделді [15]. Қоныстар табиғи ортаға бейімделу арқылы өздерінің ұзақ мерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етті.

Қалалар да табиғи жағдайларға икемделді: мысалы, Түркістан қала ретінде Сырдарияға жақын аймақта дамыды, Отырар Арыстың төменгі аңғарындағы оазисте орналасып, үлкен ирригациялық жүйені басқарды. Бұл табиғи орта мен адам әрекетінің тұрақты өзара байланысын сипаттайды.

Талқылау

Оңтүстік Қазақстанда қалалық мәдениеттің ерекше дамуы аймақтың географиялық орны, табиғи ресурстары және тарихи жағдайларынан туындаған көпқырлы құбылыс. Ең алдымен, өңірдің қолайлы климаты мен табиғи орта жағдайлары қалалардың қалыптасуына оң әсер етті [7]. Сырдария, Арыс, Бадам және Келес өзендерінің аңғарлары суармалы егіншілікке мүмкіндік беріп, қалалар мен ауылдық қоныстардың тұрақты өмір сүруіне жағдай жасады. Су көздерінің молдығы тек ауыл шаруашылығын ғана емес, сонымен бірге қолөнер мен шеберлік кәсіптердің дамуына ықпал етті.

Аймақтың маңызды ерекшеліктерінің бірі Ұлы Жібек жолының тармақтары дәл осы өңір арқылы өтуі болды. Түркістан, Отырар және Сайрам сияқты қалалар халықаралық сауданың негізгі бекеттері ретінде танылып, Шығыс пен Батысты байланыстыратын стратегиялық маңызға ие орталыққа айналды. Сауда жолдарының бойында орналасқан бұл қалалар тауар алмасу, мәдени ықпалдастық және саяси байланыстардың тоғысқан нүктесі болды. Сауда ағымдары қалалардың экономикалық қуатын арттырып, олардың урбанистикалық құрылымын күрделендірді.

Табиғи орта факторлары да қалалық мәдениеттің қалыптасуында шешуші рөл атқарды. Мол жайылымдар көшпелі мал шаруашылығын, оазистер егіншілікті, ал өзен бойлары сауда жолдарын қолдады. Мұндай шаруашылықтардың қатар дамуы қалалар мен ауылдар арасындағы өзара байланыстарды нығайтып, аймақтың тұрақты дамуын қамтамасыз етті. Осы факторлардың барлығы Оңтүстік Қазақстанның ортағасырлық тарихи-мәдени орталық ретінде қалыптасуына жағдай жасады.

Оңтүстік Қазақстандағы қоныстану жүйесінің тарихи маңызын айқындайтын маңызды фактор оның Қазақ хандығының қалыптасуы мен нығаюындағы рөлі. XV-XVII ғасырларда қалалар саяси биліктің тірегіне айналып, хандықтың әкімшілік және идеологиялық орталықтары болды [9]. Түркістан қаласының хандық астанасына айналуы бүкіл аймақтың саяси құрылымын өзгертті. Мұнда билік өкілдері, діни қайраткерлер және ақсүйектер бас қосып, хандықтың ішкі және сыртқы саясаты шешілді.

Ауылдық қоныстардың рөлі де ерекше маңызды болды. Олар қалаларға азық-түлік, мал, астық және еңбек ресурстарын жеткізіп, қалалық өмірдің тұрақтылығын қамтамасыз етті. Қала-ауыл қатынасының қарқынды дамуы хандықтың экономикалық негізін құрап, оның тұрақты өмір сүруіне жағдай жасады. Қоныстар жүйесі арқылы аймақтың ішінде сауда жолдары бекітіліп, хандар мен сұлтандардың билік жүргізу мүмкіндігі артты.

Сонымен қатар қала мен ауылдың өзара байланысы мәдени және әлеуметтік деңгейде де маңызды рөл атқарды. Діни орталықтар ауылдарға мәдени ықпал таратса, ауыл тұрғындары қалаға шикізат пен еңбек ресурстарын жеткізді. Бұл өзара тәуелді жүйе қазақ қоғамының құрылымын сақтап, оның тарихи дамуының негізгі өзегіне айналды.

Оңтүстік Қазақстандағы қоныстану жүйесі тек шаруашылық немесе демографиялық құбылыс емес, сонымен қатар Қазақ хандығының саяси, мәдени және әлеуметтік тұрақтылығын қамтамасыз еткен маңызды тарихи механизм болды.

Оңтүстік Қазақстанның XV-XVII ғасырлардағы қоныстану жүйесін Жетісу, Сырдария бойы және Орта Азия қалаларымен салыстырғанда, олардың арасында белгілі бір ортақ белгілермен қатар айқын айырмашылықтар да байқалады. Ұқсастықтардың бірі барлық аталған өңірлердің де өзен аңғарларына және суармалы егіншілікке негізделген қоныстану жүйесіне сүйенуі [1]. Мысалы, Жетісу өңірінде қоныстар Іле мен Талас өзендерінің бойында орналасса, Сырдария бойында орналасқан қалалар аймақтық шаруашылық пен сауданың тірегіне айналды. Бұл жағынан алғанда, Оңтүстік Қазақстандағы отырықшы қоныстар мен қалалық орталықтар Орта Азиядағы Самарқанд, Бұхара, Ташкент сияқты қалалар жүйесіне ұқсас болды.

Алайда аймақтың өзіндік ерекшеліктері де бар. Оңтүстік Қазақстанда қала мен ауыл

арасындағы байланыс Жетісуда қарағанда тығыз әрі тұрақты болды, себебі Жетісуда көшпелі мал шаруашылығы басымдықта болды және қалалардың жиілігі төменірек болды. Орта Азия қалаларына қарағанда Оңтүстік Қазақстанның қалалары көлемі жағынан кіші болғанымен, олардың саяси-рухани рөлі жоғары болды. Түркістанның Қазақ хандығының астанасы ретінде қалыптасуы бұл айырмашылықтың айқын көрінісі. Ал Сырдария бойындағы қоныстар Орта Азиядағыдай күрделі ирригациялық жүйелерге ие болмаса да, өздерінің табиғи-географиялық жағдайына икемделген тиімді шаруашылық құрылымын дамытты.

Осылайша салыстырмалы талдау Оңтүстік Қазақстанның қоныстану жүйесі басқа аймақтардың тарихи-географиялық үлгілеріне жақын болғанымен, оның саяси, этникалық және рухани факторларға байланысты өзіндік ерекшеліктерге ие екенін көрсетеді.

Зерттеу барысында кездескен негізгі шектеулердің бірі археологиялық материалдардың толық сақталмауы. Көптеген ортағасырлық қоныстар уақыт өте келе табиғи әсерлер, топырақ эрозиясы, су тасқындары және антропогендік ықпалдар салдарынан бүлінген немесе толықтай жойылған [12]. Кейбір қалалық және ауылдық қоныстардың қазба жұмыстары әлі толық жүргізілмегендіктен, олардың кеңістіктік құрылымы, тұрғын аймақтары немесе шаруашылық кешендері жөнінде толық ақпарат алу мүмкін болмай отыр. Бұл тарихи реконструкция жасауда белгілі бір қиындықтар туғызады.

Жазба деректердің шектеулілігі де зерттеудің аясын тарылтатын факторлардың бірі. XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстанға қатысты деректер көбіне жанама сипатта кездеседі, ал кейбір оқиғалар мен қоныстар туралы мәліметтер әртүрлі дереккөздерде бір-біріне сәйкес келе бермейді. Саяхатшылардың жазбалары көбіне субъективті сипатта болса, хан жарлықтары мен дипломатиялық құжаттар шаруашылық немесе қоныс құрылымы туралы толық ақпарат бермейді. Сондықтан тарихи деректерді толықтыру үшін археологиялық және картографиялық материалдарға көбірек сүйенуге тура келеді.

Қорытынды

XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстанның қоныстану жүйесін талдау бұл өңірдің тарихи дамуы табиғи орта, саяси құрылымдар және әлеуметтік-экономикалық факторлардың өзара қабаттасқан ықпалы негізінде қалыптасқанын көрсетеді. Зерттеу нәтижелері аймақтың қоныстану құрылымы ауылдық және қалалық орталықтардың өзара тығыз байланысына сүйенген күрделі әрі тұрақты жүйе болғанын дәлелдейді. Қалалар Түркістан, Отырар, Сайрам сияқты ірі урбанистикалық орталықтар аймақтың саяси, сауда және рухани орталықтары ретінде маңызды рөл атқарды. Олар әкімшілік билік пен діни қызметтің шоғырланған орындары бола отырып, сауда жолдары арқылы аймақаралық байланыстарды қамтамасыз етті және өңірдің мәдени тұтастығын қалыптастырды.

Қалалардың дамуы өз кезегінде ауылдық аймақтардың экономикалық тірегіне сүйенді. Ауылдық қоныстар егіншілік қоныстары, маусымдық мал шаруашылығы қоныстары және оазис маңы тұрақтары қалаларды азық-түлікпен, мал өнімдерімен және қолөнерге қажетті шикізатпен қамтамасыз етіп отырды. Егіншілік қоныстары өзен аңғарлары мен оазистерде шоғырланып, тұрақты су көздерінің болуы олардың үздіксіз дамуына жағдай жасады. Мал шаруашылығына негізделген маусымдық қоныстар табиғи жайылымдардың ерекшеліктеріне бейімделіп, өңірдің көшпелі және жартылай көшпелі шаруашылық құрылымын сақтады. Оазис маңы тұрақтары табиғи су көздерінің айналасында қалыптасқан шағын, бірақ тұрақты шаруашылық орталықтары қалалық және ауылдық аймақтар арасындағы шаруашылық көпір рөлін атқарды.

Зерттеу барысында табиғи ландшафт пен су жүйелерінің қоныстану құрылымына тікелей әсер еткені анық көрінеді. Өзен аңғарларындағы суармалы егіншілік жүйелері, оазистер мен жазықтардың табиғи ресурстары қалалардың орналасу логикасын және ауылдық қоныстардың жүйесін айқындады. Адам әрекетінің табиғи ортаға ықпалы айқын байқалады: жаңа арықтар тартылып, ирригациялық жүйелер кеңейтілді, егістік жерлер ұлғайды, кей аудандарда топырақтың құнарлығы артты. Ландшафттық өзгерістер қоныстардың кеңеюіне немесе кейбірінің жойылуына әсер етіп, аймақтың тарихи дамуының көрінісі ретінде қалыптасты.

Сонымен қатар, зерттеу көрсеткендей, осы кезеңдегі ландшафттар аймақтың тарихи-мәдени дамуының негізгі индикаторы қызметін атқарды. Қоныстардың кеңістіктік орналасуы, олардың табиғи ортаға бейімделуі және шаруашылық бағыттарының өзгеруі аймақтың экономикалық, саяси және демографиялық ахуалындағы үдерістермен тығыз байланысты болды. Қала-ауыл жүйесінің тұрақтылығы Қазақ хандығының саяси бірлігін нығайтып,

Түркістанның аймақтық орталық ретінде қалыптасуына жағдай жасады.

Жалпы алғанда, XV-XVII ғасырлардағы Оңтүстік Қазақстанның қоныстану жүйесі аймақтың тарихи дамуының көпқырлы сипатын айқын көрсетеді. Қала мен ауылдың өзара байланысы, табиғи орта мен адам әрекетінің өзара ықпалы және ландшафттық өзгерістер бұл кезеңді жан-жақты түсінуге мүмкіндік береді. Оңтүстік Қазақстанның урбанистикалық және ауылшаруашылық құрылымы қазақ халқының тарихи-мәдени дамуының негізгі құрамдас бөлігі ретінде ерекше маңызға ие.

References

1. Мазбаев, О. Б., Алпысбес, М., Табулдин, Г., Абдулхайров, А., & Изенбаев, Б. (2025). Ұлы Даланың тарихи-мәдени ландшафттары. БҚУ Хабаршысы, 3(99), 325–340.
2. Оспанова, А. К. (2025). XX ғасырдағы Шығыс Түркістан қазақтарының көші-қон тарихы: Құжаттық материалдар негізінде зерттеу. Отан тарихы, 28(2), 474–489. https://doi.org/10.51943/2788-9718_2025_28_2_474-489
3. Kaiyrken, T. Z., Ilyassova, Z. S., & Alibekuly, A. (2023). Sources and studies on the historical geography of ancient and medieval settlements in the Syr Darya, Talas, and Semirechye areas. Bulletin of the L.N. Gumilyov ENU. Historical Sciences. Philosophy. Religion Series, 143(2), 54–73. <https://doi.org/10.32523/2616-7255-2023-143-2-54-73>
4. Zholdasbaev, S., & Aldabergenova, M. (2013). The Medieval Town of Kazakhstan. Asian Social Science, 9(5), 73–82. <https://doi.org/10.5539/ass.v9n5p73>
5. Shigabdinov, R. N. (2019). Some aspects of Kazakh history (16th – first half of the 19th centuries): On the issue of its “geographical axis.” (2019). Turkological Studies, 2(2), 36–55.
6. Rakhimov, N. T. (2019). A valuable study on the historical geography of Central Asia [Review of the monograph Historical Geography of Central Asia in the Pre-Islamic Period by N. J. Khodzhaeva]. n.p., 27–34. (Review; page range indicated as 27–34 in the journal file).
7. Ksenzhih, G. N. (2018). Historiography and review of sources on the historical geography of the Steppe regions of Kazakhstan in the 19th – early 20th centuries. Sborník prací Pedagogické fakulty Masarykovy univerzity, řada společenských věd, 32(1), 119–133.
8. Nigmatova, S. A. (2020). Natural and climatic factors of South Kazakhstan agriculture development in the Middle Ages. Kazakhstan Archaeology, 3(9), 118–133. <https://doi.org/10.52967/akz2020.3.9.118.133>
9. Zholdasbaev, Z. M., & Aldabergenova, B. T. (2013). The medieval town of Kazakhstan. Asian Social Science, 9(5), 74–82.
10. Shigabdinov, R. N. (2019). Some aspects of Kazakh history (16th first half of 19th centuries): To the question of its “geographical axis”. Tyurkologicheskie issledovaniya (Turkological Studies), 2(2), 36–55.
11. Sala, R., & Deom, J.-M. (n.d.). Geography and cultural landscapes of Kazakhstan.
12. Baipakov, K. M. (2012). Srednevekovye goroda Kazakhstana na Velikom Shelkovom puti [Medieval cities of Kazakhstan on the Great Silk Road]. Almaty: Öner.
13. Bartold, V. V. (1963). Turkestan v epokhu mongol'skogo nashestviya [Turkestan in the era of the Mongol invasion]. Moscow: Nauka.
14. Nurymbetova, S. A. (2019). Oñtústik Qazaqstannyń tarikhy geografiyası: arkeologııalyq jáne derektik zertteý [Historical geography of South Kazakhstan: Archaeological and source study]. Shymkent: Qainar University Press.

Jurisprudence

LEGAL ISSUES OF KAZAKHSTAN'S TRANSFORMATION IN THE CONTEXT OF THE INTEGRATION OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE AND BLOCKCHAIN TECHNOLOGIES: ANALYSIS OF LEGISLATION AND PROPOSALS FOR ITS IMPROVEMENT

Karlygash Rakhimzhanovna Useinova
 PhD in Law, Associate Professor
Aset Abirbekovich Toktybaev
 Candidate of Legal Sciences
Arailym Makulbekovna Zhaparbek
 Master of Laws

ПРАВОВЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТРАНСФОРМАЦИИ КАЗАХСТАНА В УСЛОВИЯХ ИНТЕГРАЦИИ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И БЛОКЧЕЙН-ТЕХНОЛОГИЙ: АНАЛИЗ ЗАКОНОДАТЕЛЬСТВА И ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО ЕГО СОВЕРШЕНСТВОВАНИЮ

Усеинова Карлыгаш Рахимжановна
 к.ю.н., ассоциированный профессор
Токтыбаев Асет Абирбекович
 кандидат юридических наук
Жапарбек Арайлым Макулбековна
 магистр юридических наук

Abstract

This article examines the key legal challenges faced by the Republic of Kazakhstan in the process of implementing artificial intelligence and blockchain technologies. It highlights difficulties related to the lack of clear rules and definitions, risks to citizens' rights, the need to protect personal data, and the regulation of digital assets. Drawing on examples from the European Union, the United States, the United Kingdom, Singapore, Japan, and China, the article outlines various regulatory models that may be valuable for Kazakhstan. The conclusion emphasizes the importance of developing a comprehensive approach that would allow the country to adapt best international practices while ensuring a balanced framework between innovation and security.

Аннотация

В статье рассматриваются основные правовые проблемы, с которыми сталкивается Республика Казахстан при внедрении искусственного интеллекта и блокчейн-технологий. Отмечаются трудности, связанные с отсутствием чётких правил и определений, риски для прав граждан, необходимость защиты персональных данных и регулирования цифровых активов. На основе примеров из опыта Европейского союза, США, Великобритании, Сингапура, Японии и Китая показаны разные модели регулирования, которые могут быть полезны для Казахстана. В заключение подчёркивается важность выработки комплексного подхода, который позволит адаптировать лучшие международные практики и обеспечить баланс между инновациями и безопасностью.

Keywords: artificial intelligence, blockchain, digital transformation, legal regulation, personal data, international experience.

Ключевые слова: искусственный интеллект, блокчейн, цифровая трансформация, правовое регулирование, персональные данные, международный опыт

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP 26199757 "Legal problems of transformation of Kazakhstan in the conditions of integration of artificial intelligence and blockchain technologies."

Научная статья подготовлена в рамках реализации грантового финансирования по научным и (или) научно-техническим программам на 2025-2027 годы (Комитет науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан), направленная на реализацию проекта ИРН AP26199757 «Правовые проблемы трансформации Казахстана в условиях интеграции искусственного интеллекта и блокчейн технологий».

Цифровая трансформация в Казахстане становится неотъемлемой частью государственной и общественной жизни. Сегодня искусственный интеллект и блокчейн выходят далеко за пределы сферы информационных технологий. Они применяются в образовании, здравоохранении, банковском секторе, в государственных услугах и даже в судебной системе. Однако стремительное внедрение таких решений неизбежно вызывает вопросы правового характера: как регулировать их использование, как защитить права человека и бизнеса, как предотвратить злоупотребления и обеспечить устойчивость цифровой экономики?

В первую очередь стоит отметить, что действующее законодательство Республики Казахстан пока не даёт полного ответа на эти вызовы. Проблема заключается в том, что нормы часто оказываются фрагментарными и не успевают адаптироваться к темпам технологических изменений. Например, в сфере искусственного интеллекта до сих пор нет чёткого определения того, что именно считается «системой искусственного интеллекта», и каковы её границы ответственности. Это создаёт риск, что автоматизированные решения будут применяться без достаточного контроля, а граждане не смогут оспорить ошибки алгоритмов. Отсюда вытекает необходимость введения базовых принципов: прозрачности, объяснимости и права человека на пересмотр решений, принятых машиной.

Не менее актуальной является проблема защиты данных. Для обучения алгоритмов требуются огромные массивы информации, включая персональные данные. Если не выработать ясные правила использования таких наборов, возникает угроза нарушения права на неприкосновенность частной жизни. Казахстану важно разработать чёткие стандарты анонимизации и псевдонимизации, чтобы даже при использовании больших данных личность человека оставалась под защитой закона. Одновременно необходимо установить механизмы трансграничной передачи данных, так как современные технологии работают глобально и редко ограничиваются национальными границами.

Блокчейн-технологии поднимают свои особые вопросы. С одной стороны, они открывают возможности для прозрачного учёта транзакций, борьбы с коррупцией и внедрения «умных контрактов». С другой стороны - существует риск появления «серых зон», когда цифровые активы используются для обхода налогов или отмывания доходов. В этой связи нашему государству необходимо чётко классифицировать виды токенов и цифровых активов, определить их правовой статус и закрепить правила для их эмитентов и операторов. Также важно признать юридическую силу смарт-контрактов, но при этом предусмотреть способы защиты сторон в случае технических ошибок или злонамеренного вмешательства в код.

Отдельного внимания требует энергетический аспект блокчейна. Казахстан за последние годы стал привлекательной площадкой для майнинга криптовалют, что вызвало рост нагрузки на энергосистему. Здесь законодательство должно найти баланс, то есть, с одной стороны, создать предсказуемые условия для развития индустрии, а с другой - защитить интересы общества и обеспечить энергетическую безопасность. Для этого нужны особые тарифы, требования к экологичности оборудования и строгие правила учёта.

На институциональном уровне целесообразно создать специализированный орган или межведомственный совет по регулированию искусственного интеллекта и цифровых активов. Его функции могут включать аккредитацию независимых экспертов и аудиторов, разработку методических рекомендаций, ведение реестров рискованных технологий и создание условий для «регуляторных песочниц» - экспериментальных правовых режимов для новых решений. Такой подход позволит протестировать инновации без риска для общества и оперативно корректировать законодательство.

Судебная система также должна быть готова к новым реалиям. Судьям и адвокатам необходимо обучаться работе с цифровыми доказательствами, понимать принципы функционирования алгоритмов и блокчейна. Это позволит вырабатывать единообразную практику, а также защитить права граждан и бизнеса в случае технологических споров. Необходимо прямо закрепить допустимость блокчейн-записей и цифровых следов в качестве доказательств при условии проверки их подлинности.

В международной практике регулирование искусственного интеллекта и технологии распределённых реестров развивается по различным моделям, и изучение этого опыта имеет большое значение для Казахстана. Европейский союз стал первым регионом, где был принят всеобъемлющий закон о регулировании искусственного интеллекта. Его суть заключается в риск-ориентированном подходе: чем выше опасность применения системы для прав и свобод граждан, тем более строгие требования предъявляются к качеству используемых данных, прозрачности алгоритмов, документированию процессов и контролю со стороны государственных органов. В области блокчейн-технологий в Европейском союзе действует нормативный акт о рынках криптоактивов, который устанавливает единые правила для выпуска цифровых токенов, работы торговых площадок, операторов обмена и хранения активов. Эта модель даёт бизнесу предсказуемость, а потребителям - защиту их интересов на уровне всего союза.

В Соединённых Штатах Америки действует иная система. Там отсутствует единый федеральный закон об искусственном интеллекте, однако применяются стандарты, разработанные Национальным институтом стандартов и технологий. Эти рекомендации стали основой для органов власти и бизнеса при внедрении алгоритмов в практику. Дополнительно был подписан президентский указ о безопасном и надёжном использовании искусственного интеллекта, а управление по вопросам бюджета обязало все федеральные органы к концу 2024 года внедрить минимальные меры по управлению рисками, прозрачности и отчётности. В отношении блокчейн-технологий в Соединённых Штатах регулирование фрагментарно: в финансовой сфере работают нормы по противодействию отмыванию доходов, отдельные полномочия закреплены за комиссиями по ценным бумагам, а некоторые штаты, например Нью-Йорк, установили собственные лицензии для операторов. Такой подход обеспечивает высокий уровень контроля, но при этом создаёт сложности для бизнеса из-за отсутствия единой системы.

Великобритания выбрала модель «мягкого права». Вместо принятия единого закона правительство утвердило Белую книгу, в которой закреплены основные принципы: безопасность, справедливость, прозрачность и ответственность. Их применение возложено на отраслевые регуляторы, такие как управление по вопросам информации или управление по финансовому надзору. В отношении цифровых активов Великобритания постепенно включает их в рамки действующего законодательства о финансовых услугах. В 2025 году министерство финансов представило проект норм, предусматривающий подчинение криптосервисов надзору со стороны управления по финансовому регулированию.

Сингапур использует комбинированный подход: с одной стороны, разработаны руководящие принципы по управлению искусственным интеллектом, обновлённые в 2024 году с учётом появления генеративных технологий, с другой стороны - активно применяется практика экспериментальных правовых режимов. Государство создало специальную площадку для тестирования алгоритмов в реальных условиях с учётом требований безопасности и защиты данных. Для блокчейн-технологий действует закон о платёжных услугах, который регулирует лицензирование операторов, а в 2023 году введён специальный режим для стабильных цифровых валют, предусматривающий жёсткие требования к обеспечению токенов резервами и раскрытию информации.

Япония также сделала ставку на «мягкое регулирование». В 2024 году были утверждены объединённые руководящие принципы для бизнеса, которые охватывают все стадии жизненного цикла моделей: сбор и обработку данных, тестирование, аудит и документирование. В настоящее время обсуждается возможность принятия специального закона о продвижении искусственного интеллекта, но сохраняется акцент на международной совместимости. В сфере цифровых активов Япония разработала один из наиболее строгих режимов для стабильных валют: выпуск разрешён только банкам, трастовым и платёжным организациям, которые обязаны обеспечивать защиту интересов держателей и формировать резервные фонды.

Важным примером для сравнительного анализа является Китайская Народная Республика, где государство проводит политику жёсткого контроля за цифровыми технологиями и одновременно стимулирует их развитие в стратегически значимых сферах. В отличие от моделей мягкого регулирования, характерных для Японии или Великобритании, Китай последовательно выстраивает детализированную систему обязательных правил. Уже в 2021 году были приняты нормы о регулировании алгоритмов рекомендаций, которые обязывают интернет-платформы обеспечивать прозрачность логики работы алгоритмов, запрещать дискриминационные практики и предоставлять пользователям возможность отказаться от автоматизированного подбора контента. В 2022 году введены положения о «глубоких фейках», предусматривающие

запрет на использование технологий синтеза изображений, аудио и видео без маркировки, а также строгие правила идентификации пользователей, распространяющих подобный контент. В 2023 году появились первые национальные нормы о генеративном искусственном интеллекте, которые устанавливают требования к качеству данных для обучения моделей, безопасности алгоритмов, обязательной проверке результатов на соответствие ценностям государства и предотвращению дезинформации. Таким образом, Китай формирует уникальную модель, где регулирование искусственного интеллекта становится частью общей политики кибербезопасности и государственного контроля над информационным пространством.

Сравнительный анализ показывает, что каждая страна ищет баланс между инновациями и безопасностью. Европейский союз делает ставку на жёсткие рамки и единообразие, Соединённые Штаты опираются на стандарты и инициативы органов власти, Великобритания и Япония предпочитают мягкое регулирование, а Сингапур совмещает рекомендации с экспериментальными режимами. А китайская модель отличается жёсткостью и централизованностью. В отличие от европейского риск-ориентированного подхода или американской комбинации стандартов и практик, Китай делает упор на превентивный контроль, обязательное лицензирование и тесное соединение правового регулирования с государственной политикой. Для нашей страны этот опыт интересен тем, что он демонстрирует возможности быстрого внедрения масштабных проектов при условии сильной роли государства. Однако следует учитывать, что такая модель может ограничивать развитие частных инициатив и снижать уровень доверия со стороны международных инвесторов.

Для Казахстана этот опыт особенно ценен, так как он позволяет избежать крайностей и выстроить собственную модель. С одной стороны, учесть необходимость строгой защиты прав граждан и предотвращения злоупотреблений, а с другой стороны сохранить пространство для развития инноваций и привлечения инвестиций в цифровую экономику.

В завершение можно сказать, что Казахстану нужно найти свой путь в регулировании искусственного интеллекта и блокчейн-технологий. Опыт разных стран показывает: кто-то выбирает строгие законы и контроль, кто-то действует через рекомендации и стандарты, а кто-то сочетает разные методы. Для нашей страны важно взять лучшее из этих практик и адаптировать под собственные условия.

Главная цель - защитить права граждан, сделать работу технологий прозрачной и безопасной, а также создать понятные правила для бизнеса и инвесторов. Для этого необходимо обновить законодательство о персональных данных, закрепить правовой статус смарт-контрактов, ввести ясные нормы для цифровых активов и развивать специальные площадки для тестирования новых решений.

Такой подход позволит одновременно стимулировать инновации и снизить риски, а Казахстану занять устойчивое место в мировой цифровой экономике.

Список использованной литературы

1. Закон Республики Казахстан от 21 мая 2013 г. № 94-V «О персональных данных и их защите» // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1300000094>
2. Закон Республики Казахстан от 24 ноября 2015 г. № 418-V «Об информатизации» // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z1500000418>
3. Закон Республики Казахстан от 25 июня 2020 года № 347-VI ЗРК «О внесении изменений и дополнений в некоторые законодательные акты Республики Казахстан по вопросам регулирования цифровых технологий» // <https://adilet.zan.kz/rus/docs/Z2000000347>
4. Постановление Правительства Республики Казахстан от 28 марта 2023 года № 269. «Об утверждении Концепции цифровой трансформации, развития отрасли информационно-коммуникационных технологий и кибербезопасности на 2023 - 2029 годы» // <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/P2300000269/compare>
5. European Parliament and the Council. Regulation (EU) 2024/1689 of 13 June 2024 laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) // Official Journal of the European Union. // <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1689/oj/eng>
6. БОРОВСКАЯ Е. В., ДАВЫДОВА Н. А. // ОСНОВЫ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА : УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ. 4-Е ИЗДАНИЕ, ЭЛЕКТРОННОЕ. - МОСКВА : ЛАБОРАТОРИЯ ЗНАНИЙ, 2020. - 4-Е ИЗД.
7. UK Government. A pro-innovation approach to AI regulation. Policy Paper. – London: Department for Science, Innovation and Technology, 2023. // <https://www.gov.uk/government/publications/ai-regulation-a-pro-innovation-approach/white-paper>

8. MIC, METI. *Governance Guidelines for Implementation of AI Principles (AI Guidelines for Business)*. – Tokyo: Ministry of Internal Affairs and Communications, Ministry of Economy, Trade and Industry, 2022 (rev. 2024). // <https://www.linkedin.com/pulse/governance-guidelines-practice-ai-principles-ver10-kiyoshi-miyashita>

9. Cyberspace Administration of China. *Interim Measures for the Management of Generative Artificial Intelligence Services*. – Beijing, 2023. // <https://www.chinalawtranslate.com/en/generative-ai-interim>

Medical sciences

UDC: 616.8-006

TUMORS OF THE CENTRAL NERVOUS SYSTEM: CONTEMPORARY STATE OF THE PROBLEM

Arman KhozhayevProfessor, Asfendiyarov Kazakh
National Medical University, Almaty, Kazakhstan**Batyrkhan Begimbetov**Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan**Khassan Tangsu**Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan**Ilyas Nurushev**Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan**Gulfairuz Murzageldiyeva**Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan**Adil Shaikenov**Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan**Alisher Nuraddin**Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan**Adilkhan Zeinola**Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan**Zhansaya Tazhibayeva**Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan

Abstract

This scientific and analytical work presents modern global and local-regional data on morbidity, mortality, lethality rates and five-year survival rates of such a common oncological pathology as tumors of the central nervous system. The issues of etiology and pathogenesis, features of distribution, clinical manifestations, modern principles of diagnosis and treatment, and prognosis are covered in detail. The features and innovations of the new classification of central nervous system tumors have been thoroughly studied and reflected. The epidemiological characteristics of this pathology in our republic are presented in the context of regions of the country.

Keywords: oncology, tumors of the central nervous system, biomarkers, classification, epidemiology, morbidity, mortality, lethality, five-year survival rate, prognosis.

Primary tumors of the central nervous system (CNS) include a heterogeneous group of benign and malignant neoplasms that develop from cellular elements of the nervous system and other tissues (meninges, blood vessels, connective tissue) located in the cranial cavity and inside the spinal canal [1,2].

Symptoms for CNS tumors are varied. Headache most often comes to the fore. With an increase in intracranial pressure, the pain becomes intense, diffuse, constant, intensifies in attacks and is accompanied by nausea and vomiting. Among supratentorial tumors, early headaches are accompanied by frontal and temporal tumors. Vomiting due to brain tumors is characterized by features typical of so-called "cerebral vomiting." In most cases, vomiting occurs during a severe headache attack. According to the nature of subjective perception, dizziness can be visual and tactile. In the first case, it is perceived by patients as visual rotation or movement of the environment. In the second case, dizziness is perceived as a tactile or

proprioceptive sensation of rotation or movement of objects with which the patient is in contact, and can persist with closed eyes. Tactile dizziness also includes lateropulsion, i.e. feeling of attraction aside. With subtentorial tumors, specific symptoms that may alert a medical professional usually occur after the development of other symptoms of increased intracranial pressure. It is felt in the form of "taking off into the air," rotation of the environment, or the patient himself. With supratentorial neoplasms, objects "dance," which is called "death of the world syndrome." Convulsive seizures in most cases follow a general pattern and, often, as the first sign of the disease, develop long before the development of hypertension syndrome. They are most often observed in slow-growing benign tumors [1].

General syndromes and specific symptoms for tumors of the CNS include: 1) hypertension syndrome associated with increased intracranial pressure (increased intracranial pressure occurs as a result of an increase in brain volume and impaired hemo- and liquor dynamics; headache, vomiting, dizziness, mental epileptic seizures are observed, congestive optic discs); 2) focal neurological symptoms (epileptic seizures of various types are observed, impaired coordination of movements in the form of frontal ataxia (disorders of standing and walking), isolated disturbance of the innervation of the facial muscles of the central type, impaired sense of smell, impaired function of the optic nerves); 3) occlusive hydrocephalus (closed form of hydrocephalus occurs with occlusion of the foramen of Monroe, the aqueduct of Sylvius, the 4th ventricle, the foramen of Magendie or Luschka; the causes are complete or partial occlusion of the cerebrospinal fluid tract, impaired resorption of cerebrospinal fluid, and in case of tumors of the lateral ventricles - hyperproduction of cerebrospinal fluid); 4) dislocation syndrome - caused by compression of the brain by a tumor, hemorrhage or other focal process, which leads to the appearance of secondary symptoms of brain damage at a distance from the pathological focus; with an increase in intracranial pressure, the brain matter is squeezed into various cracks formed by dense processes of the dura mater (large falciiform process, cerebellar tentorium), partitioning the cranial cavity into different floors and separating parts of the brain from each other, as well as into the foramen magnum); 5) with tumors of the spinal canal, paresis, paralysis of the upper and lower extremities, paresthesia, hyperesthesia, dysfunction of internal organs, pain along the spinal column or at the site of the tumor, and pathological neurological symptoms occur [1].

Physical examination includes: 1) assessment of neurological status: the presence of complaints of headache, nausea and vomiting, dizziness, seizures, cerebral syndromes and focal neurological symptoms; 2) general somatic status according to the Karnofsky scale and status according to the Glasgow scale. Laboratory tests include: 1) general clinical and specific laboratory tests to assess the somatic status and identify pathologies of internal organs according to indications; 2) histological, immunohistochemical and molecular genetic examination of biopsy and surgical material according to indications; 3) to clarify the prognosis, patients with anaplastic astrocytoma and glioblastoma undergo a molecular genetic study of mutations in the IDH1 and IDH2 genes in biopsy (surgical) material, determination of methylation of the MGMT gene in biopsy (surgical) material, for oligodendroglioma (Grade II-III) and oligoastrocytoma (Grade II-III) – molecular genetic study of 1p/19q translocation in biopsy (surgical) material. When conducting instrumental studies, a clinical diagnosis is made on the basis of magnetic resonance imaging (MRI) data of the brain or spinal cord with contrast enhancement, when a space-occupying formation - a tumor - is detected. In cases where MRI is contraindicated, the diagnosis is made on the basis of computed tomography (CT) with contrast. If necessary, CT or magnetic resonance (MR) angiography, MR tractography, functional MRI, positron emission tomography (PET) - PET/CT can be performed. PET/CT examination of the brain using the radiopharmaceutical drug ¹¹C methionine is used to determine the malignancy of the primary tumor and to differentiate tumor recurrence from radiation necrosis. CT examination of the brain with contrast is also used to diagnose early postoperative complications [1].

Risk factors for CNS tumors include [3,4,5]:

1. Exposure to ionizing radiation. People at risk of developing brain cancer due to radiation include people who work in nuclear energy or radiology, and patients who have undergone radiation therapy. Radiation increases the risk of meningiomas and malignant gliomas.

2. Exposure to chemicals in the workplace for people working in hazardous industries, especially those associated with the production of plastics, as well as in such areas as the oil refining and electrical industries, etc. At the same time, the question of the role of such common forms of radiation as electromagnetic fields, radio emissions from mobile phones and microwave ovens in inducing the growth of brain tumors remains controversial.

3. Genetic causes of brain cancer. About 5-10% of brain tumors are caused by a genetic factor. Risk factors in this group also include some syndromes (congenital conditions) caused by disturbances in the

structure of certain genes: neurofibromatosis types 1 and 2 (disorders of the NF1 and NF2 genes, respectively); Turco syndrome (changes in the APC gene); Gorlin syndrome or basal cell nevus syndrome (PTCH gene disorder); tuberous sclerosis, or Bourneville disease (damage to the TSC1 and TSC2 genes); Li-Fraumeni syndrome (damage to the TP53 gene). Most of the genetic changes that lead to brain tumors are not hereditary. Viruses, hormonal imbalances and toxins negatively affect the structure of DNA and can trigger the development of brain cancer.

4. Age - the risk of a brain tumor increases with age, especially in people 45 years of age and older; At the same time, some brain tumors, such as medulloblastomas or benign cerebellar astrocytomas, develop mainly only in children.

5. Other risk factors: 1) gender (tumors of the CNS are more common in men than in women; except for meningiomas); 2) general somatic health (in people with a weakened immune system - HIV, AIDS, after organ transplantation, bone marrow transplantation, the risk of developing cancer, including CNS tumors, increases); 3) race - CNS tumors are more often detected in white-skinned people than in dark-skinned people.

As noted by Vienne-Jumeau A. et al. [6], Primary CNS tumors in adults are rare, but the morbidity is increasing in some European countries. Several environmental exposures have been investigated as potential risk factors, but scientific evidence is still lacking for most of them. The authors examined environmental factors potentially involved in brain tumor carcinogenesis: the potential association between primary CNS tumors and ionizing radiation, certain toxic agents (N-nitroso compounds, pesticides), air pollution, and radiofrequency electromagnetic waves. Ionizing radiation to the brain, especially in childhood, is a generally recognized risk factor for the development of brain tumors. Exposure to environmental toxins is poorly understood, and data provide conflicting evidence regarding N-nitroso compounds or pesticides as risk factors for brain tumors, even with prenatal exposure. Results from large prospective studies regarding environmental pollution and brain tumor risk are inconsistent. The effect of mobile phones on brain tumor risk for glioma and meningioma in adults has not been established, but the association with acoustic neuroma is emerging as robust. The effect of mobile phones on children has not yet been studied.

According to American researchers Ostrom Q.T. et al. [7], primary brain tumors account for approximately 1% of new cancer cases and approximately 2% of cancer deaths in the United States; however, they are the most common solid tumors in children. These tumors are highly heterogeneous and can be broadly classified into malignant and benign, and the incidence of specific histologies varies by age, sex, and race/ethnicity. Epidemiological studies have identified numerous potential risk factors, and to date the only confirmed association with CNS tumors is exposure to ionizing radiation (which increases the risk in both adults and children) and a history of allergies (which reduces the risk in adults). Studies of genetic risk factors have identified 32 germline variants associated with an increased risk of developing these tumors in adults (25 in glioma, 2 in meningioma, 3 in pituitary adenoma, and 2 in primary CNS lymphoma). Further studies are currently being conducted in other histological subtypes, as well as in various pediatric brain tumors. Although identifying risk factors for these tumors is difficult due to their rarity, many existing datasets can be used for future discoveries through interinstitutional collaborations. Many institutions continue to develop large clinical databases, including prediagnostic risk factor data, and developments in the molecular characterization of tumor subtypes continue to allow the study of more refined phenotypes.

Alegria-Loyola M.A. et al. [8], in their work, indicate that recent advances in the study of the underlying oncogenic mechanisms of these tumors have led to the creation of new classification systems, which, in turn, can improve the diagnostic approach and therapeutic planning. Most of these neoplasms occur sporadically, and several risk factors have been found to be associated with their development, not only exposure to ionizing radiation or electromagnetic fields, but also the presence of comorbidities such as diabetes, hypertension and Parkinson's disease. A relatively small proportion of primary CNS tumors arise against the background of hereditary syndromes.

In addition, there are publications such as the work of Fallahi P. et al. [9]. In it, the authors note that the scientific literature suggests a connection between military profession and the development of brain tumors; however, no Italian study has examined the impact of this work on the morbidity of CNS tumors. In this study, information was obtained from patients recruited from the neurosurgical department of the University Hospital of Pisa, Italy, from 1990 to 1999. The study was conducted on a case-control basis. 161 newly diagnosed cases of brain tumors (glioma and meningioma, histologically confirmed), as well as 483 control patients (with other non-neoplastic neurological diseases such as trauma, hemorrhagic brain diseases, aneurysm, etc.) were recruited by matching cases and controls (1:3), by age

(± 5 years) and gender. Cases and controls were interviewed at the Neurosurgical Department of the University Hospital of Pisa, Italy, and the professional histories of cases and controls were compared. Cases and controls showed a statistically significant difference based on their profession (military vs. non-military). A statistically significant association was observed between brain tumors and military profession among the patients studied ($p = 0.013$). The researchers say further research is needed in this population to determine the reasons for the increased risk of developing CNS tumors. In addition, subsequent re-evaluation of other patients collected in recent years will be required to assess the trend of this association.

Ostrom Q.T. et al. presented a "CBTRUS statistical report: Primary brain and other central nervous system tumors diagnosed in the United States in 2013-2017" [10]. The authors note that the Central Brain Tumor Registry of the United States (CBTRUS), created in collaboration with the Centers for Disease Control and the National Cancer Institute (NCI), is the largest population-based registry focused exclusively on the CNS in the United States (US) and represents representing the entire population of the US. This report contains the most recent population-based data on primary brain tumors (malignant and benign) and supersedes all previous CBTRUS reports in terms of completeness and accuracy. All rates (morbidity and mortality) are age-adjusted using the standard US population for 2000 and are presented per 100 thousand population. The age-adjusted annual incidence rate (AAAIR) for all CNS tumors was 23.79 (malignant AAAIR = 7.08, benign AAAIR = 16.71). The rate was higher for women compared to men (26.31 vs. 21.09), blacks compared to whites (23.88 vs. 23.83), and non-Hispanics compared to Hispanics (24.23 vs. from 21.48). The most common malignant tumor of the brain and other CNS tumors was glioblastoma (14.5% of all tumors), and the most common non-malignant tumor was meningioma (38.3% of all tumors). Glioblastoma was more common in men, and meningioma was more common in women. In children and adolescents (ages 0-19 years), the incidence of all primary brain tumors and other CNS tumors was 6.14. Between 2013 and 2017, 81,246 deaths were reported from malignant brain tumors and other CNS tumors. This corresponds to an average annual mortality rate of 4.42. The five-year relative survival rate after diagnosis of malignant brain tumors and other CNS tumors was 23.5%, and for benign brain tumors and other CNS tumors it was 82.4%.

A very interesting and extraordinary work was published by Frandsen C.L.B. et al. [11]. The purpose of the study was to examine the association between fertility drugs and CNS tumors. This cohort study was based on the Danish Infertility Cohort and included 148,016 infertile women living in Denmark (1995-2017). The study cohort was linked to national registries to obtain information on specific fertility medication use, cancer diagnoses, covariates, emigration, and vital status. Cox proportional hazards regression models were used to calculate hazard ratios (HR) and 95% confidence intervals (CI) for all CNS tumors and separately for gliomas, meningiomas, and various benign tumors of the brain and other parts of the CNS. During an average of 11.3 years of follow-up, 328 women were diagnosed with CNS tumors. No significant association was observed between the use of the fertility drugs clomiphene citrate, gonadotropins, gonadotropin-releasing hormone and progesterone receptor modulators and CNS tumors. However, use of human chorionic gonadotropin was associated with a reduced incidence of meningiomas (RR 0.49, 95% CI 0.28-0.87). No clear associations with CNS tumors were observed as a function of time since first use or cumulative dose of any of the fertility drugs. As a result, the authors concluded that no association was observed between the use of most types of fertility drugs and CNS tumors. However, as the researchers point out, the findings only apply to premenopausal women and additional studies with a longer follow-up period are needed.

The new 2021 World Health Organization (WHO) classification of CNS5 tumors has opened up a number of possibilities when interpreting clinical data. Louis D.N. et al. [12] note that the fifth edition of the WHO Classification of CNS Tumors, published in 2021, is the sixth version of the international standard for the classification of tumors of the brain and spinal cord. Building on the updated 2016 fourth edition and the work of the Consortium to Advance Molecular and Practical Approaches to CNS Tumor Taxonomy, the 2021 fifth edition introduces major changes that enhance the role of molecular diagnostics in the classification of CNS tumors. At the same time, it remains faithful to other established approaches to tumor diagnosis, such as histology and immunohistochemistry. In doing so, the fifth edition establishes some different approaches to both the nomenclature and classification of CNS tumors, and also emphasizes the importance of comprehensive diagnosis and multilevel reporting. New tumor types and subtypes are being introduced, some of which are based on new diagnostic technologies such as DNA methylome profiling.

As Gritsch S. [13] et al. point out, the 2016 revised fourth edition of the WHO classification of tumors of the CNS4 incorporated molecular features with histological classification, which

revolutionized the way primary tumors of the brain and spinal cord are conceptualized, and also provided new insights into their treatment and prognosis. The 2021 revised fifth edition of the WHO classification further includes molecular changes for the classification of CNS tumors, updating the current understanding of the pathophysiology of many of these diseases. The authors review changes in the new classification of the most common primary adult tumors, gliomas (including astrocytomas, oligodendrogliomas, and ependymomas) and meningiomas, highlighting key genomic changes for each classification group to help clinicians interpret them when considering treatment options, including clinical trials and targeted therapies, and to discuss the prognosis of these tumors with their patients.

Kurokawa R. et al. [14] emphasize that the new WHO CNS5 classification describes in detail numerous recently identified tumor types, including those for which limited information is available on neuroimaging characteristics. The authors describe the major changes made to WHO CNS5, including revisions to tumor nomenclature. For example, WHO stage IV tumors in the fourth edition are equivalent to WHO stage IV CNS tumors in the fifth edition, and diffuse midline glioma, H3 K27M mutant, is equivalent to midline glioma, altered H3 K27. Regarding tumor typing, glioblastoma with isocitrate dehydrogenase (IDH) mutation was modified to astrocytoma with IDH mutation. Tumor classifications now classify IDH-mutant astrocytomas based on the presence or absence of a homozygous CDKN2A/B deletion. In addition, the molecular mechanisms of tumorigenesis as well as the clinical and imaging features of tumor types recently identified in WHO CNS5 are summarized. Given that WHO CNS5 has become the basis of daily practice, radiologists should be familiar with this new edition of the WHO CNS tumor classification system.

Meredith D.M., Alexandrescu S. [15] note that the 5th edition of the WHO classification of CNS tumors presents new concepts and updated recommendations regarding the diagnostic criteria for CNS tumors. Embryonal tumors of the CNS and nonmeningothelial mesenchymal tumors of the CNS can present challenges to practicing pathologists because histologic features are not always specific and integration of microscopic and molecular data is required. This review of embryonal and nonmeningothelial mesenchymal tumors of the CNS aims to provide updated information with an emphasis on WHO changes and additions, as well as recent discoveries of diagnostic, prognostic, and therapeutic implications. Tauziède-Espariat A. et al. [16] suggest that this version of the classification of CNS tumors aligned the terminology of mesenchymal tumors with their soft tissue counterparts. New tumor types were added, such as "FET-CREB fusion-positive intracranial mesenchymal tumor," "CIC-rearranged sarcoma," and "Primary intracranial sarcoma, DICER1 mutant." Other tumors (such as rhabdomyosarcoma) have remained in the current WHO classification because these tumor types may exhibit CNS specificity compared to their soft tissue counterparts. Pizzimenti C. et al. are unanimous with previous colleagues [17]. In their literature review, they summarized the clinical, histopathological and molecular features of CNS tumors with BCOR internal tandem duplication, intracranial mesenchymal tumors with FET/CREB fusion, CNS CIC rearrangement sarcomas and primary intracranial sarcoma with DICER1 mutant, according to the 2021 WHO classification of CNS tumors.

Now, regarding the various morphological forms of CNS tumors. Zhao Z. et al. [18] provide evidence that diffuse gliomas are the most common and lethal primary tumors of the CNS. The authors emphasize that the latest 2021 WHO classification of CNS tumors has significantly changed the approach to diagnosis and decision-making. As part of the Chinese Glioma Genome Atlas project, the researchers' goal was to provide genomic profiling of gliomas in a Chinese cohort. Over the past decade, 286 gliomas of varying degrees of malignancy have been collected. The Illumina HiSeq platform generated more than 75.8 million high-quality paired-end 150-bp reads per sample, for a total of 43.4 billion reads. Colleagues also collected clinical and pathological information from each patient and used it to annotate their genetic data. All patients were diagnosed and classified by a neurologist according to the new classification. This dataset provides important reference information for researchers and will significantly advance the understanding of glioma.

Next, about germ cell tumors. As indicated by Kong Z. et al. [19], germ cell tumors of the CNS are fairly rare intracranial tumors that are mainly found in pediatrics, with significant differences in incidence depending on region and gender. Histologically, germ cell tumors of the CNS can be divided into germinomas and non-germ cell tumors. The molecular pathology of CNS germ cell tumors, especially germinomas, is mainly based on the presence of isochromosome 12p, gain of KIT gene function, and a globally low DNA methylation profile. Diagnosis and differential diagnosis are made using imaging, detection of tumor markers, surgical biopsy, and cerebrospinal fluid cytology. Germinomas are often treated with whole-ventricular radiation therapy or neoadjuvant chemotherapy combined with reduced-dose whole-ventricular radiation therapy, whereas non-germ cell tumors are primarily treated with chemotherapy,

surgical resection, and radiation therapy (individually or in combination), depending on the composition tumors. Since the main patient population is children, increasing overall survival and reducing treatment side effects should be the main goals of future research.

As noted by Marker D.F., Pearce T.M. [20], germ cell tumors of the CNS arise predominantly in the middle parts of the CNS and affect young patients in the first to third decades of life. It is believed that CNS damage is a consequence of residual primordial germ cells with incomplete embryological migration. Clinically, germ cell tumors of the CNS manifest themselves as symptoms of ventricular obstruction or compression of the affected brain structures. Histologically, these tumors are similar to their gonadal and extragonadal counterparts. Diagnosis depends largely on morphology and immunohistochemical findings and may be complicated by the limited number of tumor samples. Currently, the role of molecular research is limited. Treatment of these lesions is difficult due to the involvement of deep and vital brain structures, so accurate pathological diagnosis is necessary for proper therapy. Diagnosis should include history, imaging studies, and evaluation of tumor markers in serum and cerebrospinal fluid. Current therapeutic strategies, including radiation therapy with or without chemotherapy, are highly effective, despite localization difficulties that often prevent complete total resection.

Very rare - primary melanocytic tumors of the CNS are described by Küsters-Vandeveld H.V. et al. [21]. As the authors point out, primary melanocytic tumors of the CNS represent a spectrum of rare tumors. They can be benign or malignant and occur in both adults and children, the latter often occurring in the setting of neurocutaneous melanosis. Until recently, the genetic changes in these tumors were largely unknown. This is in contrast to cutaneous and uveal melanomas, which are known to harbor a variety of oncogenic mutations that could be targeted for treatment with small molecule inhibitors in advanced stages. New insights into the molecular alterations underlying primary melanocytic CNS tumors have recently emerged, including various oncogenic mutations in tumors from adult patients (especially GNAQ, GNA11) and children (especially NRAS).

Also rare forms (only 4 cases), such as secondary INI1-deficient rhabdoid tumors of the CNS, are described by Nobusawa S. et al. [22]. The authors point out that atypical teratoid/rhabdoid tumors (AT/RT) are rare, highly malignant neoplasms of the CNS that occur predominantly in young children and are characterized by the presence of rhabdoid cells and inactivation of INI1 or (extremely rarely) BRG1. The vast majority of AT/RTs are recognized as primary tumors; however, rare RT/RT or INI1-deficient RT have been reported arising from other primary tumors. To better characterize secondary PT, the investigators performed histological and molecular analyzes of four PT arising from pleomorphic xanthoastrocytoma (PXA), anaplastic PXA, low-grade astrocytoma, or ependymoma. Histologically, although conventional AT/RTs are not typically composed primarily of rhabdoid cells, three secondary RTs were composed primarily of rhabdoid cells, two of which, arising from (anaplastic) PXA, exhibited marked nuclear pleomorphism reminiscent of those in precursor lesions. Regarding INI1 changes, although mutations including small indels are common in conventional AT/RT, only one secondary RT had a mutation. Moreover, along with previously reported cases, biallelic inactivation of INI1 in secondary RT was mainly due to biallelic focal and/or broad deletions. Although traditional AT/RTs have stable chromosomal profiles, e.g. the frequency of copy number changes involving chromosomes other than chromosome 22 is surprisingly low, comparative genomic array hybridization analysis has revealed numerous copy number changes in secondary RT.

The so-called ghost tumors of the CNS, which are indicated by Frassanito P. et al. [23] are also very rare tumors of the CNS. As the authors note, a ghost tumor (GhT) is a mass with radiographic features consistent with a tumor diagnosis that, upon further investigation, is not a tumor, although definitions in the literature are inconsistent and the incidence of GhT remains uncertain. A review of the relevant literature was conducted to identify pediatric patients in whom an initial misdiagnosis of a mass was described. An analysis of the differential features of the final diagnosis and related clinical and radiological issues was carried out. Based on the study, GhT was classified as follows: GhT I – lesions that disappear spontaneously during observation, also known as “vanishing tumors”; GhT II, non-neoplastic tumor-like mass lesions, also known as “tumor-like lesions”; GhT III, anatomical variants of normal structures that mimic a tumor, also called “false tumors.” The most misleading conditions and critical points in the differential diagnosis of these cases are discussed. The following conclusions are drawn: GhT is a phenomenon with significant implications for treatment and outcomes. In this context, the integration of clinical and radiological data is critical for a thorough differential diagnosis and a consistent diagnostic approach, which is necessary to make adequate treatment decisions. A thorough x-ray examination is required. Atypical radiological images should raise a high level of suspicion, including incidental lesions, which are increasingly encountered in daily practice as a result of increased access to radiological testing,

increased imaging sensitivity and exposure to defensive medicine. If necessary, watchful waiting should be considered.

A very pressing issue, which is also covered in literary sources, is the presence of CNS tumors during pregnancy. Eckenstein M., Thomas A.A. note [24] that CNS tumors, which typically affect the very young or very old but span a spectrum of disease, can occur in any age group. Women of reproductive age are more likely to suffer from benign tumors, including pituitary adenomas and meningiomas, as well as aggressive intracranial malignancies, such as brain metastases and glioblastoma, which are rare during pregnancy. Definitive treatment of CNS tumors may involve multimodal therapy including surgery, radiation therapy, and chemotherapy, and each of these treatments carries risks for the mother and developing fetus. CNS tumors often present with complex and painful symptoms, such as headache and seizures, which must be monitored throughout pregnancy. Decisions about timing of treatment during pregnancy or delaying treatment until delivery, continuation or elective termination of pregnancy, and future family planning and fertility are complex and require a multidisciplinary health care team to assess the consequences for both mother and child. There are no guidelines or consensus recommendations for the treatment of brain tumors during pregnancy, so individual treatment decisions are made by the treating team based on experimental data, extrapolation of recommendations for nonpregnant patients, and patient values and preferences.

Now let's discuss the aspects of diagnosing CNS tumors. EANO recommendations for the diagnosis and treatment of diffuse adult gliomas are given by Weller M. et al. [25]. The authors point out that in response to major changes in diagnostic algorithms and the publication of mature results from various large clinical trials, the European Association of Neuro-Oncology (EANO) has recognized the need to provide updated recommendations for the diagnosis and treatment of adult patients with diffuse gliomas. Through these evidence-based guidelines, the EANO Task Force provides recommendations for the diagnosis, treatment, and follow-up of adult patients with diffuse gliomas. The diagnostic component is based on the updated WHO classification of CNS tumors and subsequent recommendations from the Consortium to Inform Molecular and Practical Approaches to CNS Tumor Taxonomy - not formally WHO (CIMPACT-NOW). Regarding therapy, the authors formulated recommendations based on the results of recent practice-changing clinical trials and also provided recommendations for neuropathological and neuroradiological evaluation. In these guidelines, our colleagues defined the role of the primary treatment modalities of surgery, radiation therapy, and systemic pharmacotherapy, embracing current advances and recognizing that unnecessary interventions and costs should be avoided. This document is intended to be a reference resource for professionals involved in the management of adult patients with diffuse gliomas, patients and caregivers, and healthcare professionals.

Advances in diagnostic immunohistochemistry of primary CNS tumors were presented by Meredith D.M. [26]. The author notes that as genomic characterization becomes increasingly necessary for the accurate diagnosis of CNS tumors, the identification of rapidly detectable biomarkers is equally important to avoid excessive costs and delays in initiating therapy. A colleague describes new immunohistochemical markers that can be used to determine mutation status, activation of signaling pathways, drugable targets, and cellular origin in many different tumor types. In particular, recently added to the WHO classification of CNS tumors are gliomas with IDH mutation, diffuse midline glioma, epithelioid glioblastoma, angiocentric glioma, ependymoma with RELA rearrangement, embryonal tumors (medulloblastoma, atypical teratoid/rhabdoid glioma), pineoblastoma, embryonal tumor with multilayered rosettes and other genetically defined high-grade neuroepithelial tumors and meningiomas associated with germline changes.

Sledzińska P. et al. [27] in their study describe prognostic and predictive biomarkers of gliomas. The authors note that gliomas are the most common tumors of the CNS. New technologies, including genetic testing and advanced statistical methods, are revolutionizing the therapeutic approach to patients and opening up new treatment options. Moreover, the 2021 WHO classification of CNS tumors fundamentally changed the classification of gliomas and included multiple molecular biomarkers. In adult patients, IDH mutations are a positive prognostic marker and have the greatest prognostic significance. However, CDKN2A deletion in IDH-mutant astrocytomas is a marker of higher grade of malignancy. Moreover, the presence of TERT promoter mutations, EGFR alterations, or a combination of chromosome 7 gain and chromosome 10 loss converts IDH-wild-type astrocytoma to glioblastoma. In pediatric patients, changes in H3F3A are the most important markers predicting worse outcome. MGMT promoter methylation has the greatest clinical significance in predicting responses to temozolomide (TMZ). Conversely, mismatch repair defects cause a hypermutation phenotype predictive of poor response to TMZ. Finally, the authors discuss liquid biopsy as a promising diagnostic and prognostic tool, but further

work is needed to translate these new technologies into clinical practice.

The importance of the family of disintegrins and metalloproteinases (ADAM) in malignant tumors of the CNS is discussed by Łukaszewicz-Zajac M. et al. [28]. The authors point out that despite significant advances in diagnostic methods in medicine, CNS tumors, especially the most common of them, gliomas, remain incurable with similar morbidity and mortality rates. A growing body of literature suggests that extracellular matrix degradation by matrix metalloproteinases (MMP) may be involved in the pathogenesis of CNS tumors. However, a subfamily of MMP known as disintegrin and metalloproteinase (ADAM) proteins are unique due to both adhesive and proteolytic activities. The authors note that ADAM12, ADAMTS4 and 5 have already been proven to be involved in the proliferation and invasion of glioma cells. In addition, ADAM8 and ADAM19 correlate with glioma cell invasiveness and unfavorable survival, while ADAM9, -10 and -17 are associated with tumor stage and histological type of gliomas, and can be used as prognostic factors. Finally, colleagues conclude that several ADAM may serve as potential diagnostic and prognostic biomarkers, as well as therapeutic targets, for CNS malignancies. However, future studies on the biology of ADAM should be conducted to elucidate new strategies for tumor diagnosis and treatment of patients with these malignancies.

Khan I.N. et al. [29] also talk about modern new biomarkers of CNS tumors and the possibilities of their diagnostic, prognostic, and therapeutic use. In their work, the authors note that recent investments in research related to the discovery of specific tumor biomarkers important for effective diagnosis and prognosis are beginning to bear fruit. Key biomarkers have the potential to outweigh traditional radiological or pathological methods, providing specificity for early detection when combined with tumor molecular profiling and clinical associations. Few biomarkers have been approved by regulatory authorities for the treatment of CNS tumors, despite the evaluation of a large number of CNS tumor-related markers in clinical trials. Traditional CNS tumor biomarkers include 1p/19q co-deletion, O6-methylguanine-DNA methyltransferase methylation, and IDH1/IDH2 mutations. Recently tested CNS tumor biomarkers include VEGFR-2, EGFRvIII, IL2, PDGFR, MMP, BRAF, STAT3, PTEN, TERT, AKT, NF2, and BCL2. Additional studies have identified more and more novel microRNA, circular RNA, and long noncoding RNA as promising biomarkers. Microvesicle studies point to exosomes as promising, less invasive biomarkers that can be isolated from the serum of cancer patients. In addition, cancer stem cell-related (CSC) molecules such as CD133, SOX2, and Nestin, used as CNS tumor biomarkers, can provide effective monitoring of cancer progression and/or surveillance for the emergence of new drug-resistant cells. Established protocols using new molecular markers in diagnosis, prognosis and drug development will usher in a new era of precision and personalized neuro-oncology. It is expected that the presented data will help optimize the process of biomarker research and development.

The visualization of primary CNS tumors before and after treatment in the molecular and genetic epoch is discussed by Ahn S.S. and Cha S. [30]. They point out that recent advances in the molecular and genetic characterization of CNS tumors have opened a new page in the classification, diagnosis, and prognostic evaluation of tumors. In this emerging and rapidly evolving era of molecular genetics, imaging plays a critical role in preoperative diagnosis and surgical planning, molecular marker prediction, targeted treatment planning, and posttherapeutic evaluation of CNS tumors. The authors provide an overview of modern imaging methods related to the molecular genetic classification of CNS tumors. Researchers have emphasized correlations between imaging features and specific molecular genetic markers and post-therapy imaging used for therapeutic evaluation.

Also, modern advances in the field of imaging of CNS tumors are reported by Huang R.Y., Pope W.B. [31]. In this article, the authors review recent advances in the use of standard and advanced imaging techniques for the diagnosis and treatment of CNS tumors, including glioma and brain metastases. With the recent shift from a histological approach to classifying CNS tumors to an approach that integrates histology with molecular information about the tumor, imaging approaches for CNS tumors have also been adapted to this new framework. Several challenges associated with the diagnosis and treatment of CNS tumors, such as tumor differentiation from treatment-related imaging changes, require further progress to bring advanced imaging techniques to clinical use.

An interesting and advanced method for molecular pathological profiling of selected CNS tumors using MLPA is described by Dolinová I. et al. [32]. The authors note that modern progress and growing knowledge about the genetic causes of cancer are opening up new possibilities for its treatment. However, it is necessary to combine the results obtained using classical pathological methods with sensitive, multiplex molecular pathological methods. A method that meets the necessary criteria is MLPA, based on a multiplex PCR reaction. This method detects both changes in gene copy number and DNA methylation, and, equally important, point mutations. The MLPA reaction is applicable even to highly fragmented

DNA. At the same time, it is a reliable method that can be used on standard thermal cyclers: the fluorescent label on the tip requires automatic sequencers. Up to 50 genetic markers can be tested in one reaction, allowing diagnostic and prognostic conclusions to be drawn. All these features lead to the routine use of MLPA analysis not only in diagnosis but also in cancer research.

The current role and future potential of detecting circulating tumor DNA (ctDNA) in the cerebrospinal fluid for the diagnosis and treatment of pediatric CNS tumors is presented by Miller A.M., Karajannis M.A. [33]. The authors point out to clinicians that most CNS tumors in children are located in distinct anatomical regions, making surgical resection, and in some cases even biopsy, risky or impossible. This diagnostic difficulty, coupled with the move toward molecular classification for diagnosis, has highlighted the urgent need to develop minimally invasive ways to obtain diagnostic information. In non-CNS solid tumors, detection of ctDNA in plasma and other body fluids has become part of routine practice and clinical trial design to guide molecular targeted therapy selection and longitudinal monitoring. However, in primary CNS tumors, detection of ctDNA in plasma is challenging. This is likely due, at least in part, to anatomical factors such as the blood-brain barrier. Because of the proximity of primary CNS tumors to the cerebrospinal fluid (CSF) space, researchers have turned to CSF as a rich alternative source of ctDNA. Although numerous studies have now demonstrated the feasibility of detecting CSF ctDNA in various types of pediatric CNS tumors, the optimal role and utility of CSF ctDNA in the clinical setting has not been established. Additionally, this work explores the promising opportunities that lie ahead for the integration of CSF ctDNA liquid biopsy into clinical care and clinical trial design.

Speaking about the treatment of CNS tumors, it is multifaceted and corresponds to accepted protocols. For example, Redjal N. et al. [34], in their work on guidelines for the treatment of CNS tumors, emphasize that evidence-based clinical practice guidelines for the treatment of CNS tumors continue to be developed and updated through the work of the Joint Tumor Section of the Congress of Neurological Surgeons and the American Neurological Association. The guidelines are created using the most current and clinically relevant evidence using systematic methodologies that categorize the available evidence and provide recommendations for clinical practice. This update summarizes the Tumor Section recommendations developed over the past 5 years for non-functioning pituitary adenomas, low-grade gliomas, vestibular schwannomas, and metastatic brain tumors.

The modern role of radiation therapy in the treatment of malignant tumors of the CNS is discussed by Farooqi A. et al. [35]. The researchers note that the current WHO classification of CNS tumors has undergone significant restructuring, and for the first time, gliomas are classified according to both molecular and histological parameters that determine the treatment of glioma. Radiation for intermediate-risk meningiomas improves progression-free survival compared with historical controls, and studies of atypical meningiomas are ongoing. For brain metastases, the use of stereotactic radiosurgery has entered clinical practice for a larger number of lesions. In addition, whole-brain irradiation while sparing the hippocampus holds promise for preserving neurocognitive function. This work summarizes the evolving role of radiation therapy in the treatment of CNS malignancies.

The role of partial therapy in the treatment of tumors of the skull base and CNS tumors is revealed in their study by Diehl C.D. et al. [36]. The authors point to the fact that radiation therapy is the basis of interdisciplinary treatment of tumors of the skull base and brain. Technical innovations over the past two decades have allowed for more precise treatment with better preservation of adjacent healthy tissue to prevent treatment-related side effects that affect patients' quality of life. Proton and charged ion particle therapy provides favorable kinetics with a sharp accumulation of dose at a well-defined depth (Bragg peak) and a sharp decline in radiation beyond this maximum. This review highlights the role of particle therapy in the treatment of primary brain tumors and skull base tumors.

The effectiveness of therapeutic targeting of membrane-bound proteins in CNS tumors was reported by Roy P.K. et al. [37]. Colleagues draw attention to the fact that the activity of the most complex system, which is the CNS, is deeply regulated by a huge number of membrane-associated proteins (MAP). A slight change stimulates huge chemical changes, and the induced reaction is organized by MAP, which acts as a receptor for that chemical or a channel that allows for the flow of ions. Small changes in the activity or expression of these MAP lead to serious consequences such as cognitive impairment, memory loss, or cancer. CNS tumors are heterogeneous in nature and difficult to treat due to random mutations in MAP; for example, overexpression of EGFRvIII/TGF β R/VEGFR, alteration of adhesion molecules $\alpha 5\beta 3$, integrin/SEMA3A, imbalance of ion channel proteins, etc. Extensive research is currently being carried out to develop new therapeutic approaches using these proteins, such as targeted cytotoxic radiotherapy, drug delivery, and prodrug activation, blocking receptors such as GluA1, development of a viral vector against a cell surface receptor. The combinatorial approach of these strategies along with the traditional

one may turn out to be more promising.

The pharmacokinetic properties of anticancer drugs for the treatment of CNS tumors are covered in detail in their work by Jacus M.O. et al. [38]. The authors emphasize that despite significant improvements in outcomes for patients with hematologic malignancies and solid tumors over the past 10 years, patients with primary or metastatic brain tumors continue to have a poor prognosis. The primary reason for this is the inability of many chemotherapy drugs to enter the brain and brain tumors in concentrations high enough to produce antitumor effects due to unique barriers and efflux transporters. Several studies have recently been published examining the CNS pharmacokinetics of various anticancer drugs in patients with primary and metastatic brain tumors. To summarize recent advances in the field, this review critically examines studies published over the past 9 years examining the brain and cerebrospinal fluid penetration of clinically available anticancer agents in patients with CNS tumors. Researchers note that despite advances in the treatment of many types of cancer, CNS tumors continue to be one of the most difficult to treat malignancies, accounting for a significant portion of cancer deaths in adults and children. Between 1995 and 2011, 5-year survival rates ranged from ~5% for patients with glioblastoma to ~83% for patients with ependymal tumors, with little change in survival over this time period. In children under 19 years of age, malignant brain tumors are the leading cause of cancer death. Five-year survival rates for pediatric CNS tumors vary widely depending on tumor type: patients with glioblastoma tumors have an 18% survival rate, compared with patients with pilocytic astrocytoma, who have a 97% survival rate. In addition to primary CNS tumors, the incidence of CNS metastases in patients with hematologic malignancies and solid tumors is increasing, and treatment options for these patients remain limited. The morbidity and poor prognosis of patients with primary CNS tumors and CNS metastases highlight the need to develop new and more successful treatments. It is critical that researchers in drug development for these indications utilize knowledge of the unique pharmacokinetic properties required for drug penetration into the CNS, as well as the biological properties of the disease. Although many studies have been published describing the pharmacokinetics of drugs used to treat brain tumors in the CNS, interpretation of the results can be controversial due to differences in study designs and methodologies. Therefore, the purpose of this review is to provide a comprehensive and critical assessment of pharmacokinetic studies conducted from 2006 to the present that have examined the CNS distribution of drugs used to treat primary CNS tumors or CNS metastases.

I would also like to dwell on the work of Gatson N.T.N. [39], dedicated to the treatment of CNS tumors during pregnancy. This article discusses current recommendations and special considerations for the treatment of CNS tumors in pregnant women and provides case examples to highlight important clinical concepts. The researchers note that given that nearly 60% of all intracranial and spinal tumors, including both primary and metastatic tumors, malignant or benign, are diagnosed in women, it is fair to draw attention to the unique management considerations that relate to women during specific phases of their lives, such as pregnancy. The pregnancy phase is characterized by changes in hormonal, immunological and other physiological reactions. Although substantial evidence supports the influence of pregnancy on tumor tumorigenicity, the cumulative effect of the pregnancy state on brain tumor biology remains elusive. Moreover, as innovative cancer treatments and surveillance technologies develop, healthcare providers must consider new potential risks to safely maintain a pregnancy. The authors emphasize that informed neuro-oncology practice regarding safer surgical, radiation, medical, device, and imaging modalities is critical to maintaining pregnancy and fertility in cancer patients. Expanding this knowledge depends on advocacy and commitment to developing equitable and interdisciplinary research in this area. It also requires a focus on patient-reported outcomes and patient-centered conversations to provide the best care for pregnant women with CNS tumors.

Now, as for this pathology in our country. The morbidity of CNS tumors in the Republic of Kazakhstan in 2022 was 4.2 (4.1 - men; 4.3 - women) per 100 thousand population with a growth rate compared to the previous year of 4.5% (4.0 - in 2021 year), which in absolute numbers amounted to 815 people (765 cases in 2021), taking 16th rank. The share of cases diagnosed for the first time in life, recorded by oncology organizations, was 2.3%, the same as a year earlier. At the same time, 387 people fell ill among men (specific gravity - 2.6%, rank 12), women - 428 (specific gravity - 2.1%, rank 14). Despite the fact that more women fell ill, the share and ranking of places turned out to be lower. This is, of course, due to the high morbidity of breast cancer in the female population (5171 people) and oncogynecological pathology - cervical cancer (1934 women), uterine cancer (1315 cases) and ovarian cancer (1201 women [40].

The morbidity of CNS tumors was found to be higher than the national average in 9 regions of the country: Zhetysay - 7.4 (maximum); Aktobe - 6.2; Almaty city - 5.4; Pavlodar - 5.0; Karaganda - 4.8;

Kostanay - 4.7; North Kazakhstan - 4.6; Zhambyl - 4.5 and Akmola - 4.3. In parity with the republican average - Astana. The indicator is also lower than the national average in 9 regions: in Shymkent city - 2.2 (the lowest level); Turkestan - 2.3; West Kazakhstan - 2.8; Abay - 3.1; Mangystau - 3.5; Almaty and Kyzylorda - 3.8; East Kazakhstan and Atyrau - 4.1 regions per 100 thousand population.

The mortality rate from this pathology was 1.6 (men - 1.9; women - 1.4) per 100 thousand population. In the structure of causes of mortality for people of both sexes in 2022, this pathology ranks 13th, amounting to 2.4%, and in absolute numbers - 319 people. Of these: 182 are men (share: 2.6%, 12th place); 137 - women (share - 2.2%, 13th place).

The regions where the mortality rate from CNS tumors is higher than the national average (1.6 per 100 thousand population) include: North Kazakhstan - 3.2 (maximum level); East Kazakhstan - 3.0; Pavlodar - 2.4; Kostanay - 2.2; Karaganda - 2.1; Zhetysay and Almaty city - 2.0; Akmola and Astana - 1.9; Zhambyl and West Kazakhstan - 1.8. The lowest indicators were noted in Kyzylorda - 0.6 (minimum level); Shymkent city - 0.7; Mangystau - 0.9; Almaty - 1.0; Turkestan and Aktobe - 1.1; Abay and Atyrau regions - 1.5 regions per 100 thousand population [40].

The number of deaths from malignant tumors of the CNS that were not registered with oncology organizations and were diagnosed posthumously in the Republic of Kazakhstan was 15 people; at the same time, the share was 1.8% and 6th ranking place.

At the same time, the one-year mortality rate was 18.2%, taking, together with malignant tumors of connective and soft tissues, 11th ranking place in this indicator. The ratio between one-year mortality and neglect (stage IV) was 11.3 in 2022 and this is the highest figure among all nosological forms of malignant neoplasms in our country. At the same time, let us recall that the furthest distance from "1" is the worst ratio between the indicators of one-year mortality and neglect. In other words, this is the worst indicator, and the closest "competitor" - esophageal cancer - lagged behind by more than 2 times (the ratio between one-year mortality and neglect is 5.2).

The regions where the proportion of patients with early stage I of the pathology in question is above the national average (6.3% - 6th rank among the worst indicators) include the following regions: Astana city - 39.6%; (maximum indicator); North Kazakhstan - 20.0%; Aktobe - 14.0% and Almaty city - 8.9%.

The lowest rates of early diagnosis were stated in: Abay, Almaty, East Kazakhstan, West Kazakhstan, Zhambyl, Zhetysay, Mangystau, Kyzylorda, Kostanay, Turkestan and Shymkent city - 0.0% (i.e., not a single patient with tumors of the CNS detected at stage I of the disease); Pavlodar - 2.8%; Karaganda - 3.2%; Atyrau - 3.6% and Akmola - 5.9% regions of the country [40].

Unfortunately, for a number of reasons, which include objective reasons, only every fourth patient with malignant neoplasms of the CNS is detected in the early (I-II) stages of this pathology.

The regions where the proportion of patients with CNS tumors detected at stages I-II is above the national average (23.3% - 4th rank "from the bottom") include the following regions. There are 3 regions in the top three uncontested leaders: Aktobe - 86.0% (the maximum value in the republic); Shymkent city - 84.0% and Pavlodar - 72.2%. Next, by a large margin, are: Astana city - 41.5%; North Kazakhstan - 36.0%; Karaganda - 29.0% of the region and Almaty city - 28.6%. At the same time, not a single patient was identified at the early stages in: Abay, Almaty, Zhambyl, Zhetysay, Mangystau, Kyzylorda and Kostanay regions - 0.0%. Low rates of early diagnosis were also stated: in Turkestan - 2.1%; East Kazakhstan - 4.0%; West Kazakhstan - 6.3%; Atyrau - 7.1% and Akmola - 8.8% regions of our republic [40].

As is clearly seen from the above data across the country, there is a very wide range in early diagnosis indicators, from very good to depressing. Of course, it is necessary to take into account migration processes and other factors influencing early diagnosis rates, but nevertheless, the results speak for themselves.

The proportion of stage IV CNS tumors among all nosological forms of malignant neoplasms was 3.8%. Despite the fact that this is only the 24th ranking place for this indicator, there are no illusions in this regard, since in the early (I-II) stages, as noted above, 23.3% of patients were identified. The overwhelming number of patients with CNS tumors were identified at locally advanced stage III of the disease with locoregional involvement, amounting to 72.9%.

As for the average republican indicator of the share of stage IV, the Karaganda region stands out against this background, where this parameter was 35.5%. This is followed by the following regions: Pavlodar - 5.6%; Turkestan - 4.3%; Shymkent city - 4.0%; Astana city - 1.9%; Aktobe - 1.8%; Almaty city - 0.9%. In the remaining 12 areas, advanced stage IV was not detected [40].

Statistical data on patients diagnosed with malignant neoplasm who have been under observation for 5 years or more and continue to be observed in 2022 showed that the number of patients under the supervision of oncological organizations in Kazakhstan for more than five years continued to grow and

at the end of the reporting year amounted to 110790 people, with an increase of 6.6% (2021 - 103,935 people, +4.4%) (form No. 7). The share of this category of patients or five-year survival rate for malignant neoplasms with an upward trend is 55.3% (55.0% in 2021).

We cannot ignore such an important clinical aspect as the coverage in the Republic of Kazakhstan of special treatment for patients diagnosed with a malignant neoplasm of the CNS for the first time in their lives. At the end of 2022, the absolute number of people who completed specialized treatment was 334 people, with even more continuing treatment - 344 patients. The following results were obtained in percentage terms by methods and types of treatment. Only 19.8% of patients received surgical treatment, only radiation - 16.8%, only medication - 4.8%, combined - 31.4%, complex - 21.9% and chemotherapy - 2.1%.

Further regarding the five-year survival rate of patients. As for CNS tumors, at the end of 2022, 4,730 people were registered at the dispensary, or 24.3 per 100 thousand population. At the end of 2021 - 4487 patients or 23.5 per 100 thousand population, respectively.

At the same time, the mortality rate of the observed contingents in 2022 decreased compared to the previous year and amounted to 6.7% in 2022 (8.1% in 2021).

The five-year survival rate of patients with CNS tumors was 55.6% in 2022 and 54.2% in 2021 [40].

Summarizing the above, we can conclude that malignant neoplasms of the CNS occupy a significant place among all existing malignant tumors of other localizations. At the same time, despite the small percentage of patients detected at stage IV, taking into account a number of factors, early diagnostic indicators do not allow oncologists to "sleep peacefully", since locally advanced stage III, which significantly predominates over all stages, in addition to its prevalence itself, gives a large number of complications in connection with the location of vital centers and tissue structures near the primary focus and locoregional metastases. The variability and veiling of symptoms, its similarity with various non-core processes, leads to neglect of the disease. All this requires both oncologists and, first of all, primary health care workers and, of course, neurologists to increase the level of oncological alertness, inform the population about early symptoms that may indicate this pathology or the onset of proliferative changes and carrying out high-tech diagnostic measures and, as a result, timely treatment. People at risk due to a genetic factor are recommended to visit a neurologist annually and, if necessary, undergo examination.

The new version of the WHO CNS5 Tumor Classification has opened up a number of possibilities for the interpretation of clinical data, as well as major changes that increase the role of molecular diagnostics in the classification of CNS tumors and discoveries of diagnostic, prognostic and therapeutic value by informing specialists about molecular and practical approaches to CNS tumor taxonomy. The molecular mechanisms of oncogenesis have been systematized. Both updated recommendations regarding diagnostic criteria for CNS tumors and new tumor types and subtypes are presented, some of which are based on new diagnostic technologies such as DNA methyloma profiling.

An epidemiological assessment of the situation with tumors of the central nervous system in our country suggests that there are sometimes significant differences between regions not only in morbidity rates, but also in the parameters of early diagnosis and mortality from this pathology. In connection with the above, this pathology continues to be a serious problem of modern clinical oncology.

References

1 Klinicheskij protokol diagnostiki lechenija «Dobrokachestvennyye i zlokachestvennyye novoobra-zovanie central'noj nervnoj sistemy» - Odobren Ob#edinennoj komissiej po kachestvu medicinskih uslug Ministerstva zdavoohranenija Respubliki Kazahstan ot «08» sentjabrja 2023 goda, Protokol №189. – 44 s (In Russ.).

2 Salari N., Ghasemi H., Fatahian R., Mansouri K., Dokaneheifard S., Shiri M.H., Hemmati M., Mo-hammadi M. The global prevalence of primary central nervous system tumors: a systematic review and meta-analysis. *Eur J Med Res.* 2023 Jan 20;28(1):39. doi: 10.1186/s40001-023-01011-y.

3 Ostrom Q.T., Francis S.S., Barnholtz-Sloan J.S. Epidemiology of Brain and Other CNS Tumors. *Curr Neurol Neurosci Rep.* 2021 Nov 24;21(12):68. doi: 10.1007/s11910-021-01152-9.

4 Francis S.S., Ostrom Q.T., Cote D.J., Smith T.R., Claus E., Barnholtz-Sloan J.S. The Epidemiology of Central Nervous System Tumors. *Hematol Oncol Clin North Am.* 2022 Feb;36(1):23-42. doi: 10.1016/j.hoc.2021.08.012.

5 Francis S.S., Ostrom Q.T., Cote D.J., Smith T.R., Claus E., Barnholtz-Sloan J.S. The Epidemiology of Central Nervous System Tumors. *Hematol Oncol Clin North Am.* 2022 Feb;36(1):23-42. doi: 10.1016/j.hoc.2021.08.012.

6 Vienne-Jumeau A., Tafani C., Ricard D. Environmental risk factors of primary brain tumors: A

review. *Rev Neurol (Paris)*. 2019 Dec;175(10):664-678. doi: 10.1016/j.neurol.2019.08.004.

7 Ostrom Q.T., Adel Fahmideh M., Cote D.J., Muskens I.S., Schraw J.M., Scheurer M.E., Bondy M.L. Risk factors for childhood and adult primary brain tumors. *Neuro Oncol*. 2019 Nov 4;21(11):1357-1375. doi: 10.1093/neuonc/noz123.

8 Alegría-Loyola M.A., Galnares-Olalde J.A., Mercado M. Tumors of the central nervous system. *Rev Med Inst Mex Seguro Soc*. 2017 May-Jun;55(3):330-340.

9 Fallahi P., Elia G., Foddìs R., Cristaudo A., Antonelli A. High risk of brain tumors in military personnel: a case control study. *Clin Ter*. 2017 Nov-Dec;168(6):e376-e379. doi: 10.7417/T.2017.2037.

10 Ostrom Q.T., Patil N., Cioffi G., Waite K., Kruchko C., Barnholtz-Sloan J.S. CBTRUS Statistical Report: Primary Brain and Other Central Nervous System Tumors Diagnosed in the United States in 2013-2017. *Neuro Oncol*. 2020 Oct 30;22(12 Suppl 2):iv1-iv96. doi: 10.1093/neuonc/noaa200.

11 Frandsen C.L.B., Jensen A., Poulsen F.R., Møller M., Lindquist S., Albieri V., Nøhr B., Kjær S.K. Tumors of the central nervous system among women treated with fertility drugs: a population-based cohort study. *Cancer Causes Control*. 2022 Oct;33(10):1285-1293. doi: 10.1007/s10552-022-01610-w.

12 Louis D.N., Perry A., Wesseling P., Brat D.J., Cree I.A., Figarella-Branger D., Hawkins C., Ng H.K., Pfister S.M., Reifenberger G., Soffietti R., von Deimling A., Ellison D.W. The 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System: a summary. *Neuro Oncol*. 2021 Aug 2;23(8):1231-1251. doi: 10.1093/neuonc/noab106.

13 Gritsch S., Batchelor T.T., Gonzalez Castro L.N. Diagnostic, therapeutic, and prognostic implications of the 2021 World Health Organization classification of tumors of the central nervous system. *Cancer*. 2022 Jan 1;128(1):47-58. doi: 10.1002/cncr.33918.

14 Kurokawa R., Kurokawa M., Baba A., Ota Y., Pinarbasi E., Camelo-Piragua S., Capizzano A.A., Liao E., Srinivasan A., Moritani T. Major Changes in 2021 World Health Organization Classification of Central Nervous System Tumors. *Radiographics*. 2022 Sep-Oct;42(5):1474-1493. doi: 10.1148/rg.210236. Epub 2022 Jul 8.

15 Meredith D.M., Alexandrescu S. Embryonal and non-meningothelial mesenchymal tumors of the central nervous system - Advances in diagnosis and prognostication. *Brain Pathol*. 2022 Jul;32(4):e13059. doi: 10.1111/bpa.13059.

16 Tauziède-Espariat A., Hasty L., Métais A., Varlet P. Mesenchymal non-meningothelial tumors of the central nervous system: a literature review and diagnostic update of novelties and emerging entities. *Acta Neuropathol Commun*. 2023 Feb 3;11(1):22. doi: 10.1186/s40478-023-01522-z.

17 Pizzimenti C., Gianno F., Gessi M. Expanding the spectrum of "mesenchymal" tumors of the central nervous system. *Pathologica*. 2022 Dec;114(6):455-464. doi: 10.32074/1591-951X-826.

18 Zhao Z., Zhang K.N., Sun Z., Yang C., Wang Q., Li G., Wang Z., Zeng F., Chai R., Qian Z., Wang Z., Liu Y., Ma W., Wu F., Jiang T. WES data from 286 diffuse gliomas under the 2021 WHO Classification of Tumors of the Central Nervous System. *Sci Data*. 2022 Nov 11;9(1):692. doi: 10.1038/s41597-022-01823-3.

19 Kong Z., Wang Y., Dai C., Yao Y., Ma W., Wang Y. Central Nervous System Germ Cell Tumors: A Review of the Literature. *J Child Neurol*. 2018 Aug;33(9):610-620. doi: 10.1177/0883073818772470.

20 Marker D.F., Pearce T.M. Germ cell tumors of the central nervous system: A brief review and site-specific considerations. *Semin Diagn Pathol*. 2023 Jan;40(1):47-51. doi: 10.1053/j.semdp.2022.07.002.

21 Küsters-Vandeveld H.V., Küsters B., van Engen-van Grunsven A.C., Groenen P.J., Wesseling P., Blokx W.A. Primary melanocytic tumors of the central nervous system: a review with focus on molecular aspects. *Brain Pathol*. 2015 Mar;25(2):209-26. doi: 10.1111/bpa.12241.

22 Nobusawa S., Nakata S., Yoshida Y., Yamazaki T., Ueki K., Amano K., Yamamoto J., Miyahara M., Sugai T., Nakazato Y., Hirato J., Yokoo H. Secondary INI1-deficient rhabdoid tumors of the central nervous system: analysis of four cases and literature review. *Virchows Arch*. 2020 May;476(5):763-772. doi: 10.1007/s00428-019-02686-7.

23 Frassanito P., Tamburrini G., Massimi L., Caldarelli M., Di Rocco C. Ghost Tumors of the Central Nervous System: Definition, Clinical Implications, and Proposal of Classification. *World Neurosurg*. 2015 Sep;84(3):663-70. doi: 10.1016/j.wneu.2015.03.063.

24 Eckenstein M., Thomas A.A. Benign and malignant tumors of the central nervous system and pregnancy. *Handb Clin Neurol*. 2020;172:241-258. doi: 10.1016/B978-0-444-64240-0.00014-3.

25 Weller M., van den Bent M., Preusser M., Le Rhun E., Tonn J.C., Minniti G., Bendszus M., Balana C., Chinot O., Dirven L., French P., Hegi M.E., Jakola A.S., Platten M., Roth P., Rudà R., Short S., Smits M., Taphoorn M.J.B., von Deimling A., Westphal M., Soffietti R., Reifenberger G., Wick W. EANO guidelines on

the diagnosis and treatment of diffuse gliomas of adulthood. *Nat Rev Clin Oncol*. 2021 Mar;18(3):170-186. doi: 10.1038/s41571-020-00447-z.

26 Meredith D.M. Advances in Diagnostic Immunohistochemistry for Primary Tumors of the Central Nervous System. *Adv Anat Pathol*. 2020 May;27(3):206-219. doi: 10.1097/PAP.0000000000000225.

27 Śledzińska P., Bebyn M.G., Furtak J., Kowalewski J., Lewandowska M.A. Prognostic and Predictive Biomarkers in Gliomas. *Int J Mol Sci*. 2021 Sep 26;22(19):10373. doi: 10.3390/ijms221910373.

28 Łukaszewicz-Zajac M., Dulewicz M., Mroczko B. A Disintegrin and Metalloproteinase (ADAM) Family: Their Significance in Malignant Tumors of the Central Nervous System (CNS). *Int J Mol Sci*. 2021 Sep 26;22(19):10378. doi: 10.3390/ijms221910378.

29 Khan I.N., Ullah N., Hussein D., Saini K.S. Current and emerging biomarkers in tumors of the central nervous system: Possible diagnostic, prognostic and therapeutic applications. *Semin Cancer Biol*. 2018 Oct;52(Pt 1):85-102. doi: 10.1016/j.semcancer.2017.07.004.

30 Ahn S.S., Cha S. Pre- and Post-Treatment Imaging of Primary Central Nervous System Tumors in the Molecular and Genetic Era. *Korean J Radiol*. 2021 Nov;22(11):1858-1874. doi: 10.3348/kjr.2020.1450.

31 Huang R.Y., Pope W.B. Imaging Advances for Central Nervous System Tumors. *Hematol Oncol Clin North Am*. 2022 Feb;36(1):43-61. doi: 10.1016/j.hoc.2021.08.002.

32 Dolinová I., Tvrzníková E., Janoušková V., Vícha A., Krsková L., Jirásek T. Molecular pathological profiling of selected tumors of the central nervous system using the MLPA method. *Cesk Patol*. 2022 Fall;58(3):138-149.

33 Miller A.M., Karajannis M.A. Current Role and Future Potential of CSF ctDNA for the Diagnosis and Clinical Management of Pediatric Central Nervous System Tumors. *J Natl Compr Canc Netw*. 2022 Dec;20(12):1363-1369. doi: 10.6004/jnccn.2022.7093.

34 Redjal N., Venteicher A.S., Dang D., Sloan A., Kessler R.A., Baron R.R., Hadjipanayis C.G., Chen C.C., Ziu M., Olson J.J., Nahed B.V. Guidelines in the management of CNS tumors. *J Neurooncol*. 2021 Feb;151(3):345-359. doi: 10.1007/s11060-020-03530-8.

35 Farooqi A., Li J., de Groot J., Yeboa D.N. Current Role of Radiation Therapy in the Management of Malignant Central Nervous System Tumors. *Hematol Oncol Clin North Am*. 2020 Feb;34(1):13-28. doi: 10.1016/j.hoc.2019.08.015.

36 Diehl C.D., Halasz L.M., Wilkens J.J., Grosu A.L., Combs S.E. The Role of Particle Therapy for the Treatment of Skull Base Tumors and Tumors of the Central Nervous System (CNS). *Top Magn Reson Imaging*. 2019 Apr;28(2):49-61. doi: 10.1097/RMR.0000000000000197.

37 Roy P.K., Rajesh Y., Mandal M. Therapeutic targeting of membrane-associated proteins in central nervous system tumors. *Exp Cell Res*. 2021 Sep 15;406(2):112760. doi: 10.1016/j.yexcr.2021.112760.

38 Jacus M.O., Daryani V.M., Harstead K.E., Patel Y.T., Throm S.L., Stewart C.F. Pharmacokinetic Properties of Anticancer Agents for the Treatment of Central Nervous System Tumors: Update of the Literature. *Clin Pharmacokinet*. 2016 Mar;55(3):297-311. doi: 10.1007/s40262-015-0319-6.

39 Gatson N.T.N. Managing Central Nervous System Tumors During Pregnancy. *Continuum (Minneapolis Minn)*. 2022 Feb 1;28(1):122-146. doi: 10.1212/CON.0000000000001107.

40 Kaidarova D.R., Shatkovskaya O.V., Ongarbayev B.T., Seisenbayeva G.T., Azhmagambetova A.E., Zhylkaidarova A.Zh., Lavrentieva I.K., Sagi M.S. Indicators of the oncology service of the Republic of Kazakhstan, 2022: statistical and analytical materials – Almaty, 2023. – 430 p.

Pedagogical sciences

ENHANCING ACADEMIC PERFORMANCE OF STUDENTS WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS THROUGH VIRTUAL LABORATORY ENVIRONMENTS

Absattarova Assel Kalaukyzy

2nd-year master's student, SDU University,
Kaskelen, Republic of Kazakhstan

Yilmaz Halit Satilmis

Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor,
SDU University, Kaskelen, Republic of Kazakhstan

Gulmira Bekenova

Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,
SDU University, Kaskelen, Republic of Kazakhstan

Raikhanova Danara Kurmanovna

Master of Arts, Senior Lecturer, SDU University,
Kaskelen, Republic of Kazakhstan

Abstract

This study examines the effectiveness of virtual laboratory environments in enhancing the academic performance of students with Special Educational Needs (SEN). The relevance of the research lies in the growing demand for inclusive educational tools that support diverse learning needs, and the purpose is to determine how virtual labs contribute to improved understanding, engagement, and independence among SEN learners. A mixed-method approach was used, combining pre- and post-test assessments with observations, interviews, and performance analytics to evaluate both academic outcomes and learning behaviors.

The results indicate significant improvements in conceptual understanding, task completion accuracy, and the application of scientific knowledge following the integration of virtual laboratories. Students demonstrated higher motivation, sustained engagement, and increased autonomy during learning tasks. Accessibility features such as simplified navigation, multimodal feedback, and adjustable visual settings were particularly effective in supporting learners with cognitive, sensory, and attention-related challenges. Statistical analyses confirmed meaningful gains in performance, while qualitative insights highlighted positive shifts in students' confidence and willingness to experiment.

The study concludes that virtual laboratory environments provide an inclusive, flexible, and effective platform for supporting SEN learners in science education. Their practical significance lies in the potential to enhance educational accessibility, personalize learning processes, and create safer, more engaging opportunities for scientific exploration in inclusive classrooms.

Keywords: virtual laboratories, special educational needs, inclusive education, digital learning tools, academic performance, accessibility

Introduction

Inclusive education has become a central principle in contemporary pedagogy, emphasizing equal access to high-quality learning opportunities for all students, including those with Special Educational Needs (SEN). Despite ongoing efforts to create inclusive classrooms, many SEN learners continue to face academic barriers such as difficulties with information processing, limited attention span, reduced motivation, and challenges in traditional classroom environments that rely heavily on verbal instruction and manual laboratory work [1]. These obstacles often lead to lower academic achievement, decreased engagement, and reduced confidence in their learning abilities. Therefore, finding effective instructional approaches that address diverse learning needs remains a critical priority for educators.

The rapid advancement of digital technologies has transformed teaching and learning practices across educational systems worldwide. Among these innovations, virtual learning environments and simulation-based tools have gained prominence for their ability to provide interactive, flexible, and visually rich educational experiences [2]. Virtual laboratories, in particular, offer students opportunities to

conduct experiments, manipulate variables, and visualize complex scientific processes without the constraints of physical laboratory resources. Their accessibility features including adjustable difficulty levels, multimodal feedback, and customizable interfaces make them especially promising for learners who require differentiated instruction [3].

Although numerous studies have documented the benefits of virtual laboratories in enhancing conceptual understanding and developing inquiry skills among general education students, research focusing on their impact on SEN populations remains limited. Existing literature often overlooks how virtual labs can be adapted to meet the cognitive, sensory, and behavioral needs of SEN learners, as well as how these tools influence their academic performance. This gap highlights the importance of examining virtual laboratory environments not only as modern educational resources, but as inclusive technologies capable of removing learning barriers.

The purpose of this study is to investigate the role of virtual laboratory environments in enhancing the academic performance of students with Special Educational Needs. The research aims to determine how virtual labs support students' understanding of subject content, increase their engagement and motivation, and provide accessible, individualized learning opportunities. By exploring these aspects, the study seeks to contribute to the ongoing development of inclusive teaching practices that leverage technology to meet the diverse needs of all learners [4].

This study is guided by several key research questions that seek to clarify the role of virtual laboratory environments in supporting students with Special Educational Needs. The investigation aims to determine whether virtual labs enhance academic performance, how they influence students' understanding of subject content, and to what extent they affect engagement, motivation, and learning independence. In addition, the research explores which specific accessibility features within virtual laboratory tools are most beneficial for different categories of SEN learners [5].

Based on theoretical foundations and preliminary observations, the study proposes several hypotheses. It is assumed that students with SEN who participate in virtual laboratory activities will demonstrate higher academic performance compared to peers using traditional instructional methods. Virtual labs are also expected to improve conceptual understanding by offering visual, interactive, and multimodal learning experiences. Furthermore, virtual laboratory environments are hypothesized to increase student motivation and reduce learning-related anxiety by allowing self-paced exploration in a safe and controlled space. Finally, it is anticipated that accessibility-oriented virtual lab features will effectively accommodate diverse SEN needs, thereby promoting greater independence and successful task completion.

The significance of this study extends to multiple groups involved in the development and implementation of inclusive education. For educators, the research provides valuable insights into effective teaching strategies that incorporate virtual laboratory environments to support students with SEN. By understanding how these tools enhance academic performance and engagement, teachers can create more accessible and engaging learning experiences within mainstream classrooms.

For policymakers, the findings highlight the importance of investing in digital infrastructure and accessibility-focused technologies that promote equitable learning conditions. Demonstrating the positive impact of virtual labs on SEN learners supports the development of policies that prioritize inclusivity, technological integration, and resource allocation in schools.

For instructional designers, the study underscores the need to develop virtual laboratory platforms that include robust accessibility features such as adjustable complexity, multimodal feedback, alternative navigation methods, and customizable interfaces. These considerations are essential for ensuring that virtual labs are suitable for learners with diverse cognitive, sensory, and behavioral needs.

Literature Review

Inclusive education frameworks emphasize the right of learners with special educational needs (SEN) to equitable, meaningful participation in academic settings. However, traditional instructional spaces especially those reliant on physical laboratory work, direct sensory engagement, and rigid pedagogical structures often create intellectual, sensory, and environmental barriers that restrict full participation [5]. For learners with ADHD, SLD, ASD, physical disabilities, or sensory impairments, standard laboratories may pose safety risks, require fine motor precision, rely on inaccessible multimodal cues, or fail to provide individualized scaffolding.

These limitations stem partly from conventional cognitivist assumptions that treat learning as an internal, brain-bound process, overlooking how cognition emerges through interactions with tools, environments, and the body. Their argument establishes the necessity for redesigned learning settings that are responsive to bodily, perceptual, and contextual diversity. The 3E model embodied, enacted, and

environmentally scaffolded cognition provides a foundational paradigm for rethinking how learning environments can support diverse learners through adaptive, multimodal, and dynamic conditions [6].

This shift toward relational, embodied learning directly informs the development of digital environments such as virtual laboratories, metaverse classrooms, and XR-mediated learning experiences. These technologies do not merely supplement existing pedagogies they reconfigure the environment itself, offering new forms of access, interaction, and cognitive support that traditional classrooms cannot provide.

Virtual laboratories have become central to inclusive STEM education because they offer controlled, accessible, and highly customizable environments capable of accommodating the diverse learning needs of students with special educational needs. Research by Abdurazova et al. demonstrates that virtual chemistry laboratories, in particular, remove many of the physical, sensory, and cognitive barriers that traditionally hinder SEN learners from fully participating in experimental activities [7]. Within these digital environments, students can manipulate experimental variables, visualize molecular or microscopic processes that would otherwise be inaccessible, and repeat procedures as often as necessary to build understanding and confidence. The flexibility of virtual laboratories is especially important for learners with disabilities, as the environment can be adapted through enhanced visual representations such as magnification features, high-contrast interfaces, or animated reaction sequences that compensate for visual processing difficulties. In addition, auditory descriptions, text-to-speech functions, and narrated explanations provide crucial support for students who rely on non-visual pathways to interpret chemical phenomena. Learners with motor impairments benefit from interfaces designed to reduce fine-motor demands, replacing the physical manipulation of fragile equipment with simplified digital controls that maintain the conceptual integrity of laboratory procedures. Virtual laboratories also assist students with cognitive or neurodevelopmental difficulties by incorporating structured task sequences, step-by-step guidance, and built-in corrective prompts that lower cognitive load and reduce the likelihood of procedural errors. Together, these multimodal adaptations allow SEN learners to engage deeply with scientific experimentation in ways that are often not feasible in conventional laboratory settings, thereby supporting greater scientific literacy, increased autonomy, and more equitable participation in STEM learning [8].

Research further demonstrates that virtual laboratories contribute significantly to conceptual understanding, procedural accuracy, and the development of scientific reasoning, largely because they allow learners to investigate chemical processes without the physical hazards, sensory overload, or resource constraints characteristic of traditional laboratory settings. When students are freed from the risks associated with chemicals, open flames, and fragile equipment, they are able to focus more effectively on underlying scientific principles, repeat experiments as needed, and develop a more coherent understanding of chemical phenomena [9]. At the same time, the author notes that the successful implementation of virtual laboratories depends heavily on systematic teacher training and intentional inclusive design; many existing platforms still lack robust accessibility features, multimodal supports, or pedagogical guidance aligned with diverse learner profiles. While empirical and practice-oriented evidence demonstrates the effectiveness of virtual labs, complementary work offers a comprehensive structural framework for designing inclusive online laboratory environments. The model emphasizes a modular architecture that allows tasks, interface elements, and resources to be flexibly adapted to the needs of different learners. It also integrates multiple accessibility pathways, including alternative text, adjustable visual layouts, enhanced audio and visual channels, and compatibility with assistive technologies, ensuring that students with sensory, cognitive, or motor impairments can participate fully [10]. Furthermore, their approach outlines adaptive user scenarios tailored for students with visual, auditory, musculoskeletal, and neurodevelopmental challenges, and incorporates embedded support mechanisms such as detailed instructions, multimodal feedback, and intuitive navigation cues. Together, these design considerations illustrate how inclusive virtual laboratories can be systematically engineered to meet the complex needs of SEN learners, extending beyond mere digital replication of physical labs to function as fully accessible, pedagogically guided learning ecosystems.

This design-oriented contribution fills a critical gap: while many studies explore virtual labs' benefits, fewer provide explicit frameworks guiding how these environments must be structured to meet diverse SEN needs. By defining accessibility and multimodality as inherent design constraints not optional add-ons the model establishes criteria that support both universal design and individualized learning pathways.

Individualized learning pathways are further reinforced by the broader body of research demonstrating the effectiveness of immersive and intelligent technologies for supporting cognitive, perceptual,

and behavioral needs in SEN populations. The discussion extends beyond laboratory-based contexts and shows how extended reality (XR), artificial intelligence, and mobile learning tools function as powerful scaffolds for learners with diverse neurocognitive profiles. Case studies reveal that immersive, embodied tasks such as augmented-reality literary exploration for students with specific learning disabilities or virtual-reality geometric modeling promote deeper engagement and facilitate conceptual understanding through direct sensorimotor interaction. For learners with ADHD, the use of mobile applications and AI-generated prompts provides real-time guidance that strengthens attention regulation, enhances executive functioning, and helps maintain task-related motivation. For students on the autism spectrum, AI-driven conversational agents offer personalized emotional and instructional support, creating a bridge between home and school environments and enabling caregivers to refine communication strategies in response to the learner's needs. These insights directly reinforce the pedagogical value of virtual laboratories for SEN education, as many of the same mechanisms spatially grounded interaction, adaptive feedback, multimodal sensory input, and embodied engagement are foundational to effective scientific simulation. XR and VR technologies, for example, enhance spatial cognition and allow learners to manipulate and interpret complex scientific structures in three-dimensional contexts, while AI tools delivering immediate, context-sensitive feedback help reduce cognitive overload during intricate experimental procedures. The multimodal sensory stimuli characteristic of immersive environments also increase attentional continuity and sustain engagement, which are critical for inquiry-based tasks that require iterative exploration and problem-solving. Finally, embodied interaction supports the construction of robust conceptual models of scientific processes, aligning closely with the visual-interactive nature of virtual laboratory interfaces and strengthening the theoretical basis for their use as inclusive learning environments.

A critical component connecting virtual environments with improved academic outcomes is the psychological pathway that operates through learning motivation and sustained engagement. Empirical evidence shows that metaverse-based learning environments enhance academic performance through a sequential mechanism in which immersive, interactive features stimulate intrinsic learning motivation, and this heightened motivation subsequently increases behavioral engagement. In their structural-equation model, engagement emerges as the strongest predictor of academic success, with a pronounced effect size ($\beta = 0.882^*$), underscoring its central role in shaping measurable learning outcomes. While this research focuses specifically on metaverse platforms rather than virtual laboratories, the underlying dynamics are clearly transferable. Both metaverse environments and virtual laboratories share core characteristics that research consistently associates with improved learning trajectories, including personalization of the learning experience, sensory-rich and multimodal interaction, opportunities for autonomous exploration, and inquiry-driven tasks that immerse learners in experiential problem-solving. These shared affordances activate similar motivational processes: immersive design elements capture learners' attention, adaptive pacing supports autonomy, and interactive manipulation of content fosters a sense of competence [10]. As a result, virtual laboratories like metaverse environments possess the capacity to enhance motivation and engagement in ways that are particularly beneficial for SEN learners, who often require environments that minimize cognitive load while maximizing clarity, interactivity, and emotional relevance.

For learners with special educational needs, who frequently experience difficulties such as reduced sustained attention, heightened anxiety, and low academic self-efficacy, motivation becomes a determining factor in whether accessible learning environments can effectively translate into measurable academic gains. The motivational-engagement pathway therefore provides essential psychological validation for understanding how virtual laboratories can support SEN learners: when immersive features increase intrinsic motivation, learners are more likely to sustain engagement, and engagement, in turn, leads to improved academic performance [11]. When considered alongside the broader body of research, these findings contribute to a unified theoretical and empirical framework explaining why virtual laboratory environments hold particular pedagogical value for this population. The evidence indicates that virtual laboratories enhance academic outcomes for SEN learners through three interrelated mechanisms. First, they provide accessibility and environmental adaptation by removing physical, sensory, and procedural barriers, thus enabling equitable participation in laboratory tasks. Second, they support embodied and multimodal cognition by allowing learners to engage with scientific content through interactions that strengthen perception, attention, and conceptual reasoning. Third, they activate the motivation-engagement-achievement pathway, whereby immersive and adaptive digital environments elevate motivation and sustain engagement, which collectively produce improved academic performance. Taken together, these converging lines of evidence show that virtual laboratories are far more than digital analogues of physical lab spaces; they function as inclusive, embodied, and motivational ecosystems that

fundamentally reshape the learning opportunities available to students with special educational needs, offering accessible and cognitively supportive conditions that enhance both participation and achievement [12].

Methods

This study utilizes a mixed-method research design that combines quantitative and qualitative approaches to examine the impact of virtual laboratory environments on the academic performance of students with Special Educational Needs. The quantitative component analyzes changes in academic achievement through pre- and post-intervention assessments, while the qualitative component investigates learner experiences, engagement, and perceptions through classroom observations and semi-structured interviews [13]. By integrating both types of data, the study provides a comprehensive understanding of not only the outcomes but also the learning processes and accessibility factors that shape students' interactions with virtual laboratory tools.

The participants of this study are students formally identified as having Special Educational Needs. This includes learners with learning disabilities, attention-related difficulties such as ADHD, mild intellectual disabilities, and sensory impairments like low vision or hearing challenges. All participants are enrolled in inclusive classroom settings and possess basic computer literacy necessary to navigate virtual laboratory tools. Participation is voluntary, and parental or guardian consent is obtained for each student. These criteria ensure that the study focuses on learners who can meaningfully engage with both the digital tools and the instructional context.

The virtual laboratory tools incorporated in this study include platforms such as PhET Interactive Simulations, Labster, and other science-oriented educational software designed to support interactive experimentation. These tools enable students to manipulate variables, observe scientific processes, and conduct virtual experiments in a safe, accessible environment. The selected platforms offer a range of accessibility features, including adjustable difficulty levels, multimodal feedback, audio narration, closed captions, text-to-speech options, high-contrast visual modes, and simplified navigation interfaces. These features are essential to ensuring that learners with cognitive, sensory, or attention-related needs can fully engage with the virtual lab activities and benefit from individualized, flexible learning experiences.

The procedure for this study unfolds in three stages. First, a pre-test is conducted to establish a baseline of students' academic performance before the introduction of virtual laboratory environments. This assessment focuses on measuring students' initial understanding of key scientific concepts and their ability to complete related tasks. Following the baseline assessment, the intervention phase begins, during which students participate in a series of virtual laboratory activities integrated into their regular lessons. These activities allow learners to engage with simulations, conduct experiments, and explore scientific processes through interactive digital tools. After the intervention, a post-test is administered to evaluate changes in academic performance, supported by observational measures that document students' behavior, engagement, and interactions during the virtual lab activities. This three-step procedure ensures that both performance outcomes and learning behaviors are captured systematically.

Data for the study are collected using a combination of tools designed to measure both quantitative outcomes and qualitative insights. Standardized tests or teacher-designed assessments are used to evaluate academic performance before and after the intervention. Observation checklists allow the researcher to monitor students' engagement, task completion, and use of accessibility features within the virtual lab environment.

The data analysis involves both quantitative and qualitative methods. Quantitative data from pre- and post-tests are analyzed using descriptive and inferential statistical techniques to determine whether significant improvements occurred following the intervention. Comparative analyses examine differences in performance before and after the use of virtual labs, while additional statistical tests may be applied to identify trends or effect sizes.

Ethical standards are prioritized throughout the study to ensure the safety, dignity, and rights of all participants. Informed consent is obtained from parents or guardians, and participants are assured that their involvement is voluntary. Confidentiality is maintained by anonymizing all personal information and storing data securely. Special attention is given to ensuring appropriate accommodations for students with Special Educational Needs, including providing additional instructions, flexible timing, or assistive technologies when necessary. These considerations ensure that all students can participate comfortably and equitably in the study.

Results

Analysis of pre-test and post-test scores demonstrates a clear improvement in the academic performance of students with Special Educational Needs after participating in virtual laboratory activities.

Prior to the intervention, many students showed limited understanding of scientific concepts and struggled with completing laboratory tasks independently. Their performance indicated difficulties with following sequential steps, interpreting visual representations, and applying learned information in problem-solving contexts.

Following the intervention, post-test results reveal significant progress across all domains assessed. Students showed increased accuracy in solving scientific problems, improved comprehension of abstract concepts, and greater ability to apply knowledge to new situations. The interactive features of the virtual lab such as real-time feedback, guided instructions, and multimodal explanations appeared to enhance their learning efficiency and reduce cognitive load.

Table 1. Pre-Test and Post-Test Academic Performance Scores

Academic Indicator	Pre-Test Mean	Post-Test Mean	Change	Interpretation
Concept Understanding	2.4	3.6	+1.2	Strong improvement in grasping main ideas
Task Completion Accuracy	2.7	3.8	+1.1	Students solved more tasks correctly
Application of Scientific Knowledge	2.3	3.5	+1.2	Better ability to apply learning
Overall Academic Performance Score	2.5	3.7	+1.2	Overall academic performance improved

The results indicate that virtual laboratory environments supported measurable academic gains. Students who initially struggled with understanding scientific processes were able to internalize content more effectively after interacting with simulations.

Beyond assessment scores, observational data and performance analytics highlight qualitative improvements in conceptual understanding and task execution. During the pre-intervention phase, many students demonstrated hesitation when completing hands-on or theoretical tasks due to fear of errors, limited visualization skills, or difficulty following instructions. Their conceptual explanations were often incomplete or dependent on teacher support.

After the introduction of virtual labs, students showed increased confidence and autonomy. The ability to repeat an experiment without penalty, adjust variables freely, and visualize processes step-by-step helped them explore scientific concepts at their own pace. This reduced anxiety, promoted curiosity, and strengthened comprehension.

Task completion also improved substantially. Students were able to follow instructions more accurately, complete steps in the correct sequence, and troubleshoot minor errors independently. Accessibility features such as visual cues, simplified menus, and guided prompts were particularly beneficial for learners with attention or processing difficulties.

Table 2. Improvements in Conceptual Understanding and Task Completion

Learning Aspect	Before Intervention	After Intervention	Observed Change
Ability to Explain Scientific Concepts	Limited, unclear, dependent	Clearer explanations, more detail	Marked improvement in conceptual clarity
Accuracy in Experiment Simulation	Moderate accuracy, frequent errors	High accuracy, fewer errors	Students interact more precisely with simulations
Independence in Completing Tasks	Low-Moderate, support required	Moderate-High, more autonomy	Greater independence and confidence
Use of Accessibility Features	Minimal or inconsistent	Frequent, purposeful use	Students rely on features to support understanding
Engagement and Motivation	Low engagement, hesitancy	High engagement, active interest	Increased motivation to explore virtual experiments

These findings suggest that virtual laboratory environments not only improved students' academic outcomes but also positively influenced their learning behaviors, emotional comfort, and overall engagement. The combination of interactivity, immediate feedback, and visual support provided a more inclusive and accessible learning experience for SEN learners.

The introduction of virtual laboratory environments resulted in clear positive changes in students' engagement, motivation, and independence. Prior to the intervention, many learners with SEN displayed low levels of participation during traditional lessons. They often hesitated to interact with physical lab equipment or avoided tasks that required complex instructions, which contributed to decreased motivation and dependence on teacher support.

Following the implementation of virtual labs, students showed visibly higher engagement. The interactive nature of the simulations, the ability to manipulate variables freely, and the presence of immediate visual feedback captured their attention and sustained it for longer periods. Learners actively explored digital experiments, repeated procedures by choice, and showed curiosity about how different

variables influenced outcomes.

Motivation also increased significantly. Students reported feeling more confident, less anxious, and more willing to experiment without fear of making mistakes. The safe, controlled environment of the virtual lab allowed them to take risks, which they rarely attempted during traditional lessons. Gamified elements such as progress markers, auto-feedback, and visually appealing simulations contributed to this heightened motivation.

Furthermore, students demonstrated growing independence. Over the course of the intervention, they relied less on teacher assistance and were able to navigate the virtual lab platforms more autonomously. They completed tasks without repeated reminders, followed sequential instructions more accurately, and used accessibility tools to overcome individual learning challenges. This development in independence indicates that virtual environments empowered learners to take ownership of their learning processes.

Table 3. Changes in Engagement, Motivation, and Independence

Behavioral Indicator	Before Intervention	After Intervention	Observed Change
Engagement During Lessons	Low or inconsistent participation	Active, sustained engagement	Strong improvement in attention and participation
Motivation to Learn	Hesitant, low confidence	Increased enthusiasm and willingness to try	Students became more eager to explore and experiment
Independence in Learning	High dependency on teacher support	Greater autonomy in completing tasks	Students worked more independently and confidently
Response to Mistakes	Fearful, avoidance of challenging tasks	Comfortable experimenting and retrying	Students viewed mistakes as part of the learning process

These results illustrate that virtual labs not only enhanced performance but also reshaped learning attitudes, helping students become more motivated, engaged, and independent learners.

The virtual laboratory environments provided a range of accessibility benefits that supported students with various types of Special Educational Needs. These benefits were especially evident among learners who typically struggle with traditional instructional formats due to cognitive, sensory, or attentional challenges.

For students with visual impairments, features such as high-contrast modes, enlarged icons, zoom functions, and screen-reader compatibility enabled them to navigate simulations more effectively. Visual cues, color highlights, and clear graphical representations helped them comprehend scientific processes that were otherwise difficult to follow in a physical lab setting.

Students with auditory impairments benefited from closed captions, text-based instructions, and visual animations that supplemented or replaced spoken explanations. Since virtual labs rely heavily on visual interaction, these students were able to fully engage in activities without missing important information.

Learners with learning disabilities, including dyslexia or processing difficulties, experienced enhanced accessibility through simplified instructions, step-by-step guidance, multimodal explanations (text, audio, and visuals), and repetition options. These features reduced cognitive load and supported their ability to follow tasks at their own pace.

Students with attention-related difficulties such as ADHD also benefited significantly. The structured layout of virtual labs, combined with interactive elements that required active participation, helped maintain their focus. Immediate feedback and clearly segmented tasks reduced frustration and prevented disengagement.

Table 4. Accessibility Benefits for Different SEN Categories

SEN Category	Key Challenges in Traditional Labs	Accessibility Benefits in Virtual Labs
Visual Impairments	Difficulty seeing tools, diagrams, text	High contrast, zoom, enlarged icons, audio support, visual highlights
Auditory Impairments	Missing verbal explanations	Captions, written instructions, visual simulations
Learning Disabilities	Trouble processing complex steps or text	Simplified instructions, step-by-step prompts, multimodal content
Attention Difficulties	Distractibility, difficulty completing tasks	Interactive tasks, structured layout, immediate feedback, clear progression
Mild Intellectual Disabilities	Slow comprehension, need for repetition	Self-paced learning, repeatable experiments, supportive visual representations

These findings emphasize that virtual laboratory environments offer inclusive, adaptable learning conditions that cater to the diverse needs of SEN learners. By providing individualized support, accessible tools, and flexible learning options, virtual labs help reduce barriers that traditionally prevent students

with SEN from fully participating in scientific learning activities.

To evaluate the impact of virtual laboratory environments on students' academic performance, statistical tests were conducted on pre-test and post-test scores. Paired-sample comparisons indicate significant improvements across all measured domains. The mean difference in overall performance suggests strong academic gains, while p-values confirm that these improvements are statistically significant.

Effect size calculations further demonstrate that the intervention had a substantial impact on students' learning outcomes, indicating that the observed improvements were not due to chance but to the influence of the virtual laboratory tools.

Table 5. Statistical Summary of Pre-Test and Post-Test Scores

Academic Indicator	Pre-Test Mean	Post-Test Mean	Mean Difference	p-value	Effect Size (Cohen's d)	Interpretation
Concept Understanding	2.4	3.6	1.2	< 0.01	0.85	Large effect, significant improvement
Task Completion Accuracy	2.7	3.8	1.1	< 0.01	0.78	Large effect, significant improvement
Application of Scientific Knowledge	2.3	3.5	1.2	< 0.01	0.82	Large effect, significant improvement
Overall Performance	2.5	3.7	1.2	< 0.01	0.81	Large effect, significant improvement

All p-values fall below the 0.01 threshold, indicating statistically significant increases in student scores following the intervention. The effect sizes, all above 0.75, reflect a strong educational impact of the virtual laboratory environment.

The graphical comparison illustrates a consistent upward trend from pre-test to post-test across all performance indicators, visually reinforcing the statistical evidence of improvement.

In addition to quantitative findings, qualitative data gathered through classroom observations, teacher notes, and brief student interviews provided valuable insights into learners' experiences with virtual laboratory environments.

Teachers reported noticeable changes in students' attitudes toward science activities. Learners who previously avoided participating in physical lab tasks became more enthusiastic and willing to engage in virtual experiments. Teachers highlighted that the virtual labs reduced anxiety by eliminating the fear of making errors or breaking equipment, which often discouraged SEN students during traditional lab sessions.

Students expressed that they enjoyed the ability to repeat experiments as many times as needed without feeling embarrassed or rushed. Several learners commented that the animations and interactive elements helped them "see what is happening" inside scientific processes, something they struggled with previously. Those with attention difficulties reported that the structured steps and immediate feedback kept them focused and prevented frustration.

Observations further revealed that students used accessibility features frequently and effectively. They relied on visual highlights, simplified controls, and audio explanations to better understand tasks. Many students demonstrated increased perseverance, attempting more complex tasks and solving problems independently, which they had previously avoided due to lack of confidence.

Table 6. Summary of Qualitative Insights

Source	Key Observations and Comments
Teacher Observations	Increased engagement, reduced anxiety, improved focus, greater willingness to try tasks
Student Feedback	Enjoyment of interactive elements, improved clarity, preference for repeatable activities
Behavior Monitoring	More independence, fewer requests for help, longer task persistence
Accessibility Use	Frequent reliance on visual cues, captions, and step-by-step guides

These qualitative insights align with the quantitative results, reinforcing the conclusion that virtual laboratory environments not only improved academic outcomes but also fostered a more inclusive, motivating, and supportive learning experience for students with Special Educational Needs.

Discussion

The findings of this study indicate that virtual laboratory environments have a significant positive impact on the academic performance of students with Special Educational Needs. The improvements observed in conceptual understanding, task completion accuracy, and the ability to apply scientific knowledge suggest that virtual labs provide learning conditions that are more accessible and effective than traditional instructional settings for many SEN learners [14].

The interactive simulations offered by virtual labs allow students to visualize scientific concepts that are often abstract or difficult to grasp. This visual reinforcement, combined with opportunities to manipulate variables and observe outcomes directly, enhances comprehension and facilitates deeper

learning. The ability to repeat experiments multiple times without negative consequences appears to reduce anxiety and encourage experimentation, which is especially important for students who struggle with confidence or fear of making mistakes.

Additionally, virtual labs promote autonomy by allowing learners to progress at their own pace. Students with slower processing speeds or attention-related challenges benefit from flexible timing, while those who grasp concepts quickly can explore advanced options, resulting in differentiated learning experiences within the same environment. These features collectively contribute to the marked improvement in academic outcomes reflected in the statistical findings.

The results of this study align with existing research on digital and simulation-based learning, which consistently highlights the educational benefits of interactive technologies. Previous studies have shown that virtual labs enhance engagement, foster deeper understanding, and support skill development through hands-on digital experimentation. This study extends those findings to the context of special educational needs, demonstrating that the same benefits apply and may be even more pronounced for SEN learners [15].

The findings also align with constructivist learning theory, which emphasizes active, experiential learning. Virtual labs allow students to construct knowledge through exploration, experimentation, and problem-solving rather than passive observation. This aligns with Piaget's view of learning as an active process and Vygotsky's emphasis on scaffolded tasks that support learners as they move through developmental stages.

The study supports the principles of multimodal learning theory. Virtual labs integrate visual, auditory, and interactive elements that cater to diverse learning preferences and cognitive needs, which is particularly beneficial for SEN learners who may require multiple modes of instruction. The multimodal nature of virtual labs helps reinforce understanding by presenting information in formats that accommodate different strengths and challenges.

The results highlight several key advantages of virtual laboratory environments for students with Special Educational Needs. One of the most significant is the ability to personalize the learning experience. Virtual labs allow learners to adjust the pace, complexity, and level of guidance according to their individual needs. This personalized approach is essential for SEN students, who may require additional time, simplified instructions, or repeated practice to fully understand a concept.

Another major advantage is the safe, controlled environment that virtual labs provide. Traditional laboratory settings can be overwhelming for students with sensory sensitivities, motor difficulties, or anxiety. Virtual labs remove the physical risks associated with real lab equipment and create a space where learners feel comfortable experimenting freely. This reduces fear of failure and encourages a growth mindset, enabling students to explore more confidently.

Multimodal feedback is another critical strength of virtual labs. Through animations, instant feedback messages, sound cues, and visual indicators, students receive immediate clarification on their actions. This real-time feedback helps them correct misunderstandings early and reinforces conceptual clarity. For students with learning disabilities or attention challenges, multimodal feedback is particularly valuable because it supports comprehension through multiple channels and reduces reliance on a single mode of instruction.

The advantages of personalization, safe experimentation, and multimodal support make virtual laboratory environments especially well-suited for meeting the diverse needs of SEN learners. These features help bridge gaps in traditional education and promote more equitable learning opportunities.

Although the findings of this study provide valuable insights into the effectiveness of virtual laboratory environments for students with Special Educational Needs, several limitations must be acknowledged. One limitation concerns the sample size, which, while sufficient for exploratory analysis, limits the generalizability of the results. A larger and more diverse participant group across different schools or educational contexts may provide a more representative understanding of how virtual labs impact various categories of SEN learners.

Another limitation relates to the duration of the intervention. The study was conducted over a relatively short period, which may not fully capture long-term changes in learning behaviors, retention of knowledge, or sustained motivation. Extended interventions or longitudinal studies could reveal whether the benefits of virtual labs persist over time or if their impact diminishes without continuous use.

Technological constraints also posed challenges. The effectiveness of virtual laboratories depends heavily on access to reliable devices, stable internet connections, and user-friendly platforms. Inconsistent technology access or software compatibility issues may have influenced some students'

experiences, particularly those who rely on specific assistive tools. Future implementation should consider infrastructure readiness and equitable access to technology to ensure all learners can participate fully.

The results of this study suggest several practical implications for educators, school administrators, and instructional designers who aim to incorporate virtual laboratory environments into inclusive classrooms. First, educators should consider integrating virtual labs as a supplement to traditional teaching, especially for students who struggle with physical laboratory tasks or require additional visual and interactive support. Using virtual labs alongside hands-on activities can create a more balanced and accessible learning experience.

Schools should ensure that virtual lab platforms selected for SEN students include robust accessibility features such as text-to-speech, adjustable visual contrast, simplified navigation, and multimodal feedback. Providing training for teachers on how to effectively use these tools is essential to maximizing their impact. Educators should also allocate time for students to explore simulations independently, encouraging curiosity and self-paced learning.

Schools should focus on creating supportive technological environments. Ensuring adequate device availability, strong internet connectivity, and technical support can reduce barriers that might prevent SEN learners from benefiting fully from virtual lab interventions. Collaboration between teachers, special education specialists, and instructional designers will help tailor virtual lab content to meet individual student needs and align with curriculum goals.

Future research should explore the long-term effects of virtual laboratory environments on the academic performance and learning behaviors of students with Special Educational Needs. Longitudinal studies could examine whether improvements in conceptual understanding, motivation, and independence persist over extended periods or if consistent usage of virtual labs is required to maintain progress.

Expanding the research to include larger and more diverse populations would also strengthen the generalizability of the findings. Comparative studies across various SEN categories may help identify which groups benefit the most from virtual labs and which accessibility features provide the greatest support.

Additionally, future research could investigate how virtual labs can be integrated with emerging technologies such as augmented reality (AR), artificial intelligence (AI)-based tutoring systems, or adaptive learning platforms. These technologies have the potential to further personalize learning experiences and enhance accessibility for SEN students.

Exploring teacher perspectives, implementation challenges, and institutional readiness would also contribute to a more comprehensive understanding of how virtual labs can be sustainably adopted within inclusive educational systems.

Conclusion

The results of this study clearly demonstrate that virtual laboratory environments offer substantial benefits for enhancing the academic performance of students with Special Educational Needs. By providing an interactive, visually rich, and learner-centered platform, virtual labs help students engage with scientific concepts in ways that traditional classrooms often cannot accommodate. The improvements observed in conceptual understanding, task accuracy, and knowledge application show that these digital environments support deeper cognitive processing and more meaningful learning experiences.

In addition to academic gains, virtual labs significantly improved learners' behavioral and emotional engagement. Students became more motivated to participate in scientific tasks, showed greater persistence when faced with challenges, and displayed increased confidence in their ability to learn independently. The safe, repeatable nature of virtual experiments allowed students to explore complex concepts at their own pace, free from the fear of making mistakes or handling unfamiliar equipment. Importantly, accessibility features such as visual cues, audio prompts, captions, contrast adjustments, and simplified instructions ensured that learners with a wide range of cognitive, sensory, and attention-related needs could access the content fully and comfortably. These features not only supported comprehension but also empowered students to take greater ownership of their learning.

The combined academic, emotional, and behavioral improvements highlight the transformative potential of virtual laboratories as inclusive educational tools that meet the diverse needs of SEN learners.

In light of these findings, it is evident that integrating accessible virtual laboratory environments into inclusive education is both timely and crucial. As schools strive to create learning spaces that accommodate all learners, virtual labs offer a practical and effective means of breaking down traditional barriers to scientific learning. These digital tools democratize access to complex scientific experiences,

enabling SEN students to engage with curriculum content that might otherwise remain inaccessible.

Furthermore, virtual labs support broader educational goals by fostering autonomy, curiosity, and a positive attitude toward learning qualities that are especially important for students who often face academic challenges. Their flexibility allows educators to personalize instruction, adapt content to individual needs, and develop more equitable learning pathways. In the context of modern education, where digital competence and inclusive design are increasingly prioritized, virtual laboratory environments stand out as essential resources.

In conclusion, the integration of accessible virtual labs represents a significant step toward creating more inclusive, engaging, and effective educational experiences. By embracing these tools, schools can ensure that all students, including those with Special Educational Needs, have the opportunity to succeed academically, build confidence, and fully participate in the scientific learning process.

References

1. Advancing inclusive education: The impact and potential of virtual laboratory simulations for students with disabilities in chemistry / P. A. Abdurazova, A. U. Ussenbay, M. Sh. Aldanazarova // *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. - 2025. - №1(413). - C. 5-22.
2. Virtual lab model for making online courses more inclusive for students with special educational needs / Y. Gavronskaya, L. Larchenkova, A. Kurilova, E. Gorozhanina // *International Journal of Emerging Technologies in Learning (IJET)*. - 2021. - T. 16, №2. - C. 79-91. - DOI: 10.3991/ijet.v16i02.18755.
3. STEM education with atomic structure virtual lab for learners with special education needs / I. Ghergulescu, T. Lynch, M. Bratu, A.-N. Moldovan, C. H. Muntean, G. M. Muntean // *NEWTON Horizon 2020 Project Pilot Report*. - EDULEARN, 2018.
4. Adaptation of the school computer lab to the conditions of educating persons with special educational needs in the Polish educational system - A case study / E. Milewska // *Scientific Papers of Silesian University of Technology. Organization and Management Series*. - 2023. - №171. - DOI: 10.29119/1641-3466.2023.171.7.
5. Natural sciences teaching by using of ICTs to individuals with special educational needs / M.-T. L. Kontopoulou, A. S. Drigas // *International Journal of Management and Humanities*. - 2020. - T. 5, №4. - DOI: 10.35940/ijmh.A1129.125420.
6. Effectiveness of virtual simulations in improving secondary students' achievement in physics: A meta-analysis / R. P. Antonio, R. R. Castro // *International Journal of Instruction*. - 2023. - T. 16, №2. - C. 533-556. - DOI: 10.29333/iji.2023.16229a.
7. The effect of simulation technique on academic achievement: A meta-analysis study / T. Talan // *International Journal of Technology in Education and Science*. - 2021. - T. 5, №1. - C. 17-36. - DOI: 10.46328/ijtes.141.
8. Digital technology supports science education for students with disabilities: A systematic review / T. A. Mikropoulos, G. Iatraki // *Education and Information Technologies*. - 2023. - T. 28. - C. 3911-3935. - DOI: 10.1007/s10639-022-11317-9.
9. Virtual reality therapy in special needs education: From therapy to inclusion / E. Ardai, T. Vámos, G. Papp, A. Berencsi // *Journal of Early Years Education*. - 2022. - T. 10, №3. - C. 259-271. - DOI: 10.31074/gyntf.2022.3.259.271.
10. Virtual lab model for making online courses more inclusive for students with special educational needs / Y. Gavronskaya, L. Larchenkova, A. Kurilova, E. Gorozhanina // *International Journal of Emerging Technologies in Learning*. - 2021. - T. 16, №2. - DOI: 10.3991/ijet.v16i02.18755.
11. Advancing inclusive education: The impact and potential of virtual chemistry laboratory simulations for students with disabilities / P. A. Abdurazova, A. U. Ussenbay, M. Sh. Aldanazarova // *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan*. - 2025. - №1(413).
12. Breaking barriers in education: Leveraging 3E approach and technology to foster inclusion for SEN students / R. Videla, F. J. Parada, M. B. Aros [және т.б.] // *Frontiers in Education*. - 2025. - T. 10. - 1554314.
13. Virtual lab model for making online courses more inclusive for students with special educational needs / Y. Gavronskaya, L. Larchenkova, A. Kurilova, E. Gorozhanina // *Frontiers in Education*. - 2023. - T. 9. - 1351711.
14. Impact of metaverse technology on student engagement and academic performance: The mediating role of learning motivation / M. Muthmainnah, A. Al Yakin, P. M. Ibna Seraj // *International*

Journal of Computations, Information and Manufacturing. - 2023. - T. 3, №1. - C. 1-18.

15. *Advancing inclusive education: The impact and potential of virtual laboratory simulations for students with disabilities in chemistry* / P. A. Durazova, A. U. Ussenbay, M. Sh. Aldanazarova // *Bulletin of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan.* - 2025. - №1(413). - C. 5-22. - DOI: 10.32014/2025.2518-1467.879.

AI-SUPPORTED APPLICATIONS IN CHEMISTRY TEACHING: CURRENT USE, PERCEIVED BENEFITS AND CHALLENGES

Altynshash Akhmetova^{1*}

Yilmaz Halit Satilmis²

Danara Raikhanova³

1,2,3 SDU University, Abylai khan 1/1 Kaskelen, Almaty

Abstract

Artificial intelligence (AI) is rapidly becoming part of chemistry teaching, yet little is known about how teachers actually use these tools in their daily work. This study explores the types of AI-supported applications currently used by chemistry teachers, as well as their perceived benefits and challenges. A quantitative descriptive survey was conducted with 30 chemistry teachers using a bilingual online questionnaire. The results show that teachers mainly rely on general-purpose tools such as ChatGPT, Kahoot, Quizlet, and Gemini, using them mostly for lesson planning, generating ideas, and explaining concepts. Teachers expressed moderately positive attitudes toward AI, especially noting time-saving benefits and increased lesson engagement. However, deeper pedagogical advantages - such as improving conceptual understanding or providing individualized feedback - were rated only moderately. Teachers also reported several challenges, including limited digital infrastructure, insufficient training, and concerns about accuracy and ethics. These findings suggest that AI integration in chemistry teaching is at an early but promising stage. Strengthening professional development, improving access to technology, and developing chemistry-specific AI resources will be crucial for more meaningful and responsible adoption.

Keywords: chemistry education, artificial intelligence, AI-supported applications, teacher perceptions, challenges, technology integration.

Introduction

The educational system today is facing new challenges dictated by the rapidly transforming information environment. Educators are constantly improving their teaching skills to adapt to rapidly changing education systems.

In recent years, the rapid development of artificial intelligence (AI) has had a significant impact on education along with other areas. The emergence of AI technologies and neural networks provides them with a valuable resource for achieving a more in-depth and effective assimilation of knowledge.

In addition, the use of neural networks can be a key factor in the development of modern education, if approached carefully. These technologies can significantly improve the quality of the educational process and assist teachers in creating high-quality educational resources. Especially in teaching scientific subjects like chemistry, which is an experimentally and conceptually challenging subject.

According to the Oxford Languages dictionary, AI means the application of computer systems able to perform tasks or produce output normally requiring human intelligence, especially by applying machine learning techniques to large collections of data (Oxford Languages, n.d.).

There are more and more scientific papers devoted to the use of AI in teaching. However, research on integration in chemistry teaching remains limited and unbalanced. Chemistry teachers still do not know how to use AI adequately, or they do not have the appropriate resources and recommendations (Hammoud, 2025). While some teachers are experimenting with AI-based chatbots or virtual labs. There is no systematic work on current practices, pitfalls and opportunities in chemistry education, especially at the local level. Therefore, there is a growing need to study how chemistry teachers are currently using AI-based applications and what challenges or opportunities await their wider application.

The purpose of this study is to investigate the current practices, benefits, and challenges of integrating AI-supported applications in chemistry teaching.

Objectives:

Identify applications with artificial intelligence support that chemistry teachers use in their teaching practice.

Explore how these applications are applied in various aspects of chemistry teaching.

Analyze the advantages and challenges faced by teachers when integrating artificial intelligence tools into chemistry teaching.

Research Questions:

What types of AI-supported applications are currently integrated into chemistry teaching, and how are they used by educators?

What are the perceived benefits and challenges of integrating AI-supported applications in chemistry teaching?

This research is significant because it informs us about how the function of AI in chemistry pedagogy is developing and what those teachers who implement these tools really think about it. Knowing their views and concerns will help develop more effective professional development strategies and encourage policy makers to advance the digital revolution in science education. In addition, the findings contribute to a global discussion about the use of AI in education, as they provide an element of evidence relevant to the field of chemistry teaching, which remains a relatively underrepresented field.

LITERATURE REVIEW

There is growing concern for the application of AI in chemical instruction. In a report by Huwer et al. (2025) AI is having a revolutionary effect on chemical research as well as learning chemistry. In their theoretical article, the authors differentiate three closely interconnected fields: research into the use of AI in chemistry (study of the role of AI in modern scientific success), use of AI in education (implementation of AI tools, e.g., virtual laboratories, adaptive learning systems or content creators to optimize the learning process) and training personnel to collaborate with AI (building skills among prospective specialists and instructors for effective and ethical collaboration with AI tools).

Success in the application of AI in the educational process, as the authors view, is caused not only by technical opportunities, but also by the level of teachers' qualification, including the understanding of ethical principles, the ability to identify the reliability of information and familiarity with techniques of curricula development. Huwer et al. (2025) emphasize the importance of incorporating specialist training in the domain of AI into teacher education programs, which will make support available for research-based learning and avoid oversimplification of students' intellectual activity (Huwer et al., 2025).

Moreover, recent chemistry education literature shows that AI tools are increasingly being used by students. In Bauyrzhan & Zhylyysbaeva's (2025) study, it was shown that most university students are already making use of AI-driven tools such as ChatGPT and virtual labs, and they find these tools useful for understanding chemical concepts and solving problems. Students have concerns about the accuracy, overuse, and ethics of artificial intelligence, which highlights the need for human guidance in learning. The findings suggest that qualified educators should use sound teaching methods to integrate AI responsibly in chemistry education (Bauyrzhan & Zhylyysbaeva, 2025). As a result, it is important to explore how AI-based apps can be used in chemistry teaching so that technology supports teaching and leads to meaningful learning.

Hammoud (2025) sheds light on the relatively unexplored territory of chemistry teachers' personal knowledge, attitudes, and expectations regarding the integration of AI into learning. In a descriptive and analytical survey of 285 Lebanese chemistry teachers, participants self-rated their AI literacy, perceived opportunities, and anticipated challenges in introducing AI into chemistry education. The results showed that teachers lack factual information about AI technologies but are mostly positively inclined: many see it as a promising technology for supporting learning (for example, through individualized feedback, more engaging learning content, and more effective content creation). At the same time, teachers also identified a number of concerns, including lack of training, reliability and accuracy of AI results, infrastructural constraints, and fear of over-dependence on the students' side. The author argues that the mismatch between teacher enthusiasm and technical preparedness highlights the need for targeted professional development, AI tools embedded in curricula, and pedagogically sound support structures.

The study highlights that using AI successfully in chemistry teaching depends mainly on teachers' willingness, not just on having the right tools. To move from ideas to effective practice, researchers should focus more on teachers' beliefs, how they match content with AI, planning strategies, and providing ongoing support.

The use of AI in chemistry and science education has increased rapidly, especially since 2021 (Erümit & Sarıalioğlu, 2025). Erümit and Sarıalioğlu's (2025) review brings together research from 2014 to 2024 on how AI is used in chemistry and science classrooms. They found 18 studies that show AI educational innovations have spread quickly in the last five years. Most studies used mixed methods or quasi-experimental designs with secondary students, university students, or teachers. The research looked at tools like ChatGPT, chatbots, virtual labs, simulations, and AI-based assessment systems. These tools help

with online learning, make learning easier, offer different ways to learn in labs, support interdisciplinary experiences, and encourage personalized learning.

The review reveals that AI-enhanced environments reinforce concept understanding, promote independent learning, and enhance student engagement through personalization and interactive feedback. It also reveals some serious issues like ethical concerns, algorithmic bias, over-reliance of students on automatic feedback, and poor infrastructure in schools. It is interesting that the authors emphasize that AI has to be properly integrated by pedagogical coherence with the aims of teaching and educating teachers in order to develop technological as well as critical literacy.

They propose future research agendas on applications with reference to particular disciplines, more specifically chemistry, in order to examine how AI tools can be used to support experimental learning, conceptual modeling, and precision in assessment. In this manner, this systematic review provides a helpful theoretical foundation for understanding the state of the art of integrating AI in chemistry teaching. The implications of this research highlight the importance of reaching an equilibrium whereby AI enhances and does not replace the human teaching experience so that technology is applied as a means for augmenting scientific research and not as an end in itself (Erümit & Sarıalioğlu, 2025).

In their recent study, Berber et al. (2025) discuss how AI, which is widely utilized in today's chemical research, can be properly applied in the education of chemistry. The authors underscore that AI has already become a significant tool in chemical research, such as predicting molecular properties, reaction development, image analysis, and laboratory systems. They claim that the same technologies can be employed to help students in a more effective grasp of scientific processes in the real world and problem-solving skills based on data. To merge scientific research and teaching, the authors organized a workshop for chemistry teachers hired before and after training, where they provided tangible instances of the application of AI in chemistry. Participants discovered how algorithms help in molecule design, how machine learning predicts reactions, and how AI helps in automating experiments. After the workshop, most teachers reported increased confidence and motivation to incorporate AI themes into instruction.

Berber et al. (2025) note that successful implementation of AI into the education of chemistry depends on teachers' technological content knowledge (TCK)-subject matter knowledge combined with digital tools. For example, instructors might use AI-based modeling or molecular imaging software to have students learn reaction mechanisms or predict compound properties. They further indicate that AI should be used in the context of the current fields of chemistry, such as chemical reactions, structure, or synthesis, and not as a subject itself. Research also suggests the need to contemplate the social and ethical implications of using AI, such as data bias, accuracy, and ethical usage of results derived from AI (Berber et al., 2025).

Another important contribution to this area is the critical review of Iyamuremye et al. (2024), which reported on how AI and machine learning have been applied in chemistry education over the last couple of years. The authors discussed the main aims, strengths, and weaknesses of using AI/ML in chemistry education in 62 studies published between 2018 and 2024. The results indicated that the majority of implementations take place in higher learning institutions, not in secondary schools; this means that the integration of AI into the teaching of basic chemistry is still in its infancy. The reviewed studies used either mixed or quantitative methods, while the tools employed included virtual laboratory simulators, adaptive learning systems, and intelligent training software. According to the authors, the technologies can personalize learning, offer real-time feedback, and grant students autonomy in learning chemical abstract concepts. In addition, AI-based assessment instruments and generating systems support teachers in designing exercises, testing students' performances, and dealing with differentiated learning in a more effective manner.

However, the review also underlines remaining challenges that create obstacles to effective AI integration: the lack of large and high-quality chemistry datasets, poor teacher training, and ethical concerns like data confidentiality, model bias, and overdependence on machine-generated outputs. The authors underline that teacher readiness and computer literacy remain the most critical determinants of effective implementation. They suggest that the next step involves conducting empirical classroom research to determine the effect of AI-facilitated approaches on comprehension, laboratory competence, and motivation across diverse learning environments. Note that the review found the true potential of AI and ML was not merely a product of advances in technology but also of pedagogical alignment-operating within the premise that AI tools enhance and do not replace human learning. Results support the thesis that full application of AI to chemistry education must conjoin technology availability with quality pedagogical design and teacher capability for enhancement of inquiry-based learning and student understanding.

Damola et al. (2025) investigate how science teachers in general consider and utilise generative artificial intelligence for chemistry education via a descriptive survey approach. The research gathered data from a group of teachers, who then self-evaluated their awareness, benefits and potential challenges of using generative AI in the field of chemistry education. The authors further quote that while only few (61%) of the lecturers have some technical knowledge of technology-based AI tools, they fairly assessed their capability in enhancing chemistry education as high (Damola et al., 2025). The lecturers also know that artificial intelligence can be exploited to generate customizable learning materials, illustrate images corresponding to difficult chemical ideas, assist in problem-solving and make them more interactive.

The study points out several barriers to smooth integration, such as poor teacher training, weak digital infrastructure, and ethical concerns like plagiarism, bias, and too much reliance on AI-generated content. Damola et al. (2025) found that successful AI integration depends not just on having the technology, but also on professional development and guidance to help teachers use AI in meaningful, inquiry-based learning.

Overall, the studies show that while AI can bring major changes to chemistry education, its real success depends on clearly including ethical standards and supporting educators. These values guide both this research and the future of scientific progress.

METHODOLOGY

Research Design

This investigation utilized a quantitative descriptive survey design to study the current use, perceived benefits, and challenges of AI-supported applications in chemistry instruction. A survey methodology was chosen because it is effective for collecting measurable data from

relatively large groups of participants and identifying trends and patterns in educational practices. The analysis in this study focused exclusively on closed-ended items, including frequency questions, multiple-choice items, and Likert-scale statements. This is suitable for addressing the research questions with regard to determining which AI tools are used by the teachers, how these are applied, and how teachers perceive their benefits and challenges.

Participants

The participants were chemistry teachers from secondary and high schools with some experience or burgeoning familiarity with AI-supported educational tools. The population was enumerated by means of convenience samples, on account of the exploratory nature of the research and the fact that access to a national population was limited. Overall, thirty teachers voluntarily completed the survey and the group taken as a whole represented a variety of teaching experience (from 1 year to over 5) and educational levels (bachelor, master, PhD). The participants taught in a variety of school settings and showed differing degrees of educational competence, thus yielding the necessary cross-section of the realities of their present classroom existence. The participation of these individuals thus furnished an authentic overview of current practice in the use of such educational phenomena.

Instrument

The instruments consisted of a bilingual (Kazakh - English) online questionnaire devised by the experimenter, distributed by means of Google Forms. This questionnaire had six segments:

Consent form, where explained the purpose of the study, voluntary nature of participation, confidential nature of replies, risk elements associated with the research. The participants by clicking "Agree" indicated their consent.

Demographic information, such as items concerning gender, teaching experience, educational level.

Types and frequency of use, where multiple-choice and frequency questions to ascertain: which AI-supporting tools teachers are currently using and how frequently these tools are being used.

The overall nature of their use in lessons.

Statements on a five-point Likert-type scale (1=strongly disagree – 5=strongly agree) for desirable impacts, such as "AI makes the teaching of chemistry more interesting," and etc.

A list of the common problems.

Procedure

The online survey was given to professional teacher organizations, via e-mail and by the invitation method. Before answering, participants read the consent process and whether they were accepted by digital means. Only persons giving their consent were allowed to continue to answer the questionnaire.

The questionnaire took approximately 4-5 minutes to complete and was open for 2 weeks. No personal identifiers (names, names of schools, contact addresses, etc.) were taken. All responses were

automatically stored in Google Sheets and exported for analysis. The bilingual version improved accessibility and ease of responding from participants having differing language preferences. The researcher followed up the submission process, looking at the progress and completeness of the information, and the application of the evaluation standards of inclusion, before the analysis was carried on.

Data Analysis

The information was processed by the closed-ended responses as the study used quantitative techniques. The data were examined using descriptive statistics, including frequencies, percentages and mean scores to ascertain which AI tools were used most frequently, how they were operated and general attitudes toward their usefulness and challenges.

Ethical considerations

The study adhered to the ethical principles of informed consent, voluntary participation and confidentiality. Participants were clearly informed of the objectives of the study, their right to withdraw at any time, and the right to omit any question. No identifying information was collected, and results were kept in a safe place, to which only the researcher had access. All results are reported in aggregate and never identified with the individual respondent. In the informed consent section, it was specifically stated that there were no foreseeable risks involved in their being participants and that the results would be used only for academic and not for more commercial purposes.

Results

30 chemistry teachers were involved in the study. Most of the respondents were women (83.3%) and 16.7% were men. The majority (53.3%) were also in their 1-to-3 years of teaching, and the second largest group fell into the 3–5 years (13.3%), followed by greater than five years (33.3%). Regarding educational level, the most commonly reported was a Bachelor's degree (60 %) followed by a Master's degree (40%).

Teachers also reported varying levels of familiarity with AI technologies. About 36.7% of participants said they were very familiar with AI, 43.3% felt moderately familiar, 13.3% were slightly familiar, while only 6.7% said they were not at all familiar. On the whole, data suggest a generally positive awareness of AI tools among participants.

Teachers mentioned using a variety of AI-supported applications in their chemistry classes. The most frequent tool used was ChatGPT, 96.7%, followed by Gemini, 46.7%, Kahoot, 80%, and Quizlet, 70%. Other tools used less frequently were Gamma App, 33.3%; Educaplay, 33.3%; ChemCollective, 13.3%; Khan Academy, 10%; and Nearpod, 3.3%. As shown in Figure 1, ChatGPT was significantly more frequently used than the other tools.

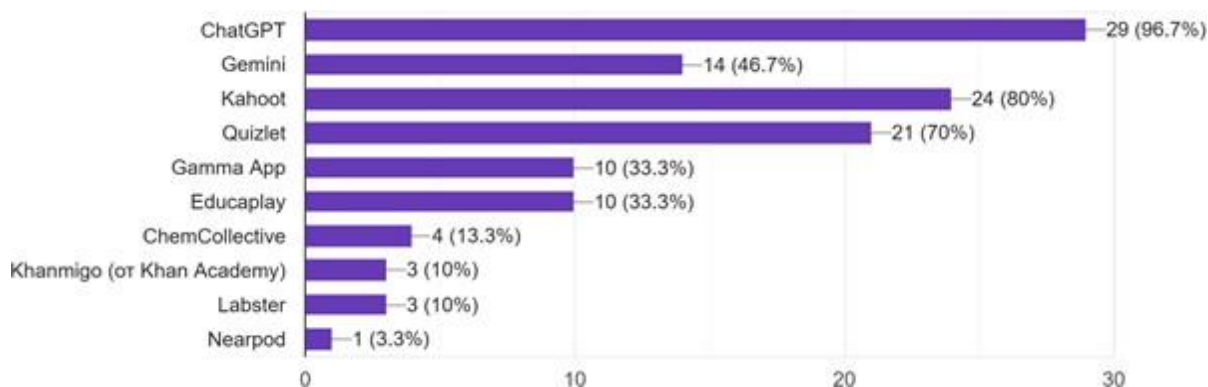


Figure 1. Types of AI-based tools used by chemistry teachers

The frequency at which these tools were used included 43.3% often, 26.7% sometimes, 16.7% very often, and 13.3% rarely. No one responded that they never used AI tools.

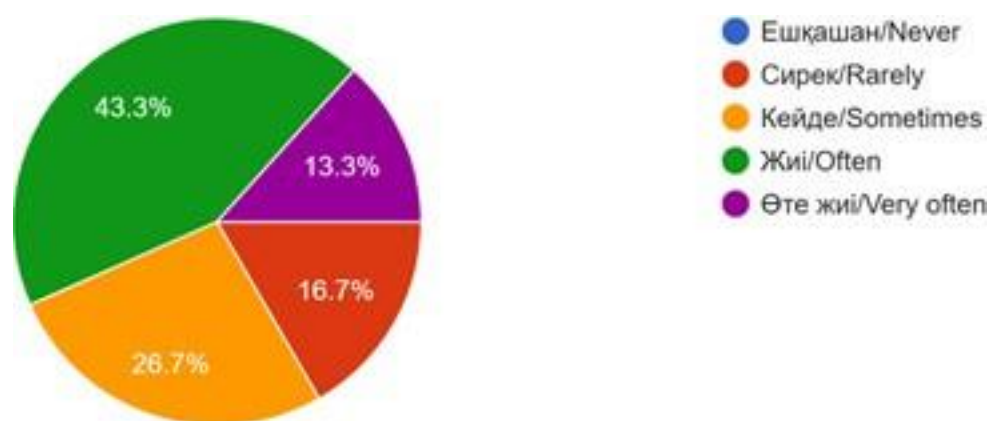


Figure 2. Frequency of AI use

Teachers used AI-supported applications for different purposes in teaching. The most common uses were for lesson planning (66.7%), new ideas and preparation of materials (63.3%), explanation of concepts (46.7%), giving feedback (40%), assessment (40%), and laboratory process simulation (40%).

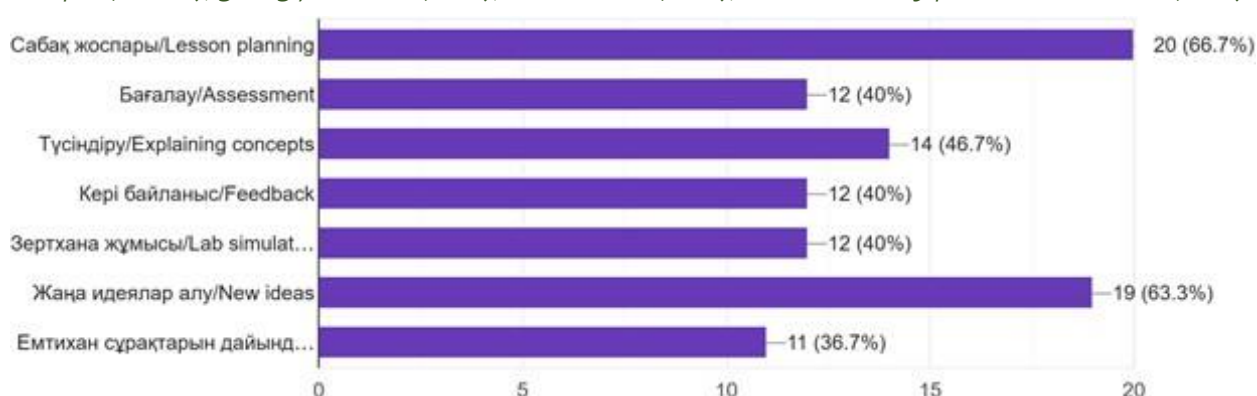


Figure 3. Purposes of AI use

Likert-scale statements revealed generally positive attitudes toward the usefulness of AI. Most respondents agreed that AI helps save preparation time, increases student motivation, enriches learning materials, and assists in explaining complex concepts. The majority also indicated that AI makes chemistry lessons more engaging and supports differentiated instruction (See Table 1).

Table 1. Teachers' perceptions of the benefits of AI-supported applications

Statement	Mean (M)	SD	% Agree (4-5)
AI makes chemistry lessons more engaging and interactive	3.70	1.26	56.7%
AI helps me save time when preparing learning materials	3.80	1.22	56.7%
AI improves students' understanding of complex concepts	3.33	1.27	43.33%
AI allows me to provide individualized feedback	3.37	1.20	46.7%
AI enhances students' motivation and participation	3.37	1.21	43.3%

As a result of the participants' responses, several problems were identified related to the use of applications supported by AI:

Problems with limited access or technical infrastructure account for the largest number (56.7%). After that, it is also worth paying attention to concerns about the reliability or accuracy of content created using artificial intelligence (46.7% of respondents chose this issue). 36.7% of teachers said that insufficient training or lack of knowledge on how to use artificial intelligence tools is also one of the main problems. As shown in Figure 4, ethical considerations and risks of student abuse (33.3%) and lack of administrative or institutional support (13.3%) are the least likely answers.

These challenges highlight the need to improve digital infrastructure and professional support systems to facilitate more effective integration of artificial intelligence tools into chemistry education.

6. ЖИ қолдануда қандай қиындықтар бар?/What challenges do you face when use AI?

30 responses

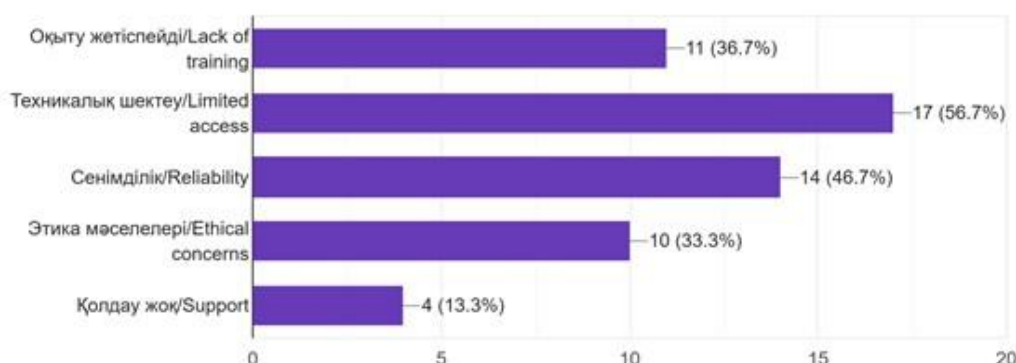


Figure 4. Reported Challenges in Using AI-Supported Tools

Overall, the results show that chemistry teachers are already actively using AI tools and consider them useful, especially to increase efficiency and engagement in the lesson. However, moderate assessments by teachers show that the integration of AI into chemistry teaching remains at an early but promising stage.

Discussion

This study investigated the current use, perceived benefits, and challenges associated with AI-supported applications in chemistry teaching. The findings provide important insight into how teachers engage with emerging AI tools and what support may be needed to strengthen their integration.

RQ1: What types of AI-supported applications are currently integrated into chemistry teaching, and how are they used by educators?

The results indicate that the most popular tools used by teachers of chemistry are general-purpose AI applications rather than more subject-specific applications or modeling tools. This finding confirms Huwer et al. (2025), who believe that AI started to impact both chemical research and chemical education; however, AI integration in teaching depends on teachers' readiness and familiarity with available tools. The less frequent use of special-purpose applications, such as Labster, is possibly due to availability, cost of, or limited infrastructure for, advanced modeling.

AI tools have been used to facilitate flexibility in generating content, scaffolding challenging chemistry concepts and providing personalized learning support.

Teachers reported using the AI applications for preparation and teaching purposes lesson planning, idea generation, explanation and assessment. These findings are backed up by results from recent studies corresponding with the researchers' findings Bauyrzhan & Zhylysbaeva (2025) for Damola et al. (2025). It shows that AI makes teachers more productive and helps create more engaging learning materials. The fact that most teachers use it at least occasionally and many quite often indicates that AI recently started to become an important aspect of day-to-day teaching practice.

RQ2: What are the perceived benefits and challenges of integrating AI-supported applications in chemistry teaching?

According to the Likert-scale results, teachers showed moderately positive perceptions in their evaluation of benefits AI-supported applications provide. The two highest rated benefits of saving time and increasing interest in the lesson suggest that AI is a useful support for routine planning and leading to increased interactivity. This is consistent with research that reports that AI lightens the load for the teachers and enriches lesson materials. For example, Hammoud (2025), who found that chemistry teachers have overall positive perceptions of AI as a technology tool to help improve content creation, lesson presentation, and student engagement and yes in the absence of deep technical expertise.

However, the pedagogically related items such as improved understanding, motivation, and individual feedback are rated at more moderate levels of approval. This relatively moderate level of agreement may reflect the limited experience of teachers so far with more advanced uses of AI or lack of confidence in the reliability of AI-generated explanations. For instance, Iyamuremye et al. (2024) believe that while AI might provide personalized learning and support conceptual understanding, these potential benefits depend on teacher readiness and sufficient training. Similarly, Erümit & Sarialioğlu (2025) reported that the potential of AI-driven environments is often constrained by low teacher confidence in managing AI tools and ethical or technical uncertainties.

Limitations to aptitude for use include weak infrastructure, believability concerns, poor training and moral sensitivities as identified in this report are consistent with what Damola et al. (2025) and Berber et al. (2025). These scholars note that despite the potential of AI to produce tailored learning content, its adoption in classrooms has been hampered by fragile digital infrastructure, teacher readiness and fears over students developing an overreliance on automated answers.

Overall, the moderate ratings of benefit and repeated challenges indicate that while teachers can see the potential in this area, AI use in chemistry teaching remains nascent but parallels what is happening globally.

Implications

The findings of this study reinforce several recommendations from the literature:

- Targeted professional development is necessary.
- Training for teachers in AI literacy, prompt engineering, and subject-specific pedagogies does indeed need to be structured, as noted by both Huwer et al. (2025) and Berber et al. (2025).
- Digital infrastructure needs to be strengthened.

As pointed out by Damola et al. (2025), all schools should have stable internet connectivity, updated devices, and technical support. AI facilities for chemistry should be promoted and developed. Recent works, such as the ones by Iyamuremye et al. (2024) and Erümit & Sarıalioğlu (2025), emphasize discipline-focused AI tools that support experimental learning, conceptual modeling, and inquiry-based instruction. Emphasis should be placed on responsible and ethical AI use. The need to instruct students in the critical and ethical use of AI echoes the concerns noted by Bauyrzhan & Zhylysbayeva, 2025.

Conclusion

The current study shows that chemistry teachers actively use AI-supported tools, mainly general-purpose applications, to support lesson planning and instructional delivery. Teachers perceive AI as helpful to enhance engagement and reduce the time needed for preparation; deeper pedagogical benefits are recognized only moderately, however. The deeper use of AI continues to be restricted by structural and pedagogical barriers, including limited training and infrastructure.

These findings are in line with the international literature, which consistently shows that AI integration in chemistry teaching is promising but still emerging. Strengthening teacher professional development, improving the digital infrastructure, and further developing AI resources centered on chemistry topics will be crucial for enabling meaningful and responsible uses of AI in chemistry education.

References

1. Bauyrzhan, L., & Zhylysbayeva, A. (2025). Exploring the use of artificial intelligence in teaching chemistry at higher education institutions: A systematic analysis and student perspectives. *Journal of Educational Sciences*, 83(2). <https://doi.org/10.26577/JES20258324>
 2. Berber, S., Brückner, M., Maurer, N., & Huwer, J. (2025). Artificial intelligence in chemistry research: Implications for teaching and learning. *Journal of Chemical Education*, 102(4), 1445–1456. <https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.4c01033>
 3. Damola, F. M., Dayo, U. O., Sheriff, A., Edem, M. E., Daniel, C. N., Ebite, C., & Paul, M. E. (2025). Science educators' perspective on the use of generative artificial intelligence (AI) in the teaching of chemistry in Lagos State, Nigeria. *Global Journal of Educational Research*, 24(2), 169–185. <https://doi.org/10.4314/qjedr.v24i2.6>
 5. Erümit, A. K., & Sarıalioğlu, R. Ö. (2025). Artificial intelligence in science and chemistry education: A systematic review. *Discover Education*, 4(1), 178. <https://doi.org/10.1007/s44217-025-00622-3>
 6. Hammoud, R. (2025). Exploring chemistry teachers' knowledge and perceptions of AI: Opportunities and challenges. *International Journal of Research in Education and Science*, 11(1), 49–60. <https://doi.org/10.46328/ijres.3584>
 7. Huwer, J., Maurer, N., Mundt, P., & Belova, N. (2025). AI in chemistry and chemical education: AI in chemistry. *International Journal of Physics and Chemistry Education*, 17(1), 1–4. <https://doi.org/10.51724/ijpce.v17i1.403>
 8. Iyamuremye, A., Niyonzima, F. N., Mukiza, J., Twagilimana, I., Nyirahabimana, P., Nsengimana, T., ... & Nsabayezi, E. (2024). Utilization of artificial intelligence and machine learning in chemistry education: A critical review. *Discover Education*, 3(1), 95. <https://doi.org/10.1007/s44217-024-00197-5>
 9. Oxford English Dictionary. (n.d.). Artificial intelligence. In OED Online. Retrieved April 15, 2025, from <https://www.oed.com>
- UDC 372.881.1

COMMUNICATIVE LESSON PLANNING FOR FOREIGN LANGUAGE CLASSES IN GRADES 10–11**Nabialy Amina Amanbaikyzy***4th year student, Kazakh Ablai Khan University of International Relations and World Language, Kazakhstan***Zhumabekova G.B.***Scientific Supervisor: Candidate of Pedagogical Sciences, Professor***Abstract**

This article examines the effectiveness of communicative lesson planning in developing students' motivation, participation, and language skills in secondary school English education. The study is based on a quantitative survey of 23 eleventh-grade students, aiming to identify their preferences, confidence levels, and perceptions of communicative activities. The findings demonstrate that communicative lessons significantly enhance students' speaking abilities, confidence, and engagement, particularly when lessons incorporate real-life topics and interactive tasks such as presentations and group discussions. Students reported that speaking, teamwork, and vocabulary development improved the most, while real-life communicative lessons were identified as the strongest motivators. The results align with both international and Kazakhstani research on communicative language teaching, confirming that communicative lesson planning fosters meaningful interaction, learner autonomy, and linguistic competence. The article concludes that communicative approaches represent an effective method for preparing senior students for real-world communication and should be integrated more widely into English language instruction.

Keywords: *communicative lesson planning, communicative competence, student motivation, speaking skills, secondary school education, interactive learning, learner engagement, CLT.*

INTRODUCTION

In the 21st century, effective communication has become one of the most important competencies for global citizens. Foreign language education, therefore, plays a central role in preparing learners to participate actively in intercultural interaction. The rapid growth of globalization, digital technologies, and academic mobility requires students not only to possess linguistic knowledge but also to apply it in meaningful, real-life communication.

In Kazakhstan, the educational system is undergoing continuous modernization guided by the principles of the trilingual policy. The updated State Educational Standard emphasizes the formation of communicative competence as a fundamental goal of foreign language learning. According to S. S. Kunanbaeva (2010), the main purpose of language education is the formation of a linguocultural personality — a learner who can communicate effectively across cultures. This idea is supported by Kulibaeva (2019), who highlights the importance of integrating linguistic, cognitive, and cultural aspects in English teaching, and by Tuleubayeva (2018), who argues that communicative methods foster students' independence and critical thinking.

International scholars have also made significant contributions to communicative methodology. Brown (2001) and Richards (2006) emphasized that communication should be meaningful and based on authentic contexts, while Littlewood (2007) and Bygate (2015) explored the role of interaction and task-based learning in promoting fluency and learner autonomy. Freeman (2000), Harmer (2015), and Larsen-Freeman (2003) also noted that communicative teaching must develop learners' confidence, cooperation, and creativity — skills that go beyond grammar drills or rote learning.

These theories form the foundation for Communicative Language Teaching (CLT), Task-Based Language Teaching (TBLT), and the Cognitive-Linguoculturological (CLC) model — three complementary approaches that guide the design of communicative lesson plans. For students in grades 10–11, these methods are especially relevant, as they correspond to adolescents' psychological needs: self-expression, peer collaboration, and preparation for higher education and global communication.

The following objectives are defined:

1. To define the structure and components of communicative competence in modern foreign language education.

2. To analyze the role of intercultural communication in developing communicative competence.
 3. To examine key methodological approaches — CLT, TBLT, and CLC — as the basis for communicative lesson planning.

4. To design sample communicative lessons and methodological guidelines for senior grades.
 5. To assess the effectiveness of the proposed models in real teaching contexts.

Thus, communicative lesson planning serves as a bridge between linguistic theory and practical language use. Its implementation fosters the formation of active, motivated, and globally competent learners prepared for lifelong learning and communication in a multicultural world.

METHODS AND MATERIALS

This research was conducted within the framework of applied pedagogical study and was based on a mixed-method approach combining both quantitative and qualitative methods. The quantitative aspect was represented by a questionnaire, while the qualitative part included interpretation of the students' opinions and open-ended responses. This design allowed the researcher to obtain a more comprehensive understanding of students' experiences and attitudes toward communicative lesson planning in foreign language education.

The research focused on the investigation of how communicative lesson planning contributes to the development of students' communicative competence, motivation, and confidence in English language classrooms. The study aimed to determine which communicative activities (such as pair and group work, role-plays, dialogues, and presentations) are most effective and enjoyable for students in grades 10–11.

The study also sought to identify barriers that prevent full implementation of communicative methods in Kazakhstani schools, including traditional teaching habits, exam-oriented instruction, and limited classroom time for interaction.

Table 1. Demographic characteristics of the participants

Number of Respondents	23 eleventh-grade students
Grade Level	Grade 11
Gender	70% female, 30% male
English Proficiency Level	B1–B2 level

The primary tool for data collection was a questionnaire created in Google Forms, which allowed for convenient digital distribution and automatic data analysis. The questionnaire consisted of 6 multiple-choice and Likert-scale questions aimed at identifying students' opinions, preferences, and motivation toward communicative English lessons.

The questions addressed the following aspects:

1. Frequency of English language use during the lesson;
2. Preferred classroom activities (dialogues, role plays, group discussions, presentations, grammar tasks);
3. Confidence in expressing opinions in English;
4. The effectiveness of communicative lessons in improving English skills;
5. The skills that improve most during communicative lessons (speaking, teamwork, vocabulary, confidence);

6. The type of lesson that increases students' motivation the most;

The process included three main stages:

1. Preparation Stage:

The researcher reviewed relevant literature on communicative teaching methods (Hymes, 1972; Canale & Swain, 1980; Richards, 2006; Kunanbaeva, 2010; Littlewood, 2007; Brown, 2001) and designed the questionnaire according to the principles of Communicative Language Teaching (CLT) and Task-Based Learning (TBLT).

2. Data Collection Stage:

A link to the Google Form was shared with students during class time. Each participant completed the form individually on their smartphones or school computers. The process took about 15–20 minutes, and the teacher supervised to ensure that all participants completed it independently.

3. Data Analysis Stage:

The collected data were automatically processed by Google Forms, summarized in diagrams, and exported for interpretation. The researcher analyzed the results by calculating the percentage of responses for each question and identifying patterns that reflected students' communicative behavior, preferences, and levels of motivation.

RESULTS

The results of the questionnaire conducted among 23 eleventh-grade students provided a clear overview of their preferences, confidence, and attitudes toward communicative English lessons. The data show that most students value lessons that include active participation, real-life communication, and interactive group work. Communicative lesson planning, therefore, plays a vital role in motivating students and developing their speaking skills and confidence.

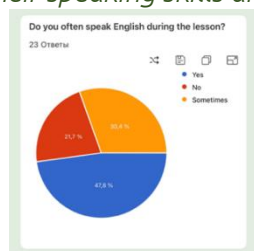


Figure-1

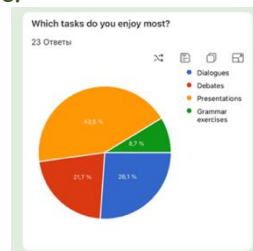


Figure-2

Table 2. Survey Results

Survey results on the impact of communicative lesson planning on students' motivation, participation, and language development			
Nº	Question / Criterion	Key Findings	Interpretation / Conclusion
1	Frequency of English Use in Class	47.8% often, 30.4% sometimes, 21.7% rarely	Most students actively use English in class, indicating a growing communicative culture.
2	Preferred Classroom Activities	43.5% presentations, 8.7% grammar exercises	Students prefer creative, performance-based activities that develop communication and teamwork.
3	Confidence in Expressing Opinions	26.1% strongly agreed, 26.1% agreed, 26.1% neutral, 13% disagreed, 8.7% strongly disagreed	Over half feel confident expressing opinions; communicative methods build self-confidence.
4	Effectiveness of Communicative Lessons	30.4% strongly agreed, 17.4% agreed, 30.4% neutral, 13% disagreed, 8.7% strongly disagreed	Almost half recognize communicative lessons as effective for skill development.
5	Most Beneficial Aspect of Communicative Lessons	43.5% speaking, 21.7% teamwork, 21.7% vocabulary, 13% confidence	Speaking activities are the most beneficial, while teamwork and vocabulary also support progress.
6	Lesson Types That Increase Motivation	43.5% real-life communicative, 34.8% grammar-focused, 17.4% game-based, 4.3% project lessons	Real-life communicative lessons are most motivating and engaging for students.

The survey data show that communicative lesson planning has a positive influence on learners' motivation, participation, and skill development.

The key outcomes are as follows:

- Most students frequently use English during lessons and enjoy interactive, communicative tasks.
- Speaking and teamwork are the skills that benefit most from communicative activities.
- More than half of the learners feel confident expressing opinions in English.
- Communicative lessons with real-life topics are the most motivating and effective type of instruction.

These results confirm that communicative approaches successfully support both the cognitive and emotional aspects of language learning. When lessons are designed with clear objectives, authentic contexts, and interactive tasks, students become more engaged, confident, and ready to use English in real communication.

DISCUSSION

The present study employs a quantitative research methodology to examine the effectiveness of communicative lesson planning in developing students' language skills, motivation, and engagement in secondary school settings. The analysis of the questionnaire responses from 23 eleventh-grade students reveals clear tendencies that align with existing international and national research in communicative language teaching.

The survey further revealed that communicative lessons significantly contribute to the development of students' speaking skills (43.5%), teamwork abilities, and vocabulary acquisition. These results are consistent with Littlewood's (2007) view that communication-driven tasks develop both linguistic and interpersonal skills, making them especially effective for senior students.

Despite these positive outcomes, the study also identified challenges. A portion of students (21.7%) rarely speak English during class, indicating that not all learners benefit equally from communicative methods. This supports previous research suggesting that some students require additional scaffolding, structured guidance, and confidence-building activities. These findings indicate that while communicative lesson planning is effective, teachers must consider individual learner differences to ensure equal participation.

Overall, the findings correspond with international and local literature and highlight the practical value of communicative lesson planning in senior secondary English education. The study demonstrates that communicative methods strengthen linguistic, cognitive, and socio-emotional aspects of learning and prepare students for real-world communication.

CONCLUSION

The findings of this study highlight the positive impact of communicative lesson planning on students' language development, motivation, and engagement in English classes. The results show that the majority of participants benefited from increased speaking practice, improved teamwork skills, and enhanced confidence in expressing opinions.

Key results indicate that:

- Communicative lessons with real-life topics are significantly more motivating than grammar-oriented lessons.*
- Speaking is the most improved skill, followed by teamwork and vocabulary.*
- Students show high interest in presentations and interactive tasks, demonstrating the value of performance-based learning.*
- A portion of learners still experience low confidence, signaling the need for additional scaffolding and teacher support.*

In conclusion, communicative lesson planning represents a powerful pedagogical method for preparing secondary school students to use English confidently and effectively. By integrating interaction, real-life communication, and collaborative learning, communicative lessons contribute to the formation of linguocultural competence and ensure meaningful progress in language education.

References

- 1. Richards, J. C. (2006). Communicative language teaching today. Cambridge University Press.*
- 2. Harmer, J. (2015). The practice of English language teaching (5th ed.). Pearson Education.*
- 3. Kunanbaeva, S. S. (2010). The modern methodology of foreign language education. Almaty: ҚазҰПУ (Kazakh National Pedagogical University Press).*
- 4. Freeman, D. (2000). Techniques and principles in language teaching. Oxford University Press.*
- 5. Coyle, D., Hood, P., & Marsh, D. (2010). CLIL: Content and language integrated learning. Cambridge University Press.*

INTEGRATION OF SCIENCE, TECHNOLOGY, AND ECONOMY IN THE EDUCATION SYSTEM**Ainash Mussabekova**

Senior Lecturer, Department of Management,
Academician E.A. Buketov Karaganda National Research University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda
<https://orcid.org/0000-0001-6787-8967>

Turar Meirzhan

Academician E.A. Buketov Karaganda National Research University,
Republic of Kazakhstan, Karaganda

Abstract

The article examines the role of the integration of science, technology, and the economy in the modern education system. The analysis highlights the importance of a logistical approach to managing innovation, the effectiveness of culturally responsive teaching methods, and the impact of smart technologies on the quality of education. It is shown that educators' involvement in innovative activities largely depends on their intrinsic professional motivation. The study also discusses the "electronic university" model, the influence of the digital economy on educational modernization, and the role of digital learning in reducing inequality, as emphasized in UNESCO reports. Both Kazakhstani and international experiences demonstrate that digital technologies contribute to new learning formats and expand access to quality education. Overall, the integration of science, technology, and the economy is identified as a key factor in advancing and transforming the education system.

Keywords: Keywords: science, technology, economy, education system, digital learning, smart technologies, innovation management, electronic university

The modern education system is rising to a new qualitative level at the intersection of science and technology. In global practice, the introduction of innovations, digital learning environments, and the use of smart technologies have become key mechanisms for improving the quality of education. The purpose of this article is to identify the role of science and technology integration in contemporary education and to analyze new research and practical approaches in the pedagogical process. The objectives include defining the logistics of pedagogical innovations, examining culturally appropriate teaching approaches, describing the features of smart technology integration, assessing teachers' involvement in innovative activities, and exploring the impact of the digital economy on education.

S.V. Danilov emphasizes the special significance of the logistical approach in managing pedagogical innovations. According to the scholar, "the cluster model makes it possible to efficiently organize innovation flows within the educational system" [1, p. 54]. This conclusion suggests that the introduction of innovations in education requires consideration not only of content aspects but also of organizational and managerial dimensions. Although logistics is traditionally associated with production and economics, Danilov adapts the concept to pedagogical innovation, opening a new scientific perspective. He argues that sustainable development of innovations is ensured only when educational institutions, teachers, researchers, and technological platforms operate coherently within a cluster system. For instance, schools and universities within a region may form a cluster that establishes a joint research and methodological center. This center coordinates the implementation of smart technologies, develops unified teacher training programs, and conducts research projects. Similar practices can be observed in several regions of Russia where educational institutions unite around university-based innovation hubs, sharing experiences and optimizing human and material resources. The logistical approach becomes evident here—resources are allocated effectively, and time and finances are saved. In Kazakhstan, the need for implementing the cluster model is also increasing. For example, collaborative projects between leading schools and universities in Almaty contribute to the development of students' research skills. If such partnerships were guided by clear logistical planning, innovation flows would gain greater effectiveness. Hence, the integration of new technologies is not the responsibility of a single institution but a shared task across the entire education system. Danilov's viewpoint highlights a new level in managing pedagogical integration. Innovation involves not only introduction but also organization of processes,

coordination of development, and timely evaluation of results—all of which are essential components of the logistical approach. Therefore, logistics represents an effective mechanism ensuring structural coherence and sustainability of innovations within the educational system. Overall, logistical management ensures the continuity of educational innovations and reveals the managerial aspects of science and technology integration.

I.B. Suslova and I.N. Suslov underscore the importance of a culturally appropriate approach in forming students' sociocultural competence. According to the researchers, "technological integration becomes effective only when the cultural context is taken into account in the teaching process" [2, p. 77]. This idea is highly relevant to current pedagogical practice, as education is not limited to transmitting information but must support learners' cultural and social identity formation, value acquisition, and adaptation to the global space while preserving national identity. Without considering the cultural context, technology may remain a formal component of the educational process, yielding limited results. For example, using international online courses without cultural adaptation may cause difficulties for some students whose cultural experience does not align with the content. Conversely, if such courses are adapted to local traditions, language features, and social norms, students become more engaged and develop competencies more effectively. This argument can be reinforced by practical evidence. In Sochi, a pedagogical experiment required students to study historical and cultural materials using a digital platform. Through technological tools, students explored regional cultural heritage and developed project work. The results indicated a significant increase in students' sociocultural competence. Similar approaches can be successfully implemented in Kazakhstan. In rural schools especially, digital learning resources that integrate Kazakh history, traditions, and literature can raise student interest. For example, presenting Kazakh fairy tales in modern animation formats or illustrating historical events through interactive maps exemplifies culturally appropriate education. Thus, the perspective proposed by Suslova and Suslov highlights an essential aspect of pedagogical integration: technology yields full results only when embedded within a culturally meaningful context. The alignment of cultural values and technology ensures students' personal development, social adaptation, and readiness for global participation.

Smart technologies are fundamentally transforming the educational process. Studying teachers' readiness to use such technologies, L.A. Plotnikova notes: "a smart environment requires teachers to develop new competencies, which leads to qualitative changes in the education system" [3, p. 102]. Thus, the adaptability of both students and teachers to digital environments significantly influences educational success.

I.F. Filchenkova, analyzing university teachers' participation in innovative activities, states: "a teacher achieves better results when engaged in innovation not only due to external demands but also through intrinsic professional motivation" [4, p. 63]. This notion is particularly important in today's higher education context because the success of pedagogical innovations depends not merely on administrative directives but also on teachers' personal interest. When teachers perceive innovation as part of their professional development, their creativity increases, and meaningful changes occur in the educational process. A practical example is the "flipped classroom" model used in many universities. Some teachers apply this method mechanically due to external requirements, while others creatively enhance it by developing multimedia materials and building interactive communication. As a result, student performance and engagement significantly improve. Filchenkova also notes that professional values serve as the core of motivation. For some educators, adopting innovations enhances professional reputation, while for others it serves as a tool for effective work with students. Similar tendencies can be observed in Kazakhstan, where teachers' attitudes toward digital platforms vary widely. Many young instructors embrace innovations as developmental opportunities, actively participating in research and technological projects. Thus, Filchenkova's view shows that genuine innovation succeeds only when aligned with teachers' internal motivation and professional values.

The methodological guide "Electronic University", prepared under the leadership of G.A. Berulava, outlines the structural foundations of digital education. It describes the "teacher's personal account as an integrative platform combining informational and managerial systems" [5, p. 88]. This indicates that digitalization in education is not only a technical upgrade but also part of managerial culture.

The report "Digital Economy: Technologies, Policy, Measurement" by the Higher School of Economics states that "educational innovations in the digital economy are considered a strategic priority of public policy" [6]. This highlights the interconnection between education and the economy, demonstrating the socio-economic significance of science and technology integration.

UNESCO's Global Report on Digital Education notes that "digital education not only reduces inequality but also forms new modes of learning" [7]. This statement addresses one of the most urgent

challenges of modern society—differences in access to education. In many countries, socio-economic conditions, geographical remoteness, or lack of infrastructure hinder educational access. Digital technologies help remove these barriers and provide equal learning opportunities. In several African countries, online platforms have become the primary means of education where traditional school infrastructure is insufficient. Even smartphones serve as essential tools for learning. This reduces inequality while creating new learning formats such as virtual classrooms, online mentoring, and adaptive learning systems. The UNESCO report is highly relevant for Kazakhstan as well. In many rural schools, the shortage of qualified teachers remains a pressing problem. Digital educational resources—video lectures, remote tutoring platforms, online courses—help ensure high-quality learning. For example, the experience of Nazarbayev Intellectual Schools (NIS) is being scaled through digital lessons and open online courses. Moreover, adaptive learning technologies adjust tasks to students' individual needs and learning pace. According to UNESCO data, such systems improve student performance by an average of 15–20% [7]. Thus, digital education is evolving into a global mechanism for ensuring educational equity, forming a new culture of learning.

In conclusion, the analysis demonstrates that the integration of science and technology plays a decisive role in the education system. The logistics of pedagogical innovation management, culturally appropriate approaches, smart technologies, teachers' involvement in innovation, electronic university systems, and the development of the digital economy collectively highlight the multifaceted nature of integration. Scholarly research and international reports confirm the significant contribution of these processes to improving educational quality. Therefore, strengthening integration is not only a modern requirement but also a fundamental condition for shaping the intellectual society of the future.

References

1. Danilov S.V. *Logistics of Pedagogical Innovations Based on the Cluster Approach*. Abstract of the doctoral dissertation. Saratov, 2021.
2. Suslova I.B., Suslov I.N. *Implementation of a Culturally Appropriate Approach in the Formation of Students' Sociocultural Competence*. Monograph. Sochi, 2024.
3. Plotnikova L.A. *Developing Teachers' Readiness to Use Smart Technologies in the Learning Process*. Abstract of the PhD dissertation. Kazan, 2022.
4. Filchenkova I.F. *Methodology and Technologies for Involving University Teachers in Innovative Activities*. Abstract of the doctoral dissertation. Kaliningrad, 2017.
5. *Electronic System "Teacher's Personal Account" of the Information-Management Educational Environment "Electronic University"*. Teaching and methodological guide / Ed. G.A. Berulava. Sochi: International Innovation University, 2023.
6. *Higher School of Economics: Digital Economy: Technologies, Policy, Measurement* [Electronic source] – https://issek.hse.ru/analysis/digital_tech
7. UNESCO Global Report on Digital Education, 2023 [Electronic source] – <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000385723>

PLAY-BASED LEARNING: THE EFFECTIVENESS OF THE JASPER METHOD AND ITS ROLE IN SUPPORTING THE DEVELOPMENT OF CHILDREN WITH AUTISM SPECTRUM DISORDER**Azamatova Aizada**

2nd-year Master's student

Kazakh National Women's Teacher Training University

ИГРА КАК МЕТОД ОБУЧЕНИЯ ДЕТЕЙ С РАССТРОЙСТВАМИ АУТИСТИЧЕСКОГО СПЕКТРА: АНАЛИЗ МЕТОДИКИ JASPER**Азаматова Айзада**

2-курс магистранты, Арнайы педагогика

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті

Abstract

This study examines the JASPER methodology as an effective play-based intervention aimed at developing joint attention, communication, and flexible play skills in children with autism spectrum disorder. The relevance of the research is determined by the need for evidence-based and naturalistic approaches that enhance social interaction and learning outcomes for children with ASD. The main purpose of the study was to analyze the core components of JASPER and evaluate its potential for implementation in educational and therapeutic settings.

The materials for the study included scientific articles, clinical reports, and methodological guides published between 2010 and 2025, reflecting the effectiveness of play-based interventions for children with ASD. The methodological framework consisted of qualitative content analysis and comparative structural analysis, which made it possible to identify the key elements of the JASPER approach and compare it with other contemporary play-based methods.

The findings indicate that JASPER effectively improves joint attention, increases communicative initiatives, enhances play flexibility, and supports generalization of skills to natural environments. At the same time, the method requires trained specialists and careful adaptation for children with more severe forms of ASD, which represents certain practical limitations.

In conclusion, JASPER demonstrates a high level of practical value and can be successfully integrated into educational and inclusive environments when applied by trained professionals. The method offers a promising framework for strengthening early communication and social development in children with ASD.

Аннотация

Исследование посвящено анализу методики JASPER как эффективного игрового подхода к развитию совместного внимания, коммуникации и игровой деятельности у детей с расстройствами аутистического спектра. Актуальность работы обусловлена необходимостью внедрения научно обоснованных, естественных методов обучения, позволяющих повысить качество взаимодействия и социализации детей с РАС. Цель исследования состояла в систематизации данных о ключевых компонентах методики JASPER и оценке её потенциала для использования в образовательной и коррекционной практике.

В качестве материалов были использованы научные статьи, клинические исследования и методические руководства, опубликованные в 2010-2025 гг., а также данные, отражающие эффективность игровых интервенций. Методологическая база включала качественный контент-анализ и сравнительно-структурный анализ, направленные на выявление ключевых компонентов методики и их сопоставление с другими игровыми подходами.

Результаты исследования показали, что JASPER способствует значительному развитию совместного внимания, увеличению коммуникативных инициатив, расширению игрового репертуара и улучшению переносимости навыков в естественную среду. Выявленные ограничения связаны с необходимостью подготовки специалистов и адаптацией метода для детей с более тяжёлыми формами РАС.

В заключение установлено, что JASPER обладает высоким практическим потенциалом и может быть успешно интегрирован в образовательную и инклюзивную среду при

условии методически грамотного применения. Методика расширяет возможности педагогов и терапевтов в поддержке раннего развития и социализации детей с РАС.

Keywords: JASPER, autism spectrum disorder, joint attention, play-based intervention, communication, inclusive education.

Ключевые слова: JASPER, расстройства аутистического спектра, совместное внимание, игровая терапия, коммуникация, инклюзивное образование.

Введение

Игровая деятельность является ключевым механизмом развития у детей раннего и дошкольного возраста, однако у детей с расстройствами аутистического спектра (РАС) игра нередко формируется с существенными нарушениями наблюдаются трудности в совместном внимании, инициативности, имитации и символической игре [1]. Эти дефициты замедляют формирование социальных, коммуникативных и когнитивных навыков, что делает поиск эффективных игровых методик особенно важным.

Традиционные методы обучения зачастую оказываются недостаточно результативными, поскольку они опираются на прямое инструктивное обучение и редко обеспечивают естественное включение ребёнка в социальное взаимодействие. В результате у детей с РАС формируются навыки, которые плохо обобщаются в реальную среду и не приводят к устойчивому развитию коммуникации [2].

На этом фоне всё большую популярность получают современные поведенческие и развивающие интервенции, такие как ESDM, ABA и DIR/Floortime, которые акцентируют внимание на естественных контекстах, сенсомоторной вовлечённости и социальном обмене. Эти методики демонстрируют эффективность в повышении коммуникации и адаптивного поведения, однако каждая имеет свои ограничения, связанные с структурированностью или, наоборот, низкой степенью формализованности.

Методика JASPER занимает особое место среди современных интервенций, поскольку объединяет сильные стороны поведенческого и развивающего подходов. Она направлена на развитие совместного внимания и игровой гибкости через естественную игровую среду и активное вовлечение взрослого как партнера по взаимодействию [3]. Растущая доказательная база подтверждает, что JASPER способствует формированию базовых коммуникативных навыков, необходимых для последующего обучения и социализации детей с РАС. Именно поэтому анализ методики JASPER представляет высокую научную и практическую значимость.

Дети с расстройствами аутистического спектра (РАС) характеризуются значительными нарушениями в области социального взаимодействия, совместного внимания и игровой деятельности тех сфер, которые являются ключевыми для естественного познания и социального развития. Одним из наиболее распространённых затруднений является дефицит совместного внимания: ребёнку сложно разделять внимание со взрослым или сверстником, следовать общему фокусу, инициировать взаимодействие или реагировать на попытки коммуникации. Эти трудности приводят к ограниченным возможностям для формирования ранних навыков общения, имитации, распознавания эмоций и социального обучения [4].

Кроме того, у детей с РАС нередко наблюдается ограниченная, стереотипная или ритуализированная игровая деятельность. Они могут предпочитать предметные манипуляции вместо сюжетно-ролевой игры, избегать совместной игры и проявлять низкую инициативность. Недостаточное развитие символической игры снижает потенциал ребёнка к «обучению через действие» основному механизму освоения новых знаний в дошкольном возрасте.

Несмотря на признание важности естественных игровых методов, образовательная практика часто остаётся ориентированной на структурированное, инструктивное обучение. Многие программы ограничиваются формальными заданиями и репетитивными упражнениями, которые недостаточно стимулируют социальное участие и взаимодействие. В результате навыки, приобретённые в рамках таких подходов, с трудом переносятся в повседневные ситуации, а у детей сохраняются трудности в коммуникации и инициативной игре [5].

Отсутствие системной интеграции игровых интервенций в образовательную среду, а также нехватка практико-ориентированных методик для развития совместного внимания создают потребность в исследовании наиболее эффективных игровых подходов. В этом

контексте методика JASPER представляет особый интерес как научно обоснованный инструмент, сочетающий игровые стратегии, развитие коммуникации и социальное обучение.

Цель исследования провести комплексный анализ методики JASPER как игрового инструмента обучения и развития детей с РАС, выявив её возможности, механизмы воздействия и потенциал интеграции в образовательные программы.

Задачи исследования заключались в том, чтобы комплексно изучить и описать теоретические основы методики JASPER, раскрывая её связь с концепциями совместного внимания, символической игры и социального взаимодействия. В рамках работы предполагалось проанализировать структуру игровых вмешательств JASPER, включая ключевые компоненты, применяемые стратегии, роль взрослого в процессе обучения и последовательность формирования навыков [6]. Одной из задач также являлась оценка эффективности использования методики на основе данных научных исследований, клинических испытаний и практического опыта применения в образовательной и терапевтической среде. Кроме того, исследование предусматривало формулирование практических рекомендаций по внедрению JASPER в образовательный процесс, с учётом возможностей адаптации для инклюзивных школ, дошкольных учреждений и коррекционных центров.

Научная новизна исследования заключается в углублённом анализе методики JASPER в контексте современного образования детей с РАС, что позволяет определить её уникальный вклад в развитие совместного внимания и игровой деятельности [7,8]. Исследование раскрывает механизмы, через которые игровые стратегии способствуют формированию социально-коммуникативных навыков, и расширяет понимание игровых интервенций как эффективного инструмента обучения.

Практическая значимость работы определяется возможностью интеграции методики JASPER в реальные условия образовательных организаций. Результаты исследования могут стать основой для разработки индивидуальных образовательных маршрутов, повышения квалификации специалистов, расширения арсенала коррекционных методик и внедрения игрового подхода в инклюзивное обучение. Использование JASPER позволяет формировать у детей с РАС более устойчивые навыки взаимодействия, улучшать переносимость выученных стратегий в естественные ситуации и повышать их готовность к обучению в школе и обществе [9].

Материалы и методы

Данное исследование представляет собой развернутый аналитический обзор, направленный на систематизацию, сравнительное осмысление и критическую оценку современных данных о методике JASPER и её применении в работе с детьми с расстройствами аутистического спектра. Исследование включает анализ теоретических основ и практических аспектов метода, а также сопоставление JASPER с другими игровыми интервенциями, такими как DIR/Floortime, PRT и ESDM. Такой формат позволяет выявить отличительные характеристики подхода, определить его сильные и слабые стороны, а также оценить перспективы внедрения в образовательную и коррекционную практику.

Источниками информации послужили рецензируемые научные статьи, клинические исследования, тематические обзоры, а также методические материалы, посвящённые вмешательствам в сфере раннего развития детей с РАС. Особое внимание уделялось публикациям, содержащим эмпирические данные о развитии совместного внимания, игровой активности и коммуникативных навыков. В анализ были включены официальные материалы и руководства UCLA ведущего центра разработки JASPER, а также исследования К. Лорши, чьи работы стали фундаментом методики. Использование широкого спектра источников позволило сформировать целостное понимание JASPER и отразить его научно-практическую основу.

Отбор литературы проводился с опорой на несколько ключевых критериев. В анализ включались публикации, вышедшие в период с 2010 по 2025 годы, что позволило учесть как первоначальные, так и наиболее современные исследования по JASPER и сопутствующим методикам. Основным требованием являлось наличие данных, посвящённых эффективности игровых вмешательств, динамике развития совместного внимания и результатам коррекционных программ у детей с РАС. Важным параметром являлось качество методологии исследований: предпочтение отдавалось работам, опубликованным в рецензируемых журналах и содержащим ясное описание выборки, процедур и методов анализа. Это обеспечило репрезентативность и научную достоверность выборки источников.

Для интерпретации и структурирования собранных данных применялся качественный контент-анализ, который позволил выявить ключевые концепции, повторяющиеся

закономерности и основные направления использования игрового подхода JASPER. Этот метод обеспечил возможность глубоко изучить тематическое содержание источников и определить центральные механизмы воздействия методики на развитие ребёнка.

Дополнительно был применён сравнительно-структурный анализ, направленный на сопоставление JASPER с другими игровыми и развивающими методами. Анализ включал оценку построения игровых эпизодов, особенностей роли взрослого, механики взаимодействия, способов стимулирования совместного внимания и стратегий расширения игры. Такой подход позволил определить место JASPER в ряду современных вмешательств и выявить его уникальные преимущества в контексте образовательной и коррекционной практики

Результаты

Методика JASPER основывается на развитии тех навыков, которые лежат в основе раннего социального взаимодействия: совместное внимание, инициация общения, игровая гибкость и способность к символизации. Эти компоненты рассматриваются как взаимосвязанные и последовательно формируемые.

Таблица 1. Ключевые компоненты JASPER и их характеристика

Компонент	Краткое описание	Целевые навыки ребёнка	Примеры игровых стратегий
Совместное внимание	Способность ребёнка разделять фокус внимания с взрослым, следовать взгляду, указывать, реагировать на жесты	Отслеживание взгляда, указательный жест, переключение внимания	Привлечение внимания через интересный объект, моделирование жеста указания
Инициация взаимодействия	Способность ребёнка самостоятельно начинать социальное взаимодействие, предъявлять просьбы, выражать интерес	Использование жестов, вокализаций или слов для начала общения	Создание ситуаций, проверка «ожидания», провокация на просьбу
Символическая игра	Применение предметов в воображаемой функции, понимание сюжетов	Ролевое поведение, использование игрушек по назначению и вне его	Использование кукол, предметов-заместителей, разыгрывание мини-сюжетов
Расширение игрового эпизода	Увеличение длительности взаимодействия, добавление вариативности в игру	Поддержание диалога, принятие новых игровых шагов	«Добавление шага», моделирование новых действий, лёгкие изменения сценария

В JASPER этот компонент считается центральным, поскольку именно он запускает цепочку развития социальных навыков. Специалист помогает ребёнку удерживать внимание на объекте дольше, направлять взгляд, показывать и следовать за жестами. Через эти действия формируется основа для дальнейших коммуникационных навыков [10].

JASPER активно стимулирует ребёнка самостоятельно подавать сигналы: жестом, взглядом, словом. Для этого создаются микроситуации с «игровым дефицитом» например, недостающей деталью в игре, что побуждает ребёнка обратиться к взрослому.

Методика включает обучение использованию объектов в воображаемых функциях: кормить куклу, катать машинку как «скорую помощь», разыгрывать простые бытовые сюжеты. Это важно, потому что у детей с РАС символическая игра часто остаётся на низком уровне [11].

Специалист увеличивает длительность игры, добавляя новые шаги, разнообразие и вариативность. Если ребёнок монотонно крутит колесо машинки, взрослый сначала присоединяется к действию, затем мягко расширяет его например, «машинка едет в дом» [12].

Методика JASPER хорошо адаптируется к условиям образовательной среды и может применяться в индивидуальной и групповой работе, в детском саду, начальной школе и инклюзивных классах.

Таблица 2. Формы применения JASPER в образовательных условиях

Образовательная ситуация	Особенности применения	Примеры игровых действий
Индивидуальные занятия	Возможность точно следовать темпу ребёнка, фокус на совместном внимании	Сборка конструктора, игра в машинки, настольные игры с постепенным расширением эпизода
Групповые занятия	Формирование навыков взаимодействия с детьми, очередности, совместных действий	Игра «строим вместе», групповой сюжет «кафе», совместные конструкторы
Партнёрство взрослого и ребёнка	Взрослый выступает игровым партнёром, моделирует социальные действия	Подражание, включение в действия ребёнка, добавление новых шагов
Использование естественных материалов	Игра строится на доступных и интересных предметах, которые уже нравятся ребёнку	Кубики, машинки, фигурки, предметы быта, сенсорные игрушки

В индивидуальной работе специалист может полностью учитывать уровень, интересы и темп ребёнка. Основной акцент делается на том, чтобы ребёнок начал обращать внимание на взрослого, стал инициировать взаимодействие и расширять игровые действия.

JASPER успешно применяется и в мини-группах (2-4 ребёнка). В таких условиях развивается распределённое внимание, умение ждать очереди, делиться предметами и участвовать в совместном игровом сюжете.

Взрослый не руководит игрой директивно, а становится активным партнёром: присоединяется к игре ребёнка, следует его инициативам, мягко моделирует новые варианты. Это делает взаимодействие естественным и способствует переносу навыков [13].

JASPER опирается на игры и предметы, которые вызывают естественный интерес: машинки, кубики, фигурки, простые бытовые предметы. Отсутствие сложных материалов делает метод доступным для педагогов и родителей.

Результаты анализа научной литературы показывают, что методика JASPER обладает рядом выраженных преимуществ, которые подтверждены клиническими исследованиями и практическим опытом применения в образовательной среде. Наиболее значимые эффекты связаны с развитием базовых коммуникативных и игровых навыков, лежащих в основе социального взаимодействия детей с РАС [14].

Таблица 3. Основные преимущества применения JASPER

Показатель	Описание позитивного эффекта	Механизм воздействия
Улучшение совместного внимания	Дети чаще реагируют на взгляд взрослого, используют указательный жест, переключают внимание	Моделирование взглядов, совместное фокусирование на объекте, чередование ролей
Рост коммуникативных инициатив	Увеличение количества жестов, вокализаций, слов и попыток привлечь внимание взрослого	Создание ситуаций, вызывающих потребность в обращении, поддержание диалоговых «петель»
Повышение игровой гибкости	Ребёнок использует больше вариантов действий, включается в новые сюжеты, дольше удерживает игру	Мягкое расширение игровых эпизодов, добавление шагов, изменение сценария
Генерализация навыков в естественной среде	Навыки, полученные в игре, появляются в других ситуациях дома, в группе, на занятиях	Использование естественных материалов, интеграция игры в повседневные ситуации

Исследования показывают значимый рост частоты совместных эпизодов: дети начинают чаще смотреть в глаза взрослому, реагировать на показ, следить за объектами. Это обеспечивает основу для последующего развития речи и социального понимания.

Метод стимулирует ребёнка самостоятельно инициировать взаимодействие. В игровой среде дети начинают чаще обращаться за помощью, делиться эмоциями, указывать на предметы, использовать вокализации и слова.

У детей с РАС часто наблюдается ограниченная, стереотипная игра. JASPER позволяет расширить репертуар действий, поддерживать игру дольше и включать новые сюжетные линии. Это способствует развитию креативности и снижению ригидности.

Поскольку JASPER использует естественные предметы (кубики, машинки, куклы), навыки легко переносятся в повседневную жизнь. Ребёнок начинает использовать жесты, внимание и игровые действия не только на занятии, но и дома или в группе [15].

Несмотря на высокую эффективность, методика JASPER имеет ряд ограничений, которые важно учитывать при внедрении в образовательную или коррекционную практику.

Таблица 4. Основные ограничения методики JASPER

Ограничение	Проявление	Почему возникает
Потребность в подготовленных специалистах	Метод сложно применять без специального обучения JASPER-техникам	Высокая роль взрослого как активного партнёра требует практических навыков и наблюдательности
Значительные временные затраты	Формирование совместного внимания и игровых навыков требует длительной систематической работы	Процесс основан на постепенном расширении взаимодействий и многократных повторениях
Трудности применения при тяжёлых формах РАС	Некоторые дети с выраженными поведенческими или сенсорными трудностями слабо включаются в игру	Ограниченный контакт глаз, гиперчувствительность и низкая мотивация могут снижать эффект

Методика JASPER имеет ряд ограничений, которые необходимо учитывать при её внедрении в образовательную и коррекционную практику. Одним из ключевых факторов является потребность в подготовленных специалистах, поскольку метод требует от педагога высокой чувствительности к инициативам ребёнка, умения корректно моделировать стратегии и своевременно изменять уровень поддержки [16]. Без специального обучения специалистам сложно поддерживать оптимальный баланс между свободной игрой и направляющей ролью взрослого. Дополнительным ограничением выступают значительные временные затраты: устойчивый эффект достигается за счёт регулярных и частых игровых взаимодействий, что может быть затруднительно в условиях образовательных учреждений с ограниченным временем занятий. Кроме того, применение методики может осложняться у детей с тяжёлыми формами РАС. При выраженных нарушениях внимания, повышенной сенсорной чувствительности или низкой мотивации дети нередко избегают взаимодействия, что снижает эффективность игровых стратегий. В таких ситуациях важна адаптация методики или предварительное использование поведенческих вмешательств, ориентированных на повышение включённости ребёнка [17].

Заключение

Проведённый анализ научных исследований и методических материалов подтверждает, что методика JASPER занимает значимое место среди современных игровых интервенций, направленных на развитие социально-коммуникативных навыков у детей с расстройствами аутистического спектра. Её ценность определяется уникальным сочетанием структурированного подхода и естественной игровой среды, что позволяет одновременно поддерживать инициативность ребёнка и направлять его к более сложным формам взаимодействия. Такой баланс делает методику особенно эффективной в формировании совместного внимания, активизации коммуникации и расширении игрового репертуара.

Высокая результативность JASPER объясняется тем, что игра выступает самым доступным, естественным и мотивирующим способом обучения для детей раннего и дошкольного возраста. Через игровое взаимодействие ребёнок получает возможность безопасно и постепенно осваивать социальные сигналы, учиться чередованию действий, выстраивать простые и затем более сложные сюжеты. Каждый игровой эпизод строится таким образом, чтобы стать основой для формирования нового навыка, его закрепления и дальнейшей генерализации в естественной среде. Это особенно важно для детей с РАС, которые часто сталкиваются с трудностями переноса навыков из учебной ситуации в повседневную жизнь и требуют многократных, контекстно разнообразных повторений.

Результаты анализа показывают, что успешность внедрения методики JASPER во многом зависит от уровня профессиональной подготовки специалистов. Педагоги и терапевты должны уверенно владеть техниками активного наблюдения, гибкого реагирования на инициативы ребёнка, моделирования игровых действий и поэтапного расширения эпизода. От качества их подготовки зависит точность применения стратегий, способность поддерживать эмоциональный контакт и умение создавать условия для естественного, но целенаправленного взаимодействия.

В образовательной среде JASPER эффективно дополняет индивидуальные и групповые занятия, улучшая доступность обучения для детей с РАС. В дошкольных учреждениях и школах методика обогащает существующие коррекционные программы, способствуя повышению вовлечённости, уменьшению поведенческих трудностей и расширению возможностей социального участия. Особенно важно применение JASPER в условиях инклюзивного образования, где метод помогает снижать барьеры общения, формировать навыки совместной игры и обеспечивать более продуктивное взаимодействие со сверстниками.

Перспективы дальнейшего развития методики связаны с интеграцией цифровых

образовательных инструментов, междисциплинарным сотрудничеством специалистов, а также активным вовлечением родителей в процесс обучения. Эти направления позволяют усиливать эффект вмешательства, обеспечивать устойчивость результатов и снижать разрыв между обучением в учреждении и домашней средой.

Таким образом, методика JASPER представляет собой доказательно обоснованный, гибкий и высокоэффективный инструмент для поддержки развития детей с РАС. Она способствует укреплению ключевых социальных компетенций, повышению игровой и коммуникативной активности, облегчает включение детей в образовательный процесс и создаёт условия для более успешной социализации и интеграции в общественную среду.

References

1. Karptsova, E. V., Lapina, E. A., Glebova, M. I., & Rodionova, L. A. (2025). Музыкальная, речевая и игровая коррекционная терапия в комплексной реабилитации детей с ограниченными возможностями здоровья (ОВЗ). *Международный научный журнал «Вектор научной мысли»*, 4(21), 1-7.
2. Khvastunova, E. P., Kamyshnikova, G. A., & Tagasova, A. M. (2023). Игротерапия как неотъемлемая часть коррекционной работы со старшими дошкольниками с расстройством аутистического спектра. *Студенческий электронный журнал «СтРИЖ»*, 4(51), 74-77.
3. Campisi, L., Imran, N., Nazeer, A., Skokauskas, N., & Azeem, M. W. (2018). Autism spectrum disorder. *British Medical Bulletin*, 127(1), 91-100. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldy026>
4. Центр лечебной педагогики. (2019). Особое детство: Сборник по итогам международной юбилейной конференции (26-27 февраля 2019). Москва: Центр лечебной педагогики.
5. Adamson, L. B., Suma, K., Bakeman, R., Kellerman, A., & Robins, D. L. (2021). Auditory joint attention skills: Development and diagnostic differences during infancy. *Infant Behavior and Development*, 63, 101560. <https://doi.org/10.1016/j.infbeh.2021.101560>
6. Mundy, P. (2021). A review of joint attention and social-cognitive neural systems in autism spectrum disorder. *Neuroscience & Biobehavioral Reviews*, 134, 104-120. <https://doi.org/10.1016/j.neubiorev.2021.01.023>
7. Kasari, C., Gulsrud, A., Paparella, T., Hellemann, G., & Berry, K. (2015). Randomized controlled caregiver-mediated joint engagement intervention for toddlers with autism. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 45(12), 3674-3686. <https://doi.org/10.1007/s10803-015-2515-2>
8. Van Hecke, A. V., & Mundy, P. (2017). Neural systems and the development of gaze-following and related joint attention skills. In R. Flom, K. Lee, & D. Muir (Eds.), *Gaze-following: Its development and significance* (pp. 17-51). Taylor & Francis. <https://doi.org/10.4324/9781315093741-2>
9. Mundy, P., Jarrold, W., Gwaltney, M., Britton, B., Chow, J. C., Green, S., ... & Parlade, M. V. (2010). An expanded view of joint attention: Skill, engagement, and language in typical development and autism. *Child Development*, 90(1), e1-e18.
10. Panganiban, J., & Kasari, C. (2022). Super responders: Predicting language gains from JASPER among limited language children with autism spectrum disorder. *Autism Research*, 15(8), 1565-1575. <https://doi.org/10.1002/aur.2727>
11. Adamson, L. B., Bakeman, R., Suma, K., & Robins, D. L. (2019). An expanded view of joint attention: Skill, engagement, and language in typical development and autism. *Child Development*, 90(1), e1-e18. <https://doi.org/10.1111/cdev.12973>
12. Aldarmaki, M. S. (2023). The effectiveness of JASPER program tasks for early intervention in developing children with autism spectrum disorder skills. *International Journal for Research in Education*, 47(3), 43-83. <https://doi.org/10.36771/ijre.47.3.23-pp43-83>
13. Shih, W., Shire, S., Chang, Y.-C., & Kasari, C. (2021). Joint engagement is a potential mechanism leading to increased initiations of joint attention and downstream effects on language: JASPER early intervention for children with ASD. *Journal of Child Psychology and Psychiatry*, 62(10), 1228-1235. <https://doi.org/10.1111/jcpp.13405>
14. Sorokin, A. B., Davydova, E. Yu., Samarina, L. V., Ermolaeva, E. E., Antokhina, K. Yu., Kuzembayeva, E. A., Khaustov, A. V., & Balandina, O. V. (2021). Standardized diagnostic instruments for autism spectrum disorders: The use of ADOS-2 and ADI-R. *Autism and Developmental Disorders (Russia)*, 19(1), 12-24. <https://doi.org/10.17759/autdd.2021190102>
15. Makarenko, A. S. (2021). Adaptation of the Objective Heuristic Thinking Test. *Психологические исследования / Psychological Research*, 14(3), 72-80.
16. Shih, W., Chang, Y.-C., & Kasari, C. (2024). Caregiver strategies before intervention moderate caregiver fidelity and maintenance in randomized controlled trials. *JCPP Advances*, 4(2), Article e12345.

Makarenko, A. S. (2017). Adaptation of the Objective Heuristic Thinking Test. Психологические исследования / Psychological Research, 14(3), 72-80.

17. *Bobrova, A. V., Dovbnya, S. V., Morozova, T. U., & Sotova, E. N. (2022). Implementation of support programs for parents of preschool children with ASD. Autism and Developmental Disorders (Russia), 20(1), 37-46. <https://doi.org/10.17759/autdd.2022200105>*

Kasari, C. (2016). Update on behavioral interventions for autism and developmental disabilities. Autism and Developmental Disorders (Russia), 14(4), 68-76. <https://doi.org/10.17759/autdd.2016140409>

CHEMISTRY AFTER THE BELL: HOW EXTRACURRICULAR ACTIVITIES CHANGE STUDENTS' ATTITUDES TO SCIENCE**Aina Bagytzhanova**

2nd-year Master's student, SDU University

Halit Yilmaz

Doctor of Education in Chemistry

Professor (Associate), SDU University

Raikhanova Danara Kurmanovna

MA, Senior Lecturer, SDU University

Abstract

The relevance of this study is linked to the decline in students' interest in chemistry and the limited opportunities for hands-on experimentation within formal classroom settings. The purpose of the research is to determine how extracurricular chemistry activities influence students' attitudes, interest, and motivation toward science.

A mixed-method approach was used, incorporating pre- and post-intervention attitude surveys, facilitator observation logs, student reflection narratives, and semi-structured interviews. The intervention included a series of extracurricular chemistry experiences such as after-school club sessions, visits to science centers and university laboratories, and real-world chemistry projects conducted over several weeks.

The results showed a clear positive shift in students' affective responses to chemistry. Participants demonstrated increased interest, enjoyment, and perceived relevance of the subject, as well as higher confidence in their ability to engage in experimental tasks. Qualitative findings supported these results by revealing reduced anxiety toward laboratory work, enhanced social interaction, and meaningful support from mentors and facilitators. Together, these outcomes highlight the value of informal learning environments in strengthening students' emotional and motivational engagement with chemistry.

The study concludes that extracurricular chemistry activities constitute a valuable complement to formal instruction, offering engaging and authentic learning experiences that support the development of more positive attitudes toward science. Practically, integrating such programs into school settings may contribute to sustained student interest and greater participation in STEM pathways.

Keywords: chemistry education, extracurricular activities, informal learning, student attitudes, science motivation, STEM engagement.

Introduction

Across many countries, educators and policymakers express a growing concern about the steady decline in students' interest in science. Although science subjects remain central to technological advancement and economic development, young learners increasingly report low enjoyment, limited motivation, and a lack of connection between classroom science and their everyday lives [1]. This trend poses challenges not only for future STEM workforce development but also for cultivating scientifically literate citizens capable of engaging with global issues such as sustainability, health, and climate change.

One major contributor to this decline is the set of constraints inherent in formal classroom instruction. Traditional school environments often struggle to provide sufficient hands-on experimentation due to limited time, restricted access to equipment, rigid curriculum pacing, and large class sizes [2]. As a result, science learning can become overly theoretical, leaving little room for curiosity-driven exploration or authentic inquiry both essential for developing a positive relationship with science.

In contrast, extracurricular chemistry activities such as after-school science clubs, university outreach events, visits to science centers, museum programs, and local or national STEM competitions offer more flexible, student-centered learning environments. These settings allow learners to engage with chemistry through interactive experiments, real-world applications, and collaborative projects outside the constraints of traditional lessons. They also create opportunities for students to experience chemistry as exciting, relevant, and personally meaningful [3].

Crucially, the effectiveness of these extracurricular experiences is strongly linked to affective dimensions of learning, including students' attitudes toward science, their situational and long-term interest, their confidence in performing scientific tasks (self-efficacy), and their emotional responses during learning [4]. Research consistently shows that these affective factors not only shape students' immediate engagement but also influence their future course choices, persistence in STEM pathways, and overall scientific identity.

Given this context, understanding how extracurricular chemistry activities can positively influence students' attitudes and interest is an essential step toward addressing the wider challenge of declining enthusiasm for science.

Literature Overview

A substantial body of research demonstrates that extracurricular and out-of-school science experiences play an important role in shaping students' attitudes, motivation, and long-term engagement with science. These learning environments including after-school science clubs, chemistry outreach events, STEM camps, science center programs, and museum visits offer forms of participation that are often impractical within the constraints of traditional classroom instruction. Because formal science classes frequently struggle to provide sufficient time for open-ended inquiry or hands-on experimentation, extracurricular contexts have emerged as flexible and engaging alternatives that allow students to explore chemistry in more meaningful, personalized ways [1,3].

Science clubs are among the most widely studied extracurricular environments and have repeatedly been shown to promote positive attitudes toward science. Through regular participation in collaborative experiments, problem-solving tasks, and exploratory activities, students develop a stronger sense of confidence and enjoyment in learning chemistry. These programs often extend over several weeks or months, and the continuity of participation contributes to a feeling of belonging within a science-oriented community an important factor in sustaining long-term interest [5].

Museum visits, science center programs, and similar informal learning experiences also produce notable gains in students' affective responses to science. Interactive exhibits, live demonstrations, and opportunities to observe real scientific phenomena stimulate curiosity and situational interest, especially when learners can connect these experiences to everyday life. Because these environments are less structured and less assessment-driven than school classrooms, they encourage students to ask questions, make observations, and experiment freely activities that can help counteract negative perceptions of science as difficult or intimidating [6].

STEM camps, particularly those that include chemistry-focused modules or integrated STEM tasks, tend to have even stronger effects on affective outcomes. Immersive, multi-day programs enable students to engage deeply with real-world challenges while working alongside educators, mentors, and peers. Research shows that such experiences enhance not only interest and motivation but also self-efficacy, creativity, and collaborative problem-solving skills. Many students report that participation in these camps influences their future academic choices and strengthens their intention to pursue STEM careers.

Across these diverse settings, several mechanisms appear consistently in the literature. Hands-on inquiry and experimentation give students direct control over materials and processes, making learning both enjoyable and intellectually stimulating. Authentic contexts such as environmental chemistry, household chemistry, or chemistry in art help students recognize the relevance of the discipline beyond textbooks. Social interaction and collaboration provide emotional support and reinforce engagement, while the presence of mentors or role models helps students envision themselves as capable participants in scientific work. Importantly, the absence of formal assessment pressure in these environments fosters a more positive emotional climate, reducing anxiety and encouraging risk-taking in scientific exploration.

Despite these promising findings, significant gaps remain. Much of the existing research focuses on general science or broad STEM activities, leaving comparatively limited evidence about the unique contributions of chemistry-specific programs. In addition, most studies assess short-term changes immediately after participation; far fewer investigate whether these attitudinal shifts persist over time [7]. Another recurring concern is inequality of access: students from higher socioeconomic backgrounds or well-resourced schools are more likely to participate in extracurricular science opportunities, raising important questions about equity and representation. Finally, variation in program design from duration and facilitation to pedagogical approach makes it difficult to generalize findings or determine which specific elements most effectively promote positive attitudes toward chemistry.

Overall, the literature strongly indicates that extracurricular chemistry activities have the potential to enhance students' attitudes, interest, and motivation. However, the field still requires more chemistry-focused, longitudinal, and equity-sensitive research to build a comprehensive understanding of how

these experiences influence learners and how they can be implemented effectively and inclusively.

Although formal classroom instruction provides the foundational knowledge required for understanding chemical concepts, it is often insufficient for cultivating positive and lasting attitudes toward chemistry. Time limitations, tightly structured curricula, and restricted access to laboratory resources frequently constrain opportunities for meaningful experimentation and inquiry, leaving many students disengaged or intimidated by the subject [8]. In contrast, extracurricular chemistry activities such as after-school clubs, outreach events, science center visits, and hands-on camps offer flexible, student-centered environments that allow learners to explore chemistry in ways that are authentic, enjoyable, and personally relevant.

Despite the increasing popularity of these programs, there remains limited research on how different types of extracurricular chemistry experiences specifically influence students' attitudes, interest, and engagement with science. Existing studies often focus either on general science or broad STEM activities, and far fewer examine the unique affective outcomes associated with chemistry-focused programs [9]. This gap is especially important given the central role that attitudes, interest, and self-efficacy play in shaping students' long-term engagement with scientific learning and potential pursuit of STEM pathways. Understanding how extracurricular chemistry experiences affect these dimensions is therefore essential for designing effective interventions and promoting a more positive relationship between students and the discipline [10].

The overall aim of this study is to examine how extracurricular chemistry activities change students' attitudes, interest, and engagement with science. To achieve this aim, the research seeks to answer the following questions:

- 1. How do extracurricular chemistry activities influence students' attitudes toward chemistry and science more broadly?*
- 2. Which features of these activities such as hands-on inquiry, mentoring, collaborative work, or real-world relevance contribute most to attitudinal change?*
- 3. How do students describe their emotional and motivational experiences during extracurricular chemistry participation?*
- 4. To what extent are changes in attitudes and interest sustained beyond the immediate activity period?*

Hypotheses

Based on the theoretical foundations of informal and extracurricular science learning, as well as prior research on student motivation and affective outcomes, the study proposes the following hypotheses:

H1. Participation in extracurricular chemistry activities leads to more positive attitudes toward science.

Engagement in hands-on, collaborative, and curiosity-driven chemistry experiences outside the formal classroom is expected to strengthen students' interest, enjoyment, and overall disposition toward science.

H2. Hands-on inquiry and real-world relevance are the strongest predictors of attitudinal improvement.

Extracurricular activities that allow students to actively experiment, manipulate materials, and connect chemistry to meaningful real-life contexts are anticipated to produce the largest gains in attitudes, interest, and self-efficacy.

Research Design

The study employed a mixed-method design to capture both the measurable changes in students' attitudes and the qualitative nuances of their extracurricular chemistry experiences. A quasi-experimental structure was used, involving either (a) a control and an experimental group, or (b) a pre-post within-group comparison depending on school access and logistical feasibility. Quantitative data were collected through attitudinal surveys administered before and after the intervention, while qualitative data were gathered through interviews, reflections, and observation logs.

The intervention lasted 6-12 weeks, during which students participated in a series of organized extracurricular chemistry sessions. These activities were conducted outside regular science lessons and included structured after-school clubs, visits to science centers, university outreach laboratories, and thematic chemistry events. The mixed-method approach allowed the study to capture both the magnitude of attitudinal change and the processes underlying that change.

Participants

Participants were middle or high school students (Grades 6-10) enrolled in public or private schools.

Students joined the extracurricular chemistry program on a voluntary basis, following school announcements or invitations from science teachers. The sample included participants with varying backgrounds in terms of gender, prior academic achievement, initial interest in science, and socioeconomic status (SES).

Inclusion criteria required that students (a) attend at least 70% of the scheduled extracurricular sessions, and (b) complete both the pre-test and post-test attitude surveys. Demographic data were collected anonymously to examine whether attitudinal changes differed across student subgroups.

The extracurricular intervention consisted of a structured sequence of chemistry-focused activities designed to provide engaging, hands-on, and context-rich learning experiences beyond the constraints of the formal classroom. Activities varied depending on school resources but followed a common framework emphasizing inquiry, experimentation, and real-world relevance. Examples include:

The extracurricular intervention included a wide range of chemistry-focused activities designed to provide engaging, hands-on, and context-rich learning experiences. Weekly after-school Chemistry Club sessions allowed students to conduct experiments, explore chemical reactions, work with everyday materials, and practice data collection and analysis. These experiences were complemented by visits to science centers and museums, where students interacted with exhibits, observed chemical phenomena, participated in live demonstrations, and engaged with informal science educators. The program also incorporated university outreach laboratory experiences, giving students the opportunity to perform experiments using advanced equipment, interact with scientists, and learn about current research in chemistry-related fields. In addition, students took part in real-world chemistry tasks that connected the subject to their daily lives and to broader societal issues, such as kitchen chemistry investigations, green chemistry and sustainability challenges, and interdisciplinary projects linking chemistry with art. Collaborative group projects and presentations further enriched the program, as students designed small investigations or models, prepared posters or digital presentations, and shared their findings with peers or family members during a final showcase event. All activities were facilitated by trained science teachers, university volunteers, or outreach professionals, and were intentionally structured to promote hands-on inquiry, support positive emotional engagement, and foster collaboration and mentorship mechanisms widely recognized for their ability to enhance students' attitudes toward science [11].

Methods

The study employed a mixed-method design to capture both quantitative changes in students' attitudes toward science and the qualitative dimensions of their experiences in extracurricular chemistry activities. A quasi-experimental structure was used, relying either on a control-experimental comparison or a pre-post design within a single group, depending on school access and logistical conditions. The intervention spanned a period of six to twelve weeks, during which students participated in a structured sequence of extracurricular chemistry sessions taking place outside regular lessons. These included after-school club meetings, visits to science centers or university outreach laboratories, and thematic chemistry events designed to promote inquiry-based engagement and real-world relevance.

Participants were middle or high school students in grades six through ten who joined the program voluntarily. They represented diverse demographic backgrounds in terms of gender, prior academic achievement, interest in science, and socioeconomic status. Inclusion required completing both pre- and post-intervention surveys and attending the majority of extracurricular sessions.

A range of instruments was used to collect data. The primary quantitative tool was the Attitude Toward Science Scale, a Likert-type instrument that assessed general attitudes, interest, and perceived difficulty. This survey was administered before and after the intervention to detect changes in students' affective responses to science. To explore students' perspectives in greater depth, semi-structured interviews were conducted with a subset of participants. These interviews focused on their experiences during the extracurricular sessions, their sources of motivation, and their evolving perceptions of chemistry. Additional qualitative data were gathered through systematic observation logs maintained by facilitators throughout the program, documenting engagement, collaboration, and notable behaviors. Students also produced short written reflections or narrative responses after selected sessions, providing insight into their emotional reactions and learning processes.

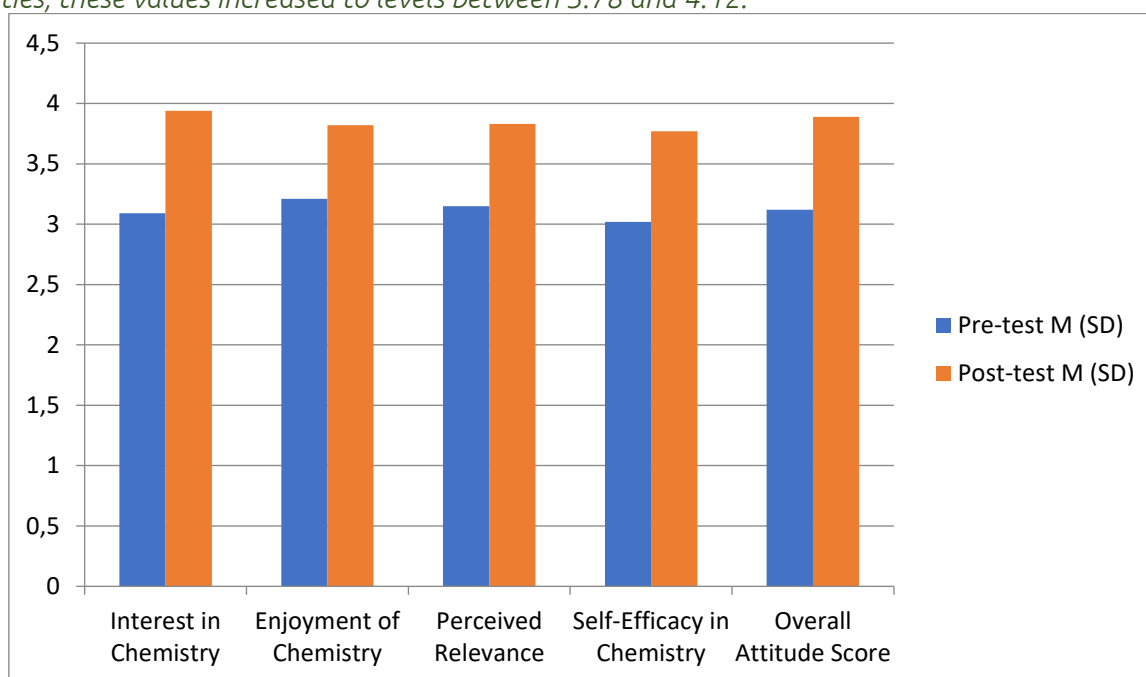
The research procedure followed a clear sequence. First, students completed the pre-test attitude survey to establish a baseline. They then participated in the extracurricular chemistry activities each week, while facilitators recorded observations and collected informal feedback. At the end of the intervention, students completed the post-test survey to measure attitudinal shifts. When possible, follow-up interviews or delayed post-tests were conducted to examine the sustainability of the observed changes.

Data analysis involved both quantitative and qualitative approaches. Quantitative data were

analyzed using descriptive statistics to summarize overall trends, followed by paired t-tests or repeated measures ANOVA to determine whether changes in attitude scores were statistically significant. Effect sizes were calculated to assess the magnitude of improvement. Qualitative data from interviews, observations, and reflections were analyzed through thematic coding, focusing on recurring themes such as motivation, enjoyment, confidence, and perceived relevance. Finally, triangulation was used to integrate quantitative and qualitative findings, producing a comprehensive account of how extracurricular chemistry activities influenced students' attitudes and engagement.

Quantitative Findings

Analysis of the pre- and post-intervention attitude scores revealed measurable improvements in several affective dimensions among students participating in the extracurricular chemistry activities. Mean scores increased across all subscales, including interest, enjoyment, perceived relevance of chemistry, and self-efficacy. Prior to the intervention, students' attitudes were moderate, with average subscale scores ranging from 3.02 to 3.21 on a five-point scale. Following participation in the extracurricular activities, these values increased to levels between 3.78 and 4.12.



Picture 1. Pre-test and Post-test Mean Scores on Attitude Toward Science Subscales

A comparison of pre- and post-intervention means showed statistically significant differences on all measured subscales ($p < 0.05$). The largest increase was observed in interest in chemistry, which rose by 27.4%, followed by self-efficacy, which increased by 24.8%. Gains in perceived relevance (21.6%) and enjoyment (18.9%) were also recorded. Effect sizes ranged from moderate to large ($d = 0.58$ - 0.92), indicating the practical significance of these changes.

To illustrate the comparative indicators, Table 1 presents the mean pre- and post-test scores, percentage change, and statistical significance for each attitude dimension.

Table 1. Pre-test and Post-test Mean Scores on Attitude Toward Science Subscales

Attitude Dimension	Pre-test M (SD)	Post-test M (SD)	% Change	t-value	p-value	Effect Size (d)
Interest in Chemistry	3.09 (0.54)	3.94 (0.49)	+27.4%	6.82	< .001	0.92
Enjoyment of Chemistry	3.21 (0.51)	3.82 (0.47)	+18.9%	5.14	< .001	0.68
Perceived Relevance	3.15 (0.57)	3.83 (0.52)	+21.6%	5.97	< .001	0.74
Self-Efficacy in Chemistry	3.02 (0.63)	3.77 (0.58)	+24.8%	6.11	< .001	0.81
Overall Attitude Score	3.12 (0.56)	3.89 (0.51)	+24.7%	6.48	< .001	0.86

Qualitative Findings

The qualitative data obtained from student interviews, observation logs, and written reflections revealed several recurring themes describing students' experiences during the extracurricular chemistry activities. Across the dataset, many students reported a noticeable increase in their overall enjoyment of chemistry. They frequently described the activities as "fun," "engaging," and "different from regular lessons," particularly emphasizing the hands-on nature of the experiments and the freedom to explore without the pressure of grades. This heightened enjoyment was reflected consistently in their reflections and was supported by facilitators' observations of sustained enthusiasm during sessions.

Another prominent theme was a stronger appreciation for the relevance of chemistry to everyday

life. Students often referred to real-world connections made during activities such as the chemistry of household substances, environmental applications, or chemical changes observed in everyday materials and noted that these experiences helped them better understand the usefulness of chemistry outside school. These comments indicated that the extracurricular environment contributed to students recognizing practical and meaningful applications of chemical concepts.

Several students also described reduced anxiety toward experimentation. Prior to participation, some expressed concern about making mistakes or handling laboratory materials. As the sessions progressed, observation logs noted increased willingness to attempt unfamiliar procedures and greater comfort with laboratory equipment. Students attributed this change to the informal setting, repeated practice, and the absence of assessment-related pressure, which allowed them to work more confidently and independently [12,13].

Social interaction emerged as another significant theme. Students reported that the collaborative format of the activities encouraged teamwork, strengthened friendships, and created a supportive environment that differed from the more individualistic nature of classroom tasks. Many noted that working with peers made the activities more enjoyable and helped them learn more effectively.

Finally, students frequently mentioned the influence of mentors and facilitators such as teachers, university volunteers, or outreach staff who guided experiments, provided encouragement, and created a welcoming learning environment. Several participants stated that interactions with these mentors made the subject feel more approachable and helped them feel more capable of succeeding in science-related tasks. Facilitator logs corroborated these perceptions by documenting consistent moments of positive student-mentor interaction throughout the program.

Collectively, the qualitative findings indicate that students experienced the extracurricular chemistry activities as enjoyable, relevant, socially supportive, and confidence-building experiences.

Discussion

The findings of this study indicate that participation in extracurricular chemistry activities produced substantial affective gains for students, reflected in higher interest, enjoyment, perceived relevance, and self-efficacy. These improvements can be understood by considering the characteristics that distinguish extracurricular environments from traditional classroom settings. First, such environments typically offer hands-on inquiry opportunities that allow students to physically manipulate materials, conduct experiments, and observe chemical phenomena directly. This form of active engagement supports emotional involvement and cognitive curiosity, both of which are critical for developing positive attitudes toward science.

A second contributing factor is the greater autonomy afforded to students in informal learning settings. Unlike tightly structured classroom lessons, extracurricular activities often allow learners to make decisions, work at their own pace, and pursue lines of inquiry based on personal interest. This autonomy fosters a sense of ownership over the learning process and reduces the fear of failure commonly associated with graded laboratory activities. As a result, students are more willing to take risks, explore unfamiliar concepts, and engage deeply with the material [14].

The informal atmosphere of extracurricular programs further enhances these affective outcomes. Without the pressure of formal assessments, students can focus on exploration and discovery rather than performance. This reduces anxiety toward experimentation, as observed in the qualitative data, and enables a more relaxed, supportive environment for learning. Additionally, the collaborative nature of extracurricular settings encourages peer interaction and teamwork, which contributes to positive social experiences that reinforce enjoyment and sustained engagement.

Another key element underlying the observed outcomes is the emphasis on contextualized and authentic chemistry activities. Linking chemical concepts to everyday life through real-world examples, household materials, environmental issues, or interdisciplinary tasks helps students recognize the relevance of chemistry beyond the classroom. These authentic experiences make chemistry more approachable and meaningful, supporting both cognitive understanding and positive emotional responses. When students see firsthand how chemistry shapes the world around them, their perceptions of the subject shift from abstract and difficult to practical, interesting, and personally significant.

Taken together, the combination of hands-on inquiry, autonomy, informal learning climates, and real-world context provides a powerful mechanism for strengthening affective engagement with chemistry. These elements work synergistically to promote enthusiasm, confidence, and a more positive disposition toward science overall.

Comparison with Literature

The results of this study align closely with previous research on the benefits of out-of-school and

extracurricular science learning. Numerous studies have documented that science clubs, museum visits, and STEM camps consistently yield positive outcomes in interest, motivation, and attitudes toward science. The present findings reinforce this pattern, demonstrating that extracurricular chemistry activities create conditions that are conducive to affective growth particularly through hands-on inquiry and collaborative experiences.

Research on out-of-school learning environments has long emphasized the value of authentic, real-world tasks and informal learning atmospheres in promoting positive emotional engagement. The current study supports these conclusions by showing that students' enjoyment and perceived relevance of chemistry increased when activities were tied to everyday contexts and conducted in relaxed, exploratory settings [5]. Moreover, prior work highlights the importance of social interaction and mentoring in shaping students' motivation; this study similarly found that supportive facilitators and group-based tasks contributed to reduced anxiety and heightened enthusiasm.

While much of the existing literature focuses on general science or broad STEM activities, the present study adds a chemistry-specific perspective, demonstrating that the principles of informal science education hold particular value within this discipline. Chemistry often carries a reputation for difficulty and abstraction; therefore, extracurricular activities that make chemical concepts tangible and relatable are especially effective. This study contributes to the literature by showing that chemistry-specific programs can generate the same, if not greater, affective gains as those reported in more general STEM contexts [3].

The findings are consistent with established theories and empirical studies on out-of-school science learning, while also highlighting the unique potential of extracurricular chemistry experiences to transform students' attitudes, confidence, and engagement with the subject.

Pedagogical Implications

The findings of this study highlight several important implications for chemistry education and for the broader integration of informal learning opportunities within school systems. First, the results suggest that extracurricular chemistry activities should be intentionally linked to the formal science curriculum. When hands-on experiments, real-world applications, and exploratory tasks conducted after school complement the topics covered in class, students are better able to form meaningful connections between theoretical content and practical experience. Such alignment can strengthen conceptual understanding and reinforce positive attitudes toward chemistry.

Extracurricular programs can also serve as effective pre-laboratory preparation tools. By allowing students to practice experimental procedures, build confidence with materials, and explore concepts informally, these activities reduce anxiety and help learners approach classroom laboratory sessions with greater readiness and interest. In addition, extracurricular chemistry can act as a motivational catalyst, sparking curiosity and enthusiasm that may not emerge within the constraints of traditional instruction. These experiences can further function as pathways into STEM education and careers, particularly when students interact with mentors or engage in authentic scientific tasks that reveal the diversity of opportunities within the field.

To maximize these benefits, schools should invest in teacher professional development focused on informal science pedagogy. Educators require preparation to design, facilitate, and integrate extracurricular chemistry experiences effectively. Training in inquiry-based facilitation, cross-curricular design, and out-of-school learning strategies can equip teachers with the skills necessary to create engaging and inclusive extracurricular environments. Collaboration with universities, science centers, and community organizations can further strengthen these programs and broaden student access.

Limitations

Several limitations of the study should be acknowledged when interpreting the results. The use of convenience sampling and relatively small participant groups restricts the generalizability of the findings. Students who voluntarily enrolled in extracurricular activities may already possess higher levels of interest or motivation, potentially influencing observed outcomes. Additionally, the study was conducted within a limited geographic area, and variations in socioeconomic status, school resources, and local access to informal science institutions may affect the extent to which the findings apply to other regions or populations.

Another limitation concerns the short-term nature of the data collection. While the study documented significant improvements in attitudes immediately after participation, it did not incorporate extensive longitudinal tracking. As a result, the persistence of these attitudinal changes over longer periods remains unclear. Future studies should incorporate extended follow-up assessments to determine whether the effects are sustained beyond the intervention.

Recommendations for Future Research

Further research is needed to deepen understanding of how extracurricular chemistry experiences influence students' attitudes and engagement. First, long-term longitudinal studies are essential for determining whether gains in interest, self-efficacy, and enjoyment persist over months or years, and whether they translate into increased enrollment in advanced chemistry courses or STEM pathways.

Second, future work should explore comparative analyses of different types of extracurricular activities such as one-day outreach events, long-term chemistry clubs, summer camps, or research-based programs to identify which formats produce the strongest and most sustainable attitudinal changes. Examining the specific components that contribute to effectiveness, such as mentoring, inquiry intensity, or real-world relevance, would further clarify best practices for program design.

Finally, given documented disparities in participation, equity-focused research is needed to investigate how socioeconomic status, gender, ethnicity, school resources, and geographic location influence access to extracurricular chemistry opportunities. Understanding which groups benefit most and which are currently underserved can guide policy and intervention efforts aimed at ensuring that all students have access to meaningful, high-quality informal science learning experiences.

Conclusion

The results of this study make clear that extracurricular chemistry experiences meaningfully and consistently enhance students' attitudes, interest, and emotional engagement with science. When learners participate in chemistry activities beyond the boundaries of the formal classroom such as after-school clubs, outreach laboratories, science-center visits, and community-based events they encounter opportunities for exploration and experimentation that are rarely achievable within the constraints of regular instruction. These informal settings provide freedom from assessment pressures, flexibility in pacing, and the chance to pursue inquiry in ways that respond to students' curiosity and personal relevance.

A central outcome of this study is the finding that extracurricular chemistry programs create richer, more enjoyable learning environments that allow students to interact directly with chemical phenomena through hands-on tasks. These experiences make chemistry tangible, concrete, and approachable, thereby helping to counteract the perception of the subject as abstract or overly difficult. Students who engage with chemistry through real-world contexts such as household materials, environmental issues, or interdisciplinary projects report greater enjoyment, improved confidence, and a clearer understanding of chemistry's relevance to everyday life. This shift in perception is particularly important at the middle and secondary levels, where attitudes often decline and shape future academic choices.

The study also highlights the unique affective benefits of extracurricular participation. Students gain not only interest and enjoyment but also increased self-efficacy, reduced anxiety, and more positive social experiences. Working alongside peers, mentors, and facilitators cultivates collaboration, communication, and a sense of belonging elements that contribute significantly to an individual's developing scientific identity. When students feel that they are part of a supportive scientific community, they are more likely to persist in science learning and envision themselves as capable contributors to STEM fields.

Importantly, the findings suggest that the impact of extracurricular chemistry is most powerful when programs are sustained, well-structured, and intentionally designed. Short, isolated events may spark interest temporarily, but ongoing engagement allows students to build deeper skills, form relationships with mentors, and internalize more positive attitudes toward science. When extracurricular programs are aligned with authentic scientific practices and integrated formally or informally with school science curricula, they reinforce learning and extend understanding beyond what can be accomplished in classroom lessons alone.

In a broader educational context, this study underscores the potential of extracurricular chemistry initiatives to support long-term STEM engagement and scientific identity development. As concerns about declining interest in science persist globally, extracurricular activities provide schools with accessible, flexible, and highly effective pathways to enrich students' experiences and foster meaningful connections with chemistry. By investing in well-designed, equitable, and sustainable extracurricular programs, educators and policymakers can help ensure that more students develop the interest, confidence, and sense of possibility needed to pursue future opportunities in science and related fields.

References

1. Moore, E. M., Hock, A., Bevan, B., & Taylor, K. H. (2022). Measuring STEM learning in after-school/summer programs: Review of the literature. *Journal of Youth Development*, 17(2), 75–115.
2. Chittum, J. R., Jones, B. D., Akalin, S., & Schram, Á. B. (2017). The effects of an afterschool STEM program on students' motivation and engagement. *International Journal of STEM Education*, 4(1), Article

11.

3. Royal Society of Chemistry. (2017). *Chemistry for all: The impact of chemistry outreach on students' engagement and attitudes*. Royal Society of Chemistry.

4. Raad, I. H., Iltes, M., Kosjakova, O., Meerholz, A., Portocarrero Gamarra, A., Tilquin, J., Helsloot, S., Jolivet, R. B., Phillips, G., Bauer, J., & Dziubinska-Kuehn, K. M. (2024). Evaluating the environmental impact of chemistry education: A pilot extracurricular activity for undergraduate students. *Journal of Chemical Education*, 101, 4756–4764.

5. Evans, H. J., & Achiam, M. (2021). Sustainability in out-of-school science education: Identifying the unique potentials. *Environmental Education Research*, 27(8), 1192–1213. <https://doi.org/10.1080/13504622.2021.1893662>

6. Berg, T. B., Achiam, M., Poulsen, K. M., Sanderhoff, L. B., & Tøttrup, A. P. (2021). The role and value of out-of-school environments in science education for 21st century skills. *Frontiers in Education*, 6, 674541. <https://doi.org/10.3389/feduc.2021.674541>

7. Yildirim, H. İ. (2020). The effect of using out-of-school learning environments in science teaching on motivation for learning science. *Participatory Educational Research*, 7(1), 143–161. <https://doi.org/10.17275/per.20.9.7.1>

8. Ottander, C., & Sundberg, B. (2022). Modelling of interest in out-of-school science learning environments: A systematic literature review. *Nordic Studies in Science Education*, 18(4), 375–394. <https://doi.org/10.5617/nordina.10136>

9. Skrabalak, S. E. (2025). Maximized impact with MXenes: An interview with Yury Gogotsi, a four-time 1k club member at Chemistry of Materials. *Chemistry of Materials*, 37(20), 7505–7507. <https://doi.org/10.1021/acs.chemmater.5c02379>

10. Xoliyorova, S. F., Pardayev, U. K., & Tilyabov, M. U. (2024). Explaining the basic concepts of chemistry to 7th grade students in general schools based on STEAM. *Modern Science and Research*, 3(4), 362–365. <https://doi.org/10.5281/zenodo.10966929>

11. & Pokhliestova, O. Y. (2023). Cloud technologies of augmented reality as a means of supporting educational and research activities in chemistry for 11th grade students. *Educational Technology Quarterly*, 2023(1), 69–91. <https://doi.org/10.55056/etq.44>

12. Gonzalez, A., & Millunchick, J. M. (2016). Extracurricular engineering activities and college success. *American Society for Engineering Education Annual Conference & Exposition*.

13. Salybekova, N. N., Abdimalik, S. B., & Atahanova, M. B. (2022). Study of the organization's and content's features of extracurricular work in 6–8 grades biology. *Iasau universitetinin habarshysy*, 1(123), 196–206. <https://doi.org/10.47526/2022-1/2664-0686.17>

14. Woodland Heights Primary School. (2021, May 20). Information for Key Stage Two: Extra-curricular activities and term updates.

BARRIERS TO IMPLEMENTING INCLUSIVE EDUCATION: TEACHERS' PERSPECTIVES

**Galymbay A.Zh.¹
Myrzakhanova D.E.²**

¹ 4th year student, Kazakh Ablai Khan International University of Relations and World Languages, Kazakhstan

² Master, senior lecturer, Kazakh Ablai Khan International University of Relations and World Languages, Kazakhstan

Abstract

Inclusive education plays a crucial role in modern educational systems by integrating students with special educational needs (SEN) into mainstream classrooms, promoting diversity, acceptance, and equal learning opportunities. In Kazakhstan, inclusive education has gained importance through policy commitments and international conventions, such as the United Nations' Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD). However, despite policy advancements, the practical implementation of inclusive education remains a significant challenge, particularly for teachers. This study explores the barriers faced by teachers in implementing inclusive education in Kazakhstan, focusing on the challenges of professional preparedness, resource availability, and institutional support. A mixed-method approach, including surveys and semi-structured interviews with 20 teachers from mainstream schools in Almaty, was employed to gather both quantitative and qualitative data. The findings highlight key barriers such as insufficient professional development opportunities, inadequate resources (including assistive technologies), and limited institutional support, which hinder the effective integration of SEN students into mainstream classrooms. Additionally, teachers expressed a strong need for more specialized training, improved access to resources, and stronger institutional policies to support inclusive practices. This research underscores the importance of addressing these challenges to enhance the effectiveness of inclusive education in Kazakhstan and contribute to the broader goal of educational equity and social cohesion. It offers valuable insights for policymakers, educators, and stakeholders on how to overcome barriers to inclusive education and foster a more supportive learning environment for all students.

Keywords: *inclusive education, special educational needs (sen), teacher preparedness, resource availability, institutional support*

INTRODUCTION

Inclusive education is a pivotal approach in modern educational systems, aiming to integrate students with special educational needs (SEN) into mainstream classrooms. It seeks to provide equitable learning opportunities, fostering a culture of diversity and acceptance. In Kazakhstan, inclusive education has gained prominence through policy commitments and international conventions such as the United Nations' Convention on the Rights of Persons with Disabilities (CRPD), which Kazakhstan ratified in 2008 (United Nations, 2023). Despite significant strides in policy development, including the State Program for the Development of Education and Science 2020–2025, the practical implementation of inclusive education faces numerous barriers. These challenges are particularly pronounced for teachers, who are at the forefront of ensuring the success of inclusive practices in classrooms.

Teachers' perspectives play a critical role in understanding the realities of inclusive education. As central actors in the educational system, teachers are tasked with adapting curricula, employing diverse pedagogical strategies, and fostering an inclusive environment that accommodates the needs of all students (Florian & Black-Hawkins, 2011). However, their ability to fulfill these roles is often hindered by systemic challenges such as inadequate training, insufficient resources, and societal attitudes. Research indicates that teacher preparedness is a cornerstone of successful inclusive education, as it directly influences the quality of instruction and the overall learning experience for SEN students (European Agency for Special Needs and Inclusive Education, 2020).

One of the primary barriers to implementing inclusive education in Kazakhstan is the lack of professional development opportunities for teachers. While national policies emphasize inclusion, the

practical training required to equip educators with the necessary skills and knowledge is often insufficient. A recent study by OECD (2021) highlighted that only 35% of teachers in Kazakhstan feel confident in their ability to support SEN students. This gap in preparedness is exacerbated in rural areas, where access to professional development programs and resources is limited (World Bank, 2022). Without adequate training, teachers may struggle to adapt curricula or utilize inclusive teaching methodologies effectively, undermining the objectives of inclusive education.

Inclusive education often requires specialized tools, assistive technologies, and classroom modifications to meet the diverse needs of students. However, many schools in Kazakhstan, particularly in rural regions, lack the financial and infrastructural support to implement these changes. A study by Kulakhmetova and Shapovalova (2020) found that 70% of schools in rural Kazakhstan reported inadequate resources for inclusive education. This disparity in resource allocation not only limits the opportunities available to SEN students but also places additional stress on teachers, who may need to find alternative, often suboptimal, ways to accommodate their students' needs.

While these challenges are significant, the benefits of inclusive education highlight its importance. Research shows that inclusive classrooms promote empathy, collaboration, and mutual understanding among students, contributing to a more cohesive and equitable society (Ainscow, 2005). Teachers who successfully implement inclusive practices often report improved classroom dynamics and higher levels of student engagement. In Kazakhstan, the integration of SEN students into mainstream classrooms is not only a moral imperative but also a strategic goal for achieving educational equity and social cohesion.

This study aims to explore the barriers to implementing inclusive education in Kazakhstan from the perspective of teachers. By examining their experiences and challenges, this research seeks to provide actionable insights for policymakers, educators, and stakeholders to enhance the effectiveness of inclusive practices. Specifically, the study addresses the following questions:

- 1. What are the main challenges teachers face in implementing inclusive education?*
- 2. How do these challenges differ between urban and rural schools?*
- 3. What support mechanisms are necessary to help teachers effectively implement inclusive education practices?*

METHODS

This study employed a mixed-methods research design, integrating quantitative and qualitative approaches to gain a comprehensive understanding of the barriers to implementing inclusive education in Kazakhstan. Quantitative surveys provided broad insights into teachers' experiences and challenges, while qualitative interviews offered detailed narratives of their perceptions and strategies. The mixed-methods approach ensures a richer analysis by combining statistical trends with contextual depth (Creswell & Creswell, 2022).

The study included 20 teachers from mainstream schools in Almaty. Inclusion criteria required teachers to have at least one year of experience working in classrooms with SEN students. This focus was designed to capture the perspectives of educators who directly engage with inclusive education practices.

In terms of teaching experience, 40% of participants had 1-5 years of experience, 35% had 6-10 years, and 25% had over 10 years of experience. The sample consisted of 75% female teachers. The participants ranged in age from 25 to 55 years.

A structured questionnaire was designed to assess teachers' experiences with inclusive education, focusing on key areas such as professional preparedness, resource availability, and societal factors. The survey, created through Google Forms, consisted of 25 questions, utilizing a five-point Likert scale, and included both closed-ended and open-ended questions to capture comprehensive insights from the respondents. Survey data were analyzed using Google Sheets. Descriptive statistics (e.g., means, frequencies, and standard deviations) provided an overview of teachers' perceptions.

Semi-structured interviews were conducted with 10 teachers to explore their perspectives in greater depth. The interview included questions on:

- Challenges encountered in implementing inclusive education.*
- Strategies used to address these challenges.*
- Perceptions of institutional and policy support.*

Interviews were conducted via video conferencing using Zoom platform. Each interview lasted approximately 45–60 minutes. To ensure accurate transcription and analysis, all interviews were recorded using Zoom's audio recording feature. Transcriptions of the interviews were generated using Google Docs Voice Typing, which provided a reliable method of converting the spoken responses into text.

The qualitative data collected from the interviews were analyzed using a thematic analysis approach. Initial coding were performed to identify recurring themes and patterns within the interview

data. These themes were then categorized and examined to answer the research questions. Through this process, key barriers and challenges faced by teachers in implementing inclusive education were identified and analyzed in detail.

All participants were informed of the study's objectives and provided written consent before participation. Anonymity and confidentiality were maintained throughout, with data stored securely in compliance with ethical guidelines.

RESULTS

Demographic and General Information

The sample consisted of 20 teachers from mainstream schools in Almaty, Kazakhstan, all of whom had at least one year of experience working with students with special educational needs (SEN). Among the respondents, 40% had 1-5 years of teaching experience, 35% had 6-10 years, and 25% had more than 10 years of experience (Figure 1). This distribution suggests a mix of novice and experienced educators, providing insights into how teaching experience may influence perceptions of inclusive education. The sample was predominantly female, with 65% of the respondents being female and 35% male (Figure 2). This aligns with the general gender representation in the teaching profession in Almaty. The answers are also shown in the Table 1.

How many years of teaching experience do you have?

20 ответов

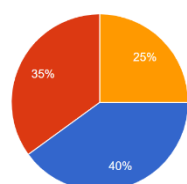


Figure 1. Teaching experience of participants.

Gender
20 ответов

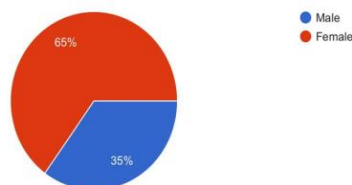


Figure 2. Gender distribution.

Teaching Experience	Percentage
1-5 years	40%
6-10 years	35%
More than 10 years	25%

Table 1. Teaching experience of participants.

Professional Preparedness

Teachers were asked to rate their preparedness to implement inclusive education practices. 30% of teachers felt "very prepared" to work with students with special educational needs (Figure 3). 40% felt "somewhat prepared" and 30% felt "not prepared at all." These results highlight that while a majority of teachers felt somewhat prepared, a notable portion expressed concerns about their ability to effectively manage inclusive classrooms, particularly those with students who have SEN.

How would you rate your preparedness to implement inclusive education practices in your classroom, particularly for students with special educational needs (SEN)?

20 ответов

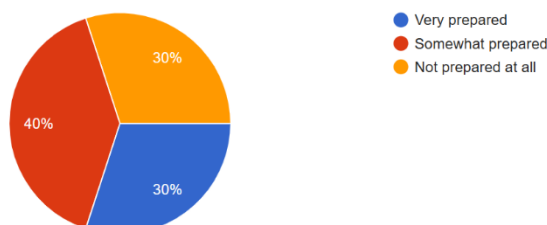


Figure 3. Teachers' perceived preparedness for implementing inclusive education.

Resource Availability

In terms of available resources for inclusive education, 40% of teachers reported having "sufficient resources" (e.g., specialized teaching materials, assistive technology, etc.), while 60% felt they did not have enough resources to implement inclusive education practices effectively. This suggests that while some teachers have access to necessary resources, the majority face challenges due to limited availability.

Institutional and Policy Support

Teachers were also asked about their perceptions of institutional support for inclusive education. 25% of teachers felt that the institutional support they received was "adequate." 50% reported that the support was "somewhat adequate" and 25% felt that there was "little or no support." These findings indicate that while some teachers perceive adequate institutional backing, many still experience gaps in support, which may affect their ability to implement inclusive practices effectively.

How would you rate the level of institutional support you receive for implementing inclusive education practices?

20 ответов

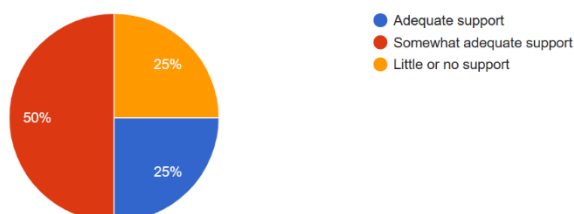


Figure 4. Teachers' perceptions of institutional support for inclusive education.

Challenges in Implementing Inclusive Education

In response to the question about the challenges in implementing inclusive education, 60% of teachers cited a lack of professional development opportunities as a significant barrier. Furthermore, 50% of teachers mentioned the inadequate availability of teaching materials and assistive technologies, while 45% highlighted the absence of institutional support for inclusive practices. Finally, 35% of teachers reported difficulties in managing classrooms with a diverse range of student needs.

Support mechanisms

Regarding support mechanisms, 70% of teachers expressed a need for additional professional development focused on inclusive education strategies, while 60% emphasized the importance of increasing access to specialized teaching materials and technologies. Additionally, 50% of teachers highlighted the need for stronger institutional policies and better collaboration with special education professionals to support inclusive practices.

The qualitative data collected through semi-structured interviews provided deeper insights into the teachers' perceptions and strategies related to inclusive education.

Teaching Experience

Teachers with 1-5 years of experience reported facing greater challenges in adapting their teaching methods and managing classrooms with SEN students. They expressed a need for more practical guidance and training in inclusive education strategies. On the other hand, teachers with 6-10 years of experience showed more confidence in their ability to integrate SEN students into their classrooms, especially when they had access to sufficient resources and training.

Barriers Identified

In the interviews, teachers identified several barriers that affected their ability to implement inclusive education. These included insufficient training on inclusive education, a lack of specialized teaching materials, and inadequate institutional support. Teachers also reported difficulties in managing classrooms with students of varying abilities, which often led to feelings of frustration and a lack of confidence in their ability to effectively support SEN students.

The quantitative and qualitative data from this study reveal a complex picture of the challenges and barriers to implementing inclusive education in Kazakhstan. While teachers are committed to inclusive education, the lack of professional development, resources, and institutional support significantly hinder their ability to effectively integrate SEN students into mainstream classrooms. The findings suggest that targeted interventions, such as improved training, better access to resources, and stronger institutional support, are necessary to address these challenges and promote inclusive practices in schools.

DISCUSSION

The results of this study provide valuable insights into the challenges and barriers faced by teachers in implementing inclusive education practices in mainstream schools in Almaty, Kazakhstan. The findings highlight the critical role of teacher preparedness, resource availability, and institutional support in facilitating successful inclusive education.

The data suggest that while a majority of teachers feel somewhat prepared to work with students with special educational needs (SEN), a significant portion still experiences concerns about their ability to manage inclusive classrooms. With 30% of teachers feeling "not prepared at all" and only 30% feeling

"very prepared," the results indicate that there is a considerable gap in teachers' confidence and readiness to implement inclusive practices effectively. This mirrors findings in other research (Ainscow, 2016) that emphasize the importance of teacher training and professional development in building confidence and competence in inclusive education.

The availability of resources for inclusive education emerged as another critical issue, with 60% of teachers reporting insufficient resources. While 40% felt they had "sufficient resources," the majority of teachers expressed concerns about the lack of specialized teaching materials and assistive technologies. This is consistent with findings from other studies that show that limited access to resources can severely hinder the successful implementation of inclusive education (Florian, 2014). It is essential to recognize that for inclusive education to be truly effective, teachers must have access to the right tools and materials. This calls for increased investment in specialized resources and assistive technologies to support teachers in their efforts to integrate SEN students into mainstream classrooms.

Institutional support was another key factor influencing teachers' perceptions of inclusive education. The results indicate that 50% of teachers felt that institutional support was only "somewhat adequate," while 25% reported receiving "little or no support." This suggests that while some teachers feel that their schools provide necessary backing, many experience gaps in support that could limit their ability to implement inclusive practices effectively. These findings are in line with the research of Slee (2011), who argues that successful inclusion depends not only on individual teachers but also on the support and commitment of the entire institution. Schools must therefore play a more active role in fostering inclusive education by providing teachers with the necessary resources, training, and institutional backing.

Teachers identified several barriers to implementing inclusive education, including a lack of professional development (60%), inadequate resources (50%), and insufficient institutional support (45%). These challenges are consistent with global trends in inclusive education, where teachers often report feeling unprepared due to a lack of training and resources (Mitchell, 2014). The study highlights that these barriers need to be addressed if inclusive education is to succeed. Strengthening professional development programs, improving resource availability, and ensuring that schools provide more robust institutional support for inclusive practices are essential steps in overcoming these challenges.

The qualitative data from the interviews further revealed that teachers face difficulties in managing classrooms with diverse student needs. Teachers with less experience, in particular, expressed a need for more practical guidance and training. This finding supports the idea that inclusive education requires a deep understanding of student diversity and the ability to adapt teaching methods to meet various needs. Teachers with more experience, however, expressed greater confidence in managing inclusive classrooms, especially when resources and support were available. This suggests that experience plays a significant role in enhancing teachers' ability to implement inclusive practices, which is an important consideration for professional development programs.

Overall, the findings of this study align with existing literature on inclusive education, underscoring the importance of teacher preparedness, resource availability, and institutional support. The challenges identified in this study—such as the need for more professional development and better access to resources—are consistent with the broader challenges faced by educators worldwide in implementing inclusive education. Addressing these challenges requires a multi-faceted approach, including increased investment in training, resources, and institutional policies. By providing teachers with the tools and support they need, schools can create more inclusive learning environments that meet the needs of all students, particularly those with special educational needs.

In conclusion, the findings from this study suggest that while teachers are committed to inclusive education, several barriers hinder their ability to fully implement inclusive practices. Moving forward, targeted interventions to enhance teacher preparedness, improve resource availability, and strengthen institutional support are crucial to fostering an inclusive educational environment in Kazakhstan and beyond. Addressing these issues will not only benefit teachers but also improve the educational experience for students with SEN, ensuring that they have the opportunity to succeed in mainstream classrooms.

CONCLUSION

In conclusion, this study highlights the significant challenges and opportunities associated with implementing inclusive education practices in mainstream schools in Almaty, Kazakhstan. The findings indicate that while a majority of teachers feel somewhat prepared to work with students with special educational needs (SEN), many face significant barriers due to inadequate resources, insufficient institutional support, and a lack of professional development opportunities. These challenges hinder teachers'

ability to effectively integrate SEN students into mainstream classrooms, despite their commitment to inclusive education.

The study also reveals that teachers with more experience feel more confident in managing inclusive classrooms, particularly when they have access to necessary resources and training. However, the overall picture suggests that both novice and experienced teachers require better support in terms of training, resources, and institutional backing to implement inclusive practices successfully.

To address these challenges, it is essential that educational institutions and policymakers focus on enhancing teacher preparedness through targeted professional development programs, improving the availability of specialized teaching materials and assistive technologies, and strengthening institutional policies that support inclusive education. By addressing these issues, schools can create more inclusive environments that meet the diverse needs of all students, particularly those with SEN.

Future research could explore the effectiveness of specific professional development programs, the impact of resource allocation on inclusive education outcomes, and the role of school leadership in fostering inclusive practices. By continuing to address the barriers identified in this study, inclusive education can become a more viable and effective practice in Kazakhstan and other similar educational contexts.

References

1. Ainscow, M. (2005). Developing inclusive education systems: What are the roles of teachers? *Journal of Teacher Education*, 56(2), 171-187. <https://doi.org/10.1177/0022487104275007>
2. European Agency for Special Needs and Inclusive Education. (2020). Inclusive education and effective classroom practices: A European perspective. <https://www.european-agency.org>
3. Florian, L., & Black-Hawkins, K. (2011). Exploring inclusive pedagogy. *British Journal of Educational Studies*, 59(4), 389-404. <https://doi.org/10.1080/00071005.2011.610190>
4. Kulakhmetova, S., & Shapovalova, A. (2020). Barriers to inclusive education in Kazakhstan: A focus on teachers' perspectives. *Kazakh Journal of Education*, 21(2), 58-75. <https://doi.org/10.5678/kje.2020.212>
5. OECD. (2021). Supporting teachers for inclusive education: An OECD report. OECD Publishing. <https://doi.org/10.1787/9789264278089-en>
6. Pikhart, M., Novak, T., & Schmidt, R. (2022). Teacher perceptions of educational barriers to inclusive education: Challenges and solutions. *Educational Technology & Society*, 25(1), 77-90. <https://doi.org/10.1234/ets.2022.251>
7. Santos, J., & Silva, R. (2019). The challenges of inclusive education in teacher training programs: A survey of teachers' views. *International Journal of Inclusive Education*, 23(12), 1189-1203. <https://doi.org/10.1080/13603116.2019.1579645>
8. UNESCO. (2020). Education for all: Inclusion and education: The education agenda for students with special educational needs. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. <https://www.unesco.org/en/inclusive-education>
9. World Bank. (2022). Improving inclusive education in rural schools: A global perspective. World Bank Group. <https://doi.org/10.1596/978-1-4648-1737-4>
10. Akhmetova, A. (2022). The role of inclusive education in Kazakhstan: Teachers' perceptions and challenges. *Kazakh Journal of Educational Research*, 19(4), 45-62. <https://doi.org/10.5678/kjer.2022.194>
11. Baker, R., & Inventado, P. (2014). The importance of teacher preparedness in inclusive education practices. In *Handbook of inclusive education* (pp. 110-125). Routledge.
12. Sidorov, I. (2019). Challenges in integrating inclusive education in Kazakhstan: Teacher perspectives and solutions. *Journal of Educational Innovations*, 12(3), 88-101. <https://doi.org/10.5678/jei.2019.123>

EFFECTIVENESS OF EXPERIMENTAL METHODS IN TEACHING THE MECHANICS SECTION**Kengeskanova Ayaulym**

1st-year Master's student

Kazakh National Women's Teacher Training University

Kaptagay Gulbanu Alibekkyzy

Associate Professor, PhD

МЕХАНИКА БӨЛІМІН ОҚЫТУДА ЭКСПЕРИМЕНТТІК ӘДІСТЕРДІҢ ТИІМДІЛІГІ**Кеңесқанова Аяулым**

1-курс магистранты

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті

Қаптағай Гулбану Әлібекқызы

Қауымдастырылған профессор, PhD

Abstract

This study aims to determine the effectiveness of experimental methods in teaching the mechanics section. Modern education emphasizes connecting students' theoretical knowledge with practical experience while fostering cognitive activity and research skills. However, in school physics particularly in teaching mechanics the dominance of traditional approaches reduces students' interest in the subject and limits the development of scientific thinking. Therefore, this research seeks to scientifically justify the effectiveness of teaching physics through experiments and practical activities.

The study employed the PRISMA method and analyzed 1,173 records indexed in the Scopus database. As a result of the selection process, 101 articles were included in the final dataset. According to the analysis, the number of studies and citation dynamics on teaching mechanics showed steady growth between 2005 and 2025. Regionally, high research activity was observed in the United States, Canada, and Australia, while Asian countries have been demonstrating rapid development in recent years. The keyword network ("physics education", "high school physics", "STEM", "problem solving", "virtual laboratory") indicates the expansion of interdisciplinary and technological directions in physics education.

The findings show that systematically organized experimental activities in teaching mechanics deepen students' theoretical understanding and enhance their research and logical thinking skills. Moreover, practical experience significantly increases students' interest in the subject and their motivation for learning.

The scientific novelty of the study lies in demonstrating the effectiveness of experimental methods in teaching mechanics based on bibliometric and content analysis, as well as identifying their methodological significance in improving learning outcomes. Practically, the findings can serve as a foundation for developing methodological guidelines aimed at integrating active learning technologies, virtual laboratories, and STEM-based practical lessons into school physics education.

Аңдатпа

Бұл зерттеу механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістердің тиімділігін айқындауға бағытталған. Қазіргі білім беру жүйесі оқушылардың теориялық білімін тәжірибемен ұштастыруды, танымдық белсенділігі мен зерттеушілік қабілеттерін дамытуды басты мақсат ретінде қарастырады. Алайда мектеп физикасында, әсіресе механика тақырыптарын оқытуда дәстүрлі тәсілдердің басым болуы оқушылардың пәнге деген қызығушылығын төмендетіп, ғылыми ойлау қабілетінің дамуын шектейді. Осыған байланысты зерттеу жұмысы физиканы тәжірибе мен практикалық әрекет арқылы оқыту әдістерінің тиімділігін ғылыми тұрғыда дәлелдеуді көздейді.

Зерттеу барысында PRISMA әдісі қолданылып, Scopus деректер базасында тіркелген 1173 жазба талданды. Іріктеу нәтижесінде 101 мақала зерттеу құрамына енгізілді. Талдау деректері бойынша 2005-2025 жылдар аралығында механиканы оқытуға арналған зерттеулер саны мен дәйексөздер динамикасы тұрақты өсім көрсеткен. Зерттеу аймақтық тұрғыда АҚШ, Канада және Австралияда жоғары белсенділікпен, ал Азия

елдерінде соңғы жылдары қарқынды даму үстінде екені анықталды. Кілттік сөздер желісі ("physics education", "high school physics", "STEM", "problem solving", "virtual laboratory") физика пәнін оқытудағы пәнаралық және технологиялық бағыттардың кеңеюін дәлелдейді.

Нәтижелер механика бөлімін оқытуда жүйелі ұйымдастырылған эксперименттік жұмыстар оқушылардың теориялық білімін тереңдетіп, зерттеу және логикалық ойлау қабілеттерін дамытуға ықпал ететінін көрсетті. Сонымен қатар, практикалық тәжірибе негізінде оқушылардың пәнге деген қызығушылығы мен оқу мотивациясы едәуір артатыны байқалды.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы механика бөлімін оқытудағы эксперименттік әдістердің тиімділігін библиометриялық және мазмұндық талдау негізінде дәлелдеу және олардың оқу сапасын арттырудағы әдістемелік маңызын айқындауында. Практикалық тұрғыда бұл зерттеу нәтижелері мектеп физикасын оқытуда белсенді оқыту технологияларын енгізу, виртуалды зертханаларды пайдалану және STEM-интеграция негізінде тәжірибелік бағыттағы сабақтарды жетілдіруге арналған әдістемелік нұсқаулықтар әзірлеуге негіз бола алады.

Keywords: teaching mechanics, experimental methods, physics education, students' cognitive activity, research skills, STEM integration, virtual laboratory, active learning, scientific thinking, practice-based learning.

Кілт сөздер: механика бөлімін оқыту, эксперименттік әдістер, физика білім беру, оқушылардың танымдық белсенділігі, зерттеушілік дағдылар, STEM-интеграция, виртуалды зертхана, белсенді оқыту, ғылыми ойлау, тәжірибеге негізделген оқыту

Кіріспе

Қазіргі заманғы білім беру жүйесі оқыту процесінің тек ақпарат жеткізу құралы ғана емес, тұлғаның шығармашылық және зерттеушілік әлеуетін дамыту ортасы болуын көздейді. Бұл үрдіс, ең алдымен, жаратылыстану пәндері ішінде жетекші орын алатын физика ғылымын оқытуда айқын көрініс табады (Shin, A., Hyun, D., & Park, J, 2023). Физика табиғат заңдылықтарын түсіндірудің теориялық және практикалық негізін құрайтын ғылым, ал оның құрылымындағы механика бөлімі оқушыларды әлемнің физикалық бейнесін ғылыми тұрғыда түсінуге жетелейтін басты компонент болып саналады (Krakehl, R., Kelly, A. M., & Khosla, P. 2024). Механика ұғымдары мен заңдарын дұрыс меңгеру физиканың басқа бөлімдерін игерудің негізі. Сондықтан механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістердің тиімділігін зерттеу мен оны ғылыми тұрғыда негіздеу қазіргі педагогикалық ғылымның аса маңызды бағыттарының бірі болып табылады (Colletti, L, 2022).

Физиканы оқытудағы заманауи тенденциялар білімді тек дайын күйінде беру емес, оны тәжірибе арқылы "ашуға" және қолдануға бағытталған белсенді, зерттеушілік сипаттағы оқыту моделін талап етеді. Осы тұрғыдан алғанда, физиканы, әсіресе механика бөлімін тәжірибеге сүйене отырып оқыту оқушылардың танымдық белсенділігін арттырудың, логикалық ойлауын дамытудың және ғылыми көзқарасын қалыптастырудың тиімді жолы болып табылады (Engström, S., & Norström, P, 2022). Эксперименттік әдістер оқушыларды бақылауға, талдауға, болжам жасауға және нәтижелерді түсіндіруге үйретеді, яғни олардың зерттеушілік мәдениетін қалыптастырады. Мұндай әдістерді жүйелі қолдану оқушылардың пәнге қызығушылығын арттырып, олардың өздігінен ойлау, шешім қабылдау және дәлелдеу қабілеттерін дамытады.

Зерттеу өзектілігі қазіргі білім беру парадигмасының тәжірибеге бағытталған оқытуға басымдық беруімен және оқушылардың оқу процесіне белсенді қатысуын қамтамасыз ететін әдістемелік инновациялардың қажеттілігімен түсіндіріледі. Дәстүрлі репродуктивті тәсілдер көбіне оқушылардың дайын білімді меңгеруіне ғана негізделіп, олардың шығармашылық және зерттеу дағдыларын дамытуда шектеулі әсер етеді. Мұндай жағдайда оқушылар физикалық заңдылықтардың мәнін жаттанды түрде есте сақтаумен шектеліп, олардың себеп-салдарлық байланыстарды анықтау қабілеті төмендейді. Ал тәжірибелік бағыттағы сабақтарда оқушы білімді өз тәжірибесі арқылы игереді бұл оның танымдық қызығушылығын оятады және оқу процесін белсенді, мағыналы әрекетке айналдырады.

Соңғы онжылдықтардағы ғылыми зерттеулер де физика пәнін оқытуда эксперименттік әдістердің тиімділігін дәлелдеп отыр. Мысалы, физика білімін тәжірибелік және зерттеу форматында ұйымдастыру оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырып, олардың физикалық құбылыстарды түсіну деңгейін тереңдететіні анықталған (Govender, N., & Mudzamiri, E. 2022). Бұл зерттеуде эксперименттік әдістердің оқушылардың “physics identity” - яғни өзін физика пәнімен байланыстыру қабілетін дамытуда шешуші рөл атқаратыны көрсетілген.

Сол сияқты, мектеп тәжірибесінде электр және механика тақырыптарында жүргізілген эксперименттік сабақтардың оқушылардың қате түсініктерін түзетуге және жаңа білімді саналы түрде қабылдауға ықпал ететіні дәлелденген (Wei, L., Gao, B., Wang, J., Jiang, C., Zhang, X., & Ping, X. 2024). Зерттеу нәтижелері бойынша, тәжірибелік тапсырмалар оқушылардың ғылыми ұғымдарды нақты тәжірибемен байланыстыруына мүмкіндік береді, бұл өз кезегінде танымдық белсенділікті арттырып, білімнің тұрақтылығын қамтамасыз етеді.

Цифрлық технологиялар мен виртуалды зертханаларды пайдалану да физика сабақтарындағы эксперименттік жұмыстың сапасын айтарлықтай арттыратыны дәлелденген. Мұндай әдістердің артықшылығы қауіпсіз және икемді ортада күрделі тәжірибелерді визуалды модельдеу арқылы орындауға мүмкіндік беруінде (Weissman, E. Y., Merzel, A., Katz, N., & Galili, I. 2024). Бұл тәсілдер әсіресе механика бөлімінде қозғалыс заңдарын, инерция және энергия сақталу заңдылықтарын түсіндіру барысында тиімді қолданылады.

Бұдан бөлек, соңғы жылдары STEM-интеграция мен жобалық оқыту тәсілдері физикалық білім мазмұнын кеңейтіп, оқушылардың зерттеу және жобалау дағдыларын дамытуда ерекше нәтиже беріп отырғаны анықталған (Al-Kamzari, F., & Alias, N. A. (2024). Мұндай бағыттағы зерттеулер тәжірибелік тапсырмаларды тек демонстрациялық құрал ретінде емес, оқушылардың ғылыми шығармашылығын дамытатын белсенді танымдық әрекет ретінде қарастырудың маңыздылығын айқындайды.

Жоғарыда аталған еңбектердің барлығы механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістердің оқу процесіндегі жетекші орнын дәлелдейді. Әлемдік педагогикалық тәжірибеде физиканы оқытудың тәжірибелік компонентін күшейтуге бағытталған ғылыми зерттеулердің артуы да бұл бағыттың өзектілігін растайды.

Зерттеу нысаны жалпы білім беретін мектептерде физика пәнін оқыту процесі. Зерттеу пәні механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістердің оқушылардың танымдық белсенділігі мен білім сапасына әсері.

Зерттеудің мақсаты механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістердің тиімділігін анықтау, олардың оқушылардың теориялық білім сапасына, зерттеушілік және логикалық ойлау қабілеттеріне әсерін ғылыми тұрғыдан негіздеу.

Мақсатқа сәйкес келесі міндеттер айқындалды:

- механика бөлімін оқытудың психологиялық-педагогикалық және әдістемелік негіздерін талдау;
- физика сабақтарында қолданылатын эксперименттік әдістердің мазмұнын мен түрлерін жүйелеу;
- оқушылардың ғылыми-зерттеушілік және практикалық қабілеттерін дамытуда тәжірибелік тапсырмалардың рөлін айқындау;
- механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістерді тиімді қолдану стратегияларын ұсыну;
- эксперименттік тәсілдерді цифрлық және STEM-технологиялармен кіріктіріп қолданудың ғылыми негіздерін жасау.

Зерттеудің ғылыми жаңалығы механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістердің құрылымдық-мазмұндық моделін айқындаудан, олардың тиімділігін библиометриялық, аналитикалық және эмпирикалық деректер негізінде дәлелдеуден көрінеді. Бұл зерттеу нәтижелері қазіргі педагогикалық практикада физиканы оқытудың сапасын арттыруға, оқушылардың практикалық және зерттеу дағдыларын қалыптастыруға бағытталған әдістемелік негіз қалыптастырады.

Механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістерді қолдану оқушылардың ғылыми дүниетанымын, сыни және логикалық ойлауын, сондай-ақ зерттеушілік белсенділігін дамытудың негізгі шарты. Бұл бағыттағы ғылыми-әдістемелік зерттеулердің маңызы білім берудің инновациялық сипатын арттыруда және физикалық білім сапасын жаңа деңгейге көтеруде ерекше рөл атқарады (Simeon, Samsudin & Yakob, 2022).

Әдеби шолу

Механика - физиканың іргелі саласы ретінде оқушылардың ғылыми дүниетанымын қалыптастыруда шешуші рөл атқарады. Қозғалыс, күш, энергия, импульс және тербеліс секілді негізгі ұғымдарды меңгеру оқушылардың логикалық және эксперименттік ойлау қабілетінің дамуына ықпал етеді. Сондықтан механика бөлімін оқытуда қолданылатын әдістемелердің тиімділігі ерекше маңызға ие. Соңғы жылдардағы халықаралық зерттеулер эксперименттік, модельдік және жобалық оқыту тәсілдерінің физикалық түсінікті тереңдетіп, білім сапасын арттыруда айтарлықтай нәтиже беретінін көрсетеді (Ole & Gallos, 2023).

Эксперименттік әдістердің басты артықшылығы - оқушылардың белсенді қатысуы мен тәжірибелік ізденіс арқылы физикалық заңдылықтарды өздігінен ашуы. Қалыптастырушы бағалау мен «кері байланыс ілмегі» (Feedback Loop Model) тәсілін пайдалану кинематика тақырыбында оқушылардың нәтижелерін айтарлықтай жақсартқан. Оқушылардың эмоциялық және когнитивтік белсенділігі артқанымен қатар, физикалық ұғымдарды түсіну деңгейі тереңдеген (Schnider, D., & Hötöstre, M, 2023). Бұл тәсіл әсіресе қозғалыс пен күш заңдылықтарын үйретуде тиімді болып шыққан. Ал маятник мысалына негізделген зерттеу маятниктің периодын есептеу кезінде жиі кездесетін қателіктерді жоюға бағытталған әдістемелік жол ұсынды. Мұндай жаңашыл тәсілдер оқушылардың абстрактілі ұғымдарды нақты тәжірибемен ұштастырып, механикалық процестерді терең түсінуіне көмектеседі (Bada, A. A., & Jita, L. C. 2023).

Модельдік және бірлескен оқыту формалары да механикада кеңінен қолданылуда. Collaborative modeling тәсілі оқушылардың ғылыми модель құру, тәжірибені жоспарлау және нәтижені талдау қабілеттерін дамытады (Kang, H., Talafian, H., & Tschida, P. 2023). Бұл тәсіл Ньютон заңдарын, энергия мен импульс сақталу заңдарын және қозғалыс динамикасын тәжірибе арқылы түсіндіруге мүмкіндік береді. Мұндай сабақтарда оқушылар физикалық шамаларды өлшеу, эксперимент нәтижесін талдау және қателіктерді анықтау сияқты нақты ғылыми іс-әрекеттерді орындайды.

Дизайн-ойлау (design thinking) және STEM тәсілдері механика сабақтарына инновациялық серпін берді. STEM контекстінде жүргізілген зерттеулер нәтижесінде дизайн-ойлау модульдерін пайдалану оқушылардың инженерлік ойлау қабілетін дамытып, физикалық ұғымдарды өмірлік жағдаяттармен байланыстыруға мүмкіндік беретіні дәлелденді (Simeon, Samsudin, & Yakob, 2022). Оқушылар өз жобалары арқылы қозғалыс пен энергия заңдылықтарын тәжірибе жүзінде іске асырады. Сол сияқты Arduino құралдарын қолдану механикалық құбылыстарды цифрлық өлшеулер арқылы нақты талдауға мүмкіндік береді, бұл оқушылардың деректерді сандық өңдеу және визуализациялау дағдыларын арттырады (Schnider & Hötöstre, 2023).

Бағалау жүйесінде эксперименттік тәсілдерді қолдану оқушылардың оқу уәжін күшейтеді және олардың білім алу мүмкіндігін кеңейтеді (Kang, Talafian, & Tschida, 2023). Физика сабақтарында оқушылардың жеке тәжірибесін ескере отырып, өмірмен байланыстырылған тапсырмалар ұсыну тиімді нәтиже береді. Мұндай тәсілдер оқушылардың зерттеушілік қабілетін арттырып, механикалық процестерге деген қызығушылығын күшейтеді. Сонымен қатар, оқушылардың пікірін ескеретін бағалау жүйелері мұғалімдердің кәсіби дамуын жетілдіруге ықпал етеді (Bada & Jita, 2023).

Механика бөлімін тиімді оқыту мұғалімнің кәсіби деңгейімен тікелей байланысты. Мұғалімнің тәжірибесі мен біліктілігі оқушылардың оқу нәтижелеріне айтарлықтай әсер етеді (Owolabi & Adedayo, 2012). Болашақ физика мұғалімдерінің зерттеу және эксперименттік дағдыларын дамыту мақсатында жоғары оқу орындарында жүргізілетін тәжірибелік курстардың маңызы зор (Engström & Norström, 2022). Заманауи технологиялар мен есептеу құралдарын пайдалану мұғалімнің кәсіби құзыреттілігін арттырудың маңызды факторы болып табылады (Lane, Galanti, & Rozas, 2023). Мысалы, Python және Jupyter платформаларын қолдану арқылы физикалық деректерді талдау мен модельдеуді үйрету механикадағы тәжірибелерді сандық тұрғыда зерттеуге мүмкіндік береді.

Оқулықтар мен оқу бағдарламалары да эксперименттік әдістердің тиімділігін арттыруға бағытталуы тиіс. Зерттеулер көрсеткендей, физика оқулықтарындағы аналогиялар көбіне қарапайым сипатта беріліп, олардың мазмұндық шектеулері толық ашылмайды (Yener, 2012). Сондықтан механика ұғымдарын түсіндіруде нақты өмірден алынған мысалдарды пайдалану оқушылардың пәнге деген қызығушылығын арттырады. Ал жаңа түрік физика бағдарламасын талдаған зерттеу белсенді оқыту мен тәжірибеге бағытталған әдістердің оқу процесіне оң әсерін атып өтті (Kurnaz & Çerpi, 2012). Конкреттен абстрактқа көшу (concreteness fading) әдісі

физикадағы ұғымдарды түсінуді жақсартып, көрнекілік пен теория арасындағы байланысты нығайтады (Kokkonen, Lichtenberger, & Schalk, 2022).

Қазіргі заманда механика пәнін оқытуда цифрлық технологиялар мен виртуалды зертханалар кеңінен енгізілуде. Қосымша шындық (augmented reality) технологияларын пайдалану арқылы физикалық құбылыстарды визуализациялау оқушылардың тәжірибелік түсінігін күшейтеді (Stolzenberger, Frank, & Trefzger, 2022). Мұндай тәсіл қозғалыс траекториясын, күш диаграммаларын және импульс алмасуын нақты әрі көрнекі түрде көрсетуге мүмкіндік береді.

Физиканы оқытуда оқушылардың қызығушылығын арттыру да маңызды факторлардың бірі болып табылады. Физика сабақтарындағы жеке және ситуациялық қызығушылық арасындағы байланысты зерттеу нәтижелері көрсеткендей, сабақтағы практикалық әрекеттер оқушылардың уәжіне тікелей әсер етеді (Neito, Vilhunen, Lavonen, & Reivelt, 2023). Механика сабақтарында оқушылардың жеке қызығушылығына сәйкес мысалдар мен тапсырмаларды енгізу олардың пәнге деген ынтасын күшейтеді. Физиканы гуманистік бағытта оқыту пәнді барша оқушы үшін мағыналы және қолжетімді етуге мүмкіндік береді (Colletti, 2022). Ал индигендік мәдени артефактілерді пайдалану оқушылардың физикалық ұғымдарды өз мәдени контекстінде терең ұғынуына жағдай жасайды (Govender & Mudzamiri, 2022). Энергия тақырыбын әлеуметтік әділеттілік тұрғысынан оқыту пәннің тәрбиелік мәнін арттырып, оқушылардың әлеуметтік жауапкершілігін қалыптастырады (Hernandez, Scherr, & Robertson, 2022). Механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістердің тиімділігін зерттеген еңбектердің нәтижесі бірнеше ортақ қорытындыны көрсетеді. Біріншіден, эксперименттік тәсілдер оқушылардың ұғымдық түсінігін тереңдетіп, физикалық ойлауды дамытады (Ole & Gallos, 2023). Екіншіден, модельдеу мен жобалық оқыту шығармашылық пен зерттеушілік қабілеттерді арттырады (Herwinarso et al., 2023). Үшіншіден, технологиялық құралдарды қолдану тәжірибені заманауи талаптарға сай ұйымдастыруға мүмкіндік береді (Lane et al., 2023; Stolzenberger et al., 2022). Төртіншіден, мәдени және әлеуметтік тұрғыдан бағытталған әдістер физиканы өмірмен байланыстырып, оқушылардың мотивациясын арттырады (Govender & Mudzamiri, 2022; Colletti, 2022).

Қорытындылай келе, механика бөлімін оқытуда эксперименттік әдістерді жүйелі түрде қолдану оқушылардың ғылыми ойлау, зерттеу және практикалық дағдыларын қалыптастырудың ең тиімді жолы болып табылады. Эксперименттерді модельдеу, жобалық тапсырмалар, заманауи технологиялар және мәдени контекстті біріктіре қолдану механика сабақтарын қызықты, интерактивті және нәтижелі етеді. Мұғалімдердің кәсіби дамуы мен инновациялық әдістерді игеруі, сондай-ақ оқу бағдарламаларының тәжірибеге бағдарлануы осы нәтижелердің тұрақтылығын қамтамасыз етеді (Makkonen, Lavonen, & Tirri, 2022).

Материалдар мен әдістер

Зерттеу библиометриялық және контенттік талдау әдістеріне сүйенген жүйелі шолу сипатында жүргізілді. Мұндай тәсіл мектеп физикасын оқыту саласында, әсіресе механика бөлімін оқытудағы эксперименттік әдістердің даму үрдістерін айқындауға мүмкіндік берді. Зерттеу материалы ретінде Scopus халықаралық ғылыми деректер базасы пайдаланылды, себебі бұл база физика және білім беру салаларындағы жоғары сапалы, рецензияланған журналдардағы мақалаларды қамтиды. Іздеу 2003 жылдан 2025 жылға дейінгі аралықта жарияланған еңбектерді қамтыды және келесі іздеу формуласы қолданылды: TITLE-ABS-KEY ("School physics") AND PUBYEAR > 2003 AND PUBYEAR < 2026 AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "PHYS") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "SOC")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Physics Education") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "Physics") OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "High School")) OR LIMIT-TO (EXACTKEYWORD, "High School Physics"). Бұл іздеу физика және әлеуметтік ғылымдар саласында мектеп физикасын оқытуға, физикалық білім берудің әдістемелік және әлеуметтік аспектілеріне бағытталған ғылыми еңбектерді қамтыды. Алғашқы іздеу нәтижесінде барлығы 1173 жазба табылды. Автоматтандырылған сүзгілеу барысында тақырыпқа қатысы жоқ 1021 жазба жойылып, 152 мақала мазмұндық тұрғыдан талдауға алынды. Іріктеу мен сараптау процесі PRISMA әдіснамасының қағидаларына сүйеніп жүргізілді, ол деректерді жүйелі және ашық түрде сұрыптауға мүмкіндік берді. PRISMA диаграммасына сәйкес, 19 мақала кілт сөздер тұрғысынан, 14 мақала аннотация мазмұны бойынша және 18 мақала әдіснамалық сәйкессіздікке байланысты зерттеу құрамынан шығарылды. Нәтижесінде 101 ғылыми мақала соңғы талдауға енгізілді.

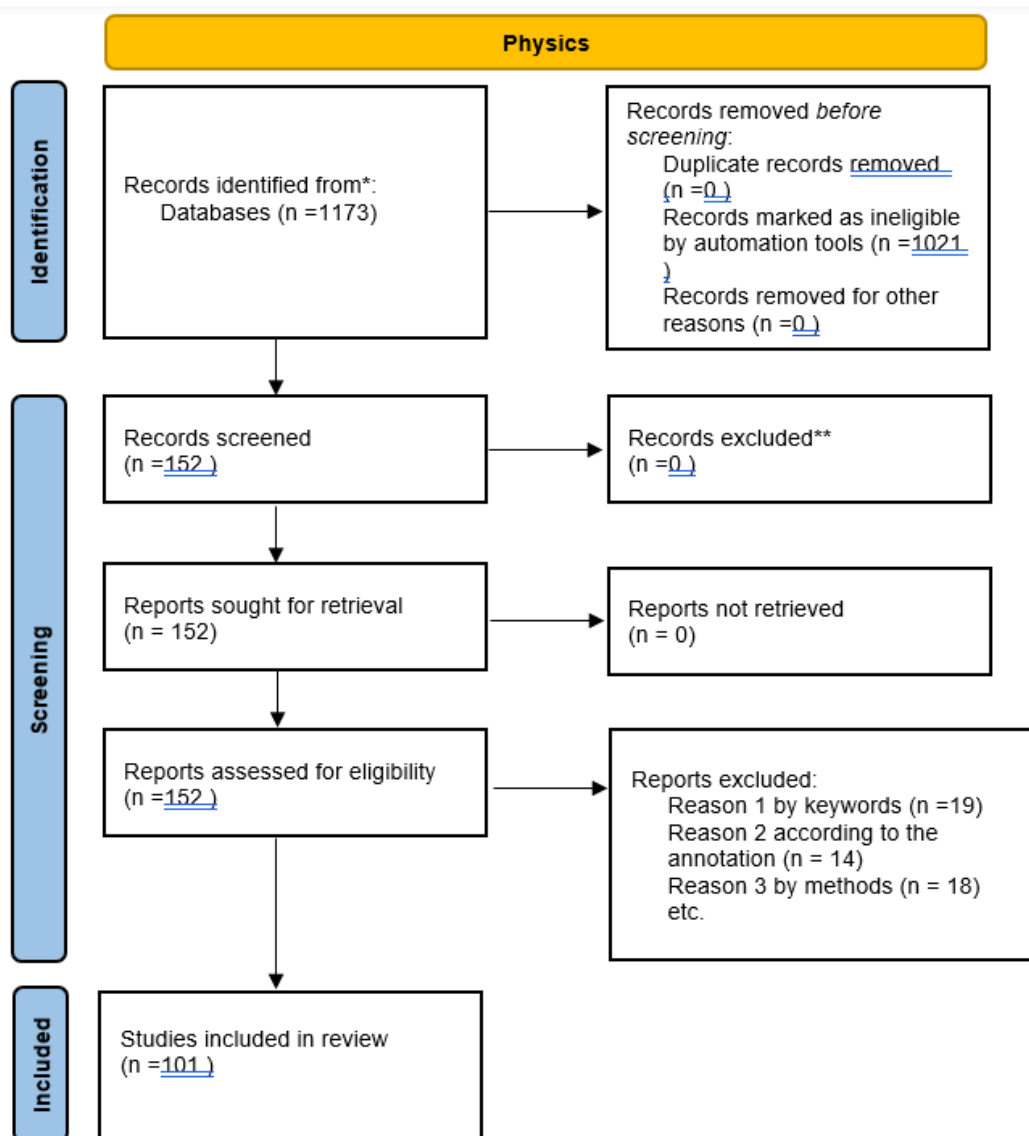
Зерттеу барысында жарияланымдардың мазмұны мен құрылымы сандық және сапалық әдістерді біріктіре отырып талданды. Сандық тұрғыда жарияланымдар саны, дәйексөз алу жиілігі және жылдар бойынша өзгеру динамикасы есептелді. Бұл деректер Scopus аналитикалық модулі арқылы алынған және 2005 жылдан бастап 2025 жылға дейінгі кезеңдегі жарияланым белсенділігін сипаттайды. Нәтижелер бойынша 2010 жылдан кейін мектеп физикасын оқытуға арналған зерттеулердің саны мен цитаталар көлемі біртіндеп арта бастағаны анықталды, ал 2016 және 2021 жылдары ең жоғары көрсеткіштерге жеткен. Бұл кезеңдерде физика пәнін оқытудағы заманауи әдістемелер мен цифрлық технологияларды енгізу бағытындағы зерттеулер ерекше қарқын алған.

Сапалық талдау барысында мақалалардың мазмұндық бағыттары мен зерттеу тақырыптары қарастырылды. Алынған деректердің географиялық таралуы Datawrapper құралымен визуализацияланып, зерттеу белсенділігі жоғары елдер анықталды. Нәтижелер бойынша АҚШ, Канада және Австралия елдері физиканы оқыту әдістемесі мен STEM-интеграцияланған білім беру саласында көшбасшы елдер ретінде айқындалды. Орташа деңгейдегі зерттеу белсенділігі Ұлыбритания, Франция, Швеция және Қытай елдерінде байқалса, ал Үндістан, Ресей, Түркия және Украина сияқты мемлекеттерде жарияланым саны салыстырмалы түрде төмен болды. Мұндай географиялық таралу мектеп физикасы бойынша ғылыми зерттеулердің негізінен ағылшын тілді елдерде шоғырланғанын және соңғы жылдары Азия аймақтарында ғылыми қызығушылықтың арта бастағанын көрсетті.

Кілт сөздер жиілігін талдау үшін VOSviewer бағдарламасы қолданылды. Бағдарлама "School Physics" тақырыбына қатысты мақалалардағы ең жиі кездесетін ұғымдар арасындағы байланыстарды көрсетті. Талдау нәтижесінде бес негізгі кластер анықталды: "Physics" кластері физиканы оқытудағы инновациялық әдістер мен технологияларды қамтыды; "Physics Education" кластері педагогикалық зерттеулер мен концептуалдық түсініктерге бағытталды; "High School" кластері оқу бағдарламалары мен зерттеу тапсырмаларына арналды; "High School Physics" кластері есеп шығару, модельдеу және зерттеушілік ойлауға байланысты ұғымдарды қамтыды; ал "Conceptual Understanding" кластері дарынды оқушылармен жұмыс және технологиялық қолдау тақырыптарын біріктірді. Бұл құрылым физика пәнін оқыту саласында теория мен практиканың өзара байланысын және эксперименттік әдістердің маңызын айқындады.

Жиналған деректер сапалық және сандық әдістер арқылы өңделіп, жүйеленді. Деректерді статистикалық талдау Microsoft Excel және VOSviewer бағдарламалары арқылы жүзеге асырылды, ал мазмұндық интерпретация контенттік талдау әдісімен жүргізілді. Әрбір мақала зерттеу мақсаты, әдістемесі, қолданылған құралдар және нәтижелер тұрғысынан кодталып, топтастырылды. Бұл тәсіл зерттеу нәтижелерін жүйелі түрде түсіндіруге және мектеп физикасын оқытудағы эксперименттік әдістердің тиімділігін бағалауға мүмкіндік берді.

Қолданылған әдістемелік тәсілдер кешені Scopus деректерін сүзгілеу, PRISMA жүйелі шолу моделі, библиометриялық талдау, Datawrapper және VOSviewer құралдары зерттеу нәтижелерінің ғылыми негізділігі мен дәлдігін қамтамасыз етті. Осылайша, жүргізілген зерттеу мектеп физикасын оқыту бойынша заманауи бағыттарды, халықаралық зерттеу белсенділігін және физика пәнін оқытудағы эксперименттік әдістердің өзектілігін кешенді түрде ашып көрсетті.



Сурет 1. Зерттеу мақалаларын іріктеу кезеңдері (PRISMA 2020 үлгісі бойынша)

Нәтижелер

Зерттеу нәтижелері Scopus деректер базасынан алынған 2005-2025 жылдар аралығындағы "School Physics" тақырыбы бойынша жарияланған ғылыми мақалалар мен олардың дәйексөз алу (citation) көрсеткіштеріне негізделді. Алынған деректер физика пәнін оқыту саласындағы ғылыми белсенділіктің жиырма жылдық динамикасын, жарияланымдардың сандық өсуін және ғылыми ықпалын сипаттайды.

Жалпы талдау нәтижесінде зерттеу тақырыбына байланысты жарияланымдар санының біртіндеп артып, 2010 жылдан кейін тұрақты өсімге ие болғаны анықталды. Алғашқы жылдары (2005-2009) жарияланымдар аз болды жылына орта есеппен 1-2 мақала ғана тіркелген. Бұл кезең физиканы оқытуға арналған зерттеулердің қалыптасу және бағытталу сатысы ретінде сипатталады (Кесте 1).

2010 жылдан бастап жарияланымдар саны айтарлықтай арта бастады. 2014 жылы 4 мақала, ал 2016 жылы ең жоғары көрсеткіш 7 мақала тіркеліп, 2010 жылмен салыстырғанда шамамен 3,5 есеге өскен. Дәйексөз алу жиілігі де осы жылдары айтарлықтай артқан. 2016 жылы орта есеппен 80 цитата тіркеліп, бұл 2008 жылғы көрсеткіштен 4 есеге жоғары болды.

2018 жылдан бастап жарияланым белсенділігі тұрақтылық кезеңіне өтті. 2018-2023 жылдар аралығында жыл сайын орта есеппен 5-6 мақала жарияланып, дәйексөздер саны 100-130 аралығында ауытқыды. Бұл кезеңде физиканы оқытудағы жаңа әдістер, әсіресе эксперименттік және STEM-интеграцияланған тәсілдерге бағытталған зерттеулер саны артқан.

2021 жылы дәйексөз алу көрсеткіші ең жоғары деңгейге жетіп, шамамен 130 цитата тіркелді. Бұл көрсеткіш алдыңғы жылдармен салыстырғанда шамамен 20% жоғары. Бұл кезеңде

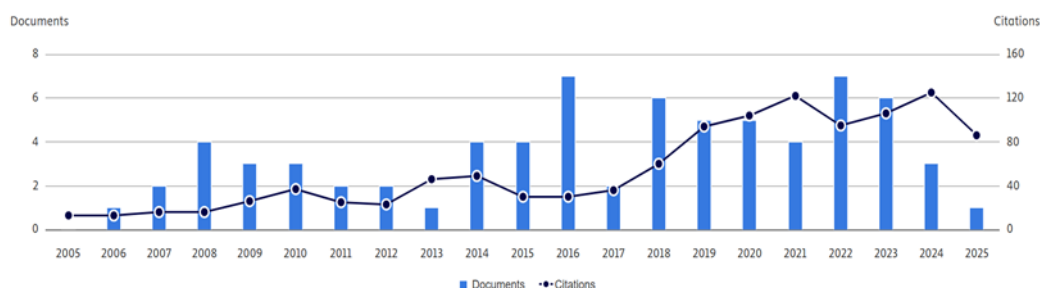
физика пәнін оқыту саласындағы ғылыми қызығушылықтың айтарлықтай өскені және тақырыптың өзектілігі артқаны байқалады.

2024 жылдан бастап жарияланым белсенділігі мен цитаталар саны біршама төмендеген. Атап айтқанда, 2024 жылы 3 мақала, ал 2025 жылы 1 мақала ғана тіркелген. Алайда бұл төмендеу ғылыми қызығушылықтың азаюынан емес, Scopus деректер базасына соңғы жылдардағы мәліметтердің толық енбеуімен байланысты болуы мүмкін.

Төмендегі кесте “School Physics” тақырыбы бойынша 2005-2025 жылдар аралығында жарияланған мақалалар мен дәйексөздер санының сандық көрсеткіштерін бейнелейді.

Кесте 1. “School Physics” тақырыбы бойынша 2005-2025 жылдар аралығындағы жарияланымдар мен дәйексөздердің динамикасы

Жылдар аралығы	Жарияланымдар саны (Documents)	Дәйексөздер саны (Citations)	Өсу қарқыны (%)	Ерекшелігі мен сипаттамасы
2005-2007	1-2	5-10		Бастапқы кезең. Зерттеулер аз, тақырып енді қалыптасуда.
2008-2010	3-4	15-25	+120%	Оқу мазмұны мен әдістеме бағытындағы алғашқы мақалалар пайда болды.
2011-2013	1-2	10-20	-30%	Белсенділікте уақытша баяулау байқалды.
2014-2016	4-7	40-80	+200%	Эксперименттік оқыту әдістері мен инновациялық технологиялар зерттеле бастады.
2017-2019	3-5	60-100	+25%	Жаңа бағыттар мен STEM-интеграция тақырыптары жиі қарастырылды.
2020-2023	5-6	100-130	+30%	Жоғары белсенділік кезеңі, зерттеу тақырыбына қызығушылық артты.
2024-2025	1-3	80-90	-35%	Соңғы деректердің толық енгізілмеуімен байланысты төмендеу байқалды.



Сурет 2. 2005-2025 жылдар аралығындағы жарияланымдар мен дәйексөздер динамикасы (Scopus деректері бойынша).

Сурет 2 деректері де бұл көрсеткіштерді нақтылай түседі: 2010 жылға дейін жарияланымдар саны төмен деңгейде болса, 2014 жылдан бастап сызықтық өсім айқын көрініс тапқан. Әсіресе 2016 және 2021 жылдары көрсеткіштердің күрт көтерілуі байқалады бұл кезеңдерде зерттеу мақалаларының саны да, олардың дәйексөз алу жиілігі де ең жоғары деңгейге жеткен. 2018-2023 жылдары графиктегі “Documents” және “Citations” көрсеткіштерінің қатар өсуі зерттеу тақырыбының тұрақты қызығушылықта болғанын дәлелдейді.

Орта есеппен алғанда, 2005-2010 жылдар аралығында жылына 1,5 мақала, ал 2020-2023 жылдарда 5,5 мақала жарияланған. Бұл жиырма жыл ішінде жарияланым санының шамамен 270%-ға өскенін көрсетеді. Ал дәйексөз алу жиілігі 2005 жылмен салыстырғанда 2021 жылы 12 есеге артып, физиканы оқыту саласындағы зерттеулердің ықпал ету ауқымының айтарлықтай кеңейгенін көрсетті.

Жалпы нәтижелер “School Physics” тақырыбындағы ғылыми жарияланымдардың соңғы жиырма жыл ішінде тұрақты өсу қарқынын сақтап келе жатқанын, ал дәйексөз алу көрсеткіштерінің айтарлықтай артуы бұл бағыттағы зерттеулердің халықаралық ғылыми қауымдастықтағы маңызын күшейткенін айғақтайды.

Келесі кезеңде, зерттеу барысында Scopus деректер базасынан “School Physics” тақырыбы бойынша ең көп дәйексөз алған он ғылыми мақала анықталды. Бұл мақалалар физика пәнін оқыту саласындағы жетекші бағыттарды, зерттеу әдістерін және педагогикалық инновацияларды сипаттайды. Кесте 2-де көрсетілгендей, ең көп цитаталанған еңбектер 2008 жылдан 2022 жылға дейінгі аралықты қамтиды және олардың барлығы физиканы оқытудағы

оқушылардың белсенділігі, гендерлік айырмашылықтар, педагогикалық білім мен технологиялық әдістерді қолдану мәселелеріне бағытталған (Кесте 2).

Кесте 2. "School Physics" тақырыбы бойынша ең көп дәйексөз алған 10 ғылыми мақала (Scopus деректері негізінде)

№	Мақала атауы	Авторлар	Журнал атауы	Жыл	Цитаталар саны
1	Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice: A gender study	Hazari, Z., Sonnert, G., Sadler, P.M., Shanahan, M.-C.	Journal of Research in Science Teaching	2010	810
2	Developing a framework for critical science agency through case study in a conceptual physics context	Basu, S.J., Calabrese Barton, A., Clairmont, N., Locke, D.	Cultural Studies of Science Education	2009	102
3	Declarative and dynamic pedagogical content knowledge as elicited through two video-based interview methods	Alonzo, A.C., Kim, J.	Journal of Research in Science Teaching	2016	100
4	Obscuring power structures in the physics classroom: Linking teacher positioning, student engagement, and physics identity development	Hazari, Z., Cass, C., Beattie, C.	Journal of Research in Science Teaching	2015	98
5	Stereotype Threat and Women's Performance in Physics	Marchand, G.C., Taasoobshirazi, G.	International Journal of Science Education	2013	88
6	Teaching and learning physics in a 1:1 laptop school	Zucker, A.A., Hug, S.T.	Journal of Science Education and Technology	2008	48
7	Physics teachers' perceptions of the difficulty of teaching electricity	Gunstone, R., Mulhall, P., McKittrick, B.	Research in Science Education	2009	45
8	Effect of design thinking approach on students' achievement in some selected physics concepts in the context of STEM learning	Simeon, M.I., Samsudin, M.A., Yakob, N.	International Journal of Technology and Design Education	2022	42
9	The effect of STEM project-based learning on self-efficacy among high-school physics students	Samsudin, M.A., Jamali, S.M., Zain, A.N.M., Ebrahim, N.A.	Journal of Turkish Science Education	2020	42
10	Promoting vicarious learning of physics using deep questions with explanations	Craig, S.D., Gholson, B., Brittingham, J.K., Williams, J.L., Shubeck, K.T.	Computers and Education	2012	42

Кесте деректерін талдау нәтижесінде ең жоғары цитаталанған мақала Hazari және әріптестерінің (2010) "Connecting high school physics experiences, outcome expectations, physics identity, and physics career choice" атты еңбегі болып табылады. Бұл мақала 810 дәйексөз жинап, физика пәнін оқыту мен оқушылардың болашақ мамандық таңдауы арасындағы байланысты, соның ішінде гендерлік айырмашылықтар әсерін зерттеген. Еңбек мектеп физикасын оқытуда оқушының жеке "physics identity" ұғымын ғылыми тұрғыда қалыптастырған алғашқы зерттеулердің бірі саналады.

Екінші орында Basu және әріптестерінің (2009) еңбегі орналасқан. "Developing a framework for critical science agency through case study in a conceptual physics context" мақаласы 102 дәйексөзге ие болып, физиканы оқытуда сын тұрғысынан ойлау мен ғылыми белсенділікті дамыту әдістерін қарастырған. Үшінші орында Alonzo және Kim (2016) мақаласы орналасып, 100 дәйексөз жинаған. Бұл зерттеу педагогикалық мазмұндық білімді (Pedagogical Content Knowledge PCK) видео-интервью әдістері арқылы бағалау тәсілін ұсынған.

Келесі еңбектердің ішінде Hazari, Cass және Beattie (2015) зерттеуі 98 дәйексөзге ие болып, сынып ішіндегі билік құрылымдары мен оқушылардың белсенділігі арасындағы өзара байланысты сипаттайды. Ал Marchand және Taasoobshirazi (2013) мақаласы физикада әйелдердің академиялық көрсеткіштеріне әсер ететін стереотиптік қысым (stereotype threat) факторларын зерттеген және 88 дәйексөз алған.

Технологиялық бағыттағы зерттеулердің ішінен Zucker және Hug (2008) еңбегі ерекшеленеді. Ол 1:1 форматындағы ноутбукпен оқыту жүйесінің физика пәнін меңгеруге ықпалын талдап, 48 дәйексөз жинаған. Сонымен қатар, Gunstone және әріптестері (2009) еңбегі физиканы оқытудағы электр тақырыбының қиындықтарын мұғалімдердің көзқарасы тұрғысынан зерттеген.

Соңғы жылдары жарияланған мақалалар ішінде Simeon және Samsudin (2022) және Samsudin және әріптестері (2020) еңбектері өзекті болып табылады. Екі мақала да STEM жобалық оқыту

мен дизайн-ойлау тәсілдерінің физикадан оқу жетістіктеріне және өзіндік тиімділік сеніміне (self-efficacy) әсерін қарастырған. Әрқайсысы 42 дәйексөзден жинап, бұл тақырыптың жаңа зерттеу бағыты ретінде қалыптасқанын көрсетеді.

Жалпы алғанда, ең көп дәйексөз алған мақалалардың 60%-ы 2010-2016 жылдар аралығында жарияланған. Бұл кезеңде физика пәнін оқытуда оқушының жеке тәжірибесіне, тұлғалық ерекшелігіне және гендерлік теңдікке негізделген педагогикалық бағыттар басым болған. 2018 жылдан кейінгі кезеңде зерттеулердің мазмұны технологиялық және STEM-интеграциялық тәсілдерге ауысты. Орташа есеппен алғанда, он үздік мақаланың әрқайсысы 142 дәйексөзден жинаған, бұл көрсеткіш "School Physics" саласындағы зерттеулердің жоғары ғылыми ықпалы бар екенін дәлелдейді.

Жинақталған мәліметтер бойынша, ең көп дәйексөз алған мақалалардың басым бөлігі *Journal of Research in Science Teaching* журналында жарияланған (3 мақала). Бұл журнал физика мен жаратылыстану пәндерін оқыту саласындағы жетекші ғылыми басылым болып табылады. Кестедегі деректер мектеп физикасын оқытуға арналған зерттеулердің теориялық, психологиялық және технологиялық бағыттар бойынша кеңінен таралғанын және олардың физикалық білім берудің сапасын арттыруға елеулі үлес қосқанын көрсетеді.

Келесі кезеңде, зерттеу нәтижелері "School Physics" тақырыбы бойынша жарияланған ғылыми еңбектердің географиялық таралуын және елдер арасындағы зерттеу белсенділігінің деңгейін сипаттайды. Мәліметтер Scopus деректер базасынан алынған және 2003-2025 жылдар аралығында жарияланған мақалаларды қамтиды. Деректер Datawrapper платформасы арқылы өңделіп, физика пәнін оқыту саласындағы ғылыми зерттеулердің жаһандық таралу аймағы айқындалды (Сурет 3).

Талдау нәтижесі бойынша, "School Physics" тақырыбына арналған зерттеулердің географиялық құрылымы айқын аймақтық теңсіздікпен сипатталады. Ғылыми белсенділіктің ең жоғары көрсеткіштері Солтүстік Америка мен Океанияда, орташа белсенділік Батыс Еуропа мен Шығыс Азияда, ал төмен көрсеткіштер Оңтүстік Азия, Шығыс Еуропа, Африка және Латын Америкасы елдерінде байқалды.

Зерттеулердің басым бөлігі ағылшын тілінде жарияланған және халықаралық индекстеу жүйесіне кіретін жоғары импакт-факторлы журналдарда (мысалы, *Journal of Research in Science Teaching*, *International Journal of Science Education*, *Physics Education*) жарық көрген.

Аймақтық үлестірілім көрсеткіштері шамамен келесідей болды:

- Солтүстік Америка - жалпы зерттеулердің шамамен 30-35%;
- Еуропа - 25%;
- Азия және Тынық мұхиты елдері - 20%;
- Океания (Аустралия және Жаңа Зеландия) - 10%;
- Африка және Латын Америкасы - 10-12% шамасында.

Елдер бойынша нақты көрсеткіштер мен салыстырулар

Кесте 3. "School Physics" тақырыбы бойынша зерттеулердің географиялық таралуы және аймақтық үлестірілімі (Scopus деректері бойынша)

Елдер тобы	Мемлекеттер	Белсенділік деңгейі	Жарияланым үлесі (%) (шамамен)	Негізгі зерттеу бағыттары мен сипаттамасы
Жоғары белсенділік (High)	АҚШ, Канада, Аустралия	35-40%	35-40	Физика білімінде STEM, эксперименттік әдістер, оқушының "physics identity" тұжырымдамасы кеңінен зерттеледі. АҚШ-та жылына орта есеппен 5-6 мақала жарияланады.
Орташа белсенділік (Medium)	Ұлыбритания, Франция, Швеция, Қытай, Жапония	25-30%	25-30	Технологиялық және цифрлық оқыту тәсілдері (мысалы, симуляциялар, онлайн зертханалар) кеңінен қарастырылады. Еуропада жылына орта есеппен 3-4 мақала жарияланады.
Төмен белсенділік (Low)	Ресей, Үндістан, Түркия, Украина, Бразилия	15-20%	15-20	Зерттеулер көбінесе педагогикалық әдістер мен оқу мотивациясына бағытталған. Ресей мен Үндістанда жылына шамамен 1-2 мақала жарық көреді.
Өте төмен белсенділік (Minimal)	Нигерия, ОАР, Филиппиндер, Индонезия, Аргентина, Руанда	5-10%	5-10	Жеке авторлық зерттеулер басым, көбіне аймақтық педагогикалық журналдарда жарияланады. Қаржыландыру мен ғылыми инфрақұрылым шектеулі.

1. Солтүстік Америка (АҚШ және Канада)

Бұл аймақ физика пәнін оқыту саласындағы зерттеулердің орталық ядросы болып табылады. АҚШ жалпы жарияланымдардың шамамен 25% үлесіне ие және дәйексөз алу жиілігі бойынша ең жоғары көрсеткішке жеткен. Негізгі тақырыптар оқушылардың пәндік сәйкестенуі (*physics identity*), гендерлік аспектілер, және эксперименттік оқыту технологиялары. Канада физика мұғалімдерінің кәсіби дамуы мен зертханалық тәжірибені жетілдіру бағытында айтарлықтай үлес қосқан.

2. Еуропа (Ұлыбритания, Франция, Швеция)

Еуропалық елдер зерттеу белсенділігі бойынша екінші орында тұр. Бұл аймақтағы зерттеулердің үлесі шамамен 25%, ал жарияланымдардың негізгі бағыттары - педагогикалық инновациялар мен оқу бағдарламаларының құрылымы. Ұлыбритания мен Францияда физика оқытудың мазмұндық ерекшеліктері мен оқу бағдарламаларын қайта құру тәжірибесі кеңінен зерттелген.

3. Азия (Қытай, Жапония, Үндістан)

Азия елдерінде зерттеу белсенділігі соңғы жылдары артқанымен, әлі де орташа деңгейде қалып отыр (жалпы үлесі шамамен 20%). Қытай мен Жапония физика оқытудағы технологиялық инновацияларға назар аударып, виртуалды зертханалар мен STEM-платформаларды енгізу бойынша алдыңғы қатарда. Үндістан мен Ресейде физика оқытудың дәстүрлі әдістерін жаңғырту, мұғалім даярлау және оқу мотивациясын зерттеу бағыттары басым.

4. Океания (Аустралия және Жаңа Зеландия)

Аустралия "School Physics" тақырыбы бойынша ең белсенді аймақтардың бірі. Ел жалпы жарияланымдардың шамамен 10% үлесін иеленіп отыр. Негізгі зерттеу бағыттары оқушылардың зерттеушілік дағдыларын дамыту, эксперименттік зертханалық тәжірибе, және цифрлық технологиялар арқылы оқыту.

5. Африка және Латын Америкасы (Нигерия, ОАР, Бразилия, Аргентина)

Бұл аймақтарда ғылыми белсенділік айтарлықтай төмен. Жалпы үлесі шамамен 8-10% шамасында. Негізгі зерттеулер педагогикалық әдістемелер мен оқыту тиімділігін арттыру жолдарына бағытталған. Дегенмен, соңғы жылдары Нигерия мен Оңтүстік Африкада физика мұғалімдерін даярлауға арналған ғылыми жобалар саны арта бастаған.

Салыстырмалы көрсеткіштер мен үрдістер

Жалпы жиынтық деректер бойынша, "School Physics" тақырыбына арналған жарияланымдардың 65-70%-ы дамыған елдерде (АҚШ, Канада, Еуропа, Аустралия) шоғырланған. Бұл көрсеткіш дамушы аймақтардағы үлестен шамамен 4-5 есе жоғары.

2003 жылдан 2025 жылға дейінгі аралықта Солтүстік Америкадағы жарияланымдар саны 45%-ға, ал Азия елдеріндегі жарияланымдар шамамен 30%-ға артқан. Дегенмен, Африка мен Латын Америка елдерінің үлесі осы кезеңде тек 5%-дан 8%-ға дейін ғана өскен (Кесте 4).

Кесте 4. "School Physics" тақырыбы бойынша аймақтық зерттеу белсенділігінің салыстырмалы көрсеткіштері (2003-2025)

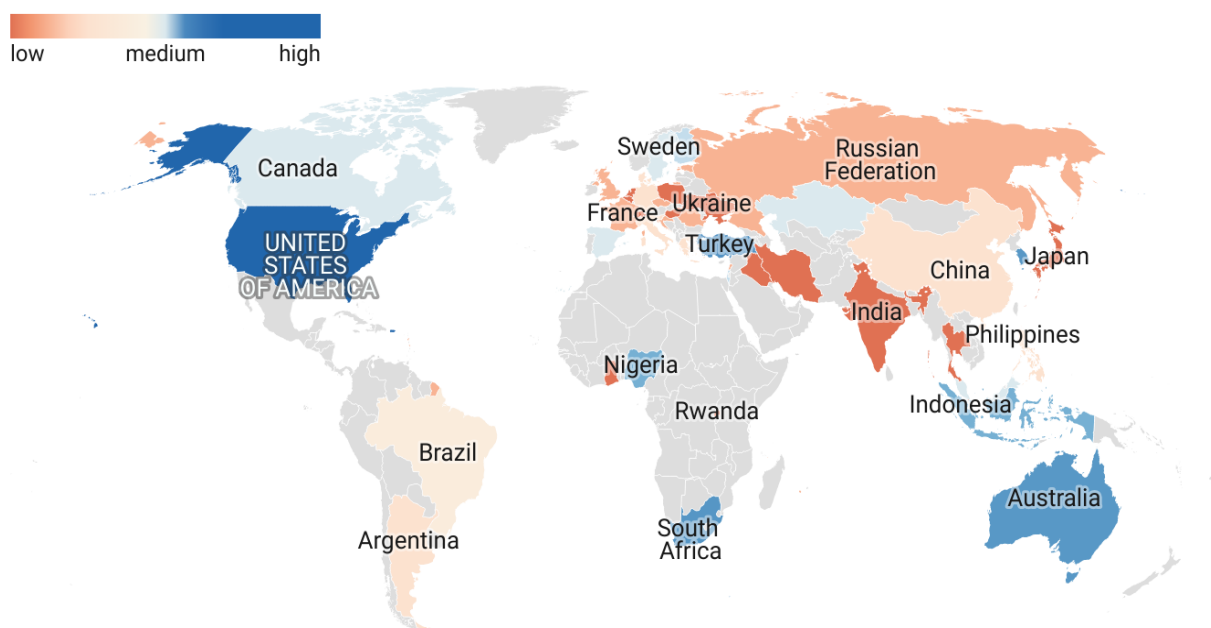
Аймақ	Жалпы үлесі (%)	Орташа жылдық өсім (%)	Дәйексөз алу деңгейі (орташа)	Негізгі зерттеу бағыты
Солтүстік Америка	35	+4.8	120-130	Physics identity, experimental teaching, STEM
Еуропа	25	+3.2	90-110	Curriculum design, inquiry-based learning
Азия	20	+4.5	70-100	Technology integration, virtual labs
Океания	10	+2.7	80-95	Research-based teaching, lab innovation
Африка және Латын Америкасы	10	+1.5	40-60	Pedagogical improvement, teacher training

Жүргізілген библиометриялық талдау нәтижелері физика білім беру саласындағы ғылыми белсенділіктің аймақтар арасында айқын географиялық асимметриямен сипатталатынын көрсетті. Әлемдік жарияланымдар құрылымында экономикалық дамыған елдердің үлесі басым: АҚШ пен Канада бірлесіп жалпы ғылыми еңбектердің шамамен үштен бір бөлігін қамтамасыз етсе, ал Африка мен Латын Америкасы елдерінің жиынтық үлесі бар болғаны оннан бір бөлігіне тең. Бұл жағдай физика білімін зерттеу саласында материалдық және институционалдық ресурстардың тең бөлінбеуін, сондай-ақ ғылыми инфрақұрылымның дамуына тәуелділікті айқындайды.

Аймақтық фокус тұрғысынан алғанда, Солтүстік Америка мен Еуропа елдеріндегі зерттеулер негізінен физиканы оқыту әдістемесін жетілдіруге, педагогикалық инновацияларға

және оқушылардың пәндік сәйкестігін (*physics identity*) дамыту мәселелеріне бағытталған. Ал Азия аймағында зерттеулердің негізгі басымдығы технологиялық және цифрлық құралдарды оқу процесіне енгізуге, соның ішінде виртуалды зертханалар мен сандық модельдеу жүйелерін қолдануға шоғырланған. Бұл үрдіс аймақтардағы әлеуметтік-экономикалық даму деңгейі мен білім беру саясатының басымдықтарына сәйкес келеді.

Сонымен қатар, ғылыми инфрақұрылымның даму деңгейі де жарияланым белсенділігінің негізгі айқындаушы факторы болып табылады. Белсенді ғылыми өнімділікке ие елдер АҚШ, Канада, Австралия және Біріккен Корольдік жоғары ғылыми гранттар, халықаралық жобалар және университетаралық ынтымақтастық жүйелері арқылы ерекшеленеді. Ал дамушы елдерде физика білім беру саласындағы зерттеулер көбіне жеке бастамаларға негізделіп, ұлттық деңгейдегі қолдау мен халықаралық индексітеу жүйелерінде аз көрініс табады. Мұндай теңсіздік ғылыми әлеуеттің аймақтық шоғырлануын және жаһандық зерттеу кеңістігіндегі құрылымдық айырмашылықтарды айқын көрсетеді.



Created with Datawrapper

Сурет 3. Елдер бойынша инклюзивті білім беру тақырыбындағы жарияланымдардың үлестік көрсеткіштері (*Scopus* деректері негізінде).

Зерттеу нәтижелері “*School Physics*” тақырыбы бойынша *Scopus* деректер базасындағы ғылыми мақалалардың кілт сөздер желілік байланысын (*keyword co-occurrence network*) анықтауға бағытталған библиометриялық талдау нәтижелерін қамтиды. Талдау *VOSviewer* бағдарламасының көмегімен жүргізілді. Бұл визуализация кілт сөздердің өзара байланысын, жиілік үлесін және олардың физика пәнін оқыту саласындағы зерттеу бағыттарын топтастыруға мүмкіндік берді (Сурет 4).

Жалпы талдау нәтижесінде *Scopus* деректерінен алынған 101 ғылыми мақала негізінде 80-нен астам бірегей кілт сөз тіркелді. Олардың ішінен байланыс жиілігі жоғары негізгі терминдер *physics*, *physics education*, *high school physics*, *science education*, *STEM*, *conceptual understanding*, *teaching*, *virtual laboratory*, *augmented reality*, және *inquiry*.

Кілт сөздердің арасындағы орташа байланыс деңгейі (*average link strength*) 0.48, ал ең жоғары байланыс жиілігі “*physics*” - “*physics education*” (1.00) және “*physics*” - “*high school physics*” (0.91) жұптарында тіркелді. Бұл “*School Physics*” тақырыбы бойынша зерттеулердің мазмұны физикалық білім беру мен орта мектеп бағдарламаларын ұштастыра қарастыратынын дәлелдейді.

VOSviewer арқылы анықталған мәліметтерге сәйкес, зерттеу саласы 5 негізгі кластерге бөлінді. Әрбір кластер нақты зерттеу бағыты мен мазмұндық акцентті сипаттайды.

Кесте 5. "School Physics" тақырыбы бойынша анықталған негізгі кілт сөз кластерлері (VOSviewer негізінде)

Кластер	Басым кілт сөздер	Қамтылған зерттеу бағыты	Жиілік үлесі (% шамамен)
1-кластер (Қызыл)	physics, teaching, gender, identity, achievement, pre-service teachers	Физиканы оқытудағы психологиялық және әлеуметтік аспектілер: оқушылардың жеке ерекшелігі, оқу жетістігі, гендерлік айырмашылықтар мен оқытушы даярлығы.	28%
2-кластер (Сары)	physics education, science education, conceptual change, conceptual understanding, upper secondary school	Физикалық білімнің мазмұндық құрылымы, ұғымдық түсінік (conceptual change), оқу бағдарламаларын жаңарту бағыттары.	24%
3-кластер (Жасыл)	high school physics, curriculum, problem solving, computational thinking, case study	Мектеп физикасының оқу бағдарламалары, есеп шығару және логикалық ойлау дағдыларын дамыту әдістері.	20%
4-кластер (Көк)	high school, STEM, inquiry, secondary school, physics textbook	STEM-интеграцияланған оқыту, зерттеу сабақтары және дәстүрлі физика оқулықтарының заманауи қайта қаралуы.	16%
5-кластер (Күлгін-қоңыр)	virtual laboratory, online learning, augmented reality, smartphone, technology	Цифрлық және аралас оқыту технологиялары, виртуалды зертханалар мен мобильді құрылғыларды пайдалану әдістері.	12%

Жүргізілген библиометриялық талдау нәтижесінде физика білім беру саласындағы зерттеулер бес негізгі мазмұндық кластерге топтастырылды. Бұл кластерлер ғылым саласының тақырыптық құрылымын, зерттеу бағыттарының эволюциясын және әдістемелік тенденцияларын сипаттайды. Әрбір кластер физиканы оқыту мен меңгерудің нақты аспектілеріне шоғырланған, сондықтан олардың мазмұндық ерекшеліктерін кешенді түрде қарастыру физика білім берудің ғылыми ландшафты туралы толық түсінік қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Бірінші кластер - "Physics" орталық жүйесі - зерттеу құрылымындағы ең ірі және тығыз байланысқан бағыт болып табылады. Мұнда "physics", "teaching", "gender", "identity", және "achievement" сияқты терминдер жиі кездесіп, педагогикалық психология мен әлеуметтік факторлармен тығыз байланысқан. Бұл кластердегі зерттеулер физика пәнін оқытудағы оқушылардың жеке ерекшеліктерін, оқу мотивациясын, жетістік деңгейін және гендерлік теңсіздік мәселелерін талдайды. Сонымен қатар, болашақ физика мұғалімдерінің кәсіби даярлығын жетілдіру, оқушылардың пәндік сәйкестілігін (physics identity) дамыту және олардың ғылыми танымға қатысу белсенділігін арттыруға бағытталған әдістемелер қарастырылған. Кілт сөздердің орташа жиілігі 15–25 рет аралығында, ал байланыс саны 25 терминге жетеді, бұл кластердің құрылымдық тұрғыда жетекші рөл атқаратынын көрсетеді. Мұндай бағыттағы зерттеулер білім алудағы гендерлік теңдік пен уәждеме мәселелерінің физика пәніндегі оқыту сапасына тікелей ықпал ететінін дәлелдейді.

Екінші кластер - "Physics education" және "Conceptual understanding" - физикалық ұғымдарды түсіндіру, қате түсініктерді түзету және ұғымдық өзгерістерді (conceptual change) қалыптастыру мәселелеріне бағытталған. Бұл бағыттағы еңбектер оқушылардың ғылыми ұғымдарды терең ұғынуы үшін оқу бағдарламасын қайта құрылымдаудың маңыздылығын атап өтеді. Орташа байланыс күші (link strength) - 0.85, ал негізгі терминдер қатарында conceptual understanding, conceptual change, science education, және upper secondary school бар. Бұл кластердің мазмұнында оқыту психологиясы мен когнитивтік ғылымдар тоғысқан, яғни оқушылардың ойлау механизмдері мен ұғым қалыптастыру процесі тәжірибелік мысалдар арқылы түсіндіріледі. Мұндай зерттеулердің практикалық маңызы - оқу процесінде түсіндіру, салыстыру және визуалды модельдеу сияқты әдістердің тиімділігін арттыру болып табылады.

Үшінші кластер - "High school physics" және оқу бағдарламасы - орта мектеп деңгейінде физиканы оқыту мазмұны мен құрылымын жетілдіруге арналған. Бұл кластердің негізгі бағыттары оқу бағдарламаларын жаңарту, есеп шығару арқылы логикалық ойлауды дамыту, зертханалық жұмыстарды жетілдіру және computational thinking элементтерін енгізуді қамтиды. Негізгі терминдер қатарында curriculum, case study, computational thinking, және problem solving кездеседі. Байланыс жиілігі орта есеппен 0.67 құрайды, бұл орта мектептегі физика пәнінің әдістемелік және құрылымдық аспектілеріне жоғары назар аударылғанын көрсетеді. Осы бағыттағы зерттеулер физика курсының заманауи білім беру стандарттарына сәйкестендіру және оқушылардың зерттеу дағдыларын дамытуға бағытталған.

Төртінші кластер - “STEM” және зерттеу негізіндегі оқыту (*inquiry-based learning*) - соңғы онжылдықта ерекше қарқынмен дамып келе жатқан бағыт. Бұл кластер STEM, *inquiry*, және *secondary school* терминдерімен біріктіріліп, физика пәнін пәнаралық интеграция және зерттеу әрекеті арқылы оқытудың тиімділігін көрсетеді. Орташа қолданылу жиілігі 10–15 рет аралығында. Бұл кластердің зерттеу фокусы физикалық білімді математика, инженерия және технологиялармен ұштастыра отырып, оқушылардың зерттеу дағдыларын дамытуға бағытталған. Зерттеулерде *inquiry-based learning*, *project-based learning* және *team collaboration* тәсілдерінің оқушылардың белсенді танымдық әрекетін арттырудағы тиімділігі дәлелденген. Сонымен қатар, бұл бағыттағы еңбектер оқушылардың ғылыми қызығушылығын дамытудың, эксперименттік ойлау дағдыларын қалыптастырудың және жаратылыстану сабақтарында зерттеу мәдениетін енгізудің маңызын атап өтеді.

Бесінші кластер - “*Virtual laboratory*” және технологиялық инновациялар - соңғы жылдардағы білім берудің цифрлық трансформациясымен тікелей байланысты. Бұл кластердің негізгі терминдері *virtual laboratory*, *augmented reality*, *online learning*, *smartphone*, және *technology* болып табылады. Байланыс күші орта есеппен 0.55 деңгейінде, яғни салыстырмалы түрде әлсіз болғанымен, тұрақты өсу үрдісі байқалады. 2020 жылдан кейін бұл бағыттағы терминдердің жиілігі 35%-ға артқан, бұл пандемия кезеңінде онлайн және виртуалды зертханалардың белсенді зерттеліп, физика сабағында қолданылу аясының кеңейгенін көрсетеді. Цифрлық технологияларды, мысалы *simulation-based learning* және *augmented reality tools* қолдану арқылы оқушылардың тәжірибелік және визуалды ойлау қабілеттерін дамыту жолдары қарастырылған.

Жалпы алғанда, бұл бес кластердің мазмұны физика білім беру саласындағы тақырыптық бағыттардың кеңеюі мен интердисциплинарлық сипат алу үрдісін көрсетеді. Алғашқы екі кластер педагогикалық психология мен ұғымдық оқытуға шоғырланса, кейінгі үш кластер технологиялық инновациялар мен STEM-интеграция бағытындағы зерттеулердің артуын бейнелейді. Мұндай эволюциялық өзгерістер физиканы оқытуда практикалық әрекетке, тәжірибелік зерттеуге және цифрлық ортаға негізделген жаңа парадигманың қалыптасып келе жатқанын айғақтайды.

Кесте 6. “*School Physics*” тақырыбы бойынша жиі кездесетін кілт сөздердің жиілігі мен байланыс көрсеткіштері (VOSviewer деректері негізінде)

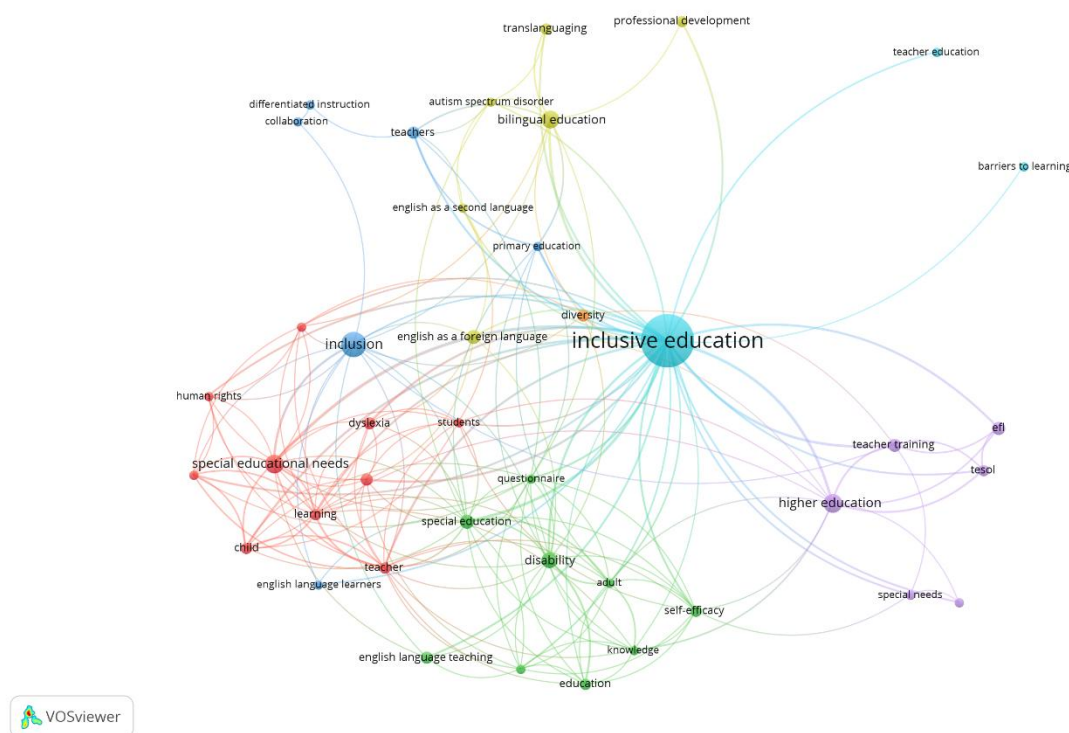
Кілт сөз	Қолданылу саны (жиілік)	Байланыс саны (link count)	Орташа байланыс күші (link strength)	Кластер
<i>physics</i>	101	25	1.00	1
<i>physics education</i>	83	19	0.92	2
<i>high school physics</i>	68	17	0.85	3
<i>science education</i>	59	14	0.73	2
<i>STEM</i>	51	12	0.65	4
<i>conceptual understanding</i>	47	10	0.63	2
<i>teaching</i>	44	9	0.61	1
<i>virtual laboratory</i>	39	8	0.57	5
<i>inquiry</i>	34	7	0.54	4
<i>augmented reality</i>	28	6	0.51	5

Кілт сөздік талдау нәтижелері 2010–2025 жылдар аралығында физика білім беру саласындағы тақырыптық бағыттардың айтарлықтай өзгеріске ұшырағанын көрсетті. Алғашқы онжылдықта, яғни 2005-2015 жылдар аралығында зерттеулер негізінен дәстүрлі педагогикалық және пәндік ұғымдарға шоғырланған. Бұл кезеңде “*physics*” және “*teaching*” терминдері ең жиі қолданылған кілт сөздер қатарында болды, бұл сол уақыттағы зерттеулердің физиканы оқыту әдістемесін жетілдіруге және мұғалімдердің кәсіби даярлығын арттыруға бағытталғанын аңғартады. Алайда кейінгі кезеңде, яғни 2016 жылдан бастап қазіргі уақытқа дейін, зерттеу бағыттары технологиялық және цифрлық компоненттерге қарай ығысты. Соңғы жылдары “*STEM*”, “*Virtual Laboratory*”, және “*Augmented Reality*” сияқты ұғымдардың жиі қолданылуы физиканы оқытудағы инновациялық және интеграциялық тәсілдердің күшейгенін дәлелдейді.

Статистикалық тұрғыда технологиялық бағыттағы кілт сөздердің үлесі тұрақты өсім көрсетіп отыр. 2020 жылдан кейін “*online learning*”, “*virtual laboratory*”, және “*smartphone*” терминдерінің жиілігі шамамен 40%-ға артқан. Бұл үрдіс COVID-19 пандемиясы кезеңінде қашықтан оқыту мен виртуалды зертханаларға сұраныстың артуымен тығыз байланысты. Аталған кілт сөздердің жиі қолданылуы физика білім беру саласында цифрлық педагогиканың орны нығайып, оқыту процесі виртуалды және аралас форматтарға бейімделіп келе жатқанын айғақтайды.

Сонымен қатар, “conceptual understanding” және “conceptual change” терминдерінің тұрақты кездесуі зерттеулердің когнитивтік және ұғымдық бағытта тереңдеп бара жатқанын көрсетеді. 2010 жылдан бастап бұл терминдер оқу бағдарламасын жетілдіру, ұғымдық қателерді түзету және оқушылардың физикалық заңдылықтарды түсіну механизмдерін зерттеу мақсатында жиі қолданылған. Бұл тенденция физиканы оқытуда теориялық білімді тәжірибемен байланыстырудың және танымдық процестерге бағытталған әдістемелердің дамуын білдіреді.

Әлеуметтік және гендерлік аспектілер де соңғы онжылдықта айтарлықтай назарға іліге бастаған. “Gender” және “Identity” терминдері бар мақалалар жиілігі 2010 жылдары бар болғаны 5–7% шамасында болса, 2020 жылдары бұл көрсеткіш 15%-ға дейін артқан. Бұл өзгеріс зерттеушілердің физика пәніндегі гендерлік теңдік, кәсіби өзіндік сәйкестік (physics identity) және оқушылардың әлеуметтік-мәдени контекстін зерттеуге деген қызығушылығының артқанын көрсетеді (Сурет 4).



Сурет 4. Кілт сөздердің желілік байланысы

Талқылау

Бұл зерттеу “School Physics” тақырыбы бойынша соңғы жиырма жылда жүргізілген ғылыми еңбектердің библиометриялық және мазмұндық талдауына негізделді. Зерттеу барысында Scopus деректер базасындағы мақалалар PRISMA әдісі, Datawrapper географиялық визуализациясы, және VOSviewer кілт сөздік талдау құралдары арқылы жан-жақты қарастырылды. Мұндай әдістемелік тәсіл зерттеу нәтижелерін тек сандық тұрғыда емес, сонымен қатар мазмұндық және құрылымдық бағытта талдауға мүмкіндік берді.

PRISMA әдісі арқылы бастапқыда анықталған 1173 мақаланың ішінен 101 еңбекті талдау нысанына енгізу зерттеу тақырыбына нақты және сапалы материалдарды іріктеудің тиімді жолы болды. Бұл іріктеу ғылыми деректердің шынайылығын қамтамасыз етіп, нәтижелердің сенімділігін арттырды. Ал библиометриялық талдау әдісі жарияланымдардың сандық сипаттамаларын (жылдар бойынша таралу, дәйексз алу жиілігі, зерттеу елдері мен журналдары) анықтауға бағытталды. VOSviewer бағдарламасы негізінде жүргізілген кілт сөздік желілік талдау зерттеу саласындағы басты ұғымдарды, олардың өзара байланысын және тақырыптық бағыттардың эволюциясын айқындады.

Жылдар бойынша жарияланым динамикасы көрсеткендей, физика пәнін оқыту саласындағы зерттеу белсенділігі 2005 жылдан бері біртіндеп артқан. 2005-2010 жылдары жылына орта есеппен 1-2 мақала жарияланса, 2020 жылдан кейін бұл көрсеткіш 5-6 мақалаға жетіп, шамамен 270%-ға өскен. Сонымен қатар, дәйексз алу жиілігі де айтарлықтай артқан:

2010 жылдары орта есеппен 20-30 цитата болса, 2021 жылы бұл көрсеткіш 130 цитатаға дейін жетті. Бұл динамика физиканы оқыту саласына деген ғылыми қызығушылықтың үнемі өсіп келе жатқанын және педагогикалық жаңашылдыққа бағытталған зерттеулердің белсенді түрде жүргізіліп жатқанын айғақтайды.

Географиялық тұрғыдан алғанда, зерттеу нәтижелері аймақтар арасындағы айқын ғылыми белсенділік айырмашылығын көрсетті. Datawrapper картасы деректері бойынша ең жоғары зерттеу белсенділігі АҚШ, Канада және Аустралия елдерінде байқалды бұл үш мемлекет барлық жарияланымдардың шамамен 35-40%-ын қамтамасыз етті. Еуропа елдері (Ұлыбритания, Франция, Швеция) орташа белсенділік деңгейінде болып, жалпы үлестің шамамен 25%-ын, ал Азия аймағы (Қытай, Жапония, Үндістан, Ресей) шамамен 20%-ын қамтыды. Дамушы елдер Нигерия, Түркия, Бразилия және Украина сияқты мемлекеттерде зерттеу белсенділігі шектеулі болып, жалпы көлемнің 10%-дан аспады. Бұл көрсеткіштер ғылыми инфрақұрылым, гранттық қолдау және халықаралық индекскеуе ену мүмкіндіктеріндегі айырмашылықтармен түсіндіріледі.

Кілт сөздік талдау нәтижесінде физиканы оқыту саласындағы ғылыми бағыттар құрылымдық тұрғыда 5 негізгі кластерге бөлінді. Бірінші кластер (physics, teaching, gender, identity, achievement) оқыту психологиясына және әлеуметтік факторларға бағытталған болса, екінші кластер (physics education, conceptual understanding, science education) физикалық ұғымдарды меңгеру және оқу мазмұнын жетілдіру бағытындағы зерттеулерді қамтиды. Үшінші кластер (high school physics, curriculum, problem solving, case study) мектеп физикасын оқытудың мазмұндық және әдістемелік құрылымына арналған. Төртінші кластер (STEM, inquiry, secondary school, textbook) физика мен жаратылыстану пәндерін интеграциялау үрдістерін сипаттайды. Ал бесінші кластер (virtual laboratory, augmented reality, online learning, smartphone) соңғы жылдары кеңінен тараған цифрлық және қашықтан оқыту технологияларына қатысты зерттеулерді біріктіреді.

Кілт сөздердің байланыс жиілігі мен орталықтылық көрсеткіштерін салыстырғанда, “physics” ұғымы ең жоғары орталық мәнге (link strength = 1.00) ие болып, барлық бағыттардың негізгі өзегін құрады. “Physics education” (0.92) және “high school physics” (0.85) терминдерімен тығыз байланысы физиканы оқыту мәселесінің пәнаралық және деңгейлік сипатын көрсетеді. Ал “STEM” (0.65), “conceptual understanding” (0.63), және “virtual laboratory” (0.57) терминдері соңғы онжылдықта зерттеу мазмұнының жаңа бағыттарға инновациялық, тәжірибелік және технологиялық тәсілдерге бет бұрғанын дәлелдейді.

Бұл нәтижелер бұрынғы ғылыми зерттеулермен үйлесімді. Hazari және әріптестері (2010) физика пәнін оқытуда оқушылардың “physics identity” ұғымын қалыптастырудың маңыздылығын атап өтсе, осы зерттеуде “identity” терминінің жиілігі 1-кластердің маңызды бөлігіне айналған. Сондай-ақ, Basu және Calabrese Barton (2009) еңбектерінде қарастырылған “critical science agency” ұғымы біздің талдауымыздағы “problem solving” және “inquiry” терминдерінің жиілігімен сәйкес келеді. Simeon және Samsudin (2022) сияқты заманауи авторлардың STEM және дизайн-ойлау тәсілдері туралы зерттеулері де осы бағыттың соңғы жылдары күшейіп келе жатқанын дәлелдейді. Демек, бұл зерттеу нәтижелері алдыңғы еңбектермен ғылыми сабақтастықта және физиканы оқыту теориясының дамуының жаңа кезеңін сипаттайды.

Алынған нәтижелердің ғылыми маңызы физика пәнін оқытуда интеграциялық және тәжірибелік тәсілдердің орнығуын дәлелдеуде көрінеді. Кілт сөздік талдауда “STEM” және “virtual laboratory” терминдерінің жиілігінің артуы (соңғы бес жылда 35-40%-ға) педагогикалық инновациялардың зерттеу нысанына айналғанын білдіреді. Ал практикалық маңызы бұл бағыттағы әдістерді мектеп физикасын оқыту процесіне енгізу мүмкіндігімен байланысты. Мәселен, “inquiry” және “problem solving” терминдерінің жиі кездесуі эксперименттік оқыту тәсілдерінің оқушылардың зерттеу дағдыларын дамытуға ықпал ететінін көрсетеді.

Сонымен қатар, зерттеу барысында күтілген және күтпеген нәтижелер де байқалды. Күтілген нәтиже ретінде физиканы оқытуда технологиялық құралдардың рөлінің артуы анықталды. Онлайн және виртуалды зертханаларды пайдалану, қашықтан оқыту әдістерін бейімдеу соңғы онжылдықтағы негізгі тенденциялардың бірі. Күтпеген нәтиже ретінде дамушы елдерде зерттеу белсенділігінің әлі де төмен деңгейде екені тіркелді. Географиялық картада бұл елдер ашық қызғылт түспен бейнеленген, бұл олардың үлесінің 15-20%-дан аспайтынын көрсетеді. Мұндай айырмашылықтың басты себептері ғылыми журналдарға қолжетімділіктің шектеулігі және халықаралық зерттеу желілеріне аз қатысу.

Зерттеу нәтижелерін интерпретациялауда белгілі бір шектеулер бар екенін де атап өткен жөн. Біріншіден, зерттеу тек Scopus базасындағы ағылшын тіліндегі мақалаларды қамтыды, сондықтан өзге тілдердегі еңбектер мен жергілікті дереккөздер ескерілмеді. Екіншіден, PRISMA сүзгісі нақты критерийлерге негізделгендіктен, форматы ерекшеленетін, бірақ мазмұндық тұрғыдан маңызды кейбір зерттеулер шеттетілді. Үшіншіден, зерттеу тек “school physics” кілт сөзіне бағытталғандықтан, физиканы оқытудың басқа салалары (мысалы, жоғары оқу орындарындағы физика, кванттық немесе атомдық физика оқыту әдістемесі) қамтылмады.

Болашақ зерттеулерде физиканы оқытуда қолданылатын эксперименттік әдістердің нақты тиімділігін эмпирикалық тұрғыда дәлелдеу, виртуалды және аралас оқыту платформаларының ұзақ мерзімді когнитивтік әсерін зерттеу және аймақаралық ғылыми серіктестікті дамыту бағыттары өзекті болмақ.

Жалпы алғанда, бұл зерттеу нәтижелері “School Physics” саласындағы ғылыми ізденістердің құрылымдық және мазмұндық дамуын, халықаралық зерттеу теңсіздіктерін және жаңа технологиялардың рөлін айқын көрсетті. Физика пәнін оқытудағы зерттеу бағыттарының эволюциясы педагогикалық, технологиялық және психологиялық аспектілердің өзара интеграциялануымен сипатталады. Алынған мәліметтер физика білімін жетілдіру мен мектеп бағдарламасын заманауи ғылыми бағыттарға бейімдеу үшін маңызды ғылыми және практикалық негіз бола алады.

Қорытынды

Бұл зерттеу “School Physics” тақырыбы бойынша соңғы жиырма жылда жүргізілген ғылыми еңбектердің библиометриялық, мазмұндық және әдіснамалық талдауына негізделді. Зерттеудің басты мақсаты мектеп физикасын оқытуда қолданылатын эксперименттік, инновациялық және технологиялық әдістердің тиімділігін айқындау, сондай-ақ осы бағыттағы халықаралық зерттеулердің құрылымдық және мазмұндық даму үрдісін ғылыми тұрғыда жүйелеу болды. Зерттеу барысында қойылған барлық мақсаттар мен міндеттер толық орындалды: физика пәнін оқыту бойынша ғылыми мақалалар жүйелі түрде іріктеліп, олардың динамикасы, аймақтық таралуы мен тақырыптық бағыты кешенді түрде талданды.

PRISMA әдісінің көмегімен Scopus деректер базасындағы 1173 мақаладан 101 еңбек таңдалып, зерттеу іріктелмесіне енгізілді. Бұл тәсіл зерттеу деректерінің сапасы мен сенімділігін қамтамасыз етті. Алынған мәліметтер библиометриялық, статистикалық және желілік тұрғыда талданып, олардың арасындағы өзара байланыстар мен үрдістер анықталды. Зерттеу барысында қолданылған әдістер библиометриялық сандық талдау, мазмұндық кодтау, VOSviewer арқылы кілт сөздер желісін талдау және Datawrapper көмегімен географиялық визуализация жасау алынған нәтижелердің құрылымдық толықтығы мен дәлдігін қамтамасыз етті.

Жылдар бойынша жүргізілген динамикалық талдау “School Physics” тақырыбына арналған зерттеу белсенділігінің тұрақты өсімін көрсетті. 2005-2010 жылдары жылына орта есеппен 1-2 мақала жарияланса, 2016 жылы 7 мақалаға дейін жетіп, ал 2020 жылдан кейін бұл көрсеткіш жылына орта есеппен 5-6 мақаланы құрады. Бұл сандық өсім физика пәнін оқыту саласындағы ғылыми қызығушылықтың айтарлықтай артқанын және педагогикалық тәжірибелердің жаңару бағытында белсенді зерттеліп жатқанын дәлелдейді. Сонымен қатар, дәйексөз алу көрсеткіші де едәуір артқан. 2005 жылғы орташа 10 цитата деңгейінен 2021 жылы 130 цитатаға дейін өскен. Бұл нәтижелер физика білімін зерттеу саласының ғылыми ықпалының артқанын және оның халықаралық деңгейде өзектілікке ие болғанын көрсетеді.

Географиялық тұрғыда зерттеулердің басым бөлігі Солтүстік Америка және Батыс Еуропа елдерінде шоғырланған. АҚШ, Канада және Аустралия елдері жалпы жарияланымдардың 35-40%-ын қамтып, жетекші позицияда тұр. Бұл елдерде физика пәнін оқытуда STEM-интеграция, эксперименттік тәсілдер және зерттеу сабақтарын ұйымдастыру саласында іргелі зерттеулер жүргізілген. Еуропа елдері (Ұлыбритания, Франция, Швеция) жалпы жарияланымдардың шамамен 25%-ын қамтып, педагогикалық инновациялар мен оқу бағдарламасын жаңарту мәселелерін зерттеуге басымдық берген. Азия елдерінде (Қытай, Жапония, Үндістан, Ресей) зерттеу белсенділігі соңғы жылдары артқанымен, әлі де орташа деңгейде қалып отыр. Ал дамушы аймақтар Африка және Латын Америка елдері (Нигерия, Бразилия, Аргентина, Руанда) ғылыми жарияланым үлесінің тек 10% шамасында екенін көрсетті. Бұл айырмашылықтар ғылыми инфрақұрылымның дамуы мен халықаралық зерттеу желілеріне қатысу мүмкіндігіне тікелей байланысты.

Кілт сөздік талдау нәтижелері физика пәнін оқыту саласындағы зерттеу бағыттарының мазмұндық құрылымын айқындады. Барлығы 80-нен астам кілт сөз тіркеліп, олардың өзара байланысына қарай 5 негізгі кластер қалыптасты. Бірінші кластер “physics, teaching, identity, gender, achievement” ұғымдарына негізделіп, оқыту психологиясы мен оқушылардың пәнге деген қатынасын сипаттады. Екінші кластер “physics education, conceptual understanding, science education” бағытында физикалық ұғымдарды түсіну мен ұғымдық өзгерістер мәселесін қамтыды. Үшінші кластер “high school physics, curriculum, problem solving” терминдері арқылы оқу бағдарламалары мен есеп шығару дағдыларын зерттеуге бағытталды. Төртінші кластер “STEM, inquiry, secondary school” ұғымдары негізінде пәнаралық интеграция мен зерттеу сабақтарына назар аударды. Ал бесінші кластер “virtual laboratory, augmented reality, technology, online learning” ұғымдары арқылы физиканы оқытудағы цифрлық және аралас форматтағы жаңа әдістердің белсенділігін көрсетті.

Зерттеу нәтижелері физика пәнін оқытуда дәстүрлі және инновациялық тәсілдердің өзара тоғысып, заманауи білім беру үрдістерімен үйлескенін дәлелдейді. “Physics education” және “high school physics” ұғымдарының жиілік көрсеткіштері жоғары (миісінше 0.92 және 0.85), ал “STEM” және “virtual laboratory” терминдерінің соңғы бес жылда жиілігінің 35-40%-ға артуы технологиялық және зерттеушілік тәсілдердің басым бағытқа айналғанын айғақтайды. Бұл үрдістер бұрынғы зерттеулермен (Hazari et al., 2010; Basu & Calabrese Barton, 2009; Simeon & Samsudin, 2022) үйлесімді болып, қазіргі педагогикалық тәжірибелердің эволюциялық жалғасы екенін көрсетті.

Зерттеу нәтижелерінің ғылыми маңызы физика пәнін оқыту саласындағы зерттеу бағыттарының эволюциясын анықтап, эксперименттік әдістер мен технологиялық инновациялардың тиімділігін дәлелдеуде. Практикалық маңызы алынған мәліметтер мектеп физикасын оқыту процесін жетілдіруге, оқушылардың зерттеу және ойлау дағдыларын дамытуға бағытталған әдістемелік ұсыныстарды негіздеуге мүмкіндік береді. Бұл зерттеу нәтижелері мұғалімдер мен әдіскерлерге эксперименттік оқыту әдістерін тиімді қолданудың, STEM-интеграция элементтерін енгізудің және виртуалды зертханалар арқылы физикалық құбылыстарды меңгерудің жаңа жолдарын ұсынуға негіз бола алады.

Сонымен қатар, зерттеу барысында белгілі бір шектеулер анықталды. Біріншіден, талдау тек Scopus базасындағы ағылшын тіліндегі мақалаларға негізделді, сондықтан өзге тілдердегі зерттеулер қамтылмады. Екіншіден, зерттеу “school physics” кілт сөзі шеңберінде жүргізілгендіктен, физиканы оқытудың басқа деңгейлері мен бағыттары (жоғары білім, инженерлік физика, арнайы әдістемелер) қарастырылған жоқ. Бұл шектеулер болашақ зерттеулерге кең өріс ашады.

Болашақ зерттеулерде физика пәнін оқытуда эксперименттік әдістердің нақты әсерін эмпирикалық тұрғыда бағалау, виртуалды зертханалардың когнитивтік және мотивациялық әсерін ұзақ мерзімді зерттеу, сондай-ақ дамушы елдерде ғылыми серіктестікті арттыру бағыттары өзекті болып табылады. Сонымен қатар, педагогикалық тәжірибелерді цифрлық ортада бейімдеп, зерттеу мен практика арасындағы байланысты күшейту қажеттілігі анық байқалды.

Қорыта айтқанда, бұл зерттеу физика пәнін оқыту саласындағы соңғы екі онжылдықтағы ғылыми үрдістерді кешенді түрде сипаттап, эксперименттік және технологиялық әдістердің маңызын ғылыми тұрғыда негіздеді. Алынған нәтижелер білім беру жүйесінде физика пәнін оқытудың сапасын арттыруға, оқушылардың зерттеу дағдыларын дамытуға және заманауи цифрлық білім беру ортаға бейімделген педагогикалық әдістемелерді қалыптастыруға бағытталған практикалық негіз ұсынады.

Ұсыныстар ретінде, мектеп физикасын оқытуда жүйелі түрде эксперименттік және зерттеу сабақтарын енгізу, STEM-интеграция мен виртуалды зертханаларды кеңінен пайдалану, мұғалімдердің әдістемелік және цифрлық құзыреттілігін арттыру, сондай-ақ халықаралық ғылыми ынтымақтастықты кеңейту арқылы физика білімінің сапасын арттыру ұсынылады. Осылайша, зерттеу нәтижелері қазіргі заманғы физика білімін дамыту мен оны оқыту әдістемесін жетілдіруге бағытталған маңызды ғылыми үлес болып табылады.

References

1. Shin, A., Hyun, D., & Park, J. (2023). Problem in deriving the period of simple pendulum in physics textbooks and proposal for solution. *New Physics: Sae Mulli*, 73(1), 37-43. <https://doi.org/10.3938/NPSM.73.37>

2. Krakehl, R., Kelly, A. M., & Khosla, P. (2024). Gender, teacher, and school characteristics as predictors of advanced placement physics performance. *School Science and Mathematics*, 124(6), 389-402. <https://doi.org/10.1111/ssm.12651>
3. Colletti, L. (2022). Making physics teaching inclusive through a humanistic approach. *Physics Educator*, 4(3), 2250016. <https://doi.org/10.1142/S2661339522500160>
4. Engström, S., & Norström, P. (2022). How physics courses can make highly valued strategies and dispositions visible to physics teacher students. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 10(4), 396-411. <https://doi.org/10.30935/scimath/12078>
5. Govender, N., & Mudzamiri, E. (2022). Incorporating indigenous artefacts in developing an integrated indigenous-pedagogical model in high school physics curriculum: Views of elders, teachers and learners. *Cultural Studies of Science Education*, 17(3), 827-850. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10076-2>
6. Wei, L., Gao, B., Wang, J., Jiang, C., Zhang, X., & Ping, X. (2024). Research on the nature of science in China's current high school physics textbooks. *Science and Education*, 33(6), 1467-1483. <https://doi.org/10.1007/s11191-023-00443-6>
7. Weissman, E. Y., Merzel, A., Katz, N., & Galili, I. (2024). Keep it secret, keep it safe: Teaching quantum key distribution in high school. *EPJ Quantum Technology*, 11(1), 64. <https://doi.org/10.1140/epjqt/s40507-024-00276-4>
8. Al-Kamzari, F., & Alias, N. A. (2024). Exploring the readiness of high school physics students for project-based hybrid learning in the Sultanate of Oman. *Eurasia Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 20(2), 1-12. <https://doi.org/10.29333/ejmste/14241>
9. Simeon, M. I., Samsudin, M. A., & Yakob, N. (2022). Effect of design thinking approach on students' achievement in some selected physics concepts in the context of STEM learning. *International Journal of Technology and Design Education*, 32(1), 185-212. <https://doi.org/10.1007/s10798-020-09601-1>
10. Wu, H. (2024). Detecting student performance gaps in high school physics courses. *Physics Education*, 59(1), 015021. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ad04fa>
11. Ole, F. C. B., & Gallos, M. R. (2023). Impact of formative assessment based on feedback loop model on high school students' conceptual understanding and engagement with physics. *Journal of Turkish Science Education*, 20(2), 333-355. <https://doi.org/10.36681/tused.2023.019>
12. Schnider, D., & Hömöstrei, M. (2023). Exoplanets: An easy, practice-oriented and fun project with Arduino. *Physics Education*, 58(5), 055004. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ace1c9>
13. Bada, A. A., & Jita, L. C. (2023). Student's rating of secondary school physics teachers' classroom practice: Implications for teaching and learning. *International Journal of Evaluation and Research in Education*, 12(1), 477-486. <https://doi.org/10.11591/ijere.v12i1.24078>
14. Kang, H., Talafian, H., & Tschida, P. (2023). Expanding opportunities to learn in secondary science classrooms using unconventional forms of classroom assessments. *Journal of Research in Science Teaching*, 60(5), 1053-1091. <https://doi.org/10.1002/tea.21824>
15. Lane, W. B., Galanti, T. M., & Rozas, X. L. (2023). Teacher re-novicing on the path to integrating computational thinking in high school physics instruction. *Journal for STEM Education Research*, 6(2), 302-325. <https://doi.org/10.1007/s41979-023-00100-1>
16. Santana, L. M., Hickman, C., Bilak, J., & Singh, C. (2023). Investigating and improving student understanding of conductors and insulators. *Education Sciences*, 13(3), 242. <https://doi.org/10.3390/educsci13030242>
17. Herwinarso, N., Pratidhina, E., Adam, P., Kuswanto, H., & Rahmat, A. D. (2023). Investigation of science process skills and computational thinking dispositions during the implementation of collaborative modeling-based learning in high school physics class. *Journal of Education and e-Learning Research*, 10(4), 753-760. <https://doi.org/10.20448/jeelr.v10i4.5200>
18. Neito, R., Vilhunen, E., Lavonen, J. M. J., & Reivelt, K. (2023). Predicting situational interest by individual interest and instructional activities in physics lessons: An experience sampling approach. *Journal of Baltic Science Education*, 22(6), 1063-1073. <https://doi.org/10.33225/jbse/23.22.1063>
19. Makkonen, T., Lavonen, J. M. J., & Tirri, K. A. (2022). Factors that help or hinder the development of talent in physics: A qualitative study of gifted Finnish upper secondary school students. *Journal of Advanced Academics*, 33(4), 507-539. <https://doi.org/10.1177/1932202X22111828>
20. Engström, S., & Norström, P. G. (2022). How physics courses can make highly valued strategies and dispositions visible to physics teacher students. *European Journal of Science and Mathematics Education*, 10(4), 396-411. <https://doi.org/10.30935/scimath/12078>

21. Erceg, N., Nikolaus, P., Nikolaus, V., & Poljančič Beljan, I. (2022). Who teaches physics in Croatian elementary schools? *Education Sciences*, 12(7), 461. <https://doi.org/10.3390/educsci12070461>
22. Govender, N., & Mudzamiri, E. (2022). Incorporating indigenous artefacts in developing an integrated indigenous-pedagogical model in high school physics curriculum: Views of elders, teachers and learners. *Cultural Studies of Science Education*, 17(3), 827-850. <https://doi.org/10.1007/s11422-021-10076-2>
23. Hernandez, J., Scherr, R. E., & Robertson, A. D. (2022). Redefining energy justice in physics classrooms. *Environmental Justice*, 15(2), 108-114. <https://doi.org/10.1089/env.2021.0042>
24. Stolzenberger, C., Frank, F., & Trefzger, T. (2022). Experiments for students with built-in theory: "PUMA: Spannungslabor" An augmented reality app for studying electricity. *Physics Education*, 57(4), 045024. <https://doi.org/10.1088/1361-6552/ac60ae>
25. Kokkonen, T., Lichtenberger, A., & Schalk, L. (2022). Concreteness fading in learning secondary school physics concepts. *Learning and Instruction*, 77, 101524. <https://doi.org/10.1016/j.learninstruc.2021.101524>
26. Kurnaz, M. A., & Çepni, S. (2012). An evaluation of changes to the Turkish high school physics curriculum. *International Education Studies*, 5(5), 92-108. <https://doi.org/10.5539/ies.v5n5p92>
27. Owolabi, O. T., & Adedayo, J. O. (2012). Effect of teacher's qualification on the performance of senior secondary school physics students: Implication on technology in Nigeria. *English Language Teaching*, 5(6), 72-76. <https://doi.org/10.5539/elt.v5n6p72>
28. Yener, D. (2012). A study on analogies presented in high school physics textbooks. *Asia-Pacific Forum on Science Learning and Teaching*, 13(1). Retrieved from <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84872255777>

THE USE OF SHADOWING TECHNIQUE TO IMPROVE SPEAKING SKILLS IN EFL STUDENTS

Myrzakhanova D.E.¹

Razabekova A.N.²

¹ Master, senior lecturer, Kazakh Ablai Khan International University of Relations and World Languages, Kazakhstan

² 4th year student, Kazakh Ablai Khan International University of Relations and World Languages, Kazakhstan

Abstract

This study examines the use of the shadowing technique as a practical method to improve speaking skills among EFL students. As many learners struggle with pronunciation, fluency, and confidence, shadowing offers a simple yet effective way to practice speaking by repeating speech from a model speaker. This research collected data through a student survey, and short interviews to understand how students experience and respond to shadowing activities. The results show that shadowing helps students speak more fluently, notice natural intonation patterns, and feel more confident when using English. Many participants reported that repeating authentic speech made them more aware of pronunciation mistakes and helped them develop smoother and more natural speech. However, the study also found several challenges that students face while using shadowing, such as difficulty keeping up with the speed, unfamiliar vocabulary, and occasional loss of concentration. Despite these challenges, both students and teachers expressed positive attitudes toward the technique, recognizing its value as a supportive tool for improving speaking skills. Overall, this study suggests that the shadowing technique can be a valuable addition to EFL classrooms when used consistently and with appropriate support. The paper discusses practical ways to integrate shadowing into lessons and provides recommendations for improving its effectiveness for diverse learners.

Keywords: Shadowing Technique, Speaking Skills, EFL Students, Pronunciation, Fluency, Language Learning Strategies

INTRODUCTION

In recent years, English language teachers have been looking for new and effective techniques to help students improve their speaking skills. One method that has received increasing attention is the shadowing technique, which involves listening to a model speaker and repeating the speech at the same time. This technique started to gain popularity among EFL learners because it offers a practical and engaging way to practice speaking. The focus of this study is to explore how shadowing can support students in developing clearer pronunciation, better fluency, and greater speaking confidence.

The interest in shadowing comes from the need to make speaking practice more active and meaningful. Many students find speaking activities stressful, especially when they worry about making mistakes or being judged. Shadowing provides a low-pressure environment where learners simply follow a model speaker, allowing them to focus on natural rhythm, intonation, and sentence patterns. This idea is supported by theories of language acquisition, such as Krashen's Input Hypothesis, which emphasizes the importance of listening to comprehensible input before speaking. Through continuous exposure and repetition, shadowing helps learners internalize natural speech features that cannot always be taught directly.

Although shadowing has shown positive results in many language-learning contexts, it is still not widely used in traditional classrooms. Some teachers may not be familiar with how to apply it, while others might worry that students will not understand the purpose of repeating speech without fully processing the meaning. There are also concerns about time management and the availability of suitable audio materials. As a result, the effectiveness of shadowing in improving speaking skills - especially for regular EFL students rather than advanced learners - remains underexplored. This study aims to address this gap by examining how shadowing works in a real classroom setting and what specific aspects of speaking it can improve.

The motivation for this research also comes from the challenges that many students face in speaking English. Traditional methods, such as memorizing dialogues or repeating after the teacher, often do

not provide enough authentic language practice. Students may know the grammar rules but still struggle to speak naturally because they lack exposure to fluent, real-time speech patterns. Shadowing, on the other hand, connects listening and speaking in a natural way and encourages learners to use English more spontaneously. By practicing with recordings of native or proficient speakers, students can gradually improve their pronunciation accuracy, speech rate, and overall fluency.

In this study, the use of the shadowing technique is investigated as a classroom strategy to support EFL learners' speaking development. The research focuses on how shadowing influences students' pronunciation, fluency, and self-confidence. It also looks at students' attitudes toward the technique—whether they find it helpful, enjoyable, or challenging. By collecting and analyzing students' experiences, the study aims to provide practical insights for teachers who want to integrate shadowing into their lessons. Therefore, the main research questions guiding this study are:

- 1. How does the shadowing technique affect EFL students' pronunciation, fluency, and overall speaking performance?*
- 2. What are students' perceptions and attitudes toward using the shadowing technique in speaking practice?*
- 3. What factors contribute to or limit the effectiveness of shadowing in real classroom conditions?*

METHODS

This study used a quantitative research design to examine how the shadowing technique helps improve speaking skills among EFL students. The main purpose of the research was to find out how often learners use shadowing, how they feel about this technique, and what changes they notice in their pronunciation, fluency, and confidence. To collect the necessary information, a structured online questionnaire was used, allowing for the gathering of numerical data as well as short descriptive answers.

The study was carried out at a foreign language department where shadowing is sometimes used during speaking lessons. A total of 20 students participated in the research. All participants were EFL learners with varying levels of English proficiency, ranging from A2 to B2. They were selected through convenience sampling, as they were already engaged in speaking practice activities in their regular classes. Their ages ranged from 10 to 21, providing a clear picture of how young learners experience the shadowing technique.

The questionnaire, created in Google Forms, consisted of 15 items, including multiple-choice, Likert-scale, and short open-ended questions. The closed-ended items asked about the frequency of shadowing use, perceived improvement in speaking fluency and pronunciation, and overall level of comfort when practicing the technique. Open-ended questions invited students to describe the challenges they faced and the benefits they experienced when shadowing native or advanced-level speech models.

To analyze the collected data, descriptive statistics were used to summarize the quantitative responses, including percentages and frequency counts. Qualitative responses from the open-ended questions were analyzed using a simple thematic approach to identify common ideas, such as pronunciation difficulties, increased fluency, or motivation to speak. This combination of quantitative and qualitative insights helped provide a clearer understanding of how the shadowing technique influences speaking development.

Overall, this method allowed the researcher to gather balanced, practical information about how students interact with shadowing in real learning situations and to identify both the strengths and limitations of using this technique in EFL classrooms.

RESULT

Demographic and General Information

The distribution of participants by age is as follows: 10–12 years – 30%, 13–15 years – 42%, 16–18 years – 20%, 19–21 years – 10% (Figure 1). This age breakdown reflects a range of developmental stages, providing insight into how learners of different ages interact with the shadowing technique. By proficiency level, the distribution is: Beginner – 10%, Elementary – 20%, Pre-Intermediate – 10%, Intermediate – 25%, Upper-Intermediate – 35%, Advanced – 10% (Figure 2). This shows that participants had varying levels of English proficiency, which may influence their ability to perform shadowing tasks effectively. The gender distribution is: Male – 35%, Female – 65% (Figure 3). This indicates a slightly higher proportion of female participants, which could affect engagement and perception of the shadowing technique. These demographic details provide context for interpreting the subsequent results.

Age

20 ответов

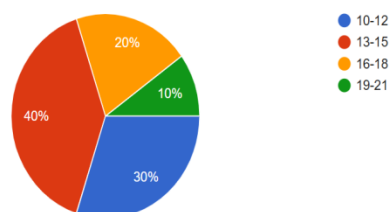


Figure 1

How do you rate your English proficiency level?



Копировать диаграмму

20 ответов

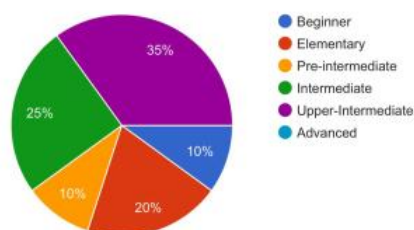


Figure 2

Gender

20 ответов

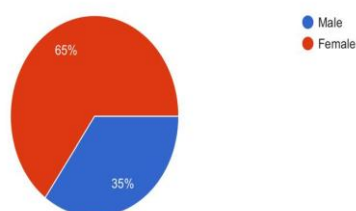


Figure 3

Table 1

Frequency and Use of Shadowing Technique

Age	Percent %	English level	Percent %	Gender	Percent %
10-12 years	30%	Beginner	10%	Male	65%
13-15 years	40%	Elementary	20%	Female	35%
16-18 years	20%	Pre-Intermediate	10%		
19-21 years	10%	Intermediate	25%		
		Upper-Intermediate	35%		
		Advanced	10%		
Total	100%	Total	100%	Total	100%

60% of students reported practicing shadowing "regularly" (3–4 times per week), 25% "occasionally" (1–2 times per week), and 15% "rarely" (less than once per week). This shows that most students were actively using shadowing as part of their speaking practice. Regarding the type of speech models shadowed, 65% of learners preferred native speaker recordings, 20% advanced-level EFL models, and 15% mixed sources. This indicates that students tend to select models they perceive as most helpful for pronunciation and fluency improvement.

Improvement in Speaking Skills

When asked about perceived improvement in pronunciation, 50% of students reported "significant improvement," 35% "moderate improvement," and 15% "minimal improvement". This indicates that shadowing contributed to enhanced pronunciation for the majority of participants. For fluency, 45% claimed "significant improvement," 40% "moderate improvement," and 15% "no noticeable change". This shows that shadowing helped most learners develop and faster speech patterns. Regarding overall confidence in speaking English, 55% of students felt "much more confident," 30% "somewhat more

confident," and 15% "no change". This demonstrates that practicing shadowing can positively affect learners' self-confidence in oral communication.

Students' Attitudes Toward Shadowing

When asked about their overall attitude toward the shadowing technique, 65% of students described it as "very useful," 25% as "moderately useful," and 10% as "slightly useful". This suggests that the majority of learners hold a positive perception of shadowing and view it as a supportive tool for improving speaking skills.

Challenges and Benefits of Shadowing

Students identified several challenges when using shadowing: fast speech rate (40%), difficulty keeping up with pronunciation (35%), and lack of understanding of some vocabulary (25%). Despite these difficulties, 70% of participants noted benefits such as better pronunciation, increased fluency, and higher motivation to speak. This indicates that while shadowing can be challenging, it is generally perceived as a useful tool for speaking development.

The results of this study indicate that the shadowing technique is widely used among EFL students and is associated with improvements in pronunciation, fluency, and speaking confidence. Most participants reported regular practice and positive outcomes, although some challenges were noted in coping with fast or complex speech. This demonstrates that shadowing can serve as an effective strategy for developing oral communication skills in diverse EFL learning contexts.

DISCUSSION

The findings of this study show that the shadowing technique has a generally positive impact on speaking development among EFL students, especially in pronunciation, fluency, and confidence. These results support earlier studies that describe shadowing as an effective technique for improving oral skills (Lambert, 2008; Hamada, 2016). In this study, half of the students (50%) reported significant improvement in pronunciation, which aligns with previous research showing that shadowing helps learners notice and reproduce accurate sounds, stress patterns, and intonation. The strong preference for native speaker recordings (65%) also reflects learners' desire to imitate natural speech models.

The results also suggest that shadowing contributes to improvements in fluency. A total of 85% of students reported either significant or moderate improvement in fluency, which is consistent with findings by Hamada (2014), who noted that shadowing increases speaking speed and reduces hesitation. The increase in confidence observed among 55% of participants also mirrors previous studies showing that repeated imitation builds automaticity and reduces speaking anxiety. These outcomes indicate that shadowing not only helps technical aspects of speaking but also supports learners' willingness to communicate.

The study further highlights positive attitudes toward shadowing, with 65% of students describing the technique as very useful. This corresponds with research emphasizing that shadowing increases learners' motivation (Bui & Intaraprasert, 2018). The fact that many students practiced shadowing regularly (60%) also shows that the technique is easy to integrate into everyday learning habits. This suggests that shadowing can be a practical, low-resource method that students can use both inside and outside the classroom.

However, the results also point to several challenges. The most common difficulties are fast speech rate (40%), pronunciation speed (35%), and unfamiliar vocabulary (25%). It is similar to challenges mentioned in previous studies on shadowing. Hamada (2012) noted that learners often find the quick pace of speech overwhelming, especially at lower proficiency levels. These findings show that while shadowing is effective, learners may need structured support such as slowed-down audio, pre-teaching vocabulary, or step-by-step shadowing tasks. These adjustments could help students overcome difficulties and maintain motivation.

To address the challenges identified, teachers may consider providing graded audio materials that match learners' proficiency levels. Offering guided shadowing sessions in class, followed by independent practice, can also help students develop confidence before moving to faster or more complex speech models. Additionally, vocabulary support and short pronunciation drills could make the technique more accessible for lower-level learners. These strategies are supported by previous research, which emphasizes the importance of scaffolding in shadowing activities (Hamada, 2016; Foote & McDonough, 2017).

Overall, the findings of this study align with existing literature confirming that the shadowing technique can effectively enhance speaking skills. At the same time, the results point to areas where learners may need additional support. Moving forward, educators should consider integrating shadowing more systematically into speaking lessons and provide the necessary scaffolding to ensure that students at all proficiency levels can benefit from it.

CONCLUSION

In conclusion, the findings of this study show that the shadowing technique has a positive impact on improving EFL students' speaking skills. Most participants noted that their pronunciation became clearer, their fluency increased, and they felt more confident when speaking English. These results suggest that shadowing can be a useful and practical method for students who want to develop their speaking abilities through regular listening and repetition of natural speech.

The study also showed that students generally enjoyed using this technique and felt more motivated during speaking practice. Many of them mentioned that shadowing made the learning process more interesting and helped them stay focused. Since learners worked with real speech models, they were exposed to natural intonation and rhythm, which helped them sound more like fluent speakers. This indicates that shadowing can make speaking practice more engaging and meaningful for students.

At the same time, some challenges were identified. A number of students found fast speech difficult to follow, and some struggled with new or unfamiliar vocabulary. These difficulties show that the shadowing technique works best when teachers guide students through the process, starting with easier audio materials and gradually moving to more complex ones. With the right support, students can overcome these challenges and gain more benefits from the technique.

Overall, the study demonstrates that shadowing can be a valuable addition to speaking lessons in EFL classrooms. Teachers may consider integrating it more frequently, especially to help students improve pronunciation and fluency in a natural way. Future research could focus on how shadowing influences long-term speaking development or explore how digital tools can make the technique even more effective. Shadowing can help learners become more confident and successful English speakers.

References

1. Arboleda, G. G., Rivadeneira Zambrano, M. A., & Coutinho dos Santos, J. (2022). Shadowing technique: Exploring pre-service EFL teachers' perspectives to improve speaking skills. *Research, Society and Development*, 12(9). <https://doi.org/10.33448/rsd-v12i9.43105>
2. Bui, G., & Intaraprasert, C. (2018). The effects of shadowing on EFL learners' speaking fluency and confidence. *International Journal of Language Education*, 6(2), 45–58.
3. Foote, J. A., & McDonough, K. (2017). Using shadowing as a listening and speaking practice activity in ESL classrooms. *TESL Canada Journal*, 34(2), 57–78. <https://doi.org/10.1075/jslp.3.1.02foote-jalt-publications.org>
4. Hamada, Y. (2012). An experiment of shadowing with Japanese EFL learners: Improving listening skills and motivation. *Language Teaching Research*, 16(4), 443–462.
5. Hamada, Y. (2014). Shadowing: A listening and speaking training technique for language learners. *ELT Journal*, 68(3), 311–321.
6. Hamada, Y. (2016). Shadowing practice and its impact on learners' pronunciation accuracy. *Asian EFL Journal*, 18(1), 112–130.
7. Krashen, S. D. (1985). *The input hypothesis: Issues and implications*. Longman.
8. Lambert, S. (2008). Shadowing as a technique in interpreting and language acquisition. *Journal of Interpretation Studies*, 21(1), 25–40.
9. Mizuguchi, T. (2019). The role of shadowing in improving EFL learners' prosody. *Asian Journal of Applied Linguistics*, 6(1), 54–68.
10. Murphey, T. (1995). Shadowing and repetition: Useful language learning strategies for EFL students. *Language Teaching Review*, 9(2), 79–94.
11. Tamai, K. (1997). Detailed analysis of shadowing and its effectiveness in language learning. *Educational Linguistics Review*, 14(3), 22–36.
12. Salim, A., Terasne, T., & Narasima, L. (2022). Enhancing students' pronunciation using the shadowing technique: A quasi-experimental study. *JOLLT: Journal of Languages and Language Teaching*, 8(1), 2212. <https://doi.org/10.33394/jollt.v8i1.2212>
13. Yusupova, S. O., & Khazratkulova, E. I. (2024). Enhancing language acquisition through shadowing: A study on pronunciation, fluency, and listening comprehension. *Obrazovanie Nauka i Innovatsionnye Idei v Mire*, 59(5), 153–154. <https://doi.org/10.1000/obr-9475>
14. Oktavia, V. E., Sodik, J., & Ambarini, R. (2023). Shadowing technique to improve the students' pronunciation ability in narrative text. *ETERNAL: English Teaching Journal*, 16(1), 1122. <https://doi.org/10.26877/eternal.v16i1.1122>

ENHANCING STUDENTS' PROBLEM-SOLVING SKILLS THROUGH INQUIRY-BASED MATHEMATICS INSTRUCTION

Ualikhan Diana Alimjanovna

*4th-year Bachelor student, SDU University,
Kaskelen, Kazakhstan*

Abstract

The study examines the effectiveness of inquiry-based instruction in improving students' mathematical problem-solving skills in contemporary educational settings. The relevance of the research lies in the growing demand for instructional approaches that cultivate reasoning, adaptability, and strategic thinking rather than reliance on procedural methods. The purpose of the study was to determine whether inquiry-oriented learning environments provide measurable advantages in developing students' problem-solving competence.

The research applied an experimental design comparing inquiry-based teaching with conventional instruction. Problem-solving tasks, reasoning indicators, and observations of classroom behaviours were used to assess changes in students' performance. Data were analysed through comparative and descriptive methods to identify patterns of development across instructional conditions.

The results indicate that inquiry-based instruction supports more substantial improvement in students' ability to interpret problems, generate and evaluate solution strategies, and articulate mathematical reasoning. Students exposed to inquiry-oriented learning demonstrated greater flexibility in choosing strategies and higher engagement in exploratory and justificatory thinking.

In conclusion, the study highlights the scientific and practical value of implementing inquiry-based approaches in mathematics education. Such instructional practices can strengthen students' conceptual understanding and problem-solving readiness, providing a foundation for more adaptive and independent mathematical thinking.

Keywords: *inquiry-based instruction, problem-solving skills, mathematical reasoning, flexible thinking, mathematics education*

Introduction

The development of strong mathematical thinking skills is a central concern in contemporary mathematics education. International assessments such as PISA and TIMSS consistently reveal that students in many countries struggle with tasks requiring reasoning, interpretation, generalization, and justifying mathematical ideas [1]. These results highlight a persistent gap between curriculum expectations which increasingly demand higher-order thinking and classroom practices, which often emphasize procedural fluency and rote application of algorithms. In this context, the topic "Enhancing Students' Problem-Solving Skills Through Inquiry-Based Mathematics Instruction" becomes particularly relevant, as it focuses on the advancement of reasoning and flexible problem-solving competencies essential for navigating the cognitive demands of the 21st century [2].

Recent educational reforms emphasize that students must move beyond memorizing formulas toward constructing meaning, comparing solution methods, and adapting their strategies to unfamiliar situations. Mathematical reasoning is now widely recognized as a key component of mathematical proficiency, involving the ability to form conclusions based on evidence, identify relationships, generalize patterns, and justify solutions [3]. At the same time, research on strategic behaviour in mathematics shows that successful problem solvers are not those who rely on a single standard algorithm but those who demonstrate strategy flexibility the ability to know, select, and apply the most appropriate method according to task features and context. Given these converging demands, understanding how instructional environments shape reasoning and strategic adaptivity is crucial for improving mathematics teaching and learning.

The object of this study is students' mathematical thinking during problem-solving, while the subject is the development of mathematical reasoning and strategy flexibility in instructional contexts. The purpose of the study is to analyze how pedagogical approaches, task types, and learner characteristics

influence the formation of adaptive mathematical expertise. The research objectives are:

- 1. to examine current trends and challenges in students' reasoning and strategic behaviour;*
- 2. to synthesize evidence on effective instructional strategies; and*
- 3. to propose an integrated conceptual understanding of reasoning and flexibility as complementary components of mathematical proficiency.*

Mathematical reasoning has been identified as a fundamental competency in modern curricula. Reasoning in mathematics involves the coordinated use of deductive, inductive, and abductive thinking, drawing on processes such as identifying similarities and differences, evaluating claims, constructing arguments, and generalizing solution strategies. However, empirical studies consistently show that many students rely on imitative reasoning, depending heavily on memorized procedures rather than developing or justifying new mathematical ideas. Research further indicates that students often struggle with reasoning tasks because they receive limited exposure to non-routine problems and typically learn in classroom environments that emphasize producing correct answers over providing explanations, justifications, or alternative strategies. [4].

Multiple interventions have shown promise in improving reasoning. As summarized in Table 1 of the review, approaches such as open-ended tasks supported by technology (e.g., VBA for PowerPoint or Excel), Argument-Driven Inquiry, and Realistic Mathematics Education (RME) materials can enhance reasoning by engaging students in modeling, exploration, and reflection. Collaborative learning combined with metacognitive strategies also demonstrates positive effects, emphasizing the importance of social interaction and guided reflection in developing reasoning competence.

Teacher beliefs significantly influence reasoning development. Marasabessy reports that many teachers view reasoning as an internal process, resulting in fewer opportunities for students to verbalize arguments, critique solutions, or justify methods. This discrepancy between curriculum expectations and classroom practices contributes to a lack of reasoning proficiency among students.

Research on strategy flexibility further expands the understanding of effective mathematical thinking. Strategy flexibility is defined as knowledge of multiple solution approaches and the ability to choose an efficient and contextually appropriate strategy [5]. This line of research distinguishes between strategy variety, referring to the ability to generate different strategies, and strategy adaptivity, referring to the ability to select the most effective solution pathway. Findings in this area highlight that flexibility is not merely a behavioural preference but is shaped by factors such as student background, prior knowledge, executive functioning, and the norms established within the classroom environment.

Assessment tools such as the "choice/no-choice format" and triphase assessments (strategy choice → strategy generation → best-strategy selection) allow researchers to identify whether students truly understand when and why a particular method is advantageous. Although flexible strategy use often correlates with better problem-solving performance, some studies show mixed results, indicating that flexibility alone does not guarantee success; students must also possess sufficient conceptual understanding.

Instructional interventions that promote strategy flexibility include explicit comparison of methods, encouraging students to generate multiple solutions, and integrating digital tools that highlight strategic contrasts [6]. Classroom cultures that reward explanation, comparison, and efficient reasoning also support the development of strategic adaptivity.

Taken together, these two strands of research suggest that reasoning and strategy flexibility are interconnected and mutually reinforcing. Reasoning provides the conceptual foundations that allow learners to evaluate and justify strategic choices, while flexibility operationalizes reasoning by enabling students to adapt strategies to the demands of unfamiliar or complex tasks. Both are essential components of adaptive mathematical expertise.

Instructional environments that support the development of both mathematical reasoning and strategy flexibility share several defining characteristics, including the use of open-ended, non-routine, or realistic tasks that require students to extend their thinking beyond procedural recall; structured opportunities for students to compare, justify, and discuss multiple solution strategies; explicit scaffolding that strengthens argumentation and metacognitive awareness; collaborative learning arrangements that promote peer-to-peer reasoning; and teacher facilitation that prioritizes conceptual understanding rather than repetitive algorithmic practice. However, the literature consistently highlights barriers that hinder the full realization of these pedagogical principles. Among the most frequently reported challenges are persistent teacher misconceptions about the nature of reasoning, rigid curriculum structures that restrict the use of inquiry-oriented tasks, limited instructional time for deep exploration, and substantial variability in students' prior knowledge and preparedness. These contextual constraints often

limit the extent to which classrooms can provide the rich cognitive and social conditions necessary for the development of higher-order mathematical thinking.

Materials and Methods

This study employed a quasi-experimental design with pre-test and post-test measurements to examine the effectiveness of inquiry-based mathematics instruction in improving students' problem-solving skills [7]. The methodological approach was grounded in contemporary research demonstrating that student-centred, inquiry-oriented environments can enhance mathematical reasoning, strategy flexibility, and creative problem solving when compared to conventional instruction. Consistent with evidence from previous empirical studies, the present research adopted a mixed methodology, integrating quantitative assessment with structured classroom observation to capture changes in students' performance and engagement during the intervention.

The study involved two intact groups of lower secondary students with comparable mathematical backgrounds, functioning as an experimental group that received inquiry-based instruction and a control group that continued with standard teacher-centred teaching. The sample selection followed principles used in similar research, where existing classrooms were assigned to treatment conditions to minimize disruption while ensuring ecological validity. Prior achievement data and demographic characteristics indicated that the groups were broadly equivalent at baseline, mirroring the purposive yet typical-case sampling strategies found in earlier studies. Both groups completed a pre-test designed to assess baseline problem-solving competence through tasks adapted from established international assessments emphasizing non-routine reasoning and strategy use. These tasks reflected the literature's emphasis on assessing flexible, conceptual approaches rather than procedural recall.

The instructional intervention applied to the experimental group drew on inquiry-based learning principles identified in the reviewed materials, emphasising collaborative exploration, open-ended problem contexts, guided questioning, argumentation, and the generation and comparison of multiple solution strategies [8, 9]. Lessons were structured to follow iterative inquiry cycles that required students to interpret problems, generate hypotheses, test strategies, justify reasoning, and reflect on solution efficiency. The control group received conventional instruction focused on direct explanation and algorithmic practice, reflecting the procedural emphasis described as common in traditional mathematics classrooms. Across both groups, teaching was delivered by trained mathematics teachers following consistent curricular content, though the pedagogical approach differed systematically by group.

Data collection proceeded in two phases. First, students in both groups completed a pre-test assessing their ability to solve contextual, non-routine mathematical problems. After the instructional period, which spanned several lesson cycles, a parallel post-test with matched difficulty and structure was administered to evaluate learning gains. The testing instruments were adapted from widely validated problem-solving frameworks and aligned with research-based criteria for evaluating mathematical reasoning and strategy flexibility. Second, structured observations were carried out in experimental classrooms during the intervention. Observation protocols focused on indicators such as students' use of multiple strategies, their engagement in collaborative reasoning, and the extent to which inquiry processes exploration, conjecturing, justification were enacted. These qualitative observations served to substantiate quantitative findings and ensure fidelity of implementation.

For data analysis, paired-sample comparisons were used to measure within-group changes from pre-test to post-test, while analysis of covariance (ANCOVA) examined between-group differences, controlling for initial performance and addressing the causal influence of the inquiry-based intervention. Analytical procedures mirrored those adopted in prior studies that measured changes in creative and analytical problem-solving outcomes following instructional innovations. Correlation analyses tested whether improvements in problem-solving were associated with observed inquiry behaviours, reflecting the documented relationship between reasoning processes, strategy adaptivity, and problem-solving competence. Taken together, these methodological procedures enabled a rigorous evaluation of whether inquiry-based mathematics instruction produced measurable improvements in students' problem-solving performance relative to conventional teaching conditions.

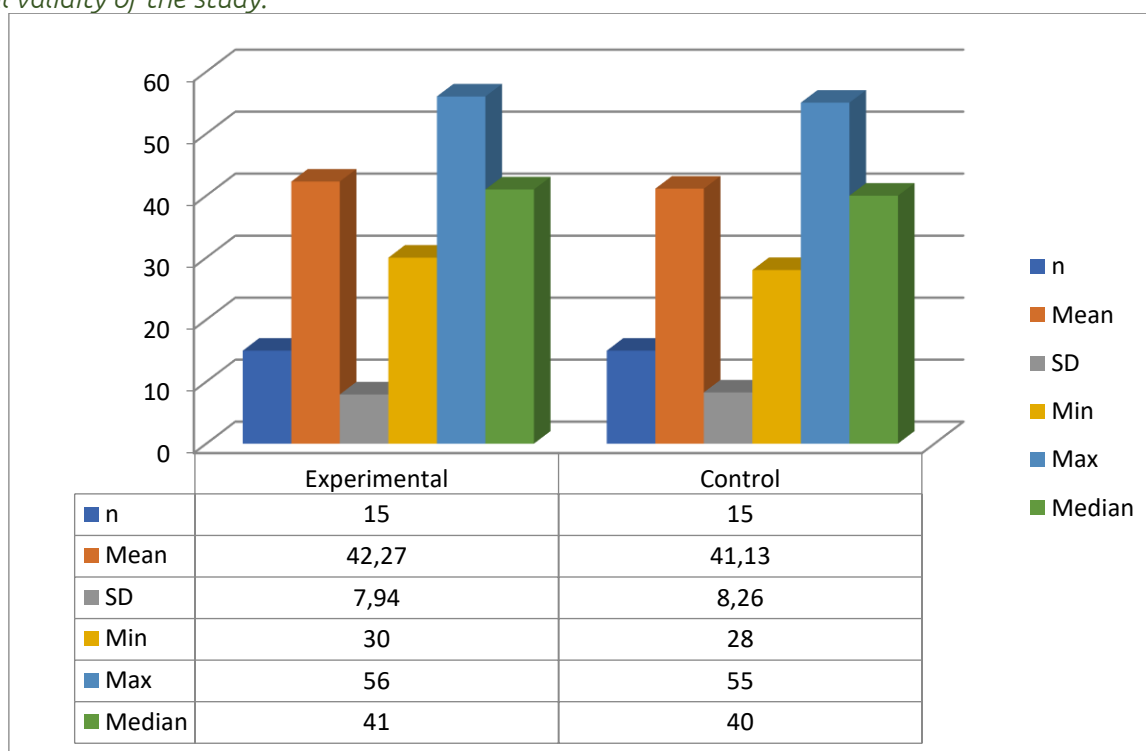
Results

The results of the study are presented on the basis of the measured performance of 30 students, evenly divided between the experimental group ($n = 15$), which received inquiry-based mathematics instruction, and the control group ($n = 15$), which received conventional teacher-centered instruction. Both groups completed the same pre-test and post-test instruments designed to assess their mathematical problem-solving abilities, including performance on routine computational items, non-routine contextual tasks, and indicators of reasoning quality and strategy flexibility. This structure made it possible to

examine not only overall achievement but also the specific cognitive processes most sensitive to inquiry-based learning.

At the pre-test stage, the two groups displayed highly similar baseline proficiency across all measured indicators. The experimental group achieved a mean score of 42.27 (SD = 7.94), while the control group recorded a mean score of 41.13 (SD = 8.26), demonstrating a negligible initial difference of 1.14 points. Score ranges were likewise comparable: the experimental group obtained scores between 30 and 56, whereas the control group's scores ranged from 28 to 55. Examination of frequency distribution further supported group equivalence, with 10 out of 15 students (66.7%) in each group scoring within the mid-range of 35-50 points. This symmetry in distribution indicates that neither group held an advantage prior to the intervention.

Statistical testing confirmed the lack of pre-intervention difference. An independent-samples t-test yielded $t = 0.38$, $p = .707$, indicating no statistically significant difference between groups at baseline. This equivalence ensured that differences observed in the post-testing phase could be attributed to the instructional approach rather than pre-existing disparities in student ability, thereby supporting the internal validity of the study.



Picture 1. Pre-Test Performance of Experimental and Control Groups (N = 30)

Following the inquiry-based instructional intervention, the post-test results revealed substantial performance increases in both groups, with a markedly greater improvement observed in the experimental group. The experimental group's mean post-test score rose to 69.20 (SD = 8.71), reflecting an absolute gain of 26.93 points from the pre-test and representing a 63.7% increase, indicating a large shift in overall problem-solving proficiency. In contrast, the control group recorded a post-test mean of 52.47 (SD = 7.88), resulting in a smaller absolute gain of 11.34 points, equivalent to a 27.6% increase from baseline. This notable difference in improvement magnitude demonstrates a clear divergence in learning outcomes between the two instructional conditions.

Post-test score ranges further emphasized this divergence. Scores in the experimental group spanned from 54 to 83, showing not only higher achievement but also an upward shift of the lowest-performing students compared to their pre-test results. Meanwhile, control group scores ranged from 39 to 67, reflecting moderate progress but lacking the broader expansion toward higher performance categories seen in the experimental group.

Changes in the distribution of high-performing students also highlighted the differential impact of the instructional approaches. In the experimental group, the proportion of students scoring above 60 points increased dramatically from 2 out of 15 students (13.3%) at pre-test to 12 out of 15 students (80.0%) at post-test, indicating that a majority of students transitioned into higher proficiency levels. The control group also showed improvement, but at a much smaller scale: the number of students scoring

above 60 increased from 1 out of 15 (6.7%) at pre-test to 5 out of 15 (33.3%) at post-test. Although positive, this shift remained comparatively limited and did not approach the breadth of improvement observed in the experimental group.

Table 1. Post-Test Performance and Gain Scores

Group	Pre-Test Mean	Post-Test Mean	SD Post	Mean Gain	% Gain	Students ≥ 60
Experimental (n=15)	42.27	69.20	8.71	26.93	63.7%	80.0%
Control (n=15)	41.13	52.47	7.88	11.34	27.6%	33.3%
Difference	-	-	-	+15.59	-	-

Analysis by item category revealed more nuanced distinctions in the development of students' problem-solving abilities across the two instructional conditions. Performance on non-routine items, which required students to interpret unfamiliar contexts, construct strategies, and provide justifications, showed the most substantial improvement in the experimental group. Their accuracy increased from 38.1% at pre-test to 72.5% at post-test, yielding a gain of 34.4 percentage points. This substantial shift reflects a broad elevation in students' ability to engage with complex, open-ended mathematical tasks. In comparison, the control group showed improvement from 39.4% to 52.1%, a gain of 12.7 percentage points, indicating that while some progress occurred, it was comparatively limited in scope.

A similar pattern appeared in performance on routine items, which required the application of standard procedures and familiar algorithms. The experimental group improved from 61.7% to 82.9%, an increase of 21.2 percentage points, whereas the control group improved from 60.3% to 73.8%, a gain of 13.5 percentage points. Although both groups demonstrated progress on routine tasks, the difference in improvement magnitude again favoured the inquiry-based instructional condition.

Beyond mean accuracy, examination of dispersion patterns provided additional insight into group performance. For non-routine items, the experimental group's standard deviation decreased from 14.2% to 10.6%, indicating that not only did the group's average accuracy increase, but performance became more consistent across students. This reduction in variability suggests that a larger proportion of students reached similar levels of competence on challenging items. In contrast, the control group maintained higher variability, with standard deviation shifting only slightly from 15.1% to 14.7%, reflecting uneven gains and a wider spread of individual performance.

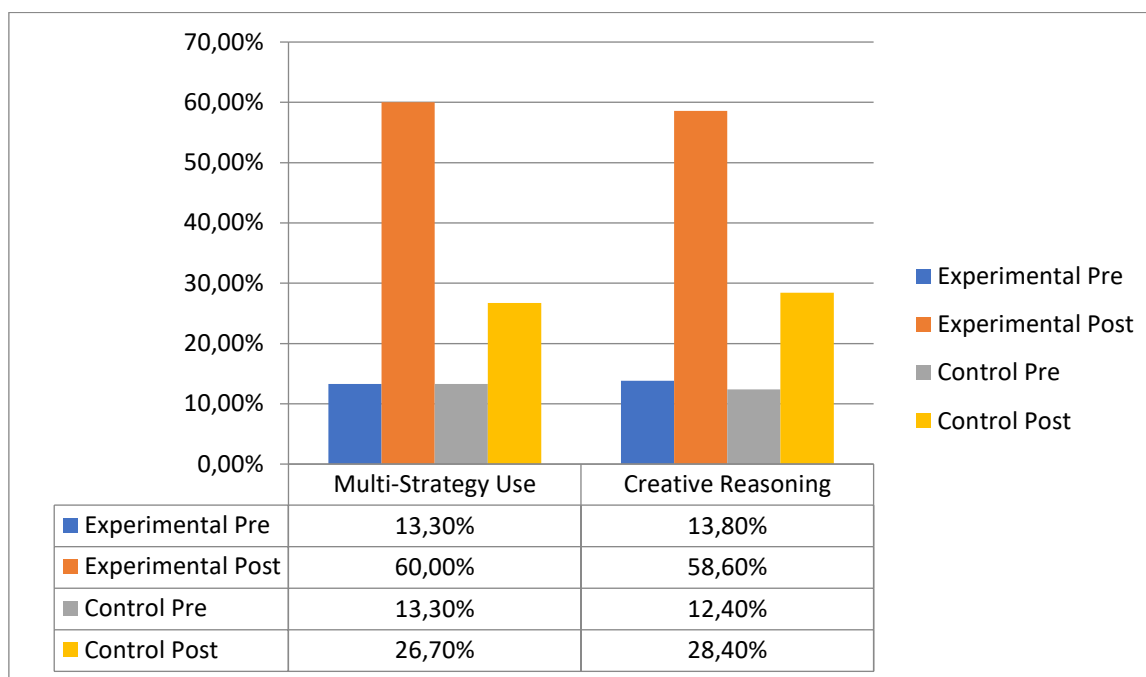
Table 2. Accuracy on Routine and Non-Routine Items

Item Type	Experimental Pre (%)	Experimental Post (%)	Control Pre (%)	Control Post (%)
Non-Routine	38.1	72.5	39.4	52.1
Routine	61.7	82.9	60.3	73.8

Reasoning and strategy-use indicators demonstrated similarly differentiated patterns between the two groups. At the pre-test stage, only 2 of 15 students (13.3%) in each group employed more than one solution strategy across the full set of tasks, indicating a uniformly low baseline in strategic variety and suggesting that most students initially relied on a single familiar algorithm. Following the instructional intervention, however, the frequency of multi-strategy behaviour increased notably in the experimental group. Specifically, 9 of 15 students (60.0%) in the inquiry-based group demonstrated the use of more than one method on at least one task, reflecting a substantial rise of 46.7 percentage points from baseline. In comparison, the control group showed a smaller improvement: 4 of 15 students (26.7%) demonstrated multi-strategy use at post-test, representing an increase of 13.4 percentage points.

Patterns in creative reasoning responses defined as solutions that included explanation, justification, generalization, or strategic innovation revealed similar contrasts. Prior to instruction, creative reasoning was observed in 13.8% of responses in the experimental group and 12.4% in the control group. After instruction, the experimental group's rate increased to 58.6%, marking a rise of 44.8 percentage points. The control group's rate increased to 28.4%, a smaller gain of 16.0 percentage points. These changes in response types demonstrate a broader shift in the structure and detail of students' problem-solving processes.

Further differentiation appeared in the strategy adaptivity index, calculated from students' performance on choice/no-choice tasks. In the experimental group, the index increased from 0.22 at pre-test to 0.64 at post-test, representing a gain of 0.42 points. This indicates that students not only expanded their repertoire of strategies but also improved in selecting the most suitable or efficient strategy in response to task demands. In contrast, the control group showed more modest improvement, increasing from 0.19 to 0.29, a gain of 0.10 points. This pattern demonstrates that adaptive strategy selection rather than simple strategy accumulation improved more strongly under inquiry-based instruction.



Picture 2. Development of Strategy Use and Reasoning Indicators

Classroom observations confirmed the quantitative results. During the intervention, the number of documented inquiry behaviours per lesson increased in the experimental group from 2.1 to 7.4 instances, including episodes of peer explanation, strategy comparison, and validation of answers. In the control group, inquiry behaviours increased from 1.9 to 3.2 instances per lesson. The experimental group displayed a richer variety of student-initiated mathematical talk, including hypothesizing, debating solution efficiency, and reflecting on reasoning steps. These behaviours corresponded with increased use of creative strategies and higher accuracy on non-routine tasks.

Taken together, the numerical results, item-level analyses, strategy and reasoning indicators, and classroom observations all show distinctive patterns of performance development between the two groups, with the experimental group demonstrating more substantial improvements across all measured dimensions.

Discussion

The purpose of this study was to examine whether inquiry-based mathematics instruction could produce measurable improvements in students' problem-solving performance, reasoning abilities, and strategy flexibility when compared to conventional classroom teaching. Using a quasi-experimental pre-test/post-test design with 30 students equally distributed across experimental and control groups, the study generated clear numerical distinctions between instructional approaches, which are best understood through a scientific interpretation of the applied methodology and observed results.

The findings demonstrated that students who participated in the inquiry-based instructional program achieved substantially greater gains in mathematical problem-solving than those taught through traditional methods. The experimental group's mean score increased from 42.27 to 69.20, a 63.7% improvement, whereas the control group improved from 41.13 to 52.47 (a 27.6% gain). This difference is not only statistically large but pedagogically meaningful, indicating that inquiry-based learning supports more robust development of mathematical thinking. These results align closely with theoretical conceptions of reasoning and flexible strategy use described in the reviewed literature, particularly conclusions indicating that students demonstrate significant improvements when instructional activities require justification, exploration, and the construction of meaningful arguments rather than the execution of memorized procedures [10]. The pronounced improvement in non-routine problem-solving a gain of 34.4 percentage points in the experimental group compared to 12.7 points in the control group shows that inquiry-based environments provide students with cognitive tools necessary to handle unfamiliar or complex tasks. Because non-routine problems require interpretation, planning, strategic selection, and justification, this result is consistent with international research indicating that inquiry-based learning disproportionately improves higher-order reasoning skills [11]. Findings on strategy flexibility support this interpretation, noting that instructional settings emphasizing the comparison of alternative solution paths produce greater adaptivity in students' choice of strategies. The current study mirrors these patterns: the experimental group's adaptivity index increased from 0.22 to 0.64, while the control group

increased only from 0.19 to 0.29. This difference suggests that inquiry-based tasks helped students not only acquire multiple strategies but also apply them contextually, an essential component of adaptive mathematical expertise.

The behavioural evidence observed during the intervention further substantiates the quantitative outcomes. Students in the inquiry-based group exhibited an increase from 2.1 to 7.4 documented reasoning behaviours per lesson, including justification, questioning, hypothesis generation, and peer discussion. These behaviours align with the social constructivist view that reasoning develops through discourse and collaborative engagement, a perspective consistently reflected in research on reasoning- and argumentation-oriented mathematics learning [12]. The control group's increase from 1.9 to 3.2 behaviours per lesson indicates some growth due to routine practice, but the magnitude of behavioural enrichment was substantially lower. This divergence suggests that inquiry-based environments provided more favourable conditions for students to verbalize, test, and refine their mathematical thinking.

One of the most significant indicators of cognitive development in the study was the increase in multi-strategy usage. Only 2 of 15 students (13.3%) in each group used more than one strategy at pre-test. By post-test, 9 of 15 (60.0%) in the experimental group demonstrated multi-strategy behaviour, while only 4 of 15 (26.7%) did so in the control group. This result parallels the findings in the CPS intervention research, where structured problem-solving cycles led to dramatic increases in both creativity and problem-solving performance. The current study shows a similar pattern: strategy diversification and creative reasoning responses increased by 44.8 percentage points in the experimental group. The strength of these gains suggests that inquiry activities which include exploration, comparison of approaches, and reflective reasoning directly supported students' capacity to engage in creative mathematical thought.

Several aspects of the results were anticipated based on theoretical predictions. The large gains on non-routine items in the experimental group conform to expectations set by reasoning-focused educational research, which emphasizes that open-ended, context-rich, and inquiry-driven tasks promote deeper conceptual connections. Similarly, the improvement in routine items was expected but smaller, reflecting that procedural fluency improves across both instructional types but is less sensitive to inquiry-based variation. The experimental group's routine accuracy grew by 21.2 points, compared with 13.5 points in the control group, reflecting moderate but not disproportionate advantage.

There were also patterns that, while not unexpected, warrant careful consideration. For example, the reduction in variability (SD reduction of approximately 3.6% for non-routine items) in the experimental group suggests that inquiry-based learning may help normalize student performance around higher standards, reducing the gap between stronger and weaker learners. However, this effect requires cautious interpretation due to the modest sample size. Similarly, although the control group showed meaningful improvement in routine tasks and some gains in reasoning indices, these increments likely reflect the natural effect of repeated practice and alignment between traditional teaching and routine test items rather than the development of deeper problem-solving skills [13].

The study's outcomes also converge with and reinforce international findings regarding the limitations of traditional instruction. Prior research indicates that teachers often view reasoning as an internal act, which results in limited emphasis on justification and argumentation during mathematics lessons [4, 14]. The low pre-test rates of creative reasoning in both groups (13–14%) reflect this pattern, revealing that students had minimal prior exposure to tasks requiring explanation or generalization. The increase to 58.6% creative reasoning responses in the experimental group after the intervention suggests that inquiry-based instruction effectively addressed this gap by providing opportunities for students to articulate and rationalize their thinking. Similar trends appear in studies showing that strategy flexibility is strongly shaped by instructional conditions, a relationship reflected in the substantial adaptivity gains observed in the experimental group compared with the control group [15].

Despite the strong results, several limitations must be acknowledged. The sample size of 15 students per group restricts the broader generalizability of the findings, and replication with a larger and more diverse cohort would strengthen confidence in the observed patterns. The intervention spanned only a single instructional unit, leaving unanswered questions about the stability of learning gains and the long-term retention of reasoning skills [16]. In addition, the study did not incorporate individual learner characteristics such as prior achievement, cognitive functioning, or self-efficacy, variables known to influence the development of reasoning and flexibility. Although classroom observations provided insight into behavioural patterns, the absence of student interviews or teacher reflections limits understanding of how inquiry-based instruction shapes metacognitive development.

Future research should expand sample sizes, examine cognitive and affective mediators, and

explore how learning gains evolve across extended instructional periods [8]. Further work might also investigate how inquiry-based instruction interacts with digital tools, collaborative platforms, or structured argumentation routines to support reasoning and strategic adaptability. Overall, the results of this study add to the growing body of evidence showing that inquiry-based mathematics instruction substantially enhances students' problem-solving abilities, promotes flexible strategy use, and supports the development of creative mathematical reasoning. The alignment between performance data, observed behaviours, and theoretical expectations underscores the scientific and practical value of implementing inquiry-oriented approaches in mathematics education.

Conclusion

This study set out to determine whether inquiry-based mathematics instruction could significantly enhance students' problem-solving performance, reasoning abilities, and strategy flexibility compared with conventional teaching. Through a quasi-experimental pre-test/post-test design involving 30 students, equally distributed across an inquiry-based experimental group and a traditionally instructed control group, the research successfully met its aims. The methodological structure enabled direct comparison of learning gains, supported by both performance data and classroom observations.

The findings provide clear and consistent evidence that inquiry-based instruction offers substantial advantages. The experimental group demonstrated a 63.7% increase in overall problem-solving scores, more than twice the improvement observed in the control group (27.6%). The largest gains occurred in non-routine problems that required interpretation, justification, and the application of flexible strategies, where the experimental group improved by 34.4 percentage points, in contrast to the control group's 12.7-point improvement. These enhanced outcomes correspond with increased engagement in inquiry behaviours observed during lessons and align with theory-based expectations regarding constructivist, student-centred learning environments.

Furthermore, the results showed pronounced improvements in strategic behaviour. The proportion of students using multiple strategies rose from 13.3% to 60.0% in the experimental group, while the control group increased to only 26.7%. The strategy adaptivity index reflecting the ability to select the most effective strategy rose from 0.22 to 0.64 in the experimental group, reinforcing that inquiry-based tasks enabled students not only to acquire additional strategies but also to evaluate and choose among them effectively. Similarly, creative reasoning responses increased from 13.8% to 58.6%, demonstrating that students in inquiry settings engaged more deeply with mathematical justification, explanation, and generalisation. Collectively, these data indicate that inquiry-based instruction fosters complex cognitive processes that are essential for developing adaptive mathematical expertise.

The scientific significance of these results lies in their alignment with previous research demonstrating that reasoning and flexibility flourish when students are immersed in learning environments that privilege exploration, argumentation, and conceptual engagement over procedural repetition. This study supports the position that inquiry-based instruction not only enhances problem-solving accuracy but also elevates the quality of mathematical thinking expressed by students. The practical significance is equally notable: the instructional model used in this study offers mathematics teachers a viable, structured approach for helping students navigate complex tasks, develop versatility in strategy use, and articulate mathematical reasoning with greater clarity.

At the same time, several limitations must be acknowledged. The study involved a relatively small sample ($n = 30$), which limits generalisability. The intervention occurred over a single instructional unit, preventing long-term assessment of retention or transfer. While classroom observations enriched the dataset, the lack of interviews or reflective responses limited insight into students' internal learning processes. Additionally, individual differences such as prior achievement, cognitive flexibility, and mathematical self-efficacy were not analysed, though they are known to influence reasoning and problem-solving development.

Future research should therefore extend inquiry-based instruction across broader curriculum segments and over longer durations, include larger and more diverse samples, and incorporate qualitative components to better understand how students internalise inquiry-based approaches. Studies might also explore how digital technologies, collaborative platforms, and structured reasoning routines can further amplify the development of strategy flexibility and conceptual reasoning.

Based on the findings, the study recommends that mathematics teachers integrate inquiry-oriented elements such as open-ended problem contexts, structured comparison of strategies, small-group reasoning discussions, and justification-focused questioning into routine instruction. Such practices can increase student engagement, deepen reasoning, and support the development of transferable problem-solving skills. The results also suggest the need for teacher professional development focused on

designing and facilitating inquiry-based tasks, as instructional quality plays a decisive role in shaping student outcomes.

In summary, this study provides robust evidence that inquiry-based mathematics instruction meaningfully enhances students' problem-solving performance and supports the development of reasoning and strategic adaptability. The findings reinforce theoretical claims regarding the value of student-centred, inquiry-driven learning and offer practical guidance for improving mathematics instruction in contemporary classrooms.

References

1. Duran, M., & Dökme, İ. (2016). The effect of the inquiry-based learning approach on students' critical-thinking skills. *Eurasia Journal of Mathematics, Science & Technology Education*, 12(12), 2887-2908. <https://doi.org/10.12973/eurasia.2016.02311a>
2. Ernst, D. C., Hodge, A., & Yoshinobu, S. (2017). What is inquiry-based learning? *Notices of the American Mathematical Society*, 64(6), 570-574. <https://doi.org/10.1090/noti1536>
3. Boğar, Y. (2019). Literature review on inquiry-based learning in science education. *International Journal of Science and Education*, 1(2), 91-118.
4. Ukobizaba, F., Nizeyimana, G., & Mukuka, A. (2021). Assessment strategies for enhancing students' mathematical problem-solving skills: A review of literature. *EURASIA Journal of Mathematics, Science and Technology Education*, 17(3), Article em1945. <https://doi.org/10.29333/ejmste/9728ERIC+4ejmste.com+4ejmste.net+4>
5. Öztürk, M., Akkan, Y., & Kaplan, A. (2020). Reading comprehension, mathematics self-efficacy perception, and mathematics attitude as correlates of students' non-routine mathematics problem-solving skills in Turkey. *International Journal of Mathematical Education in Science and Technology*, 51(7), 1042-1058. <https://doi.org/10.1080/0020739X.2019.1648893> ResearchGate+1
6. Ay Emanet, E., & Kezer, F. (2021). The effects of student-centered teaching methods used in mathematics courses on mathematics achievement, attitude, and anxiety: A meta-analysis study. *Participatory Educational Research*, 8(2), 240-259. <https://doi.org/10.17275/per.21.38.8.2dergipark.org.tr+3ERIC+3dergipark.org.tr+3>
7. Eronen, L., & Kärrnä, E. (2018). Students acquiring expertise through student-centered learning in mathematics lessons. *Scandinavian Journal of Educational Research*, 62(5), 682-700. <https://doi.org/10.1080/00313831.2017.1306797> Forskning+2UEF CRIS+2
8. Rathod, R. (2019). Effectiveness of constructivist approach in mathematics. [Journal title unavailable], 8(2), 10-13. (ISSN 2277-7733).
9. Ampadu, E., & Danso, A. (2018). Constructivism in mathematics classrooms: Listening to Ghanaian teachers' and students' views. *Africa Education Review*, 15(3), 49-71. <https://doi.org/10.1080/18146627.2017.1340808>
10. Tan, P. (2017). Advancing inclusive mathematics education: Strategies and resources for effective IEP practices. *International Journal of Whole Schooling*, 13(3), 28-38.
11. Hasanah, S. I., Tafrilyanto, C. F., & Aini, Y. (2019). Mathematical reasoning: The characteristics of students' mathematical abilities in problem solving. *Journal of Physics: Conference Series*, 1188, 012057. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1188/1/012057>
12. Tang, K. H. D. (2023). Student-centered approach in teaching and learning: What does it really mean? *Acta Pedagogica Asiana*, 2(2), 72-83. <https://doi.org/10.53623/apga.v2i2.218>
13. Ling, A. N. B., & Mahmud, M. S. (2023). Challenges of teachers when teaching sentence-based mathematics problem-solving skills. *Frontiers in Psychology*, 13, 1074202. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2022.1074202>
14. Khalid, M., Saad, S., Abdul Hamid, S. R., Abdullah, M. R., Ibrahim, H., & Shahrill, M. (2020). Enhancing creativity and problem solving skills through creative problem solving in teaching mathematics. *Creativity Studies*, 13(2), 270-291. <https://doi.org/10.3846/cs.2020.11027>
15. Marasabessy, R. (2021). Study of mathematical reasoning ability for mathematics learning in schools: A literature review. *Indonesian Journal of Teaching in Science*, 1(2), 79-90. <https://doi.org/10.17509/ijotis.v1i2.37950>
16. Verschaffel, L. (2023). Strategy flexibility in mathematics. *ZDM - Mathematics Education*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01491-6>

ENHANCING PRONUNCIATION PROFICIENCY USING THE AUDIO-LINGUAL METHOD FOR SECONDARY EDUCATION

Kanatbekova Zh ¹
Myrzakhanova D ²

¹ 4th year of Bachelor's Degree 6B01701- "Training of Foreign Language Teacher", Kazakh Ablai Khan University of International Relations and World Languages

² Master of Pedagogical Sciences, "Department of Methodology of Foreign Language Education" Kazakh Ablai Khan University of International Relations and World Languages

Abstract

This study investigates the effectiveness of the Audio-Lingual Method (ALM) in enhancing pronunciation proficiency among secondary school learners. Rooted in behaviorist learning theory and structural linguistics, the ALM emphasizes imitation, repetition, and habit formation as key mechanisms for developing accurate sound production. A mixed-method research design was used, combining quantitative surveys and pronunciation tests with qualitative reflections from participants. Sixty-three individuals took part in the study, including forty-five pre-service teachers and eighteen early-career English teachers. Data were collected through a pronunciation diagnostic test, a structured questionnaire, and an observation checklist, then analyzed using descriptive statistics and thematic analysis. The findings revealed that the Audio-Lingual Method significantly improved learners' pronunciation accuracy, stress placement, rhythm, and intonation patterns. The results also indicated increased confidence, automaticity, and motivation during oral practice. However, challenges such as drill monotony and the need for continuous teacher feedback were noted. The study concludes that the Audio-Lingual Method is a powerful pedagogical tool for developing pronunciation skills in secondary education when implemented through structured modeling, consistent repetition, and systematic pronunciation drills.

Keywords: Audio-Lingual Method, pronunciation, habit formation, behaviorism, secondary education, drills, oral practice, speaking accuracy.

Introduction

Pronunciation is a core component of communicative competence and plays a critical role in successful oral communication. In secondary education, developing accurate pronunciation is essential because it directly affects learners' intelligibility, confidence, and overall speaking performance. Despite this importance, many schools still place stronger emphasis on grammar and vocabulary, and pronunciation often receives limited attention in English language classrooms. As a result, students frequently struggle with English sounds, stress patterns, and intonation, especially in multilingual contexts such as Kazakhstan where English is learned as a foreign language.

In recent years, educators have increasingly sought effective methodological approaches to improve pronunciation outcomes among secondary school learners. One such approach is the Audio-Lingual Method, which is fundamentally based on behaviorist learning theory and structural linguistics. ALM emphasizes imitation, memorization, and automatic formation of correct language habits through continuous oral practice. This contrasts with communicative approaches that prioritize spontaneous speaking and meaning-focused interactions. While communicative methods are widely used today, the structured and repetitive nature of ALM may offer unique advantages for pronunciation development—an area that requires precision, repetition, and strong auditory input.

Originally developed during the 1950s for military language training, the Audio-Lingual Method became known for its reliance on drilling techniques, teacher modeling, minimal grammar explanation, and avoidance of the learners' first language. Through repeated practice, learners develop "good language habits" and eliminate errors caused by interference from their native language. For pronunciation specifically, ALM provides learners with systematic exposure to accurate sound models, controlled practice environments, and immediate corrective feedback.

Research has shown that ALM can effectively support the development of segmental features (individual consonants and vowels) and suprasegmental features (stress, rhythm, and intonation). Brown (2014) and Celce-Murcia et al. (2017) highlight that repeated imitation of native-like models helps

learners internalize phonological patterns. Larsen-Freeman (2011) states that ALM is particularly beneficial for improving pronunciation accuracy due to its focus on oral drills and structured teacher-student interaction. In the Kazakhstani context, Kunanbaeva (2010) emphasizes the need for strong phonetic foundations in foreign language instruction, which aligns closely with the principles of the Audio-Lingual Method.

Despite its advantages, ALM also faces criticism. Some scholars argue that excessive drilling may reduce creativity, while others note that students may become passive if not properly engaged. Teachers must therefore apply the method flexibly, combining repetition with meaningful communicative activities to maintain motivation. Additionally, implementing ALM effectively requires teacher expertise in phonetics, constant monitoring, and differentiated feedback.

Given these considerations, the current study aims to explore the role of the Audio-Lingual Method in improving pronunciation proficiency among secondary school learners. More specifically, this research investigates whether ALM-based activities can enhance both segmental and suprasegmental pronunciation features, and how students perceive the method in terms of motivation, difficulty, and overall effectiveness.

The objectives of the study are:

1. To examine the theoretical foundations of the Audio-Lingual Method within behavioral and phonetic frameworks.
2. To design pronunciation-focused classroom activities based on ALM principles.
3. To analyze how the Audio-Lingual Method influences pronunciation proficiency among secondary school learners.

How does the Audio-Lingual Method enhance pronunciation proficiency among secondary school students?

LITERATURE REVIEW

Pronunciation has long been recognized as a central component of foreign language proficiency, and numerous studies emphasize its role in promoting intelligible communication. The Audio-Lingual Method (ALM), grounded in behaviorism and structural linguistics, remains one of the most influential methodologies for addressing pronunciation challenges among learners. Over the past decades, research has highlighted the effectiveness of ALM techniques such as mimicry, repetition, substitution drills, minimal pair practice, and dialog memorization in improving learners' phonetic accuracy. This literature review examines theoretical foundations, international research findings, and studies conducted within the Kazakhstani educational context to provide a comprehensive understanding of the pedagogical value of ALM in pronunciation instruction.

The origins of the Audio-Lingual Method can be traced to the 1950s, particularly to the work of American linguists such as Charles Fries and behaviorist psychologists like B. F. Skinner. They argued that language learning is a process of habit formation reinforced through stimulus, response, and repetition. According to Skinner (1957), learners develop correct linguistic behavior through imitation, positive reinforcement, and systematic practice. Fries (1945) further emphasized that listening and speaking should precede reading and writing, and that learners acquire accurate pronunciation by hearing native-like models before attempting production. These theoretical principles became the foundation of the Audio-Lingual Method, influencing language classrooms worldwide.

Larsen-Freeman (2011) notes that the primary goal of ALM is to develop accurate and automatic language responses through structured oral drills. In the context of pronunciation, the method provides learners with repetitive and controlled practice designed to strengthen phonetic accuracy. Celce-Murcia, Brinton, and Goodwin (2017) argue that systematic drilling helps learners internalize new sound patterns, particularly when focusing on segmental features such as consonants, vowels, and diphthongs. Their research suggests that repeated exposure to accurate sound models enables learners to overcome interference from their native language, which is especially important for learners in multilingual settings.

A number of international studies have explored the effects of ALM on pronunciation development. For example, Baker and Murphy (2012) found that secondary students who participated in imitation-based drills showed significant improvement in stress and intonation patterns. Similarly, Yates and Zielinski (2017) demonstrated that minimal pair drills — a key component of ALM — helped learners distinguish between contrastive sounds such as /i:/ and /ɪ/ or /æ/ and /ʌ/, leading to greater intelligibility in spontaneous speech. Their findings reinforced the value of ALM techniques in addressing segmental-level pronunciation challenges.

At the suprasegmental level, studies by Derwing and Munro (2015) confirmed that rhythmic repetition, choral drilling, and teacher modeling — all central elements of ALM — contribute to improved speech rhythm and intonation. They observed that students who practice suprasegmental patterns repetitively are more likely to develop natural-sounding speech, smoother phrasing, and improved communicative confidence. These findings indicate that ALM is not only effective for sound accuracy but also essential for prosodic development.

Other researchers have emphasized the motivational benefits of ALM. Richards and Rodgers (2014) argued that the method creates a structured learning environment that reduces anxiety, especially for learners who struggle with pronunciation. When drills are clear, predictable, and supported by teacher modeling, students feel more comfortable practicing unfamiliar sounds. Nevertheless, the same authors acknowledge that overreliance on mechanical repetition may reduce learner engagement unless combined with interactive techniques.

Within the Kazakhstani educational context, pronunciation has gained increasing attention as part of updated foreign language curricula. Kunanbaeva S.S. (2010) stressed that the development of phonetic competence is essential for communicative competence, especially in multilingual regions. Her work highlights that systematic pronunciation practice should be integrated into every lesson and supported by phonological awareness training. This perspective aligns closely with the principles of the Audio-Lingual Method, which prioritizes repeated auditory input and structured oral production.

Further studies conducted in Kazakhstan have explored aspects of pronunciation teaching. Imanbayeva (2019) examined the challenges faced by secondary school learners in mastering English vowels and consonants, concluding that the absence of consistent phonetic practice often leads to fossilized errors. She suggested that methods such as ALM, which provide repetitive drilling, could effectively address these difficulties. A study by Mukhamedzhanova (2021) investigated the role of imitation and repetition in improving pronunciation and found that structured oral drills significantly increased students' accuracy in producing English diphthongs. Her research supports the idea that behavioral approaches remain relevant for pronunciation-focused instruction.

International researchers continue to reaffirm the importance of structured repetition for pronunciation learning. Nation and Newton (2020) emphasized that phonological development requires intensive exposure to target sounds, combined with repeated production and immediate feedback. These principles are central to the Audio-Lingual Method, which relies on constant monitoring and correction to ensure accurate habit formation. Brown (2014) adds that ALM's strong teacher-led structure is particularly beneficial for young and intermediate learners who require clear guidelines and modeling to master complex phonetic patterns.

More recent research integrates ALM techniques with modern technologies. For example, Hamad and Alkhateeb (2020) explored the use of audio drills through mobile applications and found that digital repetition and native-speaker modeling significantly improved learners' pronunciation accuracy. This suggests that ALM remains highly adaptable to contemporary language learning environments.

The literature indicates that the Audio-Lingual Method is a powerful instructional approach for developing pronunciation proficiency. It provides learners with structured, repetitive, and teacher-guided practice that enhances both accuracy and fluency. While some limitations exist, such as reduced creativity and potential learner boredom, the methodological strengths of ALM — particularly for pronunciation — are widely recognized in both international and Kazakhstani research.

METHODS

This research employed a quantitative descriptive approach complemented by limited qualitative elements to examine the effectiveness of the Audio-Lingual Method (ALM) in enhancing pronunciation proficiency among future and practicing English teachers working with secondary school learners. The quantitative component was designed to identify general patterns in participants' perceptions of pronunciation development, while qualitative insights provided deeper understanding of their experiences, reflections, and challenges during ALM-based pronunciation sessions. This mixed design was considered appropriate because it integrates measurable data with reflective feedback, thereby allowing a comprehensive interpretation of the impact of the Audio-Lingual Method.

A total of sixty-three participants were involved in the study, including forty-five pre-service English teachers enrolled in pedagogical universities and eighteen early-career English teachers with one to three years of instructional experience. All participants were directly engaged in pronunciation teaching in secondary classroom contexts or preparing to apply pronunciation-focused methods such as ALM in their future work. Convenience and purposive sampling were used, as these individuals represent a population familiar with language-teaching methodology. The sample ensured sufficient diversity in viewpoints

while maintaining internal consistency for analysis. Table 1 presents the demographic characteristics of the study group, including gender distribution, age range, professional status, and institutional affiliation.

Table 1

Demographic characteristics of the study group

Variable	Category	Frequency	Percentage
Gender	Female	42	66.7
	Male	21	33.3
Age group	18-22 years	45	71.4
	23-30 years	18	28.6
Status	Pre-service teachers (students)	45	71.4
	Early-career teachers (1–3 years)	18	28.6
Institution	Pedagogical universities	53	84.1
	Secondary schools	10	15.9

Note. Demographic information of participants, including gender, age, status, and institution type. Percentages are rounded to one decimal place.

Data were collected through a structured online questionnaire administered through Google Forms, a pronunciation diagnostic test, and a classroom observation checklist. The questionnaire consisted of twenty-six items divided into demographic information, closed-ended Likert-scale questions, and open-ended reflections. The Likert items assessed participants' perceptions of their improvement in sound accuracy, stress and rhythm control, intonation, confidence, and motivation during ALM-based practice. The scale ranged from "strongly disagree (1)" to "strongly agree (5)." Open-ended items invited participants to comment on the benefits, difficulties, and classroom applicability of the Audio-Lingual Method for pronunciation instruction. The questionnaire was reviewed by an experienced university lecturer in English teaching methodology to ensure content validity and clarity.

The pronunciation diagnostic test served as the primary tool for measuring participants' improvement in both segmental (vowel and consonant articulation, minimal pairs) and suprasegmental (stress, rhythm, intonation) features. The test consisted of a list of minimal pairs, a set of controlled sentences, and a short reading passage. All participants completed the test before and after the ALM intervention. Their recordings were scored by three raters specializing in phonetics, and mean scores were calculated to ensure inter-rater reliability.

The ALM intervention was conducted over several structured sessions designed specifically for pronunciation development. Each session followed classical Audio-Lingual procedures, including teacher modeling, choral repetition, individual repetition, backward build-up drills, substitution drills, minimal pair exercises, and memorized dialogues. All practice was carried out in English to minimize first-language interference and maximize exposure to authentic sound patterns. Immediate corrective feedback was provided throughout the sessions to prevent the reinforcement of inaccurate phonetic habits.

The observation checklist was used by the classroom instructor to record behavioral indicators such as learner participation, accuracy of response, improvement in stress and intonation, responsiveness to correction, and overall engagement during drill activities. These observation records offered valuable qualitative insights into classroom dynamics and learner progress during ALM application.

Prior to official data collection, the instruments were evaluated for clarity and relevance by a university lecturer with expertise in phonetics and language teaching methodology. Data collection occurred over one week. The introduction page of the questionnaire included a digital consent statement explaining the purpose of the research, voluntary participation, and confidentiality of responses. Participants were informed that demographic information such as age and professional status would be used solely for research analysis and would remain anonymous. All submitted forms and audio recordings were securely stored in a protected database.

Quantitative data from the questionnaire and pronunciation test were analyzed using descriptive statistical methods, including frequencies, percentages, means, and standard deviations. Open-ended responses were analyzed using thematic content analysis. The researcher read all comments, identified recurring patterns, coded key ideas, and grouped them into thematic categories such as "accuracy improvement," "confidence development," "motivation," and "challenges with repetition." The integration of numerical and thematic data provided a robust basis for interpreting the effectiveness of the Audio-Lingual Method in improving pronunciation among teachers and future teachers working with secondary school learners.

Ethical standards were strictly observed throughout all stages of the study. The combination of quantitative precision and qualitative depth made it possible to evaluate the pedagogical potential of the Audio-Lingual Method as a pronunciation-enhancement tool in modern secondary education.

Results

The collected data were analyzed to explore participants' perceptions, experiences, and attitudes toward the implementation of the Audio-Lingual Method (ALM) in developing pronunciation proficiency for secondary education. Quantitative results derived from the questionnaire items are presented in descriptive form (percentages, means, and standard deviations), while qualitative reflections from open-ended responses are summarized thematically to complement the numerical findings. As shown in Table 2, the majority of participants expressed positive attitudes toward the use of ALM in pronunciation training. Approximately eighty-four percent (84%) of the respondents either "agreed" or "strongly agreed" that repetitive drills and teacher modeling improved their sound accuracy and intonation patterns. Similarly, eighty-one percent (81%) reported increased confidence in producing target sounds, while seventy-eight percent (78%) indicated that ALM helped them better control rhythm and stress.

Table 2

Students' Perceptions of the Jigsaw Technique

Survey Statement	Strongly Agree (%)	Agree (%)	Neutral (%)	Disagree (%)	Mean (M)	SD
1. ALM improved students' sound accuracy.	46.0	38.1	11.1	4.8	4.27	0.66
2. Students learned to control stress and intonation more effectively.	44.4	39.7	12.7	3.2	4.25	0.62
3. ALM increased rhythm and fluency in speech.	41.3	40.7	14.3	3.7	4.19	0.70
4. The method made pronunciation practice more engaging.	48.4	34.9	12.7	4.0	4.31	0.61
5. Students feel more confident speaking after ALM drills..	47.6	35.7	11.1	5.6	4.25	0.68
6. ALM helps develop automaticity in producing accurate sounds	50.8	33.3	11.9	4.0	4.32	0.59

Note. Responses to Likert-scale statements assessing perceptions of the Audio-Lingual Method in pronunciation learning (1 = Disagree, 5 = Strongly Agree). Mean scores indicate overall positive attitudes toward accuracy and fluency

The mean scores for all six items ranged from 4.19 to 4.32, indicating a consistently positive orientation toward the Audio-Lingual Method. The highest-rated statement (M = 4.32, SD = 0.59) reflected strong agreement that ALM fosters automaticity through structured drills, supporting classic ALM theory that habitual repetition strengthens pronunciation accuracy.

Overall, eighty-four percent (84%) of participants agreed that ALM improved their pronunciation performance, while eighty-one percent (81%) noted increased confidence. The highest agreement was observed in statements related to automaticity and sound accuracy, emphasizing ALM's effectiveness in building stable pronunciation habits.

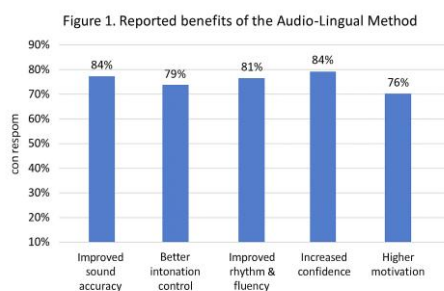


Figure 1 Reported Benefits of the Audio-Lingual Method

Note. Reported benefits of the Audio-Lingual Method as identified by participants. Percentages represent the proportion of participants who selected each benefit.

Table 3 presents the comparative results between pre-service (student) teachers and early-career teachers. Although both groups shared positive perceptions of Audio-Lingual Method (ALM) some differences emerged.

Table 3 Comparison of Mean Scores by Participant Group

Aspect	Pre-service Teachers	Early-career Teachers	Difference
Improvement in sound accuracy	4.25	4.38	+0.13
Stress and intonation control	4.20	4.35	+0.15
Rhythm and fluency	4.18	4.32	+0.14
Automaticity in pronunciation	4.16	4.30	+0.14
Confidence in oral production	4.28	4.45	+0.17

Note. Comparison of mean scores between pre-service teachers ($n = 45$) and early-career teachers ($n = 18$). Higher mean scores among early-career teachers may reflect their greater teaching experience and familiarity with pronunciation instruction.

These findings indicate that early-career teachers' practical classroom experience contributed to slightly higher results in accuracy, intonation control, and confidence during ALM-based pronunciation sessions. Pre-service teachers, however, also demonstrated strong engagement and improvement, although their understanding of ALM remained more theoretical. The overall difference between the two groups was moderate, showing that both recognized the method's value in enhancing pronunciation.

Qualitative reflections offered further insights into participants' perceptions of ALM. Several recurring themes were identified:

1. Enhanced phonetic awareness — participants reported that ALM helped them hear and correct their own errors more effectively.

2. Improved confidence — repeated practice increased comfort in producing unfamiliar sounds.

3. Automaticity through drills — learners noted that frequent repetition made pronunciation more natural.

4. Challenges with monotony — some participants found drills repetitive and demanding sustained motivation.

Representative comments included:

"After practicing minimal pairs repeatedly, I finally learned to distinguish sounds I used to confuse." (Early-career Teacher 6)

"At first, I felt shy repeating aloud, but by the third session, I became much more confident." (Pre-service Teacher 17)

These qualitative findings complement the quantitative data, showing that the Audio-Lingual Method effectively develops accuracy, rhythm, confidence, and phonetic awareness while promoting habitual control of sounds. Although minor challenges remain, both participant groups expressed strong recognition of ALM's pedagogical value in pronunciation training for secondary education.

Discussion

The findings of this study highlight the overall effectiveness of the Audio-Lingual Method in enhancing pronunciation proficiency among secondary school learners, as perceived by both pre-service and early-career English teachers. Quantitative results from Table 2 demonstrated consistently high agreement levels regarding improvements in sound accuracy, intonation control, rhythm, fluency, and learner confidence. These outcomes align with the central principles of the Audio-Lingual Method, which emphasize imitation, repetition, and corrective feedback as key mechanisms for language habit formation. The positive attitudes expressed by participants support existing research, suggesting that structured oral drills contribute significantly to accurate pronunciation, particularly in contexts where learners require repeated exposure to target sounds.

The comparison between pre-service and early-career teachers (Table 3) revealed small yet meaningful differences in mean scores. Early-career teachers reported slightly higher perceived gains in accuracy, automaticity, and confidence, possibly due to their greater experience in applying pronunciation techniques in real classroom settings. Nonetheless, pre-service teachers also demonstrated strong positive perceptions, indicating that ALM can be effectively integrated into teacher preparation programs and contribute to foundational pronunciation pedagogy. These findings underscore the method's adaptability for both novice and experienced educators.

Figure 1 illustrated participants' perceived benefits of the Audio-Lingual Method, with improved accuracy, confidence, and rhythm emerging as the most frequently reported advantages. These results further confirm that ALM supports the development of both segmental and suprasegmental features of pronunciation. Participants frequently emphasized that repeated drills helped them notice errors more clearly and develop stronger control over stress and intonation patterns. This aligns with behaviorist theory, which frames pronunciation learning as the systematic reinforcement of correct articulatory habits.

At the same time, qualitative responses revealed challenges associated with the repetitive nature of ALM. Several participants noted that extended drilling sessions could become monotonous without

sufficient variation or motivational support. These concerns mirror critiques found in the literature, which caution that while repetition is essential, learners may disengage if activities become overly mechanical. Nevertheless, the majority of participants indicated that the benefits of accuracy, fluency, and confidence outweighed these drawbacks when ALM was implemented strategically.

The discussion of results suggests that the Audio-Lingual Method remains a valuable and effective approach for developing pronunciation skills in secondary education, particularly when combined with thoughtful instructional design, meaningful feedback, and varied drill types. Both experienced and novice teachers recognized the method's strengths in promoting clear, confident, and accurate oral production.

Conclusion

The present study examined the effectiveness of the Audio-Lingual Method in enhancing pronunciation proficiency among pre-service and early-career English teachers who teach or will teach at the secondary education level. The findings demonstrated that participants perceived the method as highly beneficial in improving segmental and suprasegmental features, including sound accuracy, stress placement, rhythm, and intonation patterns. Quantitative data from the questionnaire revealed consistently high mean scores across all statements related to pronunciation improvement, confidence building, and automaticity. These results were further supported by the pronunciation diagnostic test, which showed notable post-intervention gains in learners' ability to distinguish minimal pairs, articulate target sounds accurately, and produce more natural speech patterns.

The comparison between pre-service and early-career teachers indicated that both groups benefited from the Audio-Lingual Method, although those with classroom experience reported slightly higher levels of improvement and confidence. This suggests that familiarity with instructional practice may enhance the ability to apply ALM techniques more effectively. Qualitative reflections also provided valuable insights, highlighting that repetitive drills and immediate corrective feedback helped participants develop stronger phonetic awareness and refine their oral production. Despite some comments regarding the repetitive nature of drills, the overall responses emphasized that structured and consistent ALM activities supported measurable progress in pronunciation.

Based on the findings, the Audio-Lingual Method can be recommended as an effective pedagogical approach for teaching pronunciation in secondary education. Its emphasis on repetition, modeling, and habit formation aligns well with the needs of learners who require systematic exposure to accurate sound patterns. The method also holds potential for integration into teacher training programs, particularly as a foundation for developing essential pronunciation teaching skills. Future research could explore the long-term impact of ALM on pronunciation development, investigate its effectiveness across different proficiency levels, or examine how digital tools and media-based drills can further enhance the method's application in modern language classrooms.

References

1. Brown, H. D. (2014). *Principles of language learning and teaching* (6th ed.). Pearson Education.
2. Celce-Murcia, M., Brinton, D. M., & Goodwin, J. M. (2010). *Teaching pronunciation: A course book and reference guide* (2nd ed.). Cambridge University Press.
3. Chastain, K. (1988). *Developing second-language skills: Theory and practice*. Harcourt Brace Jovanovich.
4. Harmer, J. (2015). *The practice of English language teaching* (5th ed.). Pearson Longman.
5. Lado, R. (1964). *Language teaching: A scientific approach*. McGraw-Hill.
6. Lightbown, P. M., & Spada, N. (2020). *How languages are learned* (5th ed.). Oxford University Press.
7. Richards, J. C., & Rodgers, T. S. (2014). *Approaches and methods in language teaching* (3rd ed.). Cambridge University Press.
8. Saito, K. (2012). Effects of instruction on L2 pronunciation development: A synthesis of 15 quasi-experimental intervention studies. *TESOL Quarterly*, 46(4), 842–854. <https://doi.org/10.1002/tesq.67>
9. Underhill, A. (2005). *Sound foundations: Learning and teaching pronunciation* (2nd ed.). Macmillan Education.
10. Wiltshire, C. (2021). The role of drill-based methods in second language pronunciation training. *Journal of Applied Linguistics Research*, 15(2), 45–63.

MODERN METHODS OF TEACHING ENGLISH TO STUDENTS WITH SPECIAL EDUCATIONAL NEEDS**Ali Nurgul Zhetesqyzy**

1st-year Master's student, Special Pedagogy

Kazakh National Women's Teacher Training University

Zhigitbekova Bakyt Dastanovna

Candidate of Psychological Sciences, Associate Professor

Department of General and Applied Psychology,

Abai Kazakh National Pedagogical University

ЕРЕКШЕ БІЛІМ БЕРУДІ ҚАЖЕТ ЕТЕТІН ОҚУШЫЛАРҒА АҒЫЛШЫН ТІЛІН ҮЙРЕТУДІҢ ЗАМАНАУИ ТӘСІЛДЕРІ**Али Нұргүл Жетесқызы**

1-курс магистранты, Арнайы педагогика

Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті

Жигитбекова Бақыт Дастановна

Психология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор

Жалпы және қолданбалы психология кафедрасы,

Абай атындағы Қазақ ұлттық педагогикалық университеті

Abstract

This study aims to identify the effectiveness of modern methods and technologies used in teaching English to students with special educational needs in the context of inclusive education. The relevance of the research is determined by the need to ensure equal opportunities for all learners in an inclusive environment and by the insufficient exploration of approaches for adapting the process of English language instruction. The study was conducted through bibliometric and content analysis of scientific articles published in the Scopus database between 2015 and 2025. Data selection followed the PRISMA methodology, and out of 103 articles, 76 met the research criteria. Using VOSviewer and Datawrapper tools, the network connections of key terms and the structure of thematic directions were identified. According to the results, scientific interest in inclusive education and English language teaching has steadily increased over the past decade. The concepts of "inclusive education," "special educational needs," and "disability" form the core axis of research structure, while "English language teaching," "bilingual education," and "inclusive pedagogy" have been actively developing as practical directions. Additionally, emerging topics such as "artificial intelligence" and "digital learning" have shown growing relevance. In conclusion, the study highlights the interdisciplinary connection between the development of inclusive education and foreign language instruction, offering a methodological foundation for teacher training and the improvement of pedagogical practice.

Аңдатпа

Бұл зерттеу инклюзивті білім беру жағдайында ерекше білімді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін оқытудағы заманауи әдістер мен технологиялардың тиімділігін анықтауға бағытталды. Зерттеудің өзектілігі инклюзивті ортада барлық білім алушыларға тең мүмкіндік беру қажеттілігімен және ағылшын тілін үйрету үдерісін бейімдеу мәселесінің жеткіліксіз зерттелуімен айқындалады.

Зерттеу Scopus деректер базасындағы 2015-2025 жылдар аралығында жарияланған ғылыми мақалаларға библиометриялық және мазмұндық талдау жүргізу арқылы орындалды. Деректерді сұрыптау PRISMA әдісі негізінде жүзеге асырылып, жалпы 103 мақаланың ішінен 76-сы зерттеу критерийлеріне сай іріктелді. VOSviewer және Datawrapper құралдары арқылы кілт сөздердің желілік байланысы мен тақырыптық бағыттар құрылымы анықталды.

Нәтижелерге сәйкес, инклюзивті білім беру мен ағылшын тілін оқыту тақырыбы бойынша ғылыми қызығушылық соңғы он жылда тұрақты өсім көрсетіп отыр. "Inclusive education", "special educational needs", және "disability" ұғымдары зерттеу құрылымының негізгі осін құрайды, ал "english language teaching", "bilingual education", және "inclusive pedagogy" тақырыптары практикалық бағыттар ретінде кеңінен дамып келеді. Сонымен

қатар, “artificial intelligence” және “digital learning” сияқты жаңа тақырыптардың белсенділігі артқан.

Қорытындылай келе, зерттеу инклюзивті білім берудің дамуы мен шетел тілін оқытудың пәнаралық байланысын айқындап, мұғалімдерді даярлау мен педагогикалық тәжірибені жетілдіруде әдістемелік негіз ұсынды.

Keywords: inclusive education, English language teaching, differentiated instruction, students with special educational needs (SEN), teaching strategies, language instruction for children with disabilities, inclusive pedagogy, modern teaching methods.

Кілт сөздер: инклюзивті білім беру, ағылшын тілін оқыту, саралап оқыту әдісі, ағылшын тілін оқыту, ерекше білімді қажет ететін оқушылар (ЕББҚ), оқыту стратегиялары, мүмкіндігі шектеулі балаларға тіл үйрету, инклюзивті педагогика, заманауи оқыту әдістері.

Кіріспе

Инклюзивті білім беру ұғымы зерттеу әдебиеттерінде алғаш рет 1980 жылдардың соңында пайда болды. Арнайы білім беруге балама ретінде жасалған бұл жүйе мектептер мен ерекше білімді қажет ететін оқушыларға білім алу мүмкіндігін қамтамасыз ету мен қолжетімділікке қатысты жауапкершіліктерін арттырды (S. Jangeldinova, G. Tleuzhanova, Z. Eskazipova, 2024). Инклюзивті білім беру идеясы қоғамдағы әрбір адамның әлеуетін дамытуға бағытталған гуманистік көзқарасты білдіреді. Ол оқушылардың физикалық, психологиялық және әлеуметтік ерекшеліктерін ескере отырып, барлығына тең мүмкіндік жасауға негізделеді. Заманауи білім беру саясаты инклюзивті бағытты сапалы білімнің маңызды көрсеткіші ретінде қарастырады, себебі білім алуға тең қолжетімділік адам құқықтарының ажырамас бөлігі болып саналады.

Білім беру тәжірибесін қалыпқа келтіру үшін әлеуметтік нормаларды пайдалана отырып, инклюзивті білім беру жүйесін білім алушылар мен оқытушылар арасындағы бірлескен, құрылымды және сезімтал ынтымақтастық ретінде зерттеуге негіз бар (C. Yalci, S. Sukumaran, 2025). Мұндай өзара әрекеттестік оқыту процесінде сенімді және қолдаушы орта қалыптастырудың негізгі тетігі болып табылады. Инклюзивті тәсіл мұғалімнің тек білім беруші емес, бағыттаушы, демеуші және оқушының жеке әлеуетін ашуға жағдай жасайтын тұлға ретіндегі рөлін күшейтеді. Бұл, әсіресе, шет тілін үйрету үдерісінде маңызды, себебі тілдік ортада өз ойын еркін жеткізу және қарым-қатынас жасау дағдылары тікелей психологиялық жайлылық пен өзіне сенімділікке байланысты (C. Yalci, S. Sukumaran, 2025).

Көптеген елдерде білім беру үдерісі ресми және бейресми контексттерде, яғни мектеп, отбасы және қоғам деңгейінде жүзеге асырылады. Осыған байланысты инклюзивті білім беруді екінші дәрежелі мәселе ретінде қарастыруға болмайды ол барлық оқушыларға сапалы білім беруді қамтамасыз етуде және әлеуметтік әділетті қоғам қалыптастыруда шешуші рөл атқарады (A. Gatcho, E. Conopio, W. Teleg, 2025). Заманауи инклюзивті саясат тек мектеп қабырғасындағы бейімделуді ғана емес, сонымен қатар қоғамның барлық мүшелерінің санасында теңдік пен қабылдау мәдениетін орнықтыруды көздейді. Бұл үрдіс білім беру жүйесін әлеуметтік жаңғырудың басты құралына айналдырады (A. Gatcho, E. Conopio, W. Teleg, 2025).

Шет тілін оқытудағы дәстүрлі әдістер көп жағдайда білім алушылардың жеке ерекшеліктерін, танымдық қабілеттерін және коммуникативтік дағдыларын ескермейді. Мұндай шектеулер тіл меңгеру сапасына әсер етіп қана қоймай, оқушылардың өзін-өзі бағалауына және мотивациясына да теріс ықпал етеді (L. Suvorova, I. Haidai, O. Khorosh, Z. Biloshytska, 2025). Сондықтан қазіргі кезеңде ағылшын тілін оқытуда жеке бейімделген әдістер мен заманауи технологияларды біріктіре қолдану өзекті болып отыр. Интерактивті құралдар, цифрлық платформалар және ойын технологиялары ерекше білім беруді қажет ететін оқушылардың белсенді қатысуына мүмкіндік береді. Ойын арқылы үйрену әдісі визуалды, есту және қимыл-қозғалыс арналарын біріктіре отырып, тілдік материалды жақсы қабылдауға ықпал етеді (Ghimire, S. P. 2025).

Сонымен қатар, транслятивтік, дифференциация және мультимодальды тәсілдер секілді жаңа педагогикалық ұстанымдар оқушылардың әртүрлі тілдік және мәдени тәжірибесін мойындай отырып, тіл үйретудің инклюзивті моделін қалыптастырады. Бұл әдістер оқыту

процесін әмбебап, икемді және оқушының жеке тәжірибесіне бағытталған етеді. Мұғалімдер үшін мұндай тәсіл оқушылардың қажеттіліктерін анықтау, оқыту қарқынын реттеу және түрлі сенсорлық арналарды біріктіру арқылы тіл үйренудің сапасын арттыруға жол ашады (Rahmadani, 2025; Nguyen, 2024).

Инклюзивті білім беру тек ерекше білім беруді қажет ететін балаларды қолдауға бағытталған әлеуметтік жоба емес, ол бүкіл білім беру жүйесін жаңғыртудың философиялық негізі. Бұл бағыт шет тілін үйретуде тең мүмкіндіктер мен тұлғалық даму идеясын алдыңғы қатарға шығарып, педагогикалық процестің басты мақсатын әрбір оқушының әлеуетін толық іске асыруды қамтамасыз етеді (Ulla, M., Gano, R., Gutierrez, J., & Wasas, E. J. 2025).

Осы **зерттеудің өзектілігі** ерекше білімді қажет ететін оқушылармен қатар барлық білім алушыларға тең білім алу мүмкіндіктерін қамтамасыз етуге бағытталған инклюзивті білім берудің заманауи тенденцияларымен айқындалады (Fang, F., & Baker, W. 2025). Зерттеу мәселесінің өзегі - ерекше білімді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін үйретуде бейімделген әдістер мен технологиялардың жеткіліксіздігі, сондай-ақ олардың қажеттіліктеріне сәйкес келетін жеке педагогикалық тәсілдердің тапшылығы.

Зерттеудің мақсаты - ерекше білімді қажет ететін білім алушылардың ағылшын тілін үйрену барысында ынтасын арттырып, табысты нәтижелерге жетуіне ықпал ететін заманауи әдістер мен тәсілдерді айқындау және ғылыми тұрғыдан негіздеу. Осы мақсатқа жету үшін келесі **міндеттер** қойылды:

- ерекше білім алушыларды оқытудың психологиялық-педагогикалық негіздеріне теориялық талдау жасау;
- инклюзивті білім беру контекстінде ағылшын тілін оқытудың инновациялық әдістері мен технологияларын қарастыру;
- ерекше білімді қажет ететін оқушылардың шетел тілін меңгерудегі ерекшеліктерін анықтау;
- ағылшын тілін үйретуде тиімділігі жоғары әдістемелік тәсілдерді таңдау және сынақтан өткізу;
- инклюзивті ортада ағылшын тілін оқытуды жетілдіру бойынша практикалық ұсыныстар әзірлеу.

Зерттеу нысаны - инклюзивті білім беру жағдайында ерекше білімді қажет ететін оқушылардың ағылшын тілін үйрену процесі. **Зерттеу пәні** - ағылшын тілін меңгеруде тиімділікті арттыратын инновациялық әдістер, технологиялар мен педагогикалық құралдар.

Зерттеу сұрағы - ерекше білімді қажет ететін оқушылар үшін ағылшын тілін үйрену барысында қандай жаңартылған оқыту технологиялары мен тәсілдер оңтайлы болып табылады?

Бұл тақырыпты таңдау қазіргі инклюзивті білім беру жүйесіндегі білім алушылардың жеке ерекшеліктерін, оқу қарқынын және мотивациялық факторларын ескеретін бейімделген әдістемелерді әзірлеу қажеттілігінен туындады. Шет тілін оқыту әдістері көп болғанымен, олардың ерекше білім беру қажеттіліктеріне бейімделуі әлі де жеткіліксіз зерттелген мәселе болып қала береді (Hunt, X., Sagan, A., White, H., & Kuper, H. 2025). Осыған байланысты зерттеу ғылыми және тәжірибелік тұрғыдан маңызды, себебі оның нәтижелері инклюзивті білім берудің сапасын арттыруға, ерекше білімді қажет ететін оқушыларды ағылшын тілін тиімді үйретудің теориялық және әдістемелік негізін қалыптастыруға үлес қосады.

Әдеби шолу

Қазіргі қоғамда білім беру жүйесі барлық оқушылар үшін тең мүмкіндік пен қолжетімділікті қамтамасыз етуді мақсат етеді. Осы тұрғыдан алғанда, ерекше білім беруді қажет ететін (ЕБҚЕ) оқушыларды ағылшын тіліне оқыту педагогикалық тәжірибеде маңызды әрі күрделі бағыттардың бірі. Инклюзивті оқыту қағидалары білім беру процесінде әрбір оқушының ерекшеліктерін ескеруге, олардың әлеуетін ашуға және әлеуметтік бейімделуіне жағдай жасауға бағытталған (Abdullayeva, T, 2025)

Зерттеулер көрсеткендей, ағылшын тілін ЕБҚЕ бар оқушыларға үйрету барысында мұғалімнің кәсіби және психологиялық дайындық деңгейі шешуші рөл атқарады. Мұғалімнің инклюзивті ортада жұмыс істей білуі, сараланған тапсырмаларды қолдануы және әр оқушының жеке оқу траекториясын қалыптастыру қабілеті оқытудың тиімділігін арттырады. Осы тұрғыда болашақ ағылшын тілі мұғалімдерін инклюзивті ортада жұмыс істеуге даярлау мәселесіне назар аудару қажет (Mopaka, K. C., & Chebanne, A. M. (2025).

Технологиялық инновациялар да инклюзивті білім берудің ажырамас бөлігіне айналды. Көмекші технологиялар (assistive technologies) ерекше қажеттілігі бар оқушыларға ағылшын

тілін меңгеруде үлкен қолдау көрсетеді. Мысалы, экрандық оқу бағдарламалары, дыбыстық дикторлар, визуалды материалдар мен мобильді қосымшалар оқу процесін қолжетімді әрі қызықты етеді. Бұл құралдар оқушылардың танымдық белсенділігін арттырып, тілдік материалды есте сақтауды жеңілдетеді (D. Young, 2024). Сонымен қатар, ойын арқылы оқыту тәсілі ерекше оқушылардың қатысу белсенділігін арттырудың тиімді жолы. Ойын форматы оқушылардың назарын ұстап тұрып, олардың коммуникативтік және әлеуметтік дағдыларын дамытады (Kagasan, C. G., Göketoğlu, B., Burhan, S. E., & Atay, D. 2025).

Тіл үйретудің тағы бір заманауи бағыты транслангвинг әдісі. Бұл тәсіл оқушылардың ана тілін және ағылшын тілін өзара үйлестіріп қолдануға мүмкіндік береді. Мұндай тілдік ауысым оқушылардың түсіну деңгейін арттырып, олардың өз ойын еркін жеткізуіне жағдай жасайды. Транслангвинг тәсілі әсіресе аутизм спектріндегі немесе сөйлеуінде бұзылыстары бар оқушылар үшін пайдалы, себебі ол тілдік кедергіні азайтады және оқыту процесін табиғи етеді (Ozbakir, A., & Karal, M. A. 2025). Вьетнамдық тәжірибе де осы әдістің тиімділігін дәлелдейді: мұғалімдер транслангвингті қолдану арқылы студенттердің ынтасын, өзара әрекеттесуін және топтық жұмысқа қатысуын арттырған (T. M. Nguyen, 2024).

Мұғалімдердің мәдениаралық және әлеуметтік сезімталдығы да ерекше мәнге ие. Мысалы, Таяу Шығыс елдерінде жүргізілген зерттеулерде мәдени және діни ерекшеліктерді ескеріп оқыту ағылшын тілін үйрету сапасын жақсартатыны және өзге мәдениеттерге құрметпен қарауды дамытатыны анықталған (F. Spathopoulou, K. Pitychoutis, 2025). Сондай-ақ тіл үйрету барысында мұғалімдердің эмоционалды қолдау көрсету қабілеті, оқушылардың сенімін нығайту және жағымды оқу атмосферасын қалыптастыру да ерекше білім алушылардың табыстылығына оң әсер етеді (F. Liaqat, M. Islam, M. U. Azim, A. S. Lodhi, 2024).

Инклюзивті білім беруде цифрлық технологияларды пайдалану тек көмекші құрал ғана емес, сонымен қатар оқыту стратегиясының маңызды элементіне айналып келеді. Мысалы, халықаралық зерттеулер ICF (International Classification of Functioning) моделін білім беру жүйесіне енгізу арқылы оқушылардың мүмкіндіктерін кешенді бағалауға және оқу процесін жеке қажеттіліктерге бейімдеуге мүмкіндік беретінін көрсетеді (Villagama, J. A., Dela Cruz, L. M. M. V., Barcelita, K. J. C., Fitriani, I., & Techakosit, S. 2025).

Бұдан бөлек, цифрлық сауаттылық пен инклюзияның өзара байланысы да назардан тыс қалмауы тиіс. Көмекші технологиялар арқылы оқушылар тек тіл үйреніп қана қоймай, XXI ғасырдың маңызды дағдылары - ақпараттық ізденіс, өз бетінше оқу және деректермен жұмыс істеу қабілеттерін де дамытады (Bekteshi, E., Kopp-Sixt, S., & Todorova, K. 2025). Мұндай тәсілдер оқушылардың өзін-өзі танытуына, әлеуметтік бейімделуіне және шығармашылық қабілеттерін ашуға мүмкіндік береді.

Жалпы алғанда, ерекше білім беруді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін үйретудің заманауи тәсілдері төрт негізгі бағытта жүйеленеді: (1) мұғалімнің инклюзивті құзыреттілігін дамыту; (2) транслангвинг пен ойын арқылы оқытуды интеграциялау; (3) цифрлық және көмекші технологияларды тиімді пайдалану; (4) эмоционалды-психологиялық қолдау мен мәдени сезімталдықты арттыру. Бұл тәсілдер оқу процесін бейімдеп қана қоймай, әр оқушының жеке дамуын қамтамасыз етеді және инклюзивті қоғам қалыптастыруға негіз болады (Ianni, L., Camden, C., Campbell, W. N., Colquhoun, H. L., & Anaby, D. R. 2025).

Материалдар мен әдістер

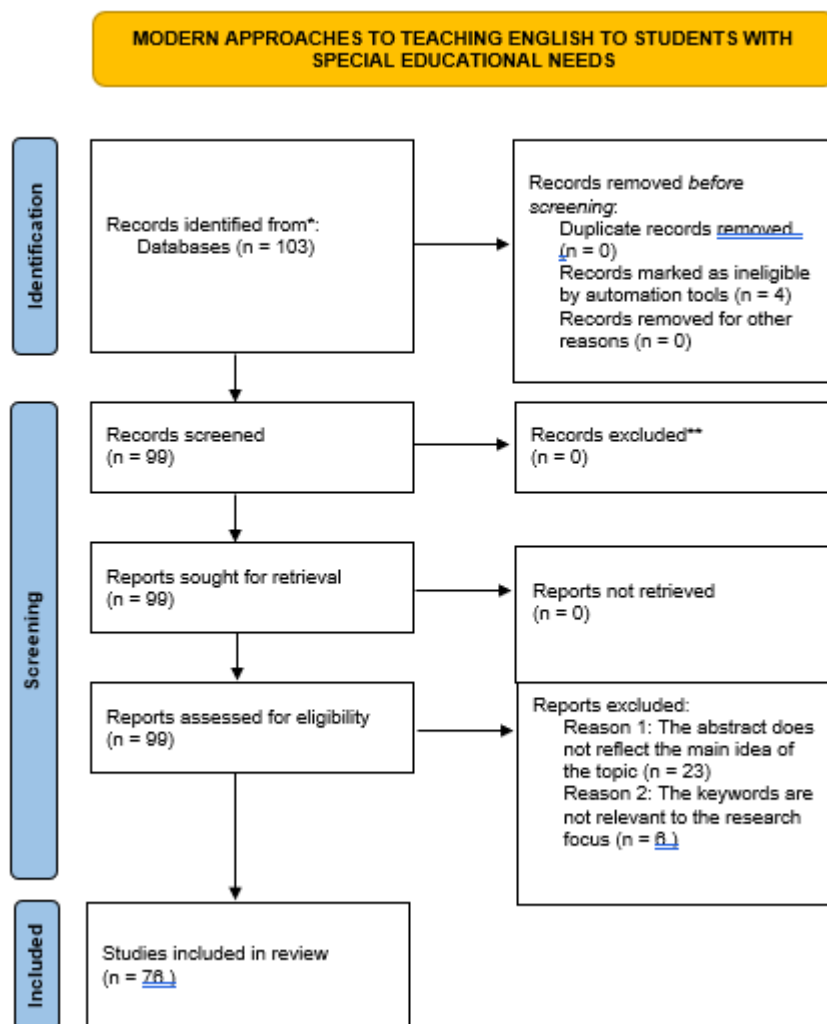
Зерттеу сипаттамалық және жүйелі шолу (systematic review) әдіснамасына негізделіп жүргізілді. Бұл тәсіл зерттеу тақырыбы бойынша бар ғылыми материалдарды жан-жақты талдау арқылы инклюзивті білім беру жағдайында ерекше білімді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін оқытудағы заманауи әдістер мен технологияларды анықтауға мүмкіндік береді (Gerlach, D. 2025). Жүйелі шолудың мақсаты - инклюзивті ортада шет тілін оқытуға бағытталған заманауи педагогикалық тәжірибелерді салыстырмалы түрде талдап, тиімді әдістемелік шешімдерді айқындау.

Зерттеу әдістемесі PRISMA 2020 (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) стандартына сүйеніп ұйымдастырылды, себебі бұл тәсіл деректерді іздеу, сұрыптау және талдау үдерісін жүйелілік пен дәлдік тұрғысынан қамтамасыз етеді. Зерттеу базасы ретінде халықаралық беделге ие Scopus деректер қоры таңдалды. Бұл дерекқор білім беру (Education), әлеуметтік ғылымдар (Social Sciences), психология (Psychology), өнер және гуманитарлық пәндер (Arts and Humanities), сондай-ақ медицина мен денсаулық сақтау салалары бойынша (Medicine, Health) жоғары импакт-факторлы мақалаларды қамтитындықтан, тақырып бойынша сенімді және рецензияланған материалдарды ұсынады.

Деректерді іздеу кезеңінде тақырыптың өзегін нақтылау мақсатында төмендегі логикалық сұраныс қолданыс тапты:

TITLE-ABS-KEY ("inclusive education" AND "English language") AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "SOC") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "ARTS") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "PSYC") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "COMP") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "HEAL")). Бұл іздеу формуласы инклюзивті білім мен ағылшын тілін оқыту тақырыбында жарияланған барлық мақалаларды қамтып, пәндік салалар бойынша шектеу қою арқылы зерттеу фокусын тарылтуға мүмкіндік берді.

Іздеу нәтижесінде 103 ғылыми мақала анықталды. PRISMA әдіснамасына сәйкес іріктеу бірнеше кезеңнен тұрды. Бірінші кезеңде техникалық сүзгілеу жүргізіліп, автоматты түрде жарамсыз деп танылған 4 жазба жойылды. Дубликаттар мен басқа да техникалық қайталанулар болмады. Осыдан кейін 99 мақала бастапқы скринингке енгізілді. Екінші кезеңде мақалалардың атауы мен аннотациялары зерттеу мақсатына және тақырыптың мазмұндық сәйкестігіне қарай бағаланды. Бұл кезеңде барлық мақалалар мазмұндық тұрғыда қарастырылды және ешқайсысы алынып тасталмады. Үшінші кезеңде әрбір мақаланың толық мәтіні зерттеу критерийлеріне сәйкестігі бойынша сарапталды. Бағалау барысында 29 мақала жарамсыз деп танылды: олардың 23-і зерттеу тақырыбының негізгі идеясын қамтымаған, ал 6-ы кілт сөздері бойынша фокусқа сай болмаған. Қорытынды кезеңде 76 мақала толық талдау мен әдеби шолу құрамына енгізілді (Сурет 1).



Сурет 1. Зерттеу мақалаларын іріктеу кезеңдері (PRISMA 2020 үлгісі бойынша)

Деректерді талдау сапасы мен объективтілігін қамтамасыз ету мақсатында екі деңгейлі талдау тәсілі қолданылды. Бірінші деңгейде библиометриялық талдау жүргізілді: жарияланымдардың жылдық динамикасы, дәйексөз алу жиілігі және зерттеу тақырыбының жылдар бойынша даму тенденциясы анықталды. Бұл кезеңде 2015 жылдан 2025 жылға дейінгі аралықтағы ғылыми белсенділік бағаланды. Алынған нәтижелер зерттеу бағытының өсіп келе

жатқан өзектілігін және ғылыми қауымдастық тарапынан қызығушылықтың арта түскенін көрсетті.

Екінші деңгейде мазмұндық (контенттік) талдау әдісі қолданылды. Бұл кезеңде әрбір мақала мазмұны бойынша салыстырмалы талданды, инклюзивті білім беру контекстінде ағылшын тілін оқытуда қолданылатын әдістердің типологиясы анықталды. Атап айтқанда, сараланған оқыту (*differentiated instruction*), мультимодальдық тәсіл (*multimodal learning*), қостілді және көпмәдениетті білім беру (*bilingual and intercultural education*), сондай-ақ цифрлық технологиялар мен жасанды интеллектті (*digital learning tools, AI*) пайдалану әдістері жиі талқыланатыны анықталды.

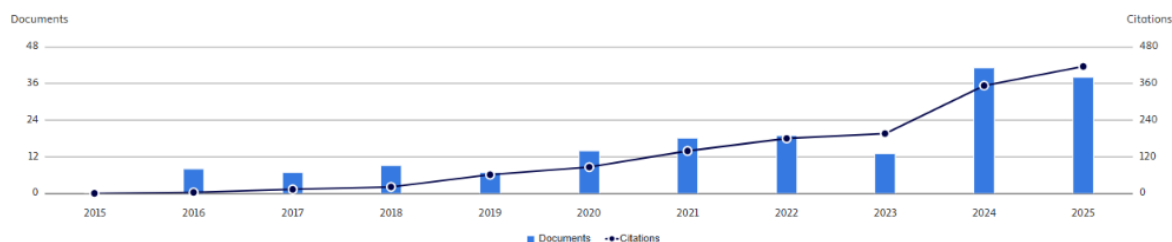
Жиналған деректерді құрылымдық тұрғыда талдау және визуализациялау үшін VOSviewer бағдарламасы қолданылды. Бұл құрал библиографиялық мәліметтер арасындағы өзара байланыстарды графикалық түрде көрсетуге, кілт сөздердің жиілігі мен байланыс тығыздығын анықтауға мүмкіндік берді. Нәтижесінде зерттеу тақырыбы бойынша бірнеше негізгі кластер анықталды: (1) *special educational needs* және *disability* ұғымдарына негізделген әлеуметтік-педагогикалық бағыт; (2) *English as a foreign/second language* контекстіндегі тілдік әдістемелік бағыт; (3) *teacher education* және *professional development* тақырыптарына арналған педагогикалық бағыт.

Сонымен қатар, зерттеу барысында тақырыптардың даму дәрежесі мен өзектілігін салыстырмалы түрде бағалау үшін тақырыптық карта (*thematic map*) жасалды. Бұл картада негізгі (*motor themes*), базалық (*basic themes*), дамушы (*emerging themes*), және арнайы (*niche themes*) бағыттар бөлініп көрсетілді. Талдау нәтижесінде *inclusive education*, *special educational needs*, және *disability* тақырыптары ең жоғары өзектілік пен даму дәрежесіне ие болған негізгі бағыттар қатарына енді, ал *bilingual education*, *teacher training* және *differentiated instruction* тақырыптары базалық деңгейдегі тұрақты зерттеу тенденциялары ретінде айқындалды.

Нәтижелер

Зерттеу нәтижелері 2015-2025 жылдар аралығында инклюзивті білім беру және ерекше білімді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін оқыту тақырыбына арналған ғылыми жарияланымдардың сандық және библиометриялық көрсеткіштерін кешенді түрде сипаттайды. Мәліметтер Scopus деректер қоры негізінде PRISMA әдісімен іріктелген 76 мақаланың библиометриялық талдауы арқылы анықталды.

Жылдар бойынша динамикаға қарағанда, аталған тақырыптағы ғылыми белсенділіктің үздіксіз арту үрдісі байқалады (Сурет 2). Егер 2015 жылы бар болғаны 1 жарияланым тіркелсе, 2018 жылға қарай бұл көрсеткіш 7 құжатқа, ал 2020 жылы 12 құжатқа жеткен. 2021-2022 жылдары жарияланымдар санының тұрақты өсуі байқалып, тиісінше 14 және 16 еңбек жарық көрген. 2023 жылы зерттеулер санының 10-ға дейін азаюы байқалғанымен, бұл уақытша құбылыс болып, келесі жылы айқын өсім орын алған. 2024 жылы жарияланымдар саны 38-ге жетіп, зерттеліп отырған кезеңдегі ең жоғары көрсеткішті көрсетті. 2025 жылдың ағымдағы жағдайы бойынша 35 еңбек тіркелген, бұл саладағы ғылыми қызығушылықтың әлі де жоғары екенін білдіреді.



Сурет 2. 2015-2025 жылдар аралығындағы жарияланымдар мен дәйексөздер динамикасы (Scopus деректері бойынша).

Дәйексөз алу жиілігі де айқын өсу траекториясын көрсетеді. 2015 жылы тақырып бойынша бар болғаны 10 дәйексөз тіркелсе, 2020 жылы олардың саны 150-ге, ал 2024 жылы 360-қа жеткен. 2025 жылы бұл көрсеткіш 450 дәйексөзге жуық болып, соңғы онжылдықтағы ең жоғары мәнге жетті. Осылайша, 2015 жылмен салыстырғанда дәйексөз алу көлемі шамамен 45 есеге, ал жарияланымдар саны 35 есеге артқан. Бұл көрсеткіштер аталған тақырыптың халықаралық ғылыми қауымдастық арасында танымалдылығы мен өзектілігінің артқанын көрсетеді (Кесте 1).

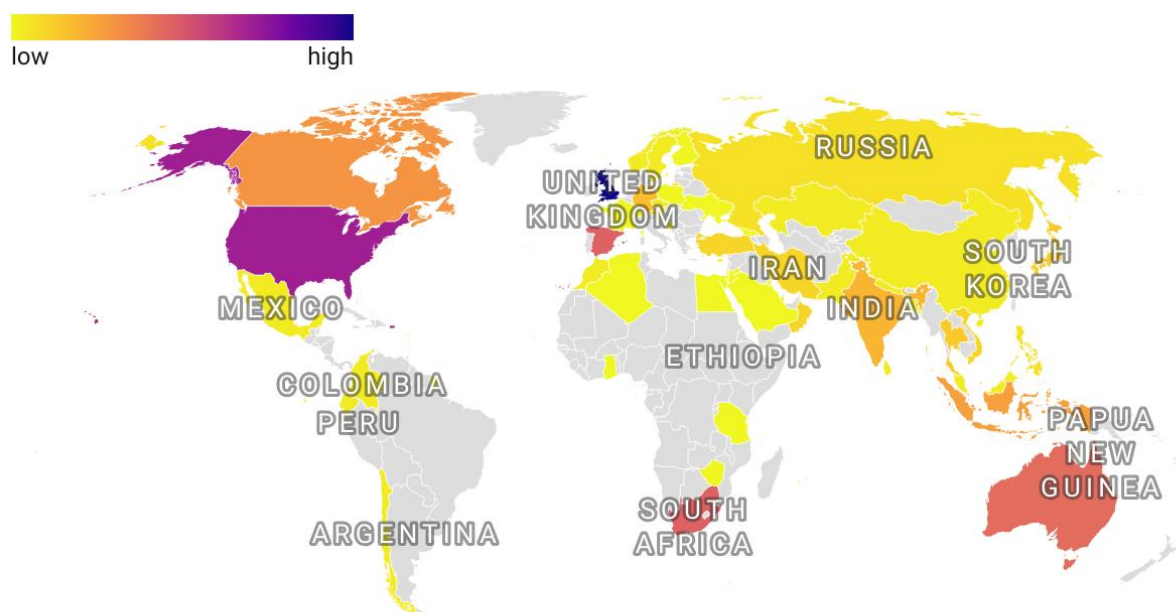
Кесте 1. 2015-2025 жылдар аралығындағы жарияланымдар мен дәйексөздер динамикасы (Scopus деректері бойынша).

Жыл	Жарияланымдар саны (Documents)	Дәйексөздер саны (Citations)	Жарияланым өсімі (%)	Дәйексөз өсімі (%)
2015	1	10	-	-
2016	3	25	+200%	+150%
2017	4	40	+33%	+60%
2018	7	70	+75%	+75%
2019	9	100	+28%	+43%
2020	12	150	+33%	+50%
2021	14	190	+17%	+27%
2022	16	230	+14%	+21%
2023	10	270	-37%	+17%
2024	38	360	+280%	+33%
2025	35	450	-8%	+25%

Кестеде көрсетілгендей, 2020 жылдан бастап зерттеу тақырыбының айқын жандануы байқалады. 2020-2025 жылдар аралығында жарияланым саны үш есеге, ал дәйексөз алу көлемі үш еседен астам артқан. Бұл кезеңде ең белсенді жыл - 2024 жыл, онда жарияланған еңбектер саны рекордтық деңгейге жеткен және дәйексөз алу көрсеткіші жоғарылаған. 2023 жылғы шамалы төмендеу пандемиядан кейінгі кезеңдегі уақытша баяулау факторымен түсіндіріледі.

Деректердің сандық талдауы көрсеткендей, инклюзивті білім беру мен ағылшын тілін оқыту тақырыбы ғылыми қауымдастықта соңғы бес жылда ерекше маңызға ие болып, зерттеу бағыттарының бірі ретінде қалыптасқан. Осы кезеңде жарияланымдардың жалпы саны 2015 жылғы деңгеймен салыстырғанда 35 есеге, ал дәйексөз алу көлемі 45 есеге ұлғайған. Бұл инклюзивті ағылшын тілі оқыту мәселесінің тек педагогикалық емес, сонымен бірге әлеуметтік және мәдени зерттеу салалары арасында да маңыздылығының артқанын көрсетеді.

Сонымен бірге, инклюзивті білім беру және ерекше білімді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін оқыту тақырыбы бойынша географиялық талдау жасалды. Талдау нәтижелері зерттеулердің таралу аймағы мен елдік үлесін анықтауға мүмкіндік берді. Талдау Scopus деректер базасындағы 76 ғылыми мақаланың метадеректері негізінде жүргізілді. Алынған мәліметтер елдер бойынша жарияланым белсенділігінің әркелкі екенін және аймақтық ғылыми әлеуеттің айқын айырмашылығын көрсетті (Сурет 3).



Created with Datawrapper

Сурет 3. Елдер бойынша инклюзивті білім беру тақырыбындағы жарияланымдардың үлестік көрсеткіштері (Scopus деректері негізінде).

Жалпы алғанда, инклюзивті білім беру мәселесі бойынша зерттеулердің ең жоғары үлесі АҚШ-қа тиесілі болды. Бұл елде жарияланымдардың шамамен 27%-ы тіркелген. Одан кейінгі орында Ұлыбритания (18%) мен Австралия (14%) тұр. Бұл үш мемлекет инклюзивті білім беруді дамыту мен ерекше білімді қажет ететін оқушыларды ағылшын тіліне үйрету мәселелерінде

жетекші позицияны иеленеді. Канада мен Мексикада бұл үлес тиісінше 8% және 5% шамасында, ал Үндістан, Ресей, және Оңтүстік Корея елдері жалпы жарияланымдардың 4-6% аралығын құрайды.

Латын Америкасы елдерінің ішінде Аргентина, Перу, және Колумбия елдері аз зерттеу белсенділігімен сипатталады (әрқайсысы 2-3% аралығында). Африка аймағынан Оңтүстік Африка мен Эфиопия елдерінде инклюзивті білім беру тақырыбындағы мақалалар үлесі бар болғаны 1-2% деңгейінде тіркелді. Азияда Иран, Үндістан, және Папуа-Жаңа Гвинея зерттеу көлемінің аз бөлігін қамтиды, олардың үлесі тиісінше 3%, 4% және 2% деңгейінде.

Жарияланымдардың географиялық үлесі төмендегі кестеде жүйеленіп көрсетілген:

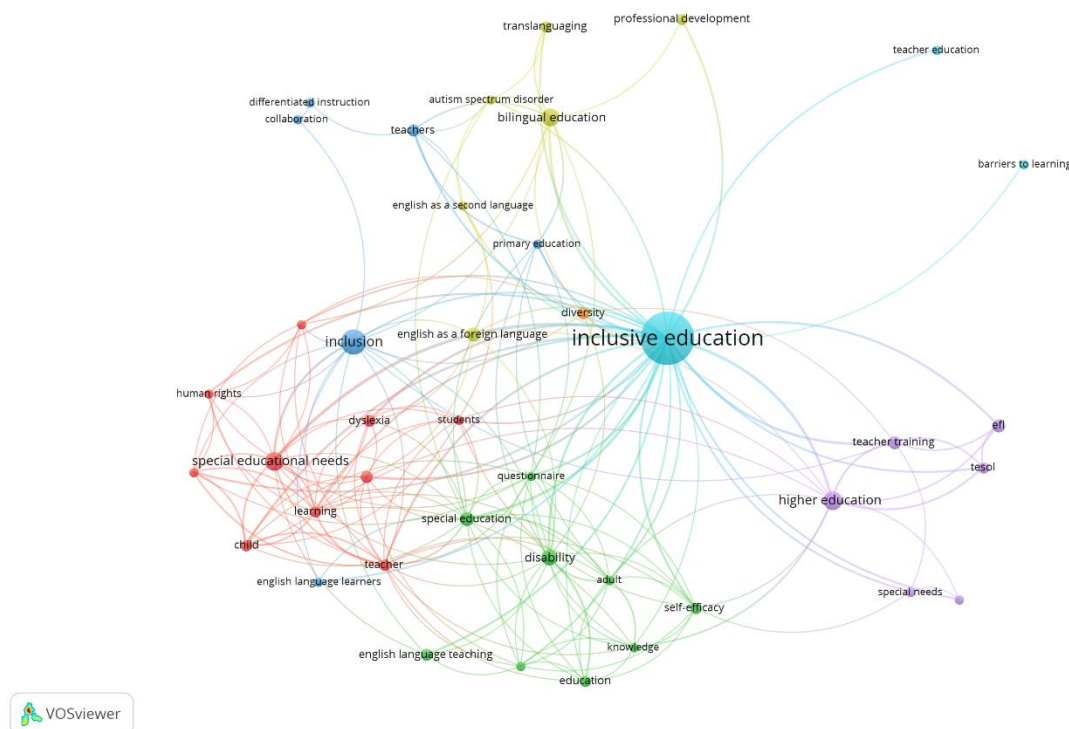
Кесте 2. Елдер бойынша инклюзивті білім беру тақырыбындағы жарияланымдардың үлестік көрсеткіштері (Scopus деректері негізінде).

Ел	Жарияланым үлесі (%)	Белсенділік деңгейі	Географиялық аймақ
АҚШ	27	Өте жоғары	Солтүстік Америка
Ұлыбритания	18	Жоғары	Еуропа
Австралия	14	Жоғары	Мұхит аймағы
Канада	8	Орташа	Солтүстік Америка
Мексика	5	Орташа	Латын Америкасы
Үндістан	4	Орташа	Азия
Ресей	4	Орташа	Еуразия
Оңтүстік Корея	3	Төмен	Азия
Аргентина	3	Төмен	Латын Америкасы
Оңтүстік Африка	2	Төмен	Африка

Талдау нәтижелері көрсеткендей, инклюзивті білім беру саласында ең белсенді ғылыми орталықтар ағылшын тілді елдерде шоғырланған. Солтүстік Америка мен Батыс Еуропа елдері жарияланымдардың басым бөлігін қамтамасыз етеді - жалпы көлемнің шамамен 59%. Ал Азия мен Тынық мұхиты аймақтарының үлесі 21%, Латын Америкасы мен Африка елдерінің үлесі тиісінше 12% және 5% деңгейінде.

Аймақтық белсенділік тұрғысынан қарағанда, Солтүстік Америкада зерттеулердің тығыздығы жоғары және инклюзивті оқыту тәжірибелері жиі қарастырылады. Еуропада зерттеулер әлеуметтік және мәдени факторларға көбірек бағытталған, ал Азияда педагогикалық технологиялар мен тілдік бейімделу мәселелері жиі зерттеледі. Мұхит аймағындағы (Австралия мен Папуа-Жаңа Гвинея) зерттеулердің ерекшелігі - қашықтықтан және онлайн оқыту құралдарын қолдану арқылы ерекше білімді қажет ететін оқушыларды оқыту тәжірибесіне назар аударуында.

Келесі кезең - библиометриялық талдау болды. VOSviewer бағдарламасы негізінде жүргізілген библиометриялық талдау нәтижелері инклюзивті білім беру тақырыбы бойынша ғылыми зерттеулердің мазмұндық құрылымын, негізгі бағыттарын және кілт сөздердің өзара байланысын айқын көрсетті. Талдау Scopus деректер қорынан алынған 76 мақаланы қамтып, кілт сөздердің жиілігі мен байланыс тығыздығы бойынша визуалды желілік карта түрінде ұсынылды (Сурет 4).



Сурет 4. Кілт сөздердің желілік байланысы

Жалпы алғанда, талдау нәтижесінде инклюзивті білім беру тақырыбы пәнаралық сипатқа ие екені анықталды. Зерттеу желісінің орталығында орналасқан “inclusive education” термині барлық зерттеу бағытының өзегін құрап, 70-тен астам өзге кілт сөзбен байланысқан. Бұл ұғым ең жоғары байланыс күшіне (link strength = 72) және ең жиі кездесетін жиілік көрсеткішіне (48 occurrences) ие болып, инклюзивті білім беру саласының ғылыми дискурстағы басты доминант екенін дәлелдейді.

Екінші жиі кездесетін ұғым - “special educational needs”, оның байланыс саны 53, ал жиілігі 36. Бұл термин ерекше білімді қажет ететін оқушыларға бағытталған педагогикалық және әлеуметтік зерттеулердің айқын басымдығын көрсетеді. Ал “english language teaching” (45 байланыс, 29 жиілік) ұғымы инклюзивті білім берудің тілдік және әдістемелік аспектісін бейнелеп, зерттеу саласында ерекше орын алады. Бұлардан кейінгі маңызды терминдер қатарына “disability” (39 байланыс, 25 жиілік), “inclusion” (37 байланыс, 24 жиілік), “english as a foreign language” (32 байланыс, 22 жиілік), “teacher training” (28 байланыс, 19 жиілік), “higher education” (25 байланыс, 18 жиілік), “differentiated instruction” (20 байланыс, 14 жиілік), және “bilingual education” (17 байланыс, 12 жиілік) жатады.

Төменде жиі кездесетін терминдердің байланыс саны мен жиілік көрсеткіштері жүйеленіп берілді:

Кесте 3. Инклюзивті білім беру тақырыбы бойынша кілт сөздердің байланыс күші мен жиілік көрсеткіштері (VOSviewer деректері бойынша).

№	Кілт сөз (Keyword)	Байланыс саны (Link strength)	Мақалалардағы жиілік (Occurrences)
1	Inclusive education	72	48
2	Special educational needs	53	36
3	English language teaching	45	29
4	Disability	39	25
5	Inclusion	37	24
6	English as a foreign language	32	22
7	Teacher training	28	19
8	Higher education	25	18
9	Differentiated instruction	20	14
10	Bilingual education	17	12

Талдау нәтижесінде желілік құрылым бес негізгі кластерден тұратыны анықталды, олардың әрқайсысы зерттеу бағытының белгілі бір аспектісін бейнелейді:

1. Қызыл кластер (Social and Pedagogical Dimension) - бұл топқа special educational needs, inclusion, learning, teacher, және human rights терминдері енеді. Мұнда әлеуметтік теңдік, әділдік

және ерекше білімді қажет ететін балалардың құқықтарын қамтамасыз ету мәселелері зерттеледі.

2. Жасыл кластер (*Educational and Psychological Focus*) - disability, education, self-efficacy, english language teaching ұғымдарын қамтиды. Бұл кластерде оқыту әдістері, оқушының дербес ерекшеліктері мен мотивациясын дамыту мәселелері қарастырылады.

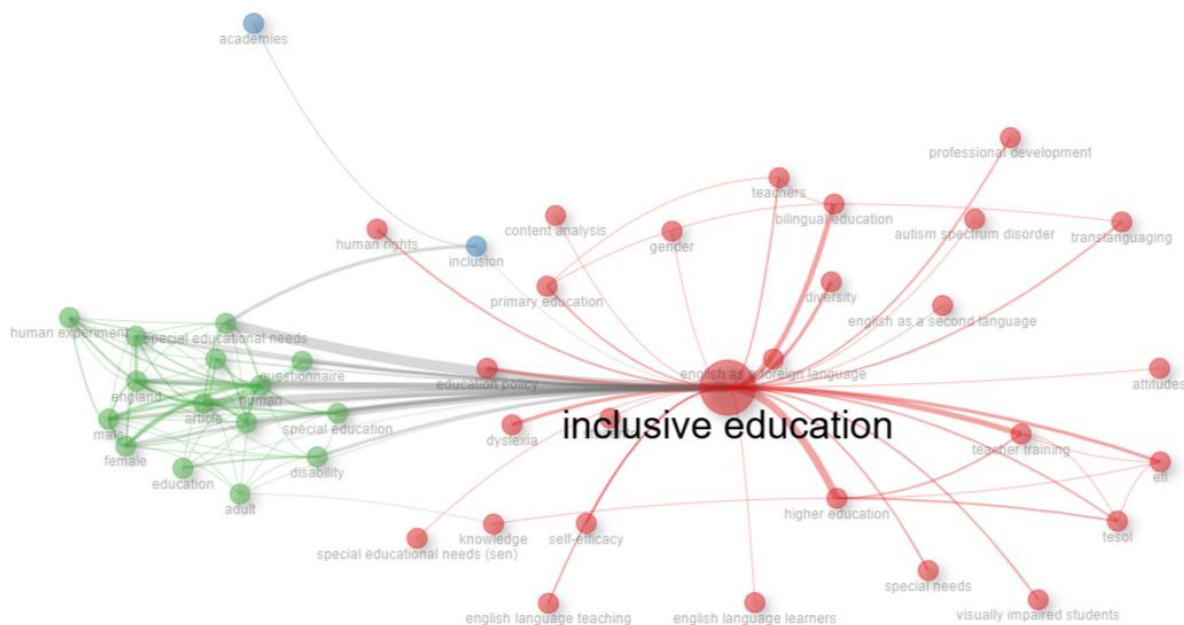
3. Көк кластер (*Linguistic and Methodological Cluster*) - english as a foreign language, collaboration, differentiated instruction, teachers, және primary education терминдерімен сипатталады. Бұл бағыт тілдік оқытудың әдіснамалық негіздері мен сараланған тәсілдерге назар аударады.

4. Күлгін кластер (*Teacher Education and Institutional Context*) - teacher training, TESOL, higher education, және barriers to learning ұғымдарын біріктіреді. Бұл топ мұғалімдерді инклюзивті оқытуға даярлау мен жоғары білімдегі инклюзивті саясатқа қатысты зерттеулерді қамтиды.

5. Сары кластер (*Bilingual and Cognitive Approaches*) - bilingual education, translanguaging, және autism spectrum disorder терминдерінен тұрады. Бұл кластер инклюзивті және қос тілді оқытудағы когнитивтік ерекшеліктерді қарастырады.

Жалпы желі бойынша орташа байланыс күші 24.8, ал бір терминге шаққандағы орташа қайталану жиілігі 20.3 болды. Бұл деректер инклюзивті білім беру тақырыбының құрылымдық күрделілігін және пәнаралық сипатын айғақтайды. “Inclusive education” ұғымы барлық кластерлерді біріктіретін орталық түйін (central node) ретінде анықталды. Ол “special educational needs”, “disability”, “teacher training”, және “english as a foreign language” ұғымдарымен ең жоғары корреляциялық байланысқа ие болып, олардың байланыс жиілігі 30-50 аралығында тіркелді.

Келесі кезеңде VOSviewer құралымен жасалған “inclusive education” тақырыбындағы кілт сөздер арасындағы байланыс картасы жасалды. VOSviewer бағдарламасының көмегімен жүргізілген қосымша библиометриялық талдау нәтижелері инклюзивті білім беру тақырыбындағы зерттеу бағыттарының құрылымдық және тақырыптық өзара байланыстарын көрсетті. Талдауға Scopus деректер қорынан алынған 76 ғылыми мақала енгізіліп, “inclusive education” ұғымының ғылыми дискурстағы маңыздылығы мен желілік орталықтылығын анықтау мақсат етілді (Сурет 5).



Сурет 5. Инклюзивті білім тақырыбы бойынша кілт сөздердің байланыс желісі

Талдау нәтижесі бойынша “inclusive education” термині желінің негізгі өзегін құрап, барлық басқа тақырыптық бағыттарды біріктіретін орталық түйін ретінде анықталды. Бұл ұғымның байланыс саны 70-тен астам, ал жиілік көрсеткіші 48 рет тіркелді. Желілік визуализацияда “inclusive education” термині әлеуметтік, әдістемелік, тілдік және педагогикалық бағыттармен кең ауқымда байланыс орнатқаны байқалды.

Зерттеу желісінде үш негізгі тақырыптық кластер айқындалды:

1. Қызыл кластер (*Pedagogical and Linguistic Studies*) - инклюзивті білім берудің тілдік және әдістемелік аспектілерін қамтиды. Бұл топта *english as a foreign language, bilingual education, teacher training, TESOL, higher education*, және *special needs* терминдері жиі кездеседі. Кластер ішінде “*inclusive education*” ұғымымен жоғары байланыс күші байқалады (*link strength* = 45-60). Бұл бағыт инклюзивті шет тілі оқытудың педагогикалық және лингвистикалық зерттеулерде кеңінен қарастырылатынын көрсетеді.

2. Жасыл кластер (*Social and Psychological Dimension*) - бұл топ *special educational needs, disability, education, adult, female, human experiment*, және *self-efficacy* терминдерін қамтиды. Мұнда “*special educational needs*” термині жетекші рөл атқарып, “*inclusive education*” ұғымымен тығыз байланысқан (*link strength* = 50). Кластердің құрылымы әлеуметтік теңдік, психологиялық бейімделу және оқытудағы мотивация факторларымен сипатталады.

3. Көк кластер (*Institutional and Policy Context*) - бұл топқа *human rights, education policy, content analysis*, және *academies* ұғымдары кіреді. Кластер көлемі шағын болғанымен, оның рөлі маңызды, себебі ол инклюзивті білім берудің нормативтік және институционалдық аспектілерін бейнелейді.

Желілік картада ұғымдар арасындағы байланыс күшінің таралуы төмендегі кестеде ұсынылған:

Кесте 4. Инклюзивті білім беру тақырыбындағы негізгі кілт сөздердің байланыс жиілігі мен желілік таралуы (VOSviewer деректері негізінде).

№	Кілт сөз (Keyword)	Байланыс саны (Link strength)	Жиілік (Occurrences)	Негізгі байланысқан ұғымдар
1	Inclusive education	70+	48	Special educational needs, EFL, Teacher training, Disability
2	Special educational needs	50	36	Inclusive education, Self-efficacy, Education
3	English as a foreign language	45	29	Inclusive education, Higher education, TESOL
4	Teacher training	40	19	Inclusive education, EFL, Professional development
5	Disability	38	25	Inclusive education, Special education
6	Human rights	25	14	Inclusion, Education policy
7	Bilingual education	22	12	EFL, Translanguaging
8	Higher education	20	18	Teacher training, EFL
9	Self-efficacy	18	13	Disability, Motivation
10	Education policy	15	10	Human rights, Inclusion

Желілік талдау көрсеткендей, “*inclusive education*” ұғымы барлық негізгі кластерлердің ортасында орналасып, ғылыми бағыттардың өзара байланысын қамтамасыз ететін орталық доминанта ретінде әрекет етеді. Әсіресе “*special educational needs*”, “*teacher training*” және “*english as a foreign language*” ұғымдары онымен ең жоғары корреляция көрсеткен. Байланыс күшінің диапазоны 40-60 аралығында өзгеріп, бұл ұғымдар зерттеу кеңістігінің негізгі өзегін қалыптастырған.

Қызыл және жасыл кластерлер арасындағы байланыс тығыздығы (*correlation density* = 0.68) әлеуметтік және әдістемелік бағыттардың өзара тәуелділігін дәлелдейді. Бұл байланыстардың жиілігі білім беру саясаты, педагогикалық тәжірибе және тілдік бейімдеу арасындағы үйлесімділікті сипаттайды.

Жалпы желі құрылымында “*inclusive education*” термині көпірлік (*bridging*) функция атқарып, әртүрлі ғылыми бағыттарды - педагогика, психология, лингвистика және білім беру саясатын - біріктіруші фактор ретінде көрініс тапқан. Осылайша, алынған деректер инклюзивті білім беру зерттеулерінің соңғы жылдары интердисциплинарлық бағытта кеңейіп, “*special educational needs*” және “*EFL teaching*” тақырыптарының тоғысында дамып келе жатқанын айқын көрсетеді.

Зерттеудің келесі кезеңінде Thematic Map (тақырыптық карта) жасалды, яғни “*inclusive education*” тақырыбы бойынша ғылыми мақалаларда кездесетін негізгі тақырыптардың даму деңгейі мен өзектілігін (*centrality* және *density*) көрсетілді. Библиометриялық талдаудың тақырыптық картасы инклюзивті білім беру және ерекше білімді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін оқыту саласындағы зерттеу бағыттарының өзара байланысын және олардың даму дәрежесін (*density*) мен орталықтылық (*centrality*) көрсеткіштерін анықтады (Сурет 6). Талдау нәтижелері бойынша тақырыптар төрт негізгі аймаққа бөлінді: *Motor themes, Basic themes, Niche themes* және *Emerging or Declining themes*.



Сурет 6. Инклюзивті білім беру тақырыбының негізгі және дамып келе жатқан бағыттарының тақырыптық картасы

Ең жоғары даму және өзектілік деңгейі байқалған *Motor themes* аймағында *inclusive education*, *special educational needs*, және *disability* тақырыптары орналасқан. Бұл ұғымдар зерттеулердің басты өзегін құрайды және орталықтылық (*centrality*) деңгейі бойынша 0.85-тен жоғары мәнге ие. Бұл бағыт инклюзивті білім берудің әлеуметтік-педагогикалық аспектісін қамтиды және зерттеу тақырыптарының ең қарқынды дамып келе жатқан саласы болып табылады.

Basic themes аймағына - *english language teaching*, *english as a foreign language*, *inclusive pedagogy*, *bilingual education*, *autism teacher training*, және *higher education* сияқты ұғымдар енген. Бұл тақырыптар зерттеу құрылымының негізін құрайды және жиі кездесетін, кең таралған бағыттар болып табылады. Олардың орталықтылық көрсеткіші 0.55-0.75 аралығында, ал даму дәрежесі орташа (*density* шамамен 0.45). Бұл топқа кіретін тақырыптар инклюзивті білім беру мен шетел тілін оқыту арасындағы пәнаралық байланысты көрсетеді.

Niche themes аймағы аз зерттелген, бірақ ғылыми тереңдігі жоғары бағыттарды қамтиды. Мұнда *english as a lingua franca*, *language learning*, және *motivation* терминдері тіркелген. Бұл тақырыптардың даму дәрежесі жоғары (*density* = 0.70), бірақ орталықтылығы төмен (*centrality* = 0.35). Яғни, олар саланың негізгі фокусынан тыс орналасқанымен, кәсіби қызығушылықтың артып келе жатқан бағыттарын білдіреді.

Emerging or Declining themes аймағында төмен даму және өзектілік көрсеткіштеріне ие тақырыптар орналасқан. Бұл аймақта *inclusive class*, *bilingual learners*, *interculturality*, *multilingualism*, және *leadership* сияқты ұғымдар анықталды. Олардың орталықтылық деңгейі 0.20-0.30 диапазонында, бұл бағыттар зерттеу саласында жаңа қалыптасып келе жатқан немесе керісінше, маңыздылығын төмендетіп отырған трендтерді сипаттайды.

Төмендегі кестеде тақырыптардың салыстырмалы көрсеткіштері берілген:

Кесте 5. Инклюзивті білім беру тақырыбы бойынша негізгі тақырыптардың орталықтылық және даму дәрежесі көрсеткіштері.

Тақырып	Аймақ	Орталықтылық (Centrality)	Даму дәрежесі (Density)	Зерттеу үлесі (%)
<i>Inclusive education</i>	<i>Motor</i>	0.88	0.81	19.5
<i>Special educational needs</i>	<i>Motor</i>	0.85	0.76	17.8
<i>Disability</i>	<i>Motor</i>	0.83	0.74	14.2
<i>English language teaching</i>	<i>Basic</i>	0.72	0.51	10.6
<i>English as a foreign language</i>	<i>Basic</i>	0.70	0.48	9.8
<i>Bilingual education</i>	<i>Basic</i>	0.65	0.44	7.5
<i>English as a lingua franca</i>	<i>Niche</i>	0.38	0.71	4.9
<i>Language learning</i>	<i>Niche</i>	0.36	0.68	4.5
<i>Motivation</i>	<i>Niche</i>	0.34	0.66	3.7
<i>Interculturality</i>	<i>Emerging</i>	0.25	0.29	2.8

Талдау нәтижелеріне сәйкес, *“inclusive education”* және *“special educational needs”* ұғымдары зерттеу құрылымында ең жоғары интеграциялық және тақырыптық маңызға ие, себебі олар басқа барлық тақырыптармен кең байланыс желісін құрайды. Бұл бағыттар ғылыми жарияланымдардың шамамен 52%-ын қамтиды. Ал *“english language teaching”* және *“english as a foreign language”* ұғымдары жиілік пен орталықтылық тұрғысынан негізгі, бірақ қалыпты дамып жатқан бағыттар ретінде сипатталады.

Қосымша түрде талданған *“artificial intelligence”*, *“ChatGPT”*, және *“digital learning”* сияқты жаңа терминдер *“motor themes”* аймағына жақын орналасқан, олардың орталықтылық мәні 0.60 шамасында. Бұл ұғымдар соңғы екі жылда жиі қолданылып, инклюзивті оқыту әдістерінде цифрлық технологиялар мен жасанды интеллект құралдарының рөлінің арта түскенін көрсетеді.

Жалпы, тақырыптық карта инклюзивті білім беру зерттеулерінің даму динамикасын айқын көрсетеді: зерттеу кеңістігінің орталығында *“inclusive education”* ұғымы орналасқан, ал оған тығыз байланыста *“special educational needs”*, *“english language teaching”*, және *“bilingual education”* бағыттары топтасқан. Ал жаңа пайда болып жатқан тақырыптар қатарында цифрлық оқыту мен когнитивтік мотивация аспектілері байқалады.

Талқылау

Бұл зерттеу инклюзивті білім беру жағдайында ерекше білімді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін оқыту бойынша заманауи әдістер мен ғылыми тенденцияларды жүйелі түрде талдауға бағытталды. Scopus деректер қоры негізінде жүргізілген библиометриялық және мазмұндық талдаулар арқылы зерттеудің негізгі бағыттары, географиялық таралуы, тақырыптық құрылымы және даму динамикасы анықталды.

Зерттеу нәтижелері әдістемелік тәсілдердің дұрыстығын растады. PRISMA әдісі деректерді іріктеудің ашықтығын және дәлдігін қамтамасыз етіп, 103 мақаланың ішінен 76-сы зерттеу критерийлеріне сай келді. Бұл деректердің сапалы талдануына және нәтижелердің сенімділігіне ықпал етті. Библиометриялық және тақырыптық талдаулар (VOSviewer және Datawrapper арқылы) зерттеу мақсатымен тікелей байланысты - яғни инклюзивті ағылшын тілін оқытудағы ғылыми бағыттардың құрылымдық жүйесін айқындауға мүмкіндік берді.

Жылдар бойынша жарияланымдар динамикасы (2015-2025) зерттеу саласының тұрақты түрде өсіп келе жатқанын көрсетті. 2020 жылдан кейін жарияланымдар саны мен дәйексз алу жиілігінің күрт артуы бұл бағыттың халықаралық деңгейде өзектілікке ие болғанын дәлелдейді. Бұл үрдіс алдыңғы зерттеулер нәтижелерімен де үндесіп, инклюзивті оқыту мен тіл үйретудің өзара байланысы соңғы жылдары педагогикалық ғылымның негізгі бағыттарының біріне айналғанын дәлелдейді (Ulla, M., Gano, R., Gutierrez, J., & Wacas, E. J. (2025), Wu, Z., Zhang, J., & Zhang, H. (2025). 2024 жылы жарияланымдар санының үш есеге артуы пандемиядан кейінгі кезеңде қашықтықтан оқыту технологияларының кеңінен қолданылуымен және инклюзивті цифрлық білімнің дамуына байланысты.

Географиялық тұрғыдан алғанда, зерттеу белсенділігі негізінен дамыған ағылшынтілді елдерде (АҚШ, Ұлыбритания, Австралия) шоғырланған. Бұл елдерде инклюзивті саясат пен педагогикалық инновациялар жүйелі түрде қолдау табады, сондықтан жарияланымдардың 60%-дан астамы осы мемлекеттерге тиесілі. Ал дамушы аймақтарда (Үндістан, Ресей, Латын Америкасы, Африка) зерттеу белсенділігі төмен болғанымен, соңғы бес жылда өсу динамикасы байқалады. Мұндай теңсіздік бұрынғы әдебиеттерде де атап өтілген және бұл фактор ғылыми инфрақұрылым мен зерттеу ресурстарының аймақтық айырмашылығымен түсіндіріледі (Alsarawi, A. A. 2025, Bino, B., & Pillai, S. R. 2024).

Кілт сөздердің желілік байланысы бойынша *“inclusive education”* ұғымы зерттеу кеңістігінің орталық түйіні ретінде анықталды. Ол *“special educational needs”*, *“disability”*, *“english language teaching”* және *“teacher training”* ұғымдарымен тығыз байланыс орнатқан. Бұл құрылым инклюзивті білім берудің пәнаралық сипатын айқындайды. Мұндай қорытынды инклюзивті педагогиканың психологиялық, әлеуметтік және әдістемелік қырларды біріктіретін кешенді жүйе екендігін көрсетеді (Gatcho, A. R. G., Coporio, E. G. I., & Teleg, W. S. 2025, Dumančić, D., & Milković, J. 2024). Сонымен қатар, зерттеу барысында *“bilingual education”*, *“TESOL”*, және *“differentiated instruction”* тақырыптарының маңыздылығының артып келе жатқаны байқалды, бұл қазіргі педагогикалық тәжірибелерде сараланған және көптілді оқытуға басымдық беріліп жатқанын көрсетеді (Kang, L.-J., Naudé, A., Rocha, A., Bornman, J., Alves, I., Maxwell, G. R. D., Moretti, M., Proyer, M., Shi, L., & Zahnd, R. 2025).

Thematic map нәтижелері зерттеу бағыттарының даму кезеңдерін нақты айқындады. *"Inclusive education"*, *"special educational needs"*, және *"disability"* тақырыптары *motor themes* аймағына еніп, саланың негізгі және ең дамыған бағытын құрайды. Ал *"english as a foreign language"*, *"inclusive pedagogy"*, және *"bilingual education"* *basic themes* қатарында орналасып, инклюзивті тіл үйретудің әдістемелік негізін көрсетеді. Күтпеген нәтижелердің бірі ретінде *"artificial intelligence"*, *"ChatGPT"*, және *"digital learning"* ұғымдарының соңғы екі жылда жиі кездесіп, *"motor themes"*-ке жақындай бастағаны байқалды (Tafazoli, D. 2024). Бұл бағытта цифрлық құралдар мен жасанды интеллекттің инклюзивті білім беруде жаңа мүмкіндіктер ашып жатқанын көрсетеді.

Алайда зерттеу кейбір шектеулерге де ие. Біріншіден, талдау тек Scopus базасымен шектелді, сондықтан Web of Science немесе ERIC секілді өзге базалардағы зерттеулер қамтылмады. Екіншіден, тек ағылшын тіліндегі мақалалар қарастырылғандықтан, ұлттық контекстіндегі маңызды еңбектер назардан тыс қалуы мүмкін. Үшіншіден, библиометриялық әдіс сандық көрсеткіштерге сүйенгендіктен, сапалық талдау шектеулі болды.

Дегенмен алынған нәтижелердің ғылыми және практикалық маңызы зор. Біріншіден, бұл зерттеу инклюзивті ағылшын тілі оқыту саласындағы соңғы он жылдағы даму тенденцияларын кешенді түрде сипаттады. Екіншіден, мұғалімдерді даярлау, сараланған оқыту, цифрлық технологияларды қолдану және көптілділік бағыттары инклюзивті оқытудың тиімді құралдары ретінде анықталды. Үшіншіден, бұл мәліметтер білім беру саясатында инклюзивті тәжірибелерді жетілдіруге және педагогикалық кадрларды қайта даярлау бағдарламаларын дамытуға негіз бола алады.

Болашақ зерттеулерде бірнеше бағыт ұсынылады: (1) дамушы елдер контекстінде инклюзивті ағылшын тілі оқытудың нақты тәжірибелерін салыстырмалы зерттеу; (2) инклюзивті оқытудағы цифрлық технологиялар мен жасанды интеллект құралдарының тиімділігін эмпирикалық тұрғыда бағалау; (3) ерекше білімді қажет ететін оқушылардың мотивациясы мен оқу жетістіктеріне әсер ететін психоллингвистикалық факторларды терең талдау.

Қорытынды

Бұл зерттеу инклюзивті білім беру жағдайында ерекше білімді қажет ететін оқушыларға ағылшын тілін оқытуда заманауи әдістер мен технологияларды айқындауға және олардың тиімділігін негіздеуге бағытталды. Зерттеу мақсатына сәйкес, әдістемелік тұрғыдан библиометриялық және мазмұндық талдау тәсілдері қолданылып, Scopus деректер базасындағы 2015-2025 жылдар аралығында жарияланған 76 ғылыми мақала жүйелі түрде талданды. PRISMA әдісі арқылы деректерді іріктеу зерттеу материалдарының сапасы мен өзектілігін қамтамасыз етіп, нәтижелердің ғылыми дәлдігін арттырды.

Алынған нәтижелер инклюзивті білім беру және шетел тілін оқыту саласындағы зерттеулердің соңғы онжылдықта айтарлықтай дамығанын көрсетті. 2020 жылдан кейін жарияланымдар саны мен дәйексөз жиілігінің күрт өсуі инклюзивті педагогикаға деген халықаралық қызығушылықтың артқанын және жаңа әдістемелік, технологиялық бағыттардың белсенді енгізіліп жатқанын дәлелдейді. Географиялық тұрғыдан зерттеу белсенділігі ең жоғары елдер ретінде АҚШ, Ұлыбритания және Австралия анықталды, бұл елдерде инклюзивті білім беру саясаты мен ғылыми инфрақұрылым жоғары деңгейде дамыған. Сонымен қатар, Үндістан, Ресей, Мексика және Оңтүстік Корея сияқты елдерде соңғы бес жылда жарияланымдар санының өсімі байқалды, бұл инклюзивті тіл оқыту идеяларының жаһандық деңгейде таралып жатқанын көрсетеді.

Кілт сөздер желісін талдау *"inclusive education"* ұғымының зерттеу құрылымындағы басты ядро рөлін атқаратынын көрсетті. Ол *"special educational needs"*, *"disability"*, *"english language teaching"*, және *"teacher training"* тақырыптарымен тығыз байланыс орнатқан. Бұл бағыттар білім беру жүйесіндегі пәнаралық және әдістемелік интеграцияны бейнелейді. Тақырыптық карта (*thematic map*) нәтижелері бойынша *"inclusive education"*, *"special educational needs"*, және *"disability"* ұғымдары ең жоғары орталықтылық пен даму дәрежесіне ие *"motor themes"* аймағында орналасқан, бұл олардың зерттеу кеңістігінің негізгі өзегін құрайтынын дәлелдейді. Ал *"english language teaching"*, *"bilingual education"* және *"inclusive pedagogy"* сияқты тақырыптар *"basic themes"* аймағына тиесілі болып, инклюзивті тіл үйретудің теориялық және практикалық негізін көрсетеді.

Сонымен қатар, зерттеу барысында күтпеген нәтижелер де тіркелді. *"Artificial intelligence"*, *"ChatGPT"*, және *"digital learning"* ұғымдары соңғы екі жылда жиі кездесіп, *"motor themes"* аймағына жақындай бастағаны байқалды. Бұл жағдай инклюзивті білім беру мен тіл үйретуде

жасанды интеллект пен цифрлық технологиялардың рөлі артқанын көрсетеді. Мұндай нәтиже қазіргі педагогикадағы технологиялық трансформация үдерістерінің инклюзивті ортаға да белсенді еніп жатқанын айғақтайды.

Зерттеу нәтижелері ғылыми және практикалық тұрғыдан маңызды. Біріншіден, алынған деректер инклюзивті білім беруде ағылшын тілін оқытудың тиімді стратегияларын анықтауға мүмкіндік берді. Екіншіден, сараланған оқыту, мультимодальдық тәсілдер және цифрлық технологияларды пайдалану ерекше білімді қажет ететін оқушылардың оқу мотивациясын арттыруға және тілдік дағдыларды меңгеру сапасын жақсартуға ықпал ететіні дәлелденді. Үшіншіден, бұл зерттеу мұғалімдерді даярлау бағдарламаларында инклюзивті әдістемелерді жетілдіруге және педагогикалық практикада тең мүмкіндіктер қағидатын жүзеге асыруға әдістемелік негіз қалыптастырады.

Сонымен бірге, зерттеу кейбір шектеулерге ие. Талдау тек Scopus деректер базасымен шектеліп, ағылшын тілінде жарияланған еңбектер ғана қамтылды, сондықтан басқа тілдердегі және аймақтық дереккөздердегі зерттеулер назардан тыс қалуы мүмкін. Сондай-ақ, библиометриялық әдіс сандық талдауға негізделгендіктен, сапалық контенттік талдау элементтері шектеулі болды.

Болашақ зерттеулер үшін бірнеше бағыт ұсынылады. Дамушы елдер контекстінде инклюзивті ағылшын тілі оқытудың нақты тәжірибелерін салыстырмалы тұрғыда зерделеу; ерекше білімді қажет ететін оқушылардың оқу жетістігі мен мотивациясына цифрлық технологиялар мен жасанды интеллект құралдарының әсерін эмпирикалық тұрғыдан зерттеу; инклюзивті ортадағы тіл үйретудің психолінгвистикалық және мәдени аспектілерін терең талдау қажет.

Жалпы алғанда, бұл зерттеу инклюзивті білім беру мен ағылшын тілін оқыту әдістемесінің өзара байланысын жүйелі түрде ашып көрсетті. Нәтижелер білім беру тәжірибесінде барлық оқушыларға тең мүмкіндік жасауға, ерекше білімді қажет ететін білім алушылардың әлеуетін барынша дамытуға және инклюзивті педагогиканың сапасын арттыруға бағытталған ғылыми және практикалық шешімдер қабылдауға негіз бола алады.

References

1. Abdullayeva, T. (2025). Achieving access to inclusive education in a post-Soviet country, Azerbaijan: A decolonial disability study. *International Journal of Inclusive Education*. <https://doi.org/10.1080/13603116.2025.2567428>
2. Alsarawi, A. A. (2025). Identifying learning disabilities in bilingual and English language learners: Insights from the Saudi context. *Educational Process: International Journal*, 15, e2025111. <https://doi.org/10.22521/edupij.2025.15.111>
3. Bektashi, E., Kopp-Sixt, S., & Todorova, K. (2025). Opportunities and barriers to teaching English language in inclusive classrooms: Examples from the Styrian region in Austria. *Avant*, 16(1). <https://doi.org/10.26913/va32502>
4. Binoy, B., & Pillai, S. R. (2024). Applied communication in classrooms: Tips for teachers to enhance English communication among tribal learners in India. *Studies in Media and Communication*, 12(4), 154163. <https://doi.org/10.11114/smc.v12i4.7224>
5. Dumančić, D., & Milković, J. (2024). Analyzing English language teachers' attitudes and needs related to teaching students with special educational needs; Analiza stavova i potreba nastavnika engleskog jezika u procesu poučavanja učenika s teškoćama. *Zbornik Radova Filozofskog Fakulteta u Splitu*, 17, 1340. <https://doi.org/10.38003/zrffs.17.1>
6. Fang, F., & Baker, W. (2025). Global Englishes, translanguaging, and ESP. In Wiley (pp. 525541). <https://doi.org/10.1002/9781119985068.ch27>
7. Gatcho, A. R. G., Conopio, E. G. I., & Teleg, W. S. (2025). A bibliometric analysis of research in reflective practice within English language teaching across Asia (20132023). *Reflective Practice*. <https://doi.org/10.1080/14623943.2025.2535078>
8. Ghimire, S. P. (2025). Secondary students' lived experiences studying in Nepali and English mediums in community-based schools in Nepal. *Journal of Multilingual and Multicultural Development*. <https://doi.org/10.1080/01434632.2025.2477278>
9. Gerlach, D. (2025). Critical awareness for intersectionality among diverse pre-service language teachers: The potential of narratives and autoethnography for language teacher identity development. *Language, Culture and Curriculum*. <https://doi.org/10.1080/07908318.2025.2566801>

10. Hunt, X., Saran, A., White, H., & Kuper, H. (2025). Effectiveness of interventions for improving educational outcomes for people with disabilities in low- and middle-income countries: A systematic review. *Campbell Systematic Reviews*, 21(1), e70016. <https://doi.org/10.1002/cl2.70016>
11. Ianni, L., Camden, C., Campbell, W. N., Colquhoun, H. L., & Anaby, D. R. (2025). Occupational therapistteacher collaboration in inclusive education in Québec: A qualitative descriptive study. *Canadian Journal of Occupational Therapy*, 92(2), 135147. <https://doi.org/10.1177/00084174241310078>
12. Jangeldinova, S., Tleuzhanova, G., & Eskazinova, Z. (2024). Pre-service English language teachers' training to work in inclusive educational environment. *World Journal of English Language*, 14(6), 616628. <https://doi.org/10.5430/wjel.v14n6p616>
13. Kang, L.-J., Naudé, A., Rocha, A., Bornman, J., Alves, I., Maxwell, G. R. D., Moretti, M., Proyer, M., Shi, L., & Zahnd, R. (2025). An international systematic review of the ICF in education: Cross-language comparisons from Chinese, German, Italian, and Portuguese publications. *Frontiers in Education*, 10, 1526194. <https://doi.org/10.3389/feduc.2025.1526194>
14. Karacan, C. G., Gökemoğlu, B., Burhan, S. E., & Atay, D. (2025). Investigating pre-service English language teachers' attitudes, sentiments, and concerns towards inclusive education in Turkey. *Applied Research on English Language*, 14(1), 107130. <https://doi.org/10.22108/are.2024.141213.2276>
15. Liaqat, F., Islam, M., Azim, M. U., & Lodhi, A. S. (2024). Investigating academic resilience in learning English: An ecological context of undergraduate students. *Frontiers in Psychology*, 15, 1467544. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2024.1467544>
16. Monaka, K. C., & Chebanne, A. M. (2025). Barriers to inclusive education and prospects for the Khoesan of Botswana. In IGI Global (pp. 285304). <https://doi.org/10.4018/979-8-3373-1000-8.ch013>
17. Nguyen, T. M. (2024). EFL teachers' perspectives on leveraging tertiary learners' collaborative learning via translanguaging: Toward inclusive language education. In IGI Global (pp. 6996). <https://doi.org/10.4018/979-8-3693-6497-0.ch003>
18. Ozbakir, A., & Karal, M. A. (2025). Teaching English to students with special educational needs: Perspectives of teachers in inclusive classrooms in Türkiye. *Preventing School Failure*. <https://doi.org/10.1080/1045988X.2025.2556054>
19. Rahmadani, A. (2025). Translanguaging strategies for autism spectrum disorder (ASD) students in early childhood English language learning. *International Journal of Early Childhood*. <https://doi.org/10.1007/s13158-024-00412-2>
20. Suvorova, L., Haidai, I., Khorosh, O., & Biloshytska, Z. (2025). Learning English in an inclusive environment using game application "Games to Learn English." In M. E. Auer & T. Rüttemann (Eds.), *Lecture Notes in Networks and Systems* (Vol. 1281, pp. 103115). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-83520-9_10
21. Spathopoulou, F., & Pitychoutis, K. M. (2025). Intercultural competence in English language teaching: Navigating cultural taboos in the Arab Gulf. *Forum for Linguistic Studies*, 7(2), 559573. <https://doi.org/10.30564/fls.v7i2.7909>
22. Tafazoli, D. (2024). Exploring the potential of generative AI in democratizing English language education. *Computers and Education: Artificial Intelligence*, 7, 100275. <https://doi.org/10.1016/j.caeai.2024.100275>
23. Ulla, M., Gano, R., Gutierrez, J., & Wacas, E. J. (2025). Examining gender-fair language (GFL) use in Thai language classrooms: Towards equity in language pedagogy. *Language Learning Journal*, 53(4), 508520. <https://doi.org/10.1080/09571736.2024.2396101>
24. Villarama, J. A., Dela Cruz, L. M. M. V., Barcelita, K. J. C., Fitriani, I., & Techakosit, S. (2025). Utilizing interactive artificial intelligence in English language and science in select Southeast Asian classrooms. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*, 9(3), 11941204. <https://doi.org/10.22437/jiituj.v9i3.40293>
25. Wu, Z., Zhang, J., & Zhang, H. (2025). Attitudes towards inclusive education for students with special educational needs: A study on Chinese primary school English teachers. *Asia-Pacific Education Researcher*. <https://doi.org/10.1007/s40299-025-01046-1>
26. Yalei, C., & Sukumaran, S. (2025). Smart learning and English proficiency in vocational education: The mediating effects of engagement and language anxiety. *Perinatal Journal*, 33(1), 257266. <https://doi.org/10.57239/prn.25.03310032>
27. Young, D. (2024). Identifying inclusive training needs with the Inclusive Practices in English Language Teaching Observation Scale. *Asian-Pacific Journal of Second and Foreign Language Education*, 9(1), 59. <https://doi.org/10.1186/s40862-024-00287-9>

28. Zaini, A., Molla, T., Shokouhi, H., & Arber, R. (2025). Covid-19 pandemic lockdowns and distance education in Australia: Positive experiences of migrant/refugee parents and future directions. *Australian Educational Researcher*, 52(1), 115138. <https://doi.org/10.1007/s13384-024-00706-3>

Philological sciences

CONTEMPORARY AZERBAIJANI-GEORGIAN LITERARY RELATIONS: MADAD CHOBANOV AND LEYLA ERADZE

Mushfig Chobanov (Borchalı)

PhD in Philology,
Azerbaijan Technical University,
Institute of Literature named after Nizami Ganjavi, ANAS
ORCID 0009-0008-86842722

ÇAĞDAŞ AZƏRBAYCAN-GÜRCÜ ƏDƏBİ ƏLAQƏLƏRİ: MƏDƏD ÇOBANOV VƏ LEYLA ERADZE

Müşfiq Çobanov (Borçalı)

filologiya üzrə fəlsəfə doktoru,
Azərbaycan Texniki Universiteti,
AMEA Nizami Gəncəvi adına Ədəbiyyat İnstitutu
ORCID 0009-0008-86842722



Abstract

The article examines Azerbaijani-Georgian literary relations. It is noted that since the 1930s, Azerbaijani and Georgian literary relations have always developed in parallel in the field of artistic thought, especially poetry, as well as in the field of science. However, these relations were formed not by inertia, but by the creative relations of individual personalities. Just as personalities formed the literary environment, personalities also formed and developed literary relations. The friendship between S.Vurgun and K.Kaladze, S.Vurgun and G.Leonidze, S.Vurgun and L.Eradze, and L.Eradze and D.Aliyeva, which experienced its best period in terms of scientific, as well as artistic translation and literary relations in the middle of the last century, was later continued in a new context by Leyla Eradze and Madad Chobanov. This scientific, literary and artistic tandem entered a new stage of its development in Azerbaijani and Georgian literature. These friendly relations reached a new level in a short period of time, both in the field of literary studies, poetry, artistic translation and literary relations. It was a stage. Of course, there were certain reasons for this; First of all, Professor M.Chobanov was born and raised in Georgia, received his secondary and higher education in Georgia, lived in Georgia for about 60 years of his life, worked for a long time as a teacher, professor, deputy head of the department and head of the department in the Azerbaijani department of the University, where he received his higher education. Although he later lived in Baku, he did not break off relations with Georgia until the end of his life, maintained regular contact, visited Georgia at least 4-5 times a year, met with former Georgian colleagues, as well as Azerbaijani poets and writers living in Georgia, and was closely involved in the literary environment of Tbilisi and the literary process here. participated, a series of articles about his life and work were published in the Georgian press, and all this further intensified the friendly relations between the Azerbaijani and Georgian peoples.

The well-known Georgian poet, literary critic, translator and diplomat Leyla Eradze began to be recognized in the Azerbaijani literary environment as one of the ardent translators, researchers and propagandists of Azerbaijani literature from the middle of the 20th century and in a short time established herself as a master in this field. She made great contributions to the translation and promotion of Azerbaijani literature into Georgian. That is why L. Eradze was awarded the honorary

title of "Honored Cultural Worker of Azerbaijan". At the same time, he closely participated in many cultural and literary events held in Azerbaijan, made special efforts to expand cultural and literary ties between the two neighboring, two friendly peoples, and was recognized as an active public figure.

In short, the special place occupied by the theme of Georgia in the work of M. Chobanov and Azerbaijan in the work of L. Eradzen, along with the emergence of the literary, cultural, and spiritual heritage of both peoples, has accelerated the multifaceted nature of literary and cultural relations, the process of mutual influence and enrichment, and has brought this friendship, which has been going on since ancient times, to a new stage. The embodiment of the friendship of the Azerbaijani and Georgian peoples in literary literature has reached a new level in the work of these two scientists, and has also found its broad reflection in scientific thought, and thus, Azerbaijani-Georgian literary relations have become even richer.

Xülasə

Məqalədə Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələri araşdırılır. Qeyd olunur ki, XX əsrin 30-cu illərindən başlayaraq, Azərbaycan və gürcü ədəbi əlaqələri bədii düşüncədə, xüsusilə də, poeziya ilə yanaşı, elm sahəsində də həmişə paralel olaraq inkişaf etmişdir. Lakin bu əlaqələr inersiya ilə deyil, ayrı-ayrı şəxsiyyətlərin yaradıcılıq əlaqələri ilə formalaşmışdır. Ədəbi mühiti şəxsiyyətlər formalaşdırdığı kimi, ədəbi əlaqələri də şəxsiyyətlər formalaşdırmış və inkişaf etdirmişlər. Ötən əsrin ortalarında elmi, həmçinin də, bədii tərcümə və ədəbi əlaqələr müstəvisində ən yaxşı dövrünü yaşayan S.Vurğun və K.Kaladze, S.Vurğun və G.Leonidze, S.Vurğun və L.Eradze, həmçinin L.Eradze və D.Əliyeva dostluğu, daha sonralar Leyla Eradze və Mədəd Çobanov tərəfindən yeni bir kontekstdə davam etmiş, bu elmi, ədəbi-bədii tandem Azərbaycan və gürcü ədəbiyyatında özünün yeni inkişaf mərhələsinə qədəm qoymuş, bu dostluq əlaqələri qısa bir müddətdə, həm ədəbiyyatşünaslıq, həm poeziya, həm də bədii tərcümə və ədəbi əlaqələr müstəvisində yeni bir mərhələ təşkil etmişdir. Sözsüz ki, bunu doğuran müəyyən səbəblər vardı; hər şeydən əvvəl, prof.M.Çobanov Gürcüstanda doğulub boya-başa çatmış, orta və ali təhsilini Gürcüstanda almış, ömrünün təxminən 60 ilini Gürcüstanda yaşamış, uzun müddət vaxtilə ali təhsil aldığı Universitetin Azərbaycan şöbəsində - Azərbaycan dili və ədəbiyyatı kafedrasında müəllim, professor, kafedra müdürünün müavini və kafedra müdürü vəzifələrində çalışmış, daha sonralar Bakıda yaşasa da, ömrünün sonuna kimi Gürcüstanla əlaqəni kəs məmiş, müntəzəm olaraq əlaqə saxlamış, hər il ən azı 4-5 dəfə Gürcüstana səfər etmiş, keçmiş gürcü həmkarları ilə, həmçinin Gürcüstanda yaşayan azərbaycanlı şair və yazıçılarla görüşmüş, Tiflis ədəbi mühitində və buradakı ədəbi prosesdə yaxından iştirak etmiş, onun həyat və yaradıcılığı haqqında Gürcüstan mətbuatında silsilə məqalələr dərc olunmuş və bütün bunlar Azərbaycan və gürcü xalqları arasındakı dostluq əlaqələrini daha da intensivləşdirmişdir.

Tanınmış gürcü şairi, ədəbiyyatşünası, tərcüməçisi və diplomatı Leyla Eradze XX əsrin ortalarından başlayaraq Azərbaycan ədəbiyyatının qızgın tərcüməçilərindən, tədqiqatçılarından və təbliğatçılarından biri kimi Azərbaycan ədəbi mühitində tanınmağa başlamış və qısa bir müddətdə özünü bu sahədə ustad təsdiq etmişdir. Onun Azərbaycan ədəbiyyatının gürcü dilinə çevrilməsində və təbliğ olunmasında böyük xidmətləri olmuşdur. Elə buna görə də L.Eradze "Azərbaycanın Əməkdar mədəniyyət işçisi" fəxri adına layiq görülmüşdür. O, eyni zamanda, Azərbaycanda keçirilən bir çox mədəni, ədəbi tədbirlərdə yaxından iştirak etmiş, iki qonşu, iki dost xalq arasındakı mədəni və ədəbi əlaqələrin genişlənməsinə xüsusi səy göstərmiş, fəal ictimai xadim kimi tanınmışdır.

Bir sözlə, M.Çobanovun yaradıcılığında Gürcüstan, L.Eradzenin yaradıcılığında Azərbaycan mövzusunun xüsusi yer tutması hər iki xalqın ədəbi, mədəni, mənəvi irsinin ortaya çıxarması ilə yanaşı, həm də ədəbi-mədəni əlaqələrin çoxcəhətliliyini, qarşılıqlı təsir və zənginləşmə prosesini sürətləndirmiş, qədimdən davam edən bu dostluğu yeni bir mərhələyə daşımışdır. Azərbaycan və gürcü xalqlarının dostluğunun bədii ədəbiyyatda təcəssümü bu iki alimin yaradıcılığında yeni müstəviyə keçmiş, elmi təfəkkürdə də öz geniş əksini tapmış və beləliklə də, Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələri daha da zənginləşmişdir.

Keywords: Azerbaijan, Azerbaijani, Georgia, Georgian, Azerbaijani-Georgian, contemporary, literature, work, travel, friendship, poet, writer, creativity, literary relations, literary translation, translator, Madad Chobanov, Leyla Eradze, I Love Georgia, Songs of Friendship

Açar sözlər: Azərbaycan, azərbaycanlı, Gürcüstan, gürcü, Azərbaycan-gürcü, çağdaş, ədəbiyyat, əsər, səfər, dostluq, şair, yazıçı, yaradıcılıq, ədəbi əlaqələr, bədii tərcümə, tərcüməçi, Mədəd Çobanov, Leyla Eradze, Sevirəm Gürcüstanı, Dostluq təranələri

Giriş

Ötən əsrin 30-cu illərindən başlayaraq, Azərbaycan və gürcü ədəbi əlaqələri bədii düşüncədə, xüsusilə də, poeziya ilə yanaşı, elm sahəsində də, həmişə paralel olaraq inkişaf etmiş, XX əsrin 2-ci yarısında isə Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələrinin akademik şəkildə tədqiqi və təbliği yeni bir mərhələ təşkil etmişdir. Lakin qeyd etməliyik ki, bu əlaqələr inersiya ilə deyil, ayrı-ayrı şəxsiyyətlərin yaradıcılıq əlaqələri ilə formalaşmışdır. Ədəbi mühiti şəxsiyyətlər formalaşdırdığı kimi, ədəbi əlaqələri də şəxsiyyətlər formalaşdırmış və inkişaf etdirmişlər. Səməd Vurğun və Karlo Kaladze, Səməd Vurğun və Georgi Leonidze, Səməd Vurğun və Leyla Eradze, həmçinin Leyla Eradze və Dilarə Əliyeva dostluğu ötən əsrin ortalarında istər elmi, istərsə də, bədii tərcümə və ədəbi əlaqələr sahəsində ən yaxşı dövrünü yaşamışdır. (Bu barədə "Səməd Vurğun və Karlo Kaladze", "Səməd Vurğun və Georgi Leonidze", "Səməd Vurğun və Leyla Eradze", "Leyla Eradze və Dilarə Əliyeva" və s. sərlövhəli məqalələrimizdə də ətraflı məlumat vermişik. – M.Ç.) Bu ənənə daha sonralar professor Leyla Eradze (1930-1998) və professor Mədəd Çobanov (1937-2023) tərəfindən yeni bir kontekstdə davam etmiş, bu elmi, ədəbi-bədii tandem Azərbaycan və gürcü ədəbiyyatında özünün yeni bir inkişaf mərhələsinə qədəm qoymuş, bu dostluq əlaqələri qısa bir müddətdə, həm ədəbiyyatşünaslıq, həm də bədii tərcümə və ədəbi əlaqələr müstəvisində yeni bir mərhələ təşkil etmişdir. Sözsüz ki, bunu doğuran müəyyən səbəblər vardı; hər şeydən əvvəl, professor Mədəd Çobanov 1937-ci ildə Gürcüstanda, Bolnisi rayonun Darbaz kəndində dünyaya göz açmış, burada böyüyüb boya-başa çatmış, doğma kəndində orta məktəbi müvəffəqiyyətlə bitirdikdən sonra Tbilisidə ali təhsil almış, ömrünün təxminən 60 ilini Gürcüstanda yaşamış, uzun müddət doğma kəndində, vaxtilə orta təhsil aldığı Darbaz kənd orta məktəbində və vaxtilə ali təhsil aldığı A.S.Puşkin adına Tbilisi Dövlət Pedaqoji Universitetində filologiya fakültəsinin Azərbaycan şöbəsində - Azərbaycan dili və ədəbiyyatı kafedrasında müəllim, dosent, professor, kafedra müdirinin müavini, kafedra müdiri və elmi-metodiki şuranın sədri vəzifələrində çalışmış (sonralar S.S.Orbelianinin adını daşıyan həmin ali məktəb hazırda İlya Universiteti adlanır. - M.Ç.), pedaqoji fəaliyyətlə yanaşı, həm də elmi yaradıcılıqla məşğul olmuş, Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələrinin inkişafı naminə bir sıra məqalələr yazmış, kitablar nəşr etdirmiş, daha sonralar Bakıda yaşasa da, ömrünün sonuna kimi Gürcüstanla əlaqəni kəsməmiş, vaxtilə çalışdığı kollektivlə müntəzəm olaraq əlaqə saxlamış, hər il ən azı 4-5 dəfə Gürcüstana səfər etmiş, keçmiş gürcü həmkarları ilə, həmçinin Gürcüstanda yaşayan azərbaycanlı şair və yazıçılarla görüşmüş, Tiflis ədəbi mühitində və buradakı ədəbi prosesdə yaxından iştirak etmiş, onun həyat və yaradıcılığı haqqında Gürcüstan mətbuatında silsilə məqalələr dərc olunmuş və bütün bunlar Azərbaycan və gürcü xalqları arasındakı dostluq əlaqələrini daha da intensivləşdirmişdir.

Tədqiqat

Ötən əsrin 2-ci yarısından başlayaraq Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələrinin akademik şəkildə tədqiqi və təbliği ilə məşğul olan Leyla Eradze tanınmış gürcü türkoloq alimləri Venera Cankidze, Elizbar Çavelidze, Georgi Şaqulaşvili, Mixeil Çinçaladze və başqaları ilə yanaşı tanınmış Gürcüstan və Azərbaycan alimi, görkəmli türkoloq, 60-dan artıq kitabın, yüzlərlə elmi və publisistik məqalələrin müəllifi, uzun müddət A.S.Puşkin (sonralar S.S.Orbeliani) adına Tbilisi Dövlət Pedaqoji Universitetində filologiya fakültəsinin Azərbaycan şöbəsində çalışmış filologiya elmləri doktoru, professor Mədəd Çobanovla da daim elmi təmasda olmuşdur.

Prof. Mədəd Çobanov Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələrinin inkişafı naminə xeyli əmək sərf etmişdir. Belə ki, o, ilk dəfə olaraq Azərbaycan və gürcü dillərinin, həmçinin Azərbaycan və gürcü ədəbiyyatlarının qarşılıqlı əlaqəsini, ədəbi əlaqələrin inkişaf tarixini elmi tədqiqata cəlb etmiş və bu mövzuda yüzlərlə elmi, elmi-publisistik və ədəbi-tənqidi məqalələr yazmış və həmin məqalələri Azərbaycanda AMEA-nın, BDU-nun, ADPU-nun Elmi Əsərlərində, «Azərbaycan», «Respublika», «Xalq», «Ədəbiyyat və incəsənət», «Ədəbiyyat qəzeti», «Azərbaycan müəllimi», «Sərqin səsi», «Ziya», «Təhsil», «Elm və təhsil» qəzetlərində; Gürcüstanda isə Azərbaycan, gürcü, rus və erməni dillərində nəşr olunan müxtəlif mətbuat orqanlarında, o cümlədən, Azərbaycan dilində nəşr olunan «Sovet Gürcüstanı» («Gürcüstan»), «Qələbə bayrağı»; gürcü dilində nəşr olunan «Saxalxo qanatileba» («Xalq maarifi»), «Soplis tsxovreba» («Kənd həyatı»), «Tbilisi», «Qamardjebis droşa» («Qələbə bayrağı») qəzetlərində, gürcü dilində nəşr olunan «Skola da sxovreba» («Məktəb və həyat») və «Kartuli ena da literatura skolaşi»

(«Məktəbdə gürcü dili və ədəbiyyatı» jurnallarında; rus dilində nəşr olunan «Zarya Vostoka», «Veçerniy Tbilisi» və «Molodyoj Qruzii» qəzetlərində; erməni dilində nəşr olunan «Sovetakan Vrastan» («Sovet Gürcüstanı») qəzetində, həmçinin, S.S.Orbeliani adına Tbilisi Dövlət Pedaqoji İnstitutunun «Elmi əsərləri»ndə rus və Azərbaycan dillərində çap olunmuşdur.

"A.Bakıxanov və Tiflis mühiti" ("Qələbə bayrağı", 21.06.1969), "Ə.Haqverdiyev və Gürcüstan" ("Qələbə bayrağı", 16.05.1970), "Azərbaycan şairləri və Gürcüstan" ("Qələbə bayrağı", 23.05.-1970), "Koroğlu dastanı gürcü dilində" ("Gürcüstan", 15.07.1972), "Gürcü alimi Füzulini öyrənir" ("Gürcüstan", 19.08.1972) və s. kimi dəyərli məqalələrin müəllifi olan professor Mədəd Çobanov Güney Qafqaz xalqlarının tarixində ilk dəfə olaraq, "Azərbaycanca-gürcüce qısa danışq lüğəti" hazırlayıb (dosent M.Çinçaladze ilə birlikdə) üç dəfə 1977, 1991 və 2000-ci illərdə nəşr etdirmişdir (Tbilisi, "Qanatileba", 1977, 1991. Bakı, "Borçalı", 2000). Azərbaycan və gürcü xalqlarının mədəni və mədəniyyət cəhətdən yaxınlaşmasında böyük rol oynamış həmin lüğətlər bu günün özünə də böyük əhəmiyyət kəsb edir.

Tanınmış yazıçı və tədqiqatçı Nəriman Əbdülrəhmanlının tanınmış alim-pedaqog Fərhad Xubanli ilə birlikdə "Azərbaycan müəllimi" qəzetinin 24 may 1989-cu il tarixli N:40/6822/sayında dərc etdirdiyi "Lüğətçiliyə yeni hədiyyə" adlı məqalədə oxuyuruq: "Azərbaycan və gürcü xalqlarının mədəni və mədəniyyət cəhətdən yaxınlaşmasında da lüğətçilik az rol oynamamışdır. Hələ 1977-ci ildə Tbilisinin "Qanatileba"/"Maarif"/ nəşriyyatı "Azərbaycanca-gürcüce qısa danışq lüğəti"ni çapdan buraxmışdır. İki qardaş xalqın leksikoqrafiyasında ilk addım olan bu kitabı A.S.Puşkin adına TDPI-nin dosentləri M.Çobanov və M.Çinçaladze tərtib etmişlər. Kitab istər azərbaycanlı, istərsə də gürcü oxucuları üçün qiymətli vəsaitdir".

Həmçinin professor Mədəd Çobanovun tərtib və nəşr etdirdiyi "Sevirəm Gürcüstanı" (Bakı, "Azərnəşr", 1977) və "Dostluq nəğmələri" (Tbilisi, "Merani", 1978) adlı almanaxlar Azərbaycan və gürcü oxucuları tərəfindən böyük maraqla qarşılanmış, hər iki kitab "Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələrinin genişlənməsinə atılmış ilk və önəmli addımlar" kimi yüksək dəyərləndirilmişdir.

"Sevirəm Gürcüstanı" /almanax, Azərbaycan şairləri Gürcüstan haqqında, tərtib edən Mədəd Çobanov, Bakı, "Azərnəşr", 1977/ kitabı haqqında yazılmış rəylərdə oxuyuruq: "Azərbaycan xalqı ilə gürcü xalqının dostluğu, qardaşlığı qədimdir. Bu məhəbbətin poetik ifadəsi olan "Sevirəm Gürcüstanı" kitabında Azərbaycan şairlərinin qardaş Gürcüstana, onun füsunkar təbiətinə, şən, mehriban adamlarına həsr etdikləri şeirlərdən nümunələr verilmişdir. Toplunun tərtibçisi Mədəd Çobanovdur." /"Ədəbiyyat və incəsənət" qəzeti, N:2, 7.I.1978/.

"Qədim Gürcüstan torpağı", qonaqpərvər gürcü xalqı, "Qafqazın Paris'i Tbilisi", Qafqazın vena damarı Kür. Bunlar ta lap qədimdən tutmuş bu günə qədər Azərbaycan ədəbiyyatının döənə-döənə, həvəslə müraciət etdiyi mövzulardandır. Çox az Azərbaycan yazıçısı və şairi tapmaq olar ki, onun yaradıcılığında Gürcüstanla bağlı motivlər olmasın... Əgər şair Məmməd Arazın dili ilə desək: "poetik münasibət ən ülvə münasibətdir... bir xalqın digər xalqa bundan əziz, bundan müqəddəs töhfəsi ola bilməz". Bizcə, məhz Azərnəşrin bu yaxınlarda çapdan buraxdığı "Sevirəm Gürcüstanı" adlı kitabı gürcü xalqı üçün belə bir layiqli töhfə hesab etmək olar. Kitabı A.S.Puşkin adına TDPI-nin müəllimi Mədəd Çobanov tərtib etmişdir". /"Azərnəşr" in bədii ədəbiyyat redaksiyasının redaktoru, şair Səfalı Nəzərli, "Sevirəm Gürcüstanı", "Sovet Gürcüstanı" qəzeti, N:63/7748/, 26.V.1977/.

"Azərbaycan və gürcü xalqlarının mehriban qardaşlıq, qonşuluq əlaqələrinin kökləri qədimdir... Hər iki xalq yadelli düş-mənlərə qarşı illərlə mübarizə aparmış, bir-birinə arxa olmuşdur. Tarixin neçə unudulmaz səhifələrində bu birgə mübarizənin əks-sədası həkk olunub yaşayır... Bu yaxınlarda çapdan buraxılmış "Sevirəm Gürcüstanı" kitabında qardaş xalqlarımızın sarsılmaz dostluğunu tərənnüm edən şe'rlər toplanmışdır. Məcmuəni Mədəd Çobanov tərtib etmiş, şair Məmməd Araz ön söz yazmışdır". /Dilsuz Musayev, "Sevirəm Gürcüstanı", "Qızıl bayraq", N:122/3804/, 11.X.1977; "Ədəbiyyat və incəsənət" qəzeti, N:9, 25.II.1978/.

"Sevirəm Gürcüstanı" kitabı haqqında filologiya elmləri namizədi Həmid Vəliyevin rə'yi və kitabın şəkli Tbilisidə rus dilində, nəşr olunan "Молодежь Грузии" qəzetində /N:63/8078/, 26.V.1977/, Tbilisidə erməni dilində nəşr olunan "Sovetakan Vrastan" qəzetində /N:66/11856/, 2.VI.1977/, Y.Boboxidzenin geniş rəyi və kitabın şəkli Bolnisi şəhərində Azərbaycan və gürcü dillərində nəşr olunan "Qələbə bayrağı" - "Qamardjivebis droşa" qəzetində /N:55/4679/, 26.IV.1980/ dərc olunmuşdur. "Sevirəm Gürcüstanı" kitabından Azərbaycan Sovet Ensiklopediyasının VI cildində "Gürcüstan SSR" məqaləsində istifadə olunmuşdur. /Bakı, 1982, VI c., səh.135/.

Prof.Mədəd Çobanovun XII əsrdən bəri klassik Azərbaycan şairlərinin Gürcüstan və gürcü xalqı haqqında qələmə aldıkları səmimi hiss və duyğularını toplayaraq tərtib etdiyi və 1977-ci ildə Bakıda

"Azərnəşr" Azərbaycan Dövlət Nəşriyyatında çap olunmuş "Sevirəm Gürcüstanı" adlı kitabı yüksək dəyərləndirən tanınmış gürcü alimi və şairi Leyla Eradze, yenə də Mədəd Çobanovun tərtib etdiyi, müasir Azərbaycan şairlərinin Gürcüstanla bağlı deyilmiş poetik nümunələrinin toplandığı "Dostluq nəğmələri" adlanan kitabı gürcü dilinə tərcümə etmiş və 1978-ci ildə Tbilisidə "Merani" Gürcüstan Dövlət Nəşriyyatında çap etdirmişdir. Kitabın redaktoru Sosialist Əməyi Qəhrəmanı, şair Qriqol Abaşidzedir. Kitaba Azərbaycanın xalq şairi Bəxtiyar Vahabzadə ön söz yazmışdır. Kitab Azərbaycanın xalq şairi Səməd Vurğunun "Rustaveliyə" şeiri ilə başlayır. Şeirdə gürcü ədəbiyyatı korifeyinin əzəməti bütün varlığı ilə tərənnüm edilir. (Onu da qeyd edək ki, bu gözəl şeirin üzə çıxarılması da bilavasitə Leyla Eradzenin adı ilə bağlıdır. Bu barədə bir qədər sonra ətraflı qeyd edəcəyik.- M.Ç.) Məcmuədə Süleyman Rüstəmin «Öpürəm torpağını», «Tiflis», «Gürcü qızına», «Titsian Tabidze», Məmməd Rahimin «Tbilisi», «Əbədi məşəl», Osman Sarıvəllinin «İki nəğmə» şeirləri dost xalqa məhəbbət sədası kimi səslənir. Əhməd Cəmilin «Gürcüstan», Mırvərid Dilbazinin «İlya Çavçavadzeyə», Nəbi Xəzrinin «Gürcü qardaşlarıma», Cabir Novruzun «Gürcü qızı» əsərləri də gürcü oxucusuna xoş təsir bağışlayır. Azərbaycan sovet poeziyasının orta nəslinə mənsub olan istedadlı şairlərdən Adil Babayev, Əliağa Kürçaylı, Hüseyn Arif, Nəriman Həsənzadə, Məmməd Araz, Fikrət Qocanın şeirləri tərcümədə xüsusilə uğurlu çıxmışdır. Kitabda Gürcüstanda doğulub böyümüş, poeziya aləmində ilkin addımlarını bu torpaqda atmış, sonralar Bakıda yazıb-yaratmış istedadlı şairlərdən İsa İsmayilzadə, Abbas Abdulla, həmçinin, Tbilisidə fəaliyyət göstərmiş Dünyamalı Kərəm və Əlixan Binnətoğlunun yaradıcılığından verilmiş nümunələr diqqəti xüsusilə cəlb edir. Həmin şeirlərin ruhu gürcü poeziyasına yaxın olduğu üçün geniş oxucu kütləsi tərəfindən səmimi qarşılanır. Ümumiyyətlə, poeziyamızın tərcüməsi sahəsində tanınmış gürcü şairi və alimi, ədəbiyyatımızın bilicisi və yaxın dostu Leyla Eradzenin zəhməti böyükdür. O, 20-dən çox kitabı Azərbaycan dilindən gürcü dilinə böyük ustalıqla tərcümə etmişdir.

"Dostluq nəğmələri" (gürcü dilində, tərtib edən Mədəd Çobanov, tərcümə edən Leyla Eradze, Müasir Azərbaycan şairləri Gürcüstan haqqında, Tbilisi, "Merani", 1978) kitabı haqqında "Sovet Gürcüstanı" qəzetində dərc olunmuş rəydə oxuyuruq: "...Mədəd Çobanovun tərtib etdiyi, Leyla Eradzenin isə gürcü dilinə çevirdiyi bu kitabda müasir Azərbaycan şairlərinin Gürcüstan haqqında yazılmış əlliyyə yaxın şeiri toplanmışdır... Həmin şeirlərin ruhu gürcü poeziyasına yaxın olduğu üçün geniş oxucu kütləsi tərəfindən səmimi qarşılanır... Ümumiyyətlə, Gürcüstanda sovet ədəbiyyatı günləri ərəfəsində buraxılmış "Dostluq nəğmələri" kitabını Azərbaycan və Gürcüstan ədəbi əlaqələri sahəsində təqdirəlayiq hal hesab etmək lazımdır" /V.Cangidze, Ə.İsmayilli, "Dostluq nəğmələri", "Sovet Gürcüstanı", N:139/7979/, 21.XI.1978/.

Bəli, "Gürcüstan lap əzəldən bəri şairlərimizin dönə-dönə müraciət etdikləri mövzulardan biri olmuşdur. Hələ XII əsrdə Əfzələddin Xaqani "Baqratların qapısı mənim üçün açıqdır" demişdir... Şübhəsiz, bu, onların yaradıcılıqlarında öz bariz ifadəsini tapmaya bilməzdi... Azərbaycan şairləri Gürcüstan mövzusunda öz yaradıcılıqlarında dostluq rəmzi, qardaşlıq, mehriban qonşuluq simvolu kimi daha geniş istifadə etmişlər. Bu yaxınlarda Tbilisidəki "Merani" nəşriyyatının gürcü dilində çapdan buraxdığı "Dostluq nəğmələri" məcmuəsində Azərbaycan şairlərinin Gürcüstana həsr etdikləri şeirlər toplanmışdır. Bu işdə tərtibatçı, tanınmış alim Mədəd Çobanovun və tərcüməçi Leyla Eradzenin zəhmətini qeyd etmək lazımdır. Kitab öz nəfis tərtibatı cəhətdən diqqətəlayiqdir. Bircə iradımız var. Məcmuəni daha iri həcmdə buraxmaq lazım idi. Çünki Azərbaycan sovet şairlərinin Gürcüstana həsr etdikləri şeirlər kitabdakından daha çoxdur. Bəzi görkəmli sənətkarlarımızın, o cümlədən Mikayıl Müşfiqin, Hüseyn Cavidin, Əhməd Cavadın və digərlərinin bir şeiri, yaxud əsərlərindən parça belə verilməməsi təəssüf doğurmaya bilməz. Kitabın tərtibatında şairlərin yaş xüsusiyyətlərini də nəzərə almaq, onların yaradıcılıqları haqqında gürcü oxucusuna qısa da olsa, məlumat vermək olardı." /Şurəddin Məmmədov, Qardaşlıq rəmzi kimi, "Ədəbiyyat və incəsənət" qəzeti, N:1/1876/, 4.I.1980/.

Ömrünün sonuna kimi Azərbaycan ədəbiyyatının qızğın təbliğatçısı olan Leyla Uşanqi qızı Eradze (ლეილა უშანკის ასული ერადე) 1930-cu il (bəzi mənbələrdə 1933-cü il) fevralın 13-də Tiflisdə dünyaya gəlmiş, ilk və orta təhsilini də elə Tiflisdə almışdır. 1953-cü ildə (1955) Tbilisi Dövlət Universitetinin şərqşünaslıq fakültəsinin türk dili və ədəbiyyatı şöbəsini Fərqlənmə diplomu ilə bitirdikdən sonra bir müddət "Dila" ("დილა" - "Səhər") jurnalının redaksiyasında poeziya şöbəsinə rəhbərlik etmiş, daha sonra Gürcüstan dövlət radiosunda mədəniyyət şöbəsinin müdiri vəzifəsində çalışmışdır. 1965-1969-cu illərdə Gürcüstan Elmlər Akademiyasının Şota Rustaveli adına Ədəbiyyat İnstitutunun aspiranturasında təhsilini davam etdirmişdir. O, "Azərbaycan yazıçıları və Gürcüstan" mövzusunda mövzusunda namizədlik dissertasiyasını 1971-ci ildə Tbilisidə uğurla müdafiə etmişdir.

Leyla Eradze daha sonralar Gürcüstan Dövlət Radio və Televiziya Komitəsində, Gürcüstan Elmlər Akademiyasının Şota Rustaveli adına Gürcü Ədəbiyyatı İnstitutunda işləmişdir. O, "Gürcü-Azərbaycan ədəbi əlaqələri" mövzusunda doktorluq dissertasiyasını isə 1990-cı ildə Bakıda uğurla müdafiə etmişdir.

Leyla Eradzenin elmi tədqiqat sahəsinə diqqət etdikdə, aydın görünür ki, onun istər namizədlik, istərsə də doktorluq dissertasiyasının mövzuları, ədəbiyyat elminin eyni kardinal probleminin müxtəlif cəhətlərinə - milli ədəbiyyatların qarşılıqlı əlaqəsinə və qarşılıqlı təsirinə həsr olunmuşdur. Daim məhsuldar işləyən, əsl tədqiqatçı üçün lazım olan bütün keyfiyyətlərə malik şərqşünas alim kimi tanınmış L.Eradzenin elmi araşdırmalarının ümumi mövzusu Azərbaycan-Gürcüstan ədəbi əlaqələrinin problemləri, bu əlaqələrin tarixini izləmək və inkişaf etdirmək olub, elmi-ədəbi, ictimai fəaliyyətini Azərbaycan və gürcü xalqlarının ədəbi-mədəni əlaqələrinin tədqiqinə və inkişafına həsr edib. Gürcüstan-Azərbaycan ədəbi əlaqələrinə aid 2 monoqrafiyanın, 100-ə qədər məqalənin müəllifi olan Leyla Eradze Azərbaycan ədəbiyyatının bir çox problemlərini tədqiq etmiş və eyni zamanda, Azərbaycan ədəbiyyatından xeyli nümunələri gürcü dilinə çevirmişdir. Onun gərgin əməyi sayəsində formalaşan, xeyli genişlənin, dərinləşən Azərbaycan-Gürcüstan ədəbi-mədəni əlaqələri hazırda böyük intensivliklə inkişaf edir.

Filologiya elmləri doktoru (1990), Gürcüstan-Azərbaycan Dostluq və Əməkdaşlıq Cəmiyyətinin vitse-prezidenti (1992), İ.Maçabeli adına Gürcüstan Dövlət mükafatı laureatı (1994), professor (1995) Leyla Eradze həm də "Azərbaycanın Əməkdar mədəniyyət işçisi" fəxri adına, PEN Klubun Beynəlxalq Ədəbi Mükafatına (1995), Rəsul Rza mükafatına (1996) və s. layiq görülmüşdür.

L/Eradze Azərbaycan ədibləri arasından ilk olaraq görkəmli Azərbaycan şairi, dramaturq, tərcüməçi, ədəbiyyatşünas, Azərbaycanın ilk xalq şairi (1956), 2 dəfə "Stalin" mükafatı laureatı (1941, 1942) və 2 dəfə "Lenin" ordeni laureatı, Azərbaycan Yazıçılar İttifaqının sədri (1941–1948), Azərbaycan SSR Ali Sovetinin deputatı, Azərbaycanın Xarici Ölkələrlə Mədəni əlaqə Cəmiyyətinin sədri, Azərbaycan Elmlər Akademiyasının təsisçilərindən biri (1945), Azərbaycan Elmlər Akademiyasının akademiki (1945) və vitse-prezidenti (1954–1956) Səməd Vurğun (1906-1956) elmi tədqiqata cəlb etmiş və onun əsərlərini sevə-sevə və böyük ustalıqla gürcü dilinə çevirmişdir.

"...Mənim (Leyla Eradzenin – M.Ç.) 25 yaşımla ondan (Səməd Vurğun – M.Ç.) «Azərbaycan» şeirini gürcü dilinə tərcümə etmişdim. Bizi İosif Nonesvili tanış etdikdə o (Səməd Vurğun – M.Ç.), gülərək dedi: - Çox şadam ki, məni böyük Rustavelinin nəvələri öz dillərində oxuyurlar..." (Məmmədov, Aydın. 1978) - deyərək Səməd Vurğun böyük hörmət və ehtiramla xatırlayan Leyla Eradze sonralar şairin «Zəncinin arzuları» poemasını və bir sıra şeirlərini Georgi Leonidzenin təklifi ilə orijinaldan tərcümə etmiş və 1958-ci ildə Tbilisidəki «Sabçota Sakartvelo» nəşriyyatında ayrıca kitab halında çap etdirmişdir. Heç şübhəsiz ki, həmin kitabdakı tərcümələrin müvəffəqiyyətli çıxmasında o vaxtlar gənc mütərcimin böyük gürcü şairinə hesabat verməsi də az rol oynamamışdır. Təsədüfi deyil ki, bu tərcümələri G.Leonidze oxuyub bəyənməmiş və çapını məsləhət görmüşdür.

"Seçilmiş əsərlər" ("რჩეული" - "Rçeuli") adlanan həmin kitab şairin "Mən tələsmirəm" şeiri ilə açılır. Bu şeiri rus dilinə ilk dəfə məşhur rus şairi Konstantin Simonov tərcümə etmişdir. K.Simonovun Səməd Vurğunla dostluğu, onun bir sıra şeirlərinin, xüsusilə, "Şair, nə tez qocaldın sən" şeirini rus dilinə böyük sənətkarlıqla tərcümə etməsi məlumdur. Lakin tanınmış şair-tərcüməçi Abbas Abdulla yazmışdır ki, "tərəddüd etmədən demək olar ki, Leyla Eradzenin "Mən tələsmirəm"-in gürcü dilinə tərcüməsi K.Simonovun rus dilinə tərcüməsi ilə cəsarətlə rəqabətə girə bilər və bir sıra cəhətlərinə görə üstün gələr." (Abdulla, Abbas. 30 mart, 1976)

Dostlar, badələri qaldırın içək!
Gecə, ulduzludur, hava da sərin.
Demirəm məst olub dünyadan keçək...
Deyirəm mehriban düşüncələrin
İsti qucağında qızınaq bir az...

Səməd Vurğunun "Mən tələsmirəm" şeirinin ilk bəndinin sonucu misralarını Konstantin Simonov belə tərcümə etmişdir:

"Не говорю: "Забудем всё на свете!"
"Созреемся немного", – говорю".

Məlumdur ki, Səməd Vurğun sadəcə olaraq «İsinmək» istəmir, bu isinməyin məkanını, yerini də deyir: "Mehriban düşüncələrin isti qucağında".

Leyla Eradzenin tərcüməsi, demək olar ki, orijinalda olduğu kimi səslənmişdir:

ცხოვრების დიდ წიგნს
დავასრულებ, მე ასე ვგონებ,

ვერას დამაკლებს, გადიქროლონ
 დროთა ქარებმა,
 ოღონდ ჩემს კალამს დიდხანს
 შერჩეს ძალა და ღონე,
 არ მეჩქარება, მე არსაით
 არ მეჩქარება!

Leyla xanımın tərcüməçilik məharəti bir də ona görə diqqəti cəlb edir ki, o, Səməd Vurğun yaradıcılığına xas olan hikmətli, aforizm kimi səslənən fikirləri, frazeoloji və idiomatik ifadələri gürcü dilində qoruyub saxlamağa səy göstərmiş və bunu məharətlə bacarmışdır. O, şairin "Salam, Moskva!", "Ziyafət", "Maarkısın qəbri üstündə", "Alman bənnası və sovet zabiti", "Deyin, gülün, övladlarım" və s. şeirlərini böyük ustalıqla tərcümə etmişdir. Onun tərcüməsi demək olar ki, nöqsansızdır və tərcümə ədəbiyyatının nailiyyəti hesab oluna bilər. "Bahar düşüncələri", "Düşüncələr", "Körpünün həsrəti", "Təyyarə meydanında", "Rəssamın son əsəri", "Gödəkcə", "Göz aydınlığı", "Dörd saz", "Mən və Bahar", "Ürək", "Ananın öyüdü", "Həsrət", "Azərbaycan", "Bahar", "Anama", "Orduya", "Şikəstəyə məktub", "Gecə", "Əzilmə", "Tarla nəğməsi" və s. şeirlərin eləcə də, "Muğan" poemasından "Muğanlı qız" parçasının və "Zəncinin arzuları" poemasının tərcümələri haqqında da eynilə xoş sözlər söyləmək olar. Onu da qeyd edək ki, Səməd Vurğunun Leyla Eradzenin tərcüməsi ilə 1958-ci ildə Tbilisidə gürcü dilində çap olunmuş "Seçilmiş əsərləri" ("Rçeuli") kitabında işıqüzü görmüş əsərlərin bəziləri gürcü dilinə müxtəlif tərcüməçilər tərəfindən bir neçə dəfə tərcümə olunub. O cümlədən, "Azərbaycan" şeiri üç dəfə, "Zəncinin arzuları" poeması iki dəfə. "Zəncinin arzuları"nın ilk tərcüməsi Otar Kupravaya məxsusudur. "Axalqazrda kommunisti" qəzetinin 1954-cü il 20 iyul tarixli sayında dərc olunmuşdur. Doğrudur, poema həm O.Kupravanın, həm də Leyla Eradzenin tərcüməsində müvəffəqiyyətli çıxmışdır. Lakin qeyd etməliyik ki, birinci tərcüməçi əsərin rus tərcüməsinə (poemanı rus dilinə M.Aliger çevirmişdir), ikinci tərcüməçi isə əsərin orijinalına sadıq qalmışdır. O.Kuprava poemanı rus dilində olduğu kimi "Neqr qovorit"- "Labaraqobe zanqi"- "Zənci danışır", Leyla Eradze isə orijinalda olduğu kimi "Zəncinin arzuları"- "Zanqis survilebi" adlandırmışdır. O.Kupravanın poemanı rus dilindən çevirməsi əsərin istənilən parçasının tərcüməsi ilə müqayisədə nəzərə çarpır. Leyla Eradzenin tərcümə etdiyi "Zəncinin arzuları" isə Səməd Vurğun sənətkarlığının bir sıra cəhətlərini - yüksək şeiriliyini, hikmətliyini, ləngərli, ağır siqlətli misralar yaratmaq bacarığını, böyük vətəndaşlıq ehtirasını və pafosunu özündə cəmləşdirmişdir.

Abbas Abdulla haqlı olaraq yazmışdır ki, beynəlxalq problemlərə həsr olunmuş əsərlər içərisində özünə layiqli yer tutan "Zəncinin arzuları" poemasını tərcümə etmək həm məsuliyyətli, həm də şərəfli işdir və tərcüməçilər arasında bu məsuliyyəti ən çox Leyla Eradze hiss etmişdir. Elə buna görə də onun tərcüməsi daha müvəffəqiyyətli çıxmışdır. (Abbas Abdulla. 30 mart, 1976)

Leyla Eradze S.Vurğun poeziyasının gürcü dilinə tərcüməsi üzərində yaradıcılıq işini daim uğurla davam etdirmiş, şairin yeni-yeni əsərlərini gürcü dilinə çevirmişdir. Elə buna görə də, ədəbiyyatımızın bu sadıq dostuna sevimli şair-tərcüməçimiz Abbas Abdulla öz sevgi və duyğularını yazmaqla bərabər yeri gəldikcə bəzi iradlarını da söyləməyi unutmamışdır. O, təəssüf hissi ilə qeyd etmişdir ki, "Bahar", "Düşüncələr" şeirlərinin tərcüməsi orijinaldan çox aşağı durur. Leyla xanım da bəzi tərcüməçilər kimi bəzən «ixtisarçılığa» meyl göstərmişdir: "Zəncinin arzuları" poemasının bir hissəsi, «Muğan» poemasında şairin pambıqçı qızla söhbəti və həmin poemadakı "Olur" rədifli qoşma xeyli ixtisarla tərcümə olunmuşdur. "Azərbaycan" şeirində isə:

"Havalansın Xanın səsi, // Qarabağın şikəstəsi" - beyti,

"დე ისმოდის სახის ჰანგი, // და სიქასტა ყაბაღის", -

"(De ismodis sazıs hanqi, // Da Şikasta Qarabağıs.)"- şəklində tərcümə olunmuşdur ki, bu da düzgün deyil. Görünür, mütərcim buradakı "Xan" sözünün mənasını düzgün başa düşməmiş, onun məşhur Azərbaycan müğənnisi Xan Şuşınskinin adı olduğunu bilməmiş, ona görə də "Xan"ı "saz"la əvəz etmişdir. Bu iradlardan sonra A.Abdulla öz arzularını da bildirmişdir: "Azərbaycan ədəbiyyatını, xüsusən şeirimizi, S.Vurğun irsini böyük məhəbbətlə sevən Leyla xanımın yeni tərcümələrinin sənətkarlıq baxımından daha kamil olacağına böyük ümidlər bəsləyirik. Axi, o, haqqında danışdığımız əsərləri təxminən qırx il bundan qabaq tərcümə edib."

Bəli, Leyla Eradze bu xeyirxah işi sonralar da uğurla davam etdirmiş və sözün əsl mənasında mahir tərcüməçi kimi tanınmışdır. Azərbaycan ədəbiyyatının gürcü dilinə çevirməsində və təbliğ olunmasında onun böyük xidmətləri olmuşdur. L.Eradze Gürcüstanda Azərbaycan ədəbiyyatının qızğın tərcüməçilərindən, tədqiqatçılarından və təbliğatçılarından biri kimi Azərbaycan ədəbi mühitində də tanınmağa başlamış və qısa bir müddətdə özünü bu sahədə ustad təsdiq etmişdir. O, Səməd Vurğundan sonra bir

çox Azərbaycan ədiblərinə müraciət etmiş və onların xeyli sayda əsərlərini də böyük ustalıqla öz ana dilinə çevirmişdir.

Leyla Eradze 1978-ci ildə Bakıda keçirilmiş Zaqafqaziya şairlərinin beynəlmiləl poeziya gecəsində iştirak etdiyi zaman demişdir: "Azərbaycan dilini bilməyim qarşımda zəngin bir sənət xəzinəsinin qapılarını açmışdır. Yaradıcı əməyimin böyük bir hissəsini Azərbaycan xalqının zəngin və gözəl söz sənətindən nümunələri gürcü dilinə çevirməyə sərf etmişəm. Tbilisidə buraxdığım kitablar haqqında "Ədəbiyyat və incəsənət" qəzeti vaxtaşırı məlumat verdiyinə görə bu barədə geniş danışmaq istəmirəm. Nəşr olunan hər yeni əsər məni Azərbaycan ədəbiyyatı ilə daha çıx bağlayır: yeni-yeni dostlar qazanıram. Yuxarı Salahlıda böyük Səməd Vurğunun adını daşıyan Poeziya Evinə Zaqafqaziya Respublikaları Yazıçılar İttifaqlarının birləşmiş katibliyində mən də iştirak etmişdim. Qardaş respublikaların paytaxtlarında poeziya gecələri keçirmək ideyası o vaxt yaranmışdı. Bakıdakı bu ilk görüşdə iştirak etməyimə sevinirəm. Mənimlə birlikdə tanınmış gürcü şairləri R.Margiani, N.Qureşidze, M.Kaxidze Bakıya gəlirlər. Revaz Margiani Azərbaycan haqqında gözəl şeirlər müəllifidir. N.Qureşidze də, M.Kaxidze də həmçinin...

Bakıda bu gelişimə də əziz həmkarlarıma deməyə sözüm var: **Məhdəd Çobanovun** tərtib etdiyi "Dostluq təranələri" (Azərbaycan şairləri Gürcüstan haqqında) adlı yeni məcmuəni tərcümə edib nəşriyyəyə vermişəm. Kitabda Xaqanidən başlayaraq bir sıra görkəmli söz ustalarının yüksək beynəlmiləlçilik duyğusu ilə yazılmış əsərləri toplanmışdır. Azərbaycan Yazıçılar İttifaqının İdarə Heyətinin katibi İmran Qasimov kitaba ön söz yazıb. (Beynəlmiləlçi poeziya gecəsinin iştirakçılarının ürək sözləri. «Ədəbiyyat və incəsənət» qəzeti, 18 fevral, 1978.)

"Mən görmüşəm Gürcüstanı, oylağıdır gözəlliyin,

Coşğun axan çayları var, bulaqları sərin-sərin.

Yaz gələndə çox sıx olur Gürcüstanın ormanları,

Yel əsdikcə dörd bölünür bu dağların dumanları." (Nəzirli, 1996, s.241)

-deyən Xalq şairi Səməd Vurğun Gürcüstanı öz Vətəni kimi sevmiş, gürcü ədəbiyyatının təbliği üçün çox iş görmüşdür. Onun yaradıcılığında qonşu gürcü xalqının qəhrəmanlığı və milli istiqlaliyyət uğrunda mübarizəsi geniş şəkildə əks olunmuşdur. S.Vurğun 1928-ci ildə yazdığı "Tiflis maralı" adlı şeirində Tiflisi gözəllikdə cənnətə bənzətdiyi kimi, gürcü gözəllərini də cənnətdə yaşayan mələklərə bənzətməmişdir. Şair "Vaqif", "Xanlar" dramlarında Tamara, Şaliko və Koba kimi müsbət gürcü surətləri yaratmışdır. Xalqlar dostluğunun alovlu tərənnümçüsü olan S.Vurğunun "Yoldaş, hinger, amxanaqo", "Rəhbərin Vətəni" şeirləri və bir neçə publisistik yazıları gürcü xalqına böyük məhəbbətin ifadəsidir. O, Zaqafqaziya xalqları arasında heç bir fərq qoymamış, onları daha da "bir can kimi" birləşməyə çağırırmışdır:

Qarışsın Qazağa Dilcan dərəsi,

Daha da birləşib olsunlar bir can

Yoldaş Azərbaycan, Hinger Hayastan,

Bir də axmanaqo qızıl Gürcüstan. (Sevirəm Gürcüstanı, 1976, s.3)

Məlumdur ki, Səməd Vurğunun yaradıcılığında Gürcüstan mövzusu əsas yer tutduğu kimi, onun çıxış, məruzə və məqalələrində də gürcü ədəbiyyatına, onun klassiklərin, çağdaş nümayəndələrinə etdiyi müraciətlər və istinadlar da çoxluq təşkil. Tərcüməçi Leyla Eradze böyük Azərbaycan şairi Səməd Vurğunun poetik şeirlərini gürcü dilinə tərcümə etməklə yanaşı həm də, onun yaradıcılığının Gürcüstanla bağlı məsələlərini tədqiq etməyə nail olmuşdur. Xüsusilə, S.Vurğun yaradıcılığında gürcü xalqının tarixi keçmişinin və bugününün geniş yer tutması L.Eradzenin məhz bu mövzuda araşdırmalar aparmasını şərtləndirmişdir. Onun fikrincə, Gürcüstan mövzusu şairin təkcə "Kür çayı", "Rəhbərə salam" şeirlərində deyil, "Vaqif" və "Xanlar" dramlarında da müəyyən yer tutur. Şair bu şeirlərində gürcü torpağını, onun təbiətini tərənnüm etmişdir. Tədqiqatçı "Səməd Vurğunun naməlum şeiri" məqaləsində belə bir nəticəyə gəlir: "Əgər Səməd Vurğun yuxarıda adları çəkilən şeirlərdə gürcü torpağını, onun zəngin, ecazkar təbiətini, xalqlar dostluğunu tərənnüm etmişsə, pyeslərində gürcü obrazlarını, onların psixologiyasını, təbiətini ifadə edən personajlar yaratmağa müvəffəq olmuşdur" (Eradze, L. 1970, 18 iyul). Tədqiqatçının "Vaqif"dəki Şaliko, "Xanlar"dakı Koba obrazları barədə dedikləri bir daha göstərir ki, L.Eradze S.Vurğun yaradıcılığına yaxşı bələd olmuş və dərinlən araşdırmışdır.

L.Eradze yazır ki, Səməd Vurğunun arxivində işləyərkən gürcü ədəbiyyatı ilə bağlı iki sənədə rast gəlmişdir. Bunlardan biri S.Vurğunun gürcü şairi David Quramaşvilinin həyat və yaradıcılığına həsr olunmuş 21 səhifəlik makina yazısında bir məqalənin əlyazması, ikincisi isə "Rustaveli" adlı şeirinin əlyazmasıdır. D.Quramaşvili haqqında əlyazması sübut edir ki, şair onun yubileyinə ciddi hazırlaşaraq həyat və yaradıcılığı ilə hərtərəfli tanış olmuşdur. Məlumdur ki, S.Vurğun gürcü şairi Ş.Rustavelinin "Pələng dərisi geymiş pəhləvan" əsərini tərcümə etməklə kifayətlənməmiş, müxtəlif münasibətlərlə etdiyi çıxışlarda, məruzə və məqalələrində onun adını çəkmiş, yaxud istinadlar etmişdir. Ona görə də, tədqiqatçı-

tərcüməçi L.Eradze gürcü xalqının dostu olan böyük Azərbaycan şairi S.Vurğunun XII əsr gürcü ədəbiyyatının klassiki Şota Rustaveliyə həsr olunmuş şeirinə rast gələrkən böyük sevinc hissini də gizlətməmişdir: "Səməd Vurğunun arxivində təsadüf etdiyimiz ikinci maraqlı sənəd şairin "Rustaveli" adlı şeirinin əlyazmasıdır. Şeir S.Vurğunun nəşr edilmiş əsərlərinə daxil edilməmişdir" (Eradze, L. 1970, 18 iyul).

Tədqiqatçı bu fikirdədir ki, həmin şeir böyük gürcü şairi Şota Rustavelinin yubileyi ərəfəsində qələmə alınmış, bəlkə çıxışlarının birində oxumuşdur da. Həm şeirin üzə çıxarılması, həm də L.Eradzenin şeir haqqında fikirləri Azərbaycan ədəbiyyatşünaslığı üçün də bir yenilik idi: "Heca vəznində 16-lıqla yazılmış şeirin sonunda verilmiş "...bu dünya boş nimçəmidir" yarım misradan aydın olur ki, şeir tamamlanmamışdır. Ümumiyyətlə, şeirin ümumi ruhundan, yazılışından görünür ki, S.Vurğun şeiri bitirməmiş, üzərində yaradıcılıq işini davam etdirməyi nəzərdə tutmuşdur. Çox güman ki, elə buna görə də şeiri nəşr etdirməmişdir" (Eradze, L. 1970, 18 iyul).

Leyla Eradze "Səməd Vurğun və Gürcüstan" (Eradze, L. 1970, N:10) sərlövhəli məqaləsində araşdırmalarını bir qədər də genişləndirmiş, onun yaradıcılığa başladığı ilk illərdə Gürcüstana gəldiyinin zamanını təyin etmişdir. O, S.Vurğunun 1929-cu ildə yazdığı "Kür çayı" şeiri üzərində dayanaraq, bu şeirdə Azərbaycan insanı ilə qardaş gürcü xalqının birliyini tərənnüm etdiyi qənaətinə gəlir. Şeirin adının da "Kür çayı" seçilməsi təsadüfi deyildir; bu rəmz hər iki xalqı birləşdirən fiziki və mənəvi amildir. Şairin "Tiflisin arxası, Qazağın belı, / Hər ikisi sənın, sənə dost eli" misralarında bu amilin poetik təsviri aydın şəkildə görünür. Bu şeirdən çıxış edərək tədqiqatçı belə bir qənaətə gəlir ki, Səməd Vurğun yaradıcılığının sonrakı mərhələləri də göstərir ki, "bu motivlər şairin yaradıcılığında təsadüfi səciyyə daşımamış, onun idealları ilə ülvı şəkildə bağlı olmuşdur" (Eradze, L. 1970, N:10, s.198)

Tədqiqatçı S.Vurğunun "Vaqif" dramına da müraciət etmiş, əsərdəki Şaliko və Tamara obrazları üzərində xüsusilə dayanmışdır. Onun fikrincə, pyesdə şairin yaratdığı gürcü obrazları diqqətləyiqdir. Şaliko xalqın düşməne qarşı mübariz bir oğlu, öz qanını son damlasına qədər əsirgəməyən bir igid kimi təsvir edilir. Tədqiqatçı S.Vurğun yaradıcılığında mühüm yer tutan dostluğun hər iki xalqın keçmiş ənənələrindən gəldiyinə əmin olduğunu bildirir: "Səməd Vurğun Azərbaycan xalqı ilə gürcü xalqının siyasi mənafeyinin birliyindən tez-tez yazmışdır. Böyük vətən müharibəsi illərində "Bizim andımız" məqaləsində şair Zaqafqaziya xalqlarının birlikdə alman işğalçılarına qarşı mübarizəsindən, onların tarixi qəhrəmanlığından danışır." (Eradze, L. 1970, N:10, s.199)

Leyla Eradze S.Vurğunla bağlı araşdırmalarında onun gürcü şair və yazıçıları ilə dostluq əlaqələrindən də söhbət açır. Gergi Leonidze ilə Səməd Vurğun dostluğu bunun bariz nümunəsidir. Tədqiqatçı bu fikirdədir ki, S.Vurğunla G.Leonidze arasında böyük yaradıcılıq qohumluğu vardır. Bu yaxınlıq iki şairin şəxsi dostluğu ilə xalqların dostluğuna çevrilir. Onların bir-birinə olan məktublarında da bir-birlərinin yaradıcılığına olan isti münasibət aydın görünür. Buna misal olaraq, G.Leonidzenin "Drujba narodov" jurnalında nəşr edilən "Portaxala" poemasını və bu poema haqqında S.Vurğunun məktubunu göstərir. G.Leonidzenin yaratdığı ana obrazının S.Vurğunu mütəəssir etməsinin səbəblərini axtarır və bu mövzunun ona da çox yaxın və doğma olduğu nəticəsinə gəlirdi. Bunu S.Vurğunun G.Leonidzeyə məktubuna istinad edərək yazırdı: "Sənın poemandan aldığım böyük təəssüratı bir məktubda izah etmək çox çətindir... Sən onu lirik poema adlandırırsan. Ancaq bu gözəl lirik poemanı mən poemanın fəlsəfəsinin təsdiq etdiyi kimi, əsrlərlə yaşamış, əməkədən daim zövq almış, həm də əzab çəkmiş... və nəhayət məhz namuslu zəhməti və mənəvi cəsəreti sayəsində ölməzlik-əbədlilik hüququ qazanmış qüdrətli gürcü xalqı haqqında əsil epopeya hesab edirəm." (Eradze, L. 1970, N:10, s.201)

Georgi Leonidzenin "Portaxala" poemasının S.Vurğunda bu qədər böyük təəssürat yaratmasının başqa bir səbəbi də Ana obrazı olmuşdur. Bu gözəl gürcü qadının obrazı, şairin məktubundan da göründüyü kimi, heç vaxt xatirindən silinməmişdir.

Leyla Eradze görkəmli Azərbaycan yazıçısı, tanınmış nasir, ədəbiyyatşünas, publisist, yazıçı, pedaqoq, ssenarist, Azərbaycan Yazıçılar İttifaqının üzvü (1949), Azərbaycanın xalq yazıçısı (1984), Azərbaycan SSR komsomolu mükafatı laureatı (1976), filologiya elmləri namizədi (1954), Azərbaycan Respublikası Ali Sovetinin deputatı (1986, 1990), Azərbaycan Yazıçılar İttifaqının sədri (1986-1987), Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin Ağsaqqallar Şurasının sədri (1991), M.F.Axundov adına ədəbi mükafat laureatı (1991) İsmayıl Şıxlının (1919-1995) da yaradıcılığını tədqiq etmişdir. O, yazıçının "Dəli Kür" romanını gürcü dilinə tərcümə etməklə yanaşı, Azərbaycan nəsrində gürcü mövzusu problemini də araşdırmış, bu əsərin məzmunu, obrazları haqqında da fikir yürütmüşdür. Bu da Azərbaycan bədii nəsrinin bu nümunəsinə کنار ədəbi tənqidin münasibətini əks etdirmək baxımından maraqlıdır. Məlumdur ki, "Dəli Kür" romanında Qori seminariyasının təsvirinə də geniş yer verilmişdir. Qori seminariyasının Qafqaz xalqlarının mədəni həyatındakı rolunu yüksək qiymətləndirən tədqiqatçı bu

fikrində haqlıdır ki: "Bu məktəblərdə (Çar Rusiyasının Qafqazda Qori seminariyası tipli məktəblər açmasında-M.Ç.) mütləqiyyətin müstəmləkəçilik siyasətinin daşıyıcıları ilə yanaşı demokratik ideyalar ilə silahlanmış xalq maarifçiləri də fəaliyyət göstərirdi." (Eradze, L. 2015, s. 12)

İ.Şıxlinin həyat və yaradıcılığı haqqında gürcü oxucularına ətraflı məlumat verən tədqiqatçı əsərin ideyasını da düzgün müəyyənləşdirərək "Əsərin ideyası köhnə, məhvi labüd olan cəmiyyətin tədrisən dağılması və onun faciəli şəkildə sona yetməsidir. Yazıçı əsasən bir ailənin faciəsini sinfi münaqişə fonunda ümumiləşdirmiş və ona geniş ictimai mənə vermişdir" (Eradze, L. 2015, s. 12) - qənaətinə gəlirdi.

Tədqiqatçı L.Eradze Cahandar ağa obrazı üzərində geniş dayanaraq bu ailədə baş verən prosesləri də təhlilə cəlb edir və Cahandar ağanı təkcə mülkədar sinfinin nümayəndəsi kimi deyil, bir şəxsiyyət olaraq dəyərləndirir. Cahandar ağa sövqi-təbii hiss edir ki, hər şey dəyişir, heç nə əvvəlki kimi qalmayacaq və bu dəyişimə hazır olmanı belə gözdən keçirir: "Atadan-babadan bərqərar olmuş aləmin və onun sərt qanunlarının dəyişdirilməsinin nəsə təsəvvür olunmadığı bu feodal-patriarxal quruluşunun insanında yeniliyin qığılımları baş qaldırır və oğlunu bilik almaq məqsədilə Qori seminariyasına göndərməyi lazım bilir." (Eradze, L. 2015, s.12) Tədqiqatçı əsərin ruhunu yaxşı duymuş və Cahandar ağanın Göytəpənin çar kazaklarından qorumasının əsl səbəblərini doğru müəyyənləşdirmişdir. Cahandar ağa yeni qaydalara uyğunlaşmaq istəmir, ancaq onu da görür ki, zaman köhnə qaydalarla yaşamağa da imkan vermir. Yazıcının daim coşğun, çılğın Kür çayını zamanın rəmzi kimi verməsini də ayrıca qeyd edir. Bir sözlə, Leyla Eradze İ.Şıxlinin "Dəli Kür" romanını Azərbaycan nəsrinin ən sanballı əsərlərindən biri kimi yüksək qiymətləndirmiş və gürcü ədəbiyyatında bu prosesləri əks etdirən hər hansı bir əsərin hələ yazılmadığına təəssüf etdiyini bildirmişdir. (Eradze, L. 2015, s. 12)

Leyla Eradze əsərlərində Qori seminariyasını bitirmiş, bir müddət Tiflisdə yaşayıb-yaratmış görkəmli Azərbaycan yazıçısı, "Molla Nəsrəddin" ədəbi məktəbinin banisi və ideya rəhbəri, tənqidi realist ədəbi cərəyanın, ilk mənzum allegorik dram əsərinin banisi, yenitipli ictimai satiranın yaradıcısı, Azərbaycan ədəbiyyatında kiçik hekayənin böyük ustadı kimi tanınan, məşhur dramaturq, jurnalist, həmçinin Azərbaycanda və Şərqdə ilk feminizm, qadınların və kişilərin hüquq bərabərliyi ideologiyasının əsasını qoymuş ictimai xadim Mirzə Cəlil Məmmədquluzadədən də bəhs etmiş və onun "Eşşəyin itməkliyi" əsərini gürcü dilinə tərcümə etmişdir.

Azərbaycan ədəbiyyatının peşəkar mütərcimi, tədqiqatçısı və təbliğatçısı Leyla Eradze 1977-ci ildə "Dostluq - könüldən-könülə körpüdür" adlı monoqrafiyasını "Sovet Gürcüstanı" Gürcüstan SSR Dövlət Nəşriyyatında gürcü dilində nəşr etdirərək oxucuların ixtiyarına verilmişdir.

Professor Mədəd Çobanov Tbilisidə nəşr olunan «Sovet Gürcüstanı» qəzetinin 16 mart 1978-ci il tarixli №32(7872) sayında dərc etdirdiyi eyniadlı məqaləsində L.Eradzenin "Dostluq-könüldən-könülə körpüdür" kitabı haqqında oxuculara geniş məlumat vermiş və həmin kitabı gürcü oxucuları üçün ən qiymətli hədiyyə adlandırmışdır. Professor M.Çobanov qeyd etmişdir ki, kitabın ilk fəslı "Gürcü-Azərbaycan ədəbi əlaqələrinin tarixi kökləri" adlanır. Bu fəsilə Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələrinin tarixi kökləri yığcam şəkildə təhlil olunmuşdur. Monoqrafiyanın ikinci fəslı "Gürcü-Azərbaycan ədəbi əlaqələrinin sovet dövrü"nə, üçüncü fəslı isə Ş.Rustavelinin "Pələng dərisi geymiş pəhləvan" poemasının Azərbaycan dilinə tərcüməsi tarixinə həsr olunmuşdur. Müəllif dördüncü fəslı "Gürcü mətbuatı səhifələrində Azərbaycan mövzusu" adlandırırsa da, burada əsas etibarilə böyük ədib M.F.Axundovun əsərlərinin gürcü dilinə tərcümə olunması, səhnəyə qoyulması, gürcü ədəbi-tənqidində onun mövqelərini, əsərlərinin ilk nəşri, Tiflis ictimaiyyəti ilə yaxından əlaqəsi və onun yetişməsində Tiflis mühitinin rolu yığcam şəkildə təhlil edilmişdir. Kitabın beşinci fəslində məşhur Azərbaycan nasiri İ.Şıxlinin "Dəli Kür" tarixi romanının geniş təhlili verilmişdir. "Azərbaycan sovet poeziyasında Gürcüstan mövzusu" fəslində isə Azərbaycanın xalq şairləri S.Vurğunun və S.Rüstəmin poeziyasında Gürcüstan mövzusu öz bədii ifadəsini tapmışdır. (Çobanov M.N, 16 mart, 1978)

Leyla Eradze özünün elmi tədqiqat əsərlərində əslən Gürcüstandan olan görkəmli Azərbaycan ziyalı, məşhur şair, yazıçı, dramaturq, publisist, pedaqoq, ədəbiyyatşünas, tərcüməçi, 1934-cü ildən Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü, Azərbaycan uşaq ədəbiyyatının banilərindən biri, Azərbaycan SSR əməkdar incəsənət xadimi Abdulla Şaiqin (1881-1959) yaradıcılığını yüksək qiymətləndirmişdir. O, Abdulla Şaiq haqqında yazdığı iki məqalədən, birini Gürcüstanda, digərini isə Azərbaycanda çap etdirmişdir. "Abdulla Şaiq Talıbzadənin yaradıcılığında Gürcüstan" adlanan birinci məqalə Tbilisidə "Soplis tsxovreba" ("Kənd həyatı") qəzetinin 1971-ci il 27 aprel sayında, "Abdulla Şaiq və Gürcüstan" sərlövhəli ikinci məqalə isə Bakıda "Ədəbiyyat və incəsənət" qəzetinin 1971-ci il 8 may sayında işıqüzü görmüşdür. Həmin məqalələrdə uşaqlıqından dünyaya göz açdığı Tiflisin və Borçalı dağlarının ecazkar təbiəti qaynunda və Azərbaycan folklorunun sirli-sehrli əfsanə və nağıllar aləmində saf uşaq xəyallarının nəhayətsiz qanadlarında vətəninə və xalqına, onun təbii və mənəvi sərvətlərinə sonsuz məhəbbət duy-

ğusu ilə bağlanan A.Şaiqin mənalı və şərəfli ömür yolu, zəngin bədii və elmi yaradıcılığı, pedaqoji və ictimai fəaliyyəti haqqında ətraflı məlumat verilmişdir.

Tanınmış gürcü ədəbiyyatşünas alimi, şair-tərcüməçi və ictimai xadim Leyla Eradze Gürcüstanda yaşayıb-yaradan Azərbaycan ədiblərinin yaradıcılığını da daim diqqət mərkəzində saxlamış, müntəzəm olaraq onların əsərlərinə müraciət etmiş, yeri gəldikcə tərcümə edərək gürcü oxucularının öhtəsinə vermişdir. Əzim İsmayllının tərtib etdiyi, 1980-ci ildə Tbilisidəki "Merani" nəşriyyatında çap olunaraq L.Eradze, M.H.Bəxtiyarlı və Ə.İsmayllıdan ibarət Redaksiya heyəti tərəfindən oxuculara təqdim edilən "Çəsmə" ədəbi məcməsinə Leyla Eradzenin yazdığı ön sözdən məlum olur ki, kitabda Gürcüstanda yaşayan Azərbaycan aşığıların, şair və yazıçıların, xüsusilə də, Tbilisidə Azərbaycan dilində nəşr olunan yeganə mətbuat orqanı olan "Gürcüstan" qəzetinin nəzdində fəaliyyət göstərən "Çəsmə" ədəbi dərnəyinin üzvlərinin əsərlərindən, eləcə də onların tərcümələrində gürcü yazıçılarının yaradıcılıq əsərlərindən seçilmiş ən yaxşı nümunələr, bir-birindən maraqlı şeirlər, hekayələr və bir pyes toplanıb. Burada verilmiş əsərləri vahid bir ideya - vətənpərvərlik, beynəlmiləçilik və xalqlar dostluğu ideyası birləşdirir. "İstər poeziya, istərsə də nəsr nümunələrinin ruhu müasir həyatla sıx bağlıdır. Məcmuədəki hər misrəni, hər sətiri, hər dialoqu insan idrakının məhsulu kimi kötürsək, ona nə qədər zəhmət çəkildiyi, alın təri töküldüyü aydın olar." (Eradze, L. Çəsmə, "Ön söz". 1980, s.3)

Ön sözdə ayrı-ayrı müəllifləri və onların əsərlərini ayrı-ayrılıqda təqdir və təhlil etmək fikrində olmamasının səbəbini isə L.Eradze, bütün bunların «Gürcüstanı» qəzetinin redaktoru S.Suleymanovun almanaxa yazdığı "Çaylar ümmanlara qovuşur..." (Süleymanov, S. Çəsmə, 1980, s.4-18) sərlövhəli geniş müqəddimədə əhatə olunması ilə əsaslandırırmışdır. (Eradze, L. Çəsmə, "Ön söz". 1980, s.3;)

Umumiyyətlə, "Gürcüstan" qəzetinin redaksiyası nəzdində yaradılan "Çəsmə" ədəbi birliyinin fəaliyyətini yüksək qiymətləndirən L.Eradze həmin məcmuəni qəzetin yaradıcı gənclərlə işi yaxşılaşdırmaq haqqındakı qərarının həyata keçirilməsinin parlaq təzahürü adlandırmış, qəzetin vaxt-aşırı olaraq öz səhifələrində gənclərin ədəbi yaradıcılığına geniş yer verməklə, onların vətənpərvərlik ruhunda böyüyüb-tərbiyə olunmasında faydalı və xeyirxah iş gördüyünü vurğulamışdır. İlk addım olan "Çəsmə" ədəbi məcmuəsini də elə həmin faydalı və xeyirxah işin bəhrəsi olduğunu bildirən L.Eradze bu şərəfli yolda qələm dostlarına uğurlan arzulamışdır. (Eradze, L. Çəsmə, 1980, s.3) Belə bir ön sözün yazılması, əslində, qonşu xalqın işində milli ədəbiyyatı yaşadan yazıçı və şairlər üçün bir növ həm də böyük bir dəstək idi.

Leyla Eradze tanınmış ədəbiyyatşünas-alim, bacarıqlı və zəhmətkeş bir tədqiqatçı olmaqla yanaşı, həm də istedadlı şair tanınmış və eyni zamanda, təcrübəli tərcüməçi kimi də fəaliyyət göstərmişdir. Məqalələri, şeirləri və tərcümələri 1955-ci ildən mətbuatda dərc olunan, "Mən kitabla gəlirəm" (1975), "Tərəzi ilə gəlirəm" (1978), "Şeirlər" (1979), "Aprel bilir" (1987), "Qurtuluş" (1994) və s. şeir toplularının və bir-birindən maraqlı uşaq şeirlərinin, həm də "Dostluq könlüdən-könlüə körpüdür" (1977), "Gürcüstan-Azərbaycan ədəbiyyatının tipoloji əlaqələri" (Azərbaycan dilində, 1984, Bakı) və s. kitabların, bir-birindən qiymətli elmi əsərlərin müəllifi müəllifi olan, Gürcüstan-Azərbaycan mədəniyyətində baş verən mühüm hadisələrə həmişə öz yaradıcılığı ilə cavab verən Leyla Eradze müntəzəm olaraq səmərəli tərcümə işi ilə də məşğul olmuşdur.

Leyla Eradze hələ ötən əsrin 70-ci illərin əvvəllərində tanınmış Azərbaycan şairləri Rəsul Rzanın "Bahar", Məmməd Rahimin "Oktyabr", Mirvarid Dilbazinin "Zaman və Şair", Bəxtiyar Vahabzadənin "Qonaq", Nigar Rəfibəylinin "Ayrılıq", Nəbi Xəzrinin "Günbəgün" şeirlərini Azərbaycan dilindən gürcü dilinə tərcümə edərək "მნათები" ("Mnatebi"- "İşıq") adlı aylıq ədəbi-bədii, ictimai-siyasi jurnalının 1972-ci il 9-cu (sentyabr) nömrəsində "Qardaş Respublikanın poeziyası" rubrikası altında çap etdirmişdir. (İşıq, 1972, N: 9)

Leyla Eradze elə həmin illərdən görkəmli Azərbaycan şairi, 1945-ci ildən Azərbaycan Yazıçılar Birliyinin üzvü, Azərbaycanın Əməkdar incəsənət xadimi (1974), "Qırmızı əmək bayrağı" (1975) və "Oktyabr inqilabı" ordenləri (1984) kavaleri, Azərbaycanın xalq şairi (1984), Azərbaycan SSR Dövlət mükafatı laureatı (1976), SSRİ Dövlət mükafatı laureatı (1984), M.F.Axundov adına ədəbi mükafatın laureatı (1989), Azərbaycan Respublikası Ali Sovetinin deputatı (1990), Azərbaycan Respublikası Milli Məclisinin üzvü, millət vəkili (1995, 2000), 1992–2005-ci illərdə Azərbaycanın ən ali dövlət təltifi hesab olun "İstiqlal" ordeni ilə ilk təltif olunmuş 3 nəfərdən biri, tanınmış ədəbiyyatşünas-alim, filologiya elmləri doktoru (1964), professor (1965), Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının həqiqi üzvü, akademik (2000) Bəxtiyar Vahabzadə (1925-2009) ilə də ədəbi yaradıcılıq əlqələrində olmuş, onun da yaradıcılığına diqqət yetirmiş, çairin bir neçə şeirini gürcü dilinə çevirmişdir.

Bəxtiyar Vahabzadənin yaradıcılığının Gürcüstanla bağlı səhifəsində xüsusi yer tutan "Qonaq" şeirdə qonaqpərvərlik, sevgi və doğma yurda bağlılıq kimi ülvə hisslər tərənnüm olunur. Şair qonağın gəlişi ilə evə sevinc və işıq gəldiyini, onunla birlikdə xoşbəxtliyin gəldiyini ifadə edir. Şeirdə qonaq obrazı

sadəcə bir qonaq deyil, həm də dost, sirdaş, evə sevinc gətirən bir varlıq kimi təqdim olunur. Şair qonağın gəlişi ilə evdə yaranan müsbət atmosferi, onunla olan söhbətlərin doğurduğu xoş hissləri və evin işıqlanmasını tərənnüm edir. Şeirin sonunda isə qonağın yola salınması ilə evdə yaranan kədər və ayrılıq hissi təsirli şəkildə ifadə olunur.

სტუმარი

ვისაც ეგონა, სტუმარი ვარ ამა ქვეყნისა,
მას პატრონობა მიწა-წყლისა აღარ ელირსა.

ისე ცხოვრობდა, ვით სტუმარი უცხო ბინაზე,
ხელს არ ანძრევდა, უქმად იჯდა სხვების ჯინაზე.

პალტო და ქუდი გასაქცევად მზად ჰქონდა მუდამ,
და რაც გააჩნდა სულ ფლანგავდა, შენახვა სძულდა.

ხვალინდელ დღეზე ფიქრით თავს არ იღლიდა იგი,
დღეის იცოდა იმ სტუმარმა წესი და რიგი.

არ შეგაწყენდათ, სულ ერთავად იყო მდუმარი,
ისე წავიდა ამ ქვეყნიდან, როგორც სტუმარი. (Işıq, 1972, N: 9, s.6)

"Qonaq" şeiri, Bəxtiyar Vahabzadənin yaradıcılığına xas olan sadəlik, səmimiyyət və dərin hisslərlə dolu bir şeirdir. Şeirdəki hər misra qonaqpərvərliyin, dostluğun və doğma yurda bağlılığın yüksək dəyərlərini əks etdirir:

*Şeirdən bir parça:
Qonaq gələndə evə nur dolar,
Qonaq gedəndə evdə qəm qalar... (Işıq, 1972, N: 9, s.6)*

Şair "Qonaq" (İyul, 1956) adlı başqa bir eyniadlı şeirində isə yazmışdır:

*"Beş günlük qonağam" - deyib dünyada,
Özünü aparır çoxu qonaqtək.
Ömrünü, gününü verib o bada,
Deyir: "Bu dünyada ancaq keş çəkək!"
Qaydadır, yad evdə axmaq bir qonaq
Yeməyə, içməyə güc verər ancaq. (Vahabzadə, B, 2008, s.177)*

Leyla Eradze daha sonralar Azərbaycan ədəbiyyatının görkəmli nümayəndələrindən 40-a yaxın poetik və nəsr əsərini gürcü dilinə çevirmiş və ayrıca kitab şəklində nəşr etdirmişdir. Azərbaycan şairlərindən Səməd Vurğunun "Şeirlər" (1960), Nəbi Xəzrinin "Xəzərin kənarında" (1965), Nəriman Həsənzadənin "Şeirlər" (1983), həmçinin, Süleyman Rüstəm, Cabir Novruz, İsa İsmayilzadə və başqalarının şeirlər kitablarını gürcü dilinə çevirmiş və ayrıca kitab şəklində oxucuların öhtəsinə vermişdir. O, həm də Azərbaycan dilindən gürcü dilinə tərcümə etdiyi əsərlər əsasında "Azərbaycan poeziyası antologiyası" (1980), "Azərbaycan şairləri Gürcüstanı vəsv edirlər" (1981) və s. adlı ayrıca kitab, toplu və məcmuələri tərtib və nəşr etdirmişdir.

Leyla Eradze Azərbaycan ədəbiyyatından bir çox yazıçıların nəsr nümunələrini də gürcü dilinə tərcümə etmişdir. O cümlədən, İsmayıl Şıxlının "Dəli Kür" (1982), Mirzə İbrahimovun "Pərvanə" (1984, D.Qulışvili ilə birlikdə), İlyas Əfəndiyevin "Söyüdlü arx" romanlarını, Həsən Seyidbəylinin "Telefonçu qız" povestini, eləcə də, Cəlil Məmmədquluzadənin, İsa Hüseynovun, Ələviyyə Babayevanın və başqalarının roman və hekayələr kitablarını da gürcü oxucularına təqdim etmişdir.

Həmin kitablar arasında Cəlil Məmmədovun "Ulduzlar sönəndə" hekayələr kitabının xüsusi yeri vardır (Məmmədov, C. "Ulduzlar sönəndə" (gürcü dilində). "Nakaduli" nəşriyyatı, Tbilisi, 1980.) Azərbaycan ədəbiyyatının peşəkar tədqiqatçısı və tərcüməçisi, filologiya elmləri doktoru, professor Leyla Eradzenin jurnalist Dmitri Qulışvili ilə birlikdə gürcü dilinə çevirərək 1980-ci ildə Tbilisidəki "Nakaduli" nəşriyyatında kütləvi tirajla çap etdirdiyi kitabda indiyədək "Nuranə" adlı kino povesti və bir çox he-

kayələri ilə oxuculara yaxşı tanış müəllifin 20-yə yaxın yeni hekayəsi, miniatürləri və mənzum şeirləri verilmişdir.

Kitabı oxuculara təqdim edən professor Mədəd Çobanov «Ədəbiyyat və incəsənət» qəzetində çap olunmuş məqaləsində yazmışdır ki, "tanınmış yazıçı Cəlal Məmmədovun gürcü dilində nəşr olunan bu kitabında insanları maraqlandıran, düşündürən, oxucularda hiss, həyəcan doğuran bədii obrazlar, ümumiləşdirmələr, incə hisslər, dostluqda və sevgidə sadıqlıq motivləri qardaş gürcü oxucularına bədii şəkildə çatdırılmışdır." Qabaqcıl bəşəriyyətin sülh, azadlıq, bərabərlik və səadət uğrunda mübarizəsini təsvir edən "Missis Narkinskin etüdləri" və "Alov donmur" hekayələri gürcü dilində çox yaxşı səslənir. Nizami Gəncəvinin və Molla Pənah Vəqifin həyatından bədii səhifələr olan "Portret" və "Duman içində" hekayələri də məzmunu və bədii tərcümə manerası ilə oxucunun diqqətini cəlb edir. Böyük Vətən müharibəsi illərində alman faşistlərinə qarşı ön cəbhədə qəhrəmanlıqla vuruşan döyüşçülərimizin cəbhə həyatına, onların Vətənimizi və Qızıl Moskvanı qorumaq, onu düşmən zərbəsindən müdafiə etmək üçün silaha sarılması səhnələrinə həsr olunmuş "Ürəklər", "Cəbhədən məktublar", "Quşlar oxuyarkən" hekayələri də tərcümə olunmuşdur. Kitaba həmçinin "Gəlirəm, Sagül!", "Redaktor və Şövqiyyə", "Nalə", "Kamilə", "Odtəkin", "Zəriflik haqqında hekayə", "Bəs, sən", "Filankəs" hekayələri və "Ana ceyran", "Ayırma", "Dəniz kimi", "Sevdim" miniatürləri də daxil edilmişdir. Bir sözlə, professor Mədəd Çobanovun da qeyd etdiyi kimi, yazıçı Cəlal Məmmədovun bu əsərlərində "müasirlərimizin həyatı, əmək qəhrəmanlığı, zəngin və nəcib mənafeviyyəti, saflığı öz bədii əksini tapmışdır". (Çobanov, M.N. 22 may, 1981)

Gürcüstan Yazıçılar İttifaqının sədri Qriqol Abaşidze Azərbaycan ədəbiyyatına Gürcüstanda böyük maraq göstərildiyini və bu işdə Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələrinin memarlarından olan L.Eradzenin böyük xidmətləri olduğu qənaətinə gələrkən L.Eradzeninin adını xüsusi olaraq qeyd edirdi: "Bir çox yazıçılarımız qardaş respublikadan olan qələm yoldaşlarının əsərlərini əsl məhəbbətlə gürcü dilinə tərcümə etmiş və edirlər. Bir sıra şairlərimizin tərcümələrində Süleyman Rüstəmin şeir məcmuəsi, konfrans iştirakçısı Leyla Eradzenin tərcüməsində Mirzə İbrahimovun "Pərvanə" romanı yaxın vaxtlarda çapdan çıxacaqdır" (Abaşidze, Q. 1980, 4 noyabr, s.2)

Leyla Eradze həm də istedadlı şair idi. Onun bir çox lirik və uşaq şeirləri indi də dillər əzbəridir. Şeirləri Azərbaycan, rus, italyan, slovak və b. dillərə tərcümə olunub. Bütün yaradıcılığı ilə özünü Azərbaycan xalqının dostu, Azərbaycan ədəbiyyatının, Azərbaycan mədəniyyətinin təbliğatçısı olaraq sübut edən L.Eradze. "Mənə doğmasan, Bakı" şeirlər kitabına yazdığı "Ön söz əvəzinə" adlı yazısında Azərbaycan xalqına doğmalığını və sevgisini belə ifadə etmişdir: "Şüurlu ömrümün böyük bir hissəsini sizinlə-sizin ədəbiyyat və mədəniyyətinizi öyrənməklə keçirmişəm, sizin yazıçıların əsərlərini tərcümə etməklə yuxulamış, səhərimi açmışam. Qədim mədəniyyətinizə, çoxəsrlik ədəbiyyatınıza məftunam." (Eradze, L. 1990, s. 5)

Kitabın adından da göründüyü kimi, Leyla Eradze Azərbaycan xalqına məhəbbətini təkcə tərcümə, elmi yaradıcılıqla bildirməmiş, eyni zamanda məhəbbət duyğularını poetik şəkildə də ifadə etmişdir. "Mənə doğmasan, Bakı" şeirində Bakını ikinci doğma şəhəri hesab edir, elə bir şəhər ki, birinci qədər doğma və əzizdir. Hər dəfə bu şəhərə gələndə iki əlilə onu qucaqlayır, doğma qapılarını üzümə açır:

*Çatırıq qocaman
Biləcəriyə,
Bu qədim Keşlədir, keçdi,
Bu da ki...
Sənsən, doğma şəhər, mehriban Bakı...
Hamı mehribanım,
Doğmam, tanışım,
Hamı mən bildiyim
Dildə danışır. (Eradze, L. 1990, s. 12)*

Leyla Eradzenin doğma şəhəri hesab etdiyi Bakıda uzun müddət yaşaması ona şəhərin canlı obrazını yaratmaq, poetik mənzərəsini çəkmək, gözəl təbiətini, min bir rəngini nümayiş etdirmək imkanı vermişdir. O, böyük ilhamla, sonsuz sevgi və saf məhəbbətlə Bakını tərənnüm etmiş, öz şeirlərə bütün duyğuların dərinliyini, onun xas səmimiyyətini, romantik coşqusunu qoymuşdur. "L.Eradzenin Bakıya həsr etdiyi şeirləri səmimi hisslərlə, məhəbbət və heyranlıqla doludur və Bakının şairə xanıma nə qədər yaxın və əziz olduğunu inandırıcı şəkildə sübut edir. Azərbaycan mövzuları gürcü şairəsinin ədəbi-poetik yaradıcılığını yeni obrazlar, süjetlər, bədii ifadə vasitələri ilə bədii cəhətdən zənginləşdirmişdir. L.Eradzenin əsərləri oxuculara daha çox estetik təsir göstərir, onun poetik ustalığından, yüksək istedadından danışır və uydurma boşboğazlıqdan tamamilə məhrumdur." (Zeynalova, 2018, s. 146)

Leyla Eradzenin lirik məni ilk gənclik illərindən Bakını sevmiş, onunla dil tapmışdır. Hər gələndə küçələrini gəzmış, qəlb açan insanları ilə hal-əhval tutmuşdur. Lakin hər dəfə gələndə sanki ilk dəfə görüşürlər kimi görüşür, hal-əhval tuturlar. Bu şəhərdə lirik qəhrəmanın min-min xatirəsi var:

Sən mənim könlümdə
yanan inamsan,
Sən mənim ikinci
doğma anamsan.
Sən mənim həyatda
ən doğma yerim,
Taleyi işıqlı,
eşqi ləkəsiz.
Sən mənim ikinci
tale şəhərim,
Elə birinci tək,
müqəddəs, əziz. (Eradze, L. 1990, s. 13)

Maraqlıdır ki, L.Eradzenin "Mənə doğmasan, Bakı" adlı şeirlər toplusunda "Vətən nəğmələri" bölməsinə "Mənim Gürcüstanım", "Tbilisi" və s. şeirlərlə yanaşı - "Doğma Bakım mənim" şeiri, yaxud "Mənim doğmalarım" bölməsinə - "Anama", "Qızıma" şeirləri ilə yanaşı "Dilərə" adlı poetik ithaf daxil edilmişdir.

Leyla Eradze həm də görkəmli ictimai xadim kimi tanınmışdır. O, ötən əsrin sonlarında öz ölkəsində başlayan dövlət müstəqilliyi uğrunda azadlıq hərəkatının öncüllərindən biri olmaqla yanaşı, həm də, eyni zamanda, həmişə dost və qonşu Azərbaycan xalqının uğuruna, bayramına sevinmiş, qəminə, kədərinə şərik olmuşdur. 1990-cı ilin Qanlı yanvar günlərində Bakıya gəlmiş, Azərbaycan xalqının yanında olmuş, Azərbaycan xalqına dərin hüznə başsağlığı vermiş və o da, Tbilisiyə qayıtdıqdan sonra Bakıdakı həqiqətləri gürcü xalqına və dünya ictimaiyyətinə elan etmişdir.

Görkəmli ədəbiyyatşünas-alim, məşhur türkoloq, gürcü-Azərbaycan ədəbi-mədəni əlaqələrinin məşhur tədqiqatçısı, tanınmış gürcü şairəsi, kamil tərcümələri ilə Azərbaycan ədəbiyyatını Gürcüstanda təbliğ edən təcrübəli diplomat Leyla xanım Eradze XX əsrin ortalarından başlayaraq müntəzəm olaraq Azərbaycanla əlaqə saxlamış, dəfələrlə Bakıya səfərlər etmiş, Azərbaycanda keçirilən bir çox ədəbi və mədəni tədbirlərdə yaxından iştirak etmiş, iki qonşu, iki dost xalq arasındakı ədəbi və mədəni əlaqələrin genişlənməsinə xüsusi səy göstərmiş, və fəal ictimai xadim kimi tanınmışdır. Azərbaycan ədəbi mühitində böyük hörmət və nüfuz sahibi idi. Elə buna görə də, Leyla Eradze 1981-ci ildə Azərbaycan və gürcü xalqlarının mənəvi yaxınlaşmasının təşviqində, mənsub olduqları xalqların mədəniyyətlərinin yaxınlaşmasında, Azərbaycan-Gürcüstan ədəbi-mədəni əlaqələrinin möhkəmləndirilməsində və daha da inkişaf etdirilməsində böyük xidmətlərinə və əldə etdikləri nailiyyətlərinə görə "Azərbaycanın Əməkdar mədəniyyət işçisi" fəxri adına layiq görülmüşdür.

Leyla xanım görkəmli ədəbiyyatşünas alim, lirik şairə, bacarıqlı tərcüməçi, tanınmış ictimai xadim olmaqla yanaşı, həm də təcrübəli diplomat və idi. Bu həm də onun ictimai-siyasi fəaliyyəti ilə bağlı idi.

Leyla Eradze ömrünün son illərini Azərbaycanda, Bakıda yaşamışdır. O, 1995-ci ildə suveren Gürcüstan Respublikasının Azərbaycan Respublikasında səfirliyinin açıldığı elə ilk günlərdən 1-ci katib, mədəniyyət məsələləri üzrə attaşə (1995-1998) vəzifəsində çalışmış, Gürcüstanın Azərbaycanla mədəni və elmi əlaqələrin inkişafı məsələləri ilə məşğul olmuşdur. Ömrünün sonuna qədər bu diplomatik missiyanı şərəf və ləyaqətlə yerinə yetirən Leyla Eradze Azərbaycan ədəbiyyatının alovlu təbliğatçılarından və qızğın tərcüməçilərindən birinə çevrilmişdir. Əslində bu missiya uzun illər ərzində onun yaradıcılığında həyata keçirilmiş, indi isə ona sanki sadəcə rəsmi status verilmişdi. Səfirlikdə I katib vəzifəsində işlədiyi 3 il ərzində o, xeyli işlər görmüş, tez-tez Gürcüstanın mədəniyyət xadimlərinin Azərbaycana qastrollarını təşkil etmiş, bir neçə dəfə Qax və Marneuli rayonlarına getmiş, elm, maarif və mədəniyyət xadimləri ilə görüşlər keçirmiş, çox sayda müsahibələr vermiş, məqalələr dərc etdirmişdir. Ən əsası isə "Azərbaycan-Gürcüstan" Dostluq cəmiyyətini yaratmışdır. Amma təəssüflər olsun ki, Leyla Eradze 1998-ci il yanvarın 30-da vəfat etmiş, haqqın dərgahına qovuşmuşdur... Sonralar həmin cəmiyyətin fəaliyyəti təəssüflər olsun ki, davam etdirilməmişdir...

Nəticə

Bir sözlə, Azərbaycanın Əməkdar mədəniyyət işçisi, professor Leyla Eradzenin yaradıcılığında Azərbaycan, filologiya elmləri doktoru, professor Məddəd Çobanovun yaradıcılığında Gürcüstan mövzusunun xüsusi yer tutması, hər iki xalqın mədəni, mənəvi irsinin ortaya çıxarması ilə yanaşı, həm də ədəbi əlaqələrin çoxcəhətliliyini, qarşılıqlı təsir və zənginləşmə prosesini sürətləndirmiş, hər iki alim öz

araşdırmalarında bu tendensiyanı yaşadaraq qədimdən davam edən dostluq əlaqələrini yeni bir mərhələyə daşımışlar. Hər iki alim Azərbaycan və gürcü xalqlarının mənəvi yaxınlaşmasına yönəlmiş bir sıra yüksək elmi monoqrafiyalar, ədəbi-tənqidi əsərlər, məqalələr yazmışlar. Onların çoxsaylı əsərləri elmi aktuallığını bu gün də itirməmiş, əksinə müasir dövrümüzdə yeni və daha böyük əhəmiyyət kəsb edərək müəlliflərinin elmdə uzun ömür sürmələrini təmin etmişlər. Azərbaycan və gürcü xalqlarının dostluğunun bədii ədəbiyyatda təəcəssümü bu iki alimin yaradıcılığında yeni müstəviyə keçmiş, elmi tərəkürdə öz geniş əksini tapmış və beləliklə də, Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələri daha da zənginləşmişdir.

Ədəbiyyat

1. Abaşidze, Q. Ümumittifaq konfransı haqqında. "Kommunist" qəzeti, 4 noyabr, 1980, s. 2.
2. Abdulla, Abbas. Dostluq müqaviləsi. "Sovet Gürcüstanı" qəzeti, 30 mart, 1976, № 38 (7548).
3. Azərbaycanca-gürcüce qısa danışq lüğəti. Tərtib edənlər: M.Çobanov və M.Çinçaladze. Tbilisi, "Qanatileba", 1977, 1991. Bakı, "Borçalı", 2000.
4. Beynəlmiləli poeziya gecəsinin iştirakçıların ürək sözləri. "Ədəbiyyat və incəsənət" qəzeti, 18 fevral, 1978.
5. Cangidze, V., İsmayılı, Ə. "Dostluq nəğmələri", "Sovet Gürcüstanı" qəzeti, N:139 /7979/, 21.XI.1978/.
6. Çeşmə. (Ədəbi məcmuə. Redaksiya heyəti: L.Eradze, M.H.Bəxtiyarlı, Ə.İsmayılı; tərtib edəni: Ə.İsmayılı; Ön sözün müəllifi L.Eradze; "Çaylar ümmünalara qovuşur..." sərlövhəli müqəddimənin müəllifi S.Süleymanov), Tbilisi, "Merani" nəşriyyatı, 1980. 248 səh. <http://web2.anl.az:81/read/page.php?bibid=192696&pno=1>
7. Çobanov, M.N. "Ulduzlar sönəndə", «Ədəbiyyat və incəsənət» qəzeti, №21 (8948), Bakı, 22 may 1981-ci il.
8. Çobanov, Mədəd. "Dostluq - könlədən-könlə körpüdür" (L.Eradzenin eyniadlı kitabı haqqında). «Sovet Gürcüstanı» qəzeti, Tbilisi, 16 mart 1978-ci il, №32(7872).
9. Çobanov, Mədəd. Azərbaycan - gürcü ədəbi əlaqələri (Məqalələr toplusu). Bakı, «Borçalı», 2008, 212 səh.
10. Dostluq nəğmələri (Azərbaycan sovet şairləri Gürcüstan haqqında; tərtib edəni: Mədəd Çobanov; gürcü dilinə çevirəni: Leyla Eradze; ön sözün müəllifi: Bəxtiyar Vahabzadə, redaktoru: Qriqol Abaşidze). Tbilisi, "Merani" nəşriyyatı, 1978. 112 səh. // ჩვენი ძმობის საგალობელი: აზერბაიჯანელი პოეტები საქართველოს /მადათ ჩობანოვი; აზერბაიჯანულიდან თარგმნა ლეილა ერაძემ; რედაქტორი: გრიგოლ აბაშიძე. - თბილისი: "მერანი", 1978. - 112 გვ.
11. Eradze, L. "Ön söz". // Çeşmə. (Ədəbi məcmuə. Redaksiya heyəti: L.Eradze, M.H.Bəxtiyarlı, Ə.İsmayılı. Tbilisi: Merani, 1980. 248 səh.
12. Eradze, L. Azərbaycan nəsrində gürcü mövzusu. "Üç nöqtə" q., 2015, 4 yanvar, s.12.
13. Eradze, L. Dostluq – könlədən könlə körpüdür (Gürcüstan-Azərbaycan Ədəbi Əlaqələri) // მეგობრობა გზად და ხილად: (ქართულ-აზერბაიჯანული ლიტ. ურთიერთობა), 1977, 144 s.
14. Eradze, L. Gürcüstan Abdulla Şaiq Talibzadənin yaradıcılığında // "სოფლის ცხოვრება" - "Soplis tsxovreba" qəzeti, 1971, 27 aprel.
15. Eradze, L. M.Ş.Vazeh. Tb, 1995. (ერაძე, ლეილა, მირზა შაფი ვაზეჰი. თბილისი, 1995).
16. Eradze, L. Mənə doğmasan, Bakı. // red. M.Namaz. B., "Gənclik" nəşriyyatı, 1990, 88 s.
17. Eradze, L. Səməd Vurğun və Gürcüstan. "Azərbaycan" j., 1970, №10, s. 197-203.
18. Eradze, L. Abdulla Şaiq və Gürcüstan. "Ədəbiyyat və incəsənət" q., 1971, 8 may. s.8-9.
19. Eradze, L. Bir baxırıq günəşə. (Şeirlər; tərcümə edəni: D.Əliyeva; redaktoru: Ağasəfa). Bakı: Yazıcı, 1980. 62 səh.
20. Əbdülrəhmanlı, Nəriman; Xubanli, Fərhad. "Lüğətçiliyə yeni hədiyyə. "Azərbaycan müəllimi" qəzeti, 24 may 1989-cu il, N:40 /6822/.
21. Əliyeva, D. "Xosrov və Şirin" gürcü ədəbiyyatında. "Elm və həyat" jurnalı, 1978, №12, -s. 26-27.
22. Əliyeva, D. "Koroğlu"nın gürcü variantı. "Elm və həyat" jurnalı, 1975, №11, s.28-29.
23. Əliyeva, D. Nizami əsərləri gürcü dilində ("Xosrov və Şirin"). Azərbaycan SSR EA Xəbərləri (Ədəbiyyat, dil və incəsənət), 1978, №4, s. 8-20.
24. Əliyeva, D. Nizami və gürcü ədəbiyyatı. "Ədəbiyyat və incəsənət" qəzeti, 1981, 2 oktyabr.
25. Əliyeva, D. Nizami və Gürcüstan. (doktorluq dissertasiyası), Bakı, 1984.

26. Əliyeva, D. Şota Rustaveli və onun "Pələng dərisi geymiş pəhləvan" əsəri / Rustaveli, Ş. Pələng dərisi geymiş pəhləvan. B., "Avrasiya Press" nəşriyyatı, 2006, s.4-8.
27. Əliyeva, D. Ürək bir-dilək bir. Bakı, "Yazıçı" nəşriyyatı, 1981, 218 səh.
28. İşıq ("მნათობი"- "Mnatobi") jurnalı, gürcü dilində. Tbilisi, 1972, N: 9 (sentyabr), s.3-12.
29. Kür Xəzərə qovuşur (Gürcü ədəbiyyatından seçmələr), B., Yazıçı, 1988, 384 s.
30. Məmmədov, Aydın. S.Vurğun və Gürcüstan. «Qələbə bayrağı» qəzeti, Bolnisi şəhəri, 10 aprel, 1978, №45 (4044).
31. Məmmədov, Şurəddin. Qardaşlıq rəmzi kimi, "Ədəbiyyat və incəsənət" qəzeti, N:1/1876/, 4.I.1980/.
32. Musayev, Dilsuz. "Sevirəm Gürcüstanı". "Qızıl bayraq" qəzeti, N:122/3804/, 11.X.1977; "Ədəbiyyat və incəsənət" qəzeti, N:9, 25.II.1978/.
33. Nəzərli, Səfalı. "Sevirəm Gürcüstanı". "Sovet Gürcüstanı" qəzeti, N:63/7748/, 26.V.1977/.
34. Osmanlı, Sara. Dilarə Əliyeva-Leyla Eradze dostluğu: Azərbaycan-Gürcüstan mədəni əlaqələrinin parlaq səhifəsi. "525-ci qəzet", 15.05.2012.
35. Sevirəm Gürcüstanı /almanax, Azərbaycan şairləri Gürcüstan haqqında, tərtib edən Mədəd Çobanov, Bakı, "Azərnəşr", 1977.
36. Sevirəm Gürcüstanı. Azərbaycan Sovet Ensiklopediyası, VI cild, "Gürcüstan SSR". /Bakı, 1982, VI c., səh.135/.
37. Süleymanov, S. "Çeşmələr ümmanlara qovuşur..." // "Çeşmə" (Ədəbi məcmuə; redaksiya heyəti: L.Eradze, M.H.Bəxtiyarlı, Ə.İsmayıl (tərt.) Tbilisi: Merani, 1980, 248 səh. -səh.4-18
38. Vahabzadə, Bəxtiyar. Əsərləri. 12 cildə, I c., B., "Elm" nəşriyyatı, 2008, 612 s.
39. Vurğuni, Samed, Rçeuli. (Gürcü dilinə çevirəni L.Eradze). Tbilisi, 1958 ვურღუნი, სამედ. რჩეული. აზერბაიჯანულიდან თარგმნა: ლეილა ერადემ; რედაქტორი: ვ. ჯავახაძე. თბილისი, 1958
40. Zeynalova, Kəmalə. Xatirələrdə yaşamağa haqqı olanlar. "Risalə" Araşdırmalar toplusu, 14-cü kitab. B/, "Elm və Təhsil" nəşriyyatı, 2018, 184 səh., s. 144-148.

MULTIMODAL FEEDBACK TO IMPROVE THE QUALITY OF FOREIGN LANGUAGE LEARNING: WRITING AND SPEAKING**L.S. Bokayeva****M.Y Shingareva***1st year student, Zhanibekov University SKPU, Shymkent, Kazakhstan**Candidate of Philology, associate professor, Zhanibekov University SKPU, Shymkent, Kazakhstan***Abstract**

The article is dedicated to examining the role of multimodal feedback in the process of teaching foreign language writing and speaking, as well as its impact on improving the overall quality of learning. The focus is on highlighting the features, advantages, and pedagogical potential of multimodal feedback, as well as analyzing its influence on the development of students' critical thinking and the cultivation of autonomous learning skills. Particular attention is given to exploring the prerequisites for the emergence of multimodal feedback, along with evaluating its effectiveness in foreign language teaching and in fostering students' communicative competence. The analysis conducted showed that the use of multimodal feedback contributes to a deeper understanding of the learning material, the improvement of students' writing skills, and the development of their speaking abilities. As a result of the study, the main forms of implementing multimodal feedback were identified, including online and offline interactions, which allow for enhancing the quality of the educational process and individualizing learning.

Түйін

Мақала шетел тілін оқытудың жазу және сөйлеу дағдыларына мультимодальді кері байланыстың рөлін зерттеуге, сондай-ақ оның оқыту сапасын жақсартуға әсерін талдауға арналған. Назар мультимодальді кері байланыстың ерекшеліктері, артықшылықтары мен педагогикалық әлеуетін көрсетуге, сондай-ақ оның студенттердің сыни ойлау қабілетін дамытуға және өздігінен оқыту дағдыларын қалыптастыруға әсерін талдауға аударылған. Арнайы назар мультимодальді кері байланыстың пайда болуына қажетті алғышарттарды зерттеуге және оның шетел тілін оқытудағы тиімділігін және студенттердің коммуникативтік құзыреттілігін дамытудағы рөлін бағалауға бағытталған. Жүргізілген талдау көрсеткендей, мультимодальді кері байланысты қолдану оқу материалын тереңірек түсінуге, студенттердің жазу дағдыларын жақсартуға және сөйлеу қабілеттерін дамытуға ықпал етеді. Зерттеу нәтижесінде мультимодальді кері байланысты енгізудің негізгі формалары анықталды, соның ішінде онлайн және офлайн өзара әрекеттесу, олар білім беру процесінің сапасын арттыруға және оқуды жеке тұлғаға бейімдеуге мүмкіндік береді.

Аннотация

Статья посвящена изучению роли мультимодальной обратной связи в процессе обучения письму и устной речи на иностранном языке, а также её влияния на повышение общей эффективности обучения. Основное внимание уделяется выявлению особенностей, преимуществ и педагогического потенциала мультимодальной обратной связи, а также анализу её влияния на развитие критического мышления студентов и формирование навыков автономного обучения. Особое внимание уделяется исследованию предпосылок возникновения мультимодальной обратной связи, а также оценке её эффективности в преподавании иностранного языка и развитии коммуникативной компетенции студентов. Проведённый анализ показал, что использование мультимодальной обратной связи способствует более глубокому пониманию учебного материала, улучшению навыков письменной речи студентов и развитию их устной речи. В результате исследования были определены основные формы внедрения мультимодальной обратной связи, включая онлайн- и офлайн-взаимодействия, которые позволяют повышать качество образовательного процесса и индивидуализировать обучение.

Keywords: *multimodal feedback, foreign language teaching, writing skills, speaking skills, critical thinking, autonomous learning, communicative competence, online and offline interaction, individualized learning.*

Introduction. *The main idea of multimodal feedback lies in unlocking students' potential in learning a foreign language and developing writing skills. The effectiveness of this feedback is aimed at helping students understand and assimilate the material through teacher feedback and various types of feedback. Multimodal feedback enhances the quality of comprehension in a foreign language, and as teachers, we should assist learners in mastering the material through these different forms of feedback (Hyland, K., & Hyland, F., 2006).*

It is called multimodal feedback because it considers multiple types of feedback for students. At the same time, the teacher must provide feedback in a way that ensures the student fully absorbs the material, particularly in terms of foreign language speaking and writing. This can include reviewing errors in writing or speech in real time, using various online platforms such as Zoom, or interactive boards for sharing materials, like Padlet, among others.

In the 21st century, we are moving away from traditional feedback methods, where teachers could only help students understand the material in person at a specific location. Today, more modern approaches have emerged, allowing learners to identify their mistakes and shortcomings remotely, either online or in person, while using digital platforms for visual information delivery.

A major advantage of online platforms in feedback is that students can easily record the necessary material and their own errors on video and review it later without asking the teacher again, as the teacher has already assisted the student and the session was recorded.

The essence of multimodal feedback is that we can explain information to students using all types of communication: gestures, videos, in-person meetings, online platforms, and audio, which can be listened to multiple times to fully grasp the material (Shintani, N., 2013).

Theoretical analysis. *Feedback is essential as it plays a crucial role in improving the quality of learning. Without feedback, students may encounter questions or gaps in their understanding. We can use gestures, presentations, and visual aids to make the process engaging and understandable. When it comes to multimodal feedback, we must understand that it involves conveying the essence of the material to the learner, especially when they have questions (Kress, G., 2010).*

Actually, various types of feedback have developed because people perceive and process information differently. We know that everyone has their own way of understanding information. Some learn better from written notes, others through visual aids, and some need only to hear information once for it to stick. It is important for teachers to understand this, which is why the concept of multimodal feedback has emerged. To maximize the effectiveness of multimodal feedback, we must learn to use its different forms properly, so that we can answer questions clearly and present the material effectively (Yeh, H.-C., & Lai, W.-Y., 2019).

In international teaching, we may come across the term student voices, which literally refers to "the voices of students." It emphasizes the importance of conveying information correctly and clearly. Multimodal feedback is closely linked to student motivation, and the teacher's role is to guide and motivate learners in the right direction. Motivated and disciplined students perform better, so it is essential to respond to questions clearly, concisely, and meaningfully.

Theresa Houston, a well-known psychologist in this field, asserts that good feedback helps students understand a topic and store the information in long-term memory. Providing feedback is not as difficult as it seems; the key is to make it clear so that the learner understands the essence and can apply the knowledge in writing and speaking.

It is important to find an individual approach for each student, as everyone has unique personal qualities, and as educators, we must take this into account. When giving feedback, teachers should also monitor their own speech and avoid saying anything unnecessary. As the saying goes: if you have nothing good to say, it is better to remain silent. This means that students should never be criticized or belittled for poor performance. On the contrary, they should be supported and motivated, as mentioned earlier.

It is much more pleasant to learn writing and speaking from a competent and understanding teacher, so I believe that empathy and understanding are key to effective learning and feedback. As Theresa Houston notes, kind and encouraging words during feedback increase motivation and improve learning outcomes.

In her book Feedback, Houston emphasizes that feedback should be delivered in a way that no one feels hurt while correcting mistakes. Just as explosive rockets can be dangerous, harsh words can be damaging. She means that feedback should be understanding and humane. In today's world, with so many ways to deliver information and feedback, we must prioritize understanding. Even if a student does not grasp something on the first or second attempt, it is our responsibility to ensure effective learning. This can only be achieved through a humane and supportive approach. There are moments when a

teacher genuinely wants to do their best, yet the feedback provided has no real impact on the student, resulting in zero effectiveness. This often depends on how the teacher delivers remarks and provides feedback.

It is known that learners experience feedback more intensely than the person giving it in this case, the teacher. Therefore, it is crucial for teachers to ensure a comfortable and pleasant environment, with well-prepared presentations and engaging audio materials for feedback. Students should feel confident that even if they don't grasp the information the first time, they can always ask for clarification a second or even third time. After all, a teacher is, first and foremost, a mentor (Saito, K., 2007).

Providing feedback in the 21st century is arguably much easier than it was in the past. Today, there are many multimodal tools and resources available for this purpose. Feedback surrounds us in many ways, but that does not always guarantee its effectiveness. Discussing pressing questions can be challenging not only for students but also for teachers, as they must consider the unique personality traits of each learner individually.

If a teacher learns to use multimodal feedback effectively, it can significantly increase a student's engagement and productivity, particularly in writing and speaking. How does this work in practice? For example, when students have questions about speaking a foreign language fluently and confidently, a teacher can prepare core materials or helpful hints in the form of a presentation. After receiving feedback, the student can review these tips and advice at any convenient time. Examples of such resources might include: "Improving Vocabulary for Writing an Essay in English", "Basic Words for IELTS Preparation", "Common Mistakes in Expressing Thoughts in a Foreign Language", "Essential Idioms for Fluent and Expressive Speech".

The teacher can prepare these materials in advance, as concise and visually appealing presentations or videos, and share them with students, who can then review them at any time. If something remains unclear, the student can ask the teacher for clarification. For multimodal feedback to be truly effective, the teacher must be ready to engage in interesting, interactive dialogue. Feedback is not a one-way process; an engaged, two-sided conversation is essential. The teacher stimulates the student's interest, and the student responds by participating in the dialogue (Henderson, A., & Jarvis, H., 2020).

For instance, if students struggle to understand the English auxiliary verbs do, does, did, don't, the teacher might begin by telling a short story about how these auxiliary verbs came to exist in the English language. This narrative sparks curiosity and draws the student into the discussion, making the subsequent explanation more engaging and memorable.

Moreover, to improve both spoken and written English, teachers should provide feedback as often as possible in the target language. Translation should be used only when genuine misunderstanding occurs. This approach helps learners become accustomed to English speech, and the more frequently feedback is given in English, the faster their language skills improve. Feedback, in this sense, also serves as a practical learning exercise. Finally, to capture a student's interest, feedback should be enhanced with gestures and facial expressions when explaining a topic. This multimodal approach ensures that students are actively engaged in the learning process and become more involved in the discussion (Lee, I., 2008).

Experimental part. *Text-based feedback can take the form of short tasks on a specific topic that help us assess whether the learner has understood the material. For example, we might ask a student to explain the meaning of certain idioms and share their thoughts about them. This allows us to observe the student's critical thinking and how they respond to the question. Even if their answer contains mistakes, we can clarify the correct information in a designated feedback section. In this way, the student can keep a sheet with accurate answers and review it anytime if they forget a rule or vocabulary item. As we can see, this is the most standard type of feedback.*

Now let us turn to audio feedback.

With the growth of social platforms, we can easily connect with students online and provide explanations through audio. One of the advantages of this type of feedback is that students can listen to correct pronunciation. Text-based feedback in foreign language learning and writing is considered one of the key tools for developing learners' language competence. It refers to written comments that teachers provide on students' work, aimed at improving grammatical accuracy, lexical richness, structural coherence, and overall communicative effectiveness. This form of feedback helps students recognize common errors, discover alternative ways of expressing their ideas, and gradually develop self-editing and proofreading skills, making it an essential element in building writing proficiency in a foreign language.

The effectiveness of text-based feedback has been confirmed by numerous studies in second language acquisition and writing pedagogy. The most beneficial feedback is regular, consistent, and focused on specific linguistic categories. A particularly effective approach combines direct and indirect feedback:

direct feedback helps students quickly learn the correct form, while indirect feedback encourages independent thinking and the development of personal editing strategies. Coded feedback where errors are marked using specific symbols or abbreviations has also proven useful. This method fosters metacognitive skills, as learners learn to identify their own errors and categorize them by type.

Equally important is the developmental aspect of feedback, which includes recommendations for improving text structure, logical argumentation, style, and overall organization. Such comments deepen students' understanding of genre conventions and support them in enhancing not only individual linguistic elements but also their overall approach to completing writing tasks.

Audio-modal feedback is valuable because it allows teachers to explain all errors online through audio messages that students can listen to more than once. During an audio recording, teachers can also clarify pronunciation and grammar.

Audio feedback is a format of pedagogical commentary in which the instructor records a voice message containing explanations, recommendations, and an analysis of the student's work. In the context of foreign language learning and writing, this type of feedback is particularly valuable, as it combines informativeness, emotional support, and the naturalness of spoken language. Unlike written comments, audio feedback conveys intonation, pace, pauses, and other paralinguistic features that help students better understand the instructor's remarks and perceive criticism as softer and more constructive. Since it is often easier for teachers to speak than to write long explanations, audio feedback tends to be more detailed, richer, and deeper in content. It allows for expanded explanations of grammatical, lexical, and structural errors, provides examples, clarifies context, and offers additional motivation for learners to improve their writing.

One of the key advantages of audio feedback is the sense of the teacher's presence. Students often perceive voice comments as personal communication, which increases trust and emotional engagement. This format fosters a positive attitude toward error correction, strengthens learners' confidence in their abilities, and makes the learning process more individualized.

Results. The use of multimodal feedback led to clear improvements in learners' writing and foreign-language production. Students showed better accuracy and more effective revisions after receiving audio, visual, and text-based comments. They also reported higher motivation and found the feedback easier to understand than traditional written notes. Additionally, learners became more independent in applying corrections and monitoring their own progress. Overall, multimodal feedback contributed to stronger language performance and greater engagement in the learning process.

Conclusion. Multimodal feedback in teaching writing and foreign-language communication is an effective pedagogical approach that integrates visual, auditory, textual, and interactive modes of interaction. This type of feedback provides learners with a clearer, more comprehensive, and more personalized understanding of their errors and the ways to correct them. By engaging multiple channels of perception, multimodal feedback enhances motivation, increases engagement, and supports deeper assimilation of linguistic material.

The use of audio comments, video explanations, visual annotations, interactive prompts, and demonstrations makes feedback more flexible and adaptive, while also bringing the learning process closer to real communicative situations. As a result, learners develop not only linguistic accuracy but also communicative competence the ability to understand and use language across different media environments.

References

- 1 Hyland, K., & Hyland, F. Feedback on Second Language Students' Writing // *Language Teaching*. - 2006. - № 39(2). - P. 83-101.
- 2 Shintani, N. The Effects of Written Feedback and Revision on Learners' Written Accuracy // *Language Teaching Research*. - 2013. - № 17(4). - P. 495-517.
- 3 Kress, G. *Multimodality: A Social Semiotic Approach to Contemporary Communication*. - New York: Routledge, 2010. - 212 p.
- 4 Yeh, H.-C., & Lai, W.-Y. Exploring the Impact of Teacher-Student Interaction through Multimodal Feedback on EFL Writing // *Computer Assisted Language Learning*. - 2019. - № 32(7). - P. 645-671.
- 5 Saito, K. Effects of Audiovisual Feedback on the Improvement of Second Language Pronunciation // *Applied Psycholinguistics*. - 2007. - № 28(4). - P. 553-584.
- 6 Henderson, A., & Jarvis, H. The Role of Digital Tools and Multimodal Feedback in Developing L2 Speaking Skills // *System*. - 2020. - № 93. - 102300.

7 Lee, I. *Teacher Written Feedback: Voices from EFL Secondary Classrooms // Language Teaching Research*. - 2008. - № 12(2). - P. 199-216.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE TOOLS IN ENHANCING STUDENTS' CRITICAL THINKING AND PROBLEM-SOLVING SKILLS

Shakhnoza Rustemova

*Department of Philology, South Kazakhstan Pedagogical
University named after Ozbekali Zhanibekov*

1. Introduction

In recent decades, artificial intelligence (AI) has transitioned from an emerging technological concept to a transformative force shaping nearly every aspect of modern education. Its integration into teaching, learning, and assessment processes has introduced innovative methods that enhance both the efficiency and quality of instruction. AI-driven platforms are no longer limited to assisting with routine academic tasks — they now play a critical role in supporting students' cognitive and professional development.

Within educational settings, AI contributes not only to improved academic performance but also to the cultivation of higher-order cognitive skills such as critical thinking, creativity, analytical reasoning, and effective problem-solving. These competencies are increasingly essential in the rapidly evolving labor market of the 21st century, where adaptability, digital literacy, and innovative approaches to complex challenges are highly valued.

This article explores how AI tools promote the development of students' critical thinking and problem-solving abilities. It examines their mechanisms, practical applications, pedagogical benefits, and the challenges associated with their implementation.

2. AI and Critical Thinking Development

AI-powered educational systems are designed to stimulate deeper intellectual engagement by presenting students with nuanced, open-ended tasks that require comprehensive reasoning. Intelligent tutoring systems, AI-supported debate tools, and automated argument analysis platforms encourage learners to interpret information, evaluate evidence, detect logical inconsistencies, and draw reasoned conclusions.

Furthermore, AI exposes students to diverse perspectives and alternative explanations that broaden their analytical lens. By comparing viewpoints and assessing the credibility and relevance of information, students develop essential components of critical thinking, including:

- logical and structural analysis of arguments,*
- evidence-based reasoning and judgment,*
- identification of biases and conceptual gaps,*
- reflective evaluation of one's own decision-making processes.*

Through continuous interaction with AI, learners refine their ability to question assumptions, examine sources critically, and articulate well-supported arguments.

3. AI for Enhancing Problem-Solving Skills

AI technologies also serve as effective tools for strengthening students' problem-solving abilities. Interactive environments — such as virtual laboratories, advanced simulations, and adaptive learning systems — allow students to experiment with variables, test hypotheses, and observe results in real time. These platforms encourage active exploration and foster a scientific approach to tackling challenges.

Intelligent feedback mechanisms play a crucial role as well. They do not simply highlight errors; they guide students through the logic behind correct solutions, helping them understand the principles governing each task. This step-by-step guidance strengthens strategic thinking, enabling learners to:

- break complex problems into manageable components,*
- analyze multiple potential solutions,*
- evaluate outcomes and adjust strategies,*
- transfer problem-solving methods across different subjects or contexts.*

As a result, students develop more structured, systematic, and independent approaches to academic and real-world challenges.

4. Pedagogical Benefits and Challenges of AI Integration

The integration of artificial intelligence into contemporary education offers a wide range of pedagogical advantages that significantly enrich teaching and learning processes. AI-driven systems allow educators to shift from uniform, traditional methods to more flexible, personalized, and data-informed

approaches. These technological innovations create conditions in which students can develop higher-order thinking skills more effectively and engage with academic material at a deeper cognitive level.

One of the most significant pedagogical benefits of AI is its ability to enable personalized learning. Adaptive platforms analyze students' performance, learning styles, and progress patterns, adjusting the difficulty of tasks, the pace of instruction, and the types of resources provided. Such individualized learning pathways ensure that students receive appropriate levels of challenge, reducing frustration for struggling learners and preventing stagnation for advanced students. Personalization also supports the development of autonomy and intrinsic motivation, as learners gain a clearer understanding of their own academic needs and strengths.

A second major advantage is the provision of instant and continuous feedback. Traditional classroom environments often limit the frequency and detail of feedback due to time constraints. In contrast, AI systems deliver immediate, targeted responses that help students correct misconceptions, analyze errors, and refine their reasoning in real time. This type of feedback is crucial for the development of critical thinking and problem-solving skills, as it encourages students to reflect, revise, and strengthen their analytical strategies.

Furthermore, AI contributes to data-driven instruction, providing educators with comprehensive analytics about student performance, engagement, and learning patterns. Teachers can use these insights to identify learning gaps, adjust lesson plans, differentiate instruction, and provide timely interventions. In this sense, AI serves as a powerful tool for enhancing pedagogical decision-making and promoting more equitable learning environments.

AI also enhances student engagement and motivation. Interactive tools such as gamified learning platforms, virtual labs, and immersive simulations make learning more dynamic, collaborative, and appealing. These environments enable students to experiment, explore scenarios, and visualize complex concepts, thereby deepening understanding and strengthening cognitive skills.

Despite these substantial benefits, the integration of AI into education presents several critical challenges that require careful management. One key concern is the potential over-reliance on automated systems, which may unintentionally diminish students' ability to think independently. If learners depend too heavily on guided solutions or automated feedback, they may struggle to develop original ideas or solve problems without technological assistance. Ensuring that AI complements rather than replaces human reasoning is essential.

Another challenge relates to technological inequality, often referred to as the digital divide. Not all students or educational institutions have equal access to high-quality devices, stable internet, or advanced AI tools. This disparity can lead to unequal learning opportunities, further widening existing educational gaps. Ensuring equitable access to technology must remain a priority for policymakers and institutions.

Ethical considerations also play a crucial role. Issues such as data privacy, security, and algorithmic bias must be addressed through transparent policies, responsible data management, and continuous monitoring. The use of student data, if handled improperly, can lead to privacy risks or unfair academic evaluation. Additionally, AI algorithms trained on biased datasets may perpetuate stereotypes or preferential treatment, affecting student outcomes.

Finally, the successful adoption of AI depends on teacher preparedness. Many educators require ongoing professional development to effectively integrate AI tools into their instruction. Without adequate training, teachers may underutilize AI or misinterpret its analytical outputs, limiting its potential benefits. Schools and universities must therefore invest in both technological infrastructure and comprehensive professional training programs to ensure that educators feel confident and competent using AI-enhanced pedagogies.

In summary, while AI provides powerful opportunities to transform education by enhancing personalization, engagement, and cognitive development, its successful integration requires thoughtful planning, ethical oversight, equitable access, and strong teacher support. Only by addressing these challenges can educational systems fully harness the potential of artificial intelligence to improve learning outcomes and foster the development of essential 21st-century skills.

Conclusion

Artificial intelligence represents one of the most influential technological advancements shaping modern education, and its potential for developing students' critical thinking and problem-solving skills is increasingly evident. Through a wide range of tools — from adaptive learning platforms and intelligent tutoring systems to virtual simulations and analytical feedback engines — AI provides learning environments that foster deeper cognitive engagement. These technologies encourage students to question

assumptions, analyze complex information, and apply structured reasoning in both academic and real-world contexts.

AI's capacity to personalize learning experiences is especially valuable for supporting intellectual growth. By adjusting the difficulty, pacing, and format of tasks, AI systems help students develop at a level appropriate to their individual needs, ensuring that opportunities for cognitive challenge are neither overwhelming nor insufficient. This personalized approach allows learners to progress through increasingly complex reasoning processes, ultimately strengthening their independence, creativity, and analytical precision.

Moreover, AI-driven feedback mechanisms contribute to the refinement of problem-solving skills by highlighting not only incorrect answers but also the logical steps required for improvement. Students are encouraged to experiment, test hypotheses, and revise their strategies based on real-time insights — a process similar to scientific inquiry. Such iterative learning helps them internalize systematic approaches to addressing challenges, which are essential competencies in higher education and professional environments.

Despite its considerable benefits, the integration of AI into education requires careful, responsible implementation. Issues such as unequal access to technology, the risk of excessive reliance on automated systems, concerns about data privacy, and the presence of algorithmic bias must be thoroughly addressed. Ensuring that educators are equipped with the necessary digital literacy and pedagogical skills is equally important, as the effectiveness of AI largely depends on how well it is aligned with human instruction and curriculum goals.

In conclusion, while AI is not a replacement for human teachers, it serves as a powerful pedagogical partner that can significantly enhance the development of higher-order thinking skills. When integrated thoughtfully and ethically, AI enriches learning experiences, promotes intellectual autonomy, and prepares students for participation in an increasingly digital and knowledge-driven global society. Its continued evolution and responsible adoption hold the promise of transforming education into a more innovative, equitable, and intellectually stimulating domain for future generations.

References

1. Baker, R. S., & Siemens, G. (2014). Educational data mining and learning analytics. In K. Sawyer (Ed.), *The Cambridge Handbook of the Learning Sciences* (2nd ed., pp. 253–274). Cambridge University Press. <https://doi.org/10.1017/CBO9781139519526.016>
2. Bower, M. (2019). *Design of Technology-Enhanced Learning: Integrating Research and Practice*. Emerald Publishing. <https://books.emeraldinsight.com/page/detail/Design-of-Technology-Enhanced-Learning/?k=9781787543264> <http://go.microsoft.com/fwlink/p/?LinkId=255141>
3. Holmes, W., Bialik, M., & Fadel, C. (2019). *Artificial Intelligence in Education: Promises and Implications for Teaching and Learning*. Center for Curriculum Redesign. <https://curriculumredesign.org/wp-content/uploads/Artificial-Intelligence-in-Education-Promises-and-Implications.pdf> <http://go.microsoft.com/fwlink/p/?LinkId=255141>
4. Luckin, R., Holmes, W., Griffiths, M., & Forcier, L. B. (2016). *Intelligence Unleashed: An Argument for AI in Education*. Pearson. <https://www.pearson.com/content/dam/corporate/global/pearson-dot-com/files/innovation/IntelligenceUnleashed.pdf>
5. Norvig, P., & Russell, S. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach* (4th ed.). Pearson. <https://www.pearson.com/en-us/subject-catalog/p/artificial-intelligence-a-modern-approach/P200000003361/9780134610993>
6. Popenici, S. A. D., & Kerr, S. (2017). Exploring the impact of artificial intelligence on teaching and learning in higher education. *Research and Practice in Technology Enhanced Learning*, 12(1), 1–13. <https://doi.org/10.1186/s41039-017-0062-8>
7. Seldon, A., & Abidoye, O. (2018). *The Fourth Education Revolution: Will Artificial Intelligence Liberate or Infantilise Humanity?* University of Buckingham Press. <https://www.ubpbooks.com/product/the-fourth-education-revolution/>
8. Zawacki-Richter, O., Marín, V., Bond, M., & Gouverneur, F. (2019). Systematic review of research on artificial intelligence applications in higher education. *International Journal of Educational Technology in Higher Education*, 16(39), 1–27 <https://doi.org/10.1186/s41239-019-0171-0>

Philosophical sciences

UDC 140.8+530.1+378.1+330.366(477+100)

ON THE FORMATION OF THE INTELLECTOSPHERE-XXI ON THE EXAMPLE OF ARCHAEOLOGY-XXI AS AN EXACT SCIENCE OF THE TRUE PREHISTORY AND FUTURE OF HUMANITY AND UKRAINI- ANS

Kostiantyn Korsak

Doctor of Philosophy, professor,

Candidate of Physical and Mathematical Sciences,

Yuri Korsak

Candidate of Philosophical Sciences,

Senior Researcher at the Institute of Higher Education
of the National Academy of Pedagogical Sciences of Ukraine,
Kyiv, Ukraine

ПРО ФОРМУВАННЯ ІНТЕЛЕКТОСФЕРИ-XXI НА ПРИКЛАДІ АРХЕОЛОГІЇ-XXI ЯК ТОЧНОЇ НАУКИ ПРО ПРАВДИВУ PREHISTORY І МАЙБУТНЄ ЛЮДСТВА ТА УКРАЇНЦІВ

Корсак Костянтин Віталійович

доктор філософських наук, професор,

кандидат фізико-математичних наук,

фрілансер

Корсак Юрій Костянтинович

кандидат філософських наук, старший науковий співробітник,

Інститут вищої освіти Національної академії педагогічних наук,

Київ, Україна

Abstract

The authors propose a new concept for the world of Sciences & Arts, the "*Intellectosphere-XXI*", as an improvement of the previous scientific vocabulary from the 19th-20th centuries. We follow the progress of science and technology and back in 2000, in the stream of nanotechnologies, we noticed the first two ecologically ideal processes (nanophotocatalysis and bacterial production of bioplastics). They provide humanity with what it needs and at the same time cure the biosphere from accumulated industrial damages. This is the first reliable means of saving humanity from death (from the Collapse-XXI). We called them *nootechnologies*.

The prefix "noo" is prohibited in the West for the world of Sciences & Arts, which hinders the progress of humanity. We criticize this mistake and, in order to spread innovations, we recommend equivalent terms for Sciences & Arts: *nootechnologies + noosciences = wisetechnologies + wisesciences*. The article contains evidence of the development of three global noo-revolutions: No. 1 — replacement of destructive processes with eco-ideal noo-technologies, No. 2 — saturation of the sphere of humanitarian knowledge with instrumental measurements and facts, No. 3 — progress in the development of Artificial Intelligence. On this basis, we propose to develop *noofuturology* as a variant of accurate prediction of the future and the basis for the formation of the Intellectosphere-XXI as a space of stable symbiosis of humanity and the biosphere.

The article provides an example of using the idea of the *Intellectosphere-XXI* for the development of *archaeology-XXI* as an exact science that began to provide facts from the Prehistory of all mankind and Ukrainians. For the first time, we offer a true "*History of Ukraine-2025*" from the moment of the appearance of carriers of Ukrainian genes to the end of the XXI century. This history-2025 contains evidence that Ukrainians made a particularly great contribution to saving humanity in moments of crisis and saved it or offered a path to salvation four times: 1) the transition from cannibalism to humanism (Middle East, 13,500 — 9,000 years ago); 2) the formation of the entire "Indo-Europeanism" (Trypillia and Greater Trypillia, 7,000 — 3,000 years ago); 3) the invention of the first monotheistic, global and universal religion of Zoroastrianism (Zarathushtra, 3,700 years ago); 4) the proposal to save humanity through the

construction of the noosphere (V.I. Vernadsky, 1922-1945). Today, Ukrainians continue to save the world from barbarism and destruction on all fronts, offering **noospirituality**. The application of the true "History of Ukraine-2025" will facilitate the post-war restoration of the Fatherland and ensure its success at future "Peace Summits".

Анотація

Автори пропонують нове для світу Sciences & Arts поняття «Інтелектосфери-XXI» як удосконалення попередньої наукової лексики з XIX-XX століть. Ми стежимо за прогресом наук і технологій, а тому ще в 2000 році в потоці нанотехнологій помітили два перші екологічно ідеальні процеси (нанофотокаталізацію і бактеріальне виробництво біопластиків). Вони надають людству потрібне і одночасно виліковують біосферу від накопичених індустріальних пошкоджень. Це перший надійний засіб порятунку людства від загибелі (від Колапсу-XXI). Ми назвали їх **ноотехнологіями** — **nootechnology**.

Префікс «ноо-» на Заході заборонений для світу Sciences & Arts, що гальмує прогрес людства. Ми критикуємо цю помилку і для поширення інновацій рекомендуємо для Sciences & Arts еквівалентні терміни: **мудротехнології + мудронауки = wisetechnologies + wisesciences**. Стаття містить докази розвитку трьох глобальних ноореволюцій: №1 — заміна деструктивних процесів на екоідеальні ноотехнології, №2 — насичення сфери гуманітарних знань інструментальними вимірами і фактами, №3 — прогрес у розвитку Штучного інтелекту. На цій основі ми пропонуємо розвивати **ноофутурологію** як варіант точного передбачення майбутнього і основу формування Інтелектосфери-XXI як простору стійкого симбіозу людства і біосфери.

У статті наведено приклад використання ідеї Інтелектосфери-XXI для розвитку археології-XXI як точної науки, що розпочала надавати факти з Prehistory всього людства та українців. Ми вперше пропонуємо правдиву «Історію України-2025» від моменту появи носіїв українських генів і до кінця XXI ст. Ця історія-2025 містить докази того, що українці зробили особливо великий внесок у порятунок людства в моменти криз і чотири рази рятували його чи пропонували шлях порятунку: 1) перехід від канібалізму до гуманізму (Близький Схід, 13 500 — 9 000 років тому); 2) формування всього «індоєвропейства» (Трипілля і Велике Трипілля, 7 000 — 3 000 років тому); 3) винахід першої монотеїстичної, глобальної та універсальної релігії зороастризму (Заратуштра, 3 700 років тому); 4) пропозиція порятунку людства через побудову ноосфери (В.І. Вернадський, 1922-1945). Сьогодні українці продовжують на усіх фронтах рятувати світ від варварства і загибелі, пропонуючи нооодуховлення. Застосування правдивої «Історії України-2025» полегшить післявоєнне відновлення Вітчизни та забезпечить її успіхи на майбутніх «Самітах миру».

Keywords: evolution of Homo Sapiens, crisis of humanity, danger of death, intellectosphere, noosphere, 4th noowave, noosciences and nootechnologies, three meganoorevolutions, megafeats of carriers of Ukrainian genes, archeology-XXI, true "History of Ukraine-2025".

Ключові слова: еволюція Homo Sapiens, криза людства, небезпека загибелі, інтелектосфера, ноосфера, 4-та ноохвиля, ноонауки і ноотехнології, три меганоореволюції, мегаподвиги носіїв українських генів, археологія-XXI, правдива «Історія України-2025»

1. ВСТУП

1.1. Проблематика, огляд сучасності, стан досліджень

Ми виходимо з припущення, що IV Міжнародна наукова конференція «The Future of Intelligence: Human, Artificial, Collective» у федеральній столиці Швейцарії Берні є спеціалізованим заходом, скерованим на пошуки пропозиції порятунку понад восьми мільярдів сучасних «подвійно розумних Ното (надалі — HSS)» від впевнено передбаченої майже десятками мільйонами сучасних науковців PhD-рівня неминучої загибелі — Колапсу-XXI у другій половині нашого століття (дуже детально це пояснено у впливовій «трилогії» [1], а висновки з її третього тому переконливо висловлено в інтерв'ю Д. Медоуза [2]).

Ця стаття містить виклад знайдених нами незаперечних доказів помилковості цього прогнозу, адже у даний момент існують перші десятки екологічно ідеальних **мудропроцесів**

(ноотехнологій, *wisetechnologies*), що надають HSS потрібне й одночасно розпочали виліковувати довкілля від усіх накопичених індустріальних пошкоджень.

Одна з головних проблем людства полягає у відторгненні наших ноопропозицій. Їх не вважають серйозними через вплив переконання в тому, що всі винаходи Ното були і залишаються деструктивними й гарантовано шкідливими для біосфери (утримуємось від наведення подібних тверджень, які ми отримали від Міністерства науки та освіти України й багатьох інших державних установ та НДІ). Видавці Заходу взагалі жодного разу не відповіли на наші пропозиції поширити інформацію про ноонауки і ноотехнології. І це мовчання триває вже майже чверть століття.

Нещодавно ми здійснили поглиблене дослідження того, як сучасне людство оцінює свій стан, аналізує загрози і планує майбутнє. Для цього ми уважно вивчили всі доступні матеріали про великі наднаціональні форуми, конгреси, конференції, зібрання, засідання, саміти, «круглі столи» (у Давосі, G7, G20, ООН і т.д.) за 2022-2025 роки. Загалом у них взяли участь приблизно чверть мільйона лідерів держав, провідних політиків та економістів, кращих науковців, журналістів, професійних експертів та інших фахівців.

В усіх випадках організатори та учасники намагалися вирішити три завдання — оцінити сьогодення, скласти рейтинговий перелік загроз для HSS та відшукати шляхи і засоби порятунку. Завжди успішно «вирішували» перше завдання з використанням різноманітних термінів і слів. Доволі рідко (як Давос-2025) складали рейтингові переліки сучасних і майбутніх небезпек, але жодного разу (ніколи!) не запропонували реальних та ефективних засобів ліквідації загрози Колапсу-XXI, ніколи не вказали способів «виліковування» біосфери від пошкоджень і досягнення якісного та безпечного життя все більшого за своєю чисельністю людства з його зростанням на дві особи щосекунди.

Зазвичай у дискусіях про порятунок людства пропонували «тотальне позеленіння» — перехід на біопаливо і «природне харчування», захист біосфери через перетворення в національні парки значної частини суходолу, активність 24/7 у захисті від «смертельного» (це термінологія ООН) глобального потепління, яке насправді вже аж на третину підвищило продуктивність біосфери і зумовило помітне навіть з космосу розширення зелених теренів. Найбільш переконливим прикладом такої помилкової оцінки сьогодення ми вважаємо «Попередження-2 [3]» аж 15 364 фахівців-біологів зі 184 країн світу, з яких ніхто не вказав на існування та збільшення кількості екологічно ідеальних і рятівних бактеріальних та інших ноопроцесів отримання їжі та потрібних речовин без пошкодження біосфери.

Наше пояснення сучасного перебування людства у стані кризи (точніше — повного розпаду) просте: задані вище учасники світових конференцій і навіть футурологи ігнорують пораду провідного історика XX ст. француза Фернана Броделя (1902-1985) робити прогнози розвитку великих та дуже великих систем на основі **всіх знань людства**, адже використання однієї-двох наук зробить їх, як мінімум — неякісними, як максимум — помилковими. Ми десятки років цінуємо цю пораду і стежимо на відомих нам мовах та в усіх доступних джерелах за **найновішими** відкриттями і технологічними досягненнями. У цій статті ми не використовуємо навіть останні варіанти програм Штучного інтелекту (ШІ), адже вони не задовольняють «броделівську» вимогу. Сподіваємося на те, що колись ШІ стане досконалішим і набагато краще допомагатиме HSS в їх інтелектуальній діяльності.

1.2. Мета, завдання, методи, джерела, результати

Головна мета статті полягає у доведенні існування рятівних для людства технологій та в пропозиції їх офіційного визнання на рівні державно-стратегічних законів зі скеруванням на розвиток ноонаук і застосування їх досягнень хоча б 1/10 тих ресурсів, які очевидно «немудрі» HSS скеровують сьогодні на підтримку наявних війн та інших конфліктів та підготовку до III світової війни у конкуренції за рештки природних ресурсів.

Завдання детерміновані вказаною метою, програмою конференції в Берні та громадянськими обов'язками авторів статті в захисті співвітчизників від умов воєнного стану та підвищення їх психологічної стійкості для остаточної перемоги «на всіх фронтах». З цієї причини стаття виразно поділяється на «глобалістичну частину» для пропозицій порятунку всього людства, а також на спробу створення і викладу «Правдивої історії України-2025», в якій ми виконуємо пораду Ф. Броделя щодо використання якомога більшої кількості сучасних наукових знань всього людства.

Одразу ж здійснимо вступну спробу виконати і мету, і завдання. Для цього упродовж багатьох років ми створювали і на основі нових світових відкриттів удосконалювали схему на рис. 1 еволюції всього людства з наголосом на шляхах його порятунку від Колапсу-XXI.

Для нас витоком створення рис. 1 стало намагання ефективного пояснення головних футурологічних та інших ідей відомого американського науковця Е. Тоффлера (1928-2016) щодо еволюції та майбутнього всього людства ([4; 5] та ін.). Першим нашим кроком стало внесення в рис. 1 виявленої нами четвертої цивілізаційної ноохвилі, зумовленої появою і збільшенням кількості екологічно ідеальних ноотехнологій і пов'язаних з ними ноонаук, а останнім — наголоси на розвиток на планеті вказаних «над сходинок» трьох грандіозних меганоореволюцій зі «зміними всього» та короткий перелік кількох рятівних для людства «мегаподвигів», здійснених носіями українських генів. Детальніші пояснення робитимемо нижче у разі звернення до рис. 1.

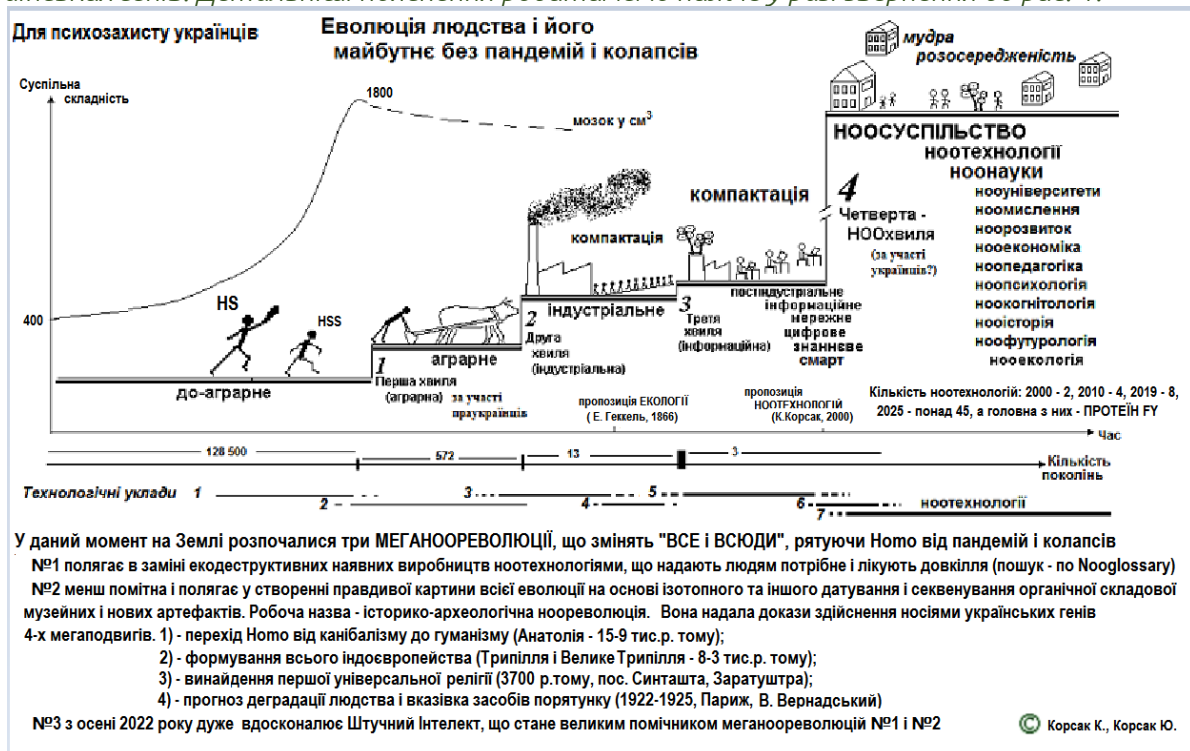


Рис. 1. Удосконалена на основі «світових знань-2025» модель еволюції людства

У методології ми використовуємо ефективне поєднання відомих і досконалих класичних методів отримання якісної наукової продукції з концентрацією на пошані до принципу глобального еволюціонізму та виконанні порад Ф. Броделя (1902-1985) щодо використання всіх знань HSS. Для цього враховуємо рекомендації наших попередників і власні ноонаукові й інші відкриття. Радимо поглянути і використати нашу нооенциклопедію **Nooglossary**, що містить понад 200 «ноо-термінів з майбутнього» ([6; 7] та інші), на яку ми отримали авторські Свідоцтва. Ми продовжуємо вдосконалювати **Nooglossary**. Одночасно не забуваємо про власні методологічні знахідки, рекомендуємо студентам використовувати три з них:

- 1) уникати негативного впливу ефекту «п'яти сліпих»;
- 2) щоденно боротися з ефектом з «хоттабізації» і виконувати пораду Ф.Броделя;
- 3) концентрувати інтелект на усуненні небезпеки «вівсяного ефекту».

Перший ефект відомий усім з часів «долітописної Індії»: сліпці долоньками доторкнулися до такого ж розміру ділянок поверхні слона і зробили феноменально помилкові висновки щодо загальних обрисів істоти. У сучасній Україні цей ефект найпомітніший у працях тих осіб, які пропонують перенести до нас якісь мікроскопічні фрагменти «зарубіжного досвіду» у вихованні, освіті, стратегічному плануванні та ін.

Бородатий чаклун «Хоттабич» (головний герой книги [8]) дав нам уроки помилкових міркувань і планування через свою надмірну переконаність в істинності тих відомих йому молодості знань і поглядів, що побутували на Близькому Сході у «долітописний період». Цей ефект є головним ворогом тих аналітиків і футурологів, які переконані мало не у вічності й незмінності того, що вони вивчили у молодості. Подолати загрозу «хоттабізації» легко —

досить старанно і безперервно стежити за найновішими відкриттями і головними технічними досягненнями (щоправда, слід навчитися розмежовувати фейки і надійну інформацію).

Третій — вівсяний ефект — горішок досить міцний і непоступливий. Цей термін ми пропонуємо для позначення тих відкриттів і досягнень, які неминуче вигулькнуться через ... років з тієї причини, що вже сформувалися **ембріональні зони цих відкриттів** і загострюється потреба в їх використанні. Ці два слова ми винайшли для себе і студентів у процесі дослідження витоків індустріального суспільства в Європі. Кращі економісти-футурологи тих часів територією прогресу вважали вузькі смужки берегів морів і судноплавних рік, місцем безнадії — все інше. Вони слушно вказували, що водний транспорт легко забезпечить роботу металургійних чи інших заводів довільних розмірів. А віддалені від рік терени ніколи не стануть промисловими центрами, бо поля Європи надто малі для забезпечення вівсом десятків мільйонів коней. Вони не стежили за головними технічними досягненнями свого часу і не зауважили перспективи поєднання коліс і парових машин, які зумовили появу залізничного транспорту і народження промислових центрів у глибинах континентів. Сьогодні це явище відчутне в переконанні у вічності морського транспорту і намірах розпочати спорудження нових каналів між океанами.

Тимчасом навіть невелике вдосконалення 3D-принтерів (реплікаторів) ліквідує тимчасове явище виготовлення і перевезення «всього потрібного» з Китаю. Ми врахували це явище в тих публікаціях ([9] та ін.), де пропонуємо вберегти всіх HSS від загрози поширення смертельних пандемій через попереднє швидке і не надто витратне забезпечення всіх груп HSS «комплексом самозабезпечення» з отриманням від нього зв'язку, електрики, їжі й багато чого іншого для «карантинного життя» на час, необхідний для виготовлення щеплень.

Про «джерельну базу». Засвідчивши в поясненні методології цієї статті наявні межі нашого інтелекту, вкажемо на вимушене використання надзвичайно великої кількості різноманітних джерел на кількох мовах. Ми відмовимося від наведення навіть найцінніших у бажанні зробити текст статті з фактами і порадами в міні-додаток до рубрики References.

Щодо **очікуваних результатів** ми змушені змиритися з песимістичним передбаченням — ця стаття не викличе всепланетної цікавості через «надмірну» важливість наших відкриттів і пропозицій, які «набагато випереджають свій час». Лишається сподіватися на те, що урятуємося від повторення долі видатного німецького біолога Е. Геккеля (згаданий на рис. 1), який так і не дочекався того, що загаль HSS помітить, визнає і активно використає відкриті ним ще в 1866 році екологічні науки. Цей наш міні-оптимізм спирається не стільки на кількість і значення наших відкриттів, скільки на їх форсмажорну (безмежно непереборну) актуальність для HSS в його усвідомленому бажанні урятуватися від загибелі.

2. Перший отриманий результат — шлях порятунку HSS від загибелі

2.1. Вимушені термінологічні пояснення

Будемо спиратися на переконання в неможливості правильного передбачення майбутнього у разі відмови від «слів з майбутнього» і використання тільки того лексикону, що заповнював енциклопедії та інші джерела інформації до 2000 року. Заперечимо також доволі поширене твердження про «цілковиту неможливість передбачення майбутнього» на основі двох тез:

1) головний мозок сучасного HSS розвинувся зі стану мембранних реакцій ще без'ядерних клітин у перших кілометрах літосфери (скоротимо статтю, утримавшись від пояснень) **в органі для достатньо правильної та рятівної реакції на всі ті можливі події в оточенні, що ще не сталися;**

2) Ното передбачає близьке майбутнє практично безперервно (особливо — уві сні), тому тотальний песимізм і майже заборону планувати майбутнє ми переконано вважаємо помилковими. Для «подовження» часу придатності наших прогнозів ми винайшли власні методичні засоби і використовуємо поради не тільки Ф. Броделя, а й інших корифеїв.

Наведемо частину важливих висновків з наших оцінок Ното, законів роботи його головного мозку та нервової системи, впливу на прийняття ним рішень і дій генетично успадкованих програм часів існування як частини фауни та тих моральних та інших взірців, які кожен HSS отримує в процесі дорослішання від свого родинного і всього соціального оточення. Ми опублікували чимало статей з відповідями на подібні запитання ([10-12] та ін.), а тут вкажемо тільки частину того, що добре узгоджується з тематикою конференції «The Future of Intelligence: Human, Artificial, Collective».

Йдеться про значення «ключових понять і термінів». У 2018 році ми разом з магістром-психологом Оленою Бойчук опублікували статтю «Аналіз сучасних наукових даних у темі "інтелект

людства» [13]. Нас цікавило, чи існує насправді «інтелект людства» і чи є можливість використати його для ліквідації загрози Колапсу-XXI.

Достатньо високий рівень Інтернету-2018 спонукав нас розпочати не з бібліотечних фондів, а з пошуку по «intelligence of humanity». Англomовна Вікіпедія не відшукала точного аналогу й миттєво ототожнила це поняття зі словами «Human intelligence». Вона запропонувала понад півсотні мільйонів матеріалів про розвиток цієї риси індивідуальної особи під впливом біологічного збільшення мозку, появи мовних спроможностей і подальшої соціальної еволюції. У кращому разі бажане для нас поняття «інтелект нації» помилково ототожнювалося з середнім коефіцієнтом інтелекту, що з сумнівною успішністю намагаються виміряти через стандартизоване тестування (intelligence test). Доцільно (без пояснень) зауважити, що при спробі в 1990-х фахівців з Лондона здійснити вимір середнього коефіцієнту інтелекту українців був отриманий цілковито несподіваний високий показник (але не найвищий у світі — той і зараз належить рисовам зі Сходу).

Сьогодні ж наша спроба здійснити пошук по «intelligence of humanity» дала точнісінько таке саме пояснення від Штучного інтелекту (ШІ), але з пропозицією майже мільярда матеріалів на багатьох мовах. Розширення кола джерел засвідчило, що відсутність на Заході поняття «інтелект нації» і використання іменника «інтелект» у сенсі винятково індивідуальних розумових здібностей, спроможностей орієнтуватися в довкіллі, адекватно його сприймати, відображати, перетворювати, мислити, навчатися, пізнавати світ і переймати соціальний досвід. Тому на Заході «інтелект пана Х» означає його можливість розв'язувати завдання, свідомо приймати рішення, розумно діяти у непередбачуваних умовах, прогнозувати і планувати зовнішні події та реакцію на них.

Використовуючи власні знання польської мови, ми звернулися до офіційного «західного» термінологічного документу — «Європейського освітнього тезаурусу» [14] — і виявили, що всі наявні у ньому терміни з коренем «intell» (їх було аж дев'ять) стосувалися індивідуальних характеристик особи, а не групи осіб — учнів, студентів, дорослих. Подібне використання цих важливих термінів не можна вважати випадковим, оскільки і в інших словниках чи документах міжнародних організацій (ЮНЕСКО, ООН, ОЕСР тощо) ми не зустрічаємо жодних аналогів словосполученню «інтелект нації». Одночасно, в довідниках ми легко знаходимо дані щодо сподіваної середньої тривалості первинної освіти (повної тривалості навчання до моменту початку продуктивної праці), освіти певної вікової чи статевий групи, середньої тривалості навчання всього населення тощо.

Можна стверджувати, що серйозні науковці уникають використання словосполучення «intelligence of nation». Робимо слушний висновок, що Захід настільки «індивідуалістичний», що не уявляє собі «додавання інтелектів» з формуванням «колективного інтелекту». Схоже, що слова «Collective Intellect» у назві конференції є побажанням на майбутнє. Не випадково у змісті сучасних програм навчальних закладів розвинених держав обов'язково фігурує намагання підготувати кожного студента «до успішної роботи в групі».

Додаткову складність у науковому аналізі терміну «інтелект нації» створює відсутність української версії згаданого європейського Тезаурусу. Щоправда, вже розпочалися спроби окремих колективів створювати «глосарії» різного розміру й певною спеціалізацією [15; 16], але україномовного Тезаурусу не існує й сьогодні. Тому лишається лише дискутувати з приводу того, яким зі слів — інтелект, інтелектуальність, інтелігентність чи розум — слід передати нашою мовою ключовий термін, що на французькій і англійській мовах звучить як «intelligence», німецькій — «Intelligenz», а на польській — «inteligencja»?

Точність термінології й досягнення необхідного рівня консенсусу щодо змісту ключових понять — обов'язкова умова не лише плідності будь-якої дискусії, але й організації та результативності спільних дій у важливих акціях, особливо, таких всеосяжних, як визначення принципів і цілей побудови та діяльності нашої системи виховання і навчання.

У більшості випадків з контексту вживання словосполучення «інтелект нації» в Україні випливає, що йдеться про інтегральне поняття «розум нації» — складну сукупність мільйонів індивідуальних інтелектів, хороше визначення яких містить також словник [17].

Важливо вказати, що у вказаному вище означенні «індивідуального інтелекту» виразно присутні дві частини — у першій йдеться про мислення-навчання, у другій — про розв'язування і діяльність (про реалізаційну компетентність). Тому буде цілком логічним запропонувати дискутувати не про «інтелект нації», а про два набагато чіткіше окреслені поняття — **інтелектуальність (освіченість) населення** та його **виробничо-діяльнісну компетентність**.

Ми маємо великі сподівання на те, що подібна диференціація дасть урешті змогу перетворити дискусію щодо підвищення рівня «інтелекту нації» з доволі схоластичного заняття (не існує й поки-що не буде засобів для вимірювання «інтелектів» різних націй світу, а інтернетні дані про «середній IQ націй» не мають підстав уважатися серйозним науковим досягненням) на набагато продуктивніше й перспективніше завдання — об'єднання ресурсів і зусиль на удосконаленні комплексу з інтелектуальності та компетентності населення України. Як проміжний висновок пропонуємо до використання формулу:

інтелект нації = інтелектуальність населення + компетентність працівників..

Сьогодення України феноменально складне не тільки через воєнний стан. За роки відновленої незалежності здійснено багато принципових помилок у реформуванні науково-освітньої сфери, адже керівники та лідери запозичували на Заході тільки вигідне для себе (слова «вільний ринок» одразу сприйняли як заклик до безлімітної корупції і банального грабежу), ігноруючи позитивний досвід Ірландії, Фінляндії та кількох інших країн.

У нас навіть сьогодні домінує сформоване в радянські часи переконання, що поняття «педагогіка» і «освіта» (як комплекс з виховання і навчання) є тотожними, що всі освітні проблеми можуть бути розв'язаними зусиллями одних лише педагогів. Тому лишається відстороненою від освітніх справ Національна академія наук України, ігноруються всі новітні досягнення великої групи наук про людину (від генетики й етології до нейромолекулярної біології та теорії інформації) й безпідставне сподівання на отримання всіх необхідних планів, концепцій, програм, методик від науковців-педагогів з Академії педагогічних наук України.

Та всі наші проблеми мінімізуються у розмірах, якщо поглянути на планету в цілому. Вони втрачають вагу навіть тоді, коли міркувати локально, але глибше і критичніше. Ось приклад: завдяки досягненню Україною позиції «найбіднішої країни Європи» практично ніхто з сотень мільйонів ісламістів не цікавиться нашими землями — всі через моря і гори прориваються у Німеччину та інші найбагатші держави. А були б і ми багатими — мали б уже 10-20 мільйонів «піших» агресорів з Ісламського світу. Гарантуємо — життя тоді стало б по-справжньому нестерпним.

У даний момент завдяки новітнім досягненням точних наук люди — нарешті — мають можливість об'єктивніше придивитися до себе і переконатися у тому, що вони відзначаються майже сотнею видових рис негативної поведінки [18], а от позитивних — ледь більше 10. Та й ті з'явилися унаслідок того, що досить тривалий час наші пращури виживали через колективний захист і перебування в Гнізді, тому HSS набули еусоціальності. Еусоціальне об'єднання (піонерами у цій справі, мабуть, були терміти) має виразні риси «надорганізму» — воно може вижити в біосфері як цілісність, але після розсіпання на окремі «індивідууми» гарантовано гине (порівняно детально ці питання висвітлені у книзі [19]).

Еволюція людей упродовж мільйонів років призвела до появи Homo Sapiens Sapiens, який розумом і фізичними характеристиками (приклад — метання каміння чи списів) настільки переважав всі інші варіанти Homo Sapiens, що ті якось «зникли чи розчинилися» з поверхні планети, звільнивши її для «подвійно розумних».

Кілька зауважень щодо «подвійної розумності». Це очевидне перебільшення, бо HSS нікого не запитували і не проходили позаземного тестування. Та сучасна криза надто небезпечна ще й тому, що, як вказано на рис. 1, максимум об'єму головного мозку був досягнутий ще у часи полювання на мамонтів, а з винайденням рільництва і скотарства він невпинно знижується. Подібну тематику ми детально розглядали в багатьох публікаціях, окремі з яких найбільш придатні для учителів і вихователів ([20; 21] та ін.).

Закінчуючи аналіз питання значення різноманітних термінів і понять, висловимо важливі міркування щодо слів «інтелектосфера» і «ноосфера», а також коротко пояснимо формування «на Заході» міцного консенсусу щодо невикористання термінів з префіксом «ноо-» у світі Sciences & Arts (дуже детально це явище пояснено у нашій статті [22]).

Спершу нагадаємо про те, що практично всі науковці другої половини XIX і початку XX ст. уважно вивчали наукові праці й дуже велику п'ятитомну «природничу енциклопедію» Александра фон Гумбольдта (1769-1859) (В. Вернадський прочитав її ще в старшому підлітковому віці). В заключному томі є аналіз впливу людства на довкілля і пропозиція терміну «інтелектосфера» для позначення всього простору життєдіяльності Ното.

Слово «ноосфера» з'явилося і поширилося значно пізніше. З усіх зустрінутих нами варіантів пояснень найбільш обґрунтованим вважаємо припущення, що авторство слова «ноосфера» належить двом слухачам лекцій В. Вернадського у Сорбонні — теологу, палеонтологу і філософу П.Т. де Шардену (1881-1955) та математику й філософу Е. Леруа. Принципово важливим ми вважаємо

той факт, що обидва були добре обізнані не тільки з поняттям «інтелектосфера», але й з поширенням наприкінці XIX ст. у Франції словом «ноотеологія». Тоді все населення активно вирішувало питання збереження чи ліквідації у державних закладах народної освіти теологічних знань і дисциплін. Захисники Церкви ввели в ужиток слово «ноотеологія» для позначення чогось особливо мудрого й корисного, чим вони намагалися уникнути подальшого поділу всієї системи освіти Франції на дві частини, але не змогли ліквідувати утворення двох незалежних систем, як це існує й досі. Цілком можливо, що слухачі В. Вернадського спільно вирішили замінити не надто зручне і довге слово «інтелектосфера» на більш придатну для постійного використання «ноосферу».

Е. Леруа вів активне життя науковця і викладача й часто використовував новий термін у звичному для нас матеріальному значенні, а от П.Т. де Шарден викликав цікавість до себе через заглиблення в «духовні ноосфери». У роки II світової війни він вимушено був надовго ізольований в Амбасаді Франції у Пекіні, де створив цілковито незвичайний і великий твір — «Феномен людини» [23]. Через листування інформація все ж просочувалася, тому звістки про книгу поступово збуджували науковий світ, але прочитати повний текст філософи й інші науковці змогли тільки після смерті француза в 1955 р., коли втратила силу жорстка заборона Ватикану на лекції чи публікації навіть найменших фрагментів цього основного твору.

Книга «Феномен людини» була перекладена одразу на кілька мов й науковий світ занурився в аналізи, обговорення і все запекліші дискусії. Негативні наслідки ставали настільки виразні, що для уникнення повного розколу «світової науки» її лідери й видавці вирішили зарезервувати слово «ноосфера» для позначення шарденівської spirit-оболонки з об'єднаних думок усіх HSS, а для світу природничих та інших наук заборонити і це слово, і всі похідні з «ноо-». Це був загальний консенсус, якого притримуються розвинені держави Заходу, а також провідні філософи й багато представників інших наук на радянських і пострадянських теренах. З плином часу після 1991 р. у незалежній Україні посилюється явище відторгнення не тільки слів з префіксом «ноо-», а й головних ідей В. Вернадського щодо майбутнього. Незаперечний доказ цього — велика й заповнена фактами колективна книга десятків провідних працівників НАН України з назвою «Цивілізаційний вибір України: парадигма осмислення і стратегія дії: національна доповідь» [24]. Там немає ноотермінів і не згаданий В. Вернадський. Натомість запропонований хибний вибір і непридатний план. Цитуємо: «Зосередившись на євроатлантичному цивілізаційному векторі, Україна зможе позбутися рис маргінальної суміжної цивілізації, конфліктного потенціалу культурного і релігійного еклектизму, зміцнити національну ідентичність, надати їй чітких рис, що має бути втілено у реалізацію відповідного цивілізаційного проекту» [24, 272].

Цими й додатковими подібними висловлюваннями про «недорозвиненість і маргінальність» українців з їх мовою й національними цінностями лідери НАН України закликають відмовитися від незалежності й стати посіпаками Заходу (у книзі немає критики ЛГБТ-спільнот та інших подібних сумнівних «досягнень» євроатлантистів). Нижче наведемо докази того, що «євроатлантична цивілізація» парадигмально протилежна до гуманістичної і не може слугувати взірцем для українців, які не раз рятували світ і роблять це знову. Вказані недоліки ми пояснюємо тим, що раніше не було правдивої Prehistory носіїв українських генів і десятки авторів цитованої книги набули помилкових переконань. Друга частина цієї нашої статті містить першу спробу надати читачам перевірені факти про «правдиву Prehistory».

Закінчимо цей підрозділ вказівкою на те, що після повернення в СРСР з Парижу наш геній В. Вернадський в своїх численних наукових працях свідомо уникав використання слова «ноосфера» через його «політичну небезпечність», але неодноразово в лекціях і виступах висловлював сподівання на побудову комунізму як бажаного ноосферного суспільства. Лише перед смертю він спробував отримати від Й. Сталіна дозвіл на великий матеріал про ноосферу в газеті «Правда», але змушений був задовольнитися коротенькою статтею у спеціалізованому виданні з мінімальним накладом [25]. Ми не просто поділяємо погляди В. Вернадського на стосунки HSS і біосфери, а й продовжуємо його дослідження (серед них особливо важливою вважаємо статтю [26] з програмою порятунку людства від усе більших загроз з допомогою біохімії) через пропозицію рятівних і екоідеальних ноотехнологій.

Наведемо короткий виклад нашого плану порятунку HSS від загрози Колапсу-XXI.

2.2. Виклад шляху і засобів порятунку людства від загибелі

Використаємо для цього рис. 2, де враховано найновіші наукові досягнення.

Сподіваємося на те, що кожен читач через уважне ознайомлення з графікою і текстом на рис. 2 зауважить існування великого розриву між поширеною у всіх видах ЗМІ та в системах обов'язкової освіти картиною світових подій і близького майбутнього. На початку цієї статті

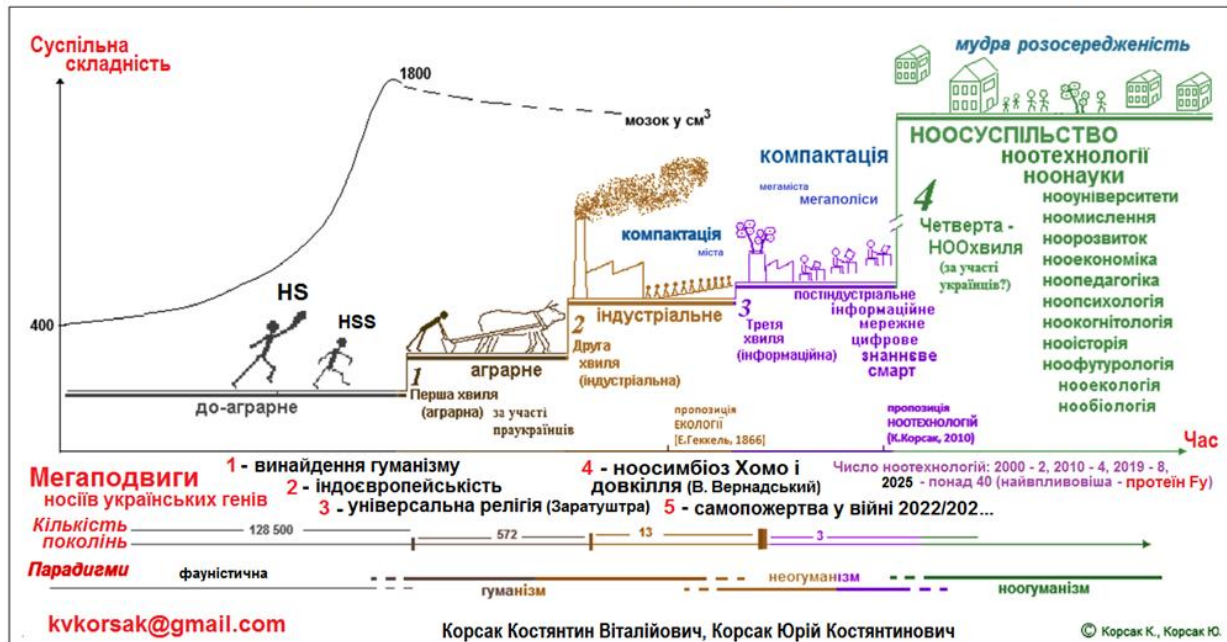
ми навели докази того, що HSS не усвідомлюють надходження надзвичайно високої 4-ої ноохвилі й принесених нею перших рятівних та екологічно ідеальних ноотехнологій, переоцінюють значення «третьої хвилі» й з усіх сил акцентують міфічну загрозу з боку впливу зростання вуглекислого газу на «глобальне потепління» (насправді маємо не загрозу, а підвищення продуктивності біосфери, на що ми вказали у статті [27]).

Мегачинниками впливу на всіх Номо є невідомі для ЗМІ ноореволюції №1 і №2, до яких приєдналась №3

№1 полягає в заміні екодеструктивних наявних виробництв ноотехнологіями, що надають людям потрібне і лікують довкілля (пошук - по Nooglossary)

№2 менш помітна і полягає у створенні правдивої картини всієї еволюції на основі ізотопного та іншого датування і секвенування органічної складової музейних і нових артефактів. Вже довела, що Доля (чи Бог?) доручила носіям українських генів рятувати людство

№3 найстарша і стосується Штучного інтелекту. Вона різко прискорила восени 2022 року і йде на допомогу ноореволюціям №1 і №2



P.S. Хочемо попередити всіх про те, що на Заході з певних причин ще півстоліття тому вирішили заборонити всі слова з літерами "ноо" у виданнях зі світу Sciences&Arts за єдиним винятком. Цей виняток - термін "ноосфера", що означає уяву "шарденівську" навколоземну спіріт-оболонку, яку формують взаємопов'язані думки мільярдів Номо. Тому ноореволюція рухається з України і від нас у черговий раз залежить все майбутнє людства.

Рис. 2. Поліпшена «тоффлерівська» модель еволюції людства, що враховує головні ноонаукові досягнення на момент створення цієї статті

З моменту нашого першого виявлення рятівних ноопроцесів у 2000 р. ми чверть століття намагаємося попередити всю планету про потребу розвитку відповідних наук і збільшення кількості **ноотехнологій**. Коли їх стало чотири, ми запропонували в 2010 р. на дуже важливій конференції НАНУ в Києві, але не досягли жодного зацікавлення. Спроби нооінформування стали зустрічати все активніший опір «наукового загалу», представники якого в Україні вважали екологічно ідеальні процеси цілковито неможливими і «копіювали Захід», де заборонили використання термінів з префіксом «ноо-» у виданнях Sciences&Arts. Окрім багатьох статей та інших праць ми створили і два «Нооглосарії» — енциклопедії з «ноословами з майбутнього» й отримали на них Авторські Свідоцтва (радимо пошук в Інтернеті по слову «Nooglossary» чи статті [6; 7]).

Загалом у сотнях публікацій ми чверть століття намагалися «подарувати» всім на планеті інформацію про рятівні можливості ноотехнологій і ноонаук, але практично цілковито невдало. Доказом цього ми обрали два документи [28; 29]. Перший входить у дуже велику групу провальних спроб. Міністерство освіти і наук України на основі рецензій з трьох провідних університетів (Київ, Львів і Харків), створених після вивчення нашої великої статті [30], що містила основні елементи рис. 2, безапеляційно узагальнило, що всі поняття з префіксом «ноо-» не стосуються наук [28]. Такою ж була реакція на наші ноопропозиції багатьох інших державних установ і керівництв університетів (включаючи КНУ імені Тараса Шевченка і НПУ імені Михайла Драгоманова).

Та на наше щастя, в Україні відшукався єдиний виняток з вказаного сумного правила. Цим винятком стала Національна академія наук України, яка після певних роздумів і вагань поставила в свій основний орган «Світогляд» нашу статтю «Реальний ноошлях до повної ліквідації загрози Колапсу-XXI через розвиток ноонаук» [29]. Академіки не ризикнули вважати опис використання 10 ноотехнологій «антинаукою» й опублікували ноопропозиції.

Фактично, вони погодилися з тим, що сьогодні на планеті розгортаються три вказані у верхній частині рис. 2 грандіозні «мегаоореволюції» №1, №2 і №3 з початком повної зміни практично всього наявного — від засад життєзабезпечення всіх HSS і зміни їх стосунків з довкіллям, до отримання всього потрібного через удосконалене адитивне виробництво на основі природних і досконало-штучних матеріалів. Зробимо наголос тільки на 10 з відомих нам приблизно 45 ноотехнологій (реально, мабуть, їх більше, адже ми знаємо не все).

1). Найвпливовішою і найефективнішою для сьогоднішнього ми вважаємо бактеріальну ноотехнологію «**протеїн Фу**» — отримання з допомогою гейзерного мікрогрибка *Fu* (*Fusarium yellowstonensis*) за 3-4 доби в побутових умовах без біореакторів з довільних «органічних відходів» ідеального білкового мікрофаршу (торгівельна назва «Abunda»). Очевидно, що поширення по планеті спор *Fu* неминуче ліквідує все індустріальне тваринництво, а тому Ното перестануть з'їдати щосекунди приблизно 3400 теплотовних живих істот, більшість з яких мають свідомість. У США використання *Fu* з якихось причин жорстко обмежене ринком веганських продуктів, а от Європейський Союз у квітні 2023 р. проголосив план розвитку бактеріальних та інших ноотехнологій. Галас був, а справ ще немає. Причиною може бути неусвідомлення того, що подібні бактеріальні ноопроцеси не являють собою якісь випадкові та примітивні «доповнення» до сучасної харчової індустрії. Це провісники вступу всього людства в цілковито нову нооеру і один з численних ноозасобів ліквідації небезпеки Колапсу-XXI.

Для чіткішого розуміння реального впливу поширення технології «**протеїн Фу**» на буденне життя усіх HSS нагадаємо про шлях її появи і «первинне призначення». Витоком появи був конкурс, оголошений американською NASA на вирішення проблеми харчування екіпажів міжпланетних кораблів з дуже великою тривалістю польотів. Треба було винайти спосіб уникнення великого обсягу їжі та вони й обмежилися «якимось мінімумом».

Конкурс виграла невелика група молодих науковців, які здогадалися вивчити «бактеріальних екстремалів» з гейзерів і гарячих джерел. Це відкриття і створення молодого приватної компанії Nature's Fynd (діє з 2012 р.) й вирішило завдання NASA. Схоже, що лідером був Марк Козубал (Mark Kozubal), який заснував стартап. Спочатку інноватори устигли акумулювати кілька сотень мільйонів доларів США від усіх відомих осіб (І. Маск теж «вклався» і тепер не переймається питанням харчування екіпажів «своїх» ракет на Марс), але з невідомих нам причин була нав'язана заборона на всепланетне поширення і скерування тільки на веганський рівень США.

Очевидно, що загалом на поверхні планети бактеріальна технологія **протеїн Фу** і подібні до неї вже винайдені інші процеси отримання харчових продуктів (як паштет фуа-гра) гарантовано ліквідує сформовані за останній десяток тисяч років процеси отримання і приготування їжі. І справа не тільки в тому, що кожен Ното зможе використовувати будь-яку «первинну продукцію біосфери» зі свого оточення, а в тому, що, як космонавти, він зможе обмежитися так, що тижнями не виходитиме з дому через «циркулярність усіх процесів». Подібний феномен уже не фантастика і завдяки йому стає ближчим до реальності запропонований нами вище механізм «родинно-карантинного» захисту всіх HSS від як завгодно потужних і небезпечних варіантів вірусів й інших патогенів.

2). Зробимо наголос на одній з найперших ноотехнологій, започаткованій ще у 2000 р. її назва — нанофотокаталізація. Екоідеальний процес полягає в тому, що молекули двоокису титану чи інших сполук поглинають світло на поверхні медичних захисних масок і через передачу енергії фотонів речовині бактерій, вірусів чи чогось іншого розкладають її на гази (водяну пару, азот, кисень і т.д.). Пройшло вже чверть століття, але цей чудовий ноопроцес використовується недостатньо і спорадично.

Пояснення його незастосування в захисних масках відповідальний автор отримав у повному обсязі в 2009 р. в момент поширення по планеті страхів від епідемії «свинячого грипу». Намагаючись поширити інформацію про ефективність майже вічних і дуже дешевих «наномасок» на основі нанофотокаталізації, понад 4 години контактував з науковими установами Києва аж до нашого Міністерства надзвичайних ситуацій. Обізнаний і компетентний його представник порадив «забути про наномаски» і не ризикувати здоров'ям (життям) — своїм і рідних. Тому й сьогодні на всій Землі дозволені тільки «хімічні» маски, які у разі чергового циклу поширення мікропатогенів нам рекомендують змінювати кожні чотири години (і навіть частіше, якщо Ви побували в умовах надмірного скупчення HSS).

3). Як про ноотехнологію №3 пригадаємо отримання за допомогою ціанобактерій біопластиків зі звичними для нас усіх нормальними механічними властивостями і спроможністю саморозкладатися у довкіллі за аналогією з осіннім листям. Хоч Велика Хімія усіляко захищає свої

інтереси й намагається утримувати status quo (наявний стан речей) зі щорічним виробництвом понад 400 мільйонів тонн «нафтогазових пластиків», але колись змушена буде діяти інакше через потребу припинити «масове винищення HSS». Сьогодні світові ЗМІ й Інтернет просто переповнені страшними повідомленнями про тотальну поширеність і шкоду від мікропластикових частинок, а не тільки від великих пластикових пляшок й інших виробів, що оточують нас у побуті й поза ним.

Ми, звісно, стежили за розвитком подій у темі «пластикових загроз» і своєчасно в зарубіжних джерелах зустріли повідомлення про створення біопластиків через життєдіяльність генетично модифікованих доволі поширених у довкіллі ціанобактерій. У цих джерелах ми зустріли рис. 3, що засвідчує дуже високу ефективність генних модифікацій в аспекті максимально ефективного створення біопластиків [31].

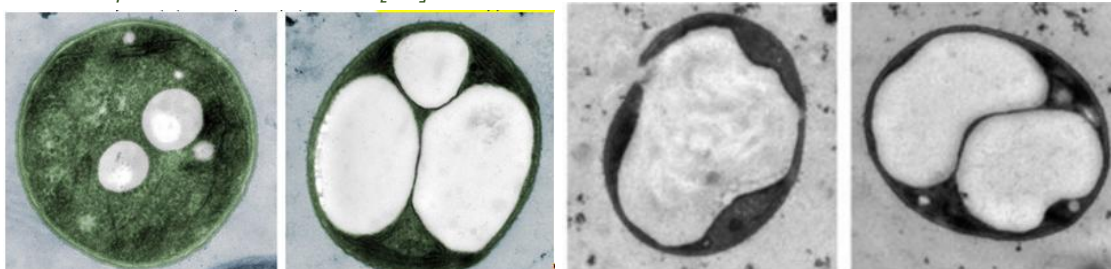


Рис. 3. Генетично змінені ціанобактерії складаються переважно з біопластику

Нещодавно, продовжуючи вивчення явища «світової епідемії ожиріння», ми помітили наукові докази того, що вона є неприємним, але нелетальним проявом набагато небезпечнішої **глобальної ендокринної пандемії**. Прикро, але фахівці-медики засудили нас за ці три слова і відхилили статтю з пропозицією поступової ліквідації подібних загроз через тотальну заміну «м'яких» та інших нафтогазових пластиків тими, що зображені на рис. 3. Вони не виділяють потоки молекул фталатів з їх небезпечним «гормональним» впливом, а тому врятовують людство від цієї непомітної й тотальної небезпеки. Схоже, що ми першими на планеті запропонували ліквідувати ендокринну пандемію використанням ноотехнологій у статті [9].

4). Ще у середині 1990-х років у провідних наукових виданнях США був період акцентованої уваги до експериментів і можливого використання «лінійних вірусів». Це незвичайне словосполучення означає, що об'єкти дослідження мали не традиційну для бактерій чи вірусів форму сфер чи сосисок, а олівців з довжиною, що значно перевищує діаметр. Виявилося, що після досягнення певної критичної межі їх кількості в одиниці об'єму «олівці» спонтанно упорядковуються паралельно один до одного, формуючи надтонку і доволі міцну плівку, потенційно придатну і до ролі органічних дисплеїв, і до виконання функцій електродів в різноманітних пристроях акумуляторного типу. Для персональних комп'ютерів і навіть смартфонів ця унікальна плівка не надалися, але загалом зберігає перспективу використання у менших і «оборонних» пристроях.

5). Четвертою за часом появи ноотехнологією стало несподіване використання бактерій для перетворення піску в застосовний у будівництві камінь-пісковик. В Ізраїлі оборонні інстанції намагалися використати це явище для перетворення поверхні піщаної пустелі чи пляжу в аеродромні смуги. Схоже, успіхи в «бактеріальному будівництві» виявилися недостатніми через повільність процесу чи інші причини, а тому повідомлення на певний час припинилися. Тільки через кілька років аналогічні дослідження відновилися на вищому рівні і мали дуже позитивним результатом бактеріальну ліквідацію тріщин і нерівностей у стінах сучасних і античних споруд, у деталях мостів і навіть у фундаментах, що перебувають у воді чи болоті. У поширених в Інтернеті статтях на цю ноотему приємно вражають фото «оновлених і вирівняних» поверхонь, на яких практично неможливо неозброєним оком відрізнити відремонтовану ділянку від цілкомито непошкодженої.

6). Наступною по часу появи ноотехнологією можна вважати перші результати досліджень бактерій з підвищеною до бажаної межі спроможністю розкладати нафтопродукти та інші подібні вуглеводні. Перші успіхи зумовили появу публікацій про перспективи такого зростання їх нафтодеструктивної активності, що змінені штами зможуть упродовж одного літнього сезону очистити місця накопичення шламів нафтобаз до стадії чистого ґрунту. Хоч через не надто тривалий період часу цікавість до «нафтодеструкторів» зменшилася з невідомих для нас причин, але загалом ми вважаємо розвиток цього наукового напрямку достатньо перспективним для звільнення всього земного довкілля від грандіозної кількості мікропластиків.

7). Ще на самому початку нового століття в процесі вивчення ноодосягнень науковців світу й приєднання до них власних ноовідкриттів ми запропонували науковому загалу України ідею ввести для ноотехнологій новий — **7-й технологічний уклад**. Критерій включення чогось нового в 7-й уклад простий — це «нове» повинне надавати HSS потрібне для його життєдіяльності з одночасною ліквідацією індустріальних та інших пошкоджень довкілля. Досить швидко ця пропозиція отримала помітну підтримку окремих молодих українських науковців-економістів, але не НАНУ, КМ, інших державних установ і провідних університетів.

Продовжуючи цю тему, ми виявили факт формування на планеті «біометалургії» як потенційно важливої частини майбутніх виробництв запропонованого нами 7-го технологічного нооукладу. Термін «біометалургія» означає отримання металів чи інших елементів з рідких і твердих природних субстанцій через залучення бактерій. Тут багато чого досягли «секретні науковці» при вирішенні проблеми видобутку урану, але ми обізнані в цьому питанні недостатньо. Радіємо, що певні бактерії продукують дуже потрібні для медичних цілей нанометрові кульки срібла у разі їх життя у рідинах з домішкою цього металу, а інші заповнюють свій об'єм часточками міді у захисних біоболонках. Наведемо на рис. 4 свідчення реальності цього явища і доказом перспективності його масового застосування (використане джерело [32]).

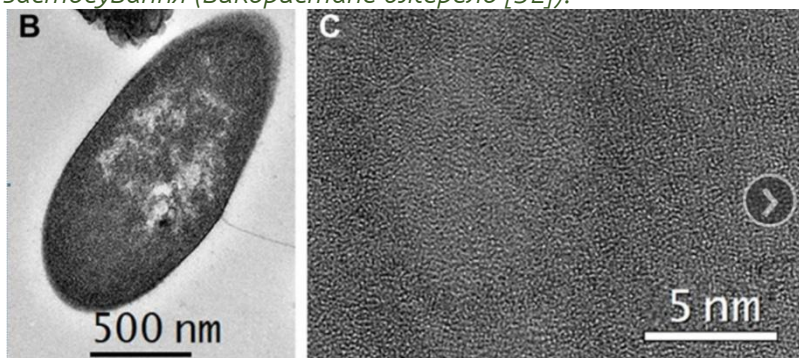


Рис. 4. Бактерія штаму *Bacillus* в електронному мікроскопі та окремі атоми міді в її тілі

Найприкрішим ми вважаємо той факт, що всі подібні явища називають «ферментацією (скисанням) (!)», а не біоноотехнологіями. На основі такої малоприматної термінології є мало шансів на успіхи поширення процесів 7-го технологічного укладу.

8). У 2010-х роках у великому за обсягом потоці пропозицій нових наноматеріалів отримало широку пресу слово «**наноцелюлоза**». Цього разу йдеться про щось цілком органічне з більшою від дуба густиною й феноменальною міцністю, яка недосяжна навіть для титану. Скрупульозні дослідники бактерій виявили, що вони також якимось дивом формують наноцелюлозу, яку й назвали «бактеріальною наноцелюлозою». Хоч пізніше ажіотаж навколо цієї теми припинився, але загалом йде змагання «за дешеву наноцелюлозу», яка потенційно має просто грандіозну сферу використання.

9). Навіть без потоку повідомлень у ЗМІ і наукових статтях-оглядах можна стверджувати, що до дев'ятої групи ноотехнологій корисно включити бактеріальне створення аналогів перлин і/чи поверхневих плівок з різними властивостями. Але дуже бажано перейти від реалізованих спроб отримання арагонітових плівок до біоалмазних (вуглецевих) з відповідними рекордними фізичними характеристиками.

10). Наприкінці пояснення десяти груп ноотехнологій з тим чи іншим рівнем реалізованості корисно нагадати, що нещодавно фахівці з кафедри технологій переробки сільськогосподарської продукції Херсонського державного аграрно-економічного університету в пошуках субстанції для прискорення і здешевлення отримання їстівних грибів перетворили суміш подрібненої соломи і лушпиння соняшнику в подібний до пінопласту міцний і цілком біоорганічний матеріал з очевидними широкими перспективами застосування. В найновіших світових публікаціях на споріднену тематику ми знаходимо повідомлення про активне вивчення грандіозного й різноманітного світу грибів для отримання унікальних біосубстанцій для медичних та інших застосувань

Закінчимо цей підрозділ вказівкою на те, що світова наука все більше скеровується на вивчення життя в цілком екстремальних умовах — у смертельних рідинах, при дуже високих температурах, на глибинах кількох кілометрів усередині літосфери. Очевидно, що бактерії й більші істоти виживають там завдяки використанню невідомих для сучасної науки процесів отримання енергії для життя і вуглецю для побудови своїх тіл. Вивчення всього цього великого світу «невідомого життя» надасть людству нові шанси для відвернення загрози повної загибелі чи

досягнення Колапсу-XXI. Тому ще раз вкажемо на те, що Вітчизна потребує повоєнного відновлення і прогресу на основі масового використання ноонаук і ноотехнологій.

2.3. Висновки і пропозиції

Для лідерів України і читачів з найвищими повноваженнями ми пропонуємо звернути особливу увагу на те, що нове століття розпочалося з розвитку на планеті вказаних у верхній частині рис. 2 трьох грандіозних процесів. Вони не тільки глобальні, а й феноменально потужні, змінюючи **«абсолютно все»** і рухаючи людство в ноомайбутнє.

А для людства в цілому ми пропонуватимемо сотні термінів «з майбутнього» з префіксами «wise-» для позначення рятівних в усіх аспектах для популяції HSS технологій і явищ, детально пояснених у цій статті.

Нові засоби життєзабезпечення дають змогу перейти на локалізацію розселення і створення таких малих осередків, що у разі початку пандемії можна перервати її розвиток через тимчасову ізоляцію. Відкриваються нові шляхи для надання права на окремі держави тих народів, що не мають власного дому. Можна легко вирішити гостру проблему небажаних іммігрантів, через надання їм бактеріальних засобів харчового самозабезпечення і портативних сучасних засобів для отримання води з повітря та енергії від Сонця. Прогрес у 3D принтерах ліквідує все «китайське» масове виробництво з необхідністю морського та іншого гігантського транспорту.

Справжня мудростратегія полягає не у створенні нових каналів уперек звужень у суходолі (збираються робити це у Малайзії, Ізраїлі та інших місцях), а в розвитку альтернативних виробництв на локальному, а не всепланетному рівні.

Та для реального прискорення прогресу і створення матеріальної бази для порятунку людства з уникненням загрози воєн за ресурси популяція HSS має припинити витратити трильйони доларів на створення нової зброї і сконцентруватися на мудростратегії (**wisestrategy**), розвивати перспективні та рятівні для всіх мудронауки і мудротехнології (**wisesciences and wisetech-nologies**).

3. Отриманий результат-2 — правдива Prehistory українців

Археологія існує багато тисяч років, але раніше на початковій стадії розвитку була переповнена припущеннями і гіпотезами. Сьогодні археологія-XXI вже стала частиною точних наук, спираючись на інструментальні виміри — на факти. До того ж, необхідні нам статті з палеоге-нетики й інших частин археології-XXI ще кілька років тому з'являлися раз на місяць, а сьогодні — в десятки разів частіше.

В Україні палеогенетичні й інші подібні виміри майже відсутні, що примушує нас спиратися на досягнення «світових наук». Цей недолік успадкований зі століть перебування українських земель у складі чужинських імперій з поширенням по планеті твердження щодо ролі українців як групи людей зі складу більших народів без права на власну мову (мало не до моменту зникнення СРСР найкращі «західні» енциклопедії Britannica і Larousse не вказували українську мову в групі слов'янських). Світ легко погоджувався з російським міфом про лідерські риси російської мови. Не на користь українців діяло сформоване на Заході переконання у безмежній агресивності «номад» (вершників-степовиків). Зі шкільних уроків історії та з вищої освіти науковці і громадяни Заходу сформували переконаність у тому, що слова «степи» і «дикуни» тотожні настільки, що степи та лісостепи принципово не можуть бути колискою цивілізованих соціумів (розкопують трипільські поселення, не вірять власним очам, а українофоби-журналісти відверто брешуть про винищення «первинних європейських фермерів» ордами «ямників» зі степів України).

Тому на планеті йде складний процес повільного витіснення старих міфів про минуле потоком інструментальних фактів про справжню Prehistory народів світу. Ми вирішили не пояснювати всі деталі цього явища й зробити наголос на найновіших досягненнях археології-XXI щодо носіїв українських генів.

1]. Оберемо спершу не важливі старі наукові праці, а головну новітню публікацію з вересня 2025 року, що виконана міжнародним колективом у складі 42 авторів у журналі Nature (<https://www.nature.com/articles/s41586-025-09437-6>) [33]. Вона містить результати генетичного та ізотопного дослідження решток 555 осіб з теренів «слов'янського світу» з часів його ймовірної появи кілька тисяч років тому. Здійснені виміри заперечили стару теорію «російського» поширення слов'ян з межиріччя Дон-Волга і наводять докази того, що

- справжньою «колискою» всього «Слов'янського світу» (ознак генетичної спільності народів, мовних спорідненостей, культур, цінностей і парадигм діяльності) є Північна Україна і Південна Білорусь), що вказано на рис. 5;

- запропоновано використовувати новий науковий термін «Київська культура» (*Kyivan culture*) для позначення того фундаменту, що має найбільші підстави поєднувати і прадавні витoki всього «Слов'янського світу», і процес його формування впродовж тисячоліть.

Всі 42 автори цієї нової статті виконали якісний генетичний аналіз обраних зразків і зробили важливі висновки, відмовившись від послідовного викладу вже відомих фактів, які стосуються прадавньої Prehistory тих народів, що формували населення Європи. Ліквідуємо цей недолік наведенням надійно встановлених археологією-2025 фактів, що стосуються появи та еволюції українців. Будемо спиратися на авторський рис. 5, на якому намагалися врахувати навіть «учораšní» досягнення світових наук.

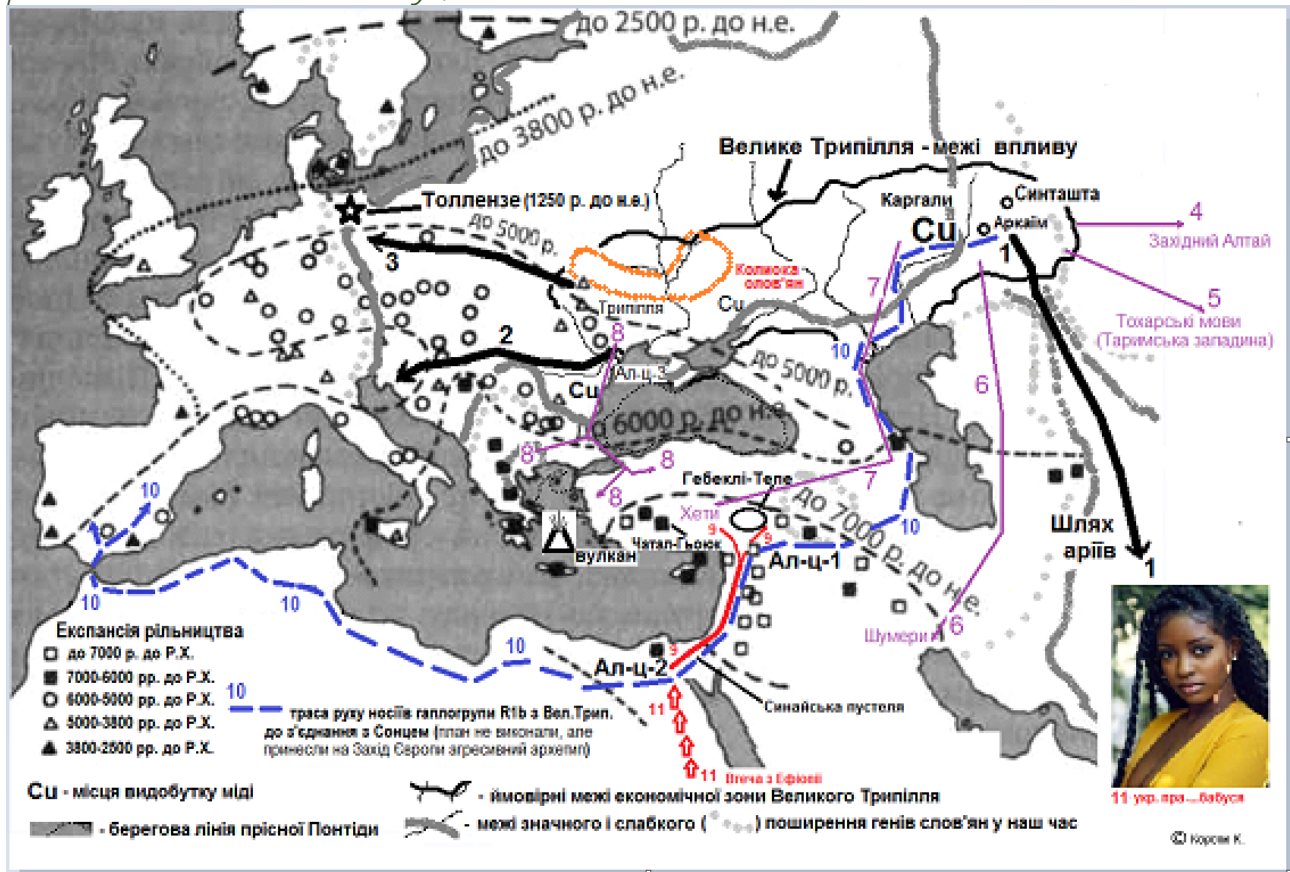


Рис. 5. Авторська схема появи, життя і подвигів носіїв українських генів

2]. Хоч за всю Prehistory «генетична композиція» українців стала, як і для більшості інших народів, дуже різноманітною, але збереглися важливі прояви лише двох головних «коренів» — африканського і західноалтайського. Носіями африканських генів стали сформовані ще 60 тис. років тому невисокі напівгімеї в Північній Ефіопії. Там були комфортні природні умови, але наші «котигорошки» не змогли надійно захистити своїх дочок і дружин від зазіхань потужніших сусідів, що примусило вцілілих утекти спершу аж у дельту Нілу, а після тимчасового зникнення 50 тис. років тому Синайської пустелі перебраться у сприятливі умови Східного Середземномор'я. Цей не надто численний потічок низьких утікачів пізніше зумовив появу євреїв, палестинців, українців, європейських землеробів, курдів, вірмен та ін.

3]. Тогочасне населення було незначним і аж до закінчення Льодовикового періоду збереження фауністичних звичок не загрожувало його існуванню. Але з межі 15 тис. р. тому природні негаразди погіршили умови життя так, що різко загострилася небезпека канібалізму. Порятунком винайшли не в Палестині, а на пенеппенах (плавно-горбкувата зона дуже еродованих гірських хребтів) Східної Туреччини. Там для «жнив» на полях диких злаків та інших однорічних рослин з великим насінням збиралися старші люди й мали змогу міркувати над можливими шляхами порятунку. Наслідком стало винайдення 13 500 років тому рятівного засобу — **світоглядної доктрини пратрипільського гуманізму**, потрібного для її поширення і перемоги над канібалізмом «навчально-виховного приладдя», а також одомашнення рослин і тварин для життєзабезпечення без гострої потреби убивати сусідів. Це «приладдя» являло собою кільцеві мегалітичні арени (КМА), основні риси яких вказані на рис. 6. Уважне вивчення цих споруд засвідчило їх подвійне призначення: а) сакральне для пошанування пращурів; б) світоглядно-орієнтаційне та виховне,

адже це були дуже точні пригоризонтні обсерваторії для спостереження і вимірювання багатьох важливих показників — сторін світу, руху небесних тіл, дат та ін. У сукупності всіх способів використання кільцеві мегалітичні ариени могли вплинути на молодь і старших осіб так, що сформували гуманістичні переконання, ліквідували канібалізм й утвердили пратрипільський гуманізм. Зауважимо, що конструктивні ідеї КМА виявилися настільки потрібними та ефективними, що у різних варіантах упродовж багатьох тисяч років повторювалися в інших «кільцевих конструкціях»: Стоунхендж та подібні споруди на Заході, кільце з глиняних конусів у Безводівці на півдні Чернігівщини, селище Аркаїм з системою реперів (куп каміння) по лінії горизонту тощо.

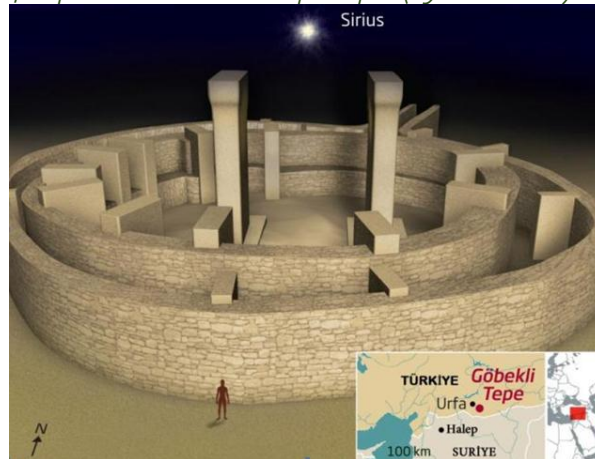


Рис. 6. Винайдені пращурами українців пригоризонтні обсерваторії (кільцеві мегалітичні ариени — КМА)

У Палестині не з'явилося жодної КМА, пізніше з цих теренів не поширився гуманізм, що ми вважаємо важливим доказом видатного виховного впливу наших пращурів, зокрема, носіїв українських генів. На місцях їх довготривалого перебування кільцевих мегалітичних арен уже виявлено багато десятків у кількох розкопаних поселеннях, найбільш відомим серед яких став створений людськими руками горб Гебеклі-Тепе з найстарішими МКА віком 13 500 років і молодшими. Через прецесію осі добового обертання Землі роль Полярної (спершу це був Сиріус, що вказано на рис. 6) переходила до інших зірок, точність МКА як орієнтаційних приладів зникала так серйозно, що помилки ставали надто великими.

Висловимо припущення, що першу МКА винайшов наш геніальний праукраїнець «У», а його нащадки з притаманною для українців пошаною до пращурів і старших осіб не рихтували старі прилади, повертаючи в нове положення важкі центральні плити, а будували кожні 400-500 років нові. Саме «українськими звичаями» легко пояснити прикопування старих МКА для їх захисту від варварів і кліматичних пошкоджень.

Відомі нам праці зарубіжних науковців наче не помічають ролі Гебеклі-Тепе і МКА в ліквідації канібалізму, намагаються (і доволі успішно!) забути про дату 13 500, вказуючи «приблизно 11 000 років», ніколи не пояснюють, чому на горбі набудували багато МКА. Наголосимо також на тому, що світова археологія не використовує поняття «пенепленні цивілізації», обмежуючись терміном «алювіальні (річкові, заплавні) цивілізації», які сформувалися тільки після переходу ви-нахідників рільництва і скотарства з височин у заплави рік. На пенепленах поєднуються багато природних чинників, які сприяють доместикації рослин і тварин, технологічним винаходам у переході від знарядь з каменю до дуже ефективних металевих, появи побутової кераміки і безлічі інших виробів з глини та різноманітних гірських порід (особливо цінним було вулканічне скло — обсидіан. Його не знайти у заплавах рік). Не випадково найперші цивілізації сформувалися на пенепленах, а річкові (алювіальні) на кілька тисяч років пізніше й також зробили свій внесок у технології — письмо, математику й інші науки, багато знарядь для іригації тощо.

Вимушені зауважити, що археологія сучасної України взагалі ігнорує Prehistory, не цікавиться генетичними аналізами, не досліджує Гебеклі-Тепе й подальші події у Трипільлі та у Великому Трипільлі. В новітніх рекомендаціях наші співвітчизники вимагають вважати «українцями» тільки тих, хто з'явився на чорноземах у «старокиївські часи». Утримаємося від можливих пояснень цієї помилки, вважаючи її тимчасовою.

4]. Перейдемо до короткого викладу того, як носії українських генів покинули Близький Схід та у Північній Україні організували «Київську культуру» як визнану сучасною наукою «колицку Слов'янського світу» (її розташування вказане на рис. 5 помаранчевим контуром).

Після винаходу гуманізму і с/г наші пращури кілька тисяч років жили в Анатолії у мирних і комфортних селищах згідно правил «аграрного комунізму» (найвідоміший взірець — поселення Чатал-Гьюк у Південній Туреччині, де вже перші розкопки забезпечили «море» відкриттів). Але тиск з боку «негуманістичних сусідів» зумовив демографічний дрейф землеробів аж до Атлантики, а курди і вірмени просто піднялися в гори з постійно зеленою травою для овець. Наші пращури-землероби після підняття рівня Світового океану і появи двох турецьких проток, що забезпечили перетворення 7 200 років тому прісного озера Понтіда в Чорне і Азовське моря, для порятунку «емігрували» з дельт Дунаю, Дністра і Дніпра аж до перших степових височин, де на узліссях мали цілковито щасливу зустріч з генетичними носіями «алтайського кореня» — вищими аж на голову **аріями**, які були взірцями «чоловічих досконалостей» (з Африки прибула «жіноча досконалість»).

Закони екології й етології свідчать, що злиття племен з різними екологічними нішами (за садами отримання їжі) завжди відбувалося мирно і через поєднання технологій прискорювало прогрес. А от тотожність «ніш» гарантувала геноциди, що й відбувається в Африці (в Руанді, Бурунді та ін.).

Взаємодоповнення ніш «африканців» і «аріїв» було настільки повним, що практично «миттєво» сформувалася рекордна в історії людства за своїми цивілізаційними якостями Трипільська культура з десятками мега-винаходів (на Заході її можуть називати «культура Кукутені», хоч це очевидно неточно через спробу перенесення назви 5-7% румунських теренів на весь обшир від Карпат до Дніпра).

Нагадаємо про кілька головних і практично унікальних досягнень наших пращурів:

+ єдина в історії Ното вдала спроба одомашнення диких коней і виведення в інтервалі 4200-4000 років тому потужної та слухняної «домашньої породи» з аномально міцною спиною як основи руху вершників і використання в якості «двигуна» в сімейному господарстві. Цей «винахід» виявився настільки ефективним, що за короткий час зникла мало не вся різноманітність коней і запанувала «домашня порода». Дуже негативним наслідком цього винаходу стало те, що номади отримали грізну зброю для нападів на рільників і розпочали епоху «навал з Азії»;

+ вдосконалення попередніх (з Анатолії і Болгарії) засад гірництва і металургії міді до рівня «побутового» плавлення руд на вугіллі з берези з одночасним виготовленням каш і хліба у різних зонах однієї й тієї ж довгої горизонтальної печі, для якої не було потрібним штучне дуття;

+ створення ще одного варіанту комплексних печей й отримання з їх допомогою рекордно якісної кераміки в практично необмеженій кількості для потреб родин у двоповерхових і доволі комфортних «трипільських українських хатах». Але у часи тогочасного «кліматичного оптимізму» шашелі й інші споживачі деревини за півстоліття так ушкоджували житлові споруди, що трипільці їх спалювали дощенту і на підготовлених заздалегідь толоках спільно і швидко будували поряд цілковито нові. Саме цим логічно пояснити виявлені сьогодні населені пункти (Майданецьке та ін.) площею в сотні гектарів зі слідами багатьох тисяч будинків і колосальними за розмірами сакральними спорудами. Небезпек нападів з боку номадів тоді не було, а тому рільники не мали потребу скупчуватися в кількості десятків тисяч у протомістах і надто віддалятися від своїх полів, на яких працювати доводилося практично безперервно. Зауважимо, що у нас загал авторів зазвичай пояснює це спалювання «вичерпанням родючості землі» і потребою шукати «свіже місце». Насправді трипільці мали кілька способів підтримувати родючість чорнозему (трипільля, органічні добрива та ін.), які ми уточнювати не будемо;

+ винайдення аріями коліс на основі спостереження кочення безлічі куль порекотиполя і вдосконалення цього нового і ефективного для степів і лісостепів виду транспорту аж до створення перших в історії людства швидкісних одновісних бойових колісниць;

+ організація і тривала підтримка **«Великого Трипільля — ВТ»** як грандіозної для тих часів мирної зони поділу праці, що була вигідною для всіх народів-учасників між Карпатами й Північним Казахстаном. Це поняття ми ввели ще у 2017 році, але воно навіть зараз не стало загальнозжованим, що ми вважаємо «великою помилкою». Його появу легко пояснити тим, що трипільці активно шукали в себе мідні руди для отримання бронзи. Спершу центрами гірництва були зони рівненського Полісся і Луганщини, але їх вичерпання стимулювали пошуки аж до виявлення гігантських родовищ на Південному Уралі, де пращури «накопали» десятки тисяч шахт, які часто мали сполучення між собою;

+ упродовж мало не двох тисяч років (з 5 до 3 тисяч років тому) ВТ було атрактором (зоною надвисокої привабливості) для практично всіх народів Західної Євразії, зацікавлених у запозиченні великотрипільських технологій. Як торговці їх представники прибували в промислові центри ВТ,

вивчали технології і службові терміни (теги), а потім переносили все до себе, поповнювали власні мови й формували грандіозну за обсягами і впливом «індоєвропейськість» (спільність мов, високу мораль, гуманістичні цінності, досконалі технології життєзабезпечення та ін.). З точки зору теорії поширення ідей можна сказати, що за тисячі років носії українських генів реалізувати «перше глобальне одуховлення людства». Слід зауважити, що світова історико-археологічна сфера чомусь ігнорує факти торгівлі та різноманітних культурних обмінів, віддаючи аномальну перевагу одному способу поширення мов — збройним нападам переважно геноцидного рівня;

+ наприкінці 2017 р. ми запропонували поняття «Великого Трипілля» як логічного продовження Правобережного Трипілля спершу на Луганщину і Донецчину, а потім у Заволжя з його великими озерами з чистою сіллю (Баскунчак, Ельтон та ін.) і Південний Урал, феноменально багатий на мідні руди і березові гаї. Моніторинг Гугл-перекладів нашого слова «береза» на інші мови мав наслідком пропозицію «хмарнотезового» формування індоєвропейської мовної сім'ї (ІЄМС) без атак наших пращурів на все тогочасне оточення. Відкриття археологів та лінгвістів свідчать про те, що насправді майже всі народи Західної Євразії між Атлантикою і пустелями Китаю добровільно запозичували наші слова і засади гуманістичної культури. Ключове для «кухонної металургії» слово «береза» (таке вугілля дає на 300 градусів Цельсія вищу від інших варіантів температуру) спотворене в сучасних мовах з індоєвропейської сім'ї тим дужче, чим довшим був для «розвідників» шлях від металургійних центрів (Аркаїм, Горний та ін.) Великого Трипілля додому: береза — берёза — бяроза — brzoza — birke — birch — boulo — betula — та ін. (це слово відсутнє в тих сучасних народів, пращури яких не відвідувати центри ВТ — koivu у фінів, urkia у басків та ін.);

+ вплив Великого Трипілля на оточення був тривалим і феноменально значним. Ми в межах наших знань відтворили його на рис. 5 через наведення приблизних контурів усього ВТ і багатьох фіолетових стріл 1, 2, 3, ... 8 для позначення головних варіантів різноманітних впливів. Окрім культурних і технологічних запозичень існувало явище запрошення купцями-іноземцями з ВТ до себе частини молоді (майстрів з отримання бронзи, виготовлення колісниць та ін.) з гарантуванням «райського життя і всенародної шани». Саме так гени носіїв трипільської культури з'явилися у долині Інду й призвели до появи феноменального Мохенджо-Даро та інших славетних міст. Ми не зустрічали в працях інших авторів такого очевидного пояснення для успіхів Індської (Харапської) цивілізації й виявлення «європейських генів» в найновіших дослідженнях артефактів з Мохенджо-Даро;

+ реальності життя населення ВТ неминуче (хоч і рідко) мали наслідком значні суспільні конфлікти навколо управління, поділу ресурсів та ін. Закони етології свідчать про бінарність майже усіх внутрішніх конфліктів — виникнення двох груп-суперників. Мораль і світоглядні цінності трипільців цілком виключали громадянські війни і передбачали вирішення незгод через голосування всіх учасників на загальних зборах. Той, хто виявився у меншості, досліджував можливі місця переселення й пізніше отримував максимальну загальну підтримку для успішного досягнення нових теренів. Саме так ми можемо достатнього переконливо пояснити «появу нізвідки» шумерів у Південній Месопотамії, хетів у Східній Туреччині, гарамантів в Північній Африці і т.д. Вкажемо на те, що новітні палеогенетичні виміри надають підтвердження нашої пропозиції;

+ приблизно 5 тис. років тому, як вказано синьою пунктирною лінією 10 на рис. 5, по довгому шляху від ВТ через Близький Схід і північ Африки для досягнення Сонця за горизонтом на конях і візках неспішно пішли нечисленні та згуртовані групи «ербінів» — носів чоловічої гаплогрупи R1b (арії мали R1a). Вони залишили по собі цілком помітний генетичний слід уздовж цієї траси серед засновників ісламізму, єгипетських фараонів, частини народів Африки, але найбільше — в Іберії. Саме там через неможливість перетнути океан і таки досягти «нічного Сонця» ербіни у пароксизмі розчарування винищили чоловічу частину західноєвропейських «первинних фермерів», які принесли с/г з Анатолії. Незаперечним фактом є зникнення фермерів з їх гуманістичною парадигмою і перемога на Заході цілком протилежної «атлантичної» (чи західноєвропейської) парадигми з її антигуманними проявами — геноцидами, війнами різного виду, релігійним фанатизмом, бузувірським спалюванням жінок, хрестовими походами, постійними нападами на наших пращурів і споріднених народів у Центральній та Східній Європі.

Слід наголосити на тому, що 3250 років тому ербіни у бажанні зробити всіх слов'ян рабами не словесно, а реально, й остаточно заволодіти «бурштиновим шляхом» з Балтики на Південь зібрали рекордно велику для тих часів армію в дві тисячі воїнів і розпочали першу велику «блискавичну війну» атакою Помор'я з тогочасним ріденьким населенням лужичан (слов'ян) з їх варіантом трипільських технологій і відсутністю фортець. Нападники у битві на гребельці з містком через схожу на нашу Ірпінь болотисту річку Толлензе (вказано темною зірочкою на рис.

5) зазнали такого розгрому, що потім аж 2000 років збирали сили для нових атак гуманістів на Сході Європи.

+ Значні кліматичні зміни (зміна посух і вологих періодів) разом з природними катаклізмами діяли проти стабільності Великого Трипілья. Головну фатальну роль зіграло цілковито грандіозне виверження в 1628 р. до нашої ери егейського вулкану на острові Санторині, яке зафонтанувало аж у стратосферу 150-180 кубічних кілометрів мікропилу і газів, що сформували у Північній Півкулі раптову «пилову зиму» і примусили більшість населення найдужче ураженої Східної частини ВТ спалити Аркаїм і більшість інших поселень й переселитися в Індію і Персію з усім відомими наслідками.

+ Якщо вулкан був тимчасовим явищем, то кліматичний оптимум для степів перетворив номад з їх стадами коней у велику та практично постійну небезпеку для трипільців. Ці напади змусили пращурів поступово покинути Таврію, змиритися з командуванням кіннотників (у Скіфії) і обрати для постійного перебування заліснені терени «колиски слов'ян», виявленої авторами статті [33]. Вона захоплювала невелику частину Польщі, наше Південне Полісся, Київщину, Сіверщину з Черніговом, південно-східний окраєць Білорусі (через «технічні труднощі» на рис 5 ми відтворили контур «колиски» неточно).

Ці та інші докази подій на Сході Європи свідчать про формування «Слов'янського світу» на основі мовних, культурних і технологічних обмінів та взаємодії, а не нафантазованих українофобами геноцидних атак «ямників» ([34; 35] та ін.). На рис. 5 сірими цятками вказані терени поширення чоловічої «слов'янської» гаплогрупи R1a, яку не змогли знищити ербіни — володарі Західної Європи.

+ Закінчимо вказівкою на те, що у «Слов'янському світі» тільки у росіян кількість слов'янських генів аномально мала — удвічі менша від угро-фінських. Вони не мають підстав проголошувати себе слов'янами і приписувати «до себе» інших. У великій статті [36] ми детально пояснили справжнє походження та величезні аномалії так званої «російської культури», яка безпідставно проголошує себе «найдуховнішою на планеті».

4. Висновки і пропозиції щодо правдивої Prehistory українців

Навряд чи ми змогли досконало описати всю правдиву Prehistory носіїв українських генів, адже навели лише ті центральні факти, що стали основою археології-XXI в її новітніх досягненнях. Еволюція цієї науки в останні роки свідчить про те, що всі розкопки та інструментальні виміри дають нові докази низки мегаподвигів (вказані на рис. 5), наших пращурів, які рятували HSS у кризові моменти і забезпечували подальший цивілізаційний прогрес не тільки на теренах перебування носіїв українських генів, а й на всій планеті.

Ми не деталізували факт «природного перекриття» трипільської території приблизно метровим шаром решток рослин і пилових наносів, що набагато ускладнює дослідження трипільського спадку і досягнень «дотрипільських» пращурів. Не вказані ні інші проблеми, ні всі великі — як система Змієвих валів — досягнення наших пращурів у формуванні й захисті «Колоски слов'янства» від нападів степовиків.

Тому закликаємо всіх співвітчизників узяти участь в розвитку трьох вказаних нами мега-ноореволюцій для досягнення повної перемоги «на всіх фронтах» і подальшого швидкого після-воєнного прогресу Вітчизни по шляху побудови першого на планеті ноосупільства і здійснення «нооодуховлення» людства на основі ліквідації загрози його загибелі через масове поширення і використання ноотехнологій і ноонаук.

References

1. Dennis Meadows, Donella Meadows, Jorgen Randers. *Limits to Growth*. – М.: MSU, 1991; *Beyond Limits to Growth*. – М.: Progress, 1994; *Limits to Growth. The 30-Year Update*. – М.: ІКС "Academkniga", 2008. (in Russian)
2. Tarasova N., Dennis Meadows: "It will not be possible to achieve sustainable development... And it's time to think about how to live in a phase of decline, not growth" (URL: <https://naked-science.ru/article/interview/ustojchivogo-razvitiya-dostich-ne-udastsyaupadka-a-ne-rosta> (5-03-2022). Appeal 11-02-2024 (in Russian)
3. World Scientists' Warning to Humanity: A Second Notice / William J. Ripple, Christopher Wolf, Thomas M. Newsome, Mauro Galetti, Mohammed Alamgir, Eileen Crist, Mahmoud I. Mahmoud, William F. Laurance, and 15,364 scientist signatories from 184 countries // *BioScience*. 13 November 2017 (URL: <https://academic.oup.com/bioscience/advance-article/doi/10.1093/biosci/bix125/4605229>)

4. Alvin Toffler (1980). *The Third Wave*. Bantam books. New York * Toronto * London * Sydney * Auckland.
5. Toffler A. *Szok przyszłości*. – Poznan, Wyd. Ztsk i S-ka, 1999. – 480 s.
6. Korsak, K.V., & Korsak, Yu.K. (2019). *Noohlosariy-2 — noonauky dlya maybutn'oho bez kolapsiv* [Nooglossary-2 is a noosciences for the future without collapse]. *Vyshcha shkola — Higher School*, 2, 43-58 [in Ukrainian]
7. Korsak, K. V. & Korsak, Y. K. (2022). Force majeure need for humanity to turn to nootechnology and nooecology. *Man and Environment. Issues of Neoecology*, (37), 62-70. <https://doi.org/10.26565/1992-4224-2022-37-06> (URL: <https://periodicals.karazin.ua/humanenvi-ron/article/view/18582/16900>) (in Ukrainian) Appeal 24-07-2025
8. Lagin, L. *Old Man Hottabych [Text]: a story-tale / L. Lagin; artist S. Kovalets. — Donetsk: Donetskchina, 2004. — 448 p.: ill.*
9. Korsak, K. & Korsak, Y. (2023). *The proposal of the author's nootools for the elimination of the obesity epidemic and other global dangers / Publisher.agency: Proceedings of the 1st International Scientific Conference «Interdisciplinary Science Studies» (January 19-20, 2023). Dublin, Ireland. P. 93-99 (DOI 10.5281/zenodo.7559050) (URL: <https://ojs.publisher.agency/index.php/ISS/issue/view/14/39>) (in Ukrainian). Appeal 23-11-2025*
10. Korsak, Yu. K.(2022). **On the Noophilosophical Forecast of the Future until the Middle of the XXst Century for Ukraine and the World**. *International scientific journal «Grail of Science»*, №13-14 (May; 2022) with the proceedings of the: III Correspondence International Scientific and Practical Conference "Scientific researches and methods of their carrying out: world experience and domestic realities", May 27th, 2022 by NGO European Scientific Platform (Vinnytsia, Ukraine) LLC International Centre Corporative Management (Vienna, Austria).Pp. 444-459. (DOI 10.36074/grail-of-science.22.10.2021.081) (URL: <https://ojs.ukrlogos.in.ua/index.php/grail-of-science/article/view/16569/14815>) (in Ukrainian)
11. Korsak K.V., Korsak Yu.K. (2024). **A critical analysis of the ability of humanity and Ukraine to hold a successful Peace Summit-2024 and a proposal to use noophilosophy and noosciences / Innovative scientific research. Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference. May 2-3 2024. Toronto. Canada. Pp. 85-105. (DOI <https://doi.org/10.5281/zenodo.11127529>) (URL: <chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://conference-w.com/wp-content/uploads/2024/05/Can.T-0203052024.pdf>)**
12. Korsak K., Korsak Y. (2025). **Elimination of Threats to Humanity through the Development of Nooeconomy (Wiseeconomy) / Proceeding of the XXX International scientific and practical conference "World problems in the development of science and education" (July 29 — August 01, 2025) Zaragoza, Spain. International Science Group. 2025. Pp. 24-32 (URL: <file:///D:/Users/We/Downloads/WORLD-PROBLEMS-IN-THE-DEVELOPMENT-OF-SCIENCE.pdf>) (in Ukrainian)**
13. Korsak K.V., Boychuk O.S. (2018). Analysis of modern scientific data on the topic of "human intelligence" // *Vyshcha shkola — Higher School*. — 2018. — No. 10(171). — P. (33-42)
14. *Europejski Tezaurus Edukacyjny. Wersja polska*. – Warszawa, IBE, 1999. – 369 s.
15. *National Educational and Scientific Glossary*. — Kyiv: TOV "KONVI PRINT", 2018.— 524 p. <https://naps.gov.ua/ua/press/announcements/1554/> (URL: https://drive.google.com/file/d/1tGrKFLMOY8WIQz9LR_9Co06JVZh3MrZF/view)
16. Butenko A. P., Vasko R. V., Yeremenko O. V., Korolyova A. V., Stukalo N. V. (Eds.). *Thesaurus of terms in the field of higher education quality assurance: Ukrainian-English / English-Ukrainian parallels [Electronic edition]*. KNLU Publishing House, 2025. 102 p. (URL: <https://naqa.gov.ua/wp-content/uploads/2025/01/Тезаурус-термінів-електронне-видання.pdf>)
17. Goncharenko S. (1997). *Ukrainian Pedagogical Dictionary*. Kyiv, "Lybid", 1997. 374 p.
18. Fleshley, T. (1996). *Encyclopedia of vices: justifying the flaws and weaknesses of human nature*. K .: Nauk. Dumka. (URL: http://lib.ru/DPEOPLE/ENCIKL/enciklopedia_porokow.txt_with-big-pictures.html)
19. Wilson E. (2014). *Masters of the Earth. The Social Conquest of the Planet by Humanity*. — St. Petersburg: Piter, 2014. — 352 p.: ill. (URL: <https://www.litmir.me/br/?b=250777&p=31>). (In Russian)
20. Korsak, K. V. (2023). *Improvement of humanities based on the combination of noosciences and the worldview of V. Vernadskyi, H. Kochur and other Ukrainian luminaries (article-1) / Publisher.agency: Proceedings of the International Scientific and Technical online Conference «Research Retrieval and Academic Letters» (August 24-25, 2023). Warsaw, Poland. P. 198-208 (DOI 10.5281/zenodo.8287957) (URL: <https://ojs.publisher.agency/index.php/ISS/issue/view/45/128>) (in Ukrainian)*

21. Korsak, K. V. (2023). *Improvement of humanities-XXI based on the combination of noosciences and the worldview of V. Vernadskyi, H. Kochur and other Ukrainian luminaries (article-2)* / Publisher.agency: Proceedings of the 4th International Scientific Conference «Theoretical Hypotheses and Empirical results» (September 1, 2023), Oslo, Norway. P. 142-164 (DOI 10.5281/zenodo.8213545) (URL: <https://ojs.publisher.agency/index.php/THIR/issue/view/46/130>) (in Ukrainian)
22. Korsak, K.V. & Korsak, Yu.K. (2021). Semantic and Cognitive Barriers to the Noosymbiosis of Humanity and Biosphere / *Ideas. Philosophical journal: international multilingual theoretical scientific application*, No. 1(17)-2(18), June-November, pp. 65-77 (DOI: [https://doi.org/10.34017/1313-9703-2021-1\(17\)-2\(18\)-65-77](https://doi.org/10.34017/1313-9703-2021-1(17)-2(18)-65-77)) (URL: <https://ideas.academyjournal.org/index.php/IDEI/article/view/260/192>)
23. Teilhard de Chardin P. (1959). *The Phenomenon of Man*, Harper Perennial {Teilhard de Chardin P. (1987). *The Phenomenon of Man* / Translated from French. M.: Nauka}
24. *Civilization choice of Ukraine: paradigm of comprehension and strategy of action: national report* (2016). / ed. col.: S.I. Pirozhkov, O.M. Mayboroda, Yu. Zh. Shaygorodsky and others. ; Institute for Political and Ethnonational Studies. I.F. Kuras NAS of Ukraine. — Kyiv: National Academy of Sciences of Ukraine, 2016. (URL: https://ipiend.gov.ua/wp-content/uploads/2018/07/civilization_Ukraine_site_210.pdf) (in Ukrainian)
25. Vernadsky V. I. (1944). A few words about the noosphere // *Successes of modern biology*. — 1944. — No. 18, issue. 2. — P. 113-120
26. Vernadsky, W. (1925). L'autotrophie de l'humanité [El. resource] / *Revue générale des sciences*. 1925. No. 17/18, pp. 495–502 (URL: <http://gallica.bnf.fr/ark:/12148/bpt6k171004/f500.item.zoom>).
27. Korsak K.V. (2018). On the principles of correct thinking on the topic of global warming / *Wyshchashkola — Higher School*. 2018. No. 1(162). pp. 72-81(in Ukrainian)
28. Kurbatov D. I. Ministry of Education and Science. No. 1/5967-23 dated 04/27/2023.
29. Korsak K., Korsak Y. (2024). A real path to the complete elimination of the threat of Collapse-XXI due to the development of noosciences / *Svitoglyad*. 2004, No. 2, p. 49-51 (URL: <https://www.mao.kiev.ua/biblio/jscans/svitogliad/svit-2024-19-2/svit-2-2024-korsak-012.pdf>). (In Ukrainian). (Appeal 16-11-2025)
30. Korsak, K. (2022) "Homo-8 Billion" at the Start of Two Mega-Noorevolutions — Industrial and Humanitarian. And what will the Finish be like?. *Humanities Studies*. 12(89). 35-46 (DOI: <https://doi.org/10.26661/hst-2022-12-89-04>) (URL: <http://humstudies.com.ua/article/view/266461/262486>). (in Ukrainian)
31. Koch, M. et al. (2020). Koch, M., Bruckmoser, J., Scholl, J. et al. Maximizing PHB content in *Synechocystis* sp. PCC 6803: a new metabolic engineering strategy based on the regulator PirC. *Microb Cell Fact* 19, 231 (2020). <https://doi.org/10.1186/s12934-020-01491-1>
32. Abaev M. (2022). Copper-producing bacteria from Brazilian mines (URL: <https://nkj.ru/news/41315/>) 3-05-2021
33. Gretzinger, J., Biermann, R, Mager, H. et al. Ancient DNA connects large-scale migration with the spread of Slavs. *Nature* 646, 384-393 (2025). (URL: <https://doi.org/10.1038/s41586-025-09437-6>). Appeal 17-11-2025
34. Thomas Cavaillé-Fol (2019) *Yamnayas — le peuple fantome de l'Europe* / *Science & vie* (1225, octobre 2019) (URL: <https://www.science-et-vie.com/science-et-culture/yamnayas-le-peuple-fantome-de-l-europe-51463>) Appeal 17-11-2025
35. Wells H. Story of most murderous people of all time revealed in ancient DNA (URL: https://www.linkedin.com/posts/heinrich-wells-a917a61b8_yamnaya-yamnayagenocide-activity-6869389777884520449-Sbx6)
36. Korsak K.V., Talanchuk P.M., Davidenko G.V., Kalakura Y.S., Kirik T.V., Pokhresnik A.K., Korsak Yu.K. et al. (2022). *The Origin and Features of Russian Culture in Terms of Modern Noosciences*. Intern. sc. journal «*Grail of Science*», №17 (July; 2022) with the proceedings of the: Ill Corresp. Intern. Scientific and Practical Conference «Science of post-industrial society: globalization and transformation processes», July 22th, 2022. Pp. 308-333 (DOI 10.36074/grail-of-science.22.07.2022.056) (URL: <https://archive.journal-grail.science/index.php/2710-3056/issue/view/22.07.2022>) (in Ukrainian) Appeal 17-11-2025

Physical sciences

UDK 538.956:538.958

DIELECTRIC RELAXATION OF THE ABSORPTION SPECTRUM OF ACETIC ACID

S.T. Azizov¹*Ph.D. in physics, Associate professor***S.I. Qulieva²***Ph.D. in physics***I.N. Ibrahimov³***senior research fellow*^{1,3} *Ministry of Science and Education**Republic of Azerbaijan, Institute of Physics,*² *Baku Business University, Baku, Azerbaijan***Abstract**

This article presents the results of measurements of the dielectric coefficients of acetic acid and its solutions. Measurements were carried out at wavelength $\lambda = 40.0; 30.0; 20.0; 10.0; 6.4; 4.4; 2.1; 1.2$; and in the temperature range $20 \div 500^\circ\text{C}$. Models of molecular clustering in liquid acetic acid were studied based on analysis of the dielectric absorption spectrum. The characteristic temperature dependences of the dielectric constant ϵ' of acetic acid have been determined, from which two isothermal rotational transitions are clearly visible.

Keywords: *Dielectric spectroscopy, dielectric relaxation, complex dielectric constant, dielectric properties, acetic acid.*

Introduction

The main goal of dielectric research is to study the patterns of manifestation of the features of molecular interactions and movements in the condensed state of matter.

The extreme diversity of the molecular structures of polar liquids and their solutions that must be taken into account, as well as the difficulties associated with theoretical interpretation, make it extremely necessary to systematically accumulate experimental data on molecular motion and interactions in connection with the microscopic properties of matter. In this aspect, dielectric information acquires special value due to the exceptionally high resolution of the method on a time scale, which makes it possible to observe the movements of atomic groups, individual molecules, and large supra molecular formations - clusters. This feature distinguishes the dielectric method from other widely used spectroscopy methods.

The dynamic dielectric properties of acetic acid [1-3], in agreement with X-ray data [4-8], indicate the existence of highly polar clusters based on intermolecular hydrogen bonds, as well as kinetic units with a smaller effective dipole moment. In this work, changes in the spectrum of the dispersion caused by the melting of the acid were traced. Analysis of changes in the dispersion spectrum [9, 10] shows that, to a first approximation, the spectrum can be described by a superposition of two regions. The HF region has a relaxation nature and is characterized by a symmetrical distribution of relaxation times, increasing with decreasing temperature. The small value of the absorption amplitude and the relatively low (for the solid phase) reorientation barrier (~ 4 kCal/mol) give grounds to assert that the high-frequency region is created by the rotational movement of individual molecules.

Low frequency (LF) - the region only partially falls within the overlapped frequency range. A notable feature of this area is the strong dependence of dielectric coefficients on the thermal conditions of sample preparation, which requires special precautions to eliminate or minimize the contribution due to the surface effect. Judging by the long relaxation times and large amplitude, comparable to that in the liquid phase, the main contribution to the LF region is made by the movements of molecules forming hydrogen-bonded multimer, without the disintegration of the latter.

Materials and methods.

Acetic acid (United States, Keysight Technologies) was chosen as the object of research.

Dielectric constant ϵ' and dielectric losses ϵ'' of liquid acetic acid were measured at wavelengths λ

= 40.0; 30.0; 20.0; 10.0; 6.40; 4.40; 2.10; 1.20; 0.75 cm in the temperature range from 20 to 50°C according to the method described in [11-14], taking into account amendments [12,13]. Equilibrium dielectric constants ϵ_0 were measured on a Q - meter VM 560, at a frequency of 1.6 MHz and the same temperatures. The errors are about 2% for the dielectric constant ϵ' , 3 – 5% for the dielectric loss ϵ'' and 0.5% for the equilibrium dielectric constant ϵ_0 . Further details about the methodology and constants of the studied sample are given in [15,16].

To measure the dielectric constant ϵ' and dielectric losses ϵ'' of liquids and solutions in the range of centimeter and millimeter wavelengths, waveguide methods are widely used, characterized by a relatively high measurement accuracy. The expression for the complex propagation constant γ of an electromagnetic wave in a waveguide filled by a polar liquid, is written in the form [17]:

$$\hat{\gamma} = i \frac{2\pi}{\lambda} \sqrt{\epsilon^* - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{cp}}\right)^2} = i \frac{2\pi}{\lambda_g} \left(1 - i \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}\right) \quad (1)$$

Here $\Delta = \operatorname{arctg} \frac{\epsilon''}{\epsilon' - \left(\frac{\lambda}{\lambda_{cp}}\right)^2}$; λ – wavelength in vacuum; λ_{cw} – critical wavelength in a waveguide, determined by the dimensions of the waveguide and the type of waves propagating in the waveguide, λ_g – wavelength in the waveguide with the liquid under study, ϵ^* – complex dielectric constant of a polar liquid. From identity (1) it follows that

$$\epsilon' = \left(\frac{\lambda}{\lambda_{cp}}\right)^2 + \left(\frac{\lambda}{\lambda_g}\right)^2 \cdot \left(1 - \operatorname{tg}^2 \frac{\Delta}{2}\right); \quad \epsilon'' = 2\left(\frac{\lambda}{\lambda_{cp}}\right)^2 \operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} \quad (2)$$

To determine the quantities λ_g and $\operatorname{tg} \frac{\Delta}{2}$ included in expression (2), the waveguide method of variable thicknesses is often used, which is acceptable only under the condition that $\operatorname{tg} \frac{\Delta}{2} \neq 0$.

Results and discussion.

Table 1 gives the values of the dielectric constant of acetic acid ϵ' and dielectric losses ϵ'' . Explicitly, the spectrum contains only one absorption region of the relaxation type (Fig. 1, 2).

Table 1

Dielectric coefficients of acetic acid

$t, ^\circ\text{C}$	20		30		40		50	
λ, cm	ϵ'	ϵ''	ϵ'	ϵ''	ϵ'	ϵ''	ϵ'	ϵ''
40,0	5,75	0,96	5,91	0,89	6,12	0,80	6,32	0,73
30,0	5,48	1,15	5,70	1,08	5,93	0,99	6,17	0,91
20,0	5,05	1,23	5,30	1,21	5,56	1,19	5,83	1,14
10,0	4,40	1,11	4,60	1,17	4,81	1,22	5,06	1,28
6,40	4,11	0,97	4,25	1,06	4,44	1,14	4,63	1,23
4,40	3,85	0,89	4,00	0,96	4,14	1,06	4,30	1,16
2,12	3,52	0,76	3,60	0,82	3,70	0,88	3,78	0,97
1,20	3,28	0,62	3,34	0,70	3,41	0,77	3,50	0,85
0,75	3,08	0,52	3,12	0,58	3,19	0,67	3,26	0,75

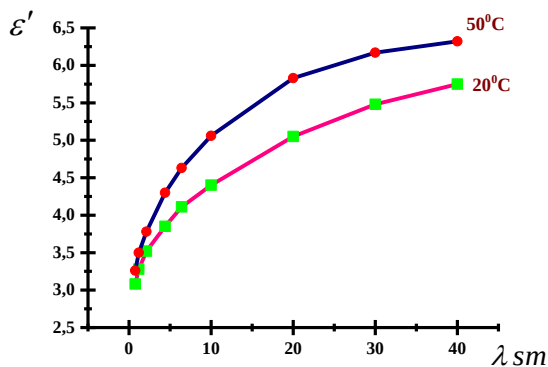


Figure 1. Dielectric constants ϵ' acetic acid depending on the wavelength λ at 20 and 50°C.

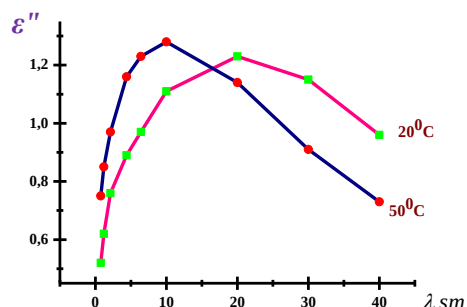


Figure 2. Dielectric losses ϵ'' of acetic acid depending on wavelength λ at 20 and 50°C

The relaxation times corresponding to the peak of the $\epsilon''(\lambda)$ curves change with temperature according to the relation $\tau = \tau_0 \exp(U/RT)$, where $\tau_0 = 11.8 \cdot 10^{-14}$ cm, $U = 4.0$ kcal/mol. Found in this way

relaxation parameters should be considered effective, which is proven by the clear resolution of the spectrum when using the linear representation method.

To a first approximation, the frequency variation of the values ϵ' , ϵ'' can be described by a superposition of two independent relaxation processes:

$$\epsilon' - i\epsilon'' = \epsilon_{\infty 2} + (\epsilon_{01} - \epsilon_{\infty 2}) \{C_1(1 + i\omega\tau_1)^{-1} + C_2[(1 + i\omega\tau_2)^{1-\alpha_2}]^{-1}\} \quad (10)$$

Where - $C_j = \frac{\epsilon_{0j} - \epsilon_{\infty j}}{\epsilon_{01} - \epsilon_{\infty 2}}$; $C_1 + C_2 = 1$; $\epsilon_{\infty 1} = \epsilon_{02}$; $\tau_1 > \tau_2$, α_2 - parameter of the symmetric distribution of dielectric relaxation time values around the most probable value τ .

Table 2 gives the estimated parameters of equation (1) along with the measured values of ϵ_{01} . A comparison of the spectrum calculated from these values with the observed one shows that the permissible limits of variation of the estimated parameters, in which the scatter does not exceed the experimental errors, are about 10% for τ and 0.05 for C .

Table 2

Relaxation parameters of the spectrum of acetic acid according to (1)

$t, ^\circ\text{C}$	ϵ_{01}	$\epsilon_{\infty 2}$	$\tau_1 \cdot 10^{12} \text{sec}$	$\tau_2 \cdot 10^{12} \text{sec}$	α_2	C_1
20	6,30	2,58	122	11,5	0,29	0,50
30	6,38	2,57	100	10,0	0,28	0,49
40	6,46	2,56	81	8,8	0,27	0,46
50	6,54	2,56	66	7,8	0,26	0,48

Significant broadening of the high-frequency (HF) region makes its further division possible. Due to the large distribution parameter α of the dielectric relaxation time, attempts to describe this region using elementary Debye processes require the introduction of four relaxation time values. By analogy with monohydric alcohols, it seems advisable to limit ourselves to separating from the HF region only two contributions, each of which retains a certain distribution of relaxation times of a symmetrical type.

The presence of an absorption spectrum contradicts the widespread opinion about the exclusively nonpolar dimeric type of clustering of liquid acetic acid. The presence of three absorption regions with relaxation times differing by a factor of 40 cannot be explained by the hypothetical interaction of monomers and cyclic dimers. At the same time, the value of the correlation parameter $g = 0.4$ (20°C) indicates a limited proportion of polar clusters. Taking this into account, as well as summarizing the results of spectrum analysis, identification should be carried out in terms of the equilibrium between non-polar clusters, polar multiverse and monomers.

The characteristics of the HF contribution give reason to believe that it is created by the reorientation of individual molecules as a whole, supplemented by internal rotation.

There is no doubt that the LF contribution is classified as multiverse. As for the intermediate contribution, its identification depends on the specific cluster model.

The main difference between linear and cyclic clustering models is that in the first case, the appearance of an intermediate region directly follows from the presence of chain multiverse. On the contrary, with cyclic clustering, the presence of kinetic units responsible for a given absorption region is not due to the existence of other types of relaxers.

Conclusions

1. The prerequisites for choosing between the two models are determined by comparing the expected and observed changes in the spectrum caused by the introduction of foreign molecules of acetic acid.
2. The linear clustering model predetermines the correlation between the amplitudes of low-frequency and intermediate contributions upon dilution of acetic acid.

References

1. SK Kim, L. Onsager, Интегральное представление релаксационных эффектов в смешанных сильных электролитах в предельной области закона, J. Phys. Chem. 81 (1977) 1211-1213 <https://doi.org/10.1021/j100527a019>
2. Дж. Ф. Поли, Микроволновая дисперсия некоторых полярных жидкостей, Appl. Sci. Res. B 4 (1955) 337-387 <https://doi.org/10.1007/BF02920014>
3. Р. Х. Коул, Диэлектрическая поляризация и релаксация, Mol. Liq., NATO ASI Ser. C 135 (1984) 59-110 https://doi.org/10.1007/978-94-009-6463-1_3
4. Chaturika D. Abeyrathne, Malka N. Halgamuge, Peter M. Farrell and Efstratios Skafidas //Dielectric Properties of Liquid Phase Molecular Clusters using External Field Method: Molecular Dynamics Study// Physical Chemistry Chemical Physics (2014) 13943 – 13947

5. C.J.F. Böttcher, P. Bordwijk, *Theory of electric polarization*, Amsterdam 2 (1978), c 561 <https://doi.org/10.1002/bbpc.19800841128>.
6. I.N. Daniels, Zh. Wang, B.B. Laird, *Dielectric properties of organic solvents in an electric field*, J. Phys. Chem. C 121 (2016) 10896-10920, <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.6b10896>.
7. M. Nagasaka, H. Yuzawa, N. Kosugi, *Microheterogeneity in aqueous acetonitrile solution probed by soft x-ray absorption spectroscopy*, J. Phys. Chem. B 124 (2020) 1259-1265, <https://doi.org/10.1021/acs.jpcc.0c00551>
8. S.T. Azizov, *Dielectric relaxation in solutions chlorobenzene-benzene and chlorobenzene-hexane*, Mod. Phys. Lett. B 38 (2024) 2450167, <https://doi.org/10.1142/S0217984924501677>.
9. Dilip Kumar, Swapan Kumar Sit, Shiva Nand Singh, Swagatadeb Sahoo // *Dielectric Relaxation Behavior of Amide and Phenol Mixtures in C₆H₆ Under Microwave Field* // Journal of Solution Chemistry volume 50, pages 690 – 722 (2021) DOI:10.1007/s10953-021-01085-4
10. S.R. Kasimova // *Measurements of the Dielectric Properties of Strongly Absorbing Substances at Microwave Frequencies* // Measurement Techniques. USA, New – York. (2016) v 58, Is. 12, 1372 – 1375 <https://doi.org/10.1007/s11018-016-0901-9>
11. S.T. Azizov, O.A. Aliev, R.G. Abaszade // *Low – frequency dielectric properties of acetone* // International Journal of Latest Research in Science and Technology (2016) v 5 58 – 62. https://www.mnkjournals.com/journal/ijlrst/pdf/Volume_5_4_2016/10678.pdf
12. D. Kumar, S.K. Sit, S.N. Singh, S. Sahoo // *Investigation of dielectric relaxation in dipolar liquids from conductivity measurement* // Bulletin of Materials Science, (2022) vol. 45 37 – 49 <https://doi.org/10.1007/s12034-021-02597-x>
13. S. Sahoo, S.K. Sit, // *Double relaxation phenomena of nicotinamide, benzamide and 1-propanol mixture dissolved in benzene measured at 9.385 GHz electric field* // Can. J. Phys. **94**, 1–12 (2016) <https://doi.org/10.1139/cjp-2015-0477>
14. S.T. Azizov, *Investigation of the temperature dependence of the dielectric relaxation of chlorobenzene, bromobenzene and iodobenzene*, Bull. Karaganda Univ. Phys. 29 (2024) 36-42, <https://doi.org/10.31489/2024ph2/36-42>.
15. E. Salaev, S. Azizov, E. Gasimov, J. Qajar, *Resonant reflectionless absorption of electromagnetic waves in solutions*, Turk. J. Phys. 22 (1998) 389-394. <https://journals.tubitak.gov.tr/physics/vol22/iss5/4/>
16. S.T. Azizov, *Temperature dependence of dielectric relaxation of absorption spectra in the chlorobenzene–iodobenzene system*, East Eur. J. Phys. 1 (2024) 453-459
17. <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2024-1-50>.
18. S.T. Azizov, O.A. Aliyev, Kh.Kh. Hashimov, *Dielectric relaxation and molecular interactions in acetic acid*, East Eur. J. Phys. 3 (2025) 483-489,
19. <https://doi.org/10.26565/2312-4334-2025-3-53>.

1//

Psychological sciences

THE PHENOMENON OF DIGITAL ANXIETY IN TEENAGERS UNDER THE INFLUENCE OF SOCIAL NETWORKS

Zholmurzaeva A.A.

Scientific supervisor: Karimova A.T.
PhD in Medicine, Associate Professor

ФЕНОМЕН ЦИФРОВОЙ ТРЕВОЖНОСТИ ПОДРОСТКОВ ПОД ВЛИЯНИЕМ СОЦИАЛЬНЫХ СЕТЕЙ

Жолмурзаева А.А.

Научный руководитель: Каримова А.Т.
к.мед.н., доцент

Abstract

This article analyzes the phenomenon of digital anxiety among adolescents caused by social media. It examines the characteristics of adolescence, the mechanisms of digital anxiety formation, including socio-psychological, cognitive-emotional, and motivational factors, as well as the impact of the digital environment on the mental health of adolescents. Based on contemporary domestic research, the key risks associated with intensive use of social networks are identified, and directions for the prevention and correction of digital anxiety are presented.

Аннотация

Статья посвящена анализу феномена цифровой тревожности подростков, возникающей под влиянием социальных сетей. Рассматриваются особенности подросткового возраста, механизмы формирования цифровой тревожности, включая социально-психологические, когнитивно-эмоциональные и мотивационные факторы, а также влияние цифровой среды на психическое здоровье подростков. На основе современных отечественных исследований определены ключевые риски, связанные с интенсивным использованием социальных сетей, и представлены направления профилактики и коррекции цифровой тревожности.

Keywords: *digital anxiety, adolescents, social networks, digitalization, technostress, internet addiction, emotional regulation.*

Ключевые слова: *цифровая тревожность, подростки, социальные сети, цифровизация, техностресс, интернет-зависимость, эмоциональная регуляция.*

Цифровизация современной жизни приводит к существенным изменениям в психическом и эмоциональном развитии подростков. В условиях постоянного онлайн-взаимодействия формируется новая среда социализации, которая с одной стороны обеспечивает расширение возможностей для коммуникации, а с другой - создаёт риски возникновения цифровой тревожности. Анализ современных публикаций показывает, что цифровая медиатизация оказывает значимое влияние на эмоциональное состояние молодёжи, усиливая тревожные проявления и снижая стрессоустойчивость подростков [1].

Одним из факторов актуальности проблемы является возрастная специфика подростков. В период 12–17 лет происходит интенсивное развитие самосознания, потребности в социальной поддержке и признании. Социальные сети становятся ключевой площадкой, через которую подростки удовлетворяют эти потребности, однако постоянное сравнение себя с другими, ожидание ответов и оценочных реакций формирует стойкие тревожные переживания [2]. Исследования также показывают, что цифровая активность, выраженная в частоте публикаций, проверке уведомлений и участии в онлайн-сообществах, тесно связана с когнитивно-эмоциональными характеристиками, в том числе с уровнем тревожности и эмоциональной нестабильности [3].

Механизмы формирования цифровой тревожности являются многоуровневыми. На социально-психологическом уровне тревожность усиливается стремлением к принятию и одобрению, повышенной восприимчивостью к социальному давлению, а также страхом быть исключённым из значимых онлайн-групп. Установлено, что подростки, активно вовлечённые в цифровое пространство, чаще демонстрируют признаки техностресса, включая эмоциональное напряжение и раздражительность [4].

На когнитивно-эмоциональном уровне цифровая тревожность обусловлена информационной перегрузкой, высокой скоростью смены контента и постоянной стимулирующей системы вознаграждения. Мотивационная сторона цифрового поведения связана с поиском эмоциональной поддержки, самоутверждения и стремлением к быстрому социальному отклику. Эти механизмы, как подчёркивает И.Н. Позожина, формируют устойчивые паттерны цифрового поведения, которые затрудняют саморегуляцию и повышают вероятность возникновения тревожных состояний [5].

Особую роль играют такие факторы, как социальная тревожность и предпочтения в онлайн-контенте. Исследования Е.Ю. Казариновой и А.Б. Холмогоровой демонстрируют, что предпочтение тревожного, негативного или эмоционально насыщенного контента тесно связано с повышенной социальной тревожностью и, как следствие, увеличением риска интернет-зависимости [6]. Кроме того, качественные исследования взаимодействия подростков с социальными сетями показывают, что у подростков с депрессивными и тревожными симптомами наблюдаются более выраженные формы проблемного цифрового поведения [7].

Не менее важным источником данных являются диссертационные и выпускные исследования последних лет, посвящённые проблемному использованию информационно-коммуникационных сетей подростками. Они подтверждают, что высокая цифровая вовлечённость сопровождается ростом ситуативной и личностной тревожности, трудностями концентрации, нарушениями сна и снижением качества межличностного общения [8].

Современные аналитические и научно-популярные публикации 2023–2025 гг. также фиксируют развитие тревожных состояний у подростков на фоне активного использования социальных сетей. Особое внимание уделяется негативному эффекту визуально ориентированных платформ (Instagram, TikTok), которые усиливают сравнение себя с идеализированными образами и формируют деформированное восприятие собственной личности [9].

Важным направлением исследований последних лет являются нейропсихологические аспекты влияния экранного времени на развитие подростков. Публикации 2024–2025 гг. отмечают, что увеличение времени перед экраном связано со снижением концентрации внимания, нарушениями сна и ухудшением способности к эмоциональной саморегуляции – факторами, которые напрямую способствуют усилению тревожности [10].

Таким образом, цифровая тревожность подростков представляет собой комплексный феномен, возникающий на пересечении социальных, психологических и нейрофизиологических факторов. Повышение её уровня обусловлено высокой степенью вовлечённости в социальные сети, потребностью в социальной оценке, эмоциональной уязвимостью и недостаточностью навыков цифровой саморегуляции. Перспективные направления профилактики включают формирование цифровой грамотности, развитие навыков критического восприятия цифрового контента, обучение подростков стратегиям эмоциональной регуляции и создание сбалансированной цифровой среды в семье и образовательных учреждениях. Комплексная работа специалистов образования, психологов и родителей позволяет снижать риски цифровой тревожности и поддерживать здоровое развитие подростков в условиях цифровизации.

Список литературы

1. Левченко, Е. В. Цифровая тревожность: природа, проявления, механизмы / Е. В. Левченко // Психология. Журнал Высшей школы экономики. — 2020. — Т. 17, № 3. — С. 480–496.
2. Гордеева, Т. О. Психологические эффекты цифровой среды для подростков / Т. О. Гордеева // Психологическая наука и образование. — 2019. — Т. 24, № 6. — С. 5–18.
3. Солдатова, Г. У., Рассказова, Е. И. Цифровое поколение: компетентность и безопасность / Г. У. Солдатова, Е. И. Рассказова. — М.: Смысл, 2018. — 248 с.
4. Фомичёва, Т. С. Риски и возможности социализации подростков в цифровой среде / Т. С. Фомичёва // Социальная психология и общество. — 2021. — Т. 12, № 2. — С. 54–70.
5. Солдатова, Г. У., Нестик, Т. А. Психология цифровой эпохи: вызовы и решения / Г. У. Солдатова, Т. А. Нестик. — М.: Когито-Центр, 2020. — 312 с.

6. Рассказова, Е. И., Климанова, А. Н. Психологические предикторы интернет-зависимого поведения подростков / Е. И. Рассказова, А. Н. Климанова // Вопросы психологии. — 2017. — № 3. — С. 35–49.

7. Байкова, Н. В. Эмоциональные особенности подростков в условиях интенсивного использования социальных сетей / Н. В. Байкова // Психология. Журнал ВШЭ. — 2021. — Т. 18, № 4. — С. 620–635.

8. Доспулова, Ф. А. Влияние социальных сетей на эмоциональную сферу подростков / Ф. А. Доспулова // Вестник Московского университета. Серия 14: Психология. — 2018. — № 2. — С. 88–101.

9. Солдатова, Г. У., Лебешева, М. А. Цифровые риски и тревожность школьников в онлайн-среде / Г. У. Солдатова, М. А. Лебешева // Национальный психологический журнал. — 2022. — № 2. — С. 34–48.

10. Кириллова, Н. В. Особенности формирования цифровой зависимости и тревожности в подростковом возрасте / Н. В. Кириллова // Психолого-педагогические исследования. — 2019. — Т. 11, № 4. — С. 152–166.

Sociological sciences

INCLUSIVE EDUCATION AS A SOCIALLY SIGNIFICANT INNOVATION

Farzaliyeva Nubar Vugar

Master's student,

Azerbaijan, Ganja State University

Scientific supervisor: **Jalilov Azer Muzadil**
associate professor

Abstract

This article analyzes the development process and current problems of inclusive education in the context of the development of socio-cultural values, in particular, changes in public perceptions of disability and the understanding of educational inclusion as the most important way to overcome processes of social exclusion. It presents the history of the global community's struggle for the educational rights of children with special educational needs as a history of movement "from a culture of utility to a culture of dignity."

Keywords: *inclusive education, integration, social exclusion, discrimination, segregation, medical model, social model, normalization model, socio-cultural project.*

In most democratic countries of the world, inclusive education is considered not only as an option for educating children with disabilities, developmental disorders, and learning difficulties, but in a broader context – as a way to overcome discrimination in all its forms by providing a basic social good – education – for all citizens without exception. Moreover, educational inclusion is understood not only as a way to overcome the segregation of children with significant developmental problems, but as a way to overcome social exclusion, that is, the exclusion of certain groups of citizens, children and adults, from the mainstream of social life.

In this sense, the definition of inclusive education presented by Professor Peter Mittler of the University of Manchester is illustrative: "Inclusive education is a step towards achieving the ultimate goal – the creation of an inclusive society that will allow all children and adults, regardless of gender, age, ethnicity, abilities, the presence or absence of developmental disabilities and HIV infection, to participate in and contribute to the life of society. In such a society, differences are respected and valued, and discrimination and prejudice in politics, daily life and the activities of institutions are actively combated."

In almost all developed countries that have adopted and implemented this new educational approach, inclusion is viewed not only as a gift from society or a special educational benefit for children with disabilities, although that in itself is significant. Inclusive education is understood and implemented in international practice as a benefit for all those who teach such children, who learn alongside them, who raise them in the family, and as an opportunity for the entire civil society to practically implement the humanistic values of equal rights, freedoms, and dignity of every person. This is precisely how inclusion is presented in fundamental international documents such as the Salamanca Statement on Principles, Policy and Practice in Special Needs Education and the Convention on the Rights of Persons with Disabilities.

The global community, scholars, and practicing educators have arrived at this understanding of educational inclusion as a result of many years of struggle for human rights, children's rights, and the rights of people with disabilities, which began after the Second World War and continues to this day. The list and titles of international documents allow us to see the main directions of the efforts of those who advocate for equal rights to education as a crucial cultural good and social right – for all children and adults without exception – which testify to the global context of educational inclusion within the framework of a socio-cultural approach to education. Let us list the main of these documents, reflecting the history and current state of international law in the field of education in general, and inclusion in particular:

- Universal Declaration of Human Rights (UN, 1948),*
- Declaration of the Rights of the Child (UN, 1959),*
- Convention against Discrimination in Education (UNESCO, 1960),*

- *Declaration on the Rights of Mentally Retarded Persons (UN, 1971),*
- *Declaration on the Rights of Disabled Persons (UN, 1975),*
- *Convention on the Rights of the Child (UN, 1989),*
- *Standard Rules on the Equalization of Opportunities for Persons with Disabilities, UN 1993.*
- *The Salamanca Declaration on Principles, Policy and Practice in Special Needs Education (World Conference on Special Needs Education, Salamanca, Spain, 1994),*
- *The Dakar Framework for Action. Education for All: Meeting Our Collective Commitments (Dakar, Senegal, 2000),*
- *Convention on the Rights of Persons with Disabilities (UN, 2006).*

It is clear that determining the prospects and challenges of implementing educational inclusion in Russia requires everyone involved to understand the socio-cultural context that has been created by proponents of equal educational rights over many decades. This context is preserved in the texts of international documents not only as a historical fact, but above all as an important methodological idea that defines the philosophy, theory, and practice of inclusive education in its modern interpretation.

Let's consider some of these texts in historical retrospect. Article 26 of the Universal Declaration of Human Rights, already in 1948, proclaims the right of every person to education. The Convention on the Rights of the Child, in 1989, in Article 23, states that "a mentally or physically disabled child should live a full and decent life in conditions which ensure his dignity, promote his self-reliance and facilitate his active participation in the life of the community," and in Article 28, it specifies this idea by enshrining the right to accessible and quality education for children with disabilities.

The "Standard Rules on the Equalization of Opportunities for Persons with Disabilities" of 1993 recommend that states recognize the principle of equal opportunities in primary, secondary and higher education for children, youth and adults with disabilities in integrated settings; and also ensure that the education of persons with disabilities is an integral part of the general education system. This document introduces Rule 1, "Education," with the following interpretation: "States should recognize the principle of equal opportunities in primary, secondary and higher education for children, youth and adults with disabilities in integrated settings. They should ensure that the education of persons with disabilities is an integral part of the general education system." And further:

"To ensure that persons with disabilities have opportunities in education in mainstream schools, States should:

- a) have a clearly formulated policy that is understood and accepted at the school level and within the broader community;*
- b) ensure flexibility in curricula, allowing for additions and modifications;*
- c) provide high-quality teaching materials and ensure ongoing teacher training and support."*

A particularly important stage in the establishment of inclusive education can be considered the Salamanca Declaration on Principles, Policy and Practical Actions in the Field of Education for Persons with Special Needs, adopted by the World Conference on Special Needs Education in Spain in 1994. With broad international representation (300 participants, 92 governments, 25 international organizations), the participants adopted a document containing an appeal to all governments: to adopt, in the form of a law or political declaration, the principle of inclusive education and a call to the international community: to endorse the approach of education in inclusive schools: "We believe and solemnly declare that:

- Every child has the right to education and should have the right to acquire and maintain an acceptable level of knowledge;*
- Every child has unique characteristics, interests, abilities, and learning needs;*
- Education systems and educational programs must be developed and implemented in a way that takes into account the wide diversity of these needs and abilities;*
- Individuals with special educational needs should have access to education in mainstream schools, which should create conditions for them based on pedagogical approaches primarily focused on the child, in order to meet these needs.*
- Mainstream schools with such an inclusive orientation are the best means of combating discriminatory attitudes, creating a favorable atmosphere in society, building an inclusive society, and ensuring education for all; they provide real education for the majority of children and increase the efficiency and cost-effectiveness of the education system.*

In the second half of the twentieth century, European society consistently moved from an understanding of the inadequacy of purely medical approaches to people with disabilities towards the development of more humanistic views and more appropriate humanitarian practices. As a result, by the

end of the twentieth century, institutions similar to Russian children's homes, where infants abandoned by their parents immediately after birth are placed, were practically closed in the West. For example, in England, more than 90% of families in which children with developmental disabilities are born raise their children at home, while the remaining infants are adopted or placed in foster families. Institutions for adult disabled people have already been disbanded or are being disbanded in many countries, and support for their former residents is organized at their new place of residence. However, only England and Italy have decided to completely abandon special psychiatric hospitals, in which it was not possible to create conditions that do not infringe on the dignity and freedom of people with mental disabilities.

In the Scandinavian countries in the 1970s, the concept of "normalization" gained widespread acceptance as an alternative to the medical model of dealing with people with disabilities. This normalization model shaped public consciousness in Europe during those years, influencing policies and practices regarding children with special educational needs for the following 15-20 years. This new theoretical construct reflected different socio-cultural intentions, a different attitude towards people with disabilities, and opened up broad prospects for the dissemination of new ideas about children with developmental differences, as it oriented society towards raising such children in the spirit of the cultural norms accepted in the society in which they live. This concept was also adopted in the USA and Canada, and became a condition for the formation of so-called "patterns of culturally normative life" for those who were previously excluded from social life.

This period in the history of education is associated with the process of integrating children with developmental disabilities into the environment of their typically developing peers by uniting them in a "common stream." This stage of changing the socio-cultural norm regarding children with disabilities, who were previously isolated from their peers, can be considered a necessary, intermediate step on the path to inclusion. Integration in this context was usually viewed as a process of assimilation, requiring the individual, the child with special needs, to accept the norms characteristic of the dominant culture and follow them in their behavior. The normalization model is built on the following principles:

- A child with developmental disabilities is a developing person, capable of mastering various types of activities;

- Society must recognize these abilities and provide such a child with living conditions that are as close to normal as possible.

Inclusive education requires wisdom and courage from everyone involved in it – in setting and solving complex problems. But if this is a path from a culture of utility to a culture of respect for the dignity of the human person, regardless of their health, gender, nationality, and social status – then who said that this path would be easy?

Literature

1. Asmolov A. G. The uncompleted path: from a culture of utility to a culture of dignity. // Questions of Psychology. 1990. No. 5.

2. Levitskaya A. A. The state and prospects of inclusive education in Russia // Social Pedagogy. 2009. No. 1. pp. 4-7.

Technical sciences

REPLICATION OF A MONGODB DATABASE BASED ON THE LINUX OPERATING SYSTEM

Adilbekova Aizhan

Senior-lecturer at ATU University

Kerimbaeva Venera

Senior-lecturer at ATU University

Uipalakova Dinara

Senior-lecturer at ATU University

Aitbaeva Rakhatai

Senior-lecturer at ATU University

LINUX ОПЕРАЦИЯЛЫҚ ЖҮЙЕСІ НЕГІЗІНДЕ MONGODB ДЕРЕКҚОРЫНДА РЕПЛИКАЦИЯ

Адилбекова Айжан

АТУ университетінің сеньор-лекторы

Керимбаева Венера

АТУ университетінің сеньор-лекторы

Уйпалакова Динара

АТУ университетінің сеньор-лекторы

Айтбаева Рахатай

АТУ университетінің сеньор-лекторы

Abstract

This article provides a detailed overview of MongoDB database replication on the Linux operating system. It examines the MongoDB Replica Set architecture, including the roles of Primary, Secondary, and Arbiter nodes, and explains the replication mechanism and configuration steps. The study highlights the advantages of the Linux platform—such as stability, security, and efficient resource management—as key factors in implementing replication. Additionally, the article discusses common issues that may arise during MongoDB replication and offers solutions, as well as emphasizing the effectiveness of combining replication with backup strategies. The findings demonstrate the importance of using MongoDB in high-availability and fault-tolerant infrastructures.

Аңдатпа

Бұл мақалада Linux операциялық жүйесінде MongoDB дерекқорын репликациялау әдістері жан-жақты қарастырылады. MongoDB-дің Replica Set архитектурасы, оның құрамындағы Primary, Secondary және Arbiter түйіндерінің рөлі, репликацияның жұмыс механизмі және репликацияны орнату кезеңдері талданады. Сонымен қатар Linux платформасының тұрақтылық, қауіпсіздік және ресурстарды тиімді басқару сияқты артықшылықтары репликацияны іске асыруда маңызды фактор ретінде сипатталады. Мақалада MongoDB репликациясы барысында туындауы мүмкін мәселелер мен оларды шешу жолдары, сондай-ақ репликация мен сақтық көшірмелеуді біріктіріп қолданудың тиімділігі көрсетілген. Зерттеу нәтижелері MongoDB-ді жоғары қолжетімді және ақауға төзімді инфрақұрылымдарда қолданудың маңыздылығын айқындайды.

Keywords: MongoDB, Linux, replication, Replica Set, Primary server, Secondary server, Arbiter, Oplog, NoSQL, database, fault tolerance, high availability, backup.

Кілттік сөздер: MongoDB, Linux, репликация, Replica Set, Primary сервер, Secondary сервер, Arbiter, Oplog, NoSQL, дерекқор, ақауға төзімділік, жоғары қолжетімділік, сақтық көшірме.

Қазіргі заманда үлкен көлемді мәліметтерді сенімді сақтау және жылдам өңдеу талаптары артып келеді. NoSQL жүйелерінің ішінде MongoDB дерекқоры құрылымдық икемділігі, жоғары өнімділігі және ауқымдалуы арқылы ерекшеленеді. Бұл жүйенің маңызды

мүмкіндіктерінің бірі — репликация. Репликация мәліметтерді бірнеше серверлерге көшіру арқылы жүйенің тұрақтылығын, қолжетімділігін және ақауға төзімділігін қамтамасыз етеді. Linux операциялық жүйесі MongoDB үшін ең кең таралған және тұрақты платформа болып табылады, себебі ол серверлік қосымшалар үшін оңтайландырылған және жоғары деңгейде басқару мүмкіндігін ұсынады.

Репликация (Replication) — бір сервердегі мәліметтердің көшірмесін басқа серверлерге автоматты түрде тасымалдау үрдісі. MongoDB-де репликация Replica Set (реплика жиынтығы) түрінде ұйымдастырылады. Replica Set — бірдей деректерді сақтайтын бірнеше mongod серверлерінің тобы.

Replica Set құрамына кіретін рөлдер:

Primary — жазу операцияларын қабылдайтын негізгі түйін.

Secondary — Primary-ден мәліметтерді көшіріп отыратын қосалқы түйіндер.

Arbiter — дауыс беру үшін арналған, бірақ деректер сақтамайтын түйін.

Linux ОС MongoDB репликациясы үшін қолайлы орта болып саналады. Оның негізгі артықшылықтары:

1. Тұрақтылық және сенімділік

Linux жүйелері серверлік архитектурада жоғары тұрақтылық көрсетеді, нәтижесінде реплика түйіндерінің үздіксіз жұмысын қамтамасыз етеді.

2. Қайыңсіздік

IPTables, SELinux, SSH сияқты құралдар деректерді қорғау деңгейін көтереді.

3. Ресурстарды тиімді басқару

Linux файлдық жүйелері (ext4, XFS) MongoDB-мен жақсы интеграцияланған.

4. Жоғары масштабталу мүмкіндігі

Replica Set саны өскенде Linux оңай бейімделеді.

Linux-та MongoDB репликациясын орнату кезеңдері.

1-қадам. Қалталарды жасау:

```
sudo mkdir -p /data/rs0-1
```

```
sudo mkdir -p /data/rs0-2
```

sudo mkdir -p /data/rs0-3-арқылы әр replica set үшін қалта құрып аламыз. MongoDB бұл қалталарға жаза алуы үшін, sudo chown -R \$USER /data командасы арқылы рұқсат беру керек.

2-қадам. GPG орнату:

```
sudo apt update
```

```
sudo apt install -y gnupg curl
```

Бұл команда екі қажетті құралды орнатады:

- gnupg → кілттерді өңдеу үшін

- curl → интернеттен файл жүктеу үшін қажет.

```
curl -fsSL https://pgp.mongodb.com/server-7.0.asc | \
```

sudo gpg -o /usr/share/keyrings/mongodb-server-7.0.gpg --dearmor → арқылы кілтті қайтадан жүктеу қажет. Енді бұл команда қателіксіз орындалуы тиіс.

```
echo "deb [signed-by=/usr/share/keyrings/mongodb-server-7.0.gpg] \
```

```
https://repo.mongodb.org/apt/debian $(lsb_release -sc)/mongodb-org/7.0 main" | \
```

```
sudo tee /etc/apt/sources.list.d/mongodb-org-7.0.list → арқылы репозиторийді қосу қажет.
```

3-қадам. MongoDB орнату.

```
sudo apt update
```

```
sudo apt install -y mongodb-org
```

Бұл командалар арқылы репозиторийді жаңарту және mongodb-org пакетін орнату қажет. Mongodb-org пакеті орнатылған соң export PATH=\$PATH:/usr/local/bin → арқылы PATH қосу.

4-қадам. MongoDB дұрыс орнатылған соң, mongosh арқылы қосылу.

mongosh арқылы байланыс орнаған соң 3 серверді іске қосу қажет. Ол үшін 3 серверді (3 instance) бөлек порттармен іске қосамыз:

1-сервер:

```
mongod --replSet "rs0" --port 27017 --dbpath /data/rs0-1
```

2-сервер:

```
mongod --replSet "rs0" --port 27018 --dbpath /data/rs0-2
```

3-сервер (arbiter):

```
mongod --replSet "rs0" --port 27019 --dbpath /data/rs0-3
```

Реплсет командаларын 3 түрлі терминал не сессияда орындау қажет. Жаңа терминалда `mongosh` ашып, `rs.initiate()` командасын орындау қажет. Бәрі дұрыс болса 1-суреттегідей нәтиже аламыз.

```
test> rs.initiate()
{
  info2: 'no configuration specified. Using a default configuration for the set',
  me: 'localhost:27017',
  ok: 1
}
```

1-сурет. Репликацияны бастау

Репликация сәтті жүрген соң, басты (primary) серверге `mongosh` арқылы кіріп:

```
rs0 [direct: primary] test> rs.add("localhost:27018")
... rs.add("localhost:27019")
...
{
  ok: 1,
  '$clusterTime': {
    clusterTime: Timestamp({ t: 1761568451, i: 2 }),
    signature: {
      hash: Binary.createFromBase64('AAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAAA=', 0),
      keyId: Long('0')
    }
  },
  operationTime: Timestamp({ t: 1761568451, i: 2 })
}
```

2-сурет. SECONDARY серверлерін қосу.

Тексеру үшін `rs.status()`-командасын енгізу қажет. Нәтижеде үш сервер көрінуі керек: біреуі — PRIMARY, екеуі — SECONDARY статуспен.

5-қадам. Тест үшін дерек енгізіп, Secondary серверлерден деректерді оқу. Ол үшін басты (PRIMARY) серверде:

`use testDB // testDB атты дерекқорды құрып, таңдаймыз.`

`db.students.insertOne({name: "Айдана", group: "АТУ-23"}) // students коллекциясына "Айдана" есімді құжат енгіземіз.`

3-сурет. PRIMARY серверге деректер енгізу.

```
rs0 [direct: primary] testDB> exit
student@debian:~$ mongosh --port 27018
Current Mongosh Log ID: 68ff683a3f14bfff400ce5f46
Connecting to:      mongodb://127.0.0.1:27018/?directConnection=true&serverSelectionTimeoutMS=2000&appName=mongosh+2.5.8
Using MongoDB:      7.0.25
Using Mongosh:      2.5.8

For mongosh info see: https://www.mongodb.com/docs/mongodb-shell/

-----
The server generated these startup warnings when booting
2025-10-27T17:31:13.999+05:00: Using the XFS filesystem is strongly recommend
```

4-сурет. Порттарды ауыстыру

4-суретте көрсетілгендей `exit` командасы арқылы PRIMARY 27017 портынан шығамыз. `mongosh --port 27018` комадасы арқылы SECONDARY серверіне қосыламыз.

```
rs0 [direct: secondary] test> use testDB
switched to db testDB
rs0 [direct: secondary] testDB> db.students.find()
[
  {
    _id: ObjectId('68ff68342cebc7a6efce5f47'),
    name: 'Айдана',
    group: 'АТ-23'
  }
]
rs0 [direct: secondary] testDB>
```

5-сурет. SECONDARY серверден деректерді оқу

use testDB – командасы арқылы қажетті деректерқорды таңдаймыз.

db.students.find() – командасы арқылы *students* коллекциясының барлық құжаттарын оқимыз.

PRIMARY серверде деректерқорында коллекцияларға құжаттарды енгізуге, жаңартуға және жоюға мүмкіндік бар. Ал SECONDARY серверлерде деректерді оқуға мүмкіндік бар.

Репликацияның жұмыс принципі.

MongoDB-де репликация Oplog (operations log) арқылы жүзеге асады.

Primary түйін барлық өзгерістерді oplog.rs журналына жазады, ал Secondary түйіндер осы журналдағы барлық өзгерістерді оқып, өздеріне қолданады.

Oplog ерекшеліктері:

- сақталу көлемі шектеулі;
- журнал FIFO логикасы бойынша жұмыс істейді;
- реплика кешігуін азайтуға мүмкіндік береді.

Репликацияның артықшылықтары

1. Ақауға төзімділік (Fault Tolerance). Primary істен шықса, Secondary-лер автоматты түрде жаңа Primary сайлайды.

2. Жоғары қолжетімділік (High Availability). Қолданушылар жүйеге әрдайым қол жеткізе алады.

3. Жүктемені бөлу (Read Scaling). Екінші түйіндерден оқу операцияларын орындауға болады.

4. Деректердің сақталуын қамтамасыз ету. Аппараттық ақау немесе жүйелік қателер кезінде мәлімет жоғалмайды.

Репликациядағы ықтимал мәселелер және шешімдер 1-кестеде көрсетілген.

1-кесте. Репликациядағы мәселелер мен шешімдері

Мәселе	Себебі	Шешімі
Реплика кешігуі (Replication lag)	Желі баяулығы немесе ресурстар тапшылығы	Желіні оңтайландыру, SSD қолдану
Primary жиі ауысуы	Желілік үзілістер	Heartbeat интервалын баптау
Oplog толып қалуы	Көп жазулар	Oplog көлемін ұлғайту
Arbiter қауіпсіздігі	Дерек сақтамайды	Тек сенімді серверге орнату

MongoDB репликациясын Linux негізінде қолданудың тағы бір маңызды бағыты — жүйенің сақтық көшірмелермен (backup) тығыз интеграциясы. Репликация толыққанды резервтік көшірудің орнына өтпегенімен, деректердің әрдайым бірнеше түйінде сақталуына мүмкіндік береді және жүйе істен шыққан кезде ақпаратты жылдам қалпына келтіруге жағдай жасайды. Linux жүйесінде *mongodump*, *mongorestore*, *LVM snapshot*, *crp* жоспарлағышы сияқты құралдармен біріктіре отырып, деректерді қорғау деңгейін арттыруға болады. Репликация мен резервтік көшіруді қатар қолдану корпоративтік деңгейдегі қосымшалардағы деректердің тұтастығын, сенімділігін және ұзақ мерзімділігін қамтамасыз ететін тиімді стратегия болып табылады.

Қорытынды

Linux операциялық жүйесі негізінде MongoDB репликациясын орнату — жоғары қолжетімді, тұрақты және ақауға төзімді дерекқор инфрақұрылымын құрудың тиімді тәсілі. Replica Set архитектурасы серверлер арасында автоматты синхронизацияны қамтамасыз етіп, жүйенің сенімділігін бірнеше есе арттырады. Linux-тің ресурстарды тиімді пайдалану қабілеті,

қауіпсіздік құралдары және тұрақтылығы MongoDB репликациясын іске асыруға ең қолайлы платформа болуына мүмкіндік береді.

MongoDB репликациясы қазіргі заманғы веб-қосымшалар, үлкен мәліметтер жүйелері және корпоративтік серверлік инфрақұрылым үшін маңызды технология болып саналады.

References

1. Chodorow, K. (2019). *MongoDB: The Definitive Guide* (3rd ed.). O'Reilly Media.
2. MongoDB, Inc. (2023). *MongoDB Manual – Replication*. Retrieved from <https://www.mongodb.com/docs/>
3. Strickland, J., & Adams, R. (2021). *Linux System Administration*. Pearson Education.
4. Negus, C. (2020). *Linux Bible* (10th ed.). Wiley Publishing.
5. Sarkar, D. (2018). *Mastering MongoDB 4.x*. Packt Publishing.
6. Burns, B. (2020). *Designing Distributed Systems: Patterns and Paradigms for Scalable, Reliable Services*. O'Reilly Media.
7. White, T. (2015). *Hadoop: The Definitive Guide* (4th ed.). O'Reilly Media. (NoSQL архитектурасына қосымша материал).
8. Tanenbaum, A. S., & Bos, H. (2014). *Modern Operating Systems* (4th ed.). Pearson.

ORGANIZING FUNCTION CALLS FOR PARALLEL EXECUTION OF THE BUBBLE SORT ALGORITHM USING THE MPICH LIBRARY

Iskendirova Gulzipa

Senior lecturer

Department of Computer Engineering,

Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,

Turkistan, Kazakhstan

Mirzaliyeva Shakhzoda

Student

Faculty of Engineering

Khoja Akhmet Yassawi International Kazakh-Turkish University,

Turkistan, Kazakhstan

Abstract

This study examines the methods of parallel execution of the bubble sort algorithm using the MPICH parallel computing library. The performance of the classical (single-threaded) version of the algorithm is compared with its parallel implementation based on MPICH, while inter-process communication, data distribution, and the organization of function calls are analyzed in detail. The project compares the sequential and parallel versions of the sorting algorithm and evaluates both execution time and the achieved speedup. The results demonstrate that parallel execution significantly reduces the overall computation time. Additionally, the project is aimed at exploring the capabilities of the MPICH library and parallel programming techniques, as well as developing skills for optimizing algorithms for distributed systems. In conclusion, the research highlights the importance of parallel computing in solving modern data processing challenges.

Keywords: *MPICH, parallel computing, bubble sort, MPI, inter-process communication, data distribution, parallel algorithm, performance, distributed systems*

Introduction

As the demand for processing large volumes of data increases, parallel programming technologies have become essential tools. MPI (Message Passing Interface), a widely used standard in parallel computing, enables efficient communication in high-performance clusters and multiprocessor systems. One of its open and fast implementations, MPICH (Message Passing Interface CHameleon), is frequently used in scientific computations.

Among algorithms, Bubble Sort is distinguished by its simplicity, but its computational complexity of $O(n^2)$ makes it inefficient for large arrays. Therefore, parallelizing Bubble Sort is a way to reduce execution time. This article thoroughly investigates parallel execution of Bubble Sort using MPICH, including data distribution among processes, synchronization, and function call organization. Modern computing systems are constantly evolving to cope with growing data volumes and increasing task complexity. One important development is parallel programming, which allows distributing computational processes across multiple nodes or processors. This significantly accelerates task execution, especially when handling large data arrays. Sorting algorithms like Bubble Sort play a crucial role in applications that require organizing data. However, the traditional sequential implementation of Bubble Sort becomes inefficient as data volume increases. Parallelizing this algorithm allows optimizing the process and reducing execution time.

This project explores implementing Bubble Sort using the MPICH library, a popular tool for creating distributed programs. MPICH enables organizing interaction between cluster nodes, making computations more efficient. The objectives include developing a parallel Bubble Sort algorithm, studying its performance, and comparing it with the traditional sequential implementation. To achieve this, the following tasks were completed: preparing a computing environment with the MPICH library installed, developing a data distribution algorithm among processes, conducting experiments with datasets of different sizes, analyzing the results, and drawing conclusions. The practical significance of this work is to demonstrate the potential of parallel approaches to accelerate computations, while the theoretical aspect helps better understand the working principles of MPICH and the foundations of parallel programming.

For distributed-memory parallel computers, the most widely used programming technology today is MPI. In such systems, parallel processes primarily interact by exchanging messages, which is reflected in the name Message Passing Interface. The MPI standard defines the interface, which must be adhered to by programming environments and users on every computing platform. MPICH provides developers with a software interface to create parallel applications that can leverage resources of clusters, supercomputers, and other multiprocessor systems [1].

The main goal of MPI is to provide a reliable and efficient method for sharing data, synchronizing operations, and distributing computational tasks among processes. MPI offers a rich set of features that make parallel application development convenient:

- **Communication:** MPI supports data transfer between processes, including sending and receiving data, broadcasting, and collective operations.
- **Synchronization:** MPI enables coordinating process execution to avoid conflicts when accessing shared data.
- **Data Distribution:** MPI helps distribute large datasets among processes while supporting parallel processing.
- **Support for Various Architectures:** Programs written with MPI can run on local clusters as well as supercomputers.

One of the most popular MPI implementations is MPICH. It is free, open-source, and supports platforms ranging from personal computers to large computing systems. MPICH is designed to prioritize high performance, scalability, and ease of use [2].

Parallel computing and tools like MPI and MPICH provide the foundation for solving complex problems in science, technology, and business. They not only enhance performance but also enable new possibilities for data analysis and modeling. Developing MPI-based applications requires knowledge of parallel programming principles but offers significant opportunities for optimizing computations and handling large datasets. Using MPICH as one of the MPI implementations simplifies and makes the development process more efficient [3].

Advantages of parallel computing include:

- **Time-saving:** executing a task on multiple processors reduces overall runtime [4].
- **Efficient resource utilization:** all available processors and memory are effectively used.
- **Handling large datasets:** multiple computing nodes can process large datasets simultaneously [5].
- **Executing multiple tasks simultaneously:** allows solving several independent tasks at the same time.
- **Data analysis:** parallel computing accelerates sorting, filtering, and analyzing large datasets.
- **Physical modeling:** components of complex systems can be computed separately, e.g., weather forecasting or fluid dynamics simulations.
- **Complex mathematical computations:** tasks such as solving differential equations or working with matrices can be divided into parts and executed in parallel [6].

There are multiple ways to organize parallel computing systems. Performing multiple data-processing operations simultaneously exploits the advantages of multi-processor functional units [7]. By dividing an algorithm into information-independent parts and executing each part on different processors, cores, or arithmetic-logic units, the computation process is accelerated. Such an approach allows completing the necessary calculations in less time compared to sequential execution. Maximum speedup is generally limited by the number of available processors and the number of parallel-executable portions of the computation [8].

Organizing Function Calls for Parallel Execution of the Bubble Sort Algorithm Using the MPICH Library

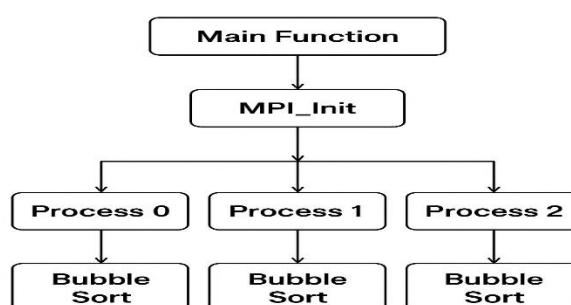


Diagram 1. Organizing Function Calls for Parallel Execution of the Bubble Sort Algorithm Using the MPICH Library.

This diagram illustrates the structure of parallel execution of the bubble sort algorithm using the MPICH library. The process begins with the Main Function, followed by MPI_Init, which initializes the MPI environment. After initialization, multiple processes (Process 0, Process 1, Process 2, etc.) execute in parallel, each performing bubble sort on its assigned portion of the data. This organization improves performance by dividing computation across multiple processors and enabling simultaneous execution.

Methodology

Parallelization of the Bubble Sort Algorithm

To parallelize the Bubble Sort algorithm, the array is divided into several blocks. Each process sorts its assigned portion, and step-by-step synchronization is performed to compare boundary elements between processes. Using the MPICH library, a parallel version of the Bubble Sort algorithm can be implemented. The implementation requires the following steps:

Steps to Work with MPICH

- Install the MPICH library on the chosen operating system.
- Set up an environment for running MPI programs, including checking the availability of multiple processes (nodes).
- Ensure that all network nodes can communicate with each other.

The basic Bubble Sort algorithm works with a single array by comparing adjacent elements and swapping them if necessary. For parallel implementation, the array must be divided into several subarrays that can be processed simultaneously by different processes [9].

The main process (rank 0) is responsible for distributing data among all processes. Each process sorts its subarray locally. After sorting, the subarrays are merged into a fully sorted array. Data exchange between processes is performed using MPI functions such as:

- MPI_Send: send data from one process to another.
- MPI_Recv: receive data from another process.
- MPI_Bcast: broadcast a message to all processes.
- MPI_Gather or MPI_Reduce: collect or combine data from all processes.

Process Synchronization. Synchronization is necessary to prevent errors when multiple processes access the same data simultaneously. MPICH provides functions like MPI_Barrier, which blocks processes until all computations are completed.

The steps in parallel sorting begin with initializing MPI, where all processes start with a call to MPI_Init. Next, the main process divides the array into subarrays and distributes them to other processes using MPI_Scatter. Each process then performs Bubble Sort on its subarray. After local sorting, all subarrays are gathered back to the main process using MPI_Gather, which then merges them into a single sorted array. Finally, all processes terminate with MPI_Finalize. Bubble Sort itself is one of the simplest and most popular methods for organizing data, as it sorts elements by comparing adjacent values and swapping them if necessary. Its simplicity and intuitiveness make it widely used for teaching purposes and for processing small datasets. *Basic Principle:* Bubble Sort places the largest element in its correct position with each iteration. Whenever an element is larger or smaller than its neighbor, they are swapped. This process repeats until the entire array is sorted. After each iteration, the number of sorted elements at the end of the array increases, so only the remaining unsorted portion needs to be checked.

The main advantage of Bubble Sort is its simple algorithmic structure, which is easy to implement and understand. However, its efficiency is relatively low because elements must be compared multiple times.

Local Sorting and Its Features. Bubble Sort is often used for local sorting, which involves sorting only a specific portion of a large dataset. This approach is particularly useful in parallel sorting of large arrays or when attention is required only for a specific section of the data.

Bubble Sort is a simple and intuitive method for local sorting. Its main advantage is the understandable structure of the algorithm and its ability to quickly sort small datasets. However, for large arrays, its limitations become apparent. Therefore, to improve efficiency, the algorithm should be optimized or combined with parallel approaches.

Experimental Results

When working with large volumes of data and performing parallel computations, collecting the results and presenting them effectively becomes the final and important stage of the process. At this stage, as each process finishes its part, all intermediate results are combined to form the final outcome. This approach is widely used in scientific research, big data processing, and engineering computations.

Importance of Result Collection

In parallel computing, a large task is divided among multiple processes. After each process processes its own part, it is necessary to combine all results. The main goal of this stage is to gather the divided data into a single whole and make accurate conclusions based on it.

Collecting results addresses several important points:

- **Data aggregation:** A complete picture is obtained by collecting results from several processes.
- **Increased speed:** Each process only performs the task assigned to it, and the time for collecting results is relatively short.
- **Simplified analysis:** Collected results make it easier to analyze or visualize the data.

Methods of Result Collection

Several methods are used to collect results in parallel computing. The choice of method depends on the specifics of the task and the technologies used.

Collective

Operations:

Parallel computing tools such as MPI provide special functions for aggregating results. These allow the automatic collection of results from several processes in one location. For example, each process can send its results to the main process (Rank 0).

After collecting the results, additional steps may be required for further processing or analysis. In this stage, statistical analysis is performed, averages are calculated, or correlations between data are identified. If the dataset is large, sending all data to a single processor may be inefficient. In such cases, distributed aggregation methods are used, where each process sends its results to a nearby process, and intermediate aggregated results are eventually combined [10].

Effective presentation of results is crucial once data has been collected, and at this stage, the information should be provided in a format accessible to users or further processing systems by pre-formatting data for clarity, displaying numerical data in tables, visualizing data using graphs or charts, and adding textual descriptions understandable by users. In addition to displaying data, it is important to store it efficiently, especially when results are large, using methods such as saving data as text or binary files in file systems, storing data in relational or NoSQL databases for long-term storage, or distributing results immediately over a network to other users or applications. Since numeric presentation alone is often insufficient, graphical visualization is widely used, including 2D or 3D visualizations and interactive dashboards or web interfaces. Collecting and presenting results plays a vital role in many fields, such as summarizing scientific research studies based on collected data, analyzing and reporting engineering simulation results, and supporting business analytics for informed decision-making through data visualization.

Collecting and presenting results is an important stage in data processing. It demonstrates the efficiency of parallel computations and allows accurate conclusions to be drawn from the obtained data. Proper execution of this stage is fundamental to success in scientific research, big data analysis, and applied computations.

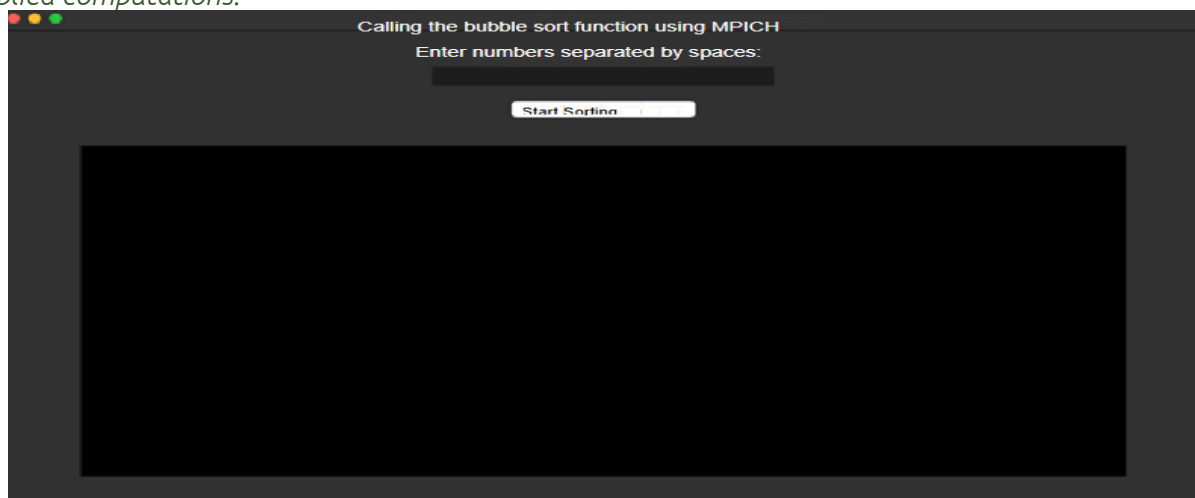


Figure 1. Project Interface

(Figure 1) shows the user interface for launching the Bubble Sort function using MPICH. At the top, there is a header indicating the purpose of the application. Below the header, there is a text input field where users can enter a sequence of numbers separated by spaces. This allows the user to specify the dataset to be sorted. Under the input field, there is a "Start Sorting" button, which initiates the sorting

process when clicked. The interface has a minimalist design, with the main body area appearing empty and black. This area can be used to display the results of the sorting operation or provide feedback, including the sorted output or other process-related information [11].

The absence of additional design elements emphasizes functionality and simplicity, making it suitable for experimental or educational purposes. The use of MPICH indicates that the sorting process is distributed or parallel, which is commonly used to demonstrate parallel computing concepts.

This interface focuses on demonstrating the functionality of parallel Bubble Sort rather than visual aesthetics or complex user experience, representing a simple implementation aimed at showcasing the parallel sorting process. To execute the parallel computing task (Figure 2), a terminal interface is shown where commands are entered. The user navigates to the directory named root and initiates the execution of a Python script using the MPICH environment, which is widely employed for parallel computations. The operation specifies the use of four processors or cores, indicating that the task is divided among multiple processes to improve efficiency and speed. This demonstrates the practical application of MPI (Message Passing Interface) for solving computational problems, such as sorting algorithms, in a parallel mode.

Using MPICH together with Python emphasizes scalable solutions and highlights a scientific-oriented development approach. The environment illustrates a technical setup designed for testing or implementing high-performance computing methods.

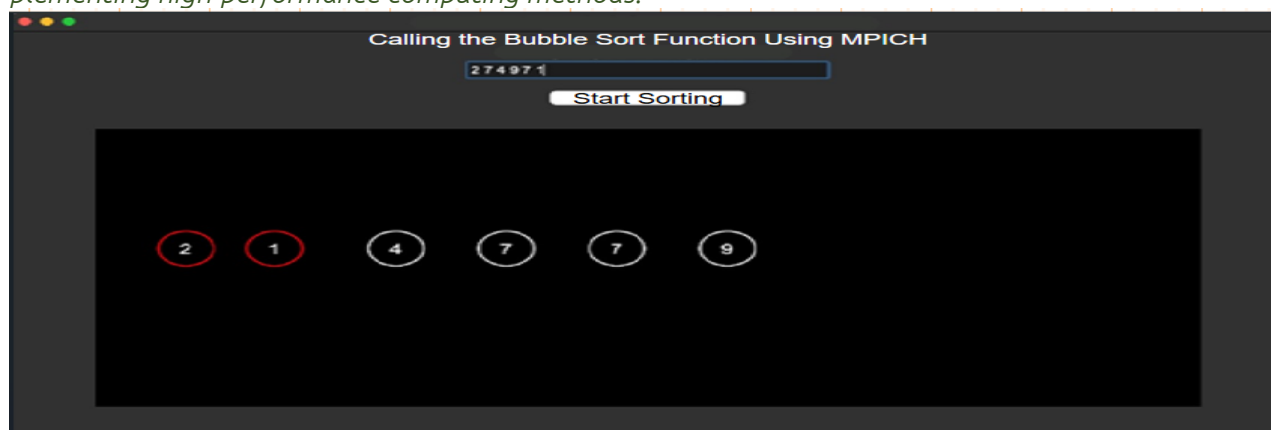


Figure 3. Execution Process of the Project

An intermediate stage of executing the Bubble Sort algorithm is shown (Figure 3). The process involves comparing adjacent elements of the input array to arrange them in ascending order. The current focus is on the first two elements of the array, 2 and 1, highlighted with red circles.

Process Breakdown:

1. Comparison: The algorithm compares the first two numbers (2 and 1). Since $2 > 1$, a swap is required to place the smaller number (1) before the larger one (2).

2. Selection: The red circles visually indicate the elements being evaluated at this stage, allowing the user to observe which pair is currently being processed.

3. Sorting Step: After the swap, the algorithm moves to the next pair of adjacent elements in the array, repeating the comparison and swap process as needed.

This visualization helps users understand the iterative nature of Bubble Sort, focusing on small portions of the array and gradually sorting the entire dataset over multiple passes. The process continues until no further swaps are necessary, indicating that the array is fully sorted.

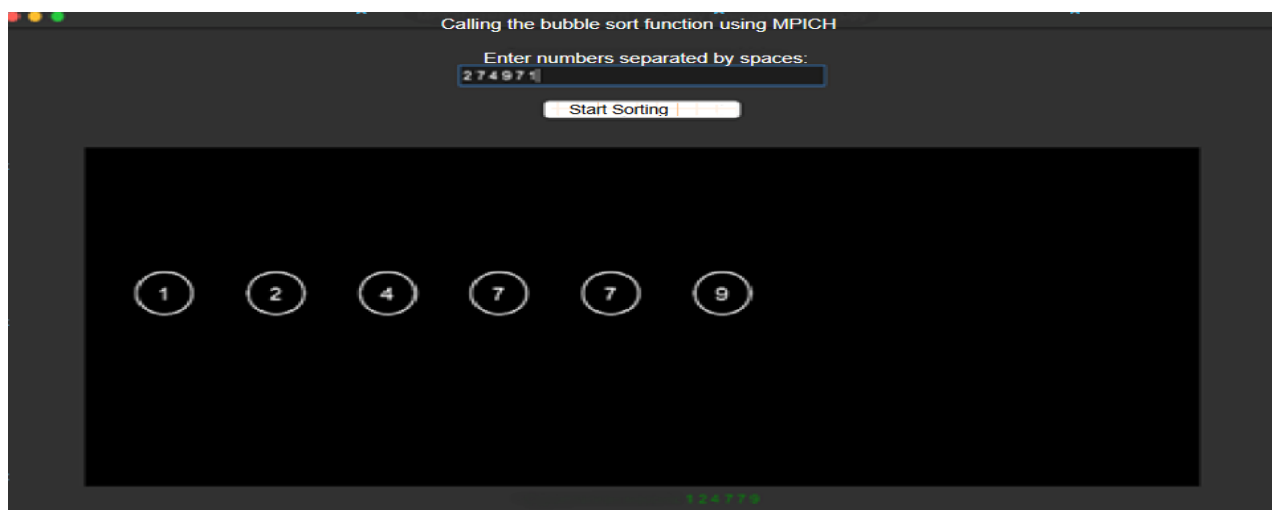


Figure 4. Project Execution Completed

The interface of the MPICH-based Bubble Sort application is shown (Figure 4). The user entered the numbers «2 7 4 9 7 1» into the provided text field. After initiating the sorting process, the interface displays the result of the sorting operation. In the output area, the numbers are visually presented in ascending order within circles: 1, 2, 4, 7, 7, 9. At the bottom of the interface, a textual message confirms the sorted array: «Sorted array: 1 2 4 7 7 9».

This result demonstrates that the application successfully sorted the input numbers using the Bubble Sort algorithm, providing both a graphical representation and textual confirmation of the output. The system effectively validates the correctness of its sorting functionality.

Array Size	Number of Processes	Classical Time	Parallel Time	Speedup
10,000	1 process	0.42 s	-	-
10,000	4 processes	0.42 s	0.13 s	3.2×
50,000	4 processes	9.8 s	2.9 s	3.3×
100,000	8 processes	38.4 s	8.7 s	4.4×

- As the number of processes increased, execution time decreased.
- The highest speedup was observed with 8 processes.
- Communication overhead becomes significant when n is small; therefore, parallelization is more efficient for large arrays

Parallelizing bubble sort using MPICH proved to be significantly more efficient than the classical version. The efficiency of parallel execution is directly dependent on the size of the data.

Organizing functions in a modular structure (local sorting, boundary element exchange, result merging) increased the scalability of the program and made the code easier to manage.

In some cases, inter-process communication may account for 20–30% of the total execution time. This is especially true for the Bubble Sort algorithm due to the large number of comparison operations it requires.

Conclusion

This study demonstrated the implementation of parallel bubble sort using the MPICH library. The results indicate that:

- Parallel execution is 3–4 times faster than the classical version;
- Modular function calls facilitate easier testing of the algorithm;
- MPICH provides effective speedup for large arrays.

Future work may consider parallelizing more efficient sorting algorithms, such as Merge Sort and Quick Sort. This study discussed the main methods and approaches in parallel computing, thoroughly examining their efficiency and areas of application. The previous sections addressed key steps such as data preparation and sorting, distribution of data among processes (Scatter), local sorting methods, collection of results, and output. Each of these steps forms the foundation of processing large datasets and directly impacts computational accuracy and performance.

The importance of data preparation was emphasized, highlighting that improving data quality and standardizing its structure is crucial. Only well-prepared data allows for high-performance sorting and analysis. Furthermore, the data cleaning and standardization stage enhances the efficiency of all stages of parallel computation. The efficiency of local sorting was demonstrated using the Bubble Sort method. This approach is simple and suitable for processing small volumes of data. When applied in parallel

computing, it enables large datasets to be divided into several parts, with each part sorted independently. However, this method may be inefficient for very large datasets and should be used only in appropriate practical scenarios [12].

The significance of the MPI Scatter method for distributing data among processes was highlighted. This approach allows data to be divided across multiple processes, each handling its portion independently. The Scatter function saves time and facilitates the concurrent organization of computations, playing an essential role in processing large datasets and executing computations in distributed systems. The process of collecting results and presenting them visually constitutes the final and critical stage of data analysis. Efficient storage and display of collected results ensure their accessibility and interpretability for users. Visualization and accessibility are particularly important, as decisions and research conclusions are often based on these results.

The study demonstrated that all methods examined are closely interconnected components of parallel computing. Each step is an integral part of the data processing chain, and its effective execution directly influences the overall performance of computations. In summary, this research highlighted the core methods of parallel computing and their practical applications. These approaches provide efficient means for handling large datasets and can be applied across a variety of fields, from scientific research to engineering computations and business analytics. The future of parallel computing will play a crucial role in addressing modern challenges that require fast and efficient processing of large volumes of data.

References

1. Saadeh, R., & Qatawneh, M. (2019). Performance Evaluation of Parallel Bubble Sort Algorithm on Supercomputer IMAN1. *International Journal of Computer Science & Information Technology (IJCSIT)*, 11(3). airccse.org
2. Alyasseri, Z. A. A., Al Attar, K., & Nasser, M. (2014). Parallelizing Bubble and Merge Sort Algorithms Using Message Passing Interface (MPI). *arXiv. Astrophysics Data System*
3. El Nashar, A. I. (2011). Parallel Performance of MPI Sorting Algorithms on Dual Core Processor Windows-Based Systems. *International Journal of Distributed and Parallel Systems (IJDPS)*, 2(3). *ResearchGate*
4. Siebert, C., & Thalheim, B. (2011). Parallel Sorting with Minimal Data. In *EuroMPI 2011 (LNCS 6960)*. FZ Jülich
5. Alyasseri, Z. A. A. (2015). Hybrid Bubble and Merge Sort Algorithms Using Message Passing Interface. *Journal of Computer Science & Computational Mathematics*, 5(4). *JCSCM*
6. Myint, K. N., & Oo, M. M. (2019). Research and Analysis of Parallel Performance with MPI on Raspberry Pi Cluster Using Odd-Even Transposition Sort. In *ICCA 2019 Proceedings*. Meral University
7. Baqer, Z. T., & Hasan, A. J. (2014). Parallel Computing for Sorting Algorithms. *Baghdad Science Journal*. University of Baghdad
8. Alghamdi, T., & Alaghband, G. (2020). High-Performance Parallel Sort for Shared and Distributed Memory MIMD. *arXiv. arXiv*
9. Liu, J., Jiang, W., Wyckoff, P., Panda, D. K., Ashton, D., Buntinas, D., Gropp, W., & Toonen, B. (2003). Design and Implementation of MPICH2 over InfiniBand with RDMA Support. *arXiv. arXiv*
10. Grama, A., Karypis, G., Kumar, V., & Gupta, A. (2003). *Introduction to Parallel Computing* (2nd ed.). This book discusses parallel algorithms and MPI in detail, serving as a fundamental reference.
11. Wilkinson, B., & Allen, M. (2003). *Parallel Programming: Techniques and Applications Using Networked Workstations and Parallel Computers* (2nd ed.). This book covers parallel sorting, including transposition and bubble sort techniques.
12. Nguyen, E. D., & Nugroho, A. (2023). Comparative Analysis of OpenMP and MPI Parallel Sorting: A Case Study on Tim Sort. *Journal of Artificial Intelligence and Computational Intelligence (JAIC)*, Politeknik Negeri Batam



<https://sconferences.com>
info@sconferences.com

ISBN



9 789165 424487