SC
scientific conferences

IV international scientific conference
Lisbon. Portugal
09-10.12.2025

Scientific conferences

EXPLORING THE UNKNOWN: SCIENCE, IMAGINATION, DISCOVERY

Proceedings of the IV International Scientific and Practical Conference

9-10 December 2025

LISBON. PORTUGAL

2025

UDC 001.1

BBC 1

IV International Scientific and Practical Conference «Exploring the unknown: science, imagination, discovery», December 9-10, 2025, Lisbon. Portugal. 172 p.

ISBN 978-91-65424-50-0

DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.17943886

Publisher: «SC. Scientific conferences»

Main organization: artmedia24

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 Gugnin Aleksandr, Lisnievska Yuliia ANTI-ADVERTISING IN THE HOTEL BUSINESS // IV International Scientific and Practical Conference «Exploring the unknown: science, imagination, discovery», December 9-10, 2025, Lisbon. Portugal. Pp.9-11, URL: https://sconferences.com

Contact information

Website: https://sconferences.com

E-mail: info@sconferences.com

Content

Arts

Bultbai Gulnaz Kuanyshbekkyzy
SPIRITUAL QUEST AND THE PROBLEM OF HUMAN EXISTENCE IN THE DRAMATURGY OF ROZA MUKANOVA 4

Chemical sciences

Nurgaliyev Aidos, Rakhmetullayeva Raikhan Kulyumbetovna
DEVELOPMENT OF METHODS FOR APPLYING ACRYLIC-MONOMER-BASED HYDROGELS IN WATER TREATMENT TECHNOLOGIES 15

Konul Amirmatova Vaqif
BIODEGRADABLE MG–ZN–CA ALLOYS FOR BONE FIXATION: CORROSION BEHAVIOUR, DESIGN PRINCIPLES AND FUTURE DIRECTIONS 29

Tsygankova V.A., Andreev A.M., Pilyo S.G., Popilnichenko S.V., Brovarets V.S.
APPLICATION OF NEW ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PLANT GROWTH REGULATORS IN COMBINATION WITH ORGANIC BIOFERTILIZERS FOR GROWING AGRICULTURAL CROPS AND INCREASING THEIR PRODUCTIVITY IN THE WAR AND POST-WAR PERIODS IN UKRAINE 31

Economic sciences

Muradlı Nijat Rashad
STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE WORKFORCE IN THE PROCESSING INDUSTRY AND ECONOMIC ASSESSMENT OF ITS USE 41

Toilybek T.G., Sairan A.A.
MEASURES FOR IMPROVING THE ACCOUNTING AND UTILIZATION OF FIXED ASSETS 46

Historical sciences

Sura Seyid
THE PUBLICATION HISTORY OF THE NEWSPAPER "SHARG GAPISI" 51

Jurisprudence

Gunay Hasanova
FAMILY REUNIFICATION IN SWEDISH LAW AND EU LAW – A COMPARATIVE ANALYSIS 55

Medical sciences

Gunel Sultanova, Narmin Gochaliyeva, Rahila Muradova, Gulshen Huseynova
IMMUNIZATION IN SPECIAL CASES AND THE ROLE OF THE NURSE IN IMMUNIZATION 64

Onupko Viktoria Leonidivna, Masikevych Yuriy Grygorovych
THE TRIAD OF SLEEP, NUTRITION, AND RECOVERY 66

Arman Khozhayev, Alisher Abishev, Ilyas Nurushev, Anel Aubakirova, Bagdat Sultanbekova, Meruyert Kulatayeva, Sanzhar Magauin, Bogdan Smirnov, Aigerim Koblandy
CARDIO-ONCOLOGY TODAY: PROBLEMS OF EARLY DETECTION AND PREVENTION OF CARDIOTOXICITY 68

Pedagogical sciences

D.N. Batyrkhanova, L.K. Karabaeva
WAYS TO DEVELOP STUDENTS' COMMUNICATION SKILLS USING AUTHENTIC MATERIALS 78

Mendigali Nazgul, Tleubay Sandugash
THE SIGNIFICANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DEVELOPING THE CREATIVITY OF FUTURE PRESCHOOL TEACHERS 84

Almat Tassybekov, Aisulu Medetbekova, Maiya Shegebayeva, Farida Smailova, Kuralay Issapayeva
STUDYING THE CONTENT AND PRACTICAL ASPECTS OF INCLUSIVE EDUCATION 96

Kismetova Galiya Nagibudaevna, Uryngaliyeva Madina Aikynovna
PERSONALIZED ENGLISH LEARNING PATHS CREATED BY GENERATIVE LANGUAGE MODELS: EFFECTS ON STUDENT MOTIVATION 101

Philological sciences

Leyla Vazirova
PRESENTATION SPEECH AND ITS PRINCIPLES 105

Mushfig Borchalı (Chobanov)
RESEARCH BY PROF. DR. SHUREDDIN MEMMEDLI IN THE CONTEXT OF THE LITERARY RICHNESS OF BORCHALY 107

Akhmetova D.K.
STRATEGIES FOR ENHANCING LANGUAGE LEARNING MOTIVATION IN A MULTICULTURAL CLASSROOM 116

Political sciences

Vasila Mohsumova
TRANSNATIONAL NETWORKS, POLICY TRANSFER, AND INTERGOVERNMENTAL REGULATORY FRAMEWORKS AS MECHANISMS OF GLOBALIZATION IN GOVERNANCE 121

Psychological sciences

Anastasia V. Pochikaeva
RESEARCH ON THE ACTUALISATION OF SOCIAL IDENTITY 125

Technical sciences

Gulnar Aliyeva, Sevinj Abdulllayeva
THE IMPACT OF THE TECHNOLOGICAL ADVANCES TO THE ACQUISITION OF HIGH-QUALITY MEDICAL IMAGES 127

Kishubaeva Altynai Tulparovna, Kanatbek Berik, Muratuly Alimzhan
THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MODERNIZING DELAYED COKING PROCESSES 134

Anaxanim Mutallimova, Natavan Agayeva
ALGORİTHMİC MODELİNG OF SURGİCAL DECİSİONS BASED ON FUNDUS DİAGNOSTİCS 142

Rustamov Erbol Nasimovich
FORMALIZATION OF INFORMATION PROCESSING: FROM RAW DATA TO ACTIONABLE KNOWLEDGE 148

Rustamov Erbol Nasimovich, Muhamediyeva Dilnoz Tulkunovna, Vasiyeva Dilfuza
THEORETICAL FOUNDATIONS OF REPRESENTATION AND SEMANTICS OF KNOWLEDGE 151

Sazhin Victor
ISSUES OF DIGITALIZATION AND SYSTEM INTEGRATION IN THE CREATION AND MODERNIZATION OF INDUSTRIAL PROCESSES FOR DRYING DISPERSED MATERIALS 154

Anaxanim Mutallimova, Tarana Agayeva
ARRHYTHMIA CLASSIFICATION AND DATA INTEGRATION FOR PERSONALIZED TREATMENT 168

Arts

SPIRITUAL QUEST AND THE PROBLEM OF HUMAN EXISTENCE IN THE DRAMATURGY OF ROZA MUKANOVA

Bultbai Gulnaz Kuanyshbekkyzy
Kazakh National Academy of Choreography

РОЗА МҰҚАНОВА ДРАМАТУРГИЯСЫНДАҒЫ РУХАНИ ІЗДЕНІС ПЕН АДАМДЫҚ БОЛМЫС МӘСЕЛЕСІ

Бұлтбай Гүлназ Қуанышбекқызы
Қазақ ұлттық хореография академиясы

Abstract

This scientific article is intended for a comprehensive study of the categories of spiritual search and human existence in the dramaturgy of Roza Mukanova from an artistic, philosophical and psychological perspective. The object of the study is five ideologically and artistically significant plays of the playwright - "The Image of an Eternal Child", "Mrs. Bopay", "Sarra", "I Under the Roof" and "You". The structural, symbolic, psychological, gender and existential aspects of the author's works are analyzed in a coherent manner, and the spiritual crisis, inner struggle, transformation of human existence and artistic interpretation of historical and cultural experience are identified in the plays.

The article argues that the spiritual quest becomes the main artistic and philosophical core in the dramaturgy of Roza Mukanova. In the play "The Image of the Eternal Child", spiritual wounding is shown at the level of collective suffering, and the image of the eternal child is analyzed as a symbol of stagnation of national consciousness and existential collapse. In the play "Sarra", the spiritual transformation of the mother, her inner journey from the struggle against fate to acceptance, creates an existential model of spiritual quest. In these two works, the categories of spiritual catastrophe and spiritual rebirth are distinguished as a dramatic and philosophical whole.

The problem of human existence is comprehensively analyzed in its historical, social, psychological and metaphysical aspects through the plays "Bopay Khanum" and "Me Under the Roof". In the drama "Bopay Khanum", the spiritual nature of a historical figure based on moral and political responsibility, the contradictions between power and conscience, the weight of historical oppression on the human soul are revealed on an artistic and psychological level. The play "Me Under the Roof" depicts the unstable, dynamic, fragmentary nature of human existence through internal monologue, stream of consciousness, and unconscious manifestations, presenting an artistic model of an existential crisis.

The results of the study reveal that psychological depth in drama is the main poetic feature of Mukanova's works. Internal monologue, stream of consciousness, symbolic codes, tragic transformation and unconscious processes reveal the character's psyche on a multi-layered level and become the main driving force of dramatic action.

The work also analyzes the artistic interpretation of female fate and gender psychology, revealing the historical, moral and existential significance of the female spirit through the images of Bopai, Sarah and the mother. Female characters are analyzed as a philosophical and ethical center that reveals the complex aspects of spiritual stability, moral responsibility, and human nature.

The novelty of the dramatic structure and symbolic system is proven through fragmentary composition, conditional time and space, symbolic details and philosophical remarks, and Mukanova's dramaturgy is explained in connection with modernist-postmodernist aesthetics.

As a result of the article, Roza Mukanova's dramas are assessed as a unique artistic and philosophical phenomenon in the development of modern Kazakh dramaturgy, based on spiritual and psychological research, revealing the deep structures of human nature.

Аннотация

Бұл ғылыми мақала Роза Мұқановаңың драматургиясындағы рухани ізденіс пен адамдық болмыс категорияларын көркемдік-философиялық және психологиялық тұрғыдан кешенді зерттеуге арналған. Зерттеу нысанын драматургтің идеялық және көркемдік тұрғыдан маңызды бес пьесасы - «Мәңгілік бала бейне», «Бопай ханым», «Сарра», «Шатыр астындағы мен» және «Сен» құрайды. Автор шығармаларының құрылымдық, символдық, психологиялық, гендерлік және экзистенциалдық қырлары бір-бірімен сабақтастырыла талданып,

пьесалардағы рухани дағдарыс, ішкі жан арпалысы, адамдық болмыстың трансформациясы және тарихи-мәдени тәжірибенің көркемдік интерпретациясы анықталады.

Мақалада Роза Мұқановаңың драматургиясында рухани ізденіс басты көркем-философиялық өзекке айналатыны дәлелденеді. «Мәңгілік бала бейне» пьесасында рухани жаралану ұжымдық қасірет деңгейінде көрсетіліп, мәңгі бала бейнесі ұлттық сананың тоқырауы мен экзистенциалдық күйреудің символы ретінде талданады. «Сарра» пьесасында ананың рухани трансформациясы, тағдырға қарсы күрестен қабылдауға дейінгі ішкі сапары рухани ізденістің экзистенциалдық моделін жасайды. Осы екі туындыда рухани апат пен рухани қайта туу категориялары драмалық-философиялық тұтастық ретінде сараланады.

Адамдық болмыс мәселесі тарихи, әлеуметтік, психологиялық және метафизикалық қырларымен «Бопай ханым» және «Шатыр астындағы мен» пьесалары арқылы жан-жақты талданады. «Бопай ханым» драмасында тарихи тұлғаның моральдық және саяси жауапкершілікке негізделген рухани болмысы, билік пен ар-ождан арасындағы қайшылықтар, тарихи қысымның адам жанына түсіретін салмағы көркем-психологиялық деңгейде ашылады. «Шатыр астындағы мен» пьесасы ішкі монолог, сана ағымы, бейсаналық көріністер арқылы адам болмысының тұрақсыз, динамикалық, фрагменттік табиғатын бейнелеп, экзистенциалдық дағдарыстың көркем моделін ұсынады.

Зерттеу нәтижелері драматургиядағы психологиялық тереңдік Мұқанова шығармаларының негізгі поэтикалық ерекшелігі екенін айқындайды. Ішкі монолог, сана ағымы, символдық кодтар, трагедиялық трансформация мен бейсаналық процестер кейіпкер психикасын көпқабатты деңгейде көрсетіп, драмалық әрекеттің басты қозғаушы күшіне айналады.

Жұмыс әйел тағдыры мен гендерлік психологияның көркемдік интерпретациясын да саралап, Бопай, Сарра және ана бейнелері арқылы әйел рухының тарихи, моральдық және экзистенциалдық маңызын ашып көрсетеді. Әйел кейіпкерлері рухани тұрақтылықтың, моральдық жауапкершіліктің, адамдық болмыстың күрделі қырларын танытатын философиялық-этикалық орталық ретінде талданады.

Драмалық құрылым мен символдық жүйенің жаңашылдығы фрагментарлық композиция, шартты уақыт пен кеңістік, символдық детальдар және философиялық ремаркалар арқылы дәлелденіп, Мұқановаңың драматургиясы модернистік-постмодернистік эстетикамен сабақтастырылып түсіндіріледі.

Мақала нәтижесінде Роза Мұқановаңың драмалары рухани-психологиялық ізденіске негізделген, адам болмысының терең құрылымдарын ашатын, заманауи қазақ драматургиясының дамуындағы ерекше көркемдік-философиялық құбылыс ретінде бағаланады.

Keywords: *Roza Mukanova, spiritual quest, female image, psychological drama, symbolism, historical context, tragic consciousness*

Кілт сөздер: *Роза Мұқанова, рухани ізденіс, әйел образы, психологиялық драма, символика, тарихи контекст, трагедиялық сана*

Кіріспе: *Қазақ драматургиясы XX ғасырдың соңы мен XXI ғасырдың басында жаңа эстетикалық бағдарлармен, жаңаша көркемдік ізденістермен толығып, тұлғалық сананың терең қабаттарына үңілген шығармалармен ерекшелене түсті. Осы бағытта адам жанының тылсым иірімдерін, рухани құлдырау мен қайта түлеу процестерін, ішкі арпалыс пен экзистенциалдық кеңістікті көркемдік тұрғыдан бейнелеген қаламгерлердің қатарында Роза Мұқановаңың шығармашылық орны айрықша. Оның драматургиясы - ұлттық театр өнерінің поэтикалық табиғатын жаңғыртып қана қоймай, қазақ әдебиетіндегі рухани-философиялық арнаға жаңа серпін берген құбылыс.*

Роза Мұқановаңың пьесалары бүгінгі заман адамының рухани дағдарысын, адамдық болмыстың күрделілігін, қоғам мен тұлға арасындағы қайшылықтарды нәзік психологизммен, символдық-метафоралық жүйемен бейнелеуімен құнды. Автор үшін драма - сыртқы тартыстарды тізбектеуден гөрі, адамның ішкі әлеміндегі арпалыс пен үнсіз айқастарды жарыққа шығаратын кеңістік. Сондықтан оның шығармаларында кейіпкер жан-дүниесінің қозғалысы, экзистенциалдық сұрақтарға жауап іздеу процесі, рух пен тән, ар мен жауапкершілік арасындағы күрес көркемдік зерттеудің негізгі өзегіне айналады.

Драматургтің «Мәңгілік бала бейне», «Бопай ханым», «Сарра», «Шатыр астындағы мен», «Сен» сияқты туындылары қазақ қоғамының тарихи, мәдени және рухани тәжірибесін бүгінгі күн

мәселелерімен сабақтастыра отырып, адам болмысының әмбебап заңдылықтарын ашуға бағытталған. Бұл пьесаларда ұлттық трагедиялар мен тарихи жад, әйел психологиясы мен аналық миссия, тұлғалық күйзеліс пен өмірдің мәні сияқты тақырыптар кең көлемде көркемдік тұрғыдан зерделенеді.

Осы мақала Роза Мұқанова драматургиясындағы рухани ізденіс пен адамдық болмыс мәселесінің көркемдік бейнесін талдауға, оның шығармаларының идеялық-философиялық бағыттарын айқындауға, автор ұстанымының өзіндік ерекшеліктерін жүйелі түрде көрсетуге бағытталады.

Зерттеу материалдары мен әдістері: *Бұл зерттеу Роза Мұқанованың драматургиясындағы рухани ізденіс, ішкі жан қақтығысы және адамдық болмыс мәселелерінің көркемдік шешімін қарастыруға бағытталды. Зерттеудің материалдық базасын автордың мазмұндық-идеялық тұрғыдан маңызды бес драмалық туындысы - «Мәңгілік бала бейне», «Бопай ханым», «Сарра», «Шатыр астындағы мен» және «Сен» пьесалары құрады. Сонымен қатар драматург шығармашылығына арналған әдеби-сын мақалалар, театртанулық еңбектер мен қазақ драматургиясына қатысты ғылыми-зерттеу материалдары қосымша көмекші дереккөз ретінде пайдаланылды.*

Зерттеу барысында төмендегідей ғылыми әдістер кешені қолданылды:

1. Текстологиялық талдау әдісі. Әр пьесаның мәтіндік құрылымы, композициялық желісі, символдық-метафоралық жүйесі мен драмалық көріністердің ішкі логикасы талданып, рухани-адамгершілік мазмұнның көркемдік берілу жолдары анықталды.

2. Психологиялық талдау әдісі. Кейіпкерлердің ішкі жан күйзелісі, рухани арпалысы, экзистенциалды ізденістері, трагедиялық ахуалдағы мінездік өзгерістері психологизм тұрғысынан қарастырылды.

3. Кейіпкерлік талдау (персонаждық аналитика). Әр пьесадағы басты образдардың мінездік табиғаты, олардың тарихи-әлеуметтік және рухани контекстпен байланысы, әрекет ету мотивтері зерттелді.

4. Салыстырмалы талдау әдісі. Автордың аталған бес пьесасындағы рухани ізденіс, моральдық таңдау және адамдық болмыс мәселелері өзара салыстырылып, ортақ тақырыптық желілер мен дара көркемдік тәсілдер айқындалды.

5. Интерпретациялық-герменевтикалық әдіс. Пьесалардың идеялық-философиялық мәні, драматургтің авторлық ұстанымы, символдық мағыналар мен мәдени-рухани кодтар терең талданып, мәтін ішіндегі жасырын мағыналар интерпретацияланды.

Қолданылған материалдар мен әдістер зерттеу міндеттерін толық орындауға, Роза Мұқанова драматургиясындағы рухани ізденіс пен адамдық болмыс мәселесінің көркемдік бейнесін жан-жақты талдауға мүмкіндік береді.

Тақырып бойынша әдебиеттерге шолу: *Роза Мұқанованың драматургиялық шығармашылығы туралы ғылыми еңбектер мен әдеби-сын мақалалар соңғы жылдары айтарлықтай көбейіп, оның шығармаларындағы рухани-психологиялық зерделеу мәселесі зерттеушілердің назарын барған сайын көбірек аударып келеді. Қазақ әдебиеттану ғылымында драматургтің шығармаларын талдау көбіне оның эстетикалық көзқарасы, авторлық стиль ерекшелігі және кейіпкерлер әлеміндегі психологиялық тереңдік тұрғысынан қарастырылған.*

Алғашқы зерттеулерде Роза Мұқанованың «Мәңгілік бала бейне» пьесасы ерекше назарға ілікті. Әдебиеттанушылар бұл туындыдағы көтерілген рухани дағдарыс, экзистенциалдық ахуал, ядролық қасіретке байланысты қалыптасқан ұжымдық трагедияның көркемдік бейнесін талдап, оны қазақ драматургиясындағы жаңа үрдіс ретінде бағалады. Зерттеушілер шығарманың символдық табиғаты, трагедиялық пафосы және адамның жаны мен қоғам арасындағы қайшылықтарды көркемдік философиялық тұрғыдан беру ерекшелігіне тоқталды.

«Бопай ханым» пьесасына арналған еңбектерде тарихи тұлғаның психологиялық портретін жасаудағы драматургтің шеберлігі, тарихи шындық пен көркем шындықтың үйлесімі, ұлттық рух пен әйелдің қоғамдағы орны мәселесі кеңінен талданады. Ғалымдар Мұқанованың тарихи драма жанрын қазіргі замандық тәсілмен жаңғыртқанын атап өтеді.

«Сарра» пьесасы туралы зерттеулерде аналық мұрат, тағдыр сынағы, әйелдің рухани жүгінің ауырлығы және адам жанының төзімділік шекарасы мәселелері алдыңғы орынға шығады. Бұл пьеса драматургтің әйел психологиясына үңілуіндегі тереңдігін айқындайтын шығармалардың бірі ретінде бағаланады.

Ал «Шатыр астындағы мен» және «Сен» пьесалары Мұқанованың ішкі монолог, сана ағымы, субъективті қабылдау сияқты модернистік тәсілдерді кеңінен қолданғанын көрсететін

туындылар ретінде қарастырылады. Әдебиеттанушылар бұл пьесалардағы кейіпкерлердің ішкі үні, психологиялық кеңістікті драмалық композициямен ұштастыру ерекшеліктерін арнайы атап өтеді.

Жалпы зерттеулерде Роза Мұқановаңың драматургиясы қазақ әдебиетінде рухани ізденіс пен адам болмысы мәселесін тереңнен қаузаған шығармашылық құбылыс ретінде мойындалады. Оның пьесаларында философиялық астар, мәдени-тарихи жалғастық, адам жанының күрделі құрылымын ашу жолындағы көркемдік шешімдер жан-жақты қарастырылған.

Осылайша, қарастырылған әдебиеттер Роза Мұқанова драматургиясының ұлттық драматургиядағы жаңа бағытты айқындайтын, рухани-психологиялық тереңдігімен ерекшеленетін құнды шығармашылық құбылыс екенін дәлелдейді.

Зерттеу нәтижелері: Роза Мұқановаңың драматургиясын талдауға бағытталған бұл зерттеу нәтижелері оның шығармаларындағы рухани ізденіс, адамдық болмыс, тұлғаның ішкі күйзелісі мен экзистенциалдық ахуалдың көркемдік тұрғыдан берілу ерекшеліктерін жүйелі түрде анықтауға мүмкіндік береді. Драматургтің бірнеше пьесасын кешенді талдау адам мен қоғам, өткен мен бүгін, рух пен тән арасындағы қайшылықтарды автордың өзіндік эстетикалық ұстанымы арқылы көрсету тәсілдерін айқындады.

1. Рухани ізденістің драмалық табиғаты

Роза Мұқановаңың драматургиясында рухани ізденіс категориясы ең алдымен кейіпкердің ішкі әлеміндегі жан арпалысы, адам болмысының жараласуы және өзін-өзі қайта қалыптастыру тетіктері арқылы көрініс табады. Авторға тән ерекшелік - рухани дағдарыс пен ізденіс сыртқы оқиғалық тартыстан жоғары қойылып, драманың негізгі қозғаушы күшіне айналады. Бұл ерекшелік «Мәңгілік бала бейне» және «Сарра» пьесаларында айқын әрі терең көрініс тапқан.

«Мәңгілік бала бейне» пьесасындағы рухани ізденіс. «Мәңгілік бала бейне» - ядролық сынақ зардабы негізінде жазылған шығарма болғанымен, оның негізгі идеялық өзегі - тұлғаның рухани жараласуы және адамзат рухының күйреу шегіне жеткен тұстағы құтқарушы күшті іздеуі. Бұл пьесада рухани ізденіс бірнеше деңгейде көрінді:

1) Жеке тұлғалық деңгей

Басты образ - Ләйләның мәңгі бала күйінде қалуы - оның физикалық тұрғыдан емес, рухани кеңістікте қатып қалған трагедиясын білдіреді. Ол - уақыттан тыс қалған, шексіз қайғының, жазылмайтын жараның символы. Ләйләның әр сөзі - өмірді тоқтатып қойған жанның ішкі дауысы. Оның рухани ізденісі - «неге?» деген сұраққа жауап табу емес, жауаптың өзі жоқ екенін, қайғының мағынасын ешбір рационал түсіндіріс бере алмайтынын түсіну. Автор бұл арқылы рухани жара тереңдеген сайын адамның метафизикалық деңгейге өтетінін көрсетеді.

2) Ұжымдық-қоғамдық деңгей

Пьесадағы басқа кейіпкерлер - аналар, қарттар, зардап шеккен адамдар - бәрі рухани дағдарыстың әртүрлі формасын бастан кешеді. Олардың ізденісі - өмірді жалғастырудың жолын табу, қайғыға қарсы тұратын ішкі күшті қайта ояту.

Бұл - қазақ қоғамының XX ғасырдағы рухани жарасын көркемдік тілмен ашудың бірегей үлгісі. Драматург ядролық апат трагедиясын тарихи факт ретінде емес, рухани апат ретінде көрсетеді.

3) Метафоралық деңгей

Ләйләның «мәңгі бала» болуы - адамзат рухының дамуын тоқтататын қасіреттердің көркем образы. Бұл символ кейіпкер ізденісінің шексіз әрі шешімсіз екенін көрсетеді.

Осылайша, пьесада рухани ізденіс - трагедиямен күрес процесі емес, трагедияны түйсіну, қабылдау, ішкі әлемге көміліп қалған жараны мойындау арқылы өтетін күрделі рухани сапар.

«Сарра» пьесасындағы рухани ізденіс. «Сарра» - әйел тағдырына, аналық миссияның күрделі табиғатына, адам өмірінің мәніне қатысты терең философиялық және психологиялық сұрақтарды көтеретін шығарма. Бұл пьеса рухани ізденісті жалпы адамзаттық деңгейге шығарады.

1) Аналық рух және рухани сынақ

Сарра - ананың шексіз мейірімі мен шексіз қайғысы бір денеде тоғысқан трагедиялық образ. Оның рухани ізденісі - баласын өлімнен арашалау жолындағы емес, өлімді түсіну, оның әділетсіздігімен бетпе-бет келу және оны жеңудің тәсілін табу жолындағы күрес.

Драматург ананың рухани арпалысын қарапайым эмоциялық күйзеліс емес, экзистенциалдық сынақ ретінде көрсетеді. Сарраның әр диалогы, монологы - шарасыздық пен үміттің, күдік пен сенімнің, махаббат пен ыза-кектің күресі.

2) Тағдырмен күрес және рухани трансформация

Пьеса бойы Сарраның рухани ізденісі бірнеше өзгеріс кезеңінен өтеді:

- *инстинктивті ана қайғысы, баласын құтқаруға деген тынымсыз ұмтылыс;*
- *тағдырға қарсы шығу, өз өмірінің әділетсіздігін түсіну;*
- *рухани күйреу, әлеммен байланысының үзілуі;*
- *рухани тазару, ауыр қайғыны қабылдау, оның мәнін түсіну.*

Бұл трансформация - пьесаның негізгі өзегі. Сарра өмірді трагедияларсыз елестете алмайды, бірақ трагедияны өзін өлтіретін күш емес, рухын шыңдайтын құбылыс ретінде қабылдауға үйренеді.

3) Метафизикалық кеңістік және рухани жарық

«Саррада» рухани ізденістің ең жоғары деңгейі көрсетіледі. Ананың ішкі әлеміндегі жарық пен қараңғының күресі - адам жанының ең терең қабаттарын қозғайтын көркем шешім. Сарра трагедиядан өтіп шыққаннан кейінгі рухани жарыққа жетеді, бірақ бұл жарық - жеңіс емес, қабылдау. Драматург бұл арқылы: Рухани ізденістің ең биік нүктесі - қайғының өзімен келісімге келу, - деген философиялық қағиданы ұсынады.

Екі пьесадағы рухани ізденістің ортақ және айырмашылық белгілері

	«Мәңгілік бала бейне»	«Сарра»
Идеялық негіз	Ұлттық-ұжымдық қасірет, қоғамдағы рухани күйреу	Жеке тұлғалық трагедия, ананың экзистенциалдық азабы
Рухани ізденіс сипаты	Жауапсыз сұрақтар, шексіз жара	Жауап іздеу, тағдырмен күрес, қабылдау
Символдық шешім	Мәңгі бала – аяқталмаған рухани даму	Ана – рухани тозақтан өтуші тұлға
Мақсаты	Қоғамның жан жарасын көрсету	Адам жанындағы жарық пен қараңғыны ашу

Осы екі пьесада рухани ізденіс - драмадағы ең басты философиялық өзек. Роза Мұқанова адам рухының жаралануын көрсетумен шектелмей, трагедиядан кейінгі рухани қайта туу, ішкі әлемнің дауыстарын тыңдау, адамдық болмыстың ең терең қабаттарын ашу мәселелерін көтереді. «Мәңгілік бала бейне» - рухани тоқыраудың символы. «Сарра» - рухани қайта туу символы. Екі туынды бірігіп драматургтің эстетикалық-философиялық көзқарасын толық ашады.

2. Адамдық болмыс мәселесінің көркем концепциясы

Роза Мұқанова драматургиясының өзегінде адамдық болмыстың күрделі табиғатын тереңнен танытуға деген ұмтылыс жатыр. Автор адамды психологиялық, рухани және әлеуметтік контексттің тоғысында қарастырады, оның ішкі әлеміндегі тұрақсыздықты, дамуды, рухани күйзелістерді драмалық тартыс арқылы көркемдік деңгейде бейнелейді. Мұқанова үшін адам болмысы - дуалистік құрылымға ие құбылыс: ол бір мезетте әлсіз де, мықты да; қорғансыз да, күрескер де; өткеннің жүгіне тәуелді де, болашаққа жауапты да. Осы көпқырлы табиғатты ашуда драматург әр пьесада адамдық болмыстың түрлі қырларын жаңаша интерпретациялайды.

«Бопай ханым» пьесасындағы адамдық болмыстың тарихи-философиялық концепциясы. «Бопай ханым» пьесасы - тарихи тұлғаның бейнесін психологиялық-философиялық биікке көтерген шығарма. Мұнда Бопай бейнесі тек саяси қайраткер немесе хан әулетінің өкілі ретінде ғана емес, тарихи кезеңнің рухани қысымын өз бойында сезінген, ел тағдырының жүгін көтерген тұлға ретінде суреттеледі.

Пьесада адамдық болмыс үш ірі концептуалдық деңгейде ашылады:

1) Тарихи болмыс және қоғамдық жауапкершілік. Бопайдың адамдық болмысы оның мемлекеттілік идеясы алдындағы жауапкершілігі арқылы тереңдейді. Драматург тарихи оқиғаларды тізбелемейді; керісінше, сол оқиғалардың кейіпкер жанына түсірген ауыртпалығын көрсетеді. Бопайдың шешімдері - билік пен мораль, саясат пен ар-ождан арасындағы үздіксіз күрес алаңы. Оның ішкі монологтары арқылы драматург тарихи тұлғаға тән шекаралық жағдайды айшықтайды: «Ел үшін туған жан өз тағдырын жеке игілік деп санай ала ма?» деген сұрақ Бопайдың рухани өзегіне айналады.

2) Әйелдік болмыс пен билік феномені. Бопай әйел болмысының тарих сахнасындағы орны туралы күрделі ой тудырады. Оның бейнесінде:

- *нәзіктік емес, рухани беріктік;*
- *сезімталдық емес, парасат биігі;*
- *жеке мүдде емес, ұлт қамы алдыңғы қатарға шығады.*

Дәл осы арада драматург әйел табиғатының қоғамдағы дәстүрлі түсініктен әлдеқайда кең екенін көрсетеді: әйел - ұлт тағдырына ықпал ете алатын рухани көшбасшы.

3) Ішкі қақтығыс және рухани салмақ. Бопайдың адамдық болмысы оның ішкі тартыстары арқылы ашылады:

- *билікті сақтау мен әділеттілік арасында;*
- *естелік ауыртпалығы мен болашаққа үміті арасында;*
- *хандық міндеті мен адамдық сезімі арасында.*

Осы қақтығыстар Бопайдың тарихи тұлға ғана емес, рухани деңгейде күрес жүргізуші жан екенін дәлелдейді. Мұқанова тарихи болмыстың драмалық табиғатын жеке адамның рухани драмасы арқылы ашады.

«Шатыр астындағы мен» пьесасындағы адамдық болмыстың психологиялық-концептуалдық моделі. Бұл пьеса - адамның ішкі әлеміне терең бойлаған модернистік шығарма. Мұнда шынайы әрекеттен гөрі, санадағы әрекет, ішкі сөз, психологиялық ағым маңызды рөл атқарады.

Пьесада адам болмысы бірнеше ерекше көркемдік тәсілдер арқылы ашылған:

1) Сана ағымы және психологиялық өзара қайшылықтар. Пьесаның орталық кейіпкері ішкі монологқа құрылған кеңістікте өмір сүреді. Оның ойлары, қорқыныштары, өтініштері, өкініштері драмалық мәтінде үздіксіз ағыспен беріледі.

Бұл тәсіл адам болмысының тұрақсыз, фрагментті, бір-бірімен байланыспайтын сезімдерден құралатынын көрсетеді.

Кейіпкердің ішкі әлемі өткеннің жарасымен, бүгіннің дағдаруымен, болашаққа деген эмоциялық күмәнмен толы. Сана ағымы адам болмысының эмотивтік (эмоцияға негізделген) құрылымын тереңнен көрсететін негізгі поэтикалық құралға айналады.

2) Символдық кеңістік - «шатыр» концептісі. Шатыр - бүкіл пьесаның басты көркемдік метафорасы. Ол кейіпкердің ішкі санасының, бейсаналық аймағының, қорған және тұтқын арасындағы кеңістіктің символына айналған. Бұл метафора арқылы драматург адам болмысының екіұдай табиғатын ашады: адам - өз санасының ішінде паналайды, бірақ сол сананың ішінде тұтқынға да айналады.

3) Болмыстың тұрақсыздығы және экзистенциалдық дағдарыс. Кейіпкердің жан әлемі - үздіксіз толқын. Ол өз-өзімен тілдеседі, өз-өзін сынайды, өзін жоғалтады, қайта табады. Осы процестер арқылы Мұқанова адам болмысының тұрақсыздығын, оның үнемі өзгеріп отыратынын айқындайды.

Пьесада қарапайым психологиялық күйзеліс емес, адамның жалғыздығы, өмірдің мәнін іздеуі, өз «Менін» жоғалту қаупі, рухани түпсіздік сезімі беріледі.

4) Адамдық болмыс - динамикалық, өзгермелі құрылым. «Шатыр астындағы мен» пьесасында адам болмысы статикалық емес. Ол ішкі тәжірибе, эмоционалдық серпілістер, травматикалық естеліктер негізінде үнемі трансформацияланып отырады. Кейіпкердің рухани ізденісі - өзін табу жолындағы үздіксіз қозғалыс.

Жалпы тұжырымдай келе, «Бопай ханым» мен «Шатыр астындағы мен» пьесалары Роза Мұқанованың адамдық болмысты ашуда екі түрлі, бірақ бір-бірін толықтыратын көркемдік бағыттарды қолданатынын көрсетеді. Біріншісі - тарихи-психологиялық бағыт, онда адам болмысы үлкен әлеуметтік және тарихи қысым аясында танылады. Екіншісі - модернистік-экзистенциалдық бағыт, онда адам болмысы ішкі сананың терең құрылымдары арқылы ашылады.

Екі пьесада да адам болмысы - күрделі, жан-жақты, көркем-философиялық деңгейде ұсынылған. Дәл осы тәсілдер Мұқанова драматургиясын қазақ әдебиетіндегі ерекше құбылыс ретінде танытады.

3. Психологиялық тереңдік пен ішкі жан арпалысының көркемдік шешімі

Роза Мұқанова драматургиясының басты көркемдік жетістіктерінің бірі - кейіпкер психологиясын өте нәзік, терең әрі көпқабатты етіп көрсете білуі. Оның пьесаларында ішкі жан арпалысы сыртқы әрекеттен әлдеқайда басым, ал драма тартысы көбіне адамның рухани кеңістігінде өтеді. Психологиялық тереңдікті ашу үшін драматург бірқатар жаңаша тәсілдерді қолданады: ішкі монолог, сана ағымы, символдық кодтар, бейсаналық көріністер, трагедиялық ахуалдағы мінездік трансформация. Осы тәсілдер арқылы Мұқанова адам жанын аналитикалық деңгейде зерттейтін, психологиялық-философиялық драма табиғатын қалыптастырады.

1) Ішкі монолог пен сана ағымы: адам жанының терең қатпарларына ену тәсілі. Мұқанова драматургиясында ішкі монолог - кейіпкердің өзін-өзі тану үдерісінің басты құралы. Ішкі монолог көбіне сана ағымымен, үздіксіз ой тасқынымен астасып жатады; бұл психоанализге тән әдісті еске түсіреді.

«Сен» пьесасындағы психологиялық рефлексия. Бұл пьесада ішкі монолог - драмалық әрекеттің негізгі желісі. Кейіпкер өзінің әрбір сезімін, күдігін, үрейін ішкі сөз арқылы ашады. Монологтардың үздік-создық, кейде үзік-үзік құрылымы санадағы хаостың сыртқы көрінісі болып табылады. «Сен» пьесасында ішкі монолог өзін-өзі айыптау, жанын түсінуге ұмтылу, өткенді еске түсіру, қорқыныш пен үміт арасындағы күйзеліс сияқты психологиялық процестердің көркемдік моделі рөлін атқарады.

Бұл пьеса арқылы драматург адам болмысының логикалық емес, иррационал, эмоциялық табиғатын ашады.

2) Символдық-поэтикалық кодтар: психологиялық шындықты метафоралау. Мұқанова психологияны тек тікелей эмоциялық күй арқылы емес, символдық образдар арқылы да береді. Оның пьесаларындағы символдар - бейсаналықтың көркем тілге айналған формалары.

«Мәңгілік бала бейне» пьесасындағы символдың психологиялық қызметі. Пьесадағы «мәңгі бала» образы - тек физикалық дамудың тоқтауы емес, ұлттық сананың жараланuының бейсаналық символы. Бұл символ бірнеше психологиялық деңгейде қызмет етеді:

1. Ұжымдық жараның белгісі - халық басынан кешкен қасіреттің бейсаналыққа түскен көрінісі.

2. Рухани тоқырау - даму мүмкіндігі жоқ, жарыққа шығуға шамасы жетпеген адамзаттық хәл.

3. Кінәсіздік пен қиянаттың қақтығысы - адам жанының жаралану сәтіндегі ішкі арпалыс.

Символ кейіпкер психологиясын тереңдететіні анық. Ләйланың әрбір сөзі, әрекеті осы символдық табиғатпен байланысты болып, оның тұлғалық психикасын метафоралық деңгейде көрсетеді.

Символдық әлемнің функциясы. Мұқанова символдары ішкі қақтығысты сыртқы формаға шығарады, көрерменге бейсаналық деңгейдегі әсер береді, кейіпкердің жан дауысының көркем көрінісіне айналады. Символика - драматургтің психологиялық анализді тереңдетуінің басты құралы.

3) Трагедиялық ахуалдағы мінездік өзгеріс: психологиялық трансформация. Психологиялық зерттеу нәтижесі көрсеткендей, Роза Мұқанова трагедиялық жағдайларды сыртқы оқиғалық тартыс ретінде емес, тұлғаның ішкі трансформациясын тудыратын рухани сілкініс ретінде береді.

«Сарра» пьесасындағы психологиялық күйреу және қайта тұру. «Сарра» - адам психикасының ең ауыр сынақтарға қалай жауап беретінін айқын көрсететін шығарма. Ананың басындағы қасірет - мифопоэтикалық деңгейге көтерілген жалпыадамзаттық трагедия. Бұл трагедия кейіпкердің психологиялық өзгерісін үш кезеңге бөледі:

1. Терең күйзеліс, эмоциялық дағдарыс. Алғашқыда Сарра шектен тыс қайғыға бой алдырып, трагедияны қабылдай алмайды. Оның жан айқайы - адамның рухани күйреу шегін көрсетеді.

2. Бейсаналыққа бойлау, инстинктивті күрес. Қайғы күшейген сайын кейіпкер психикасы қорғаныс механизмдерін іске қосады. Ол өмір үшін күреседе, үміт пен үмітсіздік арасында қиналады. Дәл осы кезеңде оның болмысы терең психологиялық өзгерістерге ұшырайды.

3. Рухани трансформация және қабылдау. Зерттеу нәтижесі бойынша, Сарра трагедияны жеңбейді - оны түсінеді. Бұл - экзистенциалистік қабылдау: қайғыдан құтылу емес, онымен бірге өмір сүруді үйрену.

Осы процестер тұлғаның ішкі жан дүниесінің саты-саты өзгерісін көрсетеді.

4) Бейсаналық (түнек сана) көріністері: психологиялық реализмнің жаңа формасы. Мұқанованың кейіпкерлері көбіне өз-өзімен сөйлеседі, өз көлеңкесімен тартысады, өткен мен бүгін арасына көпір салады. Бұл Фрейдтік бейсаналық теориясының көркем интерпретациясын еске түсіреді. Кейбір пьесаларда бейсаналық түс көру, символдық хал, галлюцинациялық диалог, уақыт пен кеңістіктің бұзылуы сияқты тәсілдермен беріледі. Бұл әдіс психологияны шынайы тұрғыда ашуға мүмкіндік береді: адам сезімі әрқашан рационалды емес, түсініксіз, тіпті хаостық құрылымға ие екенін көрсетеді.

5) Психологиялық конфликтінің драматургиялық жүйедегі рөлі

Зерттеу нәтижелерінің бірі - Мұқанова драмаларында қақтығыс сыртқы әрекеттен емес, ішкі конфликтіден туындайды.

Бұл конфликт кейіпкерді дамытады, драманың философиялық мазмұнын тереңдетеді, көркем әрекетті эмоциялық және рухани деңгейде алға жылжытады.

Пьесаларда ішкі тартыс - адамның өмірлік таңдау жасау сәтіндегі психологиялық шындық. Мұқанова адам болмысының трансформациясын ең алдымен ішкі жан дүниесіндегі арпалыс арқылы ашады.

Психологиялық тереңдік - Роза Мұқанова драматургиясының басты ерекшелігі. Автор сана ағымын, ішкі монологты, символдық кодтарды, трагедиялық трансформацияны, бейсаналық көріністерді шебер қолдана отырып, адам жанын көркемдік тұрғыда толыққанды зерттейді.

Соның нәтижесінде драмаларында психология тек кейіпкер бейнесін толықтырушы элемент емес, сюжеттің негізгі қозғаушы күші, философиялық идеяның өзегі және адамдық болмыстың айнасы ретінде көрінеді.

4. Әйел тағдыры мен гендерлік психологияның көркемдік интерпретациясы

Роза Мұқанова драматургиясында әйел образы - тек әлеуметтік немесе отбасылық рөлде тұрған кейіпкер емес, рухани-экзистенциалдық кеңістікте өмір сүретін күрделі тұлға. Оның шығармаларында әйел - қоғам мен тарихи кезеңнің ауыртпалығын көтеретін, рухани ізденіс жүргізетін, адамдық болмыстың терең қырларын көрсететін кейіпкер. Мұқанованың әйел бейнесі қазақ драматургиясында бұрын-соңды байқалмаған тереңдік пен психологиялық күрделілікке ие.

1) Ішкі күш пен рухтың символы. Мұқанованың пьесаларындағы әйел кейіпкерлері - ішкі күш пен рухтың символы. Олар сыртқы қысым мен трагедиялық оқиғаларға төтеп бере отырып, өз ішкі әлеміндегі тепе-теңдікті сақтауға ұмтылады.

«Бопай ханым». Бопай ханым - тарихи тұлға, бірақ драмалық контексте ол рухани көшбасшы, қоғамдық жауапкершіліктің символы ретінде көрінеді. Оның ішкі күш-қуаты трагедиялық жағдайларда ғана емес, күнделікті өмірдің моральдық таңдауларында да көрініс табады. Бопайдың күресі - жеке сезім мен тарихи міндет арасындағы тұрақты қақтығыс, бұл әйел образының ішкі рухани әлемін жан-жақты ашады.

«Сарра». Сарра - аналық мұрат пен тағдыр сынағының символы. Оның рухани төзімділігі - трагедияға қарсы тұруда ғана емес, психологиялық трансформацияға ұшырауда көрінеді. Сарра өз қайғысын қабылдап, оның мәнін түсіну арқылы рухани тұрақтылыққа жетеді, бұл әйел бейнесін адамзаттық рухтың символына айналдырады.

«Ана бейнесі». Пьесаларда ана бейнесі - мейірім мен тәрбие, жан тыныштығы мен моральдық жауапкершіліктің біртұтас символы. Мұқанова арқылы ана образында әйелдік күш тек физикалық тұрғыдан емес, рухани және моральдық қабілет ретінде көрінеді.

2) Қоғам жүгін арқалаушы тұлға. Әйел кейіпкерлері тек жеке драмамен шектелмейді; олар қоғамдық миссияны атқаратын тұлға ретінде ұсынылады. Драматург әйелдің ұлттық, тарихи және әлеуметтік жауапкершілігін ерекше атап көрсетеді.

- *Бопай ханым - мемлекеттілік пен тарихи дәстүрдің аманатшысы;*
- *Сарра - отбасының және ұрпақ тағдырының кепілі;*
- *Ана - ұрпақты тәрбиелеуші және қоғамға ықпал етуші моральдық орталық.*

Бұл тұрғыдан Мұқанова әйелді қоғамның рухани тірегі ретінде бейнелейді, оның әрбір әрекеті және шешімі тек жеке өмірін емес, жалпы әлеуметтік контекстті де өзгертеді.

3) Трагедиялық тағдыр иесі. Әйел бейнесі трагедиялық құрылымның өзегі ретінде де көрініс табады. Мұқанова пьесаларында әйел кейіпкері тағдырдың ауыртпалығын көтереді, жеке қалау мен қоғамдық міндет арасындағы күреске ұшырайды, рухани жара мен психологиялық күйзеліс арқылы дамиды.

Мысалы, Сарраның трагедиясы - тек жеке қайғы емес, бүкіл адамзаттық философиялық мәселе. Оның тағдыры арқылы драматург әйел психологиясының терең трагедиялық деңгейін ашады.

4) Адамның ішкі азабын сезінетін жаратылыс. Әйел кейіпкерлері сезім, мораль және рух арқылы адам жанындағы ең нәзік, терең қырларды ашады. Мұқанова оларды адамзаттық сезім мен философиялық пайымның айнасы ретінде көрсетеді. Бұл бейнелер адамның ішкі жан күйзелісін, психологиялық және моральдық дағдарысты, рухани ізденіс пен өзін-өзі тану процесін терең көрсетеді.

5) Гендерлік психология және философиялық концепция. Мұқанова әйел психологиясын гендерлік ерекшелік арқылы емес, рухани және экзистенциалдық контексте ашады. Бұл тәсіл драматургияда әйел бейнесін кеңінен философиялық, психологиялық және көркемдік тұрғыда дамытуға мүмкіндік береді.

Әйел кейіпкерлері - драманың философиялық ядросы: олар тек трагедияны бастан кешіріп қана қоймай, қоғам мен адам болмысының мәнін зерттейді, рухани тұрақтылықтың символына айналады.

Роза Мұқанова драматургиясында әйел бейнесі ішкі күш пен рухтың символы, қоғам жүгін арқалаушы тұлға, трагедиялық тағдыр иесі, адамның ішкі азабын терең сезінетін жаратылыс, рухани тұрақтылық пен адамгершіліктің кепілі.

Осылайша, драматург әйел образы арқылы адамдық болмыстың, рухани ізденістің және психологиялық күрестің ең күрделі қырларын ашып, қазақ драматургиясында жаңа көркемдік бағыт қалыптастырады.

5. Драмалық құрылым мен символдық жүйенің ерекшелігі

Роза Мұқанова драматургиясының көркемдік даралығы оның композициялық және символдық жаңашылдықтарында айқын көрінеді. Текстологиялық талдау көрсеткендей, автордың пьесалары классикалық драматургиялық каноңдарға толық бағынбайды. Мұқанова драмалық құрылымды кейіпкер психологиясының, рухани ізденіс пен ішкі жан арпалысының қызметіне бейімдейді. Бұл тәсілдің бірнеше негізгі ерекшелігі бар:

1) Фрагментарлық композиция. Мұқанова пьесалары көбіне фрагменттік құрылымға ие. Әр эпизод жеке психологикалық немесе философиялық мәнге ие, бірақ бір-бірімен ассоциациялық, символдық байланыс арқылы ғана біріктіріледі. «Шатыр астындағы мен» пьесасында оқиғалар логикалық желімен емес, кейіпкердің сана ағымымен байланысып беріледі. Әр фрагмент кейіпкердің ішкі сезімін, қорқыныштарын, үмітін көрсететін психологиялық станциялар сияқты қызмет атқарады. Бұл тәсіл драманың дәстүрлі үш актілік схемасынан тыс, рухани ізденіс пен ішкі арпалысты көрсетуге мүмкіндік береді.

2) Уақыт пен кеңістіктің шарттылығы. Мұқанова пьесаларында уақыт пен кеңістік шартты, символдық мәнге ие. Олар тек сыртқы әрекеттің ортасы емес, кейіпкер психологиясының көрінісі болып табылады. Уақыт - ішкі сана ағымымен анықталады: өткен, қазіргі және болашақ бір мезгілде көрініс табады. Кеңістік - кейіпкердің рухани әлемінің символы: шатыр, бөлме, дала сияқты объектілер психологиялық және философиялық мағынаға ие.

Мысалы, «Шатыр астындағы мен» пьесасында шатыр - адамның сана кеңістігінің метафорасы. Оның әр қабаты, әр бұрышы кейіпкердің ішкі қақтығыстары мен қорқыныштарын бейнелейді.

3) Символдық детальдардың басым болуы. Мұқанова драматургиясында символдар мен метафоралар негізгі экспрессивтік құралға айналады. Олардың арқайсысы кейіпкер психологиясын және драмалық идеяны ашуға қызмет етеді:

- *«Мәңгілік бала бейне» пьесасында бала бейнесі - ұлттық сана мен рухани жараның бейсаналық символы;*
- *«Бопай ханым» пьесасында ханымның киімі, тұрмыстық заттары - оның тарихи, моральдық миссиясының көркем бейнесі;*
- *«Сарра» пьесасында аналық мұрат пен тағдыр сынағы әртүрлі заттық символдар арқылы беріледі (мысалы, от, үй, күн сәулесі).*

Символдық детальдар драмалық әрекетті толықтырып, кейіпкердің ішкі әлемін көрерменге сезімдік және философиялық деңгейде жеткізеді.

4) Авторлық ремаркалардың философиялық мәнге ие болуы. Мұқанова ремаркаларды тек сахналық нұсқау ретінде емес, философиялық және психологиялық деңгейде мағыналы элемент ретінде қолданады. Олар кейде кейіпкердің ішкі монологына немесе символдық кеңістікке ұласып, драманың идеясын тереңдетеді.

Мысалы, «Шатыр астындағы мен» пьесасында авторлық ремарка кейіпкердің шатырдағы қозғалысын, жарық пен көлеңкенің өзгерісін сипаттау арқылы оның ішкі психологиялық күйін береді. Ремаркалар кейде диалогты толықтыра отырып, кейіпкердің рухани ізденісін, моральдық таңдауын көркем тілмен жеткізеді.

5) Драмалық құрылымның кейіпкер психологиясына қызметі. Жоғарыда айтылған ерекшеліктердің барлығы - кейіпкердің рухани әлемін ашуға бағытталған құралдар. Фрагментарлық композиция, символдық кеңістік, шартты уақыт пен кеңістік, философиялық ремаркалар бірігіп, адамның ішкі хаосын, жан күйзелісін, моральдық және рухани ізденісін драмалық көрініске айналдырады.

Мысалы, «Шатыр астындағы мен» пьесасында шатыр - адамның сана кеңістігінің толық метафорасы болып, ішкі тартыстар мен эмоционалдық толқыстар көрерменге нақты визуалды және символдық формада беріледі. Сонымен бірге, кейіпкердің қозғалысы мен сөздері

бұл кеңістікті толықтырып, драмалық композиция мен психологиялық құрылымның біртұтас тұтастығын құрайды.

Роза Мұқанова драматургиясында драмалық құрылым мен символдық жүйе пайым көркем құрал емес, керісінше, адамдық болмысты, рухани ізденісті және психологиялық тереңдікті бейнелеудің негізгі құралы болып табылады. Фрагментарлық композиция кейіпкердің ішкі әлемін ашуға мүмкіндік береді. Шартты уақыт пен кеңістік психологиялық және философиялық мәнге ие. Символдық детальдар адамның ішкі жан күйзелісін көрсетеді. Авторлық ремаркалар драманың философиялық және эмоционалдық салмағын арттырады.

Мұқанова драматургиясы традициялық драмалық каноннан тыс, кейіпкер психологиясы мен рухани ізденісіне негізделген заманауи, символдық және философиялық бағыттағы драмалық құрылымды қалыптастырады.

Қорытынды: *Роза Мұқанованың драматургиясы - қазақ әдебиетінің рухани-философиялық арнасын жаңа деңгейге көтерген көркемдік құбылыс. Оның шығармалары дәстүрлі драматургиялық үлгілерден шығып, адам болмысының ішкі архитектоникасын, рухани дағдарыс пен экзистенциалдық ізденістің терең қабаттарын ашуға бағытталған. Зерттеу нәтижелері драматургтің шығармашылық әлемін бірнеше қырынан жан-жақты зерделеуге мүмкіндік берді.*

Біріншіден, Роза Мұқанова драмаларындағы рухани ізденіс - оқиғалық тартыстан әлдеқайда маңызды, автордың идеялық-эстетикалық жүйесін анықтайтын негізгі философиялық категория. «Мәңгілік бала бейне» мен «Сарра» пьесалары рухани жараның әртүрлі деңгейін көрсетіп, адамзаттық трагедияның көркемдік моделіне айналады. Ләйлədағы мәңгілік жарасыздық - ұжымдық қасіреттің символы болса, Сарраның рухани трансформациясы - трагедияны қабылдау арқылы жүзеге асатын экзистенциалдық тазарудың көрінісі. Осы екі пьеса драматургтің рухани ізденісті трагедиялық сананың әмбебап өзегі ретінде қарастыратынын дәлелдейді.

Екіншіден, Мұқанова шығармаларындағы адамдық болмыс мәселесі тарихи, психологиялық және экзистенциалдық деңгейде кең ауқымда ашылады. «Бопай ханым» пьесасы тарихи тұлғаның рухани әлемін философиялық биікке көтеріп, билік, мораль, жауапкершілік және адамгершілік арасындағы күрделі қайшылықтарды бейнелейді. Ал «Шатыр астындағы мен» пьесасы адамның ішкі әлемін сана ағымы, бейсаналық көріністер және субъективті қабылдау арқылы терең көрсетіп, адам болмысының тұрақсыз, динамикалық құрылымын айқындайды. Бұл драматургтің адамды тек әлеуметтік субъект ретінде емес, рухани кеңістіктегі күрделі тіршілік иесі ретінде танитынын көрсетеді.

Үшіншіден, Мұқановаңың драматургиясындағы психологиялық тереңдік - оның шығармаларының басты көркемдік ерекшелігі. Драматург ішкі монолог, сана ағымы, символдық кодтар, мифопоэтикалық шешімдер және бейсаналық көріністерді пайдалана отырып, адам жанының күрделі механизмдерін табиғи, нанымды әрі философиялық деңгейде ашады. Психологиялық тартыс драманың негізгі қозғаушы күшіне айналып, кейіпкердің рухани дамуы мен адамдық болмыстың трансформациясын анықтайды.

Төртіншіден, Роза Мұқанова драматургиясындағы әйел образы - ұлттық, тарихи және рухани жүктің, ішкі күш пен моральдық жауапкершіліктің символы. Бопай, Сарра, ана кейіпкерлері арқылы драматург әйел табиғатын тек әлеуметтік рөл аясында ғана емес, философиялық кеңістікте қарастырып, оның ішкі рухымен, төзімімен, дүниетанымымен байланысты терең мән ұсынады. Әйел бейнесі - адамның рухани эволюциясының, моральдық таңдаулардың және болмыстық драманың айнасы.

Бесіншіден, автордың драмалық құрылым мен символдық жүйелерді жаңаша қолдануы оның пьесаларын модернистік және постмодернистік эстетикамен сабақтастырады. Фрагментарлық композиция, шартты уақыт пен кеңістік, символдық детальдар, философиялық ремаркалар драманың мазмұнын тереңдетіп, кейіпкердің ішкі әлемін көркемдік тұрғыда көрсетуге мүмкіндік береді. Мұқанова драматургиясында көркемдік құрылым - мазмұнды жеткізудің техникасы емес, рухани-философиялық идеяның ажырамас бөлігі.

Жалпы алғанда, Роза Мұқановаңың драмалық әлемі адам болмысының трагедиялық табиғатын, рухани ізденістің мазмұнын, әйелдің экзистенциалдық күйін және ұлттық сананың қасіретін философиялық, психологиялық және символдық деңгейде терең талдаған күрделі көркемдік жүйе болып табылады. Оның драматургиясы қазақ әдебиетінде рухани-психологиялық бағытты жаңа деңгейге көтеріп, заманауи драманың эстетикалық мүмкіндіктерін кеңейткен шығармашылық феномен ретінде бағаланады.

Роза Мұқановаңың пьесалары - адам рухының жарақлануы мен қайта түлеуін, болмыс пен уақыт арасындағы мәңгілік сұрақтарды, тұлғаның ішкі драмасын көркемдік-философиялық деңгейде ашатын ұлттық драматургиядағы бірегей туындылар. Оның шығармашылық мұрасы қазақ театр өнерінің дамуына жаңа серпін беріп, ұлттық рухани кеңістіктің маңызды құрамдас бөлігіне айналды.

References

1. Mukanova, R. Me under the roof [Text]: stories and drama / R. Mukanova. - Almaty: writer, 2008. - 285 p. [Published in Kazakh]

2. Mukanova, R. Multi-volume collection of works [Text] / R. Mukanova. - Almaty: Kazygurt, 2007. - 304 p. [Published in Kazakh]

3. Mukanova R. Literature reveals the untold truth of history. [Text]: [Interview with the writer R. Mukanova] / R. Mukanova; interview. Nazym Dutbayeva N. // Kazakh literature. - 2018. - June 29.- P.4-5. [Published in Kazakh]

4. Mukanova, R. Works [Text]: stories, dramas, interviews. T. 1 / R. Mukanova. - Almaty: Arda+7, 2014. - 320 p. [Published in Kazakh]

5. Mukhanova R. The image of an eternal child. Dramatic works [Text]: plays - Almaty: Mandumundama Publishing House, 2023 – 272 p. [Published in Kazakh]

Chemical sciences

DEVELOPMENT OF METHODS FOR APPLYING ACRYLIC-MONOMER-BASED HYDROGELS IN WATER TREATMENT TECHNOLOGIES

Nurgaliyev Aidos
2nd-year Master's student
Al-Farabi Kazakh National University
Rakhmetullayeva Raikhan Kulyumbetovna,
Ph.D. of Chemical Sciences, Associate Professor
Al-Farabi Kazakh National University

АКРИЛ МОНОМЕРЛЕРІ НЕГІЗІНДЕГІ ГИДРОГЕЛЬДЕРДІ СУДЫ ТАЗАРТУ ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНДА ҚОЛДАНУ ӘДІСТЕРІН ҚҰРУ

Нурғалиев Айдос
2-курс магистранты
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті
Рахметуллаева Райхан Кулымбетовна,
химия ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор
Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университеті

Abstract

This review provides a comprehensive analysis of the development, structural characteristics, and practical applications of hydrogels synthesized from acrylic monomers for use in modern water purification technologies. Acrylic-based hydrogels, particularly those derived from acrylic acid, acrylamide, and their functional derivatives, possess highly tunable physicochemical properties, including pH-responsiveness, temperature sensitivity, and the ability to form stable three-dimensional polymer networks capable of retaining large amounts of water. These properties enable hydrogels to effectively capture and immobilize a wide range of contaminants from aqueous environments.

The review discusses in detail the mechanisms underlying the adsorption of heavy metal ions, organic dyes, and pharmaceutical pollutants. The role of carboxyl, amide, and hydroxyl functional groups in chelation, ion exchange, hydrogen bonding, and electrostatic interactions is highlighted. Special emphasis is placed on recent advances in hydrogel modification, including the development of magnetic hydrogels, nanocomposite structures, and stimuli-responsive materials that change their swelling behavior under external stimuli. Such modifications significantly enhance sorption capacity, selectivity, regeneration efficiency, and mechanical stability.

The analysis demonstrates that acrylic-based hydrogels represent a promising class of environmentally friendly and cost-effective sorbents suitable for both small-scale and industrial water treatment systems. Their versatility, recyclability, and compatibility with hybrid technologies such as membrane filtration and magnetic separation make them valuable materials for future water purification strategies and sustainable resource recovery.

Аннотация

Бұл ғылыми шолуда акрил мономерлері негізінде алынатын гидрогельдердің құрылымы, қасиеттері және оларды заманауи су тазарту технологияларында қолдану мүмкіндіктері жан-жақты қарастырылды. Акрил қышқылы, акриламид және олардың функционалдық туындыларынан синтезделген гидрогельдер pH пен температура өзгерісіне сезімтал, жоғары гидрофильді және үшөлшемді полимерлі торлар түзе алатын материалдар ретінде сипатталады. Осындай құрылымдық ерекшеліктер гидрогельдерге суда әртүрлі ластағыштарды тиімді адсорбциялау қабілетін береді.

Жұмыста ауыр металдарды, органикалық боягыштарды және фармацевтикалық қалдықтарды жою механизмдері терең талданды. Карбоксил және амид топтарының ион алмасу, хелат түзу, сутектік байланыстар және электростатикалық әрекеттесулерге қатысуы гидрогельдердің жоғары селективтілігіне себеп болатыны атап өтілді. Сонымен қатар магниттік бөлшектермен, наноматериалдармен және stimuli-responsive элементтерімен модификацияланған гидрогельдердің артықшылықтары көрсетілді. Мұндай модификациялар

сорбциялық сыйымдылықты арттырып қана қоймай, материалдың механикалық тұрақтылығын, регенерация мүмкіндігін және көп рет қолдануға жарамдылығын жақсартады.

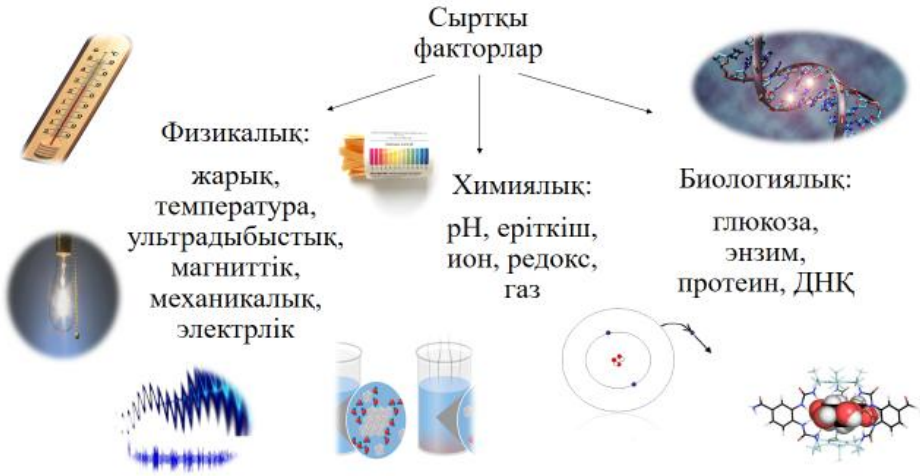
Жалпы алғанда, акрил негізіндегі гидрогельдер су ресурстарын қорғау мен экологиялық инженерия саласында тиімді, экологиялық қауіпсіз және арзан материал ретінде жоғары әлеуетке ие. Олар ағынды суларды кешенді тазарту, көпсатылы фильтрация жүйелері, мембраналық технологиялар және ресурстарды қалпына келтіру процестерінде кеңінен қолданылуы мүмкін.

Кіріспе

Акрилат мономерлері негізіндегі стимулсезімтал гидрогельдер. *Стимулсезімтал немесе ақылды полимерлер - бұл температура, pH, иондық күш, механикалық шектеулер, еріткіштің құрамы, электр өрісі немесе жарық (УК-әсері) сияқты сыртқы орта параметрлеріне жауап ретінде құрылымын және қасиеттерін қайтымды өзгертетін полимерлік материалдар. Барлық факторлар әсерінен болатын өзгерістер гельдің сығылуымен немесе ісінуімен сипатталады және толығымен қайтымды қасиет көрсетеді [1]. Қоршаған орта өзгерістеріне сезімтал ақылды полимерлерді қолдану иммуноанализ, биомедициналық имплантанттар, белокты-полимерлі конъюганттар және еріткіштегі молекулярлық-дисперсті тізбектер, тігілген гидрогельдер, мицеллалар, бетінде дәнекерленген немесе адсорбцияланған физикалық нысандарға негізделген дәрілік заттарды жеткізу жүйелері сияқты бірқатар облыстарды қамтиды. Осыған байланысты соңғы 50 жыл ішінде жаңа гидрофильді, суда ісінетін және жиырылатын стимулсезімтал полимерлерді зерттеуге үлкен назар аударылды [2-5].*

Сыртқы әсер етуші фактор әдетте үш түрге жіктеледі: физикалық, химиялық немесе биологиялық (1-сурет). Физикалық факторлар әдетте тізбектің динамикасын өзгертеді (жарық, температура, ультрадыбыстық, магниттік, механикалық, электрлік), ал химиялық фактор полимер-еріткіш жүйесінің энергия деңгейін, молекулалық өзара әрекеттесуді модульдеу және еріткіш молекулалары немесе полимер тізбектері арасында болады (еріткіш, иондық күш, электрохимиялық, pH) [6].

Биологиялық фактор соңғы және өзекті түрі болып табылады. Мұндағы молекулалардың қызметі: ферментативті реакциялар, рецепторлардың молекулаларды тануы [6].



1-сурет. Стимулсезімтал полимерлерге әсер етуші факторлардың түрлері

Тұзды суды полимерлі гидрогельдер арқылы тазалау. *Тұщы су көздері ежелгі дәуірден бері өркениеттің негізі [7]. Адам өмірін ауа секілді сусыз да елестету мүмкін емес. Қай саланы да алып қарасақ сусыз жұмыс алға баспайды. Жер бетіндегі әр түрлі мақсаттарға пайдаланылатын тұщы судың қоры қаншама мол болғанымен, жалпы есеппен алғанда, ішуге жарамды су табиғатта аз. Әлі де су қоймаларының көп бөлігі тікелей пайдалануға жарамсыз. Өзен, көл және жер асты суларын қоса алғанда, тұщы судың дәстүрлі ресурстары әлемдік судың тек 0,65% құрайды. Оның үстіне, тұщы су ресурстарының таралуы халықтың санына және әлемнің әр түрлі бөліктеріндегі суды пайдалануға пропорционалды емес [8]. Әлемдегі су ресурсын адамзат баласы қалай пайдаланса да аздық етпейді, бұл жердегі проблема – ағзаға зиянын тигізбейтін таза суда, ішетін ауыз суда болып тұр. Мәселе – тұщы судың мол қорында емес, оның химиялық құрамы қандай элементтерден тұратындығында. Дүние жүзінің көптеген елдерінде тұщы су тапшы. Адамдардың өмір сүруіне ең қажетті табиғи зат болғандықтан, онымен қамтамасыз*

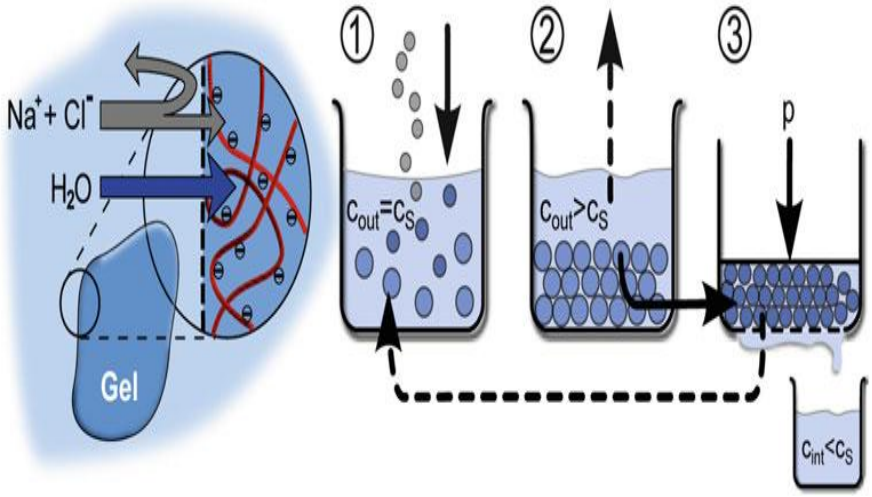
ету жолдарын іздестіруде. Дуние жүзінде ең бірінші Қазақстанда Каспий теңізінен алынған ащы теңіз суын тазартатын қондырғы Ақтау қаласында салынған.

Судың тұздылығы дегеніміз - бір литр суда еріген әр түрлі заттардың граммен алынған мөлшері. Дуниежүзі мұхит суының орташа тұздылығы- 35 промилле. Дуние жүзіндегі ең тұзды теңіз - Қызыл теңіз 41 промилле. Өлі теңіздің тұздылығы - 270 промилле, жерге тиер алдында жаңбыр суы әдетте 20 промилле немесе одан аз. Тұзсыздандыру процесі су құрамындағы барлық еріген қатты заттардың мөлшерін рұқсат етілген деңгейге дейін жеткізеді. Тұщыландыруға арналған сулар негізінен теңіз суынан (67%), одан кейін көлдерден (19%), өзен суларынан (8%) және сарқынды сулардан (6%) пайдаланылады [9-10].

Тұзсыздандырудың қазіргі технологиялары жетілген және дамыған болғанымен, тұщы судың тапшылығы әлі де жаһандық мәселелердің бірі болып саналады. Сондықтан энергияны аз тұтынумен жаңа ықтимал әдістерді зерттеудің үлкен маңызы бар. Судың жалпы әлемдік сұранысы бүкіләлемдік пәнаралық міндет болады деп болжануда. Бұл қажеттілік бірінші кезекте суды көп тұтынуға әкелетін тұрғындар мен салалардың тез өсуіне байланысты. Қазіргі уақытта суды тазарту және тұзсыздандырудың озық технологиялары пайдаланылуда. Кері осмос сияқты технологиялардың көпшілігі және қалпына келтірілмейтін дәстүрлі қазба отындарына тәуелді, олар әлемдік халық санының өсуімен тез төмендейді. Сондықтан балама технологияны іздеу экономикалық тұрғыдан маңызды болып табылады.

Соңғы жылдары суды тазалауға ерекше қасиетке ие «ақылды полимер» болып табылатын стимулсезімтал гидрогельдердің қолданысы қарастырылып келеді. Материалдардың бұл типтері олардың құрылымы мен гидрофильді табиғатына байланысты ғана емес, сонымен қатар олардың температура, pH, иондық күш, спецификалық иондар немесе молекулалар, электр өрісі, магнит өрісі және жарық сияқты сыртқы факторларға әрекет ету қабілетіне байланысты көптеген қызықты және тиімді қолдануларды ұсынады [11-15]. Осы себепті олар «ақылды полимерлер» ретінде белгілі. Молекулалық деңгейде суда гидрогельді жүйелердің ісінуі гидрофильді химиялық фрагменттердің болуының нәтижесі болып табылады. Атап айтқанда, полимердің негізіне немесе бүйір тізбектеріне бекітілген карбон топтары (-COOH) гидрогельге бірінші кезекте карбоксилатты топтардың зарядымен туындаған ісіну қысымының көп болуына байланысты судың көп мөлшерін сіңіріп алуға мүмкіндік береді (өз салмағынан 10^3 есе дейін). Гидрогельдердің термодинамикалық ісінуі осмостық процесс болып табылады, онда су жоғары химиялық потенциал аймағынан төмен аймаққа көшіріледі [16]. Осмостық қысым тікелей осмосты тұщыландыру сияқты көптеген қолдануларға арналған қозғаушы күш болып табылады, онда селективті өткізілетін мембрана суды өткізуге мүмкіндік береді, бірақ мембрана арқылы ерітілген заттың концентрациясының айырмашылығына қарамастан, ерітілген молекулаларды немесе иондарды қабылдамайды [17]. Тұзды суға енгізілген полиэлектролитті гидрогельдер еркін энергияның жалпы өзгеруі минимумға жеткенше, яғни екі фазаның арасындағы тепе-теңдік (гельдің ішінде және сыртында) орнамайынша тұзды суды жұтатын болады.

Тұщы су алуда бірнеше технологиялар қолданылады. Теңіз суын тұзсыздандыруға арналған үдеріс жоғарыда айтылған механизм бойынша гидрогельдерді қолдану арқылы жүреді. Үш сатыдан тұратын үдеріс 2-суретте көрсетілген. Алдымен құрғақ полимерлі гидрогель бөлшектері жоғары (c_0) концентрациялы тұз ерітіндісіне қосылады (1-саты). Гидрогель мүмкін болатын максималды ісіну дәрежесіне жеткенде, оның бетіндегі ерітінді (фаза) алынып тасталады (2-саты). Бұл фазада иондық құрам концентрациясы жоғары болады. Полимер құрамындағы ерітіндіні бөлу мақсатында сыртқы гидростатикалық қысым әсеріне ұшырайды (3-саты). Соңында алынған су құрамындағы тұздың концентрациясы бастапқыда қолданылған су концентрациясына қарағанда әлдеқайда төмен болады ($c < c_0$).



2-сурет. Гидрогельдерді қолдануға негізделген үш сатылы суды тұзсыздандыру үдерісінің сұлбасы

Иондардан суды тазартудың көптеген жолдары бар, олардың ең көп таралған: термиялық, мембраналық және иондық алмасу. Термиялық әдіс -дистилляция болып табылады, ол суды бу фазасына ауыстырудан тұрады және оны конденсациялайды. Суда ерітілген заттардың молекулалары бу пайда болған кезде су молекулаларымен бірге өтеді. Бұл әдістің артықшылығы қатты тұздар түріндегі реагенттер мен қалдықтардың аз мөлшері болып табылады [18]. Кемшіліктері - процестің баяулығы, су мен энергияның көп мөлшерде шығыны, ластаушы заттар конденсатқа тасымалдануы мүмкін. Көбінесе суды тұщыландыру ион алмасу әдісімен жүргізіледі. Терең тұщыланған кезде ерітіндіден барлық макро және микроэлементтер (тұздар мен қоспалар) шығарылады. Әрбір макроэлементке (катион және анионға) арналған ерітіндіні тазалау дәрежесі олардың осы ион алмастырғышқа ұқсас болу дәрежесіне, яғни іріктелген қатарда орналасуына байланысты [19].

Процесс кезең-кезеңмен өтеді, әрбір сатыда су алдымен Н формадағы катион алмасу шайырына, содан кейін ОН формадағы анион алмасу шайырына біртіндеп тазартылады. Тазартылған судың pH-ы бейтарап және тұздылығы бастапқы суға қарағанда шамамен 5-10 есе төмен болады. Әдістің артықшылығы жоғары дәрежеде тазалау, қарапайымдылық және қатты ластанған ағынды суларды тазарту мүмкіндігі болып табылады. Кемшіліктері - пайдаланылған реагенттерді кәдеге жарату, реагенттерді регенерациялауына байланысты тұрақты шығындар [20].

Тағы бір өте тиімді әдіс - мембраналық. Суды тұщыландыру дәрежесі мембраналардың селективтілігімен анықталады. Суды мембраналық әдіспен тұзсыздандыру кезінде бөлудің екі тәсілі қарастырылады: нанофильтрация және гиперфильтрация (кері осмос). Нанофильтрация кезінде суды ішінара тұщыландыруға, яғни суды жұмсартуға (қатты тұздарын, натрий мен калий, хлор) қол жеткізіледі. Толық тұщыландыру кері осмос арқылы (гиперфильтрация) қамтамасыз етеді. Бұл ретте тұщыландырудың тиімділігі барлық компоненттер (катиондар мен аниондар) үшін қамтамасыз етіледі [21]. Артықшылықтары - суды терең тазарту, өздігінен тазаланатын мембраналар. Кемшіліктері концентрациялық қасиетін поляризация (төмендету, өткізу қабілеті), жоғары құны мен күрделілігі, қондырғылар, жоғары электр энергиясын тұтыну [21].

Қазіргі уақытта суды екі әдіспен (мембраналық және иондық) тазартудың бірлескен жұмыс технологиялары әзірленуде. Бастапқы су мембраналық әдіспен тазалауға жіберіледі, онда зиянды және улы қосылыстардың көп бөлігі мембраналармен ұсталынады, содан кейін ион алмасу шайыры тиелген сүзгілерге тазартуға жіберіледі.

Тазалаудың мұндай схемасы суды ластаушы катиондар мен аниондардан негұрлым толық тазалауға, энергия шығындарын азайтуға мүмкіндік береді, өйткені мембранаға түсетін жүктеме белгіленген нормалардан аспайды және ион алмастырғыштарды регенерациялау үшін реагенттер аз пайдаланылады, өйткені шайыр алдында су оларға зиянды қосылыстардан әлсіз тазартылады.

Жалпы судың электр өткізгіштігі - бұл электролит ерітіндісіне ұқсас сандық түрде көрсетілген электр тогын өткізу қабілеті. Электролит ерітінділері белгілі бір кедергімен

сипатталады, оның шамасы электродтар арасындағы қашықтыққа тура пропорционал және ерітіндіге түсірілген S электродтар ауданына кері пропорционал болады:

$$R=\rho (L/S) \quad (1.1)$$

Өлшем бірлігі - Ом.

$$W = 1/R \quad (1.2)$$

Электр өткізгіштігі (ЭК) кедергінің кері шамасы болып табылады, ол Сименс (см) немесе микросименспен (μS) өлшенеді. Меншікті электр өткізгіштік - бір-бірінен 1 см қашықтықта орналасқан, ауданы 1 электродтар арасында өлшенген ерітіндінің өткізгіштігі. Бұл типті өлшеу бірлігі - См/см немесе $Ом^{-1}·см^{-1}$. Иондардың қозғалыс жылдамдығы температураға тікелей тәуелді. Көптеген аспаптарда электр тізбегін реттеу элементі ретінде температура датчигі пайдаланылады және электр өткізгіштігінің мәні автоматты түрде 25°C кезінде баламалы мәнге дейін жеткізіледі. Кондуктометрдің жұмыс істеу принципі су өткізгіштігінің тікелей тәуелділігіне (аспаптың электродтары жасайтын тұрақты электр өрісіндегі ток күші) суда ерітілген қосылыстар санына негізделген. Тиісті жабдықтардың кең спектрі енді кез-келген судың аса ауыр (өте төмен өткізгіштігі) химиялық қосылыстармен қанықканға дейін (жоғары өткізгіштігі) өткізгіштігін өлшеуге мүмкіндік береді.

Электрөткізгіштікке суда болатын минералдардың құрамы және олардың арасындағы арақатынасы ерекше әсер етеді. Судың минералды бөлігі негізінен натрий иондарынан (Na^+), калий (K^+), кальций (Ca^{2+}), хлор (Cl^-), сульфаттан (SO_4^{2-}), бикарбонаттан (HCO_3^-). тұрады. Бұл иондар табиғи сулардың электр өткізгіштігін анықтайды. Басқа иондардың болуы, мысалы, темір (Fe^{3+} and Fe^{2+}), марганец (Mn^{2+}), алюминий (Al^{3+}), нитрат (NO_3^-), $H_3PO_4^-$, $H_2PO_4^-$, және т. б. бұл электрөткізгіштікке қатты әсер етпейді (егер бұл иондар суда көп мөлшерде болмайтын болса, өндірістік немесе тұрмыстық ағынды суларда болуы мүмкін).

Өлшеу қателіктері әртүрлі тұздар ерітінділерінің біртекті емес электр өткізгіштігінен, сондай-ақ температураның жоғарылауымен электр өткізгіштігінің артуынан пайда болады. Бірақ техниканың қазіргі жағдайы алдын ала есептелген тәуелділіктердің және жадқа жазылған құрылғылардың арқасында осы қателерді азайтуға мүмкіндік береді.

Судың электр өткізгіштігі стандартталмаған. Кондуктометрлердің көмегімен жекелеген иондардың су сынамасын өткізгіштікке салымы анықталған жоқ. Судың меншікті электр өткізгіштігі қоспалардың жалпы санының шамасын сипаттайды.

NaCl сияқты судың электр өткізгіштігі μS/см x 0,5 = ЖТ (жалпы тұздылық) мг/л немесе мкС/см x 0,75 = ЖТ (жалпы тұздылық) мг/л-ге тең болады. Өткізгіштіктің жоғарылауы судағы қоспалардың көбеюін көрсетеді. Төменде әр түрлі сулар мен сулы ерітінділердің электр өткізгіштігінің ықтимал мәндерінің диапазоны берілген: меншікті диссоциация нәтижесінде өте таза судың температурасы 25°C-та нақты электр өткізгіштігі - 5,48×10 S/см немесе 0,0548 μS/см.

Әр түрлі су көздерінің электр өткізгіштік көрсеткіштері

Деминерализацияланған су	0,1 - 10 μS/см
Ауыз су	100 - 1300 μS/см
Жер үсті сулары	100 - 8000 μS/см
Ағынды су	1000 - 8000 μS/см
Батпақты және теңіз суы	1000 - 80 000 μS/см
Концентрлі қышқылдар	80 000 - 2 миллион μS/см

Кондуктометрлер судың меншікті электр өткізгіштігін тікелей өлшеу және суды минералдау мәндерінің меншікті электр өткізгіштігінің өлшенген мәндерінің негізінде бағалау үшін, 1 μS/см = 2,19 ppm деп пайдаланылады.

Тұзды су үшін зерттеу нәтижелері S/м, ал тұщы су үшін - μS/м, яғни микросиментпен өлшенеді. Су ерітінділерінің электрөткізгіштігін өлшеу тазартылған су үшін 2-ден 5 μS/м дейін, жауын-шашын үшін 6-дан 30 μS/м -ға дейін және одан да көп , ал ауа ортасы қатты ластанған аудандарда тұщы өзен және көл сулары үшін 20-80 μS/м шегінде ауытқуы мүмкін.

ӘКК-ні шамамен бағалау үшін ӘКК-нің судағы тұздарға (минералдануға) тәуелділігінің эмпирикалық белгілі бір арақатынасын пайдалануға болады.):

$$Сек (МКС/см) = тұз құрамы (мг/л) / 0,65 \quad (1.3)$$

яғни, сек (ХС/см) анықтау үшін тұз құрамының көрсеткіші (судың тұздылығы) (мг/л) 0,65 түзету коэффициентіне бөлінеді. Бұл коэффициенттің шамасы 0,55–0,75 диапазонындағы су түріне байланысты өзгереді. Натрий хлоридінің ерітінділері ток жақсы жүргізеді: NaCl (мг/л)=0,53 МКС/см немесе 1 мг/л NaCl электр өткізгіштігін 1,9 МКС/см қамтамасыз етеді.

ГОСТ-670972 сәйкес дистилденген судың шамасы 20^0С кезінде көрінеді. Осылайша, құрлықтың жер үсті суларының электр өткізгіштігі негізінен олардың тұздылығына байланысты және әдетте 50-ден 10 000 μS/см -ге дейін ауытқиды.

Электр өткізгіштігі бойынша минералдық тұздардың құрамын бағалаудың дұрыстығына әртүрлі тұздардың электр өткізгіштігінің температурасы мен әркелкілігі айтарлықтай дәрежеде әсер етеді. Минералдандырудың нормаланған мәндері шамамен хлоридті (NaCl-ге қайта есептегенде) және карбонатты (CaCO3-ге қайта есептегенде) минералдану жағдайында 2 mS/см (1000 мг/дм^3 және 3 mS/см (1500 мг/дм^3) меншікті өткізгіштікке сәйкес келеді.

Табиғатта оттегінің алты изотобы бар. Олардың үшеуі радиоактивті. Тұрақты изотоптар - O_{16}, O_{17} және O_{18}. O_{16} изотобы булану кезінде негізінен су буына өтеді, ал ерімеген су O_{17} және O_{18} изотоптарымен байытылады. Теңіздер мен мұхиттардың суларында O_{18}-га O_{16} қатынасы өзен суларына қарағанда көп. Жануарлардың қабығында оттегінің ауыр изотоптары суға қарағанда жиі кездеседі. Атмосфералық ауадағы O_{18} изотопының құрамы температураға байланысты. Ауа температурасы жоғары болған сайын, соғұрлым су буланып, O_{18} көп мөлшерде атмосфераға түседі. Планетаның мұздану кезеңінде атмосферадағы O_{18} изотопының құрамы аз болды.

Судың 36 түрін алуға болады. Табиғатта ең көп кездесетін изотоптардан жасалған су молекулалары жиі кездеседі. Табиғи су құрамындағы H_2O 16 молекуласының мөлшері 99,73%, H_2O 18 молекуласы - 0,2%, ал H_2O 17 молекуласы - 0,04% құрайды.

Су мен мұздың физикалық қасиеттерін біле отырып, адамдар оларды практикалық қызметінде бұрыннан қолданып келеді. Мысалы, кейде мұз үстіне жалаңаш электр сымдарын салу қолданылады, өйткені құрғақ мұз бен қардың электр өткізгіштігі судың электр өткізгіштігінен бірнеше есе аз. Әр түрлі қоспалар судың электр өткізгіштігіне жақсы әсер етеді және мұздың электр өткізгіштігін өзгертпейді. Химиялық таза судың электр өткізгіштігі су молекуласының H^+ және OH^- иондарына ішінара ыдырауына байланысты. Судың да, мұздың да электр өткізгіштігі үшін H^+ иондарының қозғалысы маңызды болып табылады («протон секіреді»).

18°С температурада химиялық таза судың электр өткізгіштігі $3,8\text{-}10^{-8}$ Ом$^{-1}$ см$^{-1}$, теңіз суының электр өткізгіштігі шамамен $5\text{-}10^{-2}$ Ом$^{-1}$см$^{-1}$ құрайды. Таза табиғи судың электр өткізгіштігі теңіз суына қарағанда 1000 есе аз болуы мүмкін. Бұл өзен суларына қарағанда теңіздер мен мұхиттардың суында көбірек тұз ериді.

Судың өткізгіштігі - ондағы тұз деңгейінің көрсеткіші. Судағы ионның төмен мөлшері төмен өткізгіштікті білдіреді, мысалы теңіз суы жоғары өткізгіштікке ие. Судың өткізгіштігі әдетте μS/см (микросименс/см) өлшенеді. Тоғандағы таза су мен судың қалыпты өткізгіштігі 300-ден 1200 μS/см-ге дейін. Өткізгіштік осы деңгейден төмен болған кезде, иондардың жетіспеуі байқалады, бұл өз кезегінде сыртқы факторларға төмен қарсылыққа алып келеді, оны pH деңгейінің тұрақты ауытқуларымен көрсетуге болады. Өткізгіштігі 1200 μS/см -ден асатын су енді тұщы деп аталмайды.

1-кесте. Судың pH көрсеткіштері

Су түрлері	*pH*
Күшті қышқылды су	*<3*
Қышқылды су	*3–5*
Әлсіз қышқылды су	*5–6,5*
Бейтарап су	*6,5–7,5*
Әлсіз сілтілі су	*7,5–8,5*
Сілтілі су	*8,5–9,5*
Күшті сілтілі су	*>9,5*

Дистилденген судың көмегімен бақыланатын негізгі көрсеткіш электрөткізгіштігі болып табылады, ол 5 μS/см аспауы тиіс. Және ол 2-кестеде көрсетілген

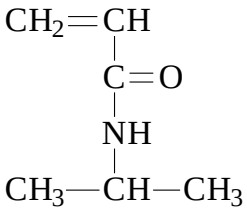
2-кесте. ГОСТ 6709-72 бойынша тазартылған судың физика-химиялық сипаттамасы.

№	Индикатордың атауы	Орташа мәні
1.	Булаудан кейінгі қалдық массалық концентрациясы	5-тен төмен
2.	Аммиак пен аммиакты тұздардың массалық концентрациясы (NH4), мг/дм3	0,02-ден төмен
3.	Нитраттардың массалық концентрациясы (NO3), мг/дм3	0,2-ден төмен
4.	Сульфаттардың массалық шоғырлануы (SO4), мг/дм3	0,5-ден төмен
5.	Хлоридтердің массалық концентрациясы (Cl), мг/дм3	0,02-ден төмен
6.	Алюминий массалық концентрациясы (Al), мг/дм3	0,05-тен төмен
7.	Темірдің массалық концентрациясы (Fe), мг/дм3	0.05-тен төмен
8.	Кальций массалық концентрациясы (Ca), мг/дм3	0,8-ден төмен
9.	Мыстың массалық концентрациясы (Cu), мг/дм3	0,02-ден төмен
10.	Қорғасын массалық концентрациясы (Pb), %	0,05-тен төмен
11.	Мырыштың массалық концентрациясы (Zn), мг/дм3	0,2-ден төмен
12.	KMnO4 (O) қалпына келтіретін заттардың массалық концентрациясы, мг/дм3	0,08-ден төмен
13.	Судың pH-ы	5,4–6,6
14.	20°C кезіндегі электр өткізгіштігі, S/м	$5 \cdot 10^{-4}$-ден төмен

ТӘЖІРИБЕЛІК БӨЛІМ.

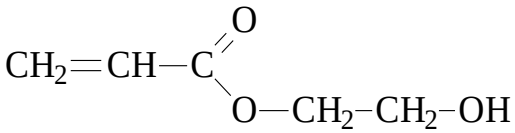
Бастапқы заттар мен еріткіштердің сипаттамасы.

N-изопропилакриламид (НИПААм) («Kohjin», Жапония фирмасы) өнімі құрамындағы тежегіштен, оны 40°С-та гександа қайта кристалдау арқылы тазаланып, алынған өнім бірнеше күн ауада, сосын вакуумде кептірілді. $T_{балқ.}$=335-338 К, $T_{қай.}$=362 К.



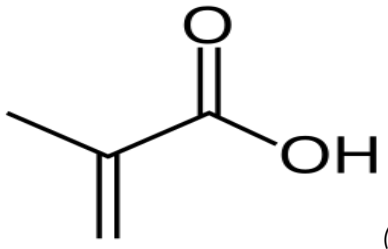
(2.1)

2-гидроксиэтилакрилат (ГЭА) («AldriCh», АҚШ). Негізгі өнімі 96 %-дан тұратын екі ретті вакуумдық айдаумен тазартылған ($T_{қай.}$ = 91°С/12 мм. сынап бағанасынан, $n_д^{20}$ =1,4500).



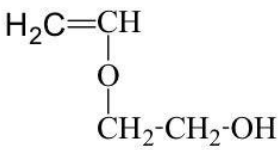
(2.2)

Метакрил қышқылы (МАҚ). Негізгі өнімі 99%-дан тұрады, тазалағыш қондырғыда алдын ала Al_2O_3 (алюминий оксиді) арқылы тазаланып қолданылды. ($T_{қайн.}$= 162-163 °С, 60°С/12 мм. сынап бағанасынан, $n_д^{20}$ = 1,4314).



(2.3)

Этиленгликольдің винил эфирі (ЭГВЭ), құрамында негізгі заттың құраушысы 99.5% 7-8 тәулік көлемінде жаңа қыздырылған поташпен кептірілді және вакуумда үш рет айдалды. (Тқайн = 333К/4кПа, n_D^{20} = 1,4357 (тәжірибелік көрсеткіштер); $T_{қайн.}$= 412К/96кПа, n_D^{20} = 1,4360 (анықтамалық көрсеткіштер)).



(2.4)

Аммоний персульфаты (99,9 % «Аррунепих», қышқыл қосымша тазалаусыз қолданылды. $T_{б.}$ = 120°С.

N,N'-метиленбисакриламид (БАА) (99%, «Sigma-Aldrich Co», АҚШ) натрий және калийдің хлорид түріндегі бейорганикалық тұздары, қосымша тазалаусыз қолданылды.

Азо-бис-изомай қышқылының динитрилі (дақ) «ч» маркалы, aldrich фирмасының (сша) таза күйінде қолданылды. ($т_{балқу}$= 372 к (тәжірибелік мәлімет); $т_{балқу}$= 374 к (әдеби мәлімет)).

Натрий хлориді NaCl («Sigma-Aldrich Co», АҚШ) қосымша тазалаусыз қолданылды.

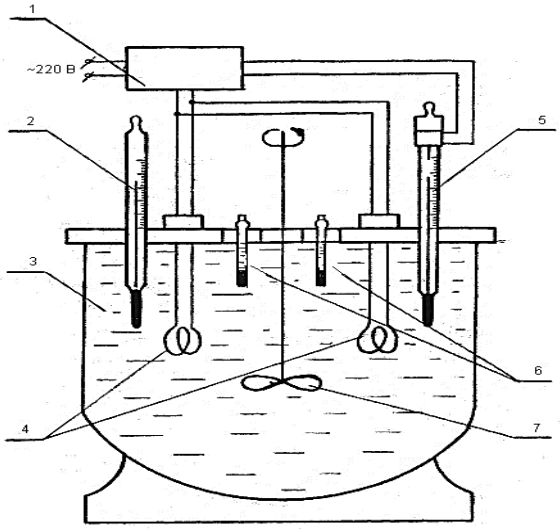
Тігілген сополимерлер синтезі.

Акрилат мономерлері негізіндегі полимерлерді алуда N-изопропилакриламид негізіндегі үштік жүйелі акрилаттар: N-изопропилакриламид, 2-гидроксиэтилакрилат және метакрил қышқылы (НИПААм-ГЭА-МАҚ) негізіндегі сополимерлердің бастапқы мономерлік құрамы әр түрлі қатынаста ($М_1$=45:45:10 мол.%, $М_2$=40:40:20 мол.%, $М_3$=35:35:30 мол.%) заттық инициирлеу жолымен радикалды полимерлену арқылы алынды. Сополимерлерге инициатор ретінде аммоний персульфаты, ал тігуші агент ретінде N,N'-метиленбисакриламид қолданылды. N-изопропилакриламид, инициатор және тігуші агент дистилденген суда толықтай ерітіліп, қоспаға мономерлер қосылды.

Синтез сулы ерітіндіде молибден шынысынан жасалған ампулада 60°С температурада 1-2 минут аралығында жүргізілді, 30 секундтан кейін ерітіндінің лайлануы байқалды. Ампуладағы реакциялық қоспаны оттегіден арылту мақсатында аргон газымен 10-15 минут аралығында үрленді. Алынған термосезімтал гельдер 15 тәулік ішінде мономерлерден тазару үшін дистилденген сумен шайылып отырды. Тазарған гельдер ұсақ бөліктерге кесіліп, бөлме температурасында тұрақты салмаққа ие болғанша кептірілді.

НИПААм-ЭГВЭ негізіндегі сополимерлердің бастапқы мономерлік құрамы әр түрлі қатынаста ($М_1$=70:30 мол.%, $М_2$=80:20 мол.%) радикалды сополимерлеу әдісімен алынды. Сополимерлерге инициатор ретінде азо-бис-изомай қышқылының динитрилі (ДАҚ), ал тігуші агент ретінде N,N'-метиленбисакриламид қолданылды. N-изопропилакриламид, инициатор және тігуші агент дистилденген суда толықтай ерітіліп, қоспаға мономерлер қосылды.

Синтез сулы ерітіндіде молибден шынысынан жасалған ампулада 60°С температурада 25-30 минут аралығында жүргізілді, 5 минуттан кейін ерітіндінің лайлануы байқалды. Ампуладағы реакциялық қоспаны оттегіден арылту мақсатында аргон газымен 10-15 минут аралығында үрленді. Алынған термосезімтал гельдер 15 тәулік ішінде мономерлерден тазару үшін дистилденген сумен шайылып отырды. Тазарған гельдер ұсақ бөліктерге кесіліп, бөлме температурасында тұрақты салмаққа ие болғанша кептірілді. Гельді синтездеуге арналған термостаттың сызбасы 3-суретте келтірілген.



1 – температура реттегіш; 2 – бақылау термометрі; 3 – дистилденген суы бар термостат; 4 – электрлік қыздырғыштар; 5 – контактілі термометр; 6 – ампулалар; 7 – механикалық араластырғыш.

3-сурет. Полимерлік гельдерді синтездеуге арналған араластырғышы бар сулы термостат

Зерттеулердің физика-химиялық әдістері.

Гельдердің ісіну дәрежесі мына формула бойынша (2.5) анықталынды:

$$\alpha = \frac{m - m_0}{m_0} \qquad (2.5)$$

мұндағы α – гельдің төпе-тең ісіну дәрежесі; m – төпе-тең ісінген гельдің массасы; m_0 – құрғақ гельдің массасы.

Массаны анықтау үшін «ISO 9001» (Sartorius, Германия) аналитикалық таразы қолданылды. Ісіну дәрежелері бірнеше рет анықталып, есептеуге орташа шамасы қолданылды.

Гель-фракцияның шығымы келесі формула бойынша (2.6) есептелді:

$$G\% = m_0/m_c \times 100\% \qquad (2.6)$$

мұндағы: m_0– құрғақ үлгінің массасы, г; m_c – синтезделген үлгінің массасы, г.

Сканерлейтін электрондық микроскопия (СЭМ) - бұл «электронды кескінді» беретін электронды микроскоптың көмегімен қатты микрообъекттің беттік құрылымын талдау әдісі. СЭМ ("Carl-Ziess SMT", Германия) үлгі бетінің қасиеттерін зерттеуге ғана емес, сонымен қатар визуализациялауға, бірнеше микронға дейін тереңдетілген бет астындағы құрылымдардың қасиеттері туралы ақпарат алуға мүмкіндік береді.

Цилиндр тәрізді бір осьтік гидрогель үлгілерінің серпімділік модулін (G) анықтау үшін "2167 P50" (Ресей) типті сығу машинасы қолданылды. G орташа мәндерін алу үшін кемінде 4 үлгі сыналды.

Гель құрылымының негізгі параметрлері - Mc (бір-бірімен байланысатын топтар арасындағы орташа қашықтық), n_c (бірлік көлеміне активті орталықтардың концентрациясы) серпімділік модулі арқылы анықталған мәліметтерден және жоғары серпімділік теориясынан алынды .

$M_{c\ (теор)}$ мына теңдеу арқылы анықталды:

$$M_{c\ (теор)} = [мономер]\cdot[M]/2[CA] \qquad (2.7)$$

Мұндағы: [мономер] - бастапқы мономерлік қоспадағы мономердің концентрациясы; [M] - мономердің молекулалық массасы; [TA] - тігуші агенттің концентрациясы; Me (тәж) бір осьтік сығу кезінде серпімділік модулі бойынша мынадай формула бойынша есептелді:

$$M_{c\ (тәж)} = RTr\,(V_{2.s})^{1/3}(V_u/V_g)^{2/3}/G, \qquad (2.8)$$

мұнда: r - құрғақ полимердің тығыздығы; V_u - құрғақ өзгермеген тор көлемі; V_g - қалыптастыру кезіндегі тор көлемі; $V_{2.s}$ -төпе-тең ісінуден кейінгі полимердің көлемді үлесі.

НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ОЛАРДЫ ТАЛҚЫЛАУ.

Акрилат мономерлері негізіндегі жаңа полимерлі композициялық материалдарды синтездеу және олардың физика–химиялық қасиеттерін зерттеу.

Зерттеу жұмысында акрилат мономерлері негізіндегі полимерлерді алуда N-изопропилакриламид негізіндегі үштік акрилатты жүйе, яғни N-изопропилакриламид, 2-гидроксиэтилакрилат және метакрил қышқылын (НИПААм-ГЭА-МАҚ) құрайтын сополимерлер әр түрлі мономерлік қатынаста (45-45-10 мол.%, 40-40-20 мол.%, 35-35-30 мол.%), яғни МАҚ мөлшері 10%, 20%, 30% бұрын соңды алынған [22] авторларының қолданылған әдістемесі арқылы алынды. Тігуші агент (ТА) ретінде N,N'-метиленбисакриламид (БАА) қолданылды. 3-кестеде бастапқы мономерлік қоспадағы (БМҚ) МАҚ-тың мөлшерінің гель-фракция шығымына және полимерлік гельдердің бірқалыпты суда және NaCl-дың сулы ерітіндісінің әр түрлі концентрациясындағы ісінуіне әсері келтірілген.

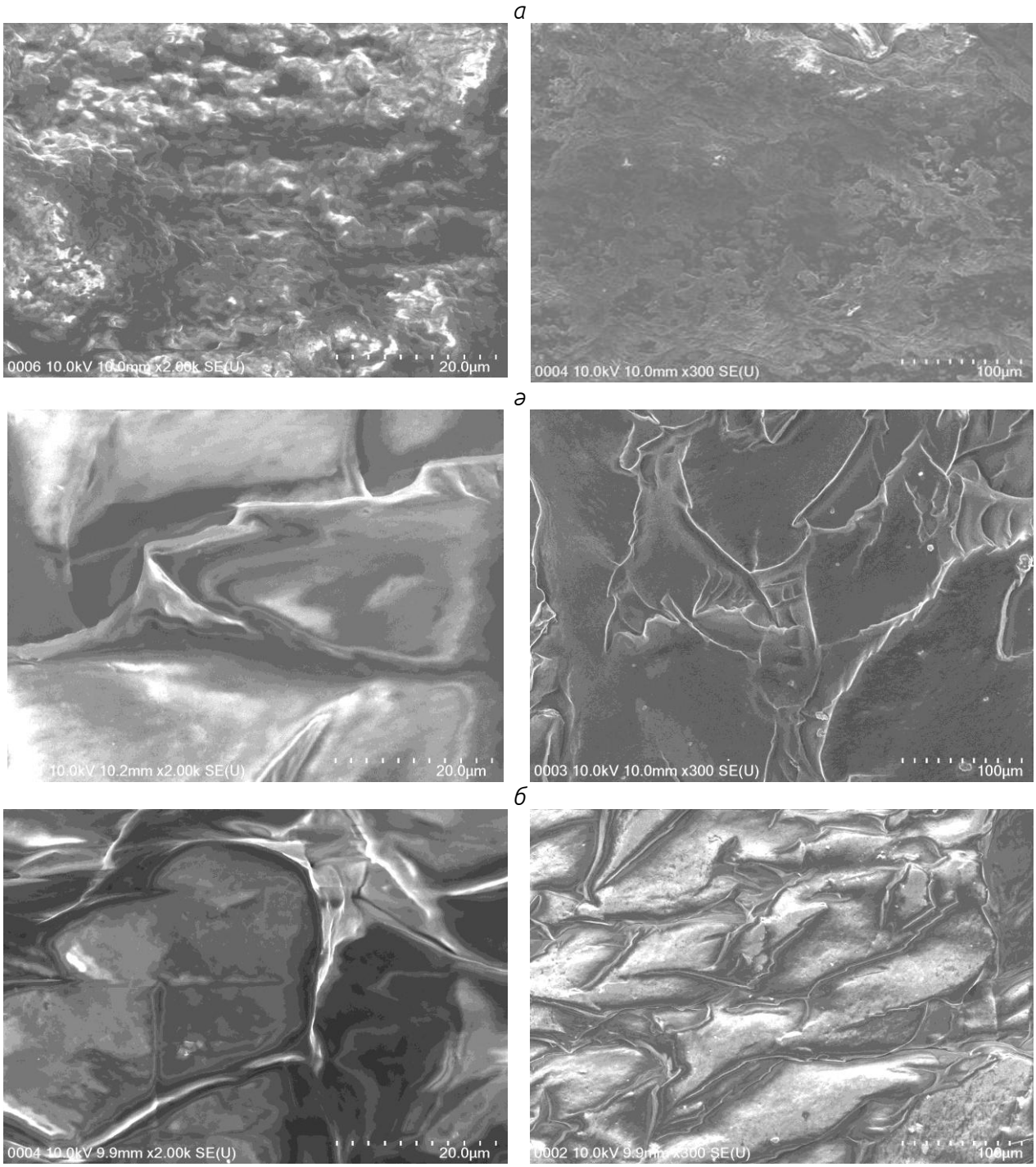
3-кесте. НИПААм-ГЭА-МАҚ сополимері құрамының гель шығымына және әр түрлі ортадағы ісіну дәрежесіне әсері

БМҚ [НИПААм-ГЭА-МАҚ], моль. %	*Гель-фракция, %*	*$a_{су}$, г/г*	*$a_{NaCl,\ 0.001\%}$, г/г*	*$a_{NaCl,\ 0.01\%}$, г/г*	*$a_{NaCl,\ 0.1\%}$, г/г*
45-45-10	*75,3*	*4,3*	*1,5*	*1,4*	*1,3*
40-40-20	*83,7*	*4,8*	*1,4*	*1,3*	*1,2*
35-35-30	*88,3*	*5,0*	*1,3*	*1,1*	*1,0*

НИПААм-ГЭА-МАҚ сополимерлерінің гель-фракция шығымы МАҚ-ның бастапқы мономерлік қоспадағы мөлшері жоғарылаған сайын артатыны анықталды. НИПААм-ГЭА-МАҚ гидрогельдерінің а шамасына мономер буындарының активтілігі әсер ететіндігі байқалды, бұл жағдайды МАҚ мольдік мөлшерінің артуымен тігілу дәрежесінің жоғарылауымен қоса карбоксил топтарының артуымен, аттас заряттардың тебісуінің салдарынан қосымша ісінудің пайда болуымен түсіндіруге болады. Ал, тұзды суда ісіну дәрежелерінің біршамаға кішірейетіні МАҚ құрамына енетін карбоксил топтарының экрандалуының салдарынан ионсызданудың бәсеңдеуімен және

метил топтарының артуымен гидрофобты әрекеттесудің үдеуінің салдарымен деп тұжырымдалады.

Стимулсезімтал гельдердің физика-химиялық қасиеттерін зерттеу барысында алынған сополимерлердің морфологиясы, яғни үйлесімділігі сканерлеуші электронды микроскопиялық әдіспен зерттелді. 4-суретте полимерлі тордың беткі қабатының микросуреті (морфологиясы) көрсетілген.



БМҚ [НИПААм-ГЭА-МАҚ] = 45-45-10 (а); 40-40-20 (ә); 35-35-30 (б) мол.%.

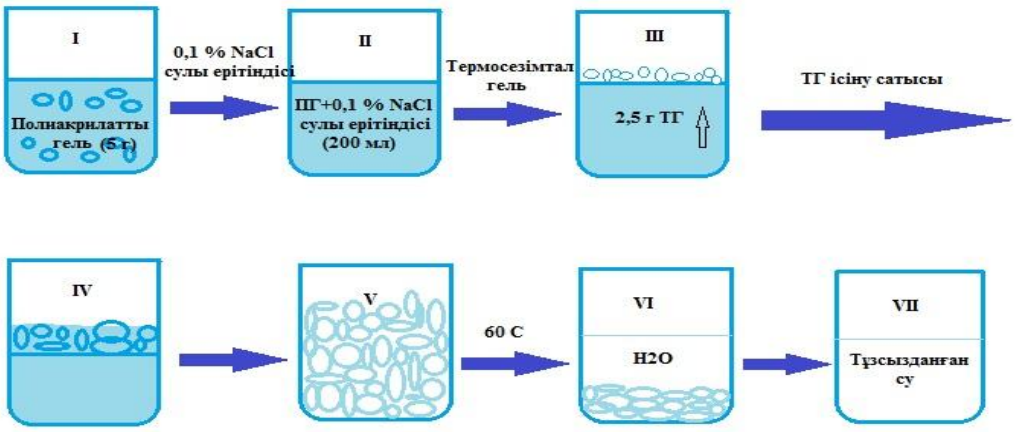
4-сурет. Сканерлеуші электронды микроскоп арқылы түсірілген полимерлі тордың беттік құрылымы

Бұл екі түрлі өлшемде, яғни 20 және 2 мкм өлшемінде берілген. Бастапқы мономерлік қоспада МАҚ мономерлерінің молдік көлемі аз болғандағы сополимердің беткі қабатындағы саңылаулардың біршама үлкен болуы, олардың ісінуге бейімділігін көрсетеді (4, а-сурет). МАҚ-ның бастапқы мономерлік қоспадағы мөлшерінің артуымен тігілу дәрежесінің жоғарылауы салдарынан гидрогельдің морфологиялық беткі қабатында саңылаулардың азайып, бетінің тегістелуімен түсіндіріледі (4, ә-сурет). МАҚ-ның мөлшері көп болған сайын (яғни 30%-да) тігілу

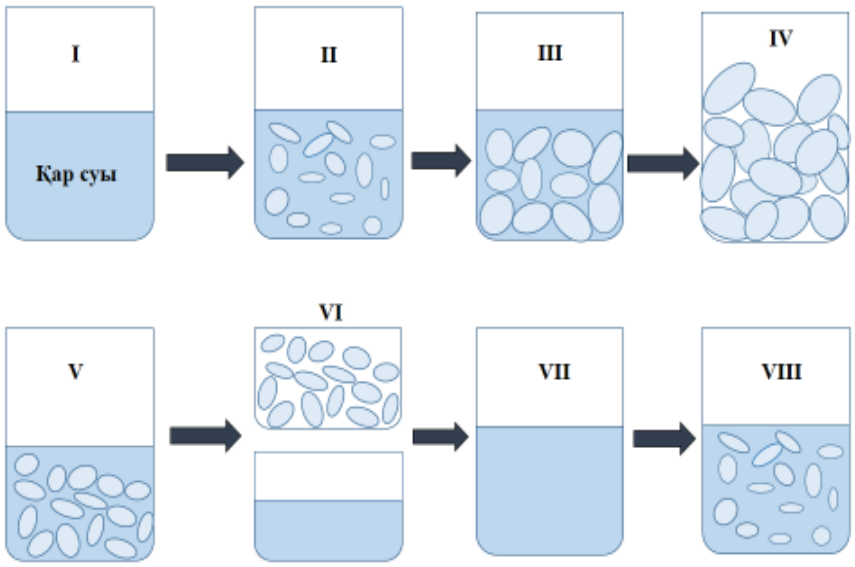
түйіндерінің арақашықтығы аз болып, өте тығыз торлы құрылымның пайда болуымен түсіндіріледі (4, б-сурет). Бұл алынған сополимердің тігілу дәрежесімен, сондай-ақ синтездің жүру уақытымен тығыз байланысты. Синтез уақытының артуымен полимерлі гидрогельдің гель-золь фракция шығымының артып, суда ісіну дәрежесінің кемитіні байқалды.

Суды тұзсыздандыру үрдісінде акрилат мономерлері негізіндегі полимерлі композициялық материалдарды қолдану мүмкіндігін зерттеу.

Тазалау үрдісі акрилат мономерлері негізіндегі полимерлерді алуда N-изопропилакриламид негізіндегі акрилатты термосезімтал гельдерді қолдануға негізделген. Тұзды судан тазалау жұмысын жүргізу үшін алдын ала NaCl-дың 0,1% сулы ерітіндісі дайындалды. Тұзсыздандыру үшін алынған полимерлік гельдер тепе-теңдік салмаққа келгенше кептірілді. Кепкен полимерлік термосезімтал гельдер тұзды сумен жартылай өткізгіш мембрана арқылы бөлінген ыдыста мембрананың үстіне, ал полиакрилатты гельдің тұзды судағы ерітіндісі мембрананың астыңғы бөлігіне орналастырылды. Бірнеше тазартулар кезінде тұз полиакрилатты гелдің бойында қалып отырды. Зерттеуден байқағандай мембрананың астыңғы бөлігіндегі сулы ерітінді мембрананың үстіңгі бөлігіндегі құрғақ термосезімтал гельдерге тартылып, олардың ісінуіне әкелді. Ісінген термосезімтал гельдер өздері жұтқан сулы ерітіндіні 60°С термостатқа қойғанда төменгі критикалық еру температурасына (ТКЕТ) жеткенде термоколлапсқа ұшырап, бойынан тұзсызданған таза суды бөліп шығаратыны анықталды. Үрдісті кепкен гель үлгілерімен бірнеше рет қайтара жүргізе отырып, тазаланған сулы ерітіндінің электрөткізгіштігі «856 Conductivity Module» кондуктометрінде (Metrohm Ltd., Швейцария) анықталды. Полиакрилат гелінің тұзды судағы ерітіндісі мен термосезімтал гельдің арасында орналасқан мембрана су мен төмен молекулалық тұз үшін өтімді, ал макромолекулалар үшін өтімсіз. 5-суретте тұзды суды тұщыландыру, 6-суретте қар суын тазалау жұмыстарының зертханалық жағдайда жүргізілген әдістемесінің сызбасы көрсетілген.



I – акрилатты гель; II – NaCl ерітіндісінде ісінген акрилатты гель; III – тепе-теңдік ісіну дәрежесіне жеткен акрилатты гельді мембранамен жауып үстіне құрғақ гидрогельді салу; IV – құрғақ гельдің ісінуі; V – гидрогельдің толық тепе-теңдік ісіну дәрежесіне жетуі; VI – толық ісінген гидрогельді термоколлапсқа ұшырату; VII – гидрогельден алынған тұзсызданған су
11-сурет. Тұзды суды тұщыландыру жұмысының зертханалық жағдайда жүргізілген әдістемесінің сызбасы



I – жиналып алынған, ерітілген, сүзгіден өткен қар суы; II – ашық ауада кептірілген метакрилатты құрғақ гель енгізілген қар суы; III – құрғақ гельдің қар суын сіңіруі; IV – гидрогельдің толық тепе-теңдік ісіну дәрежесіне жетуі; V – толық ісінген гидрогельді термоколлапсқа ұшырату; VI – гидрогель мен бөлінген суды 2 ыдысқа бөлу; VII – I стадиялы тазаланған қар суы; VIII – осы период бойынша қар суын келесі стадияға жіберу.
12-сурет. Қар суын тазалау жұмысының зертханалық жағдайда жүргізілген әдістемесінің сызбасы

ҚОРЫТЫНДЫ.

Жұмыста акрилат мономерлері негізіндегі полимерлерді алуда N-изопропилакриламид негізіндегі акрилатты үштік жүйе: N-изопропилакриламид (НИПААм), 2-гидроксиэтилакрилат (ГЭА), метакрил қышқылы (МАҚ) және N-изопропилакриламид пен этиленгликольдің винил эфирі (ЭГВЭ) негізіндегі температураға сезімтал сополимерлер заттық инициленген радикалды сополимерлеу әдісімен алынды. Акрилат мономерлері негізіндегі полимерлі композиттік материалдардың, яғни сополимерлердің әр түрлі ортада ісіну дәрежелері мен температураның өзгерісіне әсері зерттелді. Полимерлі гидрогельдерге термоиндуцирленген коллапс, яғни температураның артуымен салыстырмалы ісіну көлемі қатынастарының күрт өзгеруі тән екендігі анықталды. Полимерлі композиттік материалдардың физика-механикалық қасиеттерін анықтау мақсатында сканерлеуші электронды микроскопиялық әдіспен алынған сополимерлердің морфологиясы, яғни үйлесімділігі және алынған гидрогельдерге ортаның иондық күшінің әсері зерттелді. Зерттеу жұмысында акрилат мономерлері негізінде синтезделіп алынған сополимерлерді тұзды суды және қар суын тазалауға қабілетті полимерлік композициялық материал ретінде қарастыру мүмкін екені анықталды. Акрилат мономерлері негізінде алынған НИПААМ-ГЭА-АҚ сополимерлерін алудың және торлы гельдердің суды тұзсыздандырудың болжамалы алу технологиялық сызба-нұсқасы ұсынылды.

Пайдаланылған әдебиеттер тізімі

1. *Y.H. Bae, T. Okano, and S.W. Kim, ""On-off" thermocontrol of solute transport: I. Temperature dependence of swelling N-isopropylacrylamide network modified with hydrophobic components in water", Pharm. Res. 8, pp. 531-537(1991).*
2. *Carmen Alvarez-Lorenzo, Orhan Guney, Taro Oya, Yasuzo Sakai, Masatoshi Kobayashi, Takashi Enoki, Yukikazu Takeoka, Toru Ishibashi, Kenichi Kuroda, Kazunori Tanaka, Guoqiang Wang, Alexander Yu. Grosberg, Satoru Masamune and Toyoichi Tanaka, "Polymer Gels That Memorize Elements of Molecular Conformation", Macromolecules 33, pp. 8693–8697 (2000).*
3. *R Yoshida, K Uchida, Y Kaneko, K Sakai, A Kikuchi, Y Sakurai, T Okano, "Comb-type grafted hydrogels with rapid deswelling response to temperature changes", Nature 374, pp. 240-242(1995).*

4. Yi Zeng and William G. Pitt, "Poly(ethyleneoxide)-b-poly(Nisopropylacrylamide) nanoparticles with crosslinked cores as drug carriers", J Biomater Sci Polym Ed. 16, pp. 371–380 (2005).

5. P.S. Stayton, T. Shimoboji, C. Long, A. Chilkoti, G. Chen, J.M. Harris, A. Hoffman, "Control of protein-ligand recognition using a stimuli-responsive polymer ", Nature 378, pp. 472-474 (1995).

6. Etienne Cabane., Xiaoyan Zhang., Karolina Langowska., Cornelia G. Palivan., Wolfgang Meier. Stimuli-Responsive Polymers and Their Applications in Nanomedicine // Biointerphases – 2012. – Vol. . – P. 2-5.

7. De Sherbinin A, Carr D, Cassels S, Jiang L. Population and enviornment. Annu Rev Enviorn Resour 2009;32:345–73.

8. Meissner R, P.M M. Global freshwater quantity, quality and distribution. Future challenges of providing high-quality water, vol. I. Oxford, United Kingdom: Eolss Publishers Co. Ltd.; 2009.

9. World Health Organisation (WHO) . Guidelines for drinking water quality, 4th ed. Geneva: World Health Organisation; 2011, (ISBN 978 92 4 1548151).

10. Al-karaghouli AA, Kazmerski LL. Renewable Energy Opportunities in Water Desalination. Golden, Colorado: National Renewable energy Laboratory; 2008. p. 150–1.

11. Dusek K., editor. Responsive Gels: Volume Transitions 1 (Advances in Polymer Science) 1st ed. Volume 109 Springer; Berlin/Heidelberg, Germany: 1993.

12. Yang Q., Adrus N., Tomicki F., Ulbricht M. Composites of functional polymeric hydrogels and porous membranes. J. Mater. Chem. 2011;21:2783–2811. doi: 10.1039/C0JM02234A. [CrossRef] [Google Scholar]

13. Buenger D., Topuz F., Groll J. Hydrogels in sensing applications. Prog. Polym. Sci. 2012;37:1678–1719. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2012.09.001. [CrossRef] [Google Scholar]

14. Kosik K., Wilk E., Geissler E., László K. Influence of a Crown Ether Comonomer on the Temperature- Induced Phase Transition of Poly(N-isopropylacrylamide) Hydrogels. J. Phys. Chem. B. 2008;112:1065–1070. doi: 10.1021/jp075227w. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

15. Stuart M.A.C., Huck W.T.S., Genzer J., Müller M., Ober C., Stamm M., Sukhorukov G.B., Szleifer I., Tsukruk V.V., Urban M., et al. Emerging applications of stimuli-responsive polymer materials. Nat. Mater. 2010;9:101–113. doi: 10.1038/nmat2614. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

16. Flory P.J. Principles of Polymer Chemistry. 1st ed. Cornell University Press; Ithaca, NY, USA: 1953. [Google Scholar]

17. Cath T.Y., Childress A.E., Elimelech M. Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments. J. Membr. Sci. 2006;281:70–87. doi: 10.1016/j.memsci.2006.05.048. [CrossRef] [Google Scholar]

18. Глубокая очистка воды : справочник/ А. В. Первеев, Е. А. Борисова. - М.: Белорусская библиотека, 2010.

19. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования Б. Е. Рябчиков. - М.: Де Липриот, 2004. – 328 с.

20. Водоснабжение, том 2. Улучшение качества воды: Учебник для вузов: справочник М. А. Сомов, М. Г. Журба. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 544 с., 295 ил.

21. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран, обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация: справочник/ А.Г. Первов. –М.: Издательство АСВ, 2009. - 282с.

22. Nurabay N.D., Abutalip M., Rakhmetullayeva R., Mun G.A. Development of the technology for obtaining new hydrogel materials based on acrylic monomers // Chemical Bulletin of Kazakh National University. - 2017. –V. 87, Issue 1. P.25-29.

References

1. Y.H. Bae, T. Okano, and S.W. Kim, ""On-off" thermocontrol of solute transport: I. Temperature dependence of swelling N-isopropylacrylamide network modified with hydrophobic components in water", Pharm. Res. 8, pp. 531-537(1991).

2. Carmen Alvarez-Lorenzo, Orhan Guney, Taro Oya, Yasuzo Sakai, Masatoshi Kobayashi, Takashi Enoki, Yukikazu Takeoka, Toru Ishibashi, Kenichi Kuroda, Kazunori Tanaka, Guoqiang Wang, Alexander Yu. Grosberg, Satoru Masamune and Toyoichi Tanaka, "Polymer Gels That Memorize Elements of Molecular Conformation", Macromolecules 33, pp. 8693–8697 (2000).

3. R Yoshida, K Uchida, Y Kaneko, K Sakai, A Kikuchi, Y Sakurai, T Okano, "Comb-type grafted hydrogels with rapid deswelling response to temperature changes", Nature 374, pp. 240-242(1995).

4. Yi Zeng and William G. Pitt, "Poly(ethyleneoxide)-b-poly(Nisopropylacrylamide) nanoparticles with crosslinked cores as drug carriers", J Biomater Sci Polym Ed. 16, pp. 371–380 (2005).

5. P.S. Stayton, T. Shimoboji, C. Long, A. Chilkoti, G. Chen, J.M. Harris, A. Hoffman, "Control of protein-ligand recognition using a stimuli-responsive polymer ", Nature 378, pp. 472-474 (1995).

6. Etienne Cabane., Xiaoyan Zhang., Karolina Langowska., Cornelia G. Palivan., Wolfgang Meier. Stimuli-Responsive Polymers and Their Applications in Nanomedicine // Biointerphases – 2012. – Vol. . – P. 2-5.

7. De Sherbinin A, Carr D, Cassels S, Jiang L. Population and enviornment. Annu Rev Enviorn Resour 2009;32:345–73.

8. Meissner R, P.M M. Global freshwater quantity, quality and distribution. Future challenges of providing high-quality water, vol. I. Oxford, United Kingdom: Eolss Publishers Co. Ltd.; 2009.

9. World Health Organisation (WHO) . Guidelines for drinking water quality, 4th ed. Geneva: World Health Organisation; 2011, (ISBN 978 92 4 1548151).

10. Al-karaghouli AA, Kazmerski LL. Renewable Energy Opportunities in Water Desalination. Golden, Colorado: National Renewable energy Laboratory; 2008. p. 150–1.

11. Dusek K., editor. Responsive Gels: Volume Transitions 1 (Advances in Polymer Science) 1st ed. Volume 109 Springer; Berlin/Heidelberg, Germany: 1993.

12. Yang Q., Adrus N., Tomicki F., Ulbricht M. Composites of functional polymeric hydrogels and porous membranes. J. Mater. Chem. 2011;21:2783–2811. doi: 10.1039/C0JM02234A. [CrossRef] [Google Scholar]

13. Buenger D., Topuz F., Groll J. Hydrogels in sensing applications. Prog. Polym. Sci. 2012;37:1678–1719. doi: 10.1016/j.progpolymsci.2012.09.001. [CrossRef] [Google Scholar]

14. Kosik K., Wilk E., Geissler E., László K. Influence of a Crown Ether Comonomer on the Temperature- Induced Phase Transition of Poly(N-isopropylacrylamide) Hydrogels. J. Phys. Chem. B. 2008;112:1065–1070. doi: 10.1021/jp075227w. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

15. Stuart M.A.C., Huck W.T.S., Genzer J., Müller M., Ober C., Stamm M., Sukhorukov G.B., Szleifer I., Tsukruk V.V., Urban M., et al. Emerging applications of stimuli-responsive polymer materials. Nat. Mater. 2010;9:101–113. doi: 10.1038/nmat2614. [PubMed] [CrossRef] [Google Scholar]

16. Flory P.J. Principles of Polymer Chemistry. 1st ed. Cornell University Press; Ithaca, NY, USA: 1953. [Google Scholar]

17. Cath T.Y., Childress A.E., Elimelech M. Forward osmosis: Principles, applications, and recent developments. J. Membr. Sci. 2006;281:70–87. doi: 10.1016/j.memsci.2006.05.048. [CrossRef] [Google Scholar]

18. Глубокая очистка воды : справочник/ А. В. Первеев, Е. А. Борисова. - М.: Белорусская библиотека, 2010.

19. Современные методы подготовки воды для промышленного и бытового использования Б. Е. Рябчиков. - М.: Де Липриот, 2004. – 328 с.

20. Водоснабжение, том 2. Улучшение качества воды: Учебник для вузов: справочник М. А. Сомов, М. Г. Журба. – М.: Издательство АСВ, 2008. – 544 с., 295 ил.

21. Современные высокоэффективные технологии очистки питьевой и технической воды с применением мембран, обратный осмос, нанофильтрация, ультрафильтрация: справочник/ А.Г. Первов. –М.: Издательство АСВ, 2009. - 282с.

22. Nurabay N.D., Abutalip M., Rakhmetullayeva R., Mun G.A. Development of the technology for obtaining new hydrogel materials based on acrylic monomers // Chemical Bulletin of Kazakh National University. - 2017. –V. 87, Issue 1. P.25-29.

BIODEGRADABLE MG–ZN–CA ALLOYS FOR BONE FIXATION: CORROSION BEHAVIOUR, DESIGN PRINCIPLES AND FUTURE DIRECTIONS

Konul Amirmatova Vaqif
Azerbaijan State Oil and Industry University

Biodegradable magnesium alloys are being developed as temporary orthopedic implant materials due to their low density (1.7–1.8 g/cm³) and elastic modulus (40–45 GPa), which are closer to cortical bone compared to stainless steel, Co–Cr or titanium alloys. Mg–Zn–Ca alloys are of particular interest because Zn and Ca are physiologically essential and allow systematic adjustment of strength, grain size and corrosion behaviour.

The main limitation of Mg-based implants is rapid corrosion in physiological environments. In chloride-containing media, $Mg(OH)_2$ formed on the surface converts to soluble $MgCl_2$, which accelerates localized corrosion and hydrogen evolution. Typical reactions lead to pH increase in the corrosion zone, formation of calcium–phosphate deposits, and progressive loss of mechanical integrity. Secondary phases common in Mg–Zn–Ca systems, such as Mg_2Ca and $Ca_2Mg_6Zn_3$, often create galvanic couples that increase corrosion rates when their electrochemical potential is more noble than the Mg matrix.

Corrosion behaviour depends strongly on alloy composition and microstructure. Zn additions refine grains and increase strength, while Ca at 0.2–0.8 wt% improves microstructural stability. Excess Ca produces a continuous Mg_2Ca network that is brittle and electrochemically active. Grain refinement generally promotes more uniform corrosion, but high phase fractions may counteract this effect by intensifying galvanic interactions. Heat treatments such as solutionizing at 480–520 °C and ageing at 150–200 °C can modify secondary phase distribution and improve corrosion uniformity.

Trace impurities such as Fe, Ni, Cu and Co dramatically increase corrosion rates even at concentrations above ~5–10 ppm, making high-purity feedstock essential. Environmental factors—including chloride concentration, protein adsorption, cyclic mechanical loading and local tissue conditions—modify corrosion kinetics and may destabilize protective films.

Surface engineering is required to further control degradation. Plasma electrolytic oxidation (PEO) produces oxide–ceramic layers with significantly reduced initial corrosion rates and improved wear resistance, and can be doped with CaP species to enhance bioactivity. Polymeric and sol–gel coatings provide temporary barriers but degrade or crack under load. Amorphous Mg–Zn–Ca alloys eliminate crystalline galvanic phases and show lower hydrogen evolution in simulated body fluids, though their use is limited by challenges in producing components thicker than several millimeters.

Available data indicate that achieving clinically acceptable performance requires matching early-time strength (~150–250 MPa yield strength for plates and screws) with controlled degradation over 3–6 months. Further progress depends on identifying optimal Mg–Zn–Ca composition windows, integrating microstructure control with durable coatings, and validating performance through long-term in vivo studies. Predictive models that quantify corrosion rates, hydrogen release and strength reduction are needed to support implant design.

Mg–Zn–Ca alloys combine three key advantages for biodegradable orthopedic implants: mechanical compatibility with bone, physiologically acceptable alloying elements, and the ability to degrade in the body. At the same time, their clinical translation is hindered by the complexity of corrosion processes in physiological environments and the difficulty of predicting long-term behaviour.

Future research must therefore focus on several directions. First, systematic alloy design and microstructure optimisation are needed to identify composition ranges that provide adequate strength and controlled, uniform degradation for specific implant types. Second, advanced surface engineering strategies, particularly PEO and multifunctional coatings, should be combined with bulk optimisation to fine-tune the early stages of corrosion and improve integration with bone tissue. Third, comprehensive in-vivo studies are necessary to evaluate tissue responses, hydrogen gas evolution and long-term safety, beyond what can be inferred from in-vitro experiments.

Finally, the development of predictive models that couple corrosion kinetics, hydrogen evolution and mechanical strength loss over time would greatly assist implant design and risk assessment. In the longer term, integrating these models with patient-specific data may allow tailoring Mg–Zn–Ca implants to individual healing rates and bone quality, moving towards personalised biodegradable fixation systems.

In summary, Mg–Zn–Ca alloys have strong potential to form the basis of a new generation of biodegradable orthopedic implants. Achieving reliable and safe clinical applications will require coordinated

efforts in materials science, corrosion engineering, biomechanics and biomedical research, but the prospective benefits—elimination of secondary surgeries, reduced complications and more physiological healing—justify this intensive development.

Literature

1. Y.F. Zheng, X.N.Gu, and F. Witte. "Biodegrad-able metals". In:Materials Science and Engi-neering R77 (2014), pp. 1–34.doi:https://doi.org/10.1016/j.mser.2014.01.001.

2. M.V. Kiselevskij et al. "Biodegradable magne-sium alloys - promising materials for medicalpurposes". In:Modern technologies in medicine(2019), pp. 146–157.doi:10.17691/stm2019.11.3.18.

3. H. Peng et al. "Effect of Galvanic Corrosion onthe Degradability of Biomedical Magnesium". In:Front. Mater.8 (2021).doi:10.3389/fmats.2021.767179.

4. Wolf FI and Cittadini A. "Chemistry and bio-chemistry of magnesium". In:Molecular Aspectsof Medicine24 (2003), pp. 3–9.doi:https://doi.org/10.1016/S0098-2997(02)00087-0.

5. A. McGoron D. Persaud-Sharma. "Biodegrad-able Magnesium Alloys: A Review of Materi-alDevelopment and Applications". In:Journal ofBiomimetics Biomaterials and Tissue Engineer-ing12(1) (2012), pp. 25–39.doi:10.4028/www.scientific.net/JBBTE.12.25.

6. M.Pogorielovetal."Magnesium-basedbiodegradable alloys: Degradation, applica-tion, and alloying elements". In:InterventionalMedicine & Applied Science9.1 (2017), pp. 27–38.doi:10.1556/1646.9.2017.1.04.

7. P. K. Rout, S. Roy, and D. Rathore. "Recent ad-vances in the development of Mg-Ca-Zn alloysas biodegradable orthopedic implants." In:Ma-terials Today: Proceedings(2023).doi:https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.06.341.

8. J. Chen et al. "Mechanical properties of mag-nesium alloys for medical application: A re-view." In:Journal of the Mechanical Bahaviorof Biomedical Materials(2018), pp. 68–79.doi:https://doi.org/10.1016/j.jmbbm.2018.07.022.

9. Y. Zhang et al. "Effect of the microstructureparameters on the corrosion characteristics ofMg-Zn-Ca alloy with columnar structure". In:Journal of Magnesium and Alloys11 (2023),pp. 1709–1720.doi:https : / / doi . org / 10 .1016/j.jma.2021.12.017.

10. Y. Jang et al. "Understanding corrosion behaviorof Mg–Zn–Ca alloys from subcutaneous mousemodel: Effect of Zn element concentration andplasma electrolytic oxidation". In:Materials Science and Engineering C48 (2015), pp. 28–40.doi:https://doi.org/10.1016/j.msec.2014.11.029.

APPLICATION OF NEW ENVIRONMENTALLY FRIENDLY PLANT GROWTH REGULATORS IN COMBINATION WITH ORGANIC BIOFERTILIZERS FOR GROWING AGRICULTURAL CROPS AND INCREASING THEIR PRODUCTIVITY IN THE WAR AND POST-WAR PERIODS IN UKRAINE

Tsygankova V.A.
Doctor of Biological Sciences, Senior Staff Scientis, Principal Researcher
Andreev A.M.
Postgraduate Student;
Pilyo S.G.
Doctor of Chemical Sciences, Senior Researcher;
Popilnichenko S.V.
Candidate of Chemical Sciences, Senior Researcher;
Brovarets V.S.,
Corresponding Member of the NAS of Ukraine, Doctor of Chemical Sciences, Professor; Department for Chemistry of Bioactive Nitrogen-Containing Heterocyclic Compounds, V.P. Kukhar Institute of Bioorganic Chemistry and Petrochemistry, National Academy of Sciences of Ukraine, Kyiv, Ukraine.

ЗАСТОСУВАННЯ НОВІТНІХ ЕКОЛОГІЧНО БЕЗПЕЧНИХ РЕГУЛЯТОРІВ РОСТУ РОСЛИН У КОМБІНАЦІЇ З ОРГАНІЧНИМИ БІОДОБРИВАМИ ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР ТА ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ПРОДУКТИВНОСТІ У ВОЄННИЙ ТА ПОВОЄННИЙ ПЕРІОДИ В УКРАЇНІ

Циганкова В.А.
доктор біологічних наук, старший науковий співробітник,
провідний науковий співробітник; ***Андрєєв А.М.***
аспірант;
Пільо С.Г.
доктор хімічних наук, старший науковий співробітник;
Попільніченко С.В.
кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник;
Броварець В.С.
чл.-кор. НАН України, доктор хімічних наук, професор; відділ хімії біоактивних азотовмісних гетероциклічних основ Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П.Кухаря НАН України, Київ, Україна.

Abstract

The article is devoted to a review of studies of the regulatory activity of new environmentally safe synthetic plant growth regulators created on the basis of synthetic low-molecular-weight azaheterocyclic compounds N-oxide-2,6-dimethylpyridine (Ivin), sodium and potassium salts of 6-methyl-2-mercapto-4-hydroxypyrimidine (Methyur and Kamethur) and organic biofertilizers containing components of natural origin: Rostock Extra and Radix Tim forte plus. The results of laboratory and field studies of synthetic growth regulators Ivin, Methyur and Kamethur and organic biofertilizers Rostock Extra and Radix Tim forte plus on the growth and development of agricultural crops at the vegetative and reproductive stages, plant yield and their resistance to abiotic stress factors are presented. The practical use of new environmentally friendly synthetic plant growth regulators Ivin, Methyur and Kamethur separately and in combination with organic biofertilizers Rostock Extra and Radix Tim Forte Plus is proposed to improve the growth and increase the productivity of important agricultural crops such as cereals, legumes and industrial crops against the background of adverse environmental factors, global climate change, systemic soil depletion, which will contribute to the improvement of the current ecological and agro-reclamation state and its post-war restoration, as well as solving the problem of the food crisis in the war and post-war periods, providing the population with food and preserving the environment.

Аннотация

Стаття присвячена огляду досліджень регуляторної активності нових екологічно безпечних синтетичних регуляторів росту рослин, створених на основі синтетичних низькомолекулярних азагетероциклічних сполук N-оксид-2,6-диметилпіридину (Івіну), натрієвої та калієвої солей 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину (Метіуру та Каметуру) та органічних біодобрив, які містять складові компоненти природного походження: Росток Екстра та Радікс Тім форте плюс. Наведено результати лабораторних та польових досліджень

синтетичних регуляторів росту Івіну, Метіуру та Каметуру та органічних біодобрив Росток Екстра та Радікс Тім форте плюс на ріст та розвиток сільськогосподарських культур на вегетативній та репродуктивній стадіях, врожайність рослин та їх стійкість до абіотичних стресових факторів. Пропонується практичне використання нових екологічно безпечних синтетичних регуляторів росту рослин Івіну, Метіуру та Каметуру окремо та в комбінації з органічними біодобривами Росток Екстра та Радікс Тім форте плюс для покращення росту та підвищення продуктивності важливих для сільського господарства зернових, зерно-бобових та технічних культур на фоні дії несприятливих факторів середовища, глобальних кліматичних змін, системного виснаження ґрунтів, що сприятиме поліпшенню сучасного еколого-агромеліоративного стану та його післявоєнного відновлення, а також вирішенню проблеми продовольчої кризи в умовах в умовах воєнного та повоєнного часу, забезпеченню населення продуктами харчування та збереженню довкілля.

Keywords. *Plant growth regulators, organic biofertilizers, restoration of soil fertility.*
Ключові слова. *Регулятори росту рослин, органічні біодобрива, відновлення родючості ґрунтів.*

Актуальним питанням сучасного сільського господарства є розробка нових екологічно безпечних технологій вирощування економічно важливих зернових, зерно-бобових та технічних культур з метою отримання органічної сільськогосподарської продукції для забезпечення харчуванням населення світу та зменшення забруднення навколишнього середовища. Протягом останніх десятиліть врожайність сільськогосподарських культур значно знизилася через глобальні зміни клімату, посуху та тепловий стрес, засолення, забруднення та виснаження ґрунтів, скорочення тривалості вегетаційного періоду, а також поширення патогенів та шкідників, які негативно впливають на ріст та розвиток рослин [1–5].

Проблема виснаження ґрунтів за рахунок збіднення їх на елементи мінерального живлення та поживні речовини внаслідок антропоге́нного навантаження є вельми актуальною для сучасного сільського господарства. Земельні ресурси планети обмежені і до кінця тисячоліття людство наблизиться до повної реалізації їх потенціалу. Відповідно до Положення про моніторинг ґрунтів на землях сільськогосподарського призначення, затвердженого наказом Міністерства аграрної політики України від 26.02.2004 №51, науково-дослідними установами Української академії аграрних наук землеохоронного профілю проводиться моніторинг стану ґрунтів за основними показниками родючості та забруднення ґрунтів і заходи щодо охорони ґрунтів (за показниками балансу гумусу і поживних речовин, застосування добрив, проведення хімічної меліорації) і на основі цих результатів досліджень готується щорічний звіт. За ведення воєнних дій в Україні ґрунтовий покрив, в тому числі зрошувані землі, зазнають значного антропогенного впливу та руйнувань, що є причиною розвитку процесів мілітарної деградації, погіршення стану агроландшафтів в цілому та їх компонентів та потребує розроблення заходів з поліпшення сучасного еколого-агромеліоративного стану та його післявоєнного відновлення для забезпечення сталого розвитку [6, 7]. За даними Національної ради з відновлення України від наслідків війни, в зоні ведення бойових дій втрати зрошуваних земель становлять близько 70 %. Руйнування, пов'язані з воєнними діями, є катастрофічними через їх масштабність, тривалість дії та завдано значних збитків для зрошуваних агроландшафтів [8].

Тому, підвищення врожайності сільськогосподарських культур та покращення якості сільськогосподарської продукції залежить від раціонального використання кожного гектара орного ґрунту, перш за все за рахунок науково-обґрунтованої системи удобрення. Добрива є одним із основних ресурсів для підвищення продуктивності виробництва сільськогосподарських культур та поліпшення якості вирощеної продукції. За даними ФАО ООН, країни Західної Європи та США отримують третину врожаю сільськогосподарських культур завдяки використанню органічних та мінеральних добрив [9, 10]. Впровадження інтенсивних технологій застосування органічних та мінеральних добрив у практику сільського господарства дозволяє отримувати високі врожаї з гарною якістю продукції практично у всіх кліматичних зонах [9, 10]. На сьогодні у практиці сільського господарства широко застосовуються для поліпшення процесів живлення та росту рослин органічні біодобрива, які містять складові компоненти природного походження. В Україні широкий асортимент мікродобрив виробляє ТОВ «Український Аграрний Ресурс». Продукція компанії випускається під торговою маркою «РОСТОК». Хімічно чисті та екологічно безпечні добрива віднесені до 4 класу небезпеки і є малотоксичними речовинами; знаходяться в

рідкому стані. Таким чином не виникає проблем з їх розчинністю; широкий асортимент продукції, що виробляється (комплексні та моно добрива); універсальні у застосуванні (для передпосівної обробки насіння, позакореневого та кореневого підживлення, крапельного зрошення, дощування); знаходяться у біологічно доступній для рослин формі – метали у формі хелатів ЕДТА; в своєму складі містять стимулятори росту (гумінові кислоти, амінокислоти); мають прилипаючі та плівкоутворюючі властивості; підвищують імунітет рослин до різних захворювань; сумісні з більшістю засобів захисту рослин; знімають стрес від застосування пестицидів; підвищують урожайність культур та поліпшують ріст та живлення рослин [11, 12]. Практичне використання органічних та мінеральних добрив для покращення господарсько важливих характеристик культур в поєднанні з екзогенним застосуванням фітогормонів, синтетичних регуляторів росту, природних біостимуляторів сприяє покращенню росту рослин на вегетативній та репродуктивній стадіях, збільшенню врожайності та підвищенню стійкості до абіотичних та біотичних стресових факторів [9, 10, 12–15].

Розробка нових ефективних та екологічно безпечних регуляторів росту рослин є одним із пріоритетних напрямків сучасного сільського господарства України, що сприятиме поліпщенню якості продукції, підвищенню врожайності рослин для забезпечення населення продуктами харчування та запобіганню продовольчої кризи в Україні у воєнний та повоєнний періоди. На сьогодні існує великий попит на нові ефективні регулятори росту рослин, про що свідчать дані про те, що світові продажі регуляторів росту рослин (PPP) у 2022 році зросли до 2–3 мільярдів доларів США [16]. В останні роки значна увага приділяється розробці нових ефективних регуляторів росту рослин на основі синтетичних низькомолекулярних азагетероциклічних сполук, які спроможні виявляти споріднену біологічну активність до природних гормонів рослин [17, 18]. На сьогодні серед синтетичних низькомолекулярних азагетероциклічних сполук, похідні піридину та піримідину знайшли практичне застосування в сільському господарстві як ефективні та безпечні для довкілля замінники традиційних регуляторів росту рослин, гербіциди, фунгіциди та антимікробні агенти [19-22].

Науковцями Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря Національної академії наук України розроблені нові регулятори росту рослин на основі синтетичних низькомолекулярних азагетероциклічних сполук N-оксид-2,6-диметилпіридину (Івіну), натрієвої та калієвої солей 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину (Метіуру та Каметуру), які виявляють спорідненний до фітогормонів ауксинів та цитокінінів регуляторний ефект на поліпшення росту та розвитку зернових, зерно-бобових та технічних культур, підвищення їх продуктивності та адаптаційних властивостей рослин до стресових факторів абіотичного походження [17, 23-27] (рис. 1, 2, 3, 4, таблиці 1 та 2).

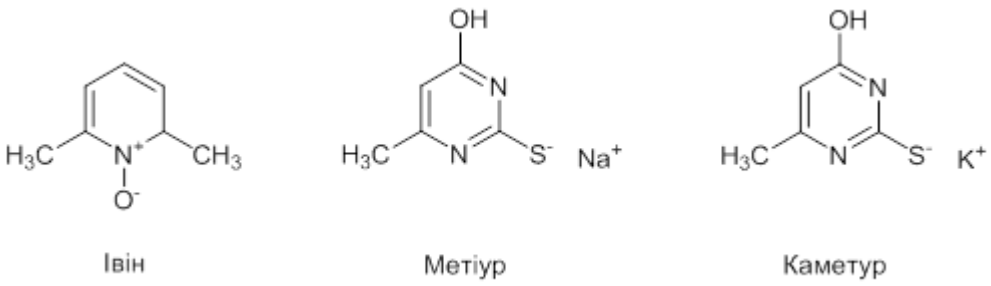


Рисунок 1. *Хімічні структури натрієвої та калієвої солей 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину (Метіуру та Каметуру) та 2,6-диметилпіридин-N-оксиду (Івіну) виробництва Інституту біоорганічної хімії та нафтохімії ім. В.П. Кухаря Національної академії наук України [12].*

Рисунок 2. Колоски пшениці твердої ярої (Triticum aestivum L.) сорту Деміра, вирощеної з насіння, обробленого регуляторами росту рослин – 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину натрієвої та калієвої солей (Метіур та Каметур), N-оксид-2,6-диметилпіридину (Івін) у концентраціях 10^{-4}М, 10^{-5}М, 10^{-6}М та 10^{-7}М, у польових умовах, порівняно з контрольними рослинами [24].

Рисунок 3. *Вплив регуляторів росту рослин – 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину натрієвої та калієвої солей (Метіур та Каметур), N-оксид-2,6-диметилпіридину (Івін) у концентрації 10^{-7}М на формування та розвиток волоті на рослинах сорго цукрового (Sorghum saccharatum L.) та сорго зернового (Sorghum bicolor L.) різних сортів, вирощених у польових умовах, порівняно з контрольними рослинами [25].*

Рисунок 4. *Вплив регуляторів росту рослин – 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину натрієвої та калієвої солей (Метіур та Каметур), N-оксид-2,6-диметилпіридину (Івін) у концентрації 10^{-7}М на ріст та формування коренів на рослинах сорго цукрового (Sorghum saccharatum L.) та сорго зернового (Sorghum bicolor L.) різних сортів, вирощених у польових умовах, порівняно з контрольними рослинами [25].*

Таблиця 1. *Вплив передпосівної обробки насіння вігни китайської регулятором росту - 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину калієвої солі (Каметур) на насіннєву продуктивність рослин [26].*

Показник	Варіант		
	контроль	дослід 1	дослід 2
Кількість квіток, шт./рослину	42,60	57,40	55,60
Кількість плодів, шт./рослину	11,40	14,80	14,92
Кількість насінин, шт./плід	12,85	14,05	12,56
Потенційна насіннєва продуктивність шт./рослину	604,92	852,39	722,8
Фактична насіннєва продуктивність, шт./рослину	146,49	207,94	187,40
Коефіцієнт насіннєвої продуктивності	0,24	0,24	0,26

Примітка: К – контрольний варіант (без передпосівної обробки насіння), дослід 1 - передпосівна обробка насіння розчином Каметуру у концентрації 10^{-5}М, дослід 2 - передпосівна обробка насіння розчином Каметуру у концентрації 10^{-6}М.

Таблиця 2. Вплив передпосівної обробки насіння вігни китайської регулятором росту - 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину калієвої солі (Каметур) на біологічну продуктивність рослин, г/росл. [26].

Показник	Варіант		
	контроль	дослід 1	дослід 2
Маса стебла, г/росл.	22,40	26,64	27,00
Маса листків, г/росл.	72,20	143,4	151,2
Маса квітконосів, г/росл.	6,93	11,57	12,01
Маса оплодня, г/росл.	2,56	2,66	2,70
Маса насіння, г/росл.	10,15	11,85	12,86
Маса кореня, г/росл.	3,13	5,48	5,53
Загальна маса, г/росл.	117,37	201,64	211,26

Примітка: Контрольний варіант (без передпосівної обробки насіння), дослід 1 – передпосівна обробка насіння розчином Каметуру у концентрації 10^{-5}М, дослід 2 – передпосівна обробка насіння розчином Каметуру у концентрації 10^{-6}М

У наших дослідженнях також встановлено, що використання синтетичних регуляторів росту рослин Івіну, Метіуру та Каметуру окремо або в комбінації з органічними біодобривами Росток Екстра, виробництва ТОВ «Український аграрний ресурс», та Радікс Тім форте плюс (Radix Tim forte plus) виробництва компанії «Forcrop», Іспанія, покращує ріст та розвиток рослин пшениці, соняшнику, льону олійного та ріпаку протягом періоду вегетації [12, 28 – 31] (рис. 5 та 6).

Рисунок 5. Складові компоненти органічних біодобрив Росток екстра виробництва ТОВ «Український Аграрний Ресурс», Україна, а також Радікс Тім форте плюс (Radix Tim forte plus) виробництва компанії Forcrop, Іспанія [11, 12].

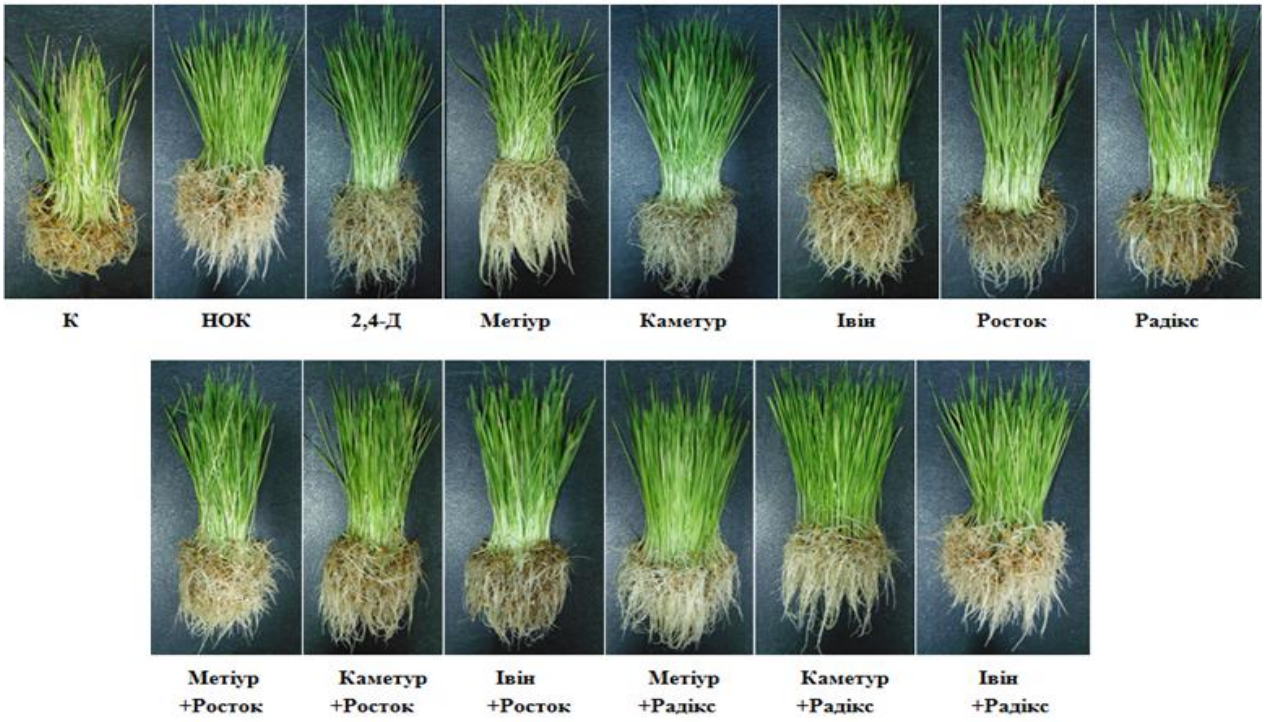


Рисунок 6. Вплив фітогормонів ауксинів - 1-нафтилоцтової кислоти (НОК) та 2,4-дихлороцтової кислоти (2,4-Д), регуляторів росту рослин – 6-метил-2-меркапто-4-гідроксипіримідину натрієвої та калієвої солей (Метіур та Каметур), N-оксид-2,6-диметилпіридину (Івін) у концентрації 10^{-6}М/1 л води, органічних біодобрив Росток екстра та Радікс Тім форте плюс в концентраціях 100 мл та 50 мл/1л води та їх комбінацій із синтетичними регуляторами росту, на ріст та розвиток рослин пшениці озимої (Triticum aestivum L.) сорту Мудрість Одеська протягом 4-х тижней у лабораторних умовах, порівняно з контрольними рослинами (К) [31].

Основними перевагами застосування синтетичних регуляторів росту рослин Івіну, Метіуру та Каметуру у практиці сільського господарства є їх широка специфічність дії на різних видах та сортах рослин, висока фізіологічна активність при їх застосуванні у низьких молярних концентраціях 10^{-4}М, 10^{-5}М, 10^{-6}М, 10^{-7}М/1 літр води і екологічна безпека через відсутність токсичного ефекту на клітини людини, тварин і рослин.

Завдяки застосуванню синтетичних регуляторів росту рослин Івіну, Метіуру та Каметуру окремо та в комбінації з органічними біодобривами Росток Екстра та Радікс Тім форте плюс при низьких нешкідливих для довкілля концентраціях стає можливим покращити схожість насіння, посилити органогенез коренів, пагонів, листя та репродуктивних органів рослин, активувати процес фотосинтезу в листках, та підвищити врожайність сільськогосподарських культур [12, 28-31]. Застосування синтетичних регуляторів росту рослин на основі низькомолекулярних азагетероциклічних сполук у нетоксичних низьких молярних концентраціях здатне зменшувати токсичну дію пестицидів та фунгіцидів для захисту рослин [32, 33], надлишкова кількість яких накопичується у ґрунтах та в сільськогосподарських рослинах, які є продуктами споживання для людини та тварин, що має важливе значення для екології навколишнього середовища та здоров'я людини.

Практичне використання нових екологічно безпечних синтетичних регуляторів росту рослин Івіну, Метіуру та Каметуру окремо та в комбінації з органічними біодобривами Росток Екстра та Радікс Тім форте плюс сприятиме підвищенню продуктивності важливих для сільського господарства зернових, зерно-бобових та технічних культур на фоні дії несприятливих факторів середовища, глобальних кліматичних змін, системного виснаження ґрунтів, сприятиме поліпшенню сучасного еколого-агромеліоративного стану та його післявоєнного відновлення, а також вирішенню проблеми продовольчої кризи в умовах в умовах воєнного та повоєнного часу, забезпеченню населення продуктами харчування та збереженню довкілля.

References

1. *Bayer P.E., Edwards D. Climate change and the need for agricultural adaptation. Current opinion in plant biology. 2020. Vol. 56. P. 197–202.*
2. *Dresselhaus T., and Hückelhoven R. Biotic and Abiotic Stress Responses in Crop Plants. Agronomy. 2018. Vol. 8, N 11. P. 267. doi: 10.3390/agronomy8110267.*
3. *Fahad S., Bajwa A.A., Nazir U., Anjum S.A., Farooq A., Zohaib A., Sadia S., Nasim W., Adkins S., Saud S., Ihsan M.Z., Alharby H., Wu C, Wang D. and Huang J. Crop Production under Drought and Heat Stress: Plant Responses and Management Options. Front. Plant Sci. 2017. Vol. 8. Article 1147. doi: 10.3389/fpls.2017.01147.*
4. *Lamaoui M., Jemo M., Datla R. and Bekkaoui F. Heat and Drought Stresses in Crops and Approaches for Their Mitigation. Front. Chem. 2018. Vol. 6. Article 26. doi: 10.3389/fchem.2018.00026.*
5. *Khan M.A., Ghouri A.M. Environmental pollution: its effects on life and its remedies. International Refereed Research Journal. 2011. Vol. 2, N2. P. 276–285.*
6. *Воротинцева Л.І., Панарін Р.В. Екологічні проблеми та моніторинг зрошуваних земель Степу Північного за впливу воєнних дій. Екологічна безпека: проблеми і шляхи вирішення: зб. наук. статей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції. м. Харків, 15-16 вересня 2022 р. УКРНДІЕП., 2022. С. 125-134.*
7. *Концептуальні підходи до відновлення ґрунтів, що постраждали від збройної агресії: моногр.; за ред. С. А. Балюка, А. В. Кучера, І. В. Пліско. Київ: Аграрна наука, 2024. 216 с. https://doi.org/10.31073/978-966-540-604-4.*
8. *Воротинцева Л.І. Мілітарна деградація зрошуваних ґрунтів та післявоєнне їх відновлення. Аграрна наука Західного Полісся: зб. наук. праць. Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції «Інноваційні шляхи розвитку землеробства в сучасних умовах». м. Рівне, 2024 р. С. 27-29.*
9. *Roy R.N., Finck A., Blair G.J., Tandon H.L.S. Plant nutrition for food security. A guide for integrated nutrient management. FAO fertilizer and plant nutrition bulletin 16. FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. Rome. 2006. 348 p. https://www.fao.org/3/a0443e/a0443e.pdf*
10. *Bhardwaj D., Ansari M.W., Sahoo R.K. and Tuteja N. Biofertilizers function as key player in sustainable agriculture by improving soil fertility, plant tolerance and crop productivity. Microbial Cell Factories. 2014. Vol. 13, N 66. P. 1-10. DOI: 10.1186/1475-2859-13-66.*
11. *E-source: https://uarostok.ua/assortiment-produkcii/*
12. *Tsygankova V.A., Andreev A.M., Andrusevich Ya.V., Pilyo S.G., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Use Of Synthetic Plant Growth Regulators In Combination With Fertilizers to Improve Wheat Growth. Int J Med Biotechnol Genetics. 2023. Vol. 1, N2. P. 9-14.*
13. *Sosnowski J., Truba M., Vasileva V. The impact of auxin and cytokinin on the growth and development of selected crops. Agriculture. 2023. Vol. 13, N 3. P 724. doi: 10.3390/agriculture13030724.*
14. *Sabagh A.E., Mbarki S., Hossain A., Iqbal M.A., Islam M.S., et al. Potential Role of Plant Growth Regulators in Administering Crucial Processes Against Abiotic Stresses. Front. Agron. 2021. Vol. 3: Article 648694. doi: 10.3389/fagro.2021.648694.*
15. *Blyuss K.B., Fatehi F., Tsygankova V.A., Biliavska L.O., Iutynska G.O., Yemets A.I., Blume Y.B. RNAi-based biocontrol of wheat nematodes using natural polycomponent biostimulants. Frontiers in Plant Science. 2019. Vol. 10. P. 483. DOI: 10.3389/fpls.2019.00483*
16. *Wu X., Gong D., Zhao K., Chen D., Dong Y., Gao Y., Wang Q., Hao G.F. Research and development trends in plant growth regulators. Advanced Agrochem. 2024. Vol. 3, N 1. P. 99-106. DOI: 10.1016/j.aac.2023.11.005.*
17. *Циганкова В.А., Броварець В.С., Ємець А.І., Блюм Я.Б. Перспективи розробки в Україні регуляторів росту рослин на основі азолів, азинів та їх конденсованих похідних. Синтез і біоактивність функціоналізованих азотовмісних гетероциклів / за ред. А.І. Вовка. Київ: Інтерсервіс, 2021. С. 246–287.*
18. *Tsygankova V.A., Andrusevich Ya.V., Shtompel O.I., Solomyanny R. M., Hurenko A.O., et al. New Auxin and Cytokinin Related Compounds Based on Synthetic Low Molecular Weight Heterocycles. Chapter 16. In: Auxins, Cytokinins and Gibberellins Signaling in Plants, Signaling and Communication in Plants. Ed. Aftab T. Springer Nature Switzerland AG, 2022. P. 353-377. DOI: 10.1007/978-3-031-05427-3_16.*

19. *Cansev A., Gülen H., Zengin M.K., Ergin S., Cansev M. Use of pyrimidines in stimulation of plant growth and development and enhancement of stress tolerance: pat. US2016/0000075 A1 USA. PCT/TR2014/000051: publ. 07.01.2016.*

20. *Boussemghoune M.A.,Whittingham W.G., Winn C.L., Glithro H., Aspinall M.B. Pyrimidine derivatives and their use as herbicides: pat. US20120053053 A1. 2012.*

21. *Dai A., Zheng Z., Ma D., Wu R., Mo Y., Duan L.,Tan W. Synthesis, Biological Activity and Mechanism of Action of Pyridine-Containing Arylthiourea Derivatives J. Agric. Food Chem. 2025. Vol. 73, N 15. P. 8865–8875. DOI: 10.1021/acs.jafc.5c00525.*

22. *Mansfield D.J., Rieck H., Greul J., Coqueron P.Y., Desbordes P., et al. Pyridine derivatives as fungicidal compounds: pat. US7754741B2. 2010.*

23. *Tsygankova V.A., Voloshchuk I.V., Kopich V.M., Pilyo S.G., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Studying the effect of plant growth regulators Ivin, Methyur and Kamethur on growth and productivity of sunflower. Journal of Advances in Agriculture. 2023. N 14. P. 17–24. DOI: https://doi.org/10.24297/jaa.v14i.9453.*

24. *Tsygankova V.A., Kopich V.M., Vasylenko N.M., Golovchenko O.V., Pilyo S.G., Malienko M.V., Brovarets V.S. Increasing the productivity of wheat using synthetic plant growth regulators Methyur, Kamethur and Ivin. Znanstvena misel journal. 2024. Vol. 94. P. 22–26. DOI: 10.5281/zenodo.13860706.*

25. *Tsygankova V.A., Voloshchuk I.V., Pilyo S.H., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Enhancing Sorghum Productivity with Methyur, Kamethur, and Ivin Plant Growth Regulators. Biology and Life Sciences Forum. 2023. Vol. 27, N 1. P. 36. DOI: 10.3390/IECAG2023-15222.*

26. *Kovalenko O.A., Mikolaychuk V.G., Tsygankova V. A., Andreev A.M., Pilyo S.G., Brovarets V.S. Influence of the plant growth regulator Kamethur on the morphological features and yield of Chinese cowpea (Vigna sinensis L.). Sciences of Europe. 2025. Vol. 166, N 166. P. 3–17. DOI: 10.5281/zenodo.15654466. https://zenodo.org/records/15654466.*

27. *Pidlisnyuk V, Mamirova A, Newton RA, Stefanovska T, Zhukov O, Tsygankova V, Shapoval P. The role of plant growth regulators in Miscanthus × giganteus utilisation on soils contaminated with trace elements. Agronomy. 2022. Vol. 12, N 12. P. 2999. DOI: 10.3390/agronomy12122999.*

28. *Tsygankova V.A., Andreev A.M., Andrusevich Ya.V., Pilyo S.G., Brovarets V.S. Effect of plant growth regulators and fertilizers on the vegetative growth of sunflower (Helianthus annuus L.). The scientific heritage. 2023. Vol. 116, N 116. P. 3–9. DOI: 10.5281/zenodo.8129039.*

29. *Tsygankova V.A., Andreev A.M., Andrusevich Ya.V., Kopich V.M., Klyuchko S.V., Pilyo S.G., Brovarets V.S. Use of Ivin, Methyur, Kamethur and microfertilizers to improve the growth of oilseed flax (Linum usitatissimum L.). Annali d'Italia. 2023. Vol. 48. P. 3–10. DOI: 10.5281/zenodo.10034698.*

30. *Tsygankova V.A., Andreev A.M., Andrusevich Ya.V., Kopich V.M., Pilyo S.G., Klyuchko S.V., Brovarets V.S. Synergistic effect of synthetic plant growth regulators and microfertilizers on the growth of canola (Brassica napus L.). Danish Scientific Journal (DSJ). 2023. Vol. 1, N 77. P. 8–12. DOI: 10.5281/zenodo.10053315.*

31. *Tsygankova V.A., Andreev A.M., Andrusevich Ya.V., Kopich V.M., Pilyo S.G., Popilnichenko S.V., Azizov I.V., Brovarets V.S. Synergistic effect of synthetic plant growth regulators Ivin, Methyur, Kamethur and biofertilizers Rostok extra and Radix Tim forte+ on wheat growth during the vegetation period. Nov Tech Nutri Food Sci. 2025. Vol. 8, N 4. P. 879 – 890. DOI: 10.31031/NTNF.2025.08.000694.*

32. *Васецька О.П. Комбінована дія регуляторів росту рослин на основі похідних N-оксид піридину та деяких пестицидів різних хімічних груп. Сучасні проблеми токсикології, харчової та хімічної безпеки. 2017. Т. 3. С. 26–33. DOI 10.33273/2663-4570.*

33. *Vasetska O., Zhminko P., Prodanchuk M., Galkin A., Tsygankova V. Perspective for using 2,6-dimethylpyridine-N-oxide to reduce the toxic effect of xenobiotics in mammals. J Adv Pharm Educ Res. 2022. Vol. 12, N 1. P. 21–29. https://doi.org/10.51847/TXCxI0PsO1.*

Economic sciences

STRUCTURAL CHARACTERISTICS OF THE WORKFORCE IN THE PROCESSING INDUSTRY AND ECONOMIC ASSESSMENT OF ITS USE

Muradlı Nijat Rashad
Institute of Economics, Ministry of Science and Education of the Republic of Azerbaijan, Azerbaijan

Abstract

This study examines the structural characteristics of the workforce in Azerbaijan's manufacturing industry and provides an economic assessment of its utilization. The manufacturing sector plays a leading role in the country's industrial system and GDP formation, accounting for approximately 73% of all industrial employees as of early 2025. Although the number of workers in the sector declined 2.5 times between 1991 and 2024, the period of 2020–2024 was marked by renewed growth driven by structural modernization, the establishment of new enterprises, and the expansion of micro, small, and medium-sized businesses.

Employment dynamics across subsectors are uneven. Over the past five years, nine manufacturing subsectors recorded a 1.2–11.5-fold increase in the number of employees, while the number of female workers grew by 115.3%. Despite this, employment in high-technology fields—such as pharmaceuticals, electronics, and optical products—remains extremely low, indicating structural imbalance and insufficient investment, regional disparities, and limited workforce training capacity.

Regional distribution also reveals significant disproportions. While 66.6% of manufacturing workers are concentrated in the Baku–Absheron economic region, only 31.8% of the population resides there. In several regions, the gap between population share and industrial employment is two to three times higher. Rising unemployment in some areas and gender mismatches across subsectors further intensify labor market inefficiencies.

During the past five years, investments in manufacturing have sharply declined: domestic investments fell by 45.7% and foreign investments by 89.6%, slowing modernization and productivity growth. Although the number of manufacturing enterprises increased 1.7 times to 4,259, most operate on a small scale, limiting opportunities for mass production and innovation.

Overall, ensuring efficient workforce utilization in the manufacturing sector requires restoring investment inflows, improving regional distribution of industrial activities, strengthening gender balance, advancing workforce training, and optimizing the inter-sectoral structure of manufacturing.

Keywords: *labor force structure, employment dynamics, high-tech manufacturing, regional imbalance, industrial investments, women's employment, SMEs (micro, small and medium-sized enterprises), industrial modernization*

Introduction

The manufacturing industry accounts for a significant portion of the GDP (Gross Domestic Product) generated in the country's economy, including in the industrial sector; the number of employees in the country's economy, including in the industrial sector, and plays an important role in the country's socio-economic development. Therefore, there is a great need to analyze and assess the state of labor utilization in the manufacturing industry and develop proposals and recommendations for their effective use.

Analysis and assessment of the situation of labor utilization in the processing industry

The processing industry is an important part of the Azerbaijani economy and is one of the types of economic activity that includes the majority of wage workers in the country's industry. Thus, according to official data as of the beginning of 2025, 293.8 thousand people or 5.8 percent. [1, p. 19].

of the 5,029.8 thousand people employed in the republic's economy, and approximately 73.0 percent of the 408.4 thousand people employed in the industrial sector, fall into the processing industry[1, p. 20]. These official data give reason to say that the processing industry plays an important role in providing employment in the country. Overall, despite the fact that during the years of independence (1991-2024), the number of employees in the processing industry of our country decreased by 212.1 thousand people or more than 2.5 times, from 348.1 thousand to 136.0 thousand people, during

the last 5 years of our independence (2000-2024), the number of employees here increased by 4.3 thousand people or 103.3 percent, from 131.7 thousand to 136.0 thousand people. If this increase occurred in only two areas of the processing sector during the years of independence (1991-2024), namely paper and cardboard production and the chemical industry, then during the last 5 years of our independence (2020-2024), it occurred in 9 of the 24 areas operating in this sector, or rather in 37.5 percent, namely in the production of food products (more than 2.8 times); It has manifested itself in the production of beverages (more than 1.9 times); in the production of leather and leather products, footwear (more than 1.8 times); in the production of paper and cardboard (11.5 times); in printing products (108.7 percent); in the production of rubber and plastic products (132.7 percent); in the production of construction materials (121.4 percent); in the production of finished metal products (140.0 percent); in the production of automobiles and trailers (112.5 percent). The number of hired workers in 15, i.e. 62.5 percent of the processing industry has decreased with fluctuations from 5.9 percent (metallurgical industry) to 86.0 percent (manufacturing of finished metals), and some of them have closed down.

One of the main indicators characterizing the state of labor utilization in the processing industry is the changes in the gender composition of hired workers in those areas. Despite the fact that over the past 5 years (2020-2024), the number of women hired in the processing industry of the republic has increased by 115.3 percent, from 32,160 to 37,067 people, in the production of food products it has increased by 138.4 percent, from 9,903 to 13,706 people; in the production of tobacco products it has increased by 132.1 percent, from 212 to 280 people; in the field of clothing production it has increased by approximately 1.7 times (167.7 percent), from 1,946 to 3,264 people; in the field of paper and cardboard production it has increased by 145.3 percent, from 550 to 749 people; in the field of printing products it has increased by 136.4 percent, from 607 to 828 people; In the field of pharmaceutical production, the number of women employed increased by more than 1.6 people (162.1 percent) from 129 to 210 people; in the field of finished metal products, the number increased by 100.9 percent from 402 to 406 people; in the field of machinery and equipment production, the number increased by 138.4 percent from 95 to 137 people; in the field of furniture production, the number increased by 124.4 percent from 1,438 to 1,717 people; in the field of petroleum products production, the number increased by approximately 1.7 times (168.2 percent) from 264 to 444 people; and finally, in the field of machinery and equipment production, the number increased by approximately 1.9 times (188.7 percent) from 638 to 1,204 people, although the number of women employed in a number of its sectors decreased, fluctuating between 0.2 percent (construction materials production) and 81 percent (petroleum products production). As a result of all these changes, the share of women among wage earners in a group of manufacturing industries increased by 0.9 percentage points (manufacture of leather and leather products and footwear) to 8.8 percentage points (manufacture of pharmaceutical products); in others, it decreased by 0.2 percentage points (manufacture of paper and cardboard, machinery and equipment) to 6.8 percentage points (manufacture of petroleum products).

One of the indicators characterizing the state of labor utilization in the processing industry is the distribution of those employed in that sector among the country's economic regions. According to official statistics for 2024, currently 66.6 percent of those employed in the processing industry, including 71.2 percent of women, are in the Baku city and Absheron-Khizi economic regions, where only 31.8 percent of the country's population, including 32.0 percent of women, are located, and 33.6 and 28.8 percent, respectively, are in the economic regions, where 65.2 percent of the country's population, including 68.0 percent of women, are located. The distribution of the processing industry sectors of our republic is unsatisfactory in terms of ensuring the effective employment of the population settled in the country's economic regions, including the labor force, and reducing the unemployment rate. The data also show that in most economic regions of our republic, the necessary balance has not been created between the specific weight of the settled population and the specific weight of those employed in the processing industry, including women, and there are sharp differences in this area. Thus, in the Upper Shirvan region, where 5.9 percent of the country's population, including 5.9 percent of women, is settled, only 1.9 percent of those employed in the processing industry, and 1.3 percent of women, respectively, in the Karabakh economic region it is 7.4 and 7.7 percent and 2.8 and 2.1 percent; in the Lankaran-Astara economic region it is 9.2 and 9.1 percent and 3.0 and 2.8 percent; in the Gazakh-Tovuz economic region it is 6.6 and 6.6 and 2.7 and 1.6 percent. This means that currently the difference between the specific weight of the settled population and the specific weight of those employed in the processing industry in different economic regions of the country is more than 2-3 times. This shows that when creating new jobs in the country, the quantitative and qualitative composition of the workforce in different regions is

not properly assessed and taken into account. As a result of such circumstances, the unemployment rate of the economically active population in different economic regions of our country is significantly different.

Despite the fact that the unemployment rate has decreased by 1.9 percentage points nationwide over the past 5 years (2020-2024), it has increased by 3.5 percentage points in the Nakhchivan Autonomous Republic, from 0.1 percent to 3.6 percent; in Sheki-Zagatala, it has increased by 0.8 percentage points, from 4.7 percent to 5.5 percent; and in the remaining economic regions, it has decreased by 1.0 percentage points (Eastern-Zangezur) to 2.8 percentage points (Guba-Khachmaz and Lankaran-Astara). Therefore, relevant state and government bodies and entrepreneurs should take care of creating new jobs in areas with a high number of unemployed people and unemployment rates in order to achieve balanced development of various regions of our country. At this time, special attention should be paid to the gender composition of the unemployed, and special attention should be paid to creating a balance between the areas where male and female labor is preferentially applied. Because, due to the lack of a sufficient number of appropriate workplaces for the preferential application of male labor in some economic regions and female labor in others, men are used in workplaces suitable for the application of female labor in the first economic regions we mentioned, and women's labor is used in workplaces suitable for the application of male labor in the second economic regions we mentioned. This situation is manifested in different ways in different areas of the processing industry.

This can be seen from the fact that currently 63.0-67.0 percent of those working in industries such as textile, food production, printing and other industries where women's labor is widely used are men. Ensuring effective employment of the population in our republic and its individual economic regions requires the development and proper placement of processing industries, especially those where women's labor is predominantly used, along with other industries. For this, special care should be taken to develop these industries and the volume of investments in their development should be increased. However, unfortunately, over the past 5 years (2020-2024), the amount of domestic investment in fixed capital in the country's processing industry has decreased instead of increasing. Thus, during the mentioned period, the amount of domestic investment directed to fixed capital in the country's industry decreased by 4.2 percent, from 5.2 billion manat to 5.0 billion manat, including a 45.7 percent decrease in the processing industry, from 2.6 billion manat to 1.4 billion manat[2, p. 64.], and accordingly, the amount of foreign investment in industry decreased by 26.0 percent, from 3.8 billion manat to 2.8 billion manat, and in the processing industry, by 89.6 percent, from 2.0 billion manat to 20.7 million manat. [2, p. 77].

However, despite this, over the past 5 years (2000-2024), the number of processing industry enterprises operating in the country has increased by approximately 1.7 times (169.3 percent), from 2,515 to 4,259, including the number of enterprises producing food products by 146.6 percent, from 487 to 714; the number of enterprises producing beverages by approximately 1.6 times (159.5 percent), from 131 to 209; the number of enterprises producing clothing by more than 1.7 times (174.1 percent), from 112 to 195; the number of enterprises producing printing products by more than 1.6 times (161.0 percent), from 177 to 277; the number of rubber and plastic products manufacturing enterprises increased by approximately 1.7 times (169.4 percent), from 147 to 249; the number of chemical industry enterprises increased by approximately 2.0 times (198.2 percent), from 110 to 218; the number of finished metal products manufacturing enterprises increased by more than 1.6 times (165.8 percent), from 115 to 257; the number of construction materials manufacturing enterprises increased by more than 1.5 times (153.4 percent), from 266 to 408; the number of machinery and equipment installation and repair enterprises increased by more than 2.2 times (224.9 percent), from 225 to 506; the number of metallurgical industry enterprises increased by approximately 1.9 times (186.4 percent), from 59 to 114. [3, p. 31-32].

In general, during the mentioned period, the number of processing industrial enterprises in the country increased by 131.3 percent (production of computer, electronic and optical products) to 226.6 percent (production of furniture). However, it should also be noted here that according to official statistics for 2024, the number of employees in 4259 industrial enterprises operating mainly in 24 processing industries of our republic was 135972 people, or on average, the number of employees in each enterprise was 32 people. Of those 24 industries, 4, or 16.7 percent, employed an average of only 8-15 people each (of which 88 enterprises operating in the field of wood processing and production of wood products other than furniture employed an average of 8 people each; 277 enterprises producing printing products and 42 enterprises producing computer, electronic and optical products employed an average of 9 people each; 24 enterprises producing pharmaceutical products employed an average of 15 people each); 8, i.e. 33.3 percent, each employed an average of 16-30 people (of which 257 enterprises

producing finished metal products; 114 enterprises producing other industrial products and 506 enterprises engaged in the installation and repair of machinery and equipment employed an average of 16 people each; 37 enterprises producing leather and leather products, footwear employed an average of 18 people each; 195 enterprises producing clothing employed an average of 23 people each; 86 enterprises producing paper and cardboard employed an average of 26 people each; 249 enterprises producing rubber and plastic products employed an average of 27 people each; and 408 enterprises producing construction materials employed an average of 29 people each); 6, or 25 percent, each employed an average of 31-50 people (of which 278 enterprises producing furniture employed an average of 31 people each; 108 enterprises producing electrical and equipment employed an average of 100 people each); an average of 32 people in each enterprise; an average of 33 people in each of the 209 enterprises producing beverages; an average of 35 people in each of the 25 enterprises producing automobiles, trailers and semi-trailers; 218 chemical industry enterprises employed an average of 39 people each, 714 enterprises producing food products employed an average of 49 people each) and finally 6, i.e. 25 percent, are industrial sectors employing an average of 50 or more people each (of which 31 enterprises producing other means of transport employed an average of 51 people each; 120 enterprises producing machinery and equipment employed an average of 52 people each; 114 metallurgical industry enterprises employed an average of 56 people each; 23 enterprises producing construction products employed an average of 70 people each; 116 textile enterprises employed an average of 73 people each; and 20 enterprises producing petroleum products employed an average of approximately 200 people each). All this shows that currently the majority of industrial enterprises operating in the processing industry of our country, that is, 75.0 percent, are enterprises with an average of 8-50 employees each. [3, p. 31-32.]. This can also be clearly seen from the division of business entities operating in the processing industry of the country between micro, small and medium-sized business entities. According to official statistics for 2024, 63.3 percent of business entities operating in the processing industry of our republic are micro business entities, varying between 52.2 percent (production of tobacco products) and 86.6 percent (production of printing products) in individual production areas; 21.5 percent are small business entities, varying between 5.0 percent (production of petroleum products) and 33.7 percent (production of paper and cardboard) in individual production areas; 13.2 percent falls to medium-sized businesses, with 4.0 percent (production of printing products) in individual production areas. [3, p. 37-38]. It should also be noted that the average monthly nominal wage of those currently employed in the processing industry is significantly lower than that of the country's industry. Thus, in 2024, the average monthly nominal wage of those employed in the country's industry will be 1561.7 manats, 3561.4 manats in the mining industry, 1097.1 manats in the production, distribution and supply of electricity, gas and steam, and 905.3 manats in the processing industry. In other words, the average monthly nominal wage of those employed in the processing industry is 1.7 times lower than that of the country's industry, and 3.9 times lower than that of the mining industry [1, p. 61.]. It is no coincidence that over the past 10 years (2015-2024), 75.8-84.5 percent of those who left their jobs in the country's economy, and 62.5-74.4 percent in the mining industry, fell on those who left their jobs at their own request, while this indicator fluctuated significantly higher in the processing industry, i.e. between 78.4-88.6 [1, p. 41]. During the mentioned period, the number of those who left their jobs in the processing industry each year amounted to approximately 88-89 percent of those hired [1, p 34]. It is an undeniable fact that currently a significant part of those employed in the processing industry work in workplaces that do not meet sanitary and hygienic conditions, including 35.4 percent in workplaces where noise exceeds the norm, 33.5 percent in workplaces where harmful chemicals are present, and 20.5 percent in workplaces where ventilation (vibrations) exceeds the norm, of which 14-15 percent are women[1, p. 61]. As a result, it creates significant difficulties in ensuring the stability of the workforce in the mentioned industry. The results of our research show that, as in the country's industry as a whole, effective measures are not being taken to improve the unfavorable working conditions that have been going on for many years in the processing industry and to increase the stability of the workforce. As a result, the workforce is not being used effectively in the processing industry, as in other industries.

References

1. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. Labor market. Statistical bulletin. Baku, (2025). https://www.stat.gov.az/source/labour/

2. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. Construction in Azerbaijan. Statistical bulletin. Baku, (2025). https://www.stat.gov.az/source/construction/

3. State Statistical Committee of the Republic of Azerbaijan. Industry of Azerbaijan. Statistical bulletin. Baku, (2025). https://www.stat.gov.az/source/industry/

MEASURES FOR IMPROVING THE ACCOUNTING AND UTILIZATION OF FIXED ASSETS

Toilybek T.G.
Master of Science, Senior Lecturer,
Turan University, Almaty, Republic of Kazakhstan
Sairan A.A.
Student of the Educational Program Accounting and Audit,
Turan University, Almaty, Republic of Kazakhstan

Abstract

This article examines the current state of fixed asset accounting and utilization at enterprises and develops a set of effective measures aimed at improving these processes. The relevance of the research is determined by the growing need to enhance production efficiency and reduce operational costs-objectives that cannot be achieved without the rational management of long-term assets. The study explores key challenges arising in the processes of inventorying, depreciation, and monitoring the movement of fixed assets, including the underlying causes of insufficient asset utilization efficiency.

A comprehensive set of practical recommendations is proposed to optimize the use of the vehicle fleet with the goal of reducing idle time and improving capital productivity, as well as to increase the economic return on capital investments through fleet renewal and modernization.

Special attention is devoted to improving the qualifications of accounting personnel and establishing a transparent information system to support managerial decision-making. The findings of the study may be useful to executives, financial managers, and accountants seeking to enhance the accuracy of fixed asset accounting and the effectiveness of asset management.

Keywords: *fixed assets, fixed asset accounting, asset utilization, depreciation, inventory, efficiency of asset use, capital productivity*

Introduction

Effective management of fixed assets and other non-current resources is a fundamental prerequisite for ensuring sustainable development and long-term business performance. The operational efficiency of any enterprise largely depends on the rational utilization and proper maintenance of its fixed assets. Accounting for these assets represents one of the most critical areas of financial reporting, as fixed assets constitute a substantial portion of an organization's asset base.

The primary objectives of fixed asset accounting include accurate documentation of all transactions, reliable valuation for proper representation in financial statements, safeguarding of assets, and ensuring their efficient utilization. As noted by Golskaia Yu. N., Luniōnok A. V., and Ubugunov D. A., a well-structured accounting system combined with a systematic analytical approach enables enterprises to identify reserves for improving asset utilization efficiency, reduce costs, and increase profitability.

Achieving these objectives ensures the formation of reliable and objective information on fixed assets, which is highly valuable to stakeholders, including investors and creditors. From an economic perspective, efficiency reflects the performance of a system as expressed through the relationship between achieved results and the resources used.

Fixed assets play a pivotal role in the activities of Rozali Trans Company, ensuring the uninterrupted execution of passenger transportation services. Effective asset management directly affects the company's financial stability, service quality, and competitive standing.

For Rozali Trans, efficient utilization of fixed assets implies maximizing the operational return on the vehicle fleet and infrastructure. Competent fixed asset management contributes to increased labor productivity, reduced operating costs, improved profitability of transportation services, and enhanced company earnings.

However, like any transport enterprise, Rozali Trans faces several challenges associated with fleet depreciation, high maintenance and operational costs, and insufficient digitalization of accounting processes. Identifying and analyzing these issues is essential for developing effective measures to eliminate inefficiencies and improve the economic performance of fixed asset utilization.

Analysis

A detailed analysis of the efficiency of fixed asset utilization reveals several critical problems that negatively affect the company's financial outcomes and overall operational performance.

1. Decline in Fixed Asset Profitability

Fixed asset profitability is an important indicator demonstrating how effectively a company employs its capital assets to generate profit. An examination of indicators for 2023–2025 shows that the profitability of fixed assets at Rozali Trans initially increased—from 10.15% in 2023 to 10.79% in 2024—but then declined slightly to 10.53% in 2025. This may signal rising maintenance costs, which could ultimately reduce profitability if the trend continues.

Despite profit growth, rapid expansion of fixed asset value has outpaced the increase in returns, indicating that investments may not yet be generating adequate income. Possible reasons include:

- *High capital investments in newly acquired assets that have not yet generated revenue (e.g., unused buses awaiting suitable routes or passenger demand).*
- *Underutilization of existing assets, particularly idle vehicles that continue to incur maintenance, tax, and insurance costs without producing revenue.*
- *Escalating operational and maintenance expenses due to rising fuel prices, spare parts, and repair costs that are not offset by corresponding increases in revenue.*

If the downward trend in profitability continues, several risks may arise:

- *Financial constraints caused by growing asset maintenance costs.*
- *Capital tied up in low-return assets, reducing investment flexibility.*
- *The need to reconsider asset investment strategy to ensure that acquired vehicles and equipment are used at full capacity.*

2. Issues with Vehicle Fleet Utilization

The fleet constitutes 83.47% of all fixed assets, making its efficient use critical to profitability. The analysis shows that capital productivity (output-to-assets ratio) increased steadily—from 1.41 in 2023 to 1.46 in 2024, and 1.47 in 2025. Although the trend is positive, the growth rate has slowed significantly, suggesting underutilization potential.

Capital intensity (the inverse of capital productivity) declined from 0.71 in 2023 to 0.68 in 2024–2025, indicating improved efficiency. However, the stagnation in 2025 may reflect a slowdown in operational improvements.

Possible causes include:

- *Vehicle idle time due to fluctuating passenger demand and seasonal variations.*
- *High repair and maintenance costs associated with aging buses.*
- *Low efficiency of certain routes, where passenger traffic is insufficient to cover operating expenses.*

3. Decline in Capital–Labor Ratio Amid Workforce Growth

The capital–labor ratio reflects the fixed asset value available per employee. Ideally, it should increase; however, at Rozali Trans the opposite trend is observed.

- *Workforce increased from 229 employees (2023) to 250 (2024) and 268 (2025).*
- *Capital–labor ratio decreased from 15,722.5 thousand KZT/employee to 15,398.9 and 15,306.4 in 2025.*
- *Labor productivity fluctuated minimally and even declined in 2025.*

Reasons include:

- *Faster growth in workforce than in fixed assets (+17% staff vs. +13.94% fixed assets).*
- *Slow fleet renewal.*
- *Insufficient investment in automation and digital systems, shifting workload to manual labor instead of technology.*

4. Problems in Investment Planning for Fixed Assets

Despite a fleet renewal coefficient of 8.53%, efficiency indicators did not improve. Issues include:

- *Weak feasibility analysis before acquiring vehicles.*
- *Inadequate evaluation of investment returns.*
- *High depreciation burden decreasing profitability.*

Main Problems Summary

Table 1 summarizes the principal problems associated with fixed asset management and their consequences for Rozali Trans. Their identification forms the foundation for optimizing accounting, asset utilization, and capital investment policies.

Table 1

Identified Fixed Assets Management Problems and Their Consequences at Firma Rozali Trans

Problem	Consequences
Decline in Fleet Profitability	Increased financial burden, extended payback period for investments, reduced profit.
Insufficient Vehicle Utilization	Bus downtime, missed revenue opportunities, reduced Fund Yield.
High Cost of Transportation Services	Potential need for tariff increases, reduced company competitiveness.
Decreased Capital-Labor Ratio	Reduced labor productivity, insufficient vehicles per employee, increased downtime.
Inefficient Routing	Long routes, low bus occupancy, operation on unprofitable routes.
Slow Adoption of Digital Technologies	Losses on inefficient routes, reduced quality of fleet management, customer loss.

Note – Compiled by the author

Thus, the identified problems exert a negative impact on the company's financial results as well as on the overall quality of the services provided. Addressing these issues requires a comprehensive and integrated approach that includes fleet modernization, the implementation of digital technologies, and the enhancement of fixed asset accounting efficiency. The following sections outline measures aimed at resolving these issues and improving the effectiveness of fixed asset management. Based on the analysis of the existing problems in fixed asset management at Rozali Trans, a number of concrete measures can be proposed to optimize the utilization of the vehicle fleet and other fixed assets. These measures are intended to increase profitability, reduce operational costs, and strengthen the company's overall financial stability.

Recommendations

1. Optimization of Fleet Utilization to Reduce Idle Time and Increase Capital Productivity

One of the most significant factors reducing the efficiency of fixed asset utilization at Rozali Trans is the uneven workload of vehicles and the occurrence of idle periods, especially during low-demand seasons. Idling leads to revenue losses, increases unit transportation costs, and results in the inefficient use of labor and material resources.

To enhance capital productivity and reduce idle time, it is recommended to implement an automated route planning and scheduling system. Modern transport logistics software uses historical passenger flow data, seasonal and weather variations, traffic conditions, and other environmental factors to optimize routes and schedules. Such systems ensure a more rational distribution of vehicles throughout the day and week, maximizing their utilization without overloads or unnecessary downtime.

Effective fixed asset management must be based on systematic monitoring of technical condition, workload, and economic performance, enabling timely identification of operational reserves and efficiency improvements.

Additionally, flexible fleet scheduling should be introduced:

- *increase the number of trips and vehicles during peak hours;*
- *reduce the fleet during periods of low demand;*
- *replace large buses with smaller, more economical units when appropriate;*
- *combine routes where feasible.*

This approach improves labor productivity, increases capital productivity, and reduces fuel, repair, and maintenance costs.

2. Increasing Economic Returns on Capital Investments Through Fleet Renewal and Modernization

The analysis showed that transportation vehicles represent over 83.47% of the company's fixed assets, yet their utilization efficiency remains insufficient. Declining profitability, slowing capital productivity growth, and increasing maintenance costs indicate significant physical and moral wear of the fleet.

A high-priority measure is the development and phased implementation of a long-term fleet renewal program based on a comprehensive evaluation of each vehicle's condition, service life, technical characteristics, breakdown frequency, and maintenance expenses. Seasonal passenger flow fluctuations, route structure, and regional transport development trends must also be considered to determine optimal replacement intervals and select the most suitable vehicle models.

In choosing new vehicles, preference should be given to modern, energy-efficient, and environmentally sustainable buses, particularly those with low fuel consumption or operating on gas or electric power. Such investments reduce operating costs, improve environmental outcomes, and align the company with international transport standards.

Simultaneously, fixed asset inventory procedures should be improved. Although an automated accounting system is in place, further enhancement is possible through the adoption of digital tools.

Technologies such as QR codes and RFID tags for marking vehicles and equipment facilitate faster, more transparent inventory processes and reduce risks of shortages, duplication, or inaccurate asset reporting.

Automated inventory procedures significantly reduce labor intensity, increase data accuracy, and minimize the risk of errors or asset misrepresentation.

Thus, the combination of fleet modernization and advanced inventory technologies will improve capital investment efficiency, reduce operating costs, and enhance the long-term operational performance of Rozali Trans.

3. Improving the Quality of Fixed Asset Accounting Through Digital Technologies

Achieving high accuracy and timeliness in accounting and managerial reporting requires modernization of the accounting system through digital transformation. Drawing from international best practices, substantial potential exists for further integration of advanced technologies.

Enhancing current systems through integration with Intelligent Transport Systems (ITS) and Internet of Things (IoT) technologies supports lifecycle management of fixed assets, reducing maintenance costs, minimizing the risks of unexpected downtime, optimizing service schedules, and improving overall fleet efficiency.

Chinese Experience — IoT Integration for Fleet Management

In China, IoT technologies are widely used in fleet management. Sensors installed on vehicles collect real-time data such as mileage, fuel consumption, engine temperature, tire pressure, oil level, and brake wear. These data are transmitted to a centralized system where they are analyzed to facilitate predictive maintenance.

For Rozali Trans, implementing IoT would mean transitioning to a fundamentally new level of asset lifecycle management. Predictive maintenance reduces breakdowns, prevents costly downtime, increases reliability, and extends vehicle life—critical for high-intensity urban and suburban operations.

IoT also enables usage-based depreciation models, which more accurately reflect real asset consumption and improve financial reporting quality.

Japanese Experience — ITS and Automated Maintenance

Japan emphasizes intelligent transport systems and automated service technologies. Robotic maintenance stations equipped with diagnostic systems reduce downtime, minimize repair labor, and improve service accuracy.

Adopting even partial ITS components—such as automated diagnostic modules or robotic testing stands—would accelerate maintenance processes at Rozali Trans and ensure timely fleet deployment.

ITS systems also analyze route conditions, traffic density, weather, and emergencies, allowing automatic schedule adjustments and optimized route planning. This enhances service quality and operational adaptability.

Thus, combining Chinese IoT solutions with Japanese ITS technologies would lead Rozali Trans toward full digital transformation, increasing accounting accuracy, reducing expenses, and strengthening the company's competitive position.

4. Enhancing Investment Policy for Fixed Asset Management

One of the identified issues is the inefficiency of investment decisions concerning asset acquisition and renewal. Despite a high renewal coefficient, key performance indicators (profitability, labor productivity, and capital productivity) show no significant improvement.

Therefore, investment policy must be strengthened.

Firstly, a standardized procedure for evaluating all planned capital investments should be introduced using:

- *Payback period*
- *Net Present Value (NPV)*
- *Internal Rate of Return (IRR)*

These metrics allow management to make informed investment decisions aligned with both short-term operational needs and long-term strategic objectives.

A monitoring system for post-investment performance should also be established to evaluate actual returns from new assets. This includes assessing revenue growth, cost reduction, and productivity improvements. Underperforming investments must trigger strategic adjustments.

Conclusion

The implementation of an enhanced investment policy based on comprehensive economic evaluation will ensure the rational use of limited resources and foster long-term efficiency gains.

The proposed measures for improving fixed asset accounting and utilization at Rozali Trans encompass key operational, technological, and financial dimensions — from technical modernization to

accounting reform and investment optimization. Their implementation will eliminate current shortcomings, strengthen financial stability, and expand the company's competitive advantages in the passenger transportation market.

References

1. *Golova, E. V., & Gorelova, K. V. (2021). Problems of Fixed Asset Accounting in Transport Enterprises.*
2. *Panina, V. Yu. (2021). Assessing the Effectiveness of Fixed Asset Management Systems.*
3. *Zdorovtsova, V. A. (2021). Automation of Inventory Procedures as a Tool for Improving Fixed Asset Accounting. Economics and Society, (2-1) 81.*
4. *Kudbiev, D., & Mamarasulov, D. (2024). Improving Fixed Asset Accounting According to IFRS Requirements. Nashrlar, 81–84.*
5. *Ovsiychuk, M. F., & Demina, I. D. (2010). Key Directions for Improving Fixed Asset Accounting and Depreciation Practices. All for the Accountant, (3).*

Historical sciences

THE PUBLICATION HISTORY OF THE NEWSPAPER "SHARG GAPISI"

Sura Seyid
Doctor of philosophy in philology, associate professor
Nakhchivan State University
https://orcid.org/0000-0002-5628-0959

Abstract

Article studies the formation and developmental path of the newspaper Sharg Gapisi stage by stage, leading to scientifically important conclusions. On a professional level, it studies and clarifies the relations of such gazettes published at the beginning of the XX century as Javanlar Hayati [Youth Life], Fugara Sesi [The Poor's Voice], Adabiyyat gazeti [The Newspaper Literature], Syurat [Speed] with the newspaper Sharg Gapisi, their place in the publication history of this newspaper and their impact on it. Owing to the close familiarity with the archival records, materials from the periodicals, and the careful study of the existing scientific literature, the long course made by the newspaper Sharg Gapisi has been studied and generalized in correlation with the main stages of development of this gazette, and its creative trends. Seyid Sura Namidar gyzy has studied the issue of the newspaper Sharg Gapisi and the literary community from 2 perspectives and in 2 chapters. First of all, the issues such as the creation and formation of the Writers' Organization in Nakhchivan, the impact of the newspaper on the literary process in different periods, the role of the literary community on the evolution process of the creative forces have become the subject matter of the scientific research. The issues related to the important place of the newspaper Sharg Gapisi in the literary process from the beginning of the XX century to the present period of independence and its significant impact on it have been competently studied and analyzed.

Keywords: newspaper, Nakhchivan, literary,independence, Sharg gapisi, scientific

*"I have been brought up under the influence of the newspaper **Sharg Gapisi**. While I was still young, studying at the secondary school and pedagogical technical school, I made a lot of use of the newspaper Sharg Gapisi to learn about different issues… … Ever since I recollect it as a prestigious newspaper".*
HEYDAR ALIYEV

The newspaper Sharg Gapisi, which has maintained and developed the rich traditions of the Azerbaijani press enjoying the history of 135 years, shed the light of enlightenment on the people, turned the chronicle of the Autonomous Republic of Nakhchivan into history on its pages, is distinguished by its great merits in the history of Nakhchivan.

The Soviet power attached great attention to the publication of periodicals and carried out a range of measures for this purpose.

And the establishment of a periodical was one of the first measures of the Nakhchivan Revolutionary Committee. In the first years of the revolution Communist, the newspaper of the Revolutionary Committee began its publication. Candidate of Philological Sciences, Associate Professor Latif Huseinzadeh pointed out that the schoolchildren and teachers with good handwriting had been involved in writing the newspaper. In his article he reported that the newspaper was issued in 50-60 copies in 2 pages handwritten in Arabic script (3). Corresponding Member of the Azerbaijan Academy of Sciences, Doctor of Chemical Sciences, Professor Jumshud Zulfugarly and Nemet Novruzov, who had long worked in high positions, had great merits in the publication of this periodical. After the newspaper had been prepared, it used to be hung on the walls in different places of the city. After a short while the publication was terminated as the sheets failed to meet the standards of that period.

The 100th issue of the newspaper Sharg Gapisi dated 31 March 1925 reported in this regard, "In early 1921 the Department of Interior Affairs of the Revolutionary Committee of the Country launched the publication of the newspaper named Communist in handwritten form that resembled the wall newspaper. The gazette was released once a week in 50 copies. After a while that newspaper had to be closed for a number of reasons. Further, until the relation with the centre was somewhat normalized, the Revolutionary Committee launched the publication of a two-page newspaper named Nakhrespublika in

Russian, taking the opportunity of availability of a type-writer (Amerikanka) with Russian script brought to Nakhchivan, it had nevertheless to be closed for the stated reasons again" (5).

Thus, as it is obvious from the report, in 1921 the Nakhchivan Revolutionary Committee brought from Baku the printing equipment with Arabic and Russian scripts, and two specialists to utilize the equipment. Launching the publication of 2 newspapers in 1921 was one of the first measures taken. One of these newspapers was the newspaper Nakhrespublika, the periodical of the Revolutionary Committee and the military unit which, due to challenges, terminated its publication after a short while, and the second was the newspaper published under the title Javanlar Hayati on Saturday since the 1st of November of that year. One of the interesting moments about it is that despite the fact that the 9th of November is recorded as the preliminary publication date on its cover page, all the scientific articles indicate the 1st of November as the date of the first issue of the newspaper. To clarify this issue one needs to refer to the article titled The First Komsomol Newspaper by Latif Huseinzadeh, "The newspaper Javanlar Hayati started its publication since the 1st of November 1921. (Due to some technical reasons, the newspaper was published on the 9th of November)" (4). The publication of the newspaper Javanlar Hayati was mainly aimed at publishing the main issues faced by the Azerbaijani Komsomol and the orders and guidelines of the party and state, presenting the novelties of the then social life in all spheres to the people as the periodical of the Nakhchivan Provincial Komsomol Committee.

Writer-journalist Akif Akhundov reasons the foundation of the press in Nakhchivan as follows, "Following the policy pursued by bolshevism, many of the people with independent, progressive ideas had fled the country. Also, some were arrested. And the few writers, who had remained in Nakhchivan, were at a loss. The themes on love, the praise of the Motherland, nature didn't work any more. It was required that the victory of socialism, the glorious October, the Communist Party, the Red Army, internationalism be praised. Most of the poets and writers failed to keep to this 'framework' and were exposed to threats and persecutions because of the allegorical words they had used in their works. Few young poets, yet deceived by the sweet and fictional words of the new power, continued writing poems in the praise of the Soviet government. However, such examples were like a drop in the ocean. The dominant ideology was to be praised every day, every minute. Otherwise, the foundations of socialism, which were built on false promises, would have shattered. The way-out was found. In November 1921 the newspaper Javanlar Hayati started its publication in Nakhchivan" (1).

Javanlar Hayati was printed in Arabic script on a sheet of small size. Above the first line of the newspaper was recorded "The 9th of November 1921, also 1340 by Hijri Calendar". In the mid of the page Javanlar Hayati (in Russian Jizn molodyoji) was indicated as the title of the newspaper. To the right it was written, "Nashiri-afkari [The press organ] is the Country Committee of the Youth League of the Socialist Soviet Republic of Nakhchivan". The publication of the newspaper with the circulation of less than 100-150 copies was often stopped due to the lack of printing equipment, the illiteracy of the population. The first issue of the newspaper published under the motto "The Proletariat of the entire world, unite!" presented the articles titled The 1st of November, The Children's Week, The Report of the Territorial Commissariat and other issues (2).

The editorial headlined The 1st of November informed about the necessity in publishing the newspaper and its future activity, "Today the Nakhchivan Country Committee of the Azerbaijan Youth League initiated the publication of this newspaper in Nakhchivan. The newspaper will enable the young workers and peasants to learn profoundly about the Youth League, the role of the youth in the future of the world. We are sure that the path taken by our honored and competent youth with love and dedication and the responsibility we have taken will be fulfilled in future" (2).

The Children's Week dealt with the obligations of the Komsomol in the organization and celebration of the Children's week declared on the 1st of November by the People's Commissariat for Enlightenment in accordance with the decree of the Nakhchivan Central Revolutionary Committee. The Komsomol organization expressed its great role in the upbringing of the new generation from the very first day in the first issue of the newspaper, stating that "The children being our goals, the people should try their best to celebrate this week wonderfully".

The rubrics titled Nakhchivan news presented reports on the urgent socio-political issues of the Autonomous Republic. The article stated that on 29 October a telegram was sent to the Nakhchivan Country Committee by the Central Committee of the Azerbaijan Youth League. The telegram described the solemn celebration of the III anniversary of the Azerbaijan Komsomol in the Republic of Nakhchivan, like in all the regions of Azerbaijan. The article reflected the social activities carried out by the Nakhchivan Komsomol organization within the Republic as well as the history of the youth's struggle. The words Editor-in-chief Hamid were placed at the end of the newspaper'.

Beginning from December 1921 the newspaper was replaced by Fugara Sesi released in a larger size once a week. The following was written on the cover page of the newspaper, "It is a Turkish newspaper released once a week being the periodical – nashiri afkar [press organ] of the Nakhchivan National Committee of the Azerbaijan Communist (bolshevik) Party, Nakhchivan Soviet Socialist Republic, the Central Executive Committee and Trade Union Board" (6).

The article titled Nakhchivan's 85-year Rostrum in the issue of Sharg Gapisi dedicated to its 85th Jubilee suggested that the newspaper was not founded by Javanlar Hayati, and brought to the forefront this newspaper's being the periodical of the Youth League as the main fact. The author, who evaluated Fugara Sesi as an official newspaper of the local executive agencies, grounded his statements through the facts cited from history. Mammad Mammadov traced the foundation history of Sharg Gapisi to Fugara Sesi, on the basis of the citation from Gasim Taghiyev in the 50th Jubilee of the newspaper in 1971 that "Fugara Sesi became the first embryo of Sharg Gapisi whose 50th anniversary we are celebrating", the statement that "Javanlar Hayati had to be closed after functioning for a while" presented by one of the first journalists of the newspaper Latif Huseinzadeh, also the following lines from the poem Mubarak [Congratulations] by Muzaffar Nasirli, one of the first contributors of the newspaper,

"When the Sun rose at the Gate of the East,
Melting the darkness and strangling it in the light
Fugara Sesi reached the skies…"

Let us review some other historical facts. The foundation history of the newspaper was presented as follows in the 10th Jubilee issue of the newspaper Sharg Gapisi, "The first embryo of Sharg Gapisi, which celebrates today its 10th anniversary since the very first of November 1921, consisted of a small newspaper with three columns under the title Javanlar Hayati. A little later – beginning from the last weeks of 1921, this newspaper was replaced by Fugara Sesi. By covering economic and political issues of the country this weekly newspaper was gaining more and more prestige and growing its circulation day by day. After Azerbaijan obtained the necessary printing equipment in January 1922, Fugara Sesi granted its authorization to Sharg Gapisi whose ten-year Jubilee is being celebrated by us today" (7).

In the 60th Jubilee issue of Sharg Gapisi, Latif Huseinzadeh wrote in evaluation of this historical event, "continuing the revolutionary traditions of Javanlar Hayati, Fugara Sesi was published more perfectly than the former for its linguistic and stylistic features" (4).

No issue of the newspaper Fugara Sesi is preserved in our archives, thus it is hard to express any certain opinion about it. Also, there are questions concerning the fact whether the newspaper started its publication at the end of December or the beginning of January. The registration of the last days of December and the beginning of January as the dates of the 50th and 60th Jubilee issues of the newspaper, as well as the lack of reference to the 1st of November as the Jubilee date of the newspaper ever since have led to some contradictory ideas about the question.

And due to the incompatibility of some other historical facts with the above-mentioned information, it is still a question whether the predecessor of the newspaper Sharg Gapisi is Javanlar Hayati released at the beginning of November or Fugara Sesi published on the last days of December.

It would be appropriate to focus on another piece of historical information. In the special release of the newspaper dedicated to its 100th issue, the article titled Hundred Issues on the main page reads, "In 1922 the Country Party Committee started the release of the newspaper Fugara Sesi. After the release of some issues, this newspaper couldn't survive long either, like the previous ones, due to the lack of type-writing scripts and especially the deficit of paper" (5).

Further the author of the article recalled the foundation history of Sharg Gapisi as follows, "In 1922 when Comrade Ahmad Hashimov was acting as the People's Commissar for Enlightenment, through the negotiations with the government of Azerbaijan the present type-writers with some scripts were brought to Nakhchivan. Although following this event the publication of the newspaper titled Sharg Gapisi was launched by the Country Party Committee and the Central Executive Committee, the departure abroad of the editor-in-chief of the newspaper on the one hand, and the absence of correspondents, material shortage and some other reasons on the other resulted in the termination of the newspaper".

The printing and equipment questions of the newspaper were discussed at the board meeting of the Nakhchivan People's Commissars on 9 December 1922, and the necessary decision was adopted.

Further the article reads, "In 1923 the publication of the newspaper Sharg Gapisi started again by the initiative of Comrade Tahirov, the Secretary-in-charge of the Country Party Committee in connection with the day of establishment of the Sovietization of the Nakhchivan government. The newspaper has survived up to now" (5).

So, one can come to such a conclusion that the government was keen on the continuity of Fugara Sesi, as it was politically more important to proceed the publication of the periodical of the Youth League Javanlar Hayati in a broader format and content, being improved within a short period of time, and although the newspaper was restored under the title Sharg Gapisi in April 1922, it has managed to survive since the mid 1923.

The newspaper Sharg Gapisi was printed in Arabic until 1930, in Latin between 1930-1940, from 1940 to June 2001 in Cyrillic. Since that period up to now it has been printed in Latin script.

Literature

1. *Ахундов А.С. 1921-1930-жу илляр Нахчыван ядяби мцщити. «Шярг гапысы» гязети, Нахчыван, 2007, 20 сентйабр, №180*
2. *«Жаванлар щяйаты» гязети, Нахчыван, 1921, 9 нойабр, №1*
3. *Щцсейнзадя Л.Т. «Шярг гапысы»нын няшри тарихиндян. «Шярг гапысы» гязети, Нахчыван, 1971, 9 йанвар, №71*
4. *Щцсейнзадя Л.Т. Нахчыванда илк комсомол гязети. «Шярг гапысы» гязети, Нахчыван, 1977, 1 нойабр, №252*
5. *«Шярг гапысы» гязети, Нахчыван, 1925, 31 март, №22*
6. *«Шярг гапысы» гязети, Нахчыван, 2007, 20 сентйабр, №180*
7. *«Шярг гапысы» гязети, Нахчыван, 1931, 25 ийул, №22*

Jurisprudence

FAMILY REUNIFICATION IN SWEDISH LAW AND EU LAW – A COMPARATIVE ANALYSIS

Gunay Hasanova
LL.B. Jurist, Law Student, Department of Law
Faculty of Law, Stockholm University
Stockholm, Sweden
ORCID: 0009-0006-0070-6056

Abstract

This article provides a comparative legal analysis of family reunification in Swedish law and the European Union legal framework, mainly based on the Family Reunification Directive 2003/86/EC. The study examines the scope, legal principles, and practical application of the rules governing the right to family life for third-country nationals, as well as the evolution of Swedish legislation from a previously generous approach to the more restrictive system introduced after 2016. By analysing relevant provisions of the Aliens Act, the Temporary Law (2016–2021), case law from the Court of Justice of the European Union and the Swedish Migration Courts, the article identifies both convergence and divergence between Swedish and EU standards. Particular attention is given to rights of refugees and subsidiary protection beneficiaries, the application of maintenance and housing requirements, waiting periods, and the role of proportionality and the best interests of the child. The study concludes that while Sweden currently aligns closely with the EU minimum rules, several areas require reform to strengthen legal certainty, harmonisation, and the protection of family unity. Recommendations are provided for both national and EU-level improvements.

Keywords: Family Reunification; Sweden; EU Law; Directive 2003/86/EC; Aliens Act; Migration Law; Refugees; Subsidiary Protection; Maintenance Requirement; Best Interests of the Child; Comparative Legal Analysis; CJEU Case Law.

INTRODUCTION

Family reunification denotes the right of an individual to live together with their family, even when family members are located in different countries. This right is fundamental in both national and international law and is recognized, inter alia, through the right to family life in Article 8 of the European Convention on Human Rights and in UN conventions. In migration law, family reunification typically entails that a person lawfully residing in a country (the sponsor or reference person) applies for close relatives – usually a spouse or children – to be granted permission to come and live together with them. Family reunification is regarded as important both from a human rights perspective (to protect the family unit) and from an integration perspective, since a stable family situation facilitates newcomers' establishment in society. At the same time, states seek to regulate family immigration through various conditions to manage the scope of migration and protect, for example, the balance of the labour market or the welfare system. This balancing between the right to family life and the state's interest in control constitutes a central issue in the legal regulation of family reunification.

Within the European Union there is a common framework that sets minimum standards for family reunification of third-country nationals through the Family Reunification Directive (2003/86/EC). Each Member State, including Sweden, has its own national laws implementing these rules and in some cases going beyond the EU minimum. Historically, Sweden has had relatively generous rules for family immigration, but in recent years – particularly after the 2015 refugee crisis – the framework has been tightened to lie at the minimum level under EU law. This article aims, in an academic and legal context, to compare the Swedish regulatory framework for family reunification with EU rules, identify similarities and differences, and analyse the need for possible reforms. The study is based on current legislation, relevant directives, case law, and recent reform trends. The article is structured into sections addressing (1) the legal framework in the EU and Sweden, (2) a comparative analysis of the frameworks, (3) a discussion of reform needs, and (4) conclusions and recommendations for legislation and policy.

LEGAL FRAMEWORK

EU REGULATION ON FAMILY REUNIFICATION

The central EU legal instrument in this area is Council Directive 2003/86/EC on the right to family reunification, commonly referred to as the Family Reunification Directive. Adopted on 22 September 2003, the directive aims to establish common minimum provisions for facilitating family reunification for third-country nationals legally residing in the EU. According to the directive, family reunification should protect family unity and facilitate the integration of third-country nationals in the Member States. The directive applies to third-country nationals (non-EU citizens) who have been granted a residence permit of at least one year in a Member State and who have well-founded prospects of obtaining permanent residence. It does not apply to family members of EU citizens (whose right to family life is governed by other instruments, such as the Free Movement Directive 2004/38/EC), nor to persons who have merely applied for asylum and are awaiting a decision, nor to those covered by temporary protection schemes. The provisions of the directive are minimum rules – Member States may introduce or retain more favourable rules for family reunification than those prescribed by the directive.

Which family members are covered? The directive requires Member States to allow reunification at least with the nuclear family: spouse (or registered partner, in countries where this is recognized) and children under 18. Member States may impose a requirement that both spouses have reached a certain minimum age, at most 21 years, before a residence permit for a spouse is granted (a measure against forced marriages). They may also choose to allow reunification with additional categories, such as unmarried adult children or other relatives dependent on the sponsor (e.g., the sponsor's parents) – but this is optional for the Member State. The directive also distinguishes between refugees and other migrants: for persons with refugee status there are certain relaxations; for example, Member States shall facilitate family reunification for refugees' minor children and may not require the refugee to meet maintenance requirements if the application for family reunification is lodged within a certain period after refugee status has been granted. The directive originally did not formally cover the category of "subsidiary protection beneficiaries," since that protection status was not established in EU law when the directive was drafted in 2003. Over time, however, the EU, through the Qualification Directive, has recognized subsidiary protection, and the European Commission has urged Member States to grant persons with subsidiary protection similar family reunification rights to those of refugees. Member States are also free to include subsidiary protection beneficiaries in their national rules – the directive, as noted, sets a floor, not a ceiling.

Conditions and limitations under the directive: The directive grants Member States a measure of discretion to impose conditions on family reunification. A Member State may require that the sponsor (the reference person) has "stable and regular resources," adequate housing of sufficient size and standard for the family, and valid health insurance. The Member State may also, if national law so provides, require that the sponsor has resided legally in the country for a certain period (a maximum of two years, with the possibility in exceptional cases to extend to three) before family members can apply for reunification – a kind of waiting period (however, such a waiting period does not apply to refugees under the directive). Furthermore, Member States may require incoming family members to meet integration measures, such as attending language courses, either before or after arrival (this has been debated and examined by the Court of Justice of the EU – see below). It is important to note that the directive explicitly prohibits discrimination and emphasizes that the provisions must be interpreted and applied in accordance with the right to family life and the principle of the best interests of the child. Article 5(5) states that Member States, when examining applications, shall duly take into account, inter alia, the best interests of the child and family unity. The EU Charter of Fundamental Rights, particularly Article 7 (respect for private and family life) and Article 24 (the rights of the child), is also applicable and must be respected in the implementation of the directive.

Case law from the Court of Justice of the European Union: The CJEU has on several occasions interpreted the directive, thereby clarifying the limits of Member States' discretion. In the early case European Parliament v Council (C-540/03), the European Parliament questioned the legality of certain restrictive elements in the directive. In 2006, the Court held that the directive as such did not infringe fundamental rights, but emphasized that national authorities, in applying it, must observe proportionality and respect for family life. Subsequent case law has strengthened this rights-based perspective. In Chakroun (C-578/08, judgment 2010), the Court affirmed that the possibility of imposing maintenance requirements under the directive must be interpreted restrictively, since the main rule in EU law is that family reunification should be granted. The Court stressed that Member States' discretion must not be used in a way that undermines the directive's purpose – which is to promote family reunification – or its effectiveness. Even if states may set a reference amount for income, they may not reject an application

solely because income does not exceed a standard level without conducting an individualized assessment of the applicant's specific situation. Furthermore, in cases such as K and A (C-153/14), the Court clarified that integration requirements (e.g., language tests) must not become disproportionate obstacles; in that case, the Netherlands' requirement that family members pass an extensive exam prior to entry was found to contravene the directive, as it risked hindering reunification more than the integration objective justified. In a more recent judgment in 2020 (joined cases C-133/19, C-136/19, C-137/19), the Court clarified that when assessing whether a relative is to be regarded as a child, age should be calculated at the time of the application for family reunification, not at the time of the decision. This was to prevent processing times from causing children to "age out" of their right; the Court emphasized the directive's purpose of promoting family reunification and the requirement of predictable and equal treatment of applicants. In summary, the directive provides a framework combining minimum rights for family reunification with certain possibilities for states to impose conditions, always under the scrutiny of the principle of proportionality and fundamental rights.

SWEDISH LAW ON FAMILY REUNIFICATION

In Sweden, residence permits for family members are primarily regulated in the Aliens Act (2005:716), particularly Chapter 5, which addresses residence permits based on family ties. In Swedish terminology, family reunification is usually referred to as "family immigration" or "family connection." Sweden implemented the Family Reunification Directive in 2006 through amendments to the Aliens Act. Swedish legislation has fundamentally satisfied the directive's requirements: a foreign national who is a spouse or cohabiting partner of a person resident in Sweden shall be granted a residence permit, as shall an unmarried child under 18 with a parent in Sweden. These rights constitute the core of Swedish family reunification law. Sweden has also utilized certain optional provisions of the directive to the benefit of applicants – for example, under Chapter 5, Section 3a of the Aliens Act, other close relatives may be granted a permit if they belonged to the same household as the sponsor and there exists a particular dependency relationship originating in the home country. This corresponds to the directive's optional possibility of allowing reunification with other family members in exceptional cases.

Maintenance requirement: In 2010, Sweden introduced, for the first time, a general maintenance requirement for family immigration through an amendment to the Aliens Act (Chapter 5, Section 3b). According to the main rule, a residence permit based on family ties may be granted only if the sponsor can support themselves and the family member, and has housing of sufficient size and standard. From the outset, important exceptions were included – for example, the requirement did not apply if the sponsor was a child, or in certain cases if the sponsor was a refugee. Sweden chose, as a general rule, not to require a person with refugee status to meet the maintenance requirement in order to reunite with a spouse or child, which aligns with the directive's protective spirit for refugee families.

The Temporary Law 2016–2019: In the wake of the large influx of asylum seekers in 2015, the Riksdag adopted a temporary law that significantly affected family reunification rules. The "Act (2016:752) on Temporary Restrictions on the Possibility of Obtaining Residence Permits in Sweden" entered into force on 20 July 2016 and initially applied until 19 July 2019 (later extended by two years). The aim was to align Swedish asylum and family immigration, for a limited period, to the EU minimum. The changes included, among other things, replacing permanent residence permits with temporary ones as the main rule, severely restricting the possibility of family reunification, and tightening maintenance requirements.

Under the temporary law, refugees retained the right to reunite with their nuclear family (spouse/cohabitant and minor children), but only with temporary permits for family members. For persons with subsidiary protection status, by contrast, a general prohibition on family reunification was introduced during the law's validity. Under Section 7 of the temporary law, subsidiary protection beneficiaries had no right to family reunification at all, meaning they could not reunite with their families while the law was in force. This entailed differential treatment between refugees and other protection beneficiaries – despite both groups having recognized needs for international protection. The measure was possible because the EU directive did not formally cover subsidiary protection beneficiaries, but it was criticized by many consultative bodies as contrary to the best interests of the child and the right to family life under international conventions. The Government acknowledged in the preparatory works that certain cases could arise where refusal of family reunification for subsidiary protection beneficiaries would contravene Sweden's international obligations, particularly the European Convention on Human Rights. Therefore, a so-called "safety valve" (Section 13 of the temporary law) was introduced: if an application for a residence permit based on family ties cannot otherwise be granted, it shall be granted if a refusal would contravene a Swedish international obligation. This exception clause gave migration authorities

and courts scope, in extreme cases, to grant permits despite the law, for example where refusal would be disproportionate in light of Article 8 of the European Convention. In practice, however, the law meant that most persons with subsidiary protection status had to wait at least three years (until the law ceased) before family members could even be considered for permits.

The temporary law also restricted the family circle. Only the nuclear family was covered, i.e., spouse/cohabitant and minor children (for refugees). The possibility of bringing, for example, elderly parents or other relatives under Chapter 5, Section 3a of the Aliens Act was effectively paused. Moreover, certain relaxations for refugees were tied to a time limit: if a refugee wished to avoid the maintenance requirement in order to bring their family, the application for family reunification had to be made within three months from the grant of refugee status. After three months the refugee lost their special position and was subject to the maintenance requirement under Section 9 of the temporary law. The maintenance requirement was thus both stricter and more general: unlike previously, when many categories (refugees, children, etc.) were exempted, during 2016–2019 most sponsors had to be able to support the family and have housing. However, the requirement did not apply retroactively to already submitted applications, nor where the sponsor was a child. As a further restriction, the law required the family member applying for a permit to do so from abroad – the general rule in Swedish law is that applications for residence permits shall be made before entry (Chapter 5, Section 18 of the Aliens Act), which particularly affected families where, for example, children were fleeing separately from parents.

Developments 2019–2021: The temporary law was to cease on 19 July 2019, but politically it was decided to extend it for a further two years (until 19 July 2021), with certain adjustments. Following pressure from, inter alia, the EU and civil society, the rules were somewhat softened for subsidiary protection beneficiaries: from 2019 they too were afforded a possibility of family reunification, provided they could meet the maintenance requirement. The obligation for refugees to apply within a certain time remained – the three-month rule – but a similar relaxation was not introduced for subsidiary protection beneficiaries, which meant that in practice they always had to satisfy the maintenance requirement. During this period Swedish law was examined against both EU law and the European Convention. The Migration Court of Appeal (the highest instance in aliens cases) handled matters where the maintenance requirement was weighed against the right to family life. In MIG 2021:5, for example, the court found that in one case it was contrary to Sweden's international obligations to deny a family's reunification solely due to the maintenance requirement; a proportionality assessment must be made between the family's interest in reunification and the state's interest in newcomers establishing themselves – and in that case the refusal was deemed disproportionate. The court then applied the "safety valve" in Section 13 of the temporary law to grant a permit despite the maintenance requirement, on the basis that otherwise the decision would entail an unreasonable restriction of the right to family life. The European Court of Human Rights also examined Sweden's arrangements: in M.T. and Others v Sweden (judgment 2022) families with subsidiary protection status argued that the general stop between 2016 and 2019 violated their rights. The ECtHR held that although the measure was strict, it fell within the state's margin of appreciation given the exceptional refugee situation, and found no violation in that case – a decision criticized for granting the state broad latitude to restrict family reunification temporarily. At the same time, in M.A. v Denmark (judgment 2021), the ECtHR held that an overly rigid three-year waiting period for family reunification (under Danish law) could violate Article 8, particularly regarding spouses. These decisions show that proportionality and individualized assessment are key factors: general and formulaic obstacles to family reunification risk being assessed as incompatible with human rights.

Current situation (2021–2025): In summer 2021 the Riksdag adopted permanent amendments to the Aliens Act that largely replaced the provisions of the temporary law. This entails that Swedish law now continues to lie close to the EU directive's minimum requirements. All protection beneficiaries (refugees and subsidiary protection holders) now have a legal right to family reunification, but the maintenance requirement applies generally to the sponsor with few exceptions. The exceptions include where the sponsor is a child (no maintenance requirement is imposed on a child who seeks to reunite with a parent), and – in accordance with the directive – where a refugee applies to bring their family within three months after having been granted protection status. In such cases the maintenance requirement shall not be applied. Otherwise, even persons with refugee status must now satisfy the maintenance requirement if they apply for family immigration after the three-month period. The extended family circle (e.g., adult dependent children or relatives in the household with a particular dependency) is not an absolute right but may be granted in exceptional cases, as before. Sweden has chosen not to introduce a general integration requirement (such as language tests) as a condition for family reunification, which differs from certain other EU countries. By contrast, stricter requirements for permanent residence

(including language proficiency and self-sufficiency) have been introduced under the new regime, but these requirements do not, in principle, affect the entry of family members and instead arise later (upon extension or application for permanent status).

In summary, Swedish law has moved from a more generous stance toward stricter regulation aligned with the EU minimum. Family reunification is permitted in Sweden for the nuclear family in accordance with the directive, with certain national features (e.g., recognition of cohabiting partners). Maintenance requirements and time limits reflect the possibilities for restriction allowed under EU law, albeit with Swedish practice allowing individualized exceptions where required by humanitarian considerations or international obligations.

COMPARATIVE ANALYSIS OF SWEDEN'S AND THE EU'S FRAMEWORKS

The comparative analysis shows that Sweden's rules now closely follow the EU directive's parameters, but there are both similarities and differences worth detailed attention. The following key points are discussed comparatively:

Scope and personal coverage: The EU directive applies to family reunification for third-country nationals with at least a one-year residence permit. Sweden applies corresponding criteria in practice – the sponsor must hold a residence permit for settlement (i.e., not be, for example, an asylum seeker) for relatives to be granted permits. An important difference previously concerned subsidiary protection beneficiaries: the directive allowed Member States to decide whether to include them. Sweden initially included them in its legislation (they were treated like refugees under Chapter 5 of the Aliens Act regarding family immigration) – which was more generous than the EU minimum – but between 2016 and 2019 they were temporarily excluded by special legislation. Since 2020 they have again been included, so Swedish law now includes both refugees and subsidiary protection holders, something the European Commission has also advocated on rights-based grounds. At present, therefore, there is no difference in Swedish law in who can be a sponsor compared with the directive's intended personal scope, though historically Sweden paused its more generous approach.

Definition of family (which relatives): Both EU law and Swedish law focus on the nuclear family. The directive requires at least reunification with a spouse and minor children. Sweden meets this: Chapter 5, Section 3 of the Aliens Act provides rights to spouses/cohabitants and children under 18. In addition, Sweden has used the directive's leeway to allow other relatives in exceptional cases (Chapter 5, Section 3a on particular dependency). Many other EU countries have similar provisions, though practices vary in how often such exceptions are granted. Under the temporary law of 2016–2019, the definition of family in Sweden was more strictly limited (only the nuclear family for refugees), which is nevertheless consistent with the directive's minimum since extended family is optional. A notable detail is that the directive allows Member States to require that spouses have attained a certain age (max 21 years). Sweden has not introduced an age threshold higher than 18 for spouses; in practice the Swedish requirement is that the marriage is recognized under Swedish law (which normally implies both parties are 18, as child marriages are not recognized). Thus Sweden is less restrictive here than certain states that, for example, require both spouses to be 21.

Maintenance and housing requirements: The directive grants states the right to impose income and housing requirements for family reunification. Sweden has fully used this possibility in current legislation. After the 2016 tightening, it applies in Sweden that the sponsor must be able to support both themselves and the intended family member and have housing of sufficient standard. This corresponds to the directive's conditions. Differences lie in the details: Sweden defines through regulations what constitutes sufficient income (a so-called reserved amount equivalent to subsistence minimum plus rent). The directive does not specify amounts, leaving this to the Member State, subject to the proviso that requirements must not be unreasonable or applied without individualized assessment. The CJEU (Chakroun) has, as noted, emphasized that maintenance requirements must be applied proportionately and exceptions may need to be made depending on individual circumstances. Swedish practice has similarly developed to accept, for example, temporary employment if there is an overall picture of sufficient maintenance going forward. During 2016–2021, refugees were exempted from the maintenance requirement only if they applied within three months, thereby using exactly the relaxation the directive allows (Article 12(1)). Previously Swedish law was more generous – refugees could reunite with family without a time limit and without an income requirement. Sweden has thus moved from being more generous than the directive requires to following the directive's minimum on this point. Another difference was that in 2016 Sweden introduced that costs for the family member must also be covered by income (previously one need only support oneself). This made the requirement stricter but remains within the directive's framework (which speaks of supporting the family). In summary, Sweden's maintenance and

housing requirements largely correspond to the directive's, but Sweden has implemented these conditions in full while some other EU countries refrain from, for example, requiring housing or set lower income thresholds.

Integration and other conditions: The directive allows Member States to require that family members fulfil integration conditions (language, civic knowledge). Sweden has chosen not to introduce such requirements as a precondition for entry. There are no language or knowledge tests for relatives to obtain residence permits, unlike in countries such as the Netherlands or Germany (where a certain level of language may be required of the spouse before a visa is granted). Thus Swedish law is more generous or less complex on this point compared with what the directive allows. Nor did Sweden use the directive's possibility of a general waiting period for settlement: the directive permits a state to require up to two years of lawful residence before family applications are granted. Sweden has never had a general rule that the sponsor must have lived in Sweden for a certain time (beyond holding a valid permit). A de facto waiting period did arise, however, through the 2016–2019 prohibition for subsidiary protection holders – but this was more a total stop than a time-conditioned wait, and was justified as an exceptional measure. In that sense, before 2016 Sweden was more generous (no waiting time, many exemptions from maintenance); in 2016–2019 Sweden became considerably stricter but still within the directive's permissible bounds (using all available restrictive options); and today Sweden remains close to the directive's standard but has reopened for all protection beneficiaries.

Individualized assessment and legal certainty: Both EU law and Swedish law emphasize the need for individualized assessment of applications. Here it can be noted that Swedish courts, through the "safety valve" clause and by invoking the EU Charter/European Convention, have in fact made exceptions in cases where strict application of the law would lead to unreasonable consequences. This aligns well with the CJEU's message in Chakroun that requirements must not be applied mechanically so as to undermine the right to family reunification. In practice, Swedish application of the law strives to adhere to European legal principles of proportionality. A concrete example is the handling of cases involving children: the CJEU clarified that a child should not fall on the age threshold during the process. Swedish authorities and courts follow this – if an application was submitted when the child was under 18, the child is treated as such throughout (this was also affirmed by the Migration Court of Appeal in line with EU law). As to evidentiary requirements for identity and family relationships, nuances exist: EU countries vary in their flexibility with, e.g., DNA testing and document requirements, but that lies beyond the focus of this analysis. Overall, Sweden and EU law agree in the aim that each case should be assessed individually and the best interests of the child taken into account, even though formal requirements have tightened.

Strength of the right and exceptions: An interesting comparison concerns the view of family reunification as a right versus a possibility. The EU directive formulates family reunification as a right for those who meet the conditions, but grants significant leeway for states to define those conditions. In Sweden, family reunification has traditionally been regarded as a presumptive right – one "shall" be granted a permit if the criteria are met. During the crisis years the rhetoric shifted somewhat, with the Government emphasizing that Sweden's rules were above the EU minimum and that rights needed to be temporarily limited to the minimum standard. This means that Sweden, from having been at the forefront ("more favourable provisions" than the directive), went to using almost all the restrictions allowed by the directive. For example, the directive says states may require maintenance capacity – Sweden now does so in principle always. The directive says states may introduce a time limit for refugees – Sweden introduced three months. The directive excludes subsidiary protection – Sweden excluded them at least temporarily. This illustrates the flexibility of the EU framework: it permits a generous policy as well as a restrictive one. Sweden has experience of both extremes within a decade. Consequently, the differences lie less in the leeway provided by the legislative text and more in how policy is designed within the framework of the law.

In summary, the comparison shows that Sweden now largely follows the EU's minimum rules for family reunification, having used almost all the restrictive possibilities contained in the directive. Previously Swedish law was more generous than many other countries (no time limits, more exemptions from maintenance for various groups), which illustrates the directive's clause that Member States may have more favourable rules. Today, however, Sweden's regulatory framework has converged toward a more restrictive line similar to that in several other EU countries, albeit with retained principles of individualized assessment and respect for the best interests of the child in line with European practice. Differences that remain compared with some other EU countries – e.g., the absence of language requirements in Sweden – show that the directive leaves room for national variation even within the minimum

framework. A key common denominator, however, is that both EU law and Swedish law recognize the importance of family reunification and seek (at least in theory) to balance it against potential abuses or unreasonable burdens on host countries.

REFORM NEEDS AND DEVELOPMENT TRENDS

The analysis above points to several areas where reforms may be considered, either to strengthen family reunification rights in line with humanitarian principles or to create clearer and more harmonized rules within the EU. Some reform needs at both the national level (Sweden) and the EU level, together with motives, are discussed here:

1. Equal treatment of subsidiary protection beneficiaries and refugees: An evident reform need, partly already identified by the EU, is to formally equalize the right to family reunification for persons with subsidiary protection and for refugees. The European Commission's 2014 guidelines emphasized that subsidiary protection beneficiaries have the same protection needs as refugees and urged Member States to grant them similar rights regarding family reunification. Sweden departed from this recommendation in 2016 by severely curtailing their rights. Although Sweden now again allows reunification, differences remain (e.g., subsidiary protection beneficiaries in practice must always meet the maintenance requirement, which refugees may avoid if they apply promptly). From a human rights perspective, the legislator should consider removing this difference entirely – i.e., grant subsidiary protection beneficiaries the same exemptions and benefits as refugees regarding time limits and maintenance. This would strengthen the best interests of the child and the principle of family unity, as many conflicts now result in people receiving subsidiary protection rather than formal refugee status (e.g., protection from civil war). At the EU level, this policy choice should be codified through a revision of the Family Reunification Directive to explicitly include subsidiary protection beneficiaries as a protected category. This would remove today's gap whereby states can lawfully exclude this group from family reunification despite their needs being comparable to those of refugees.

2. Review of the design of the maintenance requirement: The maintenance requirement is intended to ensure that newly arrived family members do not immediately burden the welfare system. Yet, as practice shows, it can produce unreasonable consequences in certain cases – for example, hindering reunification for low-income earners or larger families, and ultimately affecting children whose parent does not earn above a certain threshold. Reform proposals include making the maintenance requirement more flexible or introducing more exceptions. Sweden already has a safety valve for international obligations, but it is applied restrictively. The legislator could clarify in the Aliens Act that exceptions should be made at least where children are affected or where waiting times for reunification become unreasonably long. In addition, the threshold levels and calculation model (the reserved amount) could be reviewed to better reflect actual maintenance capacity. At the EU level, one could consider, in a future directive revision, introducing ceilings for how high income requirements may be set or requirements to soften them through individualized assessment – in accordance with the CJEU's case law that a standard amount alone must not determine the outcome. By explicitly writing such limitations into the directive, overly strict national interpretations could be prevented.

3. Extended time limit and information for refugees' applications: Sweden's introduction of a three-month time limit for refugees to apply for family reunification (to avoid the maintenance requirement) has been criticized, since newly arrived refugees may struggle to navigate bureaucracy so soon after receiving protection. A reform would be to extend this time limit (e.g., to six months or one year) to give families a more reasonable opportunity to gather documents and apply. Alternatively, the law could permit authorities to grant exceptions to the time limit where there are acceptable reasons for delay (e.g., practical difficulties in obtaining passports, communication challenges from conflict zones). Such humanitarian exceptions are in line with EU law's requirement of proportionality. At the EU level, one could discuss coordinating time limits: they currently vary, and the directive itself mentions only that a time limit "may be required" without specifying length (three months has become a norm in practice). A longer common limit, or at least an obligation to inform refugees early of their rights, could strengthen the effectiveness of the right to family reunification.

4. The best interests of the child and family reunification: Despite the clear demands of both the EU Charter and the Convention on the Rights of the Child that the best interests of the child be taken into account in all decisions concerning children, practical obstacles remain to children's family reunification. One example is that Swedish rules today may not allow an unaccompanied refugee child who has been granted residence to reunite with their parents if the child only has subsidiary protection (as in M.T. v Sweden). Since the temporary law, this has again become possible, but parents of a child with a residence permit may still face maintenance requirements linked to the child's situation (even though a child

cannot support anyone). The legislator should ensure that no child is left alone without parents due to administrative rules. This may require special exceptions in the law for parents of refugee children, or lower thresholds where a child's right to family is at stake. The EU directive could also be strengthened by more clearly stating that family reunification with a child as sponsor shall not be hindered by economic requirements (since the child by definition cannot meet them) – something that follows in principle from general principles, but explicit rules would provide guidance. Further, processing times for family-ties cases involving children should be kept short; today waits can be long, which contravenes the Convention on the Rights of the Child's requirement that applications be dealt with "positively, humanely and expeditiously." Resources and administration should be reformed to achieve this.

5. Harmonization and clarity at EU level: After 20 years with the directive, unevenness persists in how different countries have implemented it. As noted, Sweden now lies at the minimum standard, while some countries have even stricter interpretations (within what the directive allows) and others somewhat more generous. To avoid families experiencing entirely different outcomes depending on which country the sponsor is in – a phenomenon perceived as legal uncertainty – the EU can strive for greater harmonization. This could be achieved through an amendment to the Family Reunification Directive clarifying uncertainties (e.g., codifying the CJEU's case law on children's age and individualized assessment of maintenance requirements). Another measure is strengthening compliance monitoring: the European Commission can more actively follow Member States' application and, where necessary, initiate infringement proceedings if a country introduces hidden obstacles that counteract the directive's purpose (such as unreasonably high fees or systematic delays). Harmonization need not mean identical rules for all, but raising the floor in terms of legal certainty and the core of the rights.

6. Procedural improvements: Finally, both Sweden and the EU should review practical procedures for family reunification. Digitalization and centralization can facilitate applications (e.g., online applications and faster document verification, as EMN mappings have noted). Sweden could also consider allowing in-country applications in more cases – today family members in Sweden without permits often must leave the country to apply for family ties, which can be traumatic. A more humanitarian arrangement, at least for children and spouses already present, would allow them to apply for and be granted permits without having to travel back first. EU legislation does encourage application from the home country, but even there one could discuss exceptions for humanitarian cases.

In summary, there is scope for reforms aimed at achieving a better balance: safeguarding family unity and the best interests of the child without entirely abandoning legitimate state interests. Many of the proposed changes – such as including all protection beneficiaries or softening rigid requirements – are supported by experience and recommendations from international bodies (e.g., UNHCR, the European Commission, and civil-society reports).

CONCLUSIONS AND RECOMMENDATIONS

Conclusion: Family reunification constitutes a fundamental part of migration law where Sweden's and the EU's frameworks are closely intertwined. The EU's Family Reunification Directive has established a minimum level intended to facilitate family life for migrants, yet leaves substantial freedom for national variation. Sweden's legal framework has oscillated from exceeding the EU minimum to, for a period, placing itself precisely at (or temporarily below) the minimum, in response to migration-policy challenges. The comparative review shows that Sweden now fulfils the directive's requirements point by point, while legal practice – through court interpretations – strives not to violate fundamental rights such as the right to family life. The case law of the CJEU and the ECtHR has exerted an important influence as "guardrails": they prevent Member States from going too far in restricting family reunification. For example, Chakroun reminds that family reunification should be the norm and restrictions the exception, while M.A. v Denmark warns against excessively prolonged waiting times.

Recommendations: Based on the analysis, the following recommendations may be made for legislators and decision-makers:

- *Equalize the EU directive: Initiate action at EU level to update Directive 2003/86/EC so that it explicitly includes subsidiary protection beneficiaries within its protective scope and introduces stronger safeguards for the best interests of the child. A revision should also codify key principles from CJEU case law (e.g., assessing an applicant's age at the time of application, and requiring individualized proportionality assessments of maintenance requirements). This would harmonize application and raise the minimum in a way that promotes family unity.*
- *Remove discrimination between protection categories in Sweden: The Swedish legislator should ensure that subsidiary protection beneficiaries de facto enjoy the same right to family reunification as refugees. This entails considering the removal of maintenance requirements for this group at least during*

the same initial period in which refugees are exempt, and generally ensuring that no categories are treated worse without strong objective grounds. Family unity should be the guiding principle, not the technical nature of protection status.

- *Strengthen the child perspective: Introduce explicit provisions in the Aliens Act stating that the best interests of the child shall be decisive in decisions on family reunification. This could be a portal section or an instruction to allow exceptions from time limits and requirements where a child's right to family life is at stake. Authorities should be given guidelines to prioritize applications involving children to minimize separation time. Since Sweden is now bound by the Convention on the Rights of the Child as law, this step is natural.*
- *Consider easing the maintenance requirement: Evaluate whether the maintenance requirement truly achieves its purpose in all respects or whether it can be adjusted. Proposals include introducing a possibility for waivers where the sponsor has very strong reasons (e.g., health grounds, disabilities making work impossible), or lowering the income threshold for spouses (since two adults can share costs). It is also reasonable to monitor how the requirement affects integration – there is a risk that stringent requirements delay family reunification and thereby impair the sponsor's own psychosocial situation and integration, counteracting the purpose.*
- *Information measures and case handling: Ensure that newly arrived persons are clearly informed of their rights and time limits for family reunification. The Migration Agency and municipalities could be tasked with assisting refugees early with family applications within the three-month period. In addition, resource allocation at the Migration Agency should enable family-reunification cases to be handled expeditiously – long waiting times can themselves constitute a rights violation if they become unreasonable.*
- *More even practice within the EU: EU Member States should continue to share best practices through the EMN and other fora. Countries like Sweden, with experience of both generous and restrictive policy, can contribute lessons on consequences. Increased coordination can also prevent migrants from choosing destinations solely based on where they believe family can most easily reunite – if rules are more uniform, the risk of such secondary family-driven migration decreases.*

Finally, this study underlines the importance of continuously balancing legislation on family reunification against the fundamental values it engages: family unity, the protection of children, and individuals' ability to build a new life without sacrificing contact with their closest relatives. By implementing the reforms mentioned above – both nationally and within the EU – a framework can be achieved that is both legally certain and humane, in line with Europe's humanitarian traditions and rule-of-law principles. Family reunification should not be regarded as a subsidiary right, but as an integral part of a functioning migration policy grounded in respect for family life. As the CJEU has reminded us: the main rule should be that reunification is granted, and exceptions must be handled with care. With this as a guiding star, Sweden and the EU can together shape a policy that both welcomes families and maintains confidence in the integrity of the migration system.

Medical sciences

IMMUNIZATION IN SPECIAL CASES AND THE ROLE OF THE NURSE IN IMMUNIZATION

Gunel Sultanova
Narmin Gochaliyeva
Rahila Muradova
Gulshen Huseynova
Azerbaijan Medical University

Relevance. *Immunization is a medical measure that aims to train the body's defenses against pathogens. This is usually done through vaccination. Vaccination stimulates the body's immune system, preparing it to mount a rapid and effective response to various pathogens in the future. Immunization prevents millions of deaths each year and provides protection against more than 30 deadly diseases. Vaccination provides protection to society through both individual and mass vaccination of the population. One of the most important issues facing modern medicine is to ensure that this process is accessible to all countries of the world. However, there are certain points in this process that must be taken into account seriously. Immunization of prematurely born children, immunization of children born with low birth weight, children born with pathologies, etc. are included in the special control group. Preterm infants (up to 37 weeks of gestation) should be immunized according to the same vaccination schedule as term infants, regardless of their weight, with some exceptions:Recommendations for some vaccines in the immunization of premature infants:*

Hepatitis B vaccine Hepatitis B vaccine should be administered to infants born to mothers with HBsAg negative status if any of the following conditions occur:

After the child's weight increases to 2000 grams or when the child is discharged from the maternity hospital .Infants born to mothers with HBsAg positive or suspected status should be vaccinated against Hepatitis B within the first 12 hours of birth, regardless of their weight, according to the schedule. In addition, these infants should be given HBV immunoglobulin (HBIg) within the first 12 hours of birth. BCG vaccine

Clinically stable infants born at or after 32 weeks of gestation can be vaccinated with BCG vaccine within the first 12 hours after birth. If for any reason it is not possible to administer it within 12 hours, the vaccine should be administered before leaving the maternity hospital. However, contraindications should be considered to prevent possible complications at this time

For example BCG family history of tuberculosis at the time of vaccination, positive tuberculin test, immunosuppressive conditions

The role of nurses in these processes during vaccination should be particularly noted, such as storage of vaccines and ensuring the cold chain, proper temperature control, inventory management (programs such as VFC have special rules), minimizing time loss, administration and inoculation technique, injection technique, dose calculation, choice of subcutaneous/intramuscular route, ensuring aseptic safety.

Aim to study. *The aim was to comparatively analyze the results of the studies conducted, investigate the intensity of pathologies that may occur during vaccination in specific cases, and evaluate the role of nurses in these processes.*

Materials and methods. *According to observations conducted at a children's clinic, based on 48 medical histories, it was determined that in special cases, the frequency of certain pathologies in patients during vaccination is higher than in other healthy children.*

Results. *During the study, it was determined that in special cases, pathologies are more common during vaccination, therefore, these patients should spend this period under special supervision and be involved in this process based on appropriate regulations.*

References

1. DeStefano F, Bodenstab HM, Offit PA. Principal Controversies in Vaccine Safety in the United States. Clin Infect Dis. 2019 Aug 01;69(4):726-731. - PubMed

2. Gagneur A, Quach C, Boucher FD, Tapiero B, De Wals P, Farrands A, Lemaitre T, Boulianne N, Sauvageau C, Ouakki M, Gosselin V, Gagnon D, Petit G, Jacques MC, Dubé È. Promoting vaccination in

the province of Québec: the PromoVaQ randomized controlled trial protocol. BMC Public Health. 2019 Feb 06;19(1):160. - PMC - PubMed

3. Bidgood SR. Continued poxvirus research: From foe to friend. PLoS Biol. 2019 Jan;17(1):e3000124. - PMC - PubMed

4 Schrick L, Tausch SH, Dabrowski PW, Damaso CR, Esparza J, Nitsche A. An Early American Smallpox Vaccine Based on Horsepox. N Engl J Med. 2017 Oct 12;377(15):1491-1492. - PubMed

5 Liebowitz D. Smallpox vaccination: an early start of modern medicine in America. J Community Hosp Intern Med Perspect. 2017 Jan;7(1):61-63. - PMC - PubMed

THE TRIAD OF SLEEP, NUTRITION, AND RECOVERY

Onupko Viktoria Leonidivna
student of higher education, faculty of medicine
Masikevych Yuriy Grygorovych
scientific supervisor, professor
Bukovynian State Medical University

Abstract
The relationship between sleep, nutrition, and recovery is examined, highlighting its crucial role in preventing obesity, diabetes, cardiovascular and neuropsychiatric disorders, and in maintaining overall homeostasis.

Keywords: hormonal regulation, glucose metabolism, neuroendocrine control of appetite, body recovery.

In today's fast-paced lifestyle, people increasingly sacrifice sleep for studying, work, or entertainment, often without realizing that sleep is one of the key pillars of health alongside nutrition and physical activity. Adequate sleep is crucial for cognitive functioning, optimal health, and well-being.

Two main hormones that determine the sleep-wake cycle are melatonin and cortisol. Melatonin maximum concentration is observed at night, contributing to falling asleep, lowering body temperature and reducing the activity of the sympathetic nervous system. Cortisol has an opposite secretion rhythm to melatonin. Its levels are minimal during deep sleep and begin to increase in the second half of the night, reaching a peak in the morning. Chronic sleep disturbances or changes in circadian rhythm can lead to increased evening cortisol levels, which are associated with stress, fatigue and metabolic disorders [1].

First, insufficient sleep significantly affects metabolism, which in turn disrupts normal nutritional balance and triggers a cascade of physiological changes. Shortened sleep duration is associated with decreased insulin sensitivity and impaired glucose metabolism, leading to insulin resistance. Insulin resistance affects both peripheral tissues and the liver: insulin-mediated glucose uptake in muscle decreases, while hepatic glucose production increases. During sleep, the body relies on several mechanisms to maintain stable glucose levels throughout the night's fasting period. Glucose utilization is highest during wakefulness, lowest during slow-wave sleep, and intermediate during REM sleep. In healthy individuals, glucose tolerance naturally fluctuates during the day: the plasma glucose response to glucose intake is significantly higher in the evening than in the morning and lowest at night. The reduced ability of the body to uptake glucose in the evening is partly explained by decreased tissue sensitivity to insulin and a weakened insulin response to rising glucose levels. [2].

Glucose metabolism varies across different stages of sleep. In the first half of the night, glucose utilization decreases across all tissues, whereas in the second half, as the body prepares to wake up, glucose metabolism becomes more active. [3].

Second, lack of sleep leads to dysregulation of the neuroendocrine control of appetite.

Leptin and ghrelin are two key hormones that play opposing roles in the regulation of appetite and energy balance. Leptin is a satiety hormone that helps maintain energy balance by reducing food intake and increasing energy expenditure. Ghrelin, on the other hand, is known as the "hunger hormone." Its levels increase before eating, fall sharply after eating, and then gradually return to baseline values [4].

Secretion of leptin and ghrelin has daily oscillations that are synchronized with each other: both hormones decrease during the night and reach their lowest levels between approximately 8:00 and 10:00 AM [5].

Sleep has a restorative effect on the immune system and the endocrine system, facilitates the recovery of the nervous and metabolic cost of the waking state and has an integral role in learning, memory and synaptic plasticity. Disruption of the duration or quality of sleep leads to a decrease in the efficiency of these processes, causing inflammatory reactions, a decrease in the immune response and metabolic disorders [6].

Each stage of sleep contributes to the body's recovery process. For example, during REM sleep, the brain processes information acquired throughout the day, reduces anxiety levels, supports memory consolidation, and restores cognitive functions. During the slow wave sleep phase, the secretion of somatotropin is activated. This hormone provides tissue repair, stimulates protein synthesis, cell regeneration,

muscle growth and strengthens the immune system. Long-term sleep deprivation can reduce nighttime secretion of somatotropin, which negatively affects recovery processes [3].

Conclusions

Quality sleep improves glucose metabolism and regulates neuroendocrine appetite control, which is closely linked to nutrition and overall body recovery. Thus, sleep, nutrition, and recovery form a unified triad essential for maintaining health and performance.

References

1. David W. Carley; Sarah S. Farabi. Physiology of Sleep Open Access. [Electronic resource]. Access to the resource: https://diabetesjournals.org/ spectrum/ article/ 29/1/5/32146/Physiology-of-Sleep.

2. Sunil Sharma, Mani Kavuru. Sleep and Metabolism: An Overview // J Endocrinol. [Electronic resource]. Access to the resource: https://pmc. ncbi. nlm.nih.gov/ articles/ PMC2929498/#B26.

3. Tae Won Kim, Jong-Hyun Jeong, Seung-Chul Hong. The Impact of Sleep and Circadian Disturbance on Hormones and Metabolism // J Endocrinol [Electronic resource]. Access to the resource: https://pmc.ncbi.nlm. nih.gov/articles/PMC4377487/.

4. The effect of nutrition and physical activity on sleep quality among adults: a scoping review [Electronic resource]. Access to the resource: https://link. springer.com /article/ 10.1186/s41606-023-00090-4.

5. Emily M. Rogers, Nile F. Banks, Nathaniel D. M. Jenkins. The effects of sleep disruption on metabolism, hunger, and satiety, and the influence of psychosocial stress and exercise: A narrative review. [Electronic resource]. Access to the resource: https://onlinelibrary. wiley.com/doi/10.1002/dmrr.3667.

6. Rónán Doherty, Sharon Madigan, Giles Warrington, Jason Ellis. Sleep and Nutrition Interactions: Implications for Athletes. [Electronic resource]. Access to the resource: https://www.mdpi.com/2072-6643/11/4/822.

UDC: 616.12-006-084

CARDIO-ONCOLOGY TODAY: PROBLEMS OF EARLY DETECTION AND PREVENTION OF CARDIOTOXICITY

Arman Khozhayev
Professor,
Asfendiyarov Kazakh National
Medical University, Almaty, Kazakhstan
Alisher Abishev
Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan
Ilyas Nurushev
Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan
Anel Aubakirova
Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan
Bagdat Sultanbekova
Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan
Meruyert Kulatayeva
Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan
Sanzhar Magauin
Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan
Bogdan Smirnov
Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan
Aigerim Koblandy
Student,
Astana Medical University, Astana, Kazakhstan

Abstract

Cardiotoxicity is one of the most significant limiting factors in modern anticancer therapy, significantly impacting its safety and long-term outcomes. The increasing use of anthracyclines, targeted agents, and immune-mediated therapies increases the risk of myocardial dysfunction, arrhythmias, myocarditis, and other cardiovascular complications. Of particular clinical significance is the fact that cardiotoxic effects can manifest both during treatment and years after its completion. Improved early diagnostic methods enable the detection of early signs of myocardial damage and prompt adjustment of treatment strategies. Assessing individual risk factors, such as age, comorbidities, and cumulative doses of cardiotoxic drugs, is crucial. Advances in cardio-oncology and a multidisciplinary approach ensure more effective prevention and treatment of cardiac complications. Therefore, the problem of cardiotoxicity requires further research and the integration of cardiological strategies into oncology practice.

Keywords: *oncology, cardiology, cardio-oncology, cardiotoxicity, cardiac complications, cardiovascular complications, cardiovascular disease, anticancer therapy, chemotherapy, radiotherapy, biomarkers, Cardio-miRNAs, cardiac risk factors.*

In recent decades, oncology has experienced rapid progress, driven by the introduction of new classes of anticancer drugs, refined surgical approaches, and the development of radiation therapy and personalized medicine. These advances have significantly increased the life expectancy of patients with various forms of malignancy, and for many patients, cancer has become a chronic, potentially manageable condition. However, alongside the increased effectiveness of anticancer therapy, the problem of its adverse effects is becoming increasingly pressing, with cardiotoxicity being the key and most clinically significant. Cardiovascular damage caused by chemotherapy, targeted agents, immune drugs, and radiation exposure is now considered one of the most serious limitations to treatment effectiveness and a cause of

decreased quality of life for surviving patients.

The relevance of cardiotoxicity research is driven by several factors. First, the number of cancer patients is steadily increasing worldwide due to increasing life expectancy and improved diagnostic methods. Secondly, modern therapy is becoming increasingly intensive and multi-component, increasing the risk of cumulative toxic effects on the myocardium. Thirdly, improved survival creates a new set of clinical challenges related to the long-term consequences of treatment, which manifest themselves years after remission. Cardiac complications are becoming one of the leading causes of late morbidity and mortality among cancer patients, making the problem interdisciplinary and requiring the collaboration of oncologists, cardiologists, rehabilitation specialists, and primary care physicians.

In clinical practice, cardiotoxicity manifests itself in a wide range of conditions – from subclinical reduction in myocardial contractility to severe chronic heart failure, arrhythmias, ischemia, arterial hypertension, and thromboembolic complications. Various drugs can cause myocarditis, vasculitis, conduction disturbances, pericarditis, and resistant hypertension, which often progresses rapidly and requires urgent diagnosis and treatment.

A separate area of research is the study of radiation therapy cardiotoxicity. Despite improvements in irradiation technologies and reductions in doses to critical structures, radiation-induced cardiac damage remains a pressing problem for patients with lymphomas, breast cancer, and chest tumors. Radiation exposure can lead to late changes, such as valve fibrosis, coronary artery disease, restrictive cardiomyopathy, and conduction system abnormalities, which manifest decades after completion of treatment.

The growing interest in cardio-oncology reflects the understanding that successful cancer treatment is impossible without managing associated risks. Current research focuses on developing strategies for early identification of high-risk patients, optimizing cardiac monitoring methods, and implementing programs for the prevention and treatment of cardiac complications. However, despite the accumulated data, a unified strategy for monitoring and long-term risk management of cardiotoxicity is still being developed, underscoring the importance of further research.

Understanding the mechanisms of cardiotoxicity remains an important task. The molecular pathways of cardiac tissue damage caused by antitumor agents are extremely diverse and include oxidative stress, mitochondrial dysfunction, cardiomyocyte apoptosis, impaired angiogenesis, immune responses, and inflammation. Understanding these mechanisms opens the way to personalized approaches – the use of cardioprotectors, dosage optimization, selection of drugs with a lower risk profile, and individualized adjustment of concomitant therapy. A particularly promising area is the development of biomarkers of predisposition, allowing for the prediction of the development of cardiac complications before treatment and the adjustment of the therapeutic regimen in advance.

The problem of cardiotoxicity extends beyond purely medical considerations. It affects socioeconomic aspects, as complications associated with cardiac damage require expensive and lengthy treatment, increase the number of hospitalizations, and impact patient productivity. With the growing number of cancer survivors, the need for specialized cardio-oncology centers providing a multidisciplinary approach to patient care is growing. The development of such services facilitates the timely diagnosis of complications, improves prognosis and quality of life, and reduces the risk of interruption or modification of anticancer therapy for cardiac reasons.

An additional layer of complexity is created by the fact that many patients begin treatment with pre-existing cardiac risk factors, such as hypertension, dyslipidemia, obesity, diabetes, genetic predisposition, and others. These conditions increase the likelihood of developing cardiotoxicity and require comprehensive intervention. Thus, modern approaches to cancer treatment require not only the selection of optimal anticancer therapy but also active primary and secondary prevention of cardiovascular complications.

As noted by Belenkov Y.N. et al. [1], over the past few decades, due to the extensive implementation of cancer screening programs, up-to-date early diagnostic methods, and effective combinations of antitumor therapy, it has become possible to significantly improve survival of cancer patients. At the same time, despite the effective treatment of malignancies, most patient face adverse and often life-threatening effects of specific treatment on the heart and blood vessels. All this resulted in active development of a new field in cardiology, cardio-oncology.

In the work of Chan M.F. et al. the authors say that they conducted a comprehensive database search to review and consolidate data regarding chest radiotherapy and effects on the heart as well as techniques to minimize exposure to the heart. The research findings demonstrate associations between radiation exposure to cardiac substructures and subsequent cardiotoxicity. At the same time, advanced cardiac-sparing techniques, notably respiratory motion management, have emerged as pivotal strategies

to minimize the likelihood of cardiac events. Radiation-induced heart disease is a known potential toxicity in patients undergoing chest radiotherapy and thus there is a need to understand the associated risks and find methods to minimize them. Our colleagues focus on the fact that proton therapy can spare the heart and other vital organs while still delivering high radiation doses to tumors, potentially making it a superior option for treating breast and lung malignancies. Ongoing studies with longer follow-ups are needed to further elucidate its cardiac sparing advantage. Additionally, we need to investigate the effects of concurrent radiotherapy and immunotherapy on the heart, as existing research indicates that immunotherapy can lead to cardiac issues such as myocarditis, arrythmias, and heart failure. The combination of these therapies may exacerbate these negative effects, so they should be used cautiously. Lastly, we need to further study how patient specific factors, such as pre-existing coronary artery disease or reduced ejection fraction, can help tailor radiation therapy more effectively [2].

Advances in cancer treatment have improved in patient survival rate. On the other hand, management of cardiovascular complications has been increasingly required in cancer patients. Thus, cardio-oncology has attracted the attention by both oncologists and cardiologists. Cardiovascular imaging has played a key role for non-invasive assessment of cardiovascular alterations complimentary to biomarkers and clinical assessment. Suitable imaging selection and interpretation may allow early diagnosis of cardiovascular injury with potential implications for therapeutic management and improved outcomes after cancer therapy. Echocardiography has been commonly used to evaluate cardiac dysfunction in cardio-oncology area. Cardiac computed tomography is valuable for assessing structural abnormalities of the myocardium, coronary arteries, and aorta. Molecular imaging has an important role in the assessment of the pathophysiology and future treatment strategy of cardiovascular dysfunction. Cardiac magnetic resonance imaging (MRI) is valuable for characterization of myocardial tissue. Positron emission tomography (PET) and Single Photon Emission Computed Tomography molecular imaging has potential roles for quantitative assessment of cardiovascular disorders. Particularly, Fluorodeoxyglucose-PET is considered as an elegant approach for simultaneous assessment of tumor response to cancer therapy and early detection of possible cardiovascular involvement as well. Cardio-oncology represents an important new area that should be covered by multiple specialist teams, including medical and radiation oncologists, cardiologists, diagnostic radiologists, technologist, nurses, and pharmacists. Interdisciplinary cooperation among these specialists is mandatory for accurate and timely diagnosis and also suitable management for each cancer patient. Cardiologists should be knowledgeable about the strengths and limitations of various imaging modalities, including echocardiography, cardiac MRI, and nuclear imaging. They should select the appropriate modality based on the clinical scenario and the specific information needed. Many oncologists should understand various cardiotoxic effects after new cancer treatments. In addition, radiologists should play an important role for selecting suitable imaging modalities and interpreting not only the tumor itself but also the condition of the heart when viewing tumor images in order to provide important messages from these images for both cardiologists and oncologists. Radiologists should be aware of the critical role that imaging plays in the diagnosis, monitoring, and management of cardiotoxicity in cancer patients. Understanding the appropriate use of each imaging modality is essential for providing comprehensive care. Radiologists should stay informed about the latest advancements in imaging technologies and techniques, such as cardiac MRI and nuclear imaging, to ensure accurate assessment and timely detection of cardiotoxic effects. Cardiovascular imaging has evoked as a key role for this purpose, allowing non-invasive evaluation of cardiovascular alterations complimentary to biomarkers and clinical assessment. Suitable imaging selection and interpretation may permit not only for early diagnosis of cardiovascular injury but also accurate assessment treatment effects. Thus, the imaging will provide impact on therapeutic management and improved outcome after cancer therapy [3].

A very indicative and interesting study in the clinical and prognostic aspect was conducted by Klotzka A. et al. [4]. The purpose of this study was to gather information on respondents' knowledge of their treatment, awareness of cardiovascular risks associated with cancer therapy, and the factors associated with these outcomes. The level of awareness was related to age, education, as well as health behaviors and communication with the physician. As the authors note cardio-oncology is a relatively young but rapidly developing branch of medicine. It combines cardiology and oncology. Both of these fields are associated with the largest number of morbidity cases in the world, and thus the largest number of deaths. Cardio-oncology addresses the cardiac complications of oncological treatment at every stage of cancer therapy. Cardiovascular complications have become increasingly common among cancer survivors, largely due to improved treatment outcomes and longer survival. As events like myocardial infarction and heart failure now significantly affect long-term health, assessing patients' awareness of these risks is essential. Cardio-oncologic complications extend beyond the duration of oncologic

treatment. Chemotherapy, radiotherapy, or immunotherapy, which are widely used in oncology, can lead to adverse cardiovascular events both during and years after oncological treatment.

A cross-sectional study was conducted among 243 patients attending an outpatient cardio-oncology clinic in Poznan, Poland. Participants were informed about the aim of the study while in the clinic waiting room. Subsequently they completed an anonymous questionnaire voluntarily after the visit to the office. Completing the paper-and-pencil survey took an average of 10-15 min. If necessary, patients could count on professional assistance in completing the questionnaire. They could ask questions while completing the survey and withdraw from the study at any time. Eligibility criteria included being an adult and having a confirmed diagnosis of any type of cancer. Data collection was carried out between October 2023 and April 2024. According to the statement KB-919/22 issued by the Bioethics Committee of the Poznan University of Medical Sciences (Poznan, Poland) the study did not constitute a scientific experiment.

Based on a review of the literature and relevant recommendations, a structured questionnaire was developed, comprising three sections: (1) questions related to cardio-oncology, (2) questions related to health behaviors, and (3) sociodemographic items. 37 items were single-choice, and 3 were multiple-choice. The tool was reviewed by four subject-matter experts in the fields of cardiology, public health, patient education, and healthcare.

The following questions examined patients' awareness of cardiac complications:

What is cardio-oncology?

In your opinion: Can chemotherapy "damage" the heart?

In your opinion: Should the heart be monitored during chemotherapy?

In your opinion: Should one go to a cardiologist for follow-up after cancer treatment?

In your opinion: Should the heart be monitored after radiation therapy to the chest?

In your opinion: Can radiation therapy to the chest "damage" the heart?

Other questions concerned examinations and providing information by the doctor:

Did your doctor inform you about possible cardiac complications caused by cancer drugs?

Did your doctor inform you about possible cardiac complications caused by radiation therapy to the chest?

Did a cardiologist examine you during cancer treatment?

Did you have an echocardiogram. known as a cardiac echo. during your cancer treatment?

The response options "no" and "I don't know" or "I don't remember" were combined during the statistical process because we wanted to obtain a clear classification of respondents in terms of their knowledge. Differentiating between a lack of knowledge and an uncertainty about one's knowledge did not result in a significant statistical difference [4].

The response rate was 80%. The majority of participants were women, comprising 75.7% of the total sample. The mean age of respondents was 51.2 years (SD = 9.8), and the mean Body Mass Index (BMI), calculated based on self-reported weight and height, was 27.0 (SD = 18.7). More than half of the participants (53.5%) were classified as having an elevated BMI. The largest educational subgroup included individuals with secondary education (38.7%). Additionally, over half of the sample resided in large urban areas (53.5%) and were actively employed (61.7%). Only a small proportion of respondents (9.1%) rated their financial situation as good or very good. Breast cancer was the most commonly reported cancer type, accounting for 55.6% of cases. In terms of treatment, approximately 32% of patients reported receiving both chemotherapy and radiotherapy, whereas nearly 27% were unaware of the specific oncological treatment they had undergone. Patients' awareness of cardiac complications associated with their cancer treatment and the relationship with various demographic variables were analyzed. In questions concerned patients' awareness, examinations and providing information by the doctor the response options "no" and "I don't know" or "I don't remember" were combined during statistical process. The researchers wanted to obtain a clear classification of respondents in terms of their knowledge. The respondents were divided into two groups - those having knowledge and the rest - in order to examine the differences between them. As a result, we observed a statistically significant difference between these groups. Patients were asked to select the correct definition of cardio-oncology. Only 23.5% of respondents knew what cardio-oncology is. Statistical significance was identified in age, education level, BMI and type of oncological therapy received by the patient. Among patients under 40 years old, awareness of cardiac complications was the highest. This awareness declined with increasing age and increased with the level of education. Additionally, most individuals with obesity and those unaware of the type of oncological therapy they were receiving also lacked knowledge of cardio-oncology. Statistical significance in relation to financial situation was identified only in questions concerning complications after

chemotherapy. Patients who declared an average financial situation were least likely to say that the heart should be monitored. A significant correlation was also noted between patient awareness and physician actions. Only 24.3% of patients were informed by their oncologist (or remember being informed) about possible cardiac complications caused by cancer drugs. An even smaller proportion (12.4%) remembered that their doctor informed them about possible cardiac complications caused by chest radiotherapy. Nearly 32% of patients were not examined by a cardiologist during cancer treatment, and more than half (53.5%) underwent echocardiography during cancer treatment. However, 95.5% of patients believed that every patient undergoing cancer treatment should have a cardiology consultation. Patients who were informed about possible complications and underwent cardiological examinations had better knowledge about complications and the need to monitor their heart after cancer treatment. The results from Health Behavior Scale domains showed that out of a possible 45 points, respondents scored an average of 24.21 (SD = 8.18) points. Preventive behaviors related to the healthcare system received the lowest score (1.33 out of 3 possible), which indicates that patients diagnosed with cancer relatively rarely underwent preventive prostate cancer screening or smear test. On the other hand, patients scored highest in the Unhealthy behaviors domain, which indicates that they rarely consume tobacco or alcohol products (2.05 ± 0.46). The Mann-Whitney U test indicated a statistically significant association between patients' health behaviors and cardio-oncology knowledge ($p < 0.001$). Individuals who knew what cardio-oncology is and provided correct answer declared healthier behaviors ($M = 27.9 \pm 6.0$) than those who did not have this knowledge ($M = 23.1 \pm 8.5$). Patients who were aware that chemotherapy and radiotherapy could have negative cardiac consequences also exhibited better health behaviors related to diet, physical activity or healthcare system. Among those who completed our questionnaire, 54 participants (22.22%) reported receiving chemotherapy, while 79 (32.51%) received both chemotherapy and radiation therapy. Radiation therapy alone was used in 45 individuals (18.52%). Notably, 65 participants (26.75%) did not know what type of cancer treatment they had undergone. As the authors note it is concerning that such a large group of patients, despite having undergone potentially cardiotoxic therapy, were not aware of the need for regular follow-up. Nearly half of them had received chest radiotherapy, and it is well known that its complications increase over time - coronary artery disease or valvular dysfunction may appear even 20 years after treatment. In the absence of follow-up, patients often present to a cardiologist only at an advanced stage of disease. Even more striking are the data showing that more than 26% of patients in the cardio-oncology clinic did not know what type of oncologic therapy they had received. It is difficult to determine whether this results from denial of the cancer diagnosis, lack of interest in their health despite the disease, or concomitant depression [4].

Summarizing the conducted research, our colleagues state that cardio-oncology is becoming an indispensable component of comprehensive care for oncology patients. As cancer treatments continue to improve in effectiveness, they are increasingly associated with a risk of cardiovascular complications that can significantly impair patients' quality of life and affect overall prognosis. The early involvement of a cardiologist at the stage of planning oncological therapy allows for individualized risk assessment and timely implementation of preventive measures. Unfortunately, as demonstrated by study, the level of knowledge among oncology patients regarding potential complications of chemotherapy and radiotherapy remains insufficient. There is a clear need to implement effective educational programs aimed at increasing awareness of these risks and fostering stronger interdisciplinary collaboration between oncologists, cardiologists, and primary care physicians. Greater emphasis should be placed on prevention through the control of comorbidities that already increase baseline cardiovascular risk, such as hypertension, diabetes, and obesity, even before the initiation of cancer treatment. Regular cardiac monitoring during and after therapy should become the standard of care. Patients must also receive clear and comprehensible information about the potential adverse cardiovascular effects of oncological treatment. Improved patient education may enhance patient engagement in the treatment process and facilitate the early detection of cardiac complications. As shown in survey, patients who were informed by their physician about the potential cardiotoxicity of oncological therapies demonstrated more health-conscious behaviors. Early identification of cardiotoxicity enables timely intervention, reducing the likelihood of long-term complications. This proactive approach not only enhances treatment safety but also strengthens patients' trust in the healthcare system as a whole [4].

Yang M. et al. [5] in their work emphasize that with the increase of aging population and prevalence of obesity, the morbidity of cardiovascular disease (CVD) and cancer has also presented an increasing tendency. These two different diseases, which share some common risk factors. Relevant studies in the field of reversing cardio-oncology have shown that the phenotype of CVD has a significant adverse effect on tumor prognosis, which is mainly manifested by a positive correlation between CVD and

malignant progression of concomitant tumors. This distal crosstalk and the link between different diseases makes us aware of the importance of diagnosis, prediction, management and personalized treatment of systemic diseases. The circulatory system bridges the interaction between CVD and cancer, which suggests that we need to fully consider the systemic and holistic characteristics of these two diseases in the process of clinical treatment. The circulating exosome-miRNAs has been intrinsically associated with CVD-related regulation, which has become one of the focuses on clinical and basic research (as biomarker). The changes in the expression profiles of cardiovascular disease-associated miRNAs (Cardio-miRNAs) may adversely affect concomitant tumors. In this article, we sorted and screened CVD and tumor-related miRNA data based on literature, then summarized their commonalities and characteristics (several important pathways), and further discussed the conclusions of cardio-oncology related experimental studies. The cellular regulatory processes and mechanisms between miRNAs and CVD have been well studied, but the role of miRNAs as a systemic influence in the synthesis of cross-talk between different diseases is still less. Especially, some typical biomarkers reflected by changes of expression profile for Cardio-miRNAs in circulation. The authors sorted out the relevant mechanism of Cardio/Onco-miRNAs involved in CVD phenotype on tumor regulation according to the objective background of reverse cardio-oncology. These mechanisms will be key to revealing the systemic or holistic effects of CVD on tumors, which is also an important value for the application of precision medicine in the diagnosis and treatment of systemic diseases. These mechanisms might serve as evidence to supplement the importance of predictable diagnosis and personalized treatment between CVD and tumors, and it also provides a reference for developing systemic principles of improve individual outcomes. Based on the reported contribution of related miRNAs to the regulatory mechanism of malignancy process of tumor cells, combining with the fact that exosome-derived Cardio-miRNAs can regulate tumors via circulation, the researchers have deeply analyzed and summarized the different signaling pathways involved in Cardio-miRNAs. The aim is to predict and evaluate the impact on adaptive survival of tumor cells based on the regulatory mechanisms of different pathways and related Cardio-miRNAs as markers. Different expression levels of circulating Cardio-miRNAs predict the progression of concomitant tumors and can be used to develop personalized treatment options. Concludes that CVD and tumors can be linked through miRNAs, and these miRNAs may have a dual role (Cardio-/Onco-miRNAs). However, with aging, the dysfunctions of cardiovascular system may appear and changes of systematic phenotypes of circulating miRNAs showed the adverse effects of Cardio-miRNAs for middle-aged and elderly or obese tumor patients. Furthermore, the dual properties of Cardio-/Onco-miRNAs suggest that CVD is systemic and holistic problem or risk factor affect distant tumor cells via the circulation, which may be a potential target for treatment and intervention. Therefore, based on the perspective of CVD phenotyping in oncologic disorders, we need a systemic evaluation, prediction and diagnosis of the patients with concomitant tumors, which may provide a reference for avoiding poor prognosis.

Kojic A. et al. indicate that [6] heart disease and cancer share common risk factors, genetic predispositions, and metabolic and inflammatory components. Metabolic reprogramming can drive disease progression in both, with cardiometabolic syndrome - marked by obesity, insulin resistance, dyslipidemia, and hypertension - contributing to cancer development. Studies link around 20% of cancer cases to obesity, while elevated glucose and triglyceride levels increase the risk of liver, thyroid, and respiratory cancers. Beyond treatment-related cardiotoxicity, cancer patients often have pre-existing CVD at diagnosis, highlighting their bidirectional relationship. Patient-specific induced pluripotent stem cells (iPSCs) offer a powerful platform to study these links at a personalized level. iPSC models help explore shared molecular mechanisms, metabolic dysregulation, inflammation, and cardiotoxicity.

The authors state that as cancer therapies continue to extend survival, patients are increasingly facing long-term cardiovascular consequences – not only from the treatments themselves but also from cancer-related inflammation and metabolic disruption. This is especially true for individuals with underlying cardiometabolic disease, who may experience synergistic effects on cardiac function. In this context, cardio-oncology must evolve beyond reactive management toward a proactive, integrative approach. Preventative strategies targeting metabolic risk factors (e.g., statins, glycemic control, etc.) hold promise for improving both cancer and cardiovascular outcomes. These considerations set the stage for translational efforts, including dietary interventions and patient-specific iPSC-based strategies, to optimize therapy and minimize harm. Several lines of evidence support the central role of metabolism in the development of both CVD and cancer. Targeting specific metabolic signatures – whether through direct enzyme inhibition or dietary modulation – can influence tumor growth, improve therapy tolerance, and reduce cancer-associated cardiovascular risk. These efforts are exemplified by the clinical use of inhibitor of mutant isocitrate dehydrogenase 1 and 2 inhibitors. Additionally, preclinical studies have shown that

intermittent fasting can delay tumorigenesis and reduce growth factor signaling, offering another potential avenue for systemic metabolic intervention. Furthermore, the investigation into how risk factors for both cancer and CVD such as obesity, diabetes, and dyslipidemia might provide new avenues for systemic solutions to both diseases through dietary interventions. Fasting has been shown to have positive effects on cancer prevention and treatment in mice. Just 1 day of fasting per week delays tumorigenesis in p53-deficient mice, with other effects including decreased plasma levels of glucose, insulin, and insulin-like growth factor 1. Periods of fasting are also followed by high cellular proliferation, characterized by cellular repair pathway activation and driven by the replenishment of growth factors during refeeding that can reverse atrophic cellular remodeling. iPSC technologies offer a versatile and powerful platform for accurately modeling CVDs, metabolic disorders, cancer, and their complex interactions. By providing an essentially unlimited supply of targeted cell types derived from either healthy controls or patients, these models enable the recapitulation of disease-specific phenotypes influenced by genetic and environmental factors. As an accessible, precise, and highly adaptable system, iPSCs can enable groundbreaking discoveries in disease mechanisms and toxicity progression while also facilitating the development of effective therapeutic strategies. iPSCs' ability to reflect the unique genetic background of the individual from which they are derived positions them as a cornerstone for advancing personalized precision medicine. In cardio-oncology, iPSCs provide a robust platform to assess individual responses to anticancer therapies, enabling the identification of treatment combinations that maximize tumor suppression while minimizing detrimental side effects. This approach holds immense promise for tailoring treatments to the unique needs of each patient with transformative implications for improving outcomes in cancer survivors, who face heightened risks of developing CVD. To fully realize the potential of these technologies, cross-disciplinary research integrating cardio-oncology, oncology, and cardio-metabolism is essential. Such collaboration can bridge the critical gap between molecular studies and clinical applications, leveraging patient-derived samples for mechanistic insights and risk stratification, and promote the development of novel therapeutic strategies. Ultimately, this integrated approach promises the advent of a new paradigm to transform patient care, by effectively treating both cancer progression and its cardiovascular consequences [6].

A fundamental study concerning the assessment of global trends in publications and the identification of the most cited scientific articles on cardio-oncology was conducted by Suero-Abreu G.A. et al. [7]. They note that as novel cancer therapies continue to improve patient outcomes, there is an increased need for prevention and management of the cardiovascular side effects of these therapies. For this reason, the field of cardio-oncology has experienced significant scientific growth, particularly during the last decade. A bibliometric analysis of the literature in the field of cardio-oncology was performed using the multidisciplinary databases Scopus, Pubmed, and Web of Science Core Collection. The terms "cardio-oncology", "onco-cardiology", "cardio-onco-hematology" and "cardio-immuno-oncology" were searched (both hyphenated and non-hyphenated) for all languages for the years 1864 to 2020. The final search was conducted on March 31, 2021, and the terms were queried as "abstract title, abstract, and keywords" for Scopus and Pubmed, and as "topic" for Web of Science Core Collection. All articles from the search results were independently verified by two reviewers and were included in the analysis if they addressed cardio-oncology as a field of study in the keywords, title, or abstract. Articles that did not focus on cardio-oncology were excluded. Each article was reviewed for its number of citations, year of publication, and journal of publication. When duplicates were found, the entry with fewer citations was eliminated. For those articles that were co-published in two or more journals, the entry with the highest citations was kept and the citations from the other entries were added to this entry. Publication output for each year was analyzed and a list of the 50 most cited articles in the field was generated, as well as a list of journals publishing cardio-oncology articles. The top 50 most cited articles were reviewed for their citations, year of publication, type of article (i.e., original article, position paper/society guideline, review, systematic review, conference paper, letter to the editor, and case report), journal, and characteristics of the corresponding author (i.e., field of study and country of origin). Due to the public nature of the data used in the study, informed consent for this study was not obtained and it was exempt from Institutional Review Board approval. This study was conducted in compliance with all applicable institutional ethical standards for human study. As of March 31, 2021, a total of 1,294 publications related to cardio-oncology as a field with a total of 14,494 citations were found. There was a consistent increase in the number of articles referring to cardio-oncology and the number of citations over the past two decades. The articles per year were 1 in 1996, 1 in 2003, 2 in 2008, 7 in 2010, 14 in 2011, 12 in 2012, 28 in 2013, 47 in 2014, 75 in 2015, 115 in 2016, 176 in 2017, 184 in 2018, 261 in 2019, and 371 in 2020.

Cardio-oncology was the first term used to describe the field and has remained the most used in

the literature compared to the other names associated with the field. In this regard, we identified additional terms referring to the field which arose later in the literature such as: onco-cardiology (in 2008), cardio-onco-hematology (in 2017), and cardio-immuno-oncology (in 2018). There was no further mention of the term "cardio-oncology" until 2003 (one article, one citation), and then later in 2008 (two articles, one and 25 citations). After 2010 and particularly between 2015 and 2020, there has been a significant growth in the number of publications referring to cardio-oncology as a field, likely triggered by the increased recognition of cardiac-related side effects of novel cancer treatments, such as targeted and immunomodulating therapies. The top 50 most cited articles in the field of cardio-oncology had a combined total of 7,192 citations as of March 2021. The number of citations per publication ranged from 49 to 986 (mean 143 ± 157). The most cited articles to date were published between 2010 and 2020, with the majority between 2015 and 2020 (n = 31,62%). All articles were in English and most article types were reviews (n = 28,56%, with 3,208 citations), followed by guidelines and position papers (n = 9,18%, with 2,299 citations) and original articles (n = 9,18%, with 1,451 citations). The rest of the articles were one letter to the editor, one systematic review, one case report, and one conference paper. The authors found that the three journals with the most articles on the 50 most cited list were Journal of the American College of Cardiology (eight publications with 1,347 citations), European Heart Journal (four publications with 1,372 citations), and Circulation (four publications with 241 citations). The researchers point out that cardio-oncology has blossomed as a field and its impact is expected to continue to expand. At the same time, despite the growth of the field, there is a need to expand our research efforts towards more original basic and translational research studies and to adopt standard terms for the indexing of research related to the field [7].

Ng C.T. et al. [8] note in their work that in recent years, there has been growing interest in the subspecialty of cardio-oncology worldwide. Cardio-oncology is an emerging multi-disciplinary field, which aims to reduce morbidity and mortality of cancer patients by preventing and managing cancer treatment-related cardiovascular toxicities. With the growth in cardiovascular and cancer burden in Asia, there is a greater need for cardio-oncology awareness among physicians managing this unique group of patients and need to develop country-specific cardio-oncology initiatives. Our colleagues emphasize that in Asia, the top priority is to boost cardio-oncology services to cope with the upcoming cancer and CVD pandemic. The timely and appropriate intervention of cancer patients who experience CV toxicity can potentially help to reduce both CVD and cancer mortality. Concurrently, establishing a regional registry or joining an international registry such as Global Cardio Oncology Registry would facilitate the collection of country-specific data to better understand the disease prevalence and outcomes of cardioprotective strategies, and provide feedback for improving existing cardio-oncology programs. Based on the epidemiology of cancer therapy-related cardiovascular toxicity (CTR-CVT) in Asian patients, as well as ongoing research into the pharmacogenetics/pharmacokinetics of cancer and cardio-protective agents, customized guidelines for the Asian population can be developed. Given that there is significant healthcare and socio-economic disparity in Asia, countries with established cardio-oncology services should take the lead in mentoring upcoming centers by sharing their experiences and knowledge. The field of cardio-oncology is transforming the way cardiologists, oncologists, and hematologists screen for and manage CTR-CVT. While it is still in the developing phase, the various cardio-oncology communities in Asia and across the world are working closely together to advance the field by optimizing clinical care, education, and research, with a united mission of allowing cancer patients to complete their treatment and lead quality lives with minimal CVD burden thereafter.

I would also like to touch upon such an important aspect as the participation of mid-level medical personnel in cardio-oncological care.

Fadol A. et al. [9] say that with early detection and improvements in systemic and local therapies, millions of people are surviving cancer, but for some at a high cost. In some cancer types, cardiovascular disease now competes with recurrent cancer as the cause of death. Traditional care models, in which the cardiologist or oncologist assess patients individually, do not address complex cancer and cardiovascular needs. Nursing disciplines should be an integral part of holistic assessment in cardio-oncology care. To learn what educational needs nurses perceive important for provision of competent cardio-oncology nursing care, authors undertook an international survey, aiming to understand their learning needs and preferred learning modalities. As the researchers note cardio-oncology is a relatively new field of study and the nursing knowledge standard to provide holistic care has not been established. Moreover, nurses commonly have knowledge based in either cardiology or oncology but rarely both. For competent cardio-oncology nursing care to be fostered, accessible and acceptable educational opportunities must be readily available. Accordingly, they undertook an online survey to assess the learning needs of nurses in the

competent care of cardiovascular issues in patients with cancer, aiming to understand their learning needs and preferred learning modalities.

A cross-sectional survey was developed by members of the International Cardio-Oncology Society (IC-OS) Nursing Research group, with invitations distributed through IC-OS as well as national and international nursing societies and associations. The survey was in English and consisted of 23 questions which include demographic information, clinical specialty (oncology, cardiology, or cardio-oncology), multiple-choice questions related to clinical topics that nurses might be interested in learning, and preferred methods of instruction. No identifying information was requested thus participants remained anonymous. The survey qualified for exempt status by institutional board review and completion was considered implied consent of participation. The survey was conducted online via the IC-OS website with submissions accepted between the dates of December 1, 2023, to February 29, 2024. The secure Research Electronic Data Capture program was utilized to administer the survey which took approximately five minutes to complete [10]. Survey questions were purposefully developed to describe potential cardio-oncology events across the treatment and survivorship continuum. Depending on the format of the question, respondents could choose as many areas of interest as desired. Aiming for the broadest perspectives and representation of different health care systems, participants were recruited by convenience sampling in multiple countries and were currently working in cardiology, oncology or cardio-oncology programs [9].

Three hundred and twenty-nine responses were received during the study time frame. The majority of respondents reported as residing in the United States (n = 206), Canada (n = 45), United Kingdom (n = 14) China (n = 12), Qatar (n = 5), Australia (n = 1), Ireland (n = 2), Poland (n = 2), Turkey (n = 1) and Italy (n = 1). The majority were female (n = 290,93%) with 49% educated to Bachelor´s level (n = 151,49%) and working in oncology (n = 218,70%) in direct patient care roles (n = 260,85%). A total of 201 (65%) nurses stated they had cardio-oncology experience. In terms of previous education and training in cardio-oncology, the majority stated that they had no formal education (n = 268,88%) and approximately one-third have formal cardio-oncology programs in their workplace (n = 110,36%). The majority of respondents expressed an interest in learning more about cardio-oncology related topics, primarily via pre-recorded webinars (n = 206,67%) and live virtual meetings (n = 192,63%). Formal programs leading to certification were highly endorsed (n = 247,80%). Respondents were asked about training topics categorised into cardio-oncology, oncology and cardiology. In relation to specific cardio-oncology topics, there was a strong interest in learning more about cardiovascular toxicities and their management (n = 205,66%) along with interest in cardio-oncology programs and cancer therapeutics. The survey authors conducted described the sample's characteristics, identified cardio-oncology learning needs and preferred methods of delivery. A cardio-oncology core curriculum based on the survey responses can offer convenient, accessible and learner-directed education for nurses worldwide. Ultimately, as our colleagues point out, development of cardio-oncology nursing expertise will benefit cancer patients and survivors worldwide [9].

Now, regarding the Cardio-Oncology Rehabilitation and Exercise (CORE) programmes. Adams S.C. et al. [11] focus on the fact that there is an urgent need to reinforce and extend the evidence informing the cardiovascular care of cancer survivors. CORE is an attractive model that is potentially scalable to improve the cardiovascular health of cancer survivors as it leverages many of the existing frameworks developed through decades of delivery of cardiac rehabilitation. However, there are several challenges within this burgeoning field, including limited evidence of the efficacy of this approach in patients with cancer. CORE incorporates a model like cardiac rehabilitation programmes, including medical evaluation, prescriptive exercise, cardiovascular risk factor modification, education, counselling, and nutritional support. This intervention potentially has diverse and complementary patient-, HCP-, and system-level benefits and may be a leading strategy to address the current care gaps and optimize long-term cardiovascular outcomes for oncological patients and survivors. Close collaboration of CORE stakeholders (e.g. oncologists, cardiologists, primary care physicians, nursing, exercise physiologists/therapists, nutritionists, etc.) is required to accelerate discovery, improve the quality (e.g. rigour and reporting) and scope (e.g. targeting high risk and highly vulnerable populations) of CORE research, and support widespread implementation in the field.

Thus, cardiotoxicity remains a key issue in modern anticancer therapy, impacting both immediate treatment outcomes and the long-term quality of life of patients. Increasing cancer survival rates make maintaining optimal cardiovascular health an integral part of comprehensive oncology care. The development of cardio-oncology as an interdisciplinary field provides the foundation for the early detection of cardiac complications, optimized therapy, and a personalized approach to each patient. A combination of modern diagnostic methods, risk stratification, and cardioprotective strategies can significantly

reduce the likelihood of severe cardiovascular complications. Close collaboration between oncologists, cardiologists, and related specialists, based on unified clinical protocols and timely monitoring, remains crucial. Further advancement of cardio-oncology requires expanding the evidence base, implementing innovative technologies, including biomarkers, and raising awareness among the medical community about the risks of cardiotoxicity. This approach will not only improve the tolerability of anticancer treatments but also provide patients with a longer, better quality of life after completion of anticancer therapy.

In recent years, the development of clinical guidelines and standards for the management of patients at risk of cardiotoxicity has been actively discussed in the scientific literature. International documents already exist that unite the efforts of oncologists and cardiologists, but their implementation in practice requires adaptation to the specifics of national healthcare systems. An important step is the training of specialists, including mandatory nursing staff, raising awareness among physicians at all levels, and developing interdisciplinary communication. This is especially important in resource-limited regions where access to modern monitoring methods may be difficult.

Thus, the relevance of cardiotoxicity testing during anticancer therapy is determined by a combination of factors: the increasing prevalence of cancer, increasing patient life expectancy, the expanding range of anticancer agents toxic to the heart, the presence of delayed cardiac complications, and the high clinical significance of timely diagnosis. Success in modern oncology is impossible without increased attention to maintaining patients' cardiovascular health. Research into the mechanisms of cardiotoxicity, the development of preventative methods, improved monitoring, and the development of personalized treatment approaches are important areas shaping the future of cardio-oncology and improving the quality and length of life for patients.

References

1 Belenkov YN, Ilgisonis IS, Kirichenko YY, Murtuzaliev SM. Cardio-oncology today: digest of the first European clinical guidelines (2022). Kardiologiia. 2023 Jul 28;63(7):3-15. Russian, English. doi: 10.18087/cardio.2023.7.n2445.

2 Chan MF, Parikh D, Shi C. Narrative Review: Cardiotoxicities and Cardiac-Sparing Techniques in Radiotherapy. Technol Cancer Res Treat. 2024 Jan-Dec;23:15330338241301211. doi: 10.1177/15330338241301211.

3 Tamaki N, Manabe O, Hirata K. Cardiovascular imaging in cardio-oncology. Jpn J Radiol. 2024 Dec;42(12):1372-1380. doi: 10.1007/s11604-024-01636-x.

4 Klotzka A, Gawłowska B, Chawłowska E. The Cardio-Oncology Patients-What They Know and What They Should Know. Curr Oncol. 2025 Nov 2;32(11):613. doi: 10.3390/curroncol32110613.

5 Yang M, Li T, Guo S, Song K, Gong C, Huang N, Pang D, Xiao H. CVD phenotyping in oncologic disorders: cardio-miRNAs as a potential target to improve individual outcomes in revers cardio-oncology. J Transl Med. 2024 Jan 12;22(1):50. doi: 10.1186/s12967-023-04680-9.

6 Kojic A, Moslehi J, Ky B, Wu JC. Cardiometabolic disease and cardio-oncology: Insights from iPSC models and tissue engineering. Cell Rep Med. 2025 Sep 16;6(9):102261. doi: 10.1016/j.xcrm.2025.102261.

7 Suero-Abreu GA, Barajas-Ochoa A, Berkowitz R. An Analysis of Global Research Trends and Top-Cited Research Articles in Cardio-Oncology. Cardiol Res. 2021 Oct;12(5):309-317. doi: 10.14740/cr1291.

8 Ng CT, Tan LL, Sohn IS, Gonzalez Bonilla H, Oka T, Yinchoncharoen T, Chang WT, Chong JH, Cruz Tan MK, Cruz RR, Astuti A, Agarwala V, Chien V, Youn JC, Tong J, Herrmann J. Advancing Cardio-Oncology in Asia. Korean Circ J. 2023 Feb;53(2):69-91. doi: 10.4070/kcj.2022.0255.

9 Fadol A, Lee G, Shelton V, Schadler KC, Younus AM, Stuart M, Nodzon L, Pituskin E. Nursing knowledge in cardio-oncology: results of an international learning needs-assessment survey. Cardiooncology. 2025 Jan 16;11(1):4. doi: 10.1186/s40959-025-00304-x.

10 Harris PA, Taylor R, Thielke R, Payne J, Gonzalez N, Conde JG. Research electronic data capture (REDCap)--a metadata-driven methodology and workflow process for providing translational research informatics support. J Biomed Inform. 2009 Apr;42(2):377-81. doi: 10.1016/j.jbi.2008.08.010.

11 Adams SC, Rivera-Theurel F, Scott JM, Nadler MB, Foulkes S, Leong D, Nilsen T, Porter C, Haykowsky M, Abdel-Qadir H, Hull SC, Iyengar NM, Dieli-Conwright CM, Dent SF, Howden EJ. Cardio-oncology rehabilitation and exercise: evidence, priorities, and research standards from the ICOS-CORE working group. Eur Heart J. 2025 Aug 1;46(29):2847-2865. doi: 10.1093/eurheartj/ehaf100.

Pedagogical sciences

WAYS TO DEVELOP STUDENTS' COMMUNICATION SKILLS USING AUTHENTIC MATERIALS

D.N. Batyrkhanova
L.K. Karabaeva
1st year student,Zhanibekov University SKPU,Shymkent,Kazakhstan
Candidate of Phylology, associate professor, Zhanibekov University SKPU, Shymkent, Kazakhstan

Abstract

The study examines the impact of authentic video content (YouTube videos, BBC Learning English, short videos from TikTok and Instagram, fragments of the series) on English speech skills of students of 1-2 courses of higher education institutions in Kazakhstan (pre-intermediate and intermediate level). 30 students took part in the 4-week mixed – methods experiment (experimental group – authentic materials, control group-traditional textbooks). As a result, the average score for IELTS-speaking of the experimental group rose from 5.05 to 6.38 (+1.33), in the control group there was an increase of only +0.60 points (p < 0.01). The greatest progress was observed in fluency, lexical resource, and pronunciation. Qualitative data showed a sharp increase in students ' confidence and motivation to speak, especially the high efficiency of short social network content (TikTok/Reels). The study is the first empirical evidence of the systematic use of short authentic video content in the Kazakh-language environment and proves the need to make it the main tool for English lessons.

Түйін

Зерттеу Қазақстан жоғары оқу орындарының 1–2 курс студенттерінің (pre-intermediate және intermediate деңгей) ағылшын тілінің сөйлеу дағдыларын қысқа аутенттік бейнеконтент (YouTube, TikTok, Instagram Reels, BBC Learning English, сериал үзінділері) арқылы дамытудың тиімділігін эксперименттік жолмен дәлелдеді. 4 апталық аралас әдісті (mixed-methods) зерттеуге 30 студент қатысты (15 – эксперименттік топ, 15 – бақылау тобы). Нәтижесінде аутенттік материалдармен жұмыс істеген топтың IELTS Speaking бойынша орташа баллы 5,05-тен 6,38-ге (+1,33) көтерілді, бақылау тобында өсім небәрі +0,60 балл болды (p < 0.01). Ең жоғары прогресс fluency, lexical resource және pronunciation бағыттарында байқалды. Студенттер табиғи тіркестерді, fillers және discourse markers-ті еркін қолдана бастады, сөйлеуге деген сенімділігі мен мотивациясы күрт өсті. Ең тиімді материалдар – 15–60 секундтық TikTok/Reels және 6–8 минуттық BBC 6 Minute English эпизодтары болып шықты. Зерттеу қазақтілді ортада қысқа аутенттік бейнеконтентті жүйелі қолданудың алғашқы эмпирикалық дәлелі ретінде ағылшын тілі сабақтарын дәстүрлі оқулықтардан осы заманғы аутенттік материалдарға ауыстыру қажеттілігін негіздеді.

Аннотация

Исследование экспериментально доказало эффективность развития речевых навыков английского языка у студентов 1-2 курсов вузов Казахстана (pre-intermediate и intermediate уровень) с помощью короткого видеоконтента (YouTube, TikTok, Instagram Reels, BBC Learning English, фрагменты сериалов). В исследовании 4-недельного комбинированного метода (mixed – methods) приняли участие 30 студентов (экспериментальная группа 15, контрольная группа 15). В результате средний балл по IELTS Speaking группы, работавшей с аутичными материалами, вырос с 5,05 до 6,38 (+1,33), в контрольной группе рост составил всего +0,60 балла (p < 0,01). Наибольший прогресс наблюдался на маршрутах fluency, lexical resource и pronunciation. Студенты начали свободно использовать естественные фразы, fillers и discourse markers, и их уверенность в речи и мотивация резко выросли. Наиболее эффективными материалами оказались 15-60-секундные эпизоды TikTok/Reels и 6-8-минутные эпизоды BBC 6 Minute English. Исследование обосновало необходимость перевода уроков английского языка с традиционных учебников на современные аутичные материалы в качестве первого эмпирического доказательства систематического использования короткого аутичного видеоконтента в казахскоязычной среде.

Keywords: *authentic materials, speech skills, short video content, TikTok, YouTube, BBC Learning English, fluency, confidence, motivation, English, pre-intermediate, intermediate, Kazakhstan*

Introduction. *The modern educational paradigm views foreign-language teaching as "the ability to use the language" rather than merely "knowledge of the language." This shift places communicative competence at the center of foreign-language instruction. Communicative competence encompasses not only grammatical accuracy but also the ability to use language effectively in real-life situations, understand cultural norms, follow discourse conventions, and apply communication strategies (Canale & Swain, 1980; Celce-Murcia, 2007).*

However, in many Kazakhstani universities English continues to be taught primarily through traditional textbooks and artificially constructed texts. This approach, while methodologically safe, creates a significant problem: **students do not feel comfortable or confident when facing real communication outside the classroom.** *Limited exposure to natural language reduces their ability to interpret authentic speech, recognize idiomatic expressions, follow real-life discourse patterns, and interact spontaneously. As a result, students may demonstrate high test results but remain unprepared for genuine communication situations. This challenge highlights the growing importance of integrating authentic materials into English language instruction.*

Authentic materials are texts, audio, and video produced by native speakers for real communicative purposes such as entertainment, work, information exchange, or social interaction (Nunan, 1999; Gilmore, 2007). These materials include newspaper articles, podcasts, YouTube videos, social media posts, movie clips, interviews, advertisements, menus, tickets, and others. Their defining characteristics are natural language use, idiomatic expressions, colloquial style, shifting registers, cultural references, and discourse markers.

Previous research consistently demonstrates the effectiveness of authentic materials for developing communicative skills. Studies by Berardo (2006), Gilmore (2007), Wong (2014), among others, show that authentic input simultaneously enhances learners' listening, speaking, reading, and writing abilities; increases motivation; fosters cultural awareness; and prepares students for real communicative contexts. Authentic materials make the language "alive," transforming students from passive recipients into active participants.

Despite these advantages, the systematic use of authentic materials in Kazakhstan remains limited. Many instructors continue to rely on traditional textbooks due to the perceived difficulty of authentic materials, insufficient class time, or limited technological resources. Yet, in a multilingual and multicultural society, the ability of students to communicate confidently in real English is crucial for their professional success and international integration.

Therefore, the purpose of this study is to identify effective ways to develop students' communicative skills—including listening, pronunciation, reading, writing, and interaction—through the systematic use of authentic materials in university-level English courses, and to propose practical methodological recommendations.

This study seeks to answer the following questions:

1. *How does the use of authentic materials develop students' communicative skills, and what specific changes can be observed?*
2. *Which types of authentic materials (video, audio, text, multimedia) are most effective for developing different components of communicative competence?*
3. *Which methodological approaches (task-based learning, project-based learning, scaffolding, etc.) lead to the most successful outcomes when using authentic materials?*
4. *What challenges do teachers and students face when integrating authentic materials, and how can these challenges be effectively addressed?*

It is expected that the findings will contribute to the modernization of foreign-language teaching methodology in Kazakhstan, enhance teachers' professional competence, and support the development of students' ability to use English confidently in real-life communication.

Theoretical analysis. *The theory of communicative competence is one of the concepts that occupies a key place in modern linguistics and methods of teaching a foreign language. This theory includes the ability of a language learner to use language correctly in specific situations, social and cultural contexts, and not limited to mastering grammatical rules. Dell Hymes, for the first time introducing the term" communicative competence", showed that language education should be based not only on structural skills, but also on social norms and cultural characteristics of communication. He believes that language proficiency is not only knowledge of the grammatical correctness of speech, but also an understanding of what language form is acceptable in a particular environment. Canale and Swain later expanded on this concept, proposing that communicative competence consists of grammatical, socio-cultural, strategic and discursive components.*

This model aims to develop language learners ' use of language units in context, mastery of various communication strategies, and the ability to compose a related text. The methodology of communicative language Teaching (CLT) is based on these theories. The CLT approach involves the active participation of students in language engagement through tasks based on real communication. Activities such as interactive tasks, role-playing games, pair and group work allow students to naturally improve their speaking, listening, questioning, and answering skills.

Authentic materials are resources created for the natural use of language in real life, not processed for special learning purposes. They play an important role in Language Teaching because they offer students an experience close to the real language environment. The vocabulary, style, manner of speech, accent or cultural elements used in such materials clearly reflect the true linguistic existence. The types of authentic materials are diverse: videos, podcasts, film fragments, news texts, internet articles, social network posts, dialogues in everyday life and other resources play a special role in the formation of students ' sense of language. For example, while videos are effective in developing listening skills, magazine or newspaper texts increase students ' reading literacy. Podcasts help you adapt to different speech rates and accents, and film excerpts explain how language units are used in a specific situation. Thus, authentic materials increase the quality of the language input, creating an environment as close as possible to authentic communication.

The use of authentic materials in foreign language lessons is of particular importance in the development of communication skills of language learners. First of all, they strengthen the motivation of students. Because for students, the materials used in real life seem interesting and relevant, which brings them closer to the language environment. Through authentic materials, students perceive language in a natural context and master language structures based on realistic situations. This process not only improves their listening, pronunciation, and reading skills, but also teaches them to choose the right language units and use them effectively in real conditions. At the same time, authentic materials contribute to the development of discursive and strategic competencies necessary for communication. For example, in the process of watching a fragment of a film, a student can observe what strategies the speakers used, and by listening to dialogues, he can master the patterns of language interaction. The use of such materials during the lesson encourages students to become active listeners and active speakers.

Scientists who have studied the problem of using authentic materials note their effectiveness and certain difficulties. Most of the studies conducted prove that authentic materials increase the pace of speech, lexical stock and language confidence of students. Students who have worked with samples from a realistic language environment learn to use words more quickly depending on the context and tend to express their thoughts more freely. In addition, authentic materials allow language learners to perceive cultural information, recognize different styles of speech, and express their opinion in various communicative situations. However, researchers also point out that authentic materials can cause a number of difficulties. In most cases, text or audio can be confusing for students due to complex vocabulary and fast speech pace. Even for teachers, the selection, adaptation and introduction of materials into the lesson requires a certain amount of time and effort. The adaptation of students to such materials at the initial level is likely to cause some difficulties. However, despite these difficulties, many scientific papers confirm that the use of authentic materials gives effective results in teaching a foreign language.

This study uses mixed-methods design in order to comprehensively assess the impact of authentic materials on students ' English speaking skills. Such an approach, combining quantitative and qualitative methods, makes it possible to consider the phenomenon under study in depth and comprehensively. In the numerical part, students ' speech skills are measured using preliminary and final tests; these tests include speech speed (fluency), accuracy (accuracy), pronunciation (pronunciation), and vocabulary range (vocabulary range). And qualitative data is used to deeply explain the motivation, self-confidence and attitude of students to authentic materials. Qualitative information is collected through observation, group discussions and surveys. The mixed method increases the reliability, internal and external validity of the study, complementing the quantitative results with qualitative concepts.

Experimental part.*The study will involve 24-30 participants selected from among students of 1-2 courses of higher educational institutions in Kazakhstan. Their English level ranges from A2+ (Pre-Intermediate) and B1+ (Intermediate) on the Common European Framework scale. Participants are divided into two groups: the experimental group works with authentic materials, and the control group performs tasks based on traditional textbooks and pre-prepared scripted dialogues. The groups are equalized by age, gender and language level and are distributed according to the principle of homogeneous sampling (homogeneous sampling) for a fair study. All participants are informed about the research process and voluntarily give consent, which ensures compliance with ethical standards.*

In the experimental group, only authentic materials used in real life are used for classes. These include 3-10 minute videos from channels such as BBC Learning English, English Addict with Mr Steve, Papyrus English on the YouTube platform, as well as podcasts and video series such as BBC Learning English "6 Minute English", "the English we Speak", "News Review". In addition, short videos on the platforms Instagram, TikTok and Twitter, content in the form of reel, story and dialogue, which includes everyday speech, are used. As authentic dialogues, excerpts from popular series (for example, Friends, The Office), realistic interviews in the street interview format, conversations in a cafe or shop are used. Materials are selected in accordance with the interests and age characteristics of students, and their thematic areas are organized in the areas of "everyday life", "travel", "food", "technology", "relationships". All materials are presented with a natural speed of speech, different accents and phrases that are used every day.

The study is carried out over four weeks and consists of a total of eight sessions (twice a week, 90 minutes each). The structure of classes in the experimental group consists of several stages. In the first part of the lesson, students are shown a short TikTok or Instagram video and asked several blitz questions in order to warm up. Then, at the pre-listening/viewing stage, tasks such as working with a preliminary dictionary, making a forecast for the topic are given. At the main stage, students listen or watch authentic material 1-2 times, answer gist and specific information questions, identify important sentences or phrases. At the post-audition/viewing stage, communicative actions are performed, such as discussion, vocabulary collection, small role-playing games, and the creation of a situational dialogue. At the end of the lesson, students express their thoughts in the practice of fluency on the topic (debate, storytelling, improvement). Each lesson ends with a 10-minute reflection in which students analyze their difficulties and achievements.

The control group conducts classes based on traditional textbooks (English File, Headway) and relies on ready-made dialogues and grammar tasks.

In the course of research, data is collected systematically through quantitative and qualitative approaches. Quantitative data is evaluated using the IELTS-speaking exam in pre-test and post-test format as the main tool. This exam consists of three parts and is evaluated by two independent experts on the official IELTS criteria-Fluency & Coherence, Lexical Resource, Grammatical Range & Accuracy, Pronunciation. In addition, each week will receive audio recordings of students ' short speaking tasks, which will allow them to track their language progress.

Qualitative data is collected using control protocols during the lesson. These observations will be aimed at describing the level of activity of students, the frequency of participation in speech, the ability to speak without fear of mistakes, and general communicative behavior. In the second and fourth weeks, a reflective discussion of students is recorded. At the end of the study, an anonymous survey is conducted to determine students ' attitude to authentic materials, changes in motivation, learning real-life language structures, and the level of confidence in speech. In the last lesson, a short personal interview is conducted with each student, and data on their personal experience in the course of the study are obtained.

All audio and video materials are collected only on the basis of the preliminary permission of the participants and are not used outside the purposes of the study.

Results. *After the study was completed for 4 weeks, a significant difference was observed between the experimental group (N=15) and the control group (N=15).*

Digital results

Average pre-test and post-test scores evaluated according to IELTS-speaking criteria:

Criterion	*Experimental group (pre → post)*	*Control group (pre → post)*
Fluency and Coherence	*4.9 → 6.4 (+1.5)*	*5.0 → 5.6 (+0.6)*
Lexical Resource	*5.1 → 6.6 (+1.5)*	*5.1 → 5.8 (+0.7)*
Grammatical Range & Accuracy	*5.2 → 6.2 (+1.0)*	*5.2 → 5.7 (+0.5)*
Pronunciation	*5.0 → 6.3 (+1.3)*	*5.1 → 5.7 (+0.6)*
Total average score	***5.05 → 6.38 (+1.33)***	***5.10 → 5.70 (+0.60)***

The overall progress of the experimental group according to the result of an Independent t-test is statistically reliable ($p < 0.01$). The largest growth was observed in fluency and lexical resource. Students began to use natural "chunks" (I mean..., the thing is is, it depends.) and fillers (you know, kind of, sort of), speech time increased by 35-40%, pauses and words "eee" decreased.

Qualitative results

Of the 15 students surveyed, 93% (14 people) responded that "authentic videos dramatically increased my interest in speaking." 87% (13 people) said they "now know the phrases they use in real life."

Excerpts from students ' answers:

• Ayim (2nd year): "I used to be afraid to speak, because I knew only artificial words from the textbook. And now, like young people on TikTok, "No way!", "That's crazy!", "I'm down!"I can say that. If I go to London, I think I will talk without fear.»

• Nurislam (1st year): "I learned the phrases" to be honest"," actually"," I'd rather. " from BBC 6 Minute English. Now I use these when discussing in a group, my friends say " Where Did you learn? it's time to go to bed.»

• Alina (2nd year): "the most important thing is confidence. I used to be silent in role-playing games. And now, if there is a situation like in the series, I immediately find words. I feel like I'm speaking real English.»

According to the Control journal, from the 3rd week in the experimental group, the number of students raising their hands increased by 2.5 times, without fear of making a mistake, they began to interrupt each other and improvise.

The results obtained fully align the high efficiency of authentic materials in the development of English speech skills with previous studies. Gilmore (2007), in his meta-analysis, proved that authentic texts develop fluency, lexical richness, and pragmatic competence significantly better than scripted materials. An increase in fluency by +1.5 points (on the IELTS scale) in our study confirms this conclusion. Similarly, Weyers (1999) and Herron & Seay (1991) have shown that using TV series and authentic video clips increases fluency and confidence, while Wong & Waring (2020) has shown that short YouTube videos help you quickly master conversational fillers and discount markers. "I mean...",," the thing is...",," No way! the natural use of phrases such as", turned out to be an exact copy of these studies in the Kazakh-speaking environment.

The types of materials that had the most powerful impact were short social media content (TikTok, Instagram Reels) and BBC Learning English's 6 Minute English series. 73% of students (11 people) replied that "15-60-second videos on TikTok are best remembered because they are fun and repetitive." This was the expected result given the brevity of the attention span of the current generation Z and the high efficiency of visual + audit input. In second place-short dialogues from the series (Friends, The Office). Students were able to perceive them as" situations that really happen in life " and freely repeat them in role-playing games. And long (15+ minutes) podcasts and news review had little effect, as it was found that students get tired of long listening at the pre-intermediate level.

Another important conclusion of the study was that the effect of authentic materials on motivation and confidence (self – confidence, willfulness to communicate) turned out to be even stronger than speech skills themselves. This is Yashima (2002) and MacIntyre et al. Fully consistent with the willfulness to Communicate model proposed by (1998).

Conclusion. *The study clearly proved the high efficiency of authentic materials (especially short YouTube videos and social network content) in the development of English speech skills of students of 1-2 courses. During the four-week experiment, the speech score of the experimental group increased by an average of 1.33 points (on the IELTS scale), while in the control group this indicator was only 0.60 points. The most significant growth was observed in fluency, lexical resource and pronunciation. More importantly, the students ' confidence and motivation for authentic communication has increased dramatically.*

The novelty of the study is the first empirical evidence of the systematic use of short social network content (TikTok, Instagram Reels) at the pre – intermediate and intermediate levels in Kazakh-language universities of Kazakhstan. Previously, such materials were considered "unofficial" and were rarely used in the classroom. In conclusion, a short authentic video content is the most effective and affordable way to prepare modern students so that they speak English fluently in real life.

References

1. Gilmore, A. (2007). Authentic materials and authenticity in foreign language learning. Language Teaching, 40(2), 97–118. https://doi.org/10.1017/S0261444807004144

2. Weyers, J. R. (1999). The effect of authentic video on communicative competence. The Modern Language Journal, 83(3), 339–349.

3. Wong, M. L., & Waring, H. Z. (2020). Becoming fluent in "real" English: A corpus-based study of formulaic sequences in short YouTube videos. System, 94, 102318.

4. Kusumaningrum, S., & Cahyono, B. Y. (2022). The use of TikTok videos to improve students' speaking fluency and confidence. International Journal of Language Education, 6(3), 287–300.

5. Lin, L. F. (2021). The impact of short video-based authentic materials on EFL learners' oral fluency and willingness to communicate. Computer Assisted Language Learning. Advance online publication. https://doi.org/10.1080/09588221.2021.1976204

6. Peacock, M. (1997). The effect of authentic materials on the motivation of EFL learners. ELT Journal, 51(2), 144–156.

7. Yashima, T. (2002). Willingness to communicate in a second language: The Japanese EFL context. The Modern Language Journal, 86(1), 54–66.

8. Alhosani, N. (2021). Utilizing authentic materials in improving EFL learners' speaking skills: A systematic review. Journal of Language Teaching and Research, 12(5), 689–698.

9. Kabooha, R., & Elyas, T. (2022). The effects of YouTube in developing Saudi EFL learners' speaking skills: A meta-analysis. Journal of Language and Education, 8(1), 87–102.

10. Krashen, S. D. (1985). The input hypothesis: Issues and implications. Longman.

THE SIGNIFICANCE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN DEVELOPING THE CREATIVITY OF FUTURE PRE-SCHOOL TEACHERS

Mendigali Nazgul
1st-year Master's student,
Kazakh National Women's Teacher Training University
Tleubay Sandugash
PhD, Senior Lecturer,
Kazakh National Women's Teacher Training University

БОЛАШАҚ МЕКТЕПКЕ ДЕЙІНГІ ҰЙЫМ ПЕДАГОГТЕРІНІҢ КРЕАТИВТІЛІГІН ДАМЫТУДА ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТІҢ РӨЛІ МАҢЫЗЫ

Мендигали Назгуль
1-курс магистранты,
Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті
Тлеубай Сандугаш
PhD, аға оқытушы,
Қазақ ұлттық қыздар педагогикалық университеті

Abstract

This literature review examines the role of artificial intelligence (AI) in developing the creativity of future preschool teachers. In the contemporary early childhood education system, a teacher's creative ability is a key factor that directly influences a child's development. Therefore, AI technologies are regarded as valuable resources that can enhance the creative potential of future educators.

The study describes the impact of tools such as ChatGPT, Midjourney, DALL•E, and VR/AR on idea generation, visual imagination, creative thinking, and pedagogical decision-making. ChatGPT supports divergent thinking by transforming content and offering alternative scenarios. Midjourney and DALL•E enable the creation of visual materials and imaginative story worlds, while VR/AR simulate learning environments, fostering intuitive and creative thinking among future teachers.

Global experience (USA, South Korea, Finland) demonstrates the effective use of AI technologies in teacher preparation programs. Although this direction is developing in Kazakhstan, infrastructure and methodological support remain insufficient, highlighting the need for the systematic integration of AI.

The literature also indicates a lack of empirical data on AI's impact on preschool teacher creativity, inconsistency in creativity assessment criteria, and insufficient exploration of ethical issues.

In conclusion, artificial intelligence is identified as an important tool that comprehensively supports the development of creative abilities in future educators. It facilitates idea generation, enriches the learning environment, and enhances creative thinking. Therefore, the scientific and ethical integration of AI tools into teacher education programs is essential.

Аңдатпа

Бұл әдеби шолу болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін дамытуда жасанды интеллекттің (AI) рөлін қарастырады. Қазіргі мектепке дейінгі білім беру жүйесінде педагогтің шығармашылық қабілеті баланың дамуына тікелей әсер ететін маңызды фактор болып табылады. Сондықтан AI технологиялары болашақ тәрбиешілердің шығармашылық әлеуетін күшейтетін құнды ресурс ретінде бағаланады.

Зерттеуде ChatGPT, Midjourney, DALL•E және VR/AR құралдарының идея генерациясына, визуалды қиялға, шығармашылық ойлауға және педагогикалық шешім қабылдауға әсері сипатталады. ChatGPT мазмұнды түрлендіріп, балама сценарийлер ұсыну арқылы көпнұсқалы ойлауды қолдайды. Midjourney мен DALL•E визуалды материалдар мен ертегі әлемдерін ойластыруға мүмкіндік берсе, VR/AR оқу ортасын модельдеп, болашақ педагогтің интуитивті және креативті ойлауын дамытады.

Әлемдік тәжірибе (АҚШ, Корея, Финляндия) AI технологиялары педагог даярлау бағдарламаларында тиімді қолданылатынын көрсетеді. Қазақстанда бұл бағыт дамып келе жатқанына қарамастан, инфрақұрылым мен әдістемелік қолдау жеткіліксіз. Бұл жағдай AI-ды жүйелі енгізудің қажеттілігін айқындайды.

Әдебиеттер AI арқылы мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін зерттеуде эмпирикалық деректердің аз екенін, креативтілікті бағалау өлшемдерінің бірізді еместігін және

этикалық мәселелердің толық қарастырылмағанын көрсетеді.

Қорытындысында, жасанды интеллект болашақ педагогтердің шығармашылық қабілетін жан-жақты дамытатын маңызды құрал екені анықталды. Ол идея тудыруды жеңілдетеді, оқу ортасын байытады және креативті ойлауды қолдайды. Сондықтан AI құралдарын болашақ педагогтерді даярлау жүйесіне ғылыми негізделген және этикалық тұрғыдан дұрыс енгізу маңызды.

***Keywords**: artificial intelligence, creativity, preschool teacher, teacher preparation, ChatGPT, Midjourney, VR/AR, digital pedagogy, generative AI, creative thinking.*

***Кілт сөздер:** жасанды интеллект, креативтілік, мектепке дейінгі педагог, педагог даярлау, ChatGPT, Midjourney, VR/AR, цифрлық педагогика, генеративті AI, шығармашылық ойлау.*

Kipicne

Мектепке дейінгі тәрбие мен оқыту жүйесінде педагогтің рөлі ерекше маңызды. Бала тұлғасының қалыптасуы, оның танымдық, әлеуметтік-эмоциялық және шығармашылық қабілеттерінің дамуы ең алдымен педагогтың кәсіби шеберлігіне, қолданатын әдіс-тәсілдеріне және инновацияларды меңгеру деңгейіне тікелей байланысты. Мектепке дейінгі кезең - баланың ойлау икемділігі, қызығушылығы мен шығармашылығы ең қарқынды дамитын шақ, сондықтан педагогтің кәсіби құзыреттері ішінде креативтілік ерекше орын алады [1].

Қазіргі қоғамда білім беру саласы терең трансформацияға ұшырап отыр. Жедел өзгеріп жатқан ақпараттық орта, цифрландыру үрдістері, технологиялық жаңалықтардың қарқынды енуі педагогке тек дәстүрлі оқыту тәсілдеріне сүйенуді жеткіліксіз етеді. Бүгінгі күні педагог жаңа білімді игеруші ғана емес, сонымен бірге оны шығармашылықпен интерпретациялай алатын, жаңаша шешімдер қабылдайтын, оқыту процесін баланың жеке ерекшеліктеріне қарай бейімдей алатын креативті маман болуы тиіс [2].

Соңғы жылдары жасанды интеллект (AI) технологиялары әлемдік білім беру жүйесінде кеңінен қолданыла бастады. ChatGPT секілді тілдік модельдер, бейімделген (adaptive) оқу платформалары, цифрлық ойындар, виртуалды ассистенттер, генеративті визуалды құралдар (мысалы, Midjourney, DALL·E) педагогикалық тәжірибеге жаңа серпін беруде. Бұл технологиялар оқу материалдарын автоматты түрде генерациялау, дидактикалық тапсырмаларды дараландыру, баланың даму динамикасын талдау, шығармашылық өнімдер жасау және педагогтің жұмысын жеңілдету сияқты көптеген мүмкіндіктер ұсынады [3].

Жасанды интеллект құралдарының педагогтің креативтілігін дамытудағы әлеуеті өте жоғары. Біріншіден, AI идея генерациялау, сценарий құру, оқу ортасын модельдеу, тапсырмалар дайындау сияқты шығармашылық процестерді жеделдетеді және жеңілдетеді. Екіншіден, цифрлық ойындар мен AI элементтерін қолдану педагогтің бала қызығушылығына бейімделген жаңа педагогикалық әдістерді ойлап табуына ықпал етеді. Үшіншіден, интеллектуалды платформалар педагогтің өз кәсіби рефлексиясын дамытуына, шығармашылық проблемаларды шешу дағдыларын жетілдіруіне қолайлы жағдай жасайды [1].

Сонымен қатар қазіргі білім беру парадигмасы педагогтен цифрлық сауат, инновациялық ойлау, технологияларды шығармашылықпен қолдану қабілеттерін талап етеді. Бұл тұрғыдан алғанда мектепке дейінгі ұйым педагогтерінің креативтілігін AI арқылы дамыту мәселесі - теориялық та, практикалық та маңызға ие. Жасанды интеллект мүмкіндіктерін тиімді қолдану педагогтің кәсіби өсуіне, оқыту сапасын арттыруға және баланың дамуына бағытталған инновациялық педагогикалық орта қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Сондықтан AI құралдарының көмегімен педагогтің креативтілігін дамыту жолдарын зерттеу, оларды оқу процесіне енгізудің ғылыми-әдістемелік негіздерін анықтау және мектепке дейінгі білім беру жүйесіне бейімделген инновациялық модель жасау - қазіргі таңда аса өзекті ғылыми мәселе болып табылады [3].

Осы әдеби шолудың негізгі мақсаты - жасанды интеллекттің болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін дамытудағы рөлін, әлеуетін және қолдану мүмкіндіктерін қазіргі ғылыми зерттеулер негізінде жан-жақты талдау және жүйелеу. Бұл мақсат педагогикалық креативтіліктің теориялық негіздерін айқындап қана қоймай, AI технологияларының педагогтің шығармашылық әрекетіне ықпалын ғылыми тұрғыдан түсіндіруге бағытталған. Осы арқылы мектепке дейінгі педагогтерді кәсіби даярлау жүйесіне жасанды интеллектті интеграциялаудың тиімді жолдарын анықтауға, сондай-ақ педагогтің шығармашылық құзыреттерін дамытуға арналған инновациялық әдістемелік негіз қалыптастыруға мүмкіндік

туады.

Әдеби шолуды жүргізу барысында, ең алдымен, креативтілік ұғымының педагогикалық ғылымдағы мазмұны, оның құрылымы, мәні және дамытудың негізгі теориялары талданады. Педагогтің креативтілігін қалыптастыруға әсер ететін психологиялық, тұлғалық және әдістемелік факторлар жүйеленіп, шығармашылық ойлаудың кәсіби даярлық үдерісіндегі орны айқындалады. Сонымен бірге, жасанды интеллект технологияларының білім берудегі функциялары, қолдану бағыттары, педагогикалық процесті жаңғыртудағы мүмкіндіктері және оларды шығармашылық қызметпен байланыстыратын ғылыми тұжырымдар сарапталады.

Әдебиеттерді талдау барысында ChatGPT, Midjourney, AI ойын платформалары, білім беру чат-боттары, бейімделген оқу жүйелері, шығармашылық контент генераторлары сияқты жасанды интеллект құралдарының болашақ педагогтің креативті ойлауын дамытудағы тиімділігі салыстырылады. Бұл құралдардың идея генерациялау, оқу мазмұнын түрлендіру, ойын және зерттеушілік ортаны ұйымдастыру, рефлексия жүргізу, күрделі педагогикалық жағдайларда шығармашылық шешім қабылдау қабілеттеріне қалай әсер ететіні анықталады. Осы негізде әртүрлі AI технологияларының креативтілікті дамытудағы нақты рөлі мен әдістемелік мүмкіндіктері жүйеленеді.

Сонымен қатар әдеби шолу зерттеулердегі олқылықтарды айқындауды да көздейді. Атап айтқанда, мектепке дейінгі педагогтерге арналған AI зерттеулерінің аздығы, креативтілікті өлшеудің валидті моделдері мен критерийлерінің жеткіліксіздігі, педагог даярлау бағдарламаларына AI-ды жүйелі интеграциялау мәселелері, сондай-ақ педагогтің технологиялық, әдістемелік және креативтік құзыреттері арасындағы байланыстардың толық зерттелмеуі сияқты мәселелер анықталады. Бұл олқылықтар болашақ ғылыми жұмыстардың бағытын айқындауға мүмкіндік береді.

Жинақталған ғылыми деректер мен салыстырмалы талдаулар негізінде болашақ зерттеулерге арналған ұсыныстар қалыптастырылады. Олар AI-ды педагог шығармашылығын дамыту құралы ретінде тиімді пайдаланудың теориялық және практикалық негіздерін күшейтуге, жаңа эксперименттік модельдерді әзірлеуге және педагогикалық инновацияларды шынайы оқу үдерісіне бейімдеуге бағытталады.

Осылайша, бұл әдеби шолу болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативті дамуын қолдайтын ғылыми-педагогикалық модельді қалыптастыруға, жасанды интеллект технологияларын тиімді және мақсатты интеграциялау жолдарын негіздеуге бағытталған кешенді ғылыми жұмыс болып табылады.

Бұл зерттеу жасанды интеллекттің болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін дамытудағы рөлін жан-жақты түсіндіру мақсатында бірқатар маңызды зерттеу сұрақтарына жауап іздеуге бағытталады. Алдымен, жасанды интеллект педагогтің шығармашылық әрекетіне қалай ықпал ететіні қарастырылады. Бұл ретте AI құралдарының идея ойлап табу, тапсырма құрастыру, оқу ортасын жобалау сияқты педагогикалық әрекеттерді қаншалықты жеңілдететіні немесе жетілдіретіні, сондай-ақ жасанды интеллекттің педагогтің шығармашылық рефлексиясын дамытуда, күрделі педагогикалық жағдайларда креативті шешім қабылдауда қандай рөл атқаратыны анықталады. Сонымен бірге AI технологияларының педагогтің кәсіби мотивациясы мен өзін-өзі дамытуға деген ұмтылысына әсері де ерекше назарда болады, себебі ішкі мотивация мен өзіндік даму креативтіліктің маңызды құрамдас бөліктері ретінде танылады [1].

Зерттеудің келесі бағыты - жасанды интеллекттің қай құралдары мектепке дейінгі білім беру саласында педагогтің креативтілігін дамытуда анағұрлым тиімді екенін анықтау. Бұл тұрғыда мектепке дейінгі жастағы балалармен жұмыс істеуге бейімделген ойындық, визуалды, бейімделген оқу жүйелері немесе контент генераторлары сияқты AI платформаларының педагогтің шығармашылық әрекетін қолдаудағы нақты мүмкіндіктері талданады. Сондай-ақ ChatGPT секілді тілдік модельдердің сабақ жоспарын әзірлеу, ойын сценарийін құрастыру, шығармашылық жаттығуларды дайындау сияқты педагогикалық міндеттердегі тиімділігі қарастырылады. Жасанды интеллект құралдарының қайсысы педагогтің креативтілік компоненттеріне ойлау икемділігі, қиял, көпнұсқалы ойлау, проблеманы шешу қабілеті тікелей ықпал ететіні де осы зерттеу шеңберінде анықталуы тиіс.

Зерттеудің келесі сұрағы жасанды интеллекттің педагог креативтілігін дамытудағы рөлі бойынша жинақталған ғылыми нәтижелерді бағалауға және әлі де зерттеуді қажет ететін мәселелерді айқындауға бағытталады. Бұл бөлімде педагогтің шығармашылық әлеуетін арттыруға арналған AI технологияларын қолдану жөніндегі зерттеулердің негізгі

қорытындылары қарастырылады. Сонымен қатар мектепке дейінгі білім беру контексінде AI технологияларын қолданудың тиімділігі туралы дәлелденген эксперименттік нәтижелер баржоғы анықталады. Бұдан бөлек, зерттеуде толық ашылмай қалған бірқатар аспектілерге назар аударылады: AI қолдану кезінде туындайтын этикалық қауіптер, педагогтің технологияға тәуелділігі, жас ерекшелігіне байланысты шектеулер, мамандардың даярлық деңгейінің жеткіліксіздігі, сондай-ақ AI интеграциясының ұзақ мерзімді әсері сияқты мәселелер әлі де терең зерттеуді қажет етеді.

Осылайша, берілген зерттеу сұрақтары жасанды интеллекттің педагог креативтілігін дамытудағы әлеуетін жан-жақты талдауға, тиімді құралдар мен әдістерді айқындауға және алдағы ғылыми ізденістерге бағыт-бағдар беруге мүмкіндік береді.

Әдістер

Бұл зерттеу жұмысының әдіснамалық негізін жасанды интеллекттің болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін дамытудағы рөлін сипаттауға бағытталған жүйелі әдеби шолу құрайды. Зерттеу бірнеше кезеңнен тұрды: әдебиеттерді іріктеу, дереккөздермен танысу және алынған материалдарды талдау.

Алдымен ғылыми мақалалар, диссертациялар, рецензияланған еңбектер және конференция материалдары қарастырылды. Іздеу барысында artificial intelligence, creativity, preschool teacher training, digital pedagogy, AI and creativity development сияқты негізгі сөздер қолданылды. Педагогтің креативтілігін дамытуға, AI-дың білім берудегі рөліне қатысты мазмұнды ақпарат бермейтін немесе ғылыми негізі әлсіз материалдар шолу құрамына енгізілмеді.

Зерттеуде әртүрлі ғылыми платформалардағы материалдар пайдаланылды. Халықаралық дереккорлар жалпы ғылыми үрдістерді түсінуге мүмкіндік берсе, білім беру саласына арналған ресурстар педагогикалық тәжірибелерді анықтауға көмектесті. Сонымен бірге ашық қолжетімді базалар мен ұлттық электрондық кітапхана жергілікті және халықаралық еңбектерді бірдей қамтуға жағдай жасады. Мұндай дереккөздердің үйлесімі зерттелетін мәселені кең ауқымда қарастыруға мүмкіндік берді.

Материалдарды талдау барысында бірнеше тәсіл қолданылды. Теориялық контент-анализ педагог креативтілігі мен AI технологиялары туралы негізгі ұғымдар мен идеяларды жүйелеуге көмектесті. Тақырыптық салыстырмалы талдау әртүрлі зерттеулердегі көзқарастарды салыстыруға және ортақ тенденцияларды анықтауға мүмкіндік берді. Сондай-ақ креативтілікті дамытуға арналған модельдер қарастырылып, AI құралдарының осы модельдермен үйлесімділігі бағаланды.

Қорытындылай келе, бұл әдеби шолу жасанды интеллекттің болашақ мектепке дейінгі педагогтердің шығармашылық қабілетін дамытудағы мүмкіндіктерін кешенді түрде түсіндіруге бағытталды. Зерттеу нәтижелері AI технологияларын педагогтерді даярлау жүйесіне енгізу жолдарын айқындауға және болашақ зерттеулерге бағыт беруге мүмкіндік береді.

Нәтижелер

Жасанды интеллекттің білім берудегі рөлі туралы зерттеулер мен студент креативтілігін коучинг технологиясы арқылы дамытуға арналған еңбектерді салыстыра талдау білім беру кеңістігінде жүріп жатқан өзгерістердің ортақ логикасын айқын көрсетеді. Жасанды интеллект (AI) қазіргі таңда тек техникалық жаңалық емес, оқу үдерісін жоспарлау мен ұйымдастыруды автоматтандыратын, рефлексия жүргізуді қолдайтын және оқу ортасын бейімдейтін маңызды педагогикалық ресурс ретінде сипатталады [1]. AI құралдары мұғалімге сабақ жоспарын құру, оқу материалдарын түрлендіру, тапсырмаларды деңгейге бейімдеу сияқты рутинді жұмысты өз мойнына алып, педагогтің уақытын үнемдеуге және шығармашылық ізденісіне көбірек мүмкіншілік беруге көмектеседі [2].

Сонымен қатар AI білім беруде адаптивті оқытуды жүзеге асыру арқылы әрбір білім алушының ерекшелігіне қарай дербестендірілген оқу траекториясын құруға мүмкіндік береді; бұл әсіресе мектепке дейінгі жастағы балаларға арналған оқу жоспарларында айқын көрінеді [2]. Ойынға, тәжірибеге, роботтар мен цифрлық симуляцияларға негізделген бағдарламалар балалардың жасына сай түрде AI туралы түсінігін қалыптастырып қана қоймай, олардың қиялын, зерттеушілік белсенділігін, бірлесіп әрекет ету дағдыларын дамытады [1,2]. Осы тұрғыдан алғанда AI тек мазмұнды жеткізуші емес, креативтілікке жетелейтін білім беру ортасының бір бөлігі ретінде көрінеді.

Дегенмен студенттердің креативтілігін дамыту тек технологиялық ресурстарға тәуелді емес, ол ең алдымен оқытушы тұлғасына, оның оқыту стиліне және қолданатын педагогикалық тәсілдеріне тікелей байланысты екенін коучингке негізделген зерттеулер көрсетеді [3].

Университет контексінде жүргізілген эмпирикалық зерттеу нәтижелері студенттер креативті мұғалімді эрудициясы жоғары, динамизмге, икемділікке, болжамсыздыққа және кәсіби сенімділікке ие тұлға ретінде қабылдайтынын айқындайды; креативтілік бұл жерде қиял ғана емес, құзыреттілік, оқыту стилі және тәлімгерлік әсер бірігіп құрайтын кешенді сипаттама екенін көрсетеді [3]. Әлеуметтік-когнитивті теорияға сүйене отырып, авторлар студент креативтілігінің қалыптасуы оқытушының мінез-құлқы мен креативтілікке көзқарасын үлгі ретінде бақылау арқылы жүретінін, сондықтан креативті мұғалім ғана креативті студент тәрбиелей алатынын дәлелдейді [3].

Коучинг технологиясы осы жерде негізгі дәнекер рөл атқарады: мұғалім бұйрық беруші емес, сұрақтар арқылы ойландырушы, рефлексияға жетелеуші, студенттің ішкі ресурстарын іске қосушы серіктес ретінде әрекет етеді [3]. Бұл тәсіл AI-дың білім берудегі рөлімен табиғи түрде тоғысады, өйткені жасанды интеллект мұғалімнің уақытын босатып, жекелендірілген тапсырмалар мен кері байланысты қамтамасыз етсе, коучинг сол ортада студенттің креативтілік әлеуетін ашуға бағытталған тұлғааралық өзара әрекетті күшейтеді [1,3]. Басқаша айтқанда, AI технологиялары оқу мазмұнын, құрылымды және форманы жаңыртса, коучинг сол жаңырған ортада креативті ойлауды, тәуелсіз шешім қабылдауды, белгісіздікке төзімділікті қолдайтын психологиялық-педагогикалық механизм ретінде қызмет етеді.

Осылайша қарастырылған еңбектерді біріктіре отырып, білім беру жүйесінде екі негізгі векторды байқауға болады: біріншісі - жасанды интеллект арқылы цифрлық, адаптивті, ойынға негізделген оқу ортасын құру; екіншісі - коучинг технологиялары арқылы студент пен болашақ мұғалімнің креативтілігін мақсатты дамыту. Бұл екі бағыт өзара қайшы емес, керісінше, бірін-бірі толықтырады: креативті мұғалім AI құралдарын тиімді пайдаланып, студент үшін шабыттандыратын тәлімгер бола алады, ал дамыған AI инфрақұрылымы коучинг үдерісін мазмұндық және ұйымдастырушылық жағынан қолдайды [2, 3].

Креативтілікті дамыту мәселесін түсіндіруде Гилфорд, Е. П. Торранс және Т. М. Амэбил сынды ғалымдардың еңбектері негізгі теориялық тірек болып саналады. Бұл теориялар шығармашылықтың табиғатын, құрылымын және оны дамыту шарттарын айқындап қана қоймай, қазіргі кезеңде жасанды интеллекттің (AI) білім беру саласына енуімен жаңа интерпретацияға ие болуда. Креативтілік теорияларын AI технологияларымен және коучинг арқылы студент креативтілігін дамыту жөніндегі зерттеулермен байланыстыра қарастыру шығармашылықты дамытудың жаңа, кешенді үлгісін қалыптастыруға мүмкіндік береді.

Дж. П. Гилфорд шығармашылық ойлаудың негізі көпнұсқалы ойлау екенін көрсетті және оның негізгі сипаттарын ой жылдамдығы, икемділіктің жоғары болуы, түпнұсқалық және ойды толықтыра білу қабілетімен байланыстырды [2]. Жасанды интеллекттің қазіргі құралдары ChatGPT, Midjourney, генеративті модельдер дәл осы көпнұсқалы ойлау процестерін белсенді түрде қолдайды. Олар бір мәселенің түрлі шешім нұсқаларын ұсына алады, күтпеген идеяларды генерациялайды, студенттің ойының икемділігін арттыруға мүмкіндік береді және шығармашылық өнімді кеңейтуге жағдай жасайды [1]. Коучинг технологиясының да студентті сұрақтар қою арқылы ойландыруы, рефлексия жүргізуге ынталандыруы Дж. П. Гилфордтың ой икемділігіне қатысты тұжырымдарымен сәйкес келеді. Коучинг студенттің өзіне сұрақ қою арқылы жаңа идеяларды табуына мүмкіндік береді, сондықтан ол AI құралдары тудыратын көпнұсқалы ойлау ортасына табиғи түрде үйлеседі [3]. Е. П. Торранс шығармашылықты тәжірибеге, ойынға, қателесуге және сынақтан өткізуге негізделген динамикалық процесс ретінде қарастырып, шығармашылық дамуы үшін қауіпсіз, еркін орта қажет екенін атап өткен [4]. AI технологиялары дәл осы процестің мүмкіндіктерін кеңейтеді. Балалар мен студенттер роботтармен әрекет ету, интерактивті ойыншықтармен тәжірибе жасау, машиналық оқытуды ойын арқылы сезіну сияқты әрекеттер арқылы шығармашылықты табиғи түрде дамытады. PopBots, Cozmo, QuickDraw, Teachable Machine секілді құралдар студентке немесе балаға қателесуге рұқсат беріп, идеяны бірнеше рет сынап көруге мүмкіндік береді [2]. Коучинг технологиясы Е. П. Торранс сипаттаған қауіпсіз эмоционалдық ортаны толықтырады: оқытушы бақылаушы емес, қолдаушы рөлінде әрекет етіп, студенттің өзін еркін сезінуіне, ойлау барысында қателік жасаудан қорықпауына жағдай жасайды. Нәтижесінде AI жасайтын тәжірибелік орта мен коучинг тудыратын психологиялық қауіпсіздік бірігіп, шығармашылық процестің дамуына қолайлы кеңістік жасайды.

Т. М. Амэбил шығармашылықты үш компоненттің бірлігі ретінде түсіндіреді: пәндік білім, шығармашылыққа тән процестер (проблеманы қайта тұжырымдау, ой икемділігі, қиял) және ішкі мотивация [5]. AI дәл осы компоненттердің әрқайсысын қолдай алады: пәндік білімге

қолжетімділікті жеңілдетеді, шығармашылық процестерге қажетті идеялар мен визуалды мүмкіндіктер береді, сондай-ақ жедел кері байланыс арқылы студенттің ішкі мотивациясын арттыра алады [6]. Коучинг технологиясы Т. М. Амэбилдің моделіндегі ең маңызды элемент - ішкі мотивацияны күшейтеді, өйткені коучинг студентке өз мақсатын айқындауға, өз даму траекториясын жоспарлауға, өзіндік шешім қабылдауға мүмкіндік береді [6]. Осылайша коучинг пен AI Т. М. Амэбилдің моделіндегі білім, шығармашылық процесс және мотивация үштігінің арқайсысына қолдау көрсетеді.

Коучингке арналған зерттеуде студенттер креативті мұғалімді интеллектуалдық тұрғыда терең, динамизмге ие, күтпеген шешімдер таба алатын және икемді тұлға деп сипаттайды [7]. Бұл сипаттамалар Дж. П. Гилфордтың көпнұсқалы ойлау моделіндегі икемділік пен түпнұсқалыққа, Е. П.Торранстың моделіндегі шығармашылық әрекеттердің еркіндігіне және Т. М. Амэбилдің мотивация мен шығармашылық дағдылар үйлесіміне сәйкес келеді. Мұғалімнің креативтілігі студенттің өзіндік шығармашылық белсенділігінің үлгісі ретінде көрінеді, ал коучингтің қолдауымен студент AI-дың көмегімен өз ойлауын жаңа деңгейге шығара алады.

Бұл теорияларды біріктіре отырып қарастырғанда, AI шығармашылықты қолдауға арналған ерекше орта қалыптастырады. Генеративті модельдер студенттің қиялын визуализациялауға, ойларын әртүрлі бағытта дамытуға мүмкіндік береді; адаптивті оқу жүйелері жеке қажеттіліктерді ескере отырып, студентті мотивацияға жетелейді; цифрлық симуляциялар қателесуге қауіпсіз жағдай жасайды; ал мұның бәрін коучинг технологиясы тұлғалық қолдаумен толықтырады. Осылайша AI мен коучингтің үйлесімі Дж. П. Гилфорд, Е. П.Торранс және Т. М. Амэбил теорияларында көрсетілген шығармашылық процестердің әр кезеңін күшейтіп, жоғары білімдегі креативтілік дамуы үшін тиімді экожүйе қалыптастырады.

Әдебиеттерді талдау жасанды интеллекттің педагогтердің шығармашылық әлеуетін дамытуда маңызды рөл атқаратынын көрсетеді. Заманауи AI технологиялары педагогтің идея құрастыру, оқу мазмұнын бейімдеу, визуалды материал жасау, сценарий ойластыру, интуитивті шешім қабылдау сияқты әрекеттерін айтарлықтай жетілдіреді. Бұл құралдар шығармашылықты қолдайтын орта қалыптастырып, педагогтің ойлау икемділігі мен инновациялық қабілеттерін күшейтеді.

ChatGPT сияқты генеративті тілдік модельдер педагогке интеллектуалдық серіктес ретінде қызмет етіп, оның сабақ жоспарлау, тақырыпқа байланысты жаңа идеялар ойлап табу, тапсырмалар генерациялау және оқу сценарийлерін әртараптандыру процестерін айтарлықтай жылдамдатады [8]. Бұл құралдың тағы бір маңызды ерекшелігі - күрделі ұғымдарды қарапайым тілмен түсіндіру, оқу мазмұнын әртүрлі жас топтарына бейімдеу, педагогке балама шешімдер ұсыну арқылы оның көпнұсқалы ойлауын дамытуы. Мұндай қабілеттер Дж. П. Гилфорд атап өткен шығармашылықтың «көпнұсқалық» және «икемділік» компоненттерімен тікелей үйлесіп, педагогтің ойлау шеңберін кеңейтеді.

Педагогтің шығармашылық көзқарасын кеңейтетін келесі маңызды AI құралы - генеративті визуалды жүйелер. Midjourney мен DALL·E платформалары мұғалімге оқу үдерісіне қажетті иллюстрациялар, постерлер, ертегі кейіпкерлері, көрнекіліктер және күрделі визуалды сюжеттерді қысқа уақыт ішінде әзірлеуге мүмкіндік береді [10]. Мұндай визуалды генерациялау педагогтің қиялын дамытумен қатар, оқу ортасын эстетикалық, тартымды және баланың қызығушылығын оятатындай деңгейде безендіруге жағдай жасайды. Бұл процесс Е. П. Торранс сипаттаған «қиялды кеңейту», «идеяны трансформациялау» және «визуалды ойлауды күшейту» сияқты шығармашылық механизмдерді қолдап, педагогтің көркемдік-инновациялық дағдыларын күшейтеді.

Ал VR және AR құралдары педагогтің шығармашылық қабілетін одан әрі тереңдететін иммерсивті білім беру ортасын қалыптастырады. Виртуалды шындық технологиясы сабақ сюжеттерін еркін модельдеуге, тарихи немесе табиғи құбылыстарды жанды бейнеде қайта құруға, балалардың зерттеушілік әрекетін белсендіруге мүмкіндік берсе, AR технологиясы нақты әлемге цифрлық элементтер енгізу арқылы күрделі ұғымдарды визуалды түрде түсіндіруге жағдай жасайды [11]. Мұндай білім беру кеңістігі педагогтің де, баланың да интуитивті, кеңістіктік және бейнелі ойлауын дамытып, оқу үдерісін шығармашылық тұрғыдан ұйымдастыруға жаңа мүмкіндіктер ашады. AI-дың бұл құралдары педагогтің оқу ортасын әртараптандыруына, жаңа идеяларды сынақтан өткізуіне және баланың дамуына

бағытталған инновациялық тәжірибелер жасауына мүмкіндік береді.

Кесте 1. AI құралдарының педагог креативтілігіне ықпалын салыстырмалы кесте

AI құралы	*Қолдану саласы*	*Креативтілік компонентіне әсері*	*Мүмкіндіктері*
ChatGPT	*Мәтін құрастыру, идея генерациялау, сценарий құру*	*Көпнұсқалы ойлау, логикалық кеңею, баламалы шешімдер*	*Жылдам идея ұсыну, тапсырма құрастыру, күрделі ақпаратты түсіндіру*
Midjourney / DALL·E	*Визуалды контент жасау*	*Қиял, визуалды ойлау, идеяны трансформациялау*	*Иллюстрация құру, көрнекілік дайындау, эстетикалық орта қалыптастыру*
VR/AR	*Иммерсивті орта, модельдеу*	*Интуитивті ойлау, кеңістіктік қиял, зерттеушілік әрекет*	*Виртуалды сценарийлер жасау, тәжірибеге негізделген оқыту, эмоциялық әсерді күшейту*

AI құралдарының әрқайсысы педагогтің шығармашылығын әртүрлі қырынан дамытады:

ChatGPT когнитивті және мәтіндік шығармашылықты, Midjourney/DALL·E визуалды және бейнелі ойлауды, VR/AR интуитивті, кеңістіктік және сезімдік шығармашылық қабілеттерді күшейтеді.

Осы технологиялардың интеграциясы педагогтің шығармашылық әлеуетін жан-жақты дамытатын цифрлық экожүйе қалыптастырады. AI мұғалімге жаңа идеялар ұсынумен қатар, оқу ортасын қайта ойластыруға, күрделі педагогикалық сценарийлерді модельдеуге және оқытудың инновациялық формаларын қолдануға мүмкіндік береді.

Зерттеу шеңберінде әлемдік және қазақстандық тәжірибелерді талдау болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін дамытуда жасанды интеллекттің айтарлықтай рөл атқаратынын көрсетті. Креативтілік заманауи мектепке дейінгі педагогтің маңызды кәсіби құзыреттерінің бірі, ал AI осы қабілетті қалыптастыруға қажетті құралдар мен орталарды ұсынады.

AI құралдарын педагог даярлау жүйесіне енгізу шығармашылық ойлау, идея генерациялау, визуалды қиял, интуитивті шешім қабылдау және инновациялық педагогикалық әрекеттерді дамытудың жаңа мүмкіндіктерін ашады. Сондықтан халықаралық модельдерді зерттеу болашақ педагогтерді креативті маман ретінде дайындауда AI-дың қандай дидактикалық, әдістемелік немесе психологиялық ресурстар ұсына алатынын түсінуге мүмкіндік береді.

Халықаралық тәжірибелер көрсеткендей, AI технологиялары мектепке дейінгі педагогтердің шығармашылық ойлауын арттыруда ерекше тиімді. АҚШ-та PopBots, Zhorai сияқты құралдар AI логикасын түсіндірумен қатар, педагогтерге балалармен бірге жаңа сценарийлер ойлап табуға, шығармашылық ортаны модельдеуге мүмкіндік береді [12]. Бұл болашақ педагогтің көпнұсқалы ойлау қабілетін, жаңа шешімдер табу икемділігін күшейтеді яғни Дж. П. Гилфорд пен Е. П. Торранс сипаттаған шығармашылық компоненттерді қолдайды.

Кореяда AI әсіресе ойын процесін түрлендіретін роботтар арқылы қолданылады. Мұғалімдер роботтармен түрлі оқыту сценарийлерін құрастырып, баланың эмоциялық және әлеуметтік дамуына әсер ете алады. Бұл тәжірибе болашақ тәрбиешіге шығармашылықпен ойлау, педагогикалық қиялды қолдану және түрлі әдістерді сынау үшін мол мүмкіндік береді.

Финляндияда VR/AR технологияларын қолдану педагогтің визуалды-қиялдық қабілетін дамытады. Студенттер оқыту ортасын модельдеу арқылы оқу үдерісін шығармашылық тұрғыдан көркемдеп, балаларға түсінікті инновациялық жағдайлар жасайды. Бұл тәсіл педагогтің шығармашылық интуициясын, мәселені бейнелі түрде шешу қабілетін нығайтады креативті педагогтің негізгі белгілері.

Кесте 2. Халықаралық тәжірибелердің креативтілікпен байланысы

Ел	*Қолданылған AI құралдары*	*Креативтілікке әсері*	*Мақала тақырыбымен байланысы*
АҚШ	*PopBots, Zhorai, адаптивті платформалар*	*Идея генерациясы, шығармашылық сценарий құру*	*Педагогтің ойлау шеңберін кеңейтеді, шығармашылық тапсырмалар құрастыру дағдысын дамытады*
Корея	*Робот-ассистенттер, смарт-сынып, эмоция тану жүйелері*	*Педагогтің ойынға негізделген шығармашылық әдістерін күшейтеді*	*Болашақ педагогтің ойын ортасын инновациялық модельдеуге дайындығын арттырады*
Финляндия	*VR/AR симуляторлары*	*Визуалды қиялды, шығармашылық интуицияны дамытады*	*Педагогтің креативті сабақ құрастыруға қабілетін күшейтеді*

Қазақстанда AI қолдану тәжірибесі енді қалыптасып келе жатқанымен, болашақ педагогтердің креативтілігін дамытуда бұл технологиялар қомақты әлеует көрсетіп отыр. Университеттерде ChatGPT арқылы сабақ сценарийлерін құру, Midjourney және DALL·E арқылы визуалды материалдар дайындау, VR құралдары арқылы оқыту ортасын модельдеу сияқты

тәжірибелер енгізілуде.

Бұл процестер педагогтің қиялын, шығармашылық ойлауын және баламен жұмыста инновациялық тәсілдер қолдануға дайындығын арттырады. Мысалы, Midjourney көмегімен болашақ педагог ертегі кейіпкерлерін, эмоцияны үйрететін иллюстрациялар немесе бала дамуына арналған сюжеттік желілерді шығармашылық тұрғыда жасай алады. ChatGPT арқылы педагог жаңа ойын-сабақ идеяларын, зерттеу тапсырмаларын, дамытушы материалдарды құрастыра алады [14].

VR құралдары студентке балабақша ортасын модельдеп, өз бетінше шығармашылық шешім қабылдап, әртүрлі оқыту сценарийлерін сынақтан өткізуге мүмкіндік береді.

Дегенмен инфрақұрылым мен цифрлық ресурстардың қолжетімділігі, педагогтің дайындық деңгейі және ұлттық AI оқу бағдарламасының болмауы шектеулер ретінде анықталды. Бұл шектеулерге қарамастан, AI педагогтің креативтілігін арттыруда ерекше мүмкіндіктер ашатыны айқын байқалады.

Кесте 3. Қазақстандық және шетелдік тәжірибенің креативтілікке әсер тұрғысынан салыстырмасы

Көрсеткіш	*Халықаралық модель*	*Қазақстандық жағдай*	*Креативтілікпен байланыс*
AI инфрақұрылымы	*Роботтар, VR/AR, адаптивті жүйелер*	*Шектеулі, бірақ дамуда*	*Толыққанды шығармашылық орта құру үшін технология қажет*
Оқыту бағдарламасы	*AI арнайы модуль ретінде оқытылады*	*Кей университеттерде элективті деңгейде*	*Креативті жобаларға AI енгізу мүмкіндігі толық ашылмаған*
Педагог құзыреттілігі	*AI-педагогика интеграциясы жоғары*	*Дайындық деңгейі әркелкі*	*Креативті ойлауға әсер ететін цифрлық дағдылар жетілдірілуі қажет*
Мотивация және инновация	*Мотивацияны қолдайтын AI құралдары жиі қолданылады*	*Жаңашылдыққа қызығушылық жоғары*	*Педагогтің шығармашылық белсенділігін арттыру әлеуеті бар*

Әдебиеттерді талдау нәтижелері жасанды интеллекттің педагогтердің креативтілігін дамытуда ерекше рөл атқаратынын көрсетеді. Педагогтің шығармашылық ойлауын, зерттеушілік бағытын және инновациялық қабілетін нығайтатын AI құралдары үш негізгі топқа бөлінеді: мәтіндік генеративті модельдер, визуалды генеративті жүйелер және иммерсивті VR/AR орталар.

ChatGPT сияқты генеративті тілдік модельдер педагогтің шығармашылық әрекетіне интеллектуалды серіктес ретінде әсер етеді. Бұл құрал педагогке идея генерациялау, сабақ құрылымын әзірлеу, дидактикалық тапсырмалар мен оқу сценарийлерін бірнеше нұсқада құрастыру мүмкіндігін береді. ChatGPT педагогтің көпнұсқалы ойлауын күшейтіп, ой икемділігін арттыра отырып, жаңа көзқарастар ұсынуға, мәселені қайта тұжырымдауға және креативті тәсілдер табуға ықпал етеді. Теориялық тұрғыдан алғанда, бұл Дж. П. Гилфордтың шығармашылық компоненттерімен тікелей үйлеседі.

Midjourney және DALL·E сияқты визуалды генеративті жүйелер педагогтің бейнелі, көркемдік және концептуалды ойлауын кеңейтеді. Визуалды контентті автоматты түрде құрастыру мүмкіндігі педагогке ертегі кейіпкерлерін, көрнекі материалдарды, оқу сюжеттерін және сабақтың визуалды орта элементтерін жылдам жасауға жағдай жасайды. Мұндай тәжірибе Е. П. Торранс сипаттаған қиялды белсендіру, идеяны трансформациялау және визуалды ойлау процестерін күшейтеді. Педагог визуалды концепттерді сынап, олардың бірнеше нұсқасын салыстыра отырып, шығармашылық шешім қабылдау қабілетін арттырады.

VR және AR технологиялары педагогтің қиялын, кеңістіктік елестету қабілетін және интуитивті ойлауын дамытатын иммерсивті орта ұсынады. Виртуалды ортада педагог болашақ сабақтың сюжеттік құрылымын моделдеп, түрлі педагогикалық жағдайларды сынақтан өткізе алады. AR құралдары оқу ортасын цифрлық элементтермен толықтырып, педагогтің балалармен бірге жаңа білімдік кеңістік құруына мүмкіндік береді. Мұндай құралдар шығармашылық сценарий ойластыру, ойын ортасын визуалды түрде қайта өңдеу және тәжірибеге негізделген оқытуды ұйымдастыруда маңызды рөл атқарады.

AI технологияларын педагогтерді даярлау жүйесіне енгізу әлем бойынша әртүрлі қарқынмен дамып келеді. Халықаралық зерттеулер (АҚШ, Корея, Финляндия) бұл бағытта айтарлықтай тәжірбиелік база қалыптасқанын көрсетсе, Қазақстанда бұл үрдіс қалыптасу кезеңінде тұрғанымен, болашақ педагогтердің креативтілігін қолдауда елеулі мүмкіндіктер ашылып отыр.

АҚШ тәжірибесінде AI жоғары білім беру бағдарламаларына жүйелі түрде енгізілген.

Болашақ педагогтер PopBots, Zhorai сияқты AI негізіндегі оқу ойыншықтарымен, адаптивті оқыту платформаларымен және контент генерациялайтын құралдармен жұмыс істеуді үйренеді. Бұл технологиялар педагогтің сценарий ойлауын, баламалы шешімдер құрастыру қабілетін және ойын арқылы оқыту моделін жетілдіруге мүмкіндік береді.

Кореяда AI технологиялары робототехникамен интеграцияланған. Университеттерде болашақ тәрбиешілер робот-ассистенттерді, эмоция танитын жүйелерді, смарт-сынып инфрақұрылымын қолдану дағдыларын меңгереді. Мұндай тәжірибе педагогтің технологиялық дағдысын ғана емес, балалармен шығармашылық қарым-қатынас құруға деген педагогикалық икемділігін де дамытады.

Финляндияда AI технологиялары ойынға негізделген, зерттеушілік әдістер арқылы енгізіледі. Педагогтер VR/AR симуляциялары арқылы оқу ортасын моделдеп, AI көмегімен дамытушы тапсырмаларды ұйымдастырады. Фин моделі педагогтің креативтілігін табиғи ортада дамытуға бағытталған, сондықтан AI қолдану оқу мазмұнының ажырамас бөлігіне айналған.

Қазақстандық тәжірибе халықаралық модельдерден кейінірек дамып келе жатқанымен, AI-дың бірқатар тиімді қолдану формалары байқалады. Университеттерде ChatGPT-ті сабақ жоспарлау, Midjourney және DALL·E арқылы визуалды ертегілер жасау, VR құралдарын ойын ортасын модельдеу үшін қолдану сияқты тәжірибелер кеңеюде. Алайда инфрақұрылымның шектеулілігі, педагогтердің AI-ды қолдану дағдыларының әркелкілігі және әдістемелік ресурстардың аздығы шектеулер ретінде анықталды.

Жалпы алғанда, AI педагог даярлау жүйесіндегі оқу ортасын айтарлықтай өзгертіп, креативті педагог бейнесін қалыптастыруға мүмкіндік береді. Ол педагогтің идеяларды генерациялау қабілетін күшейтіп, жаңа үлгідегі сабақтарды модельдеуге жағдай жасап, оқу ортасын инновациялық бағытқа бағыттайды.

Әдебиеттерді жүйелі талдау мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін AI арқылы дамыту тақырыбында әлі де толық қарастырылмаған, зерттеуді қажет ететін маңызды мәселелер бар екенін көрсетті.

Біріншіден, дәл мектепке дейінгі ұйым (МДҰ) педагогтеріне бағытталған арнайы зерттеулер саны өте аз. Қолданыстағы еңбектердің басым бөлігі жалпы педагогикаға немесе бастауыш сыныптарға бағытталған, ал ерте жастағы балалармен жұмыс істейтін педагогтердің креативтілік ерекшеліктері жеткілікті деңгейде қарастырылмаған.

Екінші олқылық креативтілікті бағалау өлшемдерінің стандартталмауына қатысты. Әртүрлі елдерде, түрлі зерттеулерде қолданылатын бағалау құралдары бір-біріне сәйкес келмейді. Көп жағдайда авторлық сауалнамалар, сапалық бақылаулар немесе бейресми тесттер қолданылады, бұл педагог креативтілігін объективті өлшеуде қиындықтар туғызады.

Үшінші айқын олқылық AI этикасы мәселелерінің аз зерттелуі. МДҰ педагогтерінің AI қолданудағы этикалық жауапкершілігі, балалардың жеке деректерін қорғау, технологиялық тәуелділік, педагог рөлінің өзгеруі сияқты аспектілер көптеген зерттеулерде жан-жақты қарастырылмайды. Бұл мәселелер педагог даярлау бағдарламаларына үздіксіз енгізілуі қажет.

Жалпы әдебиеттердегі олқылықтар болашақ зерттеулердің бағытын айқындайды: AI-ды МДҰ контексінде жүйелі пайдалануға арналған оқу бағдарламасын әзірлеу, педагог креативтілігін объективті бағалау құралдарын жасау және AI этикасын ерте жастағы білім беру саласына енгізу маңызды ғылыми міндеттер ретінде көрінеді.

Талқылау

Зерттеу нәтижелері болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін дамытуда жасанды интеллекттің рөлі айтарлықтай жоғары екенін дәлелдейді. ChatGPT, Midjourney, DALL·E және VR/AR сияқты AI құралдары педагогтің шығармашылық ойлауын ынталандырып, идея тудыруға, визуалды шешімдер табуға және сабақтың инновациялық моделін құруға көмектеседі. Бұл құралдар Дж. П. Гилфордтың көпнұсқалы ойлау теориясында көрсетілген икемділік, түпнұсқалық және көпнұсқалық идея генерациясын күшейтсе, Е. П. Торранстың шығармашылықты тәжірибе арқылы дамыту қағидасына толық сәйкес келеді.

Алайда AI технологияларының өзіндік әлеуеті педагогтің шығармашылығын автоматты түрде қалыптастырмайды. Шынайы шығармашылық педагогтің кәсіби рефлексиясы, дербес ойлау стилі, педагогикалық мақсатты түсінуі және жаңа идеяны мәнді контексте қолдана білу қабілетімен байланысты. Сондықтан AI шығармашылық әрекетті күшейтетін құрал, бірақ оның тиімділігі педагогтің белсенді позициясына байланысты.

Бұл интерпретация Т. М. Амэбилдің шығармашылық моделіндегі «ішкі мотивация» компонентін растайды: педагог AI-платформаларды өз еркімен, қызығушылықпен және кәсіби

дамуға ұмтылыс негізінде қолданғанда ғана шығармашылық әлеует толық ашылады. Осы тұрғыдан алғанда, болашақ педагогтерге арналған кәсіби оқу бағдарламаларына AI құралдарын мақсатты түрде, жүйелі бірізділіктен енгізу қажеттілігі айқындалады.

Зерттеу нәтижелері болашақ педагогтердің кәсіби даярлығына қатысты нақты практикалық ұсыныстар береді. Жоғары оқу орындарындағы педагогикалық пәндер мазмұнына арнайы «AI педагогикасы» модулін қосу уақыт талабы. Мұндай модуль студенттерге AI-дың техникалық мүмкіндіктерін ғана емес, оны шығармашылық процесте, дидактикалық дизайн жасауда, ойын ортасын жаңғыртуда және балалардың белсенді танымдық әрекетін қолдауда қалай қолдануға болатынын үйретуді қамтиды.

Сонымен бірге педагогтердің креативті ойлауын дамытуға арналған AI-жаттығулар жүйесін әзірлеу ұсынылады. Мысалы, ChatGPT көмегімен бірнеше нұсқада сабақ сценарийін құрастыру, Midjourney арқылы визуалды ертегі әлемін жасау, VR ортада ойын сюжетін модельдеу, немесе AI құрастырған мазмұнды талдап, педагогикалық мақсатқа бейімдеу сияқты тапсырмалар студенттің шығармашылық рефлексиясын арттырады.

Практикалық тұрғыдан AI құралдары педагогтің жұмысын жеңілдетіп қана қоймайды; олар оның креативті потенциалын күшейтіп, кәсіби әрекетін жаңа деңгейге шығарады. Нәтижесінде болашақ педагог өзін тек білім беруші ғана емес, шығармашылық орта құрастырушы ретінде сезінеді [4].

Қорытынды

Жасанды интеллекттің дамуы қазіргі білім беру жүйесінде түбегейлі өзгерістер жасап, педагогтің кәсіби рөлін жаңаша түсіндіруге мүмкіндік беріп отыр. Әдеби шолу нәтижелері болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін дамытуда AI технологиялары тек қосымша құрал емес, шығармашылық ойлауды, педагогикалық икемділікті және инновациялық тәсілдерді қалыптастыратын стратегиялық ресурс екенін көрсетті.

Мектепке дейінгі жастағы балалармен жұмыс істеу шығармашылықты, педагогикалық қиялды, эмоциялық сезімталдықты және ерекше бейімделгіштікті талап ететін күрделі процесс. Осындай ортада педагогтің креативтілігі - оқу үдерісінің сапасына тікелей әсер ететін негізгі факторлардың бірі. Зерттеу нәтижелеріне сүйенсек, ChatGPT, Midjourney, DALL·E, VR/AR сияқты заманауи AI құралдары болашақ педагогтің шығармашылық әлеуетін бірнеше бағытта күшейтеді: идея тудыруды жылдамдатады, визуалды және концептуалдық ойлауды кеңейтеді, күрделі сабақ сценарийлерін модельдеуге мүмкіндік береді, ал кей жағдайларда педагогикалық қиялды бұрын мүмкін болмаған деңгейде іске қосады.

AI технологиялары шығармашылықты механикалық түрде алмастырмайды; керісінше, педагогке жаңа мүмкіндіктер ашып, оның ішкі креативті ресурстарын белсендіреді. Бұл орайда AI құралдары Дж. П. Гилфордтың шығармашылық құрылымы, Е. П. Торранстың тәжірибе арқылы дамыту идеясы және Т. М. Амэбилдің мотивацияға негізделген моделіндегі компоненттердің әрқайсысын қолдайтыны анықталды. Яғни, AI педагогтің көпнұсқалы ойлауын күшейтіп, қиял мен түпнұсқалықты дамытады, шығармашылық тапсырмаларды орындауға деген ішкі мотивацияны жоғарылатады.

Алынған нәтижелер болашақ педагогтердің AI-ды қолдану арқылы креативтілік деңгейі жоғарылайтынын ғана емес, жасанды интеллект пен педагогикалық тәжірибенің өзара үйлесуі шығармашылық үдерісті айтарлықтай күшейтетінін көрсетеді. AI–педагог–бала арасындағы өзара әрекет шығармашылық белсенділікті арттырып, баланың дамуына арналған оқу ортасын жаңа сапалық деңгейге көтереді. Мұндай ықпалдастық педагогтің кәсіби рөлін қайта қалыптастырып, оны шығармашылық үдерісті ұйымдастыратын, оқу ортасын жобалайтын және инновациялық идеяларды туындататын тұлға ретінде танытады.

Сонымен қатар болашақ педагогтерді даярлау жүйесінде AI технологияларын жүйелі түрде енгізу қажеттілігі айқындалды. Қазіргі таңда AI университет бағдарламаларында көбіне фрагменттік немесе таңдамалы модульдер түрінде кездеседі. Алайда зерттеу деректері AI-дың педагогикалық пәндермен интеграцияланған, әдістемелік және практикалық жаттығулармен толықтырылған форматы әлдеқайда нәтижелі болатынын көрсетті. Мұндай бағдарламалар педагогтің цифрлық сауаттылығын ғана емес, шығармашылық дағдыларын да күшейтеді.

Дегенмен AI енгізу барысында техникалық дайындық, авторлық құқық, этика, деректерді қорғау және технологияға тәуелділік сияқты мәселелер шешімді қажет етеді. Бұл шектеулердің болуы AI-ға деген сақтықты күшейтсе де, олар инновацияның дамуын тоқтататын фактор емес. Керісінше, бұл мәселелер педагогтерді даярлау бағдарламаларында арнайы оқытылуы,

этикалық сауаттылық пен жауапты технология қолдану мәдениеті қалыптастырылуы керек.

Қорытындылай келе, жасанды интеллект болашақ мектепке дейінгі педагогтердің креативтілігін дамытудағы негізгі қозғаушы күштердің бірі ретінде көрінеді. Ол педагогке шығармашылық тұрғыдан ойлауға, жаңа педагогикалық шешімдер табуға, оқу ортасын түрлендіруге және балалардың қажеттіліктеріне бейімделген инновациялық модельдер құрастыруға мүмкіндік береді. Сондықтан AI технологияларын педагогикалық дайындықтың барлық деңгейіне саналы, ғылыми негізделген және этикалық тұрғыдан енгізу заманауи білім беру жүйесінің стратегиялық дамуы үшін қажет.

Болашақта AI-ды меңгерген, шығармашылықпен ойлайтын, технологияны білім беру ортасын байытуға қолдана алатын педагогтер ғана мектепке дейінгі ұйымдарда сапалы, жаңашыл және баланың даралығына бағытталған оқыту моделін жүзеге асыра алады.

Пайданылған әдебиеттер тізімі

1. Durrani R., Iqbal A., Akram H. Artificial intelligence (AI) in early childhood education, exploring challenges, opportunities and future directions: A scoping review // Qlantic Journal of Social Sciences. – 2024. – Т. 5, № 2. – С. 411–423. – DOI: 10.55737/qjss.135537445.

2. Su J., Zhong Y. Artificial intelligence (AI) in early childhood education: Curriculum design and future directions // Computers and Education: Artificial Intelligence. – 2022. – Т. 3. – № 100072. – DOI: 10.1016/j.caeai.2022.100072.

3. Zholdasbekov A. A., Zholdasbekova K. A., Tursynbaev A. Z., Zholdasbekova B. A. Development of students' creativity using coaching technologies // Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Pedagogy. Psychology. Sociology. – 2024. – Т. 149, № 4. – С. 278–293. – DOI: 10.32523/2616-6895-2024-149-4-278-293.

4. Pak D. A. Технологии искусственного интеллекта как средство формирования цифровой компетентности будущих педагогов дошкольного образования // Science and Education. – 2025. – Т. 6, № 3. – С. 408–412.

5. Ходжагельдиева З. М., Бегалиева Т. Болашақ педагогтарды даярлауда креативтік потенциалын жетілдірудің жолдары мен әдістемесі. – Тараз: ТИГУ. – Рукопись (неопубликованная).

6. Zhao Y. Artificial intelligence practices and its integration to art education: Basis for an innovative development plan // Pedagogy Review: An International Journal of Educational Theories, Approaches and Strategies. – 2025. – Т. 4, № 2. – С. 77–86. – DOI: 10.62718/vmca.pr-ijetas.4.2.SC-0225-002.

7. Doğan Y., Batdı V., Topkaya Y., Özüpekçe S., Akşab H. V. Effectiveness of artificial intelligence practices in the teaching of social sciences: A multi-complementary research approach on pre-school education // Sustainability. – 2025. – Т. 17, № 7. – Ст. 3159. – DOI: 10.3390/su17073159.

8. Abdulina M., Gavrish N., Mamytbayeva Zh. ICT competence and AI tools as key pedagogical conditions in the training of future preschool teachers // Bulletin of Abai Kazakh National Pedagogical University. Pedagogical Sciences Series. – 2025. – № 2(86). – С. 120–132. – DOI: 10.51889/2959-5762.2025.86.2.011.

9. Исламгалиева В. Ж., Жуминова А. Б., Смагулова Ф. Б. Цифровая педагогика как форма инновационного образовательного решения // Педагогика ғылымдары. – 2024. – № 4. – С. 214–219. – DOI: 10.52269/22266070_2024_4_214.

10. Мамытбаева Ж. А., Қияқбаева Ұ. Қ., Мамаева А. Е. Жоғары оқу орындары жағдайында педагог-тәрбиешілердің зерттеушілік мәдениетін қалыптастырудың теориялық негіздері // Вестник КазНПУ им. Абая. Серия «Педагогические науки». – 2021. – № 1(69). – С. 48–52. – DOI: 10.51889/2021-1.1728-5496.06.

11. 1. Biswas S. S. Potential Use of ChatGPT in Global Warming // Annals of Biomedical Engineering. – 2023. – Т. 51. – С. 1126–1127. – DOI: 10.1007/s10439-023-03171-8.

12. Garkusha N. S., Gorodova Yu. S. Pedagogical possibilities of ChatGPT for the development of cognitive activity of students // Vocational Education and the Labor Market. – 2023. – Т. 11, № 1. – С. 6–23.

13. Harm to thinking and data leakage. Where and why is it forbidden to use ChatGPT [Электронный ресурс] // BKS Express. – 2023. – Режим доступа: https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/vred-dlia-myshleniia-i-utechk

14. Kogan M. S. On the possible use of the ChatGPT neural network in teaching foreign languages

// Foreign Languages at School. – 2023. – № 3. – C. 31–38.

References

1. *Durrani R., Iqbal A., Akram H. Artificial intelligence (AI) in early childhood education, exploring challenges, opportunities and future directions: A scoping review // Qlantic Journal of Social Sciences. – 2024. – T. 5, № 2. – S. 411–423. – DOI: 10.55737/qjss.135537445.*
2. *Su J., Zhong Y. Artificial intelligence (AI) in early childhood education: Curriculum design and future directions // Computers and Education: Artificial Intelligence. – 2022. – T. 3. – № 100072. – DOI: 10.1016/j.caeai.2022.100072.*
3. *Zholdasbekov A. A., Zholdasbekova K. A., Tursynbaev A. Z., Zholdasbekova B. A. Development of students' creativity using coaching technologies // Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. Pedagogy. Psychology. Sociology. – 2024. – T. 149, № 4. – S. 278–293. – DOI: 10.32523/2616-6895-2024-149-4-278-293.*
4. *Pak D. A. Tekhnologii iskusstvennogo intellekta kak sredstvo formirovaniya tsifrovoi kompetentnosti budushchikh pedagogov doshkol'nogo obrazovaniya // Science and Education. – 2025. – T. 6, № 3. – S. 408–412.*
5. *Khodzhagel'dieva Z. M., Begalieva T. Bolashaq pedagogtardy daiyarlawda kreativtik potentsialyn zhetildirudiń joldary men ádistemesi. – Taraz: TIGU. – Rukopis' (neopublikovannaya).*
6. *Zhao Y. Artificial intelligence practices and its integration to art education: Basis for an innovative development plan // Pedagogy Review: An International Journal of Educational Theories, Approaches and Strategies. – 2025. – T. 4, № 2. – S. 77–86. – DOI: 10.62718/vmca.pr-ijetas.4.2.SC-0225-002.*
7. *Dogan Y., Batdı V., Topkaya Y., Ozupekce S., Aksab H. V. Effectiveness of artificial intelligence practices in the teaching of social sciences: A multi-complementary research approach on pre-school education // Sustainability. – 2025. – T. 17, № 7. – St. 3159. – DOI: 10.3390/su17073159.*
8. *Abdulina M., Gavrish N., Mamytbayeva Zh. ICT competence and AI tools as key pedagogical conditions in the training of future preschool teachers // Bulletin of Abai Kazakh National Pedagogical University. Pedagogical Sciences Series. – 2025. – № 2(86). – S. 120–132. – DOI: 10.51889/2959-5762.2025.86.2.011.*
9. *Islamgalieva V. Zh., Zhuminova A. B., Smagulova F. B. Tsifrovaya pedagogika kak forma innovatsionnogo obrazovatel'nogo resheniya // Pedagogika gylymdary. – 2024. – № 4. – S. 214–219. – DOI: 10.52269/22266070_2024_4_214.*
10. *Mamytbaeva Zh. A., Qiyaqbaeva U. Q., Mamaeva A. E. Zhogary oqy oryndary zhagdaýynda pedagog-tárbieşilerdiń zerttewshilik mádenietin qalyptastyrudyn teorialyq negizderi // Vestnik KazNPU im. Abaya. Seriya «Pedagogicheskie nauki». – 2021. – № 1(69). – S. 48–52. – DOI: 10.51889/2021-1.1728-5496.06.*
11. *Biswas S. S. Potential Use of ChatGPT in Global Warming // Annals of Biomedical Engineering. – 2023. – T. 51. – S. 1126–1127. – DOI: 10.1007/s10439-023-03171-8.*
12. *Garkusha N. S., Gorodova Yu. S. Pedagogical possibilities of ChatGPT for the development of cognitive activity of students // Vocational Education and the Labor Market. – 2023. – T. 11, № 1. – S. 6–23.*
13. *Harm to thinking and data leakage. Where and why is it forbidden to use ChatGPT [Elektronnyi resurs] // BKS Express. – 2023. – Rezhim dostupa: https://bcs-express.ru/novosti-i-analitika/vred-dlia-myshleniia-i-utechk*
14. *Kogan M. S. On the possible use of the ChatGPT neural network in teaching foreign languages // Foreign Languages at School. – 2023. – № 3. – S. 31–38.*

STUDYING THE CONTENT AND PRACTICAL ASPECTS OF INCLUSIVE EDUCATION

Almat Tassybekov[1]
PhD, Director of Educational Programs
Aisulu Medetbekova[2]
Candidate of Pedagogical Sciences
Maiya Shegebayeva[3]
Director of the Rehabilitation Center "Alau"
Farida Smailova[4]
Director of School-Gymnasium No.23, Almaty
Kuralay Issapayeva[5]
Director of Secondary School No.89, Almaty

Abstract

Inclusive education is considered a key area in reforming the modern education system, ensuring the right to education for every person, including children with special educational needs. Inclusion aims to take into account the various needs of children, ensure full participation in the educational process and eliminate discrimination. The article examines the organization of the educational process in an inclusive class, the role of teachers, individual educational programs, the material and technical resources of the school and the most important aspects of social integration. In addition, the theoretical foundations, practical approaches and social impact of inclusive education on society are discussed.

Keywords: *inclusive education, special needs, social integration, pedagogy, individualized educational program, school, children, educational process, social competence, support, tutor, equal opportunities, career guidance, social model, education, special school, team, cooperation, innovative methods, tolerance.*

Introduction. *The education system in the modern world is undergoing intensive changes and requires the implementation of new models aimed at ensuring equal opportunities for every student. In this context, inclusive education is the main direction of reforming the special education system in developed and developing countries. The inclusive approach aims to make the basic principles of education accessible to all children, including children with special educational needs. This method includes understanding the different educational needs of children, their full participation in the learning process, their interaction with the community, and the elimination of discrimination in education. The issue of inclusion is an important component of the overall concept of "education for all", since every child has the right to access to quality education.*

In inclusive classrooms, the learning process focuses not only on academic achievement, but also on the development of social, emotional and communication skills. The main focus here is on the personal characteristics and needs of the child, while the professional views and stereotypes of the teacher remain in second place. Effective implementation of inclusion in schools requires specially trained teaching staff, innovative methods, adapted curricula, information and communication technologies, and a favorable physical environment. In addition, inclusive education promotes children's social integration, the formation of friendships, self-knowledge, and the realization of their abilities.

The relevance of inclusive education is manifested in increasing the effectiveness of the general education system, as well as improving the quality of education for special children. From a social perspective, this approach helps protect children from social barriers, promote equal opportunities in society, and create conditions for each student to perceive themselves as individuals [1]. The aim of the study is to identify ways to improve the modern education system by studying the theoretical foundations, practical aspects and main problems of inclusive education in its implementation [2].

Therefore, inclusive education is one of the main areas of modern pedagogy and psychology, allowing for the clear implementation of the principles of social justice and equality in society. This educational approach helps children develop their personal potential, increase their interest in education, and develop into active citizens in society.

Materials and methods. *The study examined theoretical and practical aspects of inclusive education. The materials used include curricula, pedagogical documents, regulatory legal acts, scientific literature and international experience applied in special and general educational institutions. In addition, observation, interview and survey methods were used to assess children's social and academic*

performance. The method of pedagogical practice was used to organize the educational process in inclusive classes, draw up individual educational plans and study children's interactions. The study design combined comparative analysis and action research, providing a theoretical and practical basis for the results.

Results. *Inclusive education is an important direction in the modern global education system. It is seen as an effective international means of ensuring the right to education for every person, including children with disabilities. Inclusion involves understanding different educational needs, ensuring children's full participation in the educational process, involving society and eliminating discrimination in education. An inclusive approach allows us to create an individually oriented educational environment for children, based on their characteristics and needs [3].*

Among the main principles of inclusive education, an important place is occupied by early intervention, the integration of children with special needs into preschool institutions and the development of their social-emotional competence [4]. Research shows that early development and socialization have a positive impact on children's school readiness, successful learning, and social adaptation. In many countries, children with disabilities were previously educated in special schools and did not have full access to education in the general education system. Currently, the inclusive education system is developing as an effective method of ensuring equal opportunities for children, supporting their social integration and improving academic achievement [5].

In an inclusive classroom, teachers, using individualized learning programs, have the opportunity to take into account the individual characteristics of each child, relying on collaboration and teamwork [6]. Inclusion promotes the development of social skills, the formation of friendships, and the realization of the potential of children with disabilities. In an inclusive environment, children's academic achievement and social competence improve as they gain experience and interact with their peers through a variety of learning activities.

To implement inclusive education in schools, specialized teaching staff, innovative methods and information and communication technologies, adapted curricula, and the provision of external conditions are required. For successful integration, ongoing cooperation between the school staff, parents, students and administration is essential [7]. In addition, it is necessary to fund inclusion, use resources effectively, and develop an internal school culture.

Inclusive education not only improves the learning process, but also the social integration of children, the right to equal participation, self-awareness as an individual, and improves the quality of life. To ensure the professional training and adaptation of children with disabilities to the labor market, a comprehensive, multidisciplinary approach is needed that involves the integration of educational, social rehabilitation, medical, and professional training resources.

This study examines the theoretical foundations, content, and practical aspects of inclusive education and describes the main problems and effective solutions in its development and implementation.

The main direction of reforming the special education system in modern developed and many developing countries of the world is inclusive education, which is the only internationally recognized means of realizing the right of every person to education (including the right of a person with disabilities to education). An inclusive approach involves understanding the diverse educational needs of children and providing services that meet these needs through full participation in the educational process, community involvement and the elimination of discrimination in education.

Inclusion issues should be seen as an important part of the overall "Education for All" movement. Every child should have access to basic quality education. This leads to the need to create an environment in schools and the basic education system that enables and promotes children's learning. Such an environment must be inclusive, effective and friendly, healthy and safe for children. Children with special needs are only a small part of the children who are the focus of the inclusive approach to education, which aims to reform both special education and primary, secondary and higher education in general [8]. The concept of inclusive education is not new to Russian pedagogy. The theory and practice of problem-based learning are widely developed in special education.

To develop basic skills and abilities in an inclusive classroom, a child-centered approach is used, rather than an adult-centered one, where the needs and requirements of each individual child, with or without special needs, are important, rather than the professional views and stereotypes of the teacher. This is the use of individualized learning programs, collaboration and teamwork for both teachers and students.

Inclusive education is a process of development of general education that provides access to education for all in terms of adaptation to the different needs of all children, ensuring access to education for children with special needs. Inclusion is the full inclusion of children with different abilities in all

aspects of school life, in which all other children also participate with joy and enjoyment. This requires a clear adaptation of the school space to meet the needs and requirements of all children, valuing and respecting differences.

One of the main principles of inclusive education is early intervention and integration of children with special needs into mainstream preschool institutions [9]. This is very important not only for the child himself, but also for society as a whole. Early development, education, health maintenance and promotion, social security and provision of equal opportunities influence economic growth. Experience from many countries shows that investing in early childhood and development provides significant benefits to society, as a prepared and well-adapted child will be much more successful than a child who does not attend preschool or has no other preparation for school. Based on the results of various studies, scientists argue that conducting classes with children and training with parents ultimately contributes to increasing the level of social and emotional competence in young children. For a long time, throughout the Soviet period, the country had a specialized system for the upbringing and education of children with developmental disabilities, including a network of specialized preschool institutions for children with various developmental disabilities. The general education system was unusual. These two systems did not interact. Children with disabilities (visual, hearing, musculoskeletal, and mental retardation) receive education separately from other children, which did not exist in our society; many of us did not know about the existence of these children. Now we can compare which educational option is best for children: an inclusive education system, or a segregated one, which limits the child's participation in the educational process and does not give parents the right to choose the school, curriculum, teacher, or parents. Now the situation is changing mostly for the better. An achievement-oriented education, a process that brings pleasure to the child, is the goal that every parent strives for their child. Inclusive education pursues its main goal - to ensure equal access to any form of education and to create the necessary conditions for achieving success in education, regardless of the individual characteristics of all children, past academic achievements, native language, culture, social and economic status of their parents, mental and physical abilities.

Discussion. Inclusive education is based on an ideology that ensures equal treatment of all people, but eliminates discrimination against children, creating special conditions for children with special educational needs. As practice shows, some children are excluded from any strict education system because the system is not prepared to meet the individual learning needs of these children. This ratio represents 15% of the total number of children in schools, so excluded children are isolated and excluded from the general system. You have to understand that children will not fail, but the system excludes children. Inclusive approaches can support these children to learn and succeed, giving them the opportunity and capacity to live better lives. The implementation of inclusive education is carried out in a special educational environment, including:

- *the availability of teaching staff with specialized education, who are proficient in innovative methods and information and communication educational technologies;*
- *a set of individual educational programs, plans, teaching materials, and literature;*
- *creation of adequate external conditions (the necessary level of comfort, specialized means of transportation and organization of adapted educational institutions, distance learning tools), etc.*

The school must address the key challenges of successfully implementing inclusive education. The crux of the problem lies in how the school meets the needs of all its students. Shared values and positive leadership involve successfully addressing challenges when they arise and are the best way to move a school and classroom towards greater inclusivity. Solving many problems often comes naturally to teachers who interact regularly with their students and adults throughout the day.

The following resources are necessary for successful school integration:

1. *The entire school community is involved in developing a rational understanding of inclusion and the benefits it provides to all students. Clear and open discussion of these topics;*
2. *The work on addition begins with one or two students, whose successes and failures are closely monitored, and the number of children gradually increases;*
3. *The speed of implementation of inclusive approaches varies by school. Continuous collaboration between all participants in the process and constant monitoring of the rate of change will help you achieve success;*
4. *When additional resources become available, you must use them. A creative approach to using resources to support inclusion is required. Adequate funding for inclusion will help ensure that it remains of interest to those who implement it;*

5. Collaboration among those involved in the school integration process helps strengthen the commitment of all participants to the idea. The opportunity to show their initiative creates a lasting commitment to the idea and an interest in its successful implementation among participants;

6. Staff who play a key role in promoting school integration must support equal collaboration between all members of the school community. They bear greater responsibility for ensuring the success of inclusion than other school staff;

7. Parents are accepted at school as partners and co-authors of the process, their knowledge and experience are highly valued by school staff;

8. Leaders facilitate interaction and collaboration among the entire team and each employee in promoting inclusion, and ensure coordination of actions;

9. Inclusion is an integral part of other school initiatives, these relationships are clearly defined;

Every child has the right to be accepted and attend the school or kindergarten closest to their home. This mindset is responsible for the social model of disability, which removes barriers in society and prevents children from equal participation in their lives, thereby rendering them disabled. The social model is based on very different definitions of disorder and disability.

Children with individual educational needs do not require special communication and support, but often achieve success in realizing their abilities and in the learning process not in a specialized educational institution, but in a regular comprehensive school. Such children have health problems, but when they interact with a group of peers, their environment becomes a fatal factor in social integration.

Children with special needs demonstrate higher levels of social interaction with healthy peers in inclusive environments compared to children in special schools [10]. This is especially evident if adults in the school specifically support socialization and the number of children with special needs is naturally proportional to the rest of the student population as a whole. In an inclusive environment, social competence and communication skills of children with disabilities improve. This is mainly due to the fact that children with disabilities have more opportunities for social interaction with healthy peers who are carriers of the model of social and communicative competence characteristic of this age.

In an inclusive environment, educational programs for children with special needs are much richer. As a result, skills and academic achievement are improved and the social perception of children with special needs is enhanced through the teaching typical of inclusive classrooms in small groups. Children pass another student's disability threshold and work on an assignment with him or her in a small group. Gradually, normal children begin to realize that they have a lot in common with children with disabilities. In inclusive classes, friendships between children with and without disabilities become commonplace. This is particularly evident in situations where children with disabilities attend school closer to their homes and therefore have a better chance of meeting their classmates outside of school. Teachers play a leading role in establishing and strengthening such friendships.

In an inclusive school setting, pedagogy is an important resource for creating an effective, flexible, child-centered support system. In inclusive education, a tutor is today considered an assistant teacher (providing only physical support), a support teacher, and a specialist conducting additional classes. The main task of the accompanying person is to support the child in independent actions so that in the future he or she can socialize and live a normal life among peers.

The implementation of inclusive education also presents a number of challenges, such as the social integration of children with special needs, increasing tolerance, self-knowledge, and the lack of a program to support the behavior of healthy individuals. There is a serious problem of coordinating the pace of learning and the amount of knowledge available to children with special needs and normal children. A child with special needs must be placed in an environment that is currently appropriate for his or her learning abilities.

The essence of inclusive vocational education for children with special needs lies in a comprehensive, multidisciplinary approach to restoring the ability to engage in social and professional activities at a level that corresponds to the individual's physical, psychological, and social potential. To achieve this goal, it is necessary to concentrate social, educational, technical, human, medical, scientific and other resources. It is necessary not only to ensure the organization of joint leading activities of students, but also to create conditions for direct communication within the framework of educational, work, and life situations, and to unite the efforts of employees of educational institutions involved in the professional development of people with disabilities [11].

The need to create certain conditions so that the labor market, along with the normal population, has competitive specialists, helping people with disabilities through specialized work: creating conditions for vocational training through targeted and corrective adaptation of curricula in accordance with the

abilities and needs of people with disabilities, modern scientific and technological support for psychological, pedagogical and social rehabilitation work.

Conclusion: Inclusive education is a vital component of the education system, enabling every child, regardless of their abilities and characteristics, to receive a quality education. Inclusion is aimed not only at education, but also at developing children's social, emotional and communication skills. Early intervention and inclusion of children with special needs in general education institutions during the preschool period contributes to their adaptation to society, the full realization of their potential, and a successful social and professional life in the future.

The role of the teacher in an inclusive classroom is especially important: the teacher takes into account the individual characteristics of children and allows them to collaborate, work in a team, and implement individualized curricula. The tutoring support system is aimed at developing children's independent activities and ensuring social integration. In addition, the school's material and technical resources, the use of innovative methods and information and communication technologies contribute to improving children's academic achievement.

The practical aspects of inclusive education help foster friendships between children, increase tolerance, and fully integrate children with special needs into society. Reducing barriers in society, ensuring social equality and taking into account the capabilities of each student are the main principles of inclusive education.

The inclusive education system not only improves the educational process, but also enhances society's social responsibility, creates equal conditions for children's development, and fosters the conditions for their full, independent lives. This direction promotes the formation in society of a culture of equal opportunities, appreciation and respect for differences.

References

1. Tassybekov A. The role of inclusive education in enhancing society's potential // II International Scientific and Practical Conference "Inclusive Education in Higher Education: Problems and Solutions". 2025, 9-14 p.

2. Movkebaeva Z., Zholtaeva G., Almukhambetova B., Yesimkhanova R. Issues of Social Adaptation of People with Disabilities in Modern Society [Text] // Gumilyov Journal of Pedagogy. 2025, No.1 (150), 283-299 p.

3. Tassybekov A. Inclusive education in the context of modern education reform // Defectology magazine. 2022, No.2 (139), 11-13 p.

4. Tassybekov A. Inclusive Education in Preschool Institutions // "Preschool Education and Upbringing" Republican Scientific-Methodological Journal. 2024, No.4 (77), 14-16 p.

5. Antropov A., Bogdanova A. Inclusive Education: From Integration in Education to Integration in Society // "Education of the 21st Century: Development of Human Potential" Universum: Bulletin of Herzen University. 2012, No.2, 47-52 p.

6. Movkebayeva Z., Oralkanova I. Inclusion of Children with Special Educational Needs in the General Educational Process. - 2nd ed. - Almaty: IP "Sagautdinova". 2019, 231 p.

7. Hafizullina I.N. Formirovanie inklyuzivnoj kompetentnosti budushchih uchitelej v processe professional'noj podgotovki. Avtoreferat dissert. 2008.

8. Movkebayeva Z., Oralkanova I., Duzelbayeva A. Methodological Recommendations for Preparing Teachers for the Implementation of Inclusive Education. - 2nd ed. - Almaty: IP "Sagautdinova". 2019, 159 p.

9. Tassybekov A. Preschool Education: A Scientific Perspective // "Preschool Education and Upbringing" Republican Scientific-Methodological Journal. 2025, No.1 (80), 2-4 p.

10. Duzelbayeva A., Movkebayeva Z., Khamitova D., Dyusenbayeva B. The Current State of Training Special Teachers for Psychological and Pedagogical Support of Children with Disabilities in Inclusive Education Conditions [Text] // Bulletin of Abai KazNPU, Series "Pedagogical Sciences". 2023, No.1 (77), 255-266 p.

11. Methodological Recommendations for the Development of Teachers' Professional Competence [Text]. - Astana: I.Altynsarin National Academy of Education. 2024, 201 p.

UDC 004.8:37.018.43

PERSONALIZED ENGLISH LEARNING PATHS CREATED BY GENERATIVE LANGUAGE MODELS: EFFECTS ON STUDENT MOTIVATION

Kismetova Galiya Nagibudaevna
Candidate of Pedagogical Sciences, Associate Professor
M.Utemisov West Kazakhstan University (Uralsk, Kazakhstan)
Uryngaliyeva Madina Aikynovna
Master's student
M.Utemisov West Kazakhstan University (Uralsk, Kazakhstan)

Abstract

This article explores how generative language models can create personalized English learning paths and how these personalized approaches impact students' motivation. As artificial intelligence becomes increasingly integrated into the educational landscape, adaptive learning tools offer students personalized content, feedback, and support. The study examines the mechanisms by which generative models adapt learning materials to each student's goals, language proficiency, and learning style. The results indicate that personalized approaches increase students' engagement, confidence, and long-term motivation. The study highlights the potential of generative technologies to transform English education, making it more accessible, effective, and meaningful for individuals.

Keywords: *personalized learning, English language acquisition, generative language models, student motivation, adaptive learning systems, AI-based education, and individualized learning*

Materialis and methods. *In the era of informatization, the English language holds a special status as a strategically important component of modern education. Digital technologies are transforming language learning, replacing traditional models with new formats. However, in Kazakhstan, which is actively integrating into the global educational space, the level of English proficiency remains a significant issue. This is linked not only to international ratings but also to internal educational needs.*

Although many young people in Kazakhstan recognize the importance of learning English, their motivation often remains unstable. As global communication and labor market demands evolve, the need for strong English skills is increasing. Many countries are prioritizing the digitalization of education and introducing artificial intelligence into learning processes.

A key advantage of AI technologies is the ability to adapt educational materials to individual student needs. Generative language models (e.g., ChatGPT, Claude, Gemini) can create personalized content and support students in multiple formats. This individualization fosters a more engaging learning environment and enhances students' cognitive activity. Personalization is a core requirement of modern education—particularly in language learning, where students differ in level, pace, error patterns, and interests. In this context, generative models can function as personalized tutors, reducing teachers' workloads [1].

Kazakhstan is also actively following the global trend of digitalizing education and has recently taken systematic steps in this direction. New digital platforms, online courses, and AI-based systems are being introduced to improve teaching quality. Platforms developed by the Ministry of Education allow learning materials to be adapted to each student's personal profile. This not only reduces teachers' workload but also increases student engagement.

AI technologies can automatically tailor learning paths by identifying which topics students struggle with, which tasks they complete quickly, and which areas require more time. In regions with limited language environments, AI also serves as a real language partner, helping students develop English-speaking skills.

Learning motivation is a key factor in language acquisition: high motivation ensures stable progress, while low motivation leads to disengagement. Therefore, modern pedagogy focuses on ways to maintain and strengthen motivation. One effective approach is to design materials based on students' interests. For many learners, academic texts can be difficult, whereas texts connected to their personal preferences are much more accessible.

Generative language models support this approach by producing explanations on any topic and at any level in formats convenient for the learner. Tasks generated by these models can appear not only as texts but also as interactive dialogues, debates, role-plays, contextual tasks, and essay structures. Such

formats enhance thinking skills and help students adapt to the language environment. Using everyday scenarios supports natural language production, while academic-style texts help advanced learners develop analytical, writing, and reading skills [2].

As shown in the materials and methods section, dividing students into groups and comparing their outcomes is a common research approach in education. This method helps evaluate the effectiveness of instructional technologies. Since the participants differed in their initial proficiency levels, it was possible to clearly observe the impact of the personalized approach. Comparing pre-test and post-test results provides an objective measure of motivation changes, while electronic journals and platform logs allow quantitative tracking of student activity.

Educational materials generated by AI are built around each student's individual learning trajectory. For example, if a learner struggles with vocabulary, the model provides a tailored word list along with tasks such as sentence building, text analysis, dialogue creation, and speaking exercises that reinforce those words. If grammar difficulties appear, the model automatically generates targeted practice. This automation benefits both teachers and students, as identifying individual weaknesses is time-consuming for teachers, while AI performs this task quickly and accurately.

Generative models also support pronunciation skills through dialogic formats [3]. Students can interact with AI in scenarios such as interviews, travel situations, job applications, everyday conversations, or professional communication. The model analyzes speech errors and provides corrective feedback, which boosts confidence and reduces fear of speaking—an important factor in maintaining motivation.

The data collection methods used in the study ensure research quality. Likert-scale questions assessed students' attitudes, emotional states, and confidence in learning outcomes, which is a widely used approach for measuring motivation. Qualitative data from interviews and diaries provided deeper insights into how students perceived the learning process, complementing quantitative results and explaining the reasons behind motivation changes.

Table 1. Overview of Materials and Methods

Component	*Description*
Participants	*The study involved 80 university students in Kazakhstan aged 18–25. Their English proficiency levels (beginner, intermediate, advanced) were identified through a pre-test. All participants had completed secondary education and had prior exposure to English courses. Students were randomly assigned to two groups: Experimental (personalized learning) and Control (traditional learning), each consisting of 40 students.*
Research Design	*The study lasted 8 weeks. A pre-test measuring English proficiency and motivation was conducted on the first day. The experimental group used personalized learning paths generated by a generative language model, while the control group followed a standard curriculum. At the end of 8 weeks, both groups completed post-tests to evaluate changes in motivation and language proficiency.*
Intervention	*The experimental group received AI-generated personalized learning materials tailored to individual goals, strengths, and weaknesses. Tasks included personalized vocabulary lists, grammar exercises based on previous test errors, writing tasks with adaptive feedback, and speaking practice through role-play dialogues. Microlearning techniques were used to improve engagement through short, focused activities.*
Data Collection Instruments	*Motivation was measured using a 5-point Likert-scale questionnaire (e.g., 'The lessons interest me,' 'I feel confident in my progress'). Engagement metrics were collected through an electronic learning platform, tracking task completion, time spent, and login frequency. Qualitative data were gathered through interviews and student learning journals. Language proficiency was assessed through open-response tests and structured tasks.*
Data Analysis	*Quantitative data were analyzed using statistical tests such as independent t-tests and U-tests to determine significant differences between groups. Correlation analyses were performed to identify factors influencing motivation. Thematic analysis (OpenCode method) was applied to qualitative data to identify recurring themes in student feedback. Regression models were used to compare engagement metrics with motivation levels.*

The use of statistical methods in data analysis increases the objectivity of the results. An Independent t-test shows how significant the difference between groups is mathematically. And correlation analysis helps to determine the relationship between motivation and learning activity. For example, the frequency with which a student enters the system and the high level of motivation may be related to each other. And regression models allow you to identify factors that affect motivation. This is important information for pedagogical practice [4].

Results. *The quantitative results of the experimental study demonstrated clear changes in students' motivation levels. Motivation scores in the experimental group rose from 3.5 (pre-test) to 4.2 (post-test), showing an increase of about 20%. In contrast, the control group's scores changed only slightly—from 3.6 to 3.7. Language test results also confirmed the advantage of the experimental group: their average test score was 54% higher, and timely task completion reached 85% compared to 60% in the control group. These differences were statistically significant ($p<0.01$). According to external studies, 75% of students feel highly motivated in AI-personalized environments, while only 30% report the same in*

traditional settings. Overall, the motivation increase in the experimental group was confirmed with 95% confidence, supporting the effectiveness of personalized learning paths.

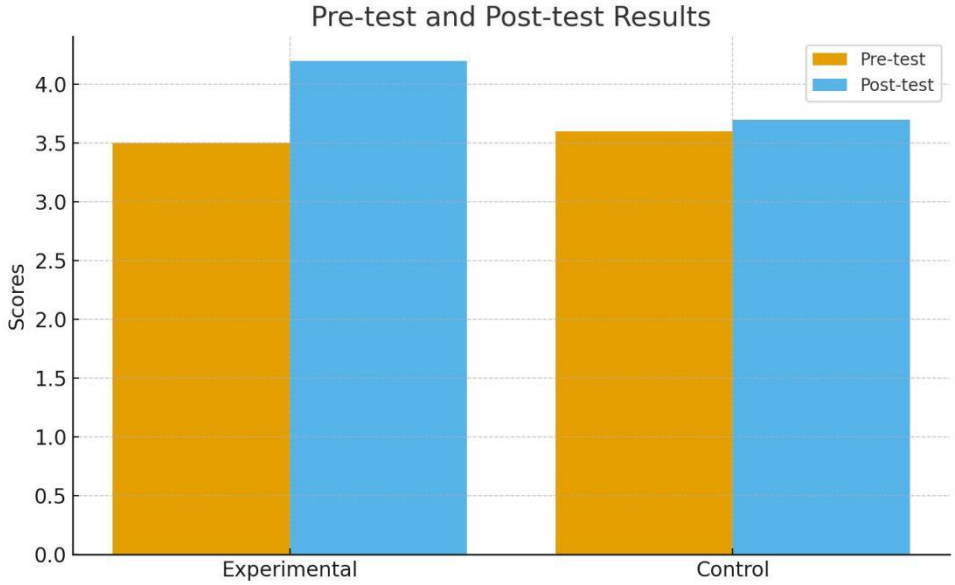
Qualitative data provided deeper insight into students' perceptions. Many noted that the materials matched their interests and levels, making classes easier and more engaging. Comments such as "this task matched my level, so I felt confident" or "I used to be afraid of new words, but now I use them freely" reflect increased self-confidence and interest. Key themes emerging from student feedback included a stronger sense of belonging, improved confidence, and heightened engagement.

Trends showed that beginner-level students appreciated short, targeted grammar and vocabulary tasks, while advanced learners were motivated by complex texts and essay writing. Role-playing activities were especially effective for speaking motivation. These tendencies highlight how generative models provide precisely tailored, goal-oriented materials that sustain student interest and participation.

As illustrated in Figure 2, post-test motivation levels increased sharply in the experimental group, while changes in the control group remained minimal. The diagram is based on the quantitative data above, strengthening the objectivity of the findings [5].

Discussion. *An analysis of the results of the study showed that the use of personalized learning pathways with artificial intelligence models was significantly effective in increasing students ' learning motivation. Personalized projects gave students the opportunity to choose educational material according to their interests and level, which, in turn, contributed to the formation of their own reading skills and goal setting. As shown in the study of kozhukhovskaya and Bekuzarova (2025), independently prepared tasks cause direct interest in the learning process of students and increase motivation. In our study, three main factors of effectiveness were also identified: important material (relevance) – interest in the learning process increases if it is associated with the life of the student; freedom (autonomy) – the student can choose his own pace of learning; and retention (competence) – a sense of self-improvement arises by completing tasks. In the experimental study, students noted in their opinion that the material corresponds to their interests, which was evidence of an increase in their motivation and attendance activity. The results of the analysis showed a significant increase in the level of motivation and learning participation of Students trained through ChatGPT, which confirmed the theoretically obvious advantages of the autonomous learning structure (self-determination theory).*

Diagramm 1. Comparison of Pre-test and Post-test Scores



The results of our experiment coincide with previous studies. For example, as representatives of OpenAI noted, ChatGPT is like an individual-oriented tutor for students, which was reflected in the experiment by obtaining tasks that meet the individual requests of students. In addition, data from enthusiasts showed that 75% of students feel confident in a personified AI environment, while in traditional teaching only 30% feel the same way. This confirms the fact of a significant increase in motivation in our experimental group. Other studies say that AI-personalization increases learning outcomes by 30-54%, and the results of our experiment clearly proved this trend: the test results in the experimental group were 54% higher than in the control group [5]. The impact on pedagogical practice is also obvious. The inclusion of personalized learning paths in the curriculum provides several advantages for school and university leaders. First, teachers can automatically create new tasks through tools such

as ChatGPT, making it easier to retest and reduce their workload. Secondly, students are active in managing their own learning process, which increases the efficiency of their education. The launch of the AI Kitap platform in Kazakhstan is a practical example in this direction, as the platform allows you to personalize educational content. In addition, the country plans to evaluate students ' artificial intelligence literacy for the first time in the PISA international study in 2029, which is an important step to bring educational content in line with international standards. Such initiatives demonstrate the importance of introducing artificial intelligence into educational programs, and the results of our study support this trend: the use of AI tools increases the effectiveness of learning and raises the motivation of students.

There are also limitations to the study. First, the test period is short – only 8 weeks. In this interval, it was not possible to assess the stability of motivation in the long term. Secondly, the number of participants is relatively small – only 80 students, and only two educational institutions are covered. Therefore, it is difficult to distribute the results to a wide audience. Third, since the impact of personalized learning on motivation is new to some students, the first interest effect in students may have been observed. Another limitation is dependence on technology and digital literacy: if students do not have the necessary devices or have low digital skills, it becomes difficult to use AI tools. In addition, it is more likely that the increase in motivation is also associated with the novelty factor, since the experimental group sometimes received abundant support compared to the control group. Several suggestions can be made for future research. First, it is necessary to conduct a long-term observation and analyze how motivation is maintained over time. Secondly, it is important to increase the scale of the study and the number of participants: it is recommended to conduct testing for primary and secondary school students, as well as for students of vocational and technical education. It is important to explore the impact of generative models on motivation and learning outcomes through the use of new features – such as automatic feedback on Written tasks or pronunciation correction tools. At the same time, integration with traditional methods is also important: combining the role of teachers with AI capabilities and using collaborative learning approaches with dedicated chatbots increases efficiency. Thus, it is obvious that the secondary efficiency of AI tools will increase, the quality of learning and motivation of students will grow, and the educational process will become more interesting and productive.

In conclusion, according to the results of our experiment, personalization of the training program using generative artificial intelligence allows you to significantly increase student motivation. This result once again proves the need for effective implementation of innovative technologies in the education system of Kazakhstan, and also forms the scientific basis for modernizing educational methods. It was clearly seen that through personalized learning paths, students ' confidence in their abilities and activity in the learning process increases, which indicates that in the future they will make a great contribution to improving the quality of education and the formation of teaching practices in accordance with international standards.

References

1. Mergalym, N. (2024, November 26). What regions of Kazakhstan lead in EF English Proficiency Index. Qazinform. https://qazinform.com/news/which-kazakhstans-regions-speak-best-english-3e82ff

2. Ministry of Enlightenment of the Republic of Kazakhstan. (n.d.). Official website. https://www.gov.kz/memleket/entities/edu

3. Ministry of Education of the Republic of Kazakhstan. (2024). Methodical recommendations on the use of microlearning technology in foreign language lessons [Published in Russian]. Astana. https://uba.edu.kz/storage/app/media/71%2071%2071%2071%2071%2071%20%20%20RS%20%20RS%20%20%20RS.pdf

4. Seril, L. (2025, November 11). 20 statistics on AI in education to guide your learning strategy in 2025. Engageli. https://www.engageli.com/blog/ai-in-education-statistics

5. Kozhukhovskaya, Y. N., & Bekuzarova, N. V. (2025). Artificial intelligence as a tool to enhance students' motivation and engagement [Published in Russian]. Educational Sciences. https://cyberleninka.ru/article/n/iskusstvennyy-intellekt-kak-sredstvo-povysheniya-motivatsii-i-vovlechyonnosti-uchaschihsya

6. Jauhiainen, J. S., & Garagorry Guerra, A. (2024). Generative AI and education: Dynamic personalization of pupils' school learning material with ChatGPT. Frontiers in Education, 9. https://doi.org/10.3389/feduc.2024.1288723

Philological sciences

PRESENTATION SPEECH AND ITS PRINCIPLES

Leyla Vazirova
Doctor of Philology, Professor,
Azerbaijan, Baku. Azerbaijan State Pedagogical University

ПРЕЗЕНТАЦИОННАЯ РЕЧЬ И ЕЕ ПРИНЦИПЫ

Везирова Лейла
доктор филологических наук, профессор. Азербайджан, гор. Баку. Азербайджанский Государственный Педагогический Университет

Abstract

This article is dedicated to the presentation speech and its principles. It covers the presentation in great detail, including one of its most important parts, the presentation speech. It skillfully describes the principles of the presentation speech itself, as well as techniques for engaging this speech.

Аннотация

Данная статья посвящена презентационной речи и её принципам. Здесь очень подробно говорится о презентации и одной из её важнейших частей, презентационной речи. С большим умением описываются принципы именно презентационной речи, а также приёмы для привлечения этой речи.

Keywords: *presentation, principles, techniques, speech, monologue, notes, text, performance, topic, plan.*

Ключевые слова: *презентация, принципы, приёмы, речь, монолог, заметки, текст, выступление, тема, план.*

Как правило, на презентации на слайде размещаются короткие фразы, цитаты, определения, графики, диаграммы, таблицы, рисунки, статистические данные. Ещё одной важной частью презентации является вступительная речь. Этот тип публичного монолога имеет свои особенности. Вступительная речь готовится заранее, но не зачитывается публично. При желании можно записать свою речь, но надо постараться использовать заметки для цитирования, хотя их не всегда легко найти в тексте.

Если нужно иметь перед собой свою речь, то перед выступлением её обязательно надо предварительно прочитать с целью запоминания. Как и любое публичное выступление, вступительная речь строится на определённых принципах. Эти принципы таковы:

1. Принцип резкости. Обычно презентационная речь готовится в расчёте на 10–15 минут. С другой стороны, громкость речи должна быть достаточной для раскрытия основной темы.

2. Принцип системности. Все микротемы презентации должны быть подчинены основной теме. Все части речи должны быть взаимосвязаны и взаимообусловлены.

3. Принцип внимания. Речь должна быть подчинена четкой логике. Сам оратор, а затем и аудитория должны осознавать направленность речи, соответствие ее логической структуры следующей цепочке: проблема → тема → тезис → аргументы. Тезис – это основная мысль речи, аргументы – доказательства, подтверждающие тезис.

4. Принцип усиления. Речь должна быть развернута от начала до конца. Этого можно добиться, регулируя важность материала, используя вербальные и интонационные средства для усиления эмоционального накала выступления.

5. Принцип эффективности. Презентация должна содержать заключение, призыв к действию и рекомендации, предложенные аудиторией. Заключение или призыв должны быть сформулированы лаконичной, запоминающейся формулой.

Приёмы привлечения внимания к презентации. Для привлечения внимания аудитории рекомендуется использовать следующие приёмы:

1. Разделение структуры речи с использованием гибких средств.

• Позвольте мне начать с истории нашего предприятия.

• Если хотите, я начну проект создания нашей инвестиционной компании.
• Теперь позвольте мне рассказать о реализации наших планов.
• относительно текущей ситуации… Несколько слов о наших планах…
• в заключение я хотел бы выразить надежду…
• позвольте мне с уверенностью заключить…

2. Акцент на ключевой информации. Донести смысл можно, меняя темп, ритм и паузы речи, интонацию и акценты. Монотонное, безэмоциональное выступление существенно снижает способность привлекать внимание. В ходе выступления можно использовать так называемую «вокальную спираль» — постепенное нарастание громкости и темперамента речи к концу выступления.

3. Демонстрация образцов продукции, товаров, брошюр. Как правило, на презентациях гостям дарят небольшие сувениры: рекламные брошюры, образцы продукции и т. д.

4. Использование юмора. В праздничных речах не принято использовать шутки, однако небольшая доля юмора не испортит общего настроения и поможет привлечь внимание и симпатию аудитории к оратору. При составлении текста выступления необходимо помнить, что вторая половина выступления кажется слушателям вдвое длиннее первой. Поэтому, независимо от продолжительности второй половины выступления, она должна быть более живой и легко воспринимаемой. Главная цель презентации — расширение рынка сбыта товаров и услуг за счёт привлечения внимания к компании, бренду и продукту. Во-вторых, конечно, важно расширение деловых контактов и укрепление существующих отношений. Помимо прагматических целей, презентации организуются и для создания праздничного настроения. Последнее, оптимистичный, приподнятый тон общения, достигается комплиментами от аудитории:

Для меня большая честь выступать на таком собрании… Поскольку здесь собрались эксперты, я не могу вдаваться в подробности…

Презентацию компании (организации) на радио или телевидении можно считать разновидностью презентационной речи. Презентация является важной частью рекламной деятельности компании и должна быть подготовлена отделом по связям с общественностью. Однако сам руководитель обязан выступать «без бумажки».

Выступая на телевидении, следует учитывать фактор двойного обращения. Аудитория — это не только тот, кто задаёт вопрос (ведущий или гость программы), но и те, кто смотрит программу. Поэтому необходимо знать, что плохо произнесённая, низкочастотная речь будет совершенно непонятна зрителю. Выступая на телевидении и радио, необходимо учитывать использование вполне литературного произношения.

Вторым очень важным моментом является смена динамики выступления с живой аудитории на видеокамеру. В этом случае учёт двойной ответственности имеет особое значение для представляемой организации.

Выступая перед телекамерой или радио, необходимо помнить, что любая теле- или радиопрограмма занимает определённое время. Поэтому подготовка к такому выступлению должна быть ещё более тщательной, необходимо достаточно попрактиковаться. Всю свою речь следует произносить дома в обычном темпе, с часами в руках и, в целом, следить за тем, чтобы выступление не выходило за рамки заявленной продолжительности.

Таким образом, лингвистическое обеспечение проектной деятельности следует оценивать, как умение излагать информацию в строгой последовательности, используя навыки устного публичного выступления и соответствующие технические средства.

Использованная литература

1. Введенская Л.А., Павлова Л.Г. Деловая риторика: учебное пособие. – Ростов-на-Дону. Март, 2002. – 512 с.

2. Колтунова М.В. Деловое обшение: нормы, риторика, этикет: учебное пособие для вузов. – М. Логос, 2005. – 308 с.

3. Кузина Ю.И. Язык ведения переговоров: учебное-методическое пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2006. – 72 с.

4. Сергеечева В. Как говорить убедительно. СПб.: Питер, 2000. – 224 с.

5. Смирнов Г.Н. Этика деловых отношений: учебник. – М.: Проспект, 2006. – 179 с.

RESEARCH BY PROF. DR. SHUREDDIN MEMMEDLI IN THE CONTEXT OF THE LITERARY RICHNESS OF BORCHALY

Mushfig Borchalı (Chobanov)
Azerbaijan Technical University, PhD in Philology
ORCID 0009-0008-86842722

BORÇALIŞÜNASLIQ BAĞLAMINDA PROF. ŞURƏDDİN MƏMMƏDLİNİN TƏDQİQLƏRİ

Müşfiq Borçalı (Çobanov)
Azərbaycan Texniki Universiteti, filologiya üzrə fəlsəfə doktoru
ORCİD 0009-0008-86842722

Abstract

The article discusses the Azerbaijani literature that emerged in Georgia and the Tbilisi literary critic, especially the one who grew up in this literary environment, who showed fruitful activity as a hardworking scholar, experienced teacher, talented poet, skilled publicist, principled journalist, professional translator and public figure, and was recognized as one of the pioneers of the contemporary literary environment. At the same time, he devoted a large part of his life to the study of this literary environment and conducted a number of commendable studies in this field. The meaningful life of the prominent literary critic and scholar Academician Shureddin Memmedli, who enriched the study of Borchaly with a number of valuable works in the field of literary studies and literary criticism, which have been turned into scientific facts in Azerbaijan, Georgia and Turkey, is considered, and his rich and multifaceted scientific and artistic creativity is examined.

It is shown that he was born and raised in Borchaly, worked for a while in the editorial office of the Azerbaijani language programs of the Georgian Radio and Television Broadcasting Committee, then in the "Gürcüstan" (Georgian) newspaper, the only official state press published in Azerbaijani in Tbilisi and Georgia in general, and later worked as a teacher at the Tbilisi State Pedagogical University and the Tbilisi Humanitarian University, and currently continues his scientific and pedagogical activities in fraternal Turkey, and is the head of the Department of Modern Turkish Dialects and Literatures at the University of Ardahan and Head of the Delegation of the International Charity Foundation named after Academician Madad Chobanov in the Republic of Turkey, our esteemed colleague, prominent literary scholar, Doctor of Philological Sciences, Professor, Shureddin Memmedli, is also engaged in scientific research as a Borchaly scholar, studying the past of Borchaly, the past and present of this ancient land, as well as the history of Georgian Azerbaijanis, He conducts commendable research on ethnography, cultural, socio-economic life. At the same time, the research works of Shureddin Memmedli, known as a very active and hardworking researcher and scholar, who is the author of dozens of books, several valuable research works, hundreds of scientific articles and publicistic writings on Azerbaijani-Georgian literary and cultural relations, are positively received and highly appreciated in the scientific circles of Azerbaijan, Georgia, and Turkey.

In 2002, for his outstanding services in the study of Georgian-Azerbaijani literary and cultural relations, involvement in scientific research, development of scientific and literary relations, fruitful scientific and literary activity, and high-level translation of works of Georgian classics into Azerbaijani, our valuable compatriot - Shureddin Memmedli, who was awarded the highest state award of Georgia,

the Order of ღირსება Honor. In 2004, he was awarded the "Golden Book" for his achievements in scientific activity and the "Borchaly" award for his services in the study of the literature and history of Azerbaijanis in Georgia. In 2019, he was awarded the "Service to the Turkic World" award for his scientific research.

Xülasə

Məqalədə Gürcüstandakı Azərbaycan ədəbiyyatı və bu ədəbi mühitdə yetişmiş, zəhmətkeş alim, təcrübəli müəllim, istedadlı şair, prinsipial jurnalist, peşəkar tərcüməşi və ictimai xadim, çağdaş ədəbi gedişatın öncüllərindən biri kimi tanınmış, fəaliyyətnin əsas qismini Borçalı ədəbiyyat gələnəyinin tədqiqinə həsr etmiş, ədəbiyyatşünaslıq və ədəbi tənqid sahəsində qələmə aldığı, Azərbaycanda, Gürcüstanda və Türkiyədə elmi dəyər qazanmış bir sira qiymətli əsərləriylə Borçalışünaslığı zənginləşdirmiş professor Şurəddin Məmmədlinin (1956) mənalı ömür yoluna nəzər salınır, onun kamil və çoxşaxəli elmi və bədii yaradıçılığı irdələnir.

Borçalıda doğulub boya başa çatan, bir müddət Gürcüstan radio və televiziya komitəsinin Azərbaycan dilində verilişlər redaksiyasında, Gürcüstanda Azərbaycanca yeganə rəsmi dövlət mətbuatı olan "Gürcüstan" qəzetində şöbə müdiri, Tbilisi Pedaqoji Universitetində müəllim, Tbilisi Humanitar Universitetində kafedra müdiri işləmiş, hazırda pedaqoji fəaliyyətini qardaş Türkiyədə davam etdirən, Ərdahan (Ardahan) Universitetində Çağdaş Türk ləhcələri və ədəbiyyatları bölümü başqanı (kafedra müdiri) və Akademik Mədəd Çobanov adına Beynəlxalq Xeyriyyə Fondunun Türkiyə Respublikasındakı nümayəndəliyi rəhbəri vəzifəsində şərəflə çalışan, filologiya elmləri doktoru, professor, Gürcüstan Milli Akademiyasının (özəl) həqiqi üzvü Şurəddin Məmmədli həm də Borçalışünas olaraq davamlı şəkildə elmi tədqiqatla məşğul olur, bu ulu diyarın dünənini, bugününü araşdırır, habelə Gürcüstan azərbaycanlılarının tarixi, etnoqrafiyası, mədəni-sosial həyatı haqqında təqdirə şayan faktlar üzə çıxarır. Öncəlikli olaraq, Azərbaycan-Gürcü ədəbi-mədəni əlaqələrinə dair onlarca kitabın, birbirindən önəmli neçə-neçə tədqiqat əsərlərinin, yüzlərcə elmi məqalənin və mətbu publisistik yazıların müəllifi kimi tanınan Şurəddin Məmmədlinin qələm məhsulları həm Azərbaycanın, həm Gürcüstanın, həm də Türkiyənin elmi ictimaiyyətində yüksək qiymətləndirilir. Qarapapaq təxəllüsüylə yazdığı lirik və cəngi ovqatlı şeirləri də oxucular tərəfindən maraqla qarşılanır.

Dəyərli soydaşımız 2002-ci ildə Gürcüstan-Azərbaycan ədəbi-mədəni münasibətlərinin araşdırılmasında, elmi tədqiqata cəlb edilməsində, elmi-ədəbi əlaqələrinin inkişafındakı görkəmli xidmətlərinə, səmərəli elmi-ədəbi fəaliyyətlərinə, Gürcü klassik şair və yazarlarının əsərlərini Azərbaycan dilinə üstün səviyyədə tərcümə etdiyinə görə Gürcüstanın ali dövlət mükafatı olan "ღირსება" - "Şərəf" ordeninə layiq görülüb.

2004-cü ildə elmi fəaliyyətindəki uğurlarına görə "Qızıl Kitab" və Gürcüstan azərbaycanlılarının ədəbiyyatının, tarixinin tədqiqindəki xidmətlərinə görə "Borçalı" mükafatlarına da sahiblənib. Həmçinin 2019-cu ildə önəmli elmi araştırmalarına görə Türk Dünyasına Hizmət Ödülü ilə təltif edilib.

Keywords: *Georgia, Tbilisi, Azerbaijan, literary environment, literature, literary criticism, poetry, national, press, literary relations, literary translation, scientist, poet, translator, Shureddin Memmedli.*

Açar sözlər: *Azərbaycan-Gürcü ədəbi əlaqələri, Borçalı ədəbi mühiti, Gürcüstan azərbaycanlıları, Tbilisi, ədəbiyyat, ədəbiyyatşünaslıq, ədəbi tənqid, poeziya, milli, mətbuat, ədəbi əlaqələr, bədii tərcümə, alim, şair, jurnalist, tərcüməçi, ictimai xadim, Şurəddin Məmmədli.*

Giriş

Azərbaycan ədəbiyyatı, Azərbaycan bədii məfkurəsi tarixən olduğu kimi, bu gün də yalnız milli coğrafiya ilə məhdudlaşmır, onun sərhədlərini aşaraq daha geniş bir ərazini əhatə edir. Qədim əzəlliyə malik Azərbaycan ədəbiyyatının bu xüsusiyyəti 20-ci yüzildə də davam etmiş, anadilli ədəbiyyatımız Gürcüstanda da inkişaf etmişdir. Qonşu ölkədəki Azərbaycan dilli bədii düşüncə milli ədəbiyyatımızın kamil bir qolu olaraq onu mövzu, problematika, obraz, dil, üslub və s. baxışlarından zənginləşdirir. Hətta bir müddət Tiflisdəki Azərbaycan ədəbi mühit bütövlükdə Azərbaycan mədəniyyətinin fövqündə dayandığı bəllidir. Abbasqulu ağa Bakıxanov, Mirzə Şəfi Vazeh, Mirzə Fətəli Axundzadə, Cəlil Məmmədquluzadə kimi klassiklərin Tiflis ədəbi ortamında yazıb-yaratmaları, Nəriman Nərimanov, Ömər Faiq Nemanzadə, Abdulla Şaiq kimi klassiklərin məhz bu ədəbi mühitdə yetişməsi, "Tiflis əxbarı", "Ziya", "Ziyayi Qafqaziyyə", "Kəşkül", "Molla Nəsrəddin", "Şərqi Rus", "Dan yıldızı" vs kimi mətbuatların burada nəşr edilməsi, bu mühitin Azərbaycan ədəbi prosesiylə bütünləyici əlaqəsini tənzimləmişdir. Dədə Qorqudla köklənən ozan aşıq sənətimiz saz-söz yurdu, igid ərənlər məkanı, salğarlı Borçalı mahalında şair Nəbi, Alxas ağa, Emin Hacallı, Həsən Məcruh, Mühəqqər, şair Ağacan, Xındı Məmməd,

Təhlə Novruz, Musa Qaraçöplü, Aşıq Teymur, Sadıq Sultan, Quşçu İbrahim və başqalarının nəfəsiylə isinmiş, ozanlığın qoşa qanadları Dədə Əmrahın və Hüseyn Saraçlının səsiylə rövnəqlənmiş, Xan Kamandarın sazıyla zirvələr fəth etmişdir.

Bu sürəc 20-ci yüzilin 50-ci illəri sonrası dönəmdə də uğurla gəlişmişdir. Poeziya günəşimiz xalq şairi Zəlimxan Yaqub başda olmaqla Məmməd Hüseyn Bəxtiyarlı, Dünyamalı Kərəm, Əli Səngərli, Abbas Abdulla, İsa İsmayılzadə, Vilayət Rüstəmzadə, Eyvaz Borçalı, Tahir Hüseynov, Hamlet İsaxanlı, Hidayət Bayramov, Eldar Eloğlu, Mədəd Coşqun, Alxan Binnətoğlu, Nəriman Əbdülrəhmanlı, Eyvaz Əl-ləzoğlu, Nizami Saraclı, Səadət Buta, Osman Əhmədoğlu, Rafiq Hümmət, Allahverdi Təhləli və bir çox başqaları məhz bu ədəbi bağçanın bəhrələridir, bu ədəbi ocağın kamillik göstərgələridir.

Gürcüstanda yaşayıb-yaradan şair və yazarların yaradıcılığı bir zamanlar yalnızca "Sovet Gürcüstanı" / "Gürcüstan" adlı respublika qəzetində və rayon qəzetlərində, "Çeşmə" (Tbilisi, 1980), "Dan ulduzu" (Tbilisi, 1987, 1989, 1990), "Ağır elli Borçalı" (Bakı, 1990, Ərzurum, 1997), "Aşıqlar" (Bakı, 1991), "Dağlar dərdə düşsə" (Marneuli, 1992), "Addımlar" (Bakı, 1995, 1996, 1997) və s. ədəbi toplu və məcmuələrdə, "Qarapapaqlar", "Meydan" jurnallarında, "Çənlibel", "Təhsil", "Maarif", "Region-Press", "Ədəbi Gürcüstan", "Varlıq", "Yeni yol" və s. qəzetlərində işıq üzü görürdüsə, sonralar Bakıda və Tbilisidə nəşr edilən "Aşıq Pəri Məclisi" (Bakı, 2004), "Ədəbi Gürcüstan" (Tbilisi, 2007, 2012), "Azərbaycan ədəbiyyatı antologiyası: Borçalı" (Bakı, 2008), "Sazlı-sözlü Başkeçid" (Bakı, 2015-2025), "Sazlı-sözlü Borçalı" (Bakı, 2015-2025), "Bolnisi: dünən və bu gün" (Bakı, 2020-2025), "Vətən" (Bakı, 2020-2025), "Canım Azərbaycanım" (Bakı, 2020-2025), "Zirvə" (Bakı, 2015-2025), "Zəfər" (Bakı, 2020-2025), "Ziya", "Şərqin səsi", "Şah dağı", "Lələr dağı" (Bakı, 2020-2025) və s. kitab toplularında yer almışdır. Bu xüsuslar Gürcüstandakı Azərbaycan ədəbi prosesinin bir mühit faktı olaraq araşdırıl-masını və öyrənilməsini güncəlləşdirən önəmli amillərdir.

Həyatı və elmi karyerası

Filologiya üzrə elmi tədqiqlərdə yazar və şairlərin bədii yaradıcılığıyla yanaşı, onların ömür yollarının da öyrənilməsi önəm kəsb edir. Akademik İsa Həbibbəylinin vurğuladığı kimi, "Ədəbi şəxsiyyətlərin tərcümeyi halı yalnız şəxsi vərəqələrdəki göstəricilərlə müəyyənləşdirilməməlidir. Sənətkarların uzun illər boyu uğrunda mübarizə apardıqları böyük ideallar da digər adamlardan fərqli olaraq onların tərcümeyi hal dünyasına daxil olur. Hətta sənətkarların amal və idealları arasındakı ciddi fərqlər onların özünəməxsus, bənzərsiz ədəbi portretinin yaradılmasında mühüm əhəmiyyətə malik olur. Görkəmli romantik şair Abbas Səhhət də məsləkim tərcümeyi halımdır dedikdə həm də bunu nəzərdə tutmuşdur" (Həbibbəyli, 2004, s 4).

Məhz bu baxışla Şurəddin Məmmədlinin mənalı ömürlüyünə nəzər salmaqda, zəngin və çox-şaxəli elmi, ədəbi yaradıcılığının önə çıxan məqamlarından bəhs etməkdə fayda vardır düşünürük. Xatırladırıq ki, hələ 1994-cü ildə Bakıda nəşr olunmuş "Çağdaş Borçalı ədəbi məktəbi" mono-qrafiyamızda (ss 94-98, 146, 201), 1996, 2014 və 2015-ci illərdə Bakıda və Tbilisidə yayımlanmış "Bu dostluğun yaşı çox..." (Azərbaycan-gürcü ədəbi əlaqələri), 1997, 1998, 2000 və 2006-cı illərində Bakıda və Təbrizdə çap edilmiş "Gürcüstanda Azərbaycan mətbuatı ("Ziya"dan "Çənlibel"ədək)" və s. kitablarımızda, elmi jurnallardakı və qəzetlərdəki məqalələrimizdə, həmçinin "Gürcüstanda Azərbaycan ədəbiyyatının inkişaf meylləri (1960-2010)" mövzusunda 2016-cı ildə müdafiə etdiyimiz dissertasiyada və d. yazılarımızda Şurəddin Məmmədlinin elmi qənaətlərinə də müraciət etmişik.

Şurəddin Bahəddin oğlu Məmmədli 28 fevral 1956-cı il Gürcüstanın Bolnisi bələdiyyəsinin Kolagir kəndi doğumludur. 1973-cü ildə doğma kənddə orta məktəbi bitirib və A.S.Puşkin adına Tbilisi Dövlət Pedaqoji İnstitutunun (indiki İlya Universitetinin) filologiya fakültəsinin Azərbaycan bölməsinə daxil olub, 1978-ci ildə həmin bölməni fərqlənmə ilə bitirib. Gürcüstan radio və televiziya komitəsinin Azərbaycan dilində verilişlər redaksiyasında tərcüməçi kimi əmək fəaliyyətinə başlayıb, hər gün saat 19.30-dan 20.00-dək efirə çıxmış "Danışır Tbilisi" verilişlərinin hazırlanmasında böyük əmək və qeyrət sərf edib.

1984-cü ildə Tbilisidə Azərbaycan dilində yeganə respublika mətbuat orqanı olan "Sovet Gürcüstanı" qəzetinə dəvət edilib, 2006-cı ilədək ədəbiyyat, incəsənət və mədəniyyət şöbəsi müdiri vəzifəsini icra edib. Paralel olaraq da vaxtilə ali təhsil aldığı institutda pedaqoji fəaliyyət göstərib. 1994-1997 illərində "Azərbaycan" (Bakı) qəzetinin, 1997-2007 illərində "Şərqin səsi" (Bakı) qəzetinin Gürcüstan təmsilçisi olub.

1999-2004-cü illərdə Tbilisi Humanitar Universitetində association professor (dosent) işləyib. 2004-cü ildə İvane Cavaxişvili Tbilisi Dövlət Universitetindən professor sertifikatı alıb. 2002-2006-cı illərdə Tbilisi Dövlət Universitetinin Kvemo Kartli filialında, Tbilisi Dövlət Pedaqoji Universitetinin

Marneuli şöbəsində, 2007-2010-cu illərində Türkiyənin Qars Kafkas Üniversitesində, 2010-cu ildə Marneulidəki Gürcüstan Azərbaycan Tədris Universitetində professor dərəcəsində çalışıb.

Həm də səriştəli elmi çalışmalarını davam etdirib, Gürcüstan azərbaycanlılarının tarixi, etnoqrafiyası, mədəni-sosial varlığı haqqında mühüm tədqiqat əsərləri ərsəyə gətirib.

1988-ci ildə "19-cu yüzil Gürcü mətbuatında Azərbaycan ədəbiyyatı məsələləri" mövzulu namizədlik, 2004-cü ildə "Borçalı ədəbi mühiti (1920-ci ilə qədər)" mövzulu doktorluq dissertasiyalarını Bakıda Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyası Nizami Gəncəvi adına Ədəbiyyat İnstitutunda müdafiə edib.

Gürcüstanın ali dövlət mükafatı olan "ღირსება" - "Şərəf" ordeninə layiq görülməsi onun vətəndaşı olduğu torpağa sədaqətinin təsdiqidir (https://azertag.az, 2022-10-10). "Türk Dünyasına Hizmət Ödülü" ilə təltif edilməsi də qoşa vətəndaşı olduğu Türkiyəyə və Türk könül coğrafiyamıza bağlılığının ifadəsidir.

2010-cu ilindən universitet müəllimi fəaliyyətini ömür gün yoldaşı, Gürcüstanda Azərbaycan dilli məktəblərimizin, təhsil yaddaşımızın tədqiqçisi Gülnara Qocayeva Məmmədova (Dr. Gülnara Goca Memmedli) ilə birlikdə Türkiyənin Ardahan Üniversitesində davam etdirir. Hazırda bu universitetdə bölüm başqanı (kafedra müdiri) görəvindədir.

Elmi yayınlarının təhlili

Ədəbiyyatşünaslıq sahəsində sanballı monoqrafiyaların, məqalələrin, elmi məruzələrin müəllifi Şuraddin Məmmədli son dərəcə işgüzar və zəhmətkeş elm xiridarı olaraq tanınır. "Paralanmış Borçalı", "Alın yazımız", "Borçalı ədəbi mühiti", "Ədəbi Borçalı", həmçinin, gürcücə "Gürcüstan azərbaycanlılarının ədəbi ənənələri", "Səhnə ülfətimizdən" tədqiqat əsərləri populyardır.

Doğma yurdu Borçalının tarixi müqəddəratıyla ilgili hafizələrdən və arxivlərdən səbirlə topladığı materialları bir araya gətirərək, 1991-ci ildə "Paralanmış Borçalı..." adlı ilk kitabını oxucuların təqdirinə verdi. Bakıda "Azərnəşr"də işıq üzü görən bu kütləvi publisistik esse oxucular və ümumiyyətlə geniş ictimaiyyət arasında böyük maraq doğurdu. Şair Abbas Abdulla həmin kitaba "Borçalım: alınmaz qalam mənim" sərlövhəli ön sözündə: "Borçalı Güney Qafqazda ən qədim insan məskənlərindən biridir. Bu torpağın ilk sakinləri bizim ulu dədələrimiz olub... Qarapapaqlar miladdan öncə bu torpaqlara həyat gətirmiş, tarixdə Oğuz, Qıpçaq, Tərəkəmə, Yörük adlarıyla Doğu Anadolunun da ilk sahibləri olaraq tanınmışlar... Bunların hamısı bugünkü Azərbaycan Türklərinin soykökündə özlərinə möhkəm yer tutublar. Beləcə Borçalını Borçalı edən bir xalq bugün öz dədə baba yurdunda sıxışdırılır, diskriminasiyaya məruz qalır" deyə cəsarətlə vurğulamışdır (Məmmədli, 1991, 1995, s. 3).

Bəs necə olub ki, Borçalı parçalanıb? Borçalının yarısı nə vaxt, niyə və kimlər tərəfindən Ermənistana bəxşiş verilib?.. Bu suallar, əlbəttə, düşündürücüdür, maraqlıdır. Tarixi ədalət baxımından əhəmiyyətli olan həmin sualların cavablarını, eləcə də Borçalının uzaq və yaxın keçmişi haqqında ətraflı məlumatı oxucu 1991-də "Azərnəşr" tərəfindən işıq üzü görmüş "Paralanmış Borçalı və ya 1918-ci il Ermənistan-Gürcüstan müharibəsinin acı nəticəsi" kitabından tapa bilər (Borçalı, 1992). Böyük rəğbət qazanan bu kitab haqqında bir birinin davamınca mətbuat səhifələrində övgü dolu rəylər yayınlandı.

Müəllifi Borçalının yurdsevər övladı, Azərbaycan-Gürcüstan mədəni, tarixi, ədəbi əlaqələrinə dair məqalələri, habelə coşqun şeirləri, Gürcü ədəbiyyatından tərcümələri, elmi və publisistik yazıları ilə tanınan, "Gürcüstan" qəzetinin şöbə müdiri Şuraddin Məmmədli, rəyçisi Nəsib Nəsibzadə, redaktoru Firudin Ağazadə olan kitab haqqında "Azərbaycan müəllimi" qəzetinin 24 yanvar 1992-ci il və "20 Yanvar" qəzetinin 6 fevral 1992-ci il tarixli saylarında dərc etdirdiyimiz məqalədə (Borçalı, 1992) cəmi 5.000 nüsxəylə buraxılmış "Paralanmış Borçalı..."nın "tariximizi öyrənənlər, tədqiq edənlər və ümumiyyətlə bütöv Azərbaycan tarixiylə maraqlanan yurdsevər oxucular üçün böyük və əvəzsiz əhəmiyyətini nəzərə alaraq, daha böyük tirajla, həm də rus dilində də nəşrini" arzu etmiş, bunun "xeyirxahlarımıza mənəvi dayaq, bədxahlara isə görk olacağı"nı vurğulamışdıq (Borçalı, 1992). İlk tirajı qısa bir müddətdə tükəndiyindən "Paralanmış Borçalı..." 1995-ci ildə eyni nəşriyyatda 15 min tirajla təkrar yayımlanmışdı. 2008-ci ildə həmin kitab "Paralanmış Borçalı: Qarapapaq Cümhuriyyəti" adıyla İranda Farsca da nəşr edilmişdir.

1997-ci ildə alimimizin "Alın yazımız" adlı ikinci kitabı işıq üzü görmüşdür. Tbilisi Pedaqoji Universiteti Azərbaycan dili və ədəbiyyatı kafedrası müdiri, professor Valeh Hacıyevin redaktorluğuyla Gürcüstanın Samşoblo (vətən) nəşriyyatında hazırlanmış kitabda qədim Borçalı məmləkətinin keçmişi, dünəni və bugünü yönündə müəllifin araşdırmaları yer almışdır. Bir çox faktlar və sənədlər ilk dəfə üzə çıxarılaraq, Gürcüstandakı soydaşlarımızın, ağır ellərimizin mədəni-sosial varlığı ilk dəfə təfərrüatıyla işıqlandırılmışdır. "Əzəli qaynaqlar", "Orta yüzillər", "On səkkizinci yüzil", "On

doqquzuncu yüzil" və "İyirminci yüzil" bölmələrindən ibarət kütləvi-publisistik açıqlamalarıyla geniş oxucu kütləsinə ünvanlanmış bu əsər müəllifin gərgin əməyinin barı bəhrəsi olmuşdur.

"6 il öncə 1991-ci ildə "Azərnəşr"də nəşr edilən və qısa müddətdə rəğbət toplayan "Paralanmış Borçalı" kitabı kimi, təcrübəli qələm sahibi Şuraddin Məmmədlinin "Alın yazımız" adlı ikinci kitabı da oxucular və bütün borçalısevərlər tərəfindən böyük maraqla qarşılanmışdır" (Borçalı, 1997). Kitab Gürcüstandakı soydaşlarımızın mənəvi mədəniyyətini araşdıranlar üçün sözün əsl mənasında masaüstü bələdçi rolunu oynamışdır.

Tbilisidə yayımlanmış, yerli qaynaqlar əsasında qələmə alınmış "Gürcüstanın xalq artisti İbrahim İsfahanlı" (1997) və "Səhnə ülfətimizdən" (1998) kitabları Gürcüstanda Azərbaycan teatrı mənzərəsini tam təsəvvür etməyə imkan verən dəyərli tədqiqat əsərləri kimi qiymətlidir. Kitabda qeyd edilmişdir ki, Tiflis teatrımızın müqtədiri İbrahim Hüseynzadə İsfahanlı güclü fəhmlə səhnənin hər cür incəliklərini duyuraq, daim çağlayan qüdrətli daxili ehtirasdan bacarıqla istifadə edən bu aktyor, rejissor fitrətən sənətkar doğulmuş, mətanəti, iradəsi və ən əsası alovlu sənət məhəbbəti ilə çətinliklərin fövqündə dayanmağı bacarmışdır.

"Səhnə ülfətimizdən" (1998) adlı kitabda Mirzə Fətəli Axundzadənin komediyası ünlü gürcü şairi Akaki Tseretelinin tərcüməsində 1898-ci yanvarın 31-də Tiflisdə Gürcü səhnəsində tamaşasının 100 illiyi münasibətilə topladığı araşdırmalar cəmlənmişdir.

2002-də Tbilisidə gürcücə yayımlanan "საქართველოს აზერბაიჯანელთა ლიტერატურული ტრადიციები" (Gürcüstan azərbaycanlılarının ədəbi ənənələri) əsərində Dədə Qorqud, Koroğlu, Aşıq Qərib dastanlarının Gürcüstan azərbaycanlılarının folkloruyla bağlılığına ilişkin faktlar ortaya qoyularaq, 16-20-ci əsrlərdə Gürcüstanda yaşayıb-yaratmış və gürcülərlə Azərbaycanlıların polad dostluğunu ilhamla tərənnüm etmiş onlarca azərbaycanlı şair, nasir, dramaturq, publisist və onların çoxsaylı əsərləri haqqında diqqəti çəkən bilgilər vermişdir (https://azertag.az, 2002-03-07). Bu əsər gürcü elm ictimaiyyəti tərəfindən də müsbət qarşılanmışdır. Professor Nodar Canaşia və dosent Otar Tabusadze yazmışlar: "Boynumuza almalıyıq ki, bizimlə eyni torpaqda, eyni günəş altında, eyni dərd sərlə, eyni sevinclə güzəran keçirən yüz minlərlə azərbaycanlı əhalimizin ədəbi mədəni həyatı haqqında çox az bilgiyə malikik. Məhz Şuraddin Məmmədlinin Gürcücə nəşr edilmiş bu kitabı bizə həmin sahədə önəmli bilgilər verir. Diqqətə layiqdir ki, Gürcüstan azərbaycanlılarının aşıq sənəti bütün Türk aləmində ən öncül yer tutur" (Əbdülrəhmanlı, 2025, s 6).

Ustad alimin 2000-2005-ci illərdə yayımlanan "Borçalı ədəbi mühiti: qaynaqları, təşəkkülü, inkişafı", "Ədəbi Borçalı: bədii ədəbiyyatda Borçalı mövzusu", "Gürcüstan azərbaycanlılarının ədəbi ənənələri", "Azərbaycan ədəbiyyatının Borçalı qolu", "Borçalı-Ahıska-Kars ortaq ədəbi arealı", "Kəlamına min şükür", "Gürcüstan Azərbaycanlıları" kitablarında Gürcüstandakı Azərbaycan ədəbi mühitinin dolğun mənzərəsi gözlər önündə sərilir, Gürcüstandakı varlığımız pasportlaşdırılır.

2016-cı ildə Almaniyanın LAP (Lambert Academic Publishing) uluslararası yayınevində ərsəyə gəlmiş "Gürcistan Azeri Türklerinin Âşık Şiiri Gelenekleri" monoqrafik kitabıında Borçalı'da ortaya çıkan əzəl, özəl, gözəl aşıq sənəti məhsulları incələnməkdədir (Məmmədli, 2016).

2018-də Bakıda Akademik Mədəd Çobanov adına Beynəlxalq Xeyriyyə Fondu tərəfindən "Borçalı" nəşriyyatında təqdimlənən "19-cu yüzil Azərbaycan Gürcü teatr ülfəti" adlı monoqrafiyasında Tiflis Azərbaycan teatrının ilk qədəmləri, Axundzadənin Lənkəran xanının vəzirinin sərgüzəştləri komediyasının Gürcü səhnəsində tamaşası barədə ilkin məxəzlər, xatirələr və başqa qaynaqlar əsasında önəmli faktlar irəli sürülür (Çobanova, 2018). Müəllif önsözdə yazır: "1980-2000-ci illərdə elmi dissertasiya mövzumla ilgili Gürcüstanın və Azərbaycanın arxivlərini, qəzetlərini, jurnallarını birər birər irdələyərkən Azərbaycan Gürcü teatral ilişkilərinə aid də çoxsaylı materiallar toplamışdım. Bu tapıntılar işığında bir neçə məqalə dərc etdirmişəm. Bu mövzuda kitab da yayımlatmaq istəyirdim. Üzərində daha ciddi işləmək inadıyla kitabın nəşri bu günə qədər yubanmışdır. Adından bəlli olduğu kimi, əsərimizin mövzusu zaman və içərik müstəvisindən konkretdir, yalnızca 19-cu yüzilin ikinci yarısını, Azərbaycan və Gürcü xalqları teatr əlaqələrini əhatə etməkdədir... Mövzuya ilişkin təməl tədqiqatlar incələmə süzgəcindən keçirilməkdədir. Dolayısıyla, hörmətli ustad professor Abbas Hacıyevin Tiflis Azərbaycan teatrının fəaliyyətiylə ilgili kitablarının, məqalələrinin güncəlliyini xüsusi vurğulayaraq, bu mövzuda araşdırmalarımın, incələmələrimin sonuclarını qiymətli oxucuların, mütəxəssislərin təqdirinə təqdim etməkdəyəm" (Məmmədli, 2002, s. 3-4).

Həmin dövrdəki ədəbiyyat-incəsənət ilişiklərinin diqqətə layiq iki önəmli faktı - Tiflisdə Azərbaycanca ilkin tamaşalar və Azərbaycan klassik dramnəvisi Mirzə Fətəli Axundzadənin ölümsüz komediyasının ünlü şair Akaki Tseretelinin tərcüməsində gürcücə səhnələşdirilməsi önə

çəkilməkdədir. Məxəzlər sözü keçən dövrə aid Tiflisin, qismən də Bakının arxivlərindəki önəmli bəlgələr, Tiflisin Azərbaycanca, gürcücə, rusça dövri qəzetləri, jurnallarıdır. O cümlədən, Gürcüstan milli arxivinin, Gürcüstan teatr muzeyinin, Gürcüstan əlyazmalar milli mərkəzinin, Azərbaycan əlyazmalar institutunun aidiyyətli materialları, Tiflisdə gürcücə yayınlanmış "Akakis tviuri krebuli", "Droeba", "İveria", "Kvali", "Teatri", "Tsiskari", "Tsnobis purtseli", Azərbaycan dilində "Kəşkül", "Ziya", rusca "Kavkaz", "Novoe Obozrenie", "Tiflisskiy listok" və digər mətbu nəşrlərin ilgili yazıları araşdırmaya cəlb edilib. Kitabın "Tiflisdə Azərbaycan teatrının qədəmləri" adlanan birinci bölümündə Gürcüstanda Azərbaycan xalq teatrı gələnəkləri, Tiflisdə Azərbaycanca başlanğıc tamaşaları, Tiflis Azərbaycan səhnəsinin ilkin repertuarı, Tiflisli ilk səhnə fədakarlarımız haqqında məlumatlar verilir. "Axundzadənin əsəri gürcü səhnəsində" adlanan ikinci bölümdə "Xanın Vəziri" komediyasının gürcücə səhnə həlli, tamaşanı gerçəkləşdirənlər haqqında orijinal bilgilər diqqətə çatdırılır. M. F. Axundzadə gürcü mətbu teatr tənqidi meyarında mövzusu ilk dəfə olaraq elmi incələməyə cəlb edilir.

Professor qələmdaşımız Türkiyədəki yayınlarında da Gürcüstandakı varlığımızın faktoqrafik sübutlarıyla zəngin araşdırmalarını daha geniş arealda oxuculara təqdim edir. "Gürcistan'da Türk edebiyatı" (Ərzurum, 2018), "Azərbaycan ədəbiyyatı Gürcü mətbuatında: 1850-1905" (Ankara, 2022), "Gürcüstan-Azərbaycan teatr dostluğu: 19-cu yüzil" (Ankara, 2024) vs monoqrafiyaları məhz bu cəhətdən dəyərlidir.

2022-ci ildə işıq üzü görmüş "Azərbaycan ədəbiyyatı gürcü mətbuatında (1850-1905)" monoqrafiyası (Ankara: Sonçağ Akademi yayınları) müəllifin 1988-ci ildə müdafiə etdiyi PhD dissertasiyası zəminində hazırlanmışdır. Kitabda 1850-1905-ci illərdə Tiflisin gürcücə nəşr olunmuş dövri mətbuatda Azərbaycan ədəbiyyatıyla ilgili yazılar elmi irdələmə, araşdırma müstəvisinə alınır, mətbu materiallar işığında ədəbi əlaqələrimizin əhatəli bir mənzərəsi göz önündə canlandırılır. Xoş məramlı gürcü ictimaiyyətinin Azərbaycan xalqına, mədəniyyətinə, ədəbiyyatına rəğbətinin ifadəsi əyani olaraq gürcü mətbuatında seyr edilir.

Həmmüəllifi olduğu "Türkiye Türkçesi - Azerbaycan Türkçesi: farklı sözcükler" (Ankara, 2023) lüğəti praktik önəmiylə diqqəti çəkir. Formaca eyni, mənaca müxtəlif sözlər təkcə danışıqda və yazıda deyil, tərcümədə də tez-tez önümüzə çıxır, çox zaman yanlış anlaşılmalara səbəb olur. Böyük zəhmət tələb edən bu çalışma məhz həmin yanıldıcı kəlmələri ehtiva edir.

Şurəddin Məmmədli bu gün də elmi araşdırmalarında Borçalı ədəbiyyat mühitini və Azərbaycan-Gürcü ədəbiyyat-mədəniyyət əlaqələrini süzgəcdən keçirməkdədir. O, beynəlxlq elmi konfranslarda və simpoziumlarda fəal iştirak edir, elmi məruzələriylə alimlərin diqqətini doğma Borçalıya yönəldir.

Alimin elmi fəaliyyətinin başlıca yönlərindən biri də Borçalıda yaşamış maarifçilərin, şairlərin, yazıçıların, publisistlərin, el şairlərinin, aşıqların hayatlarını və əsərlərini aşkarlayıb araşdırmaqdır. "Borçalı aşıqları" (həmmüəllif) toplusu, "Azərbaycan klassik ədəbiyyatının Tiflis əlyazma nüsxələri", "Azərbaycan poeziyasında Novruz", "Aşıq Şenlik və Borçalı", "Kəpənəkçi Emin Ağa", "Şair Zabit kimdir", "Ziya Borçalı və cüng bəyazı", "Borçalı ədəbi mühiti: qaynaqları, inkişafı", "Gürcüstanda aşıq sənətinin öncülləri", "Gürcüstanda Azərbaycan ədəbiyyatının inkişafı mərhələləri" və s. kimi sanbalı elmi məqalələriylə məhz bu missiyanı bacarıqla yerinə yetirmişdir.

Azərbaycan-gürcü ədəbi ünsiyyətinin tədqiqatçısı və təbliğatçısı kimi bu ədəbi dostluğumuzun ortaq yönlərini önə çəkməkdədir. Özünün qeyd etdyi kimi, coğrafi durumumuzun, iqlim ortamımızın oxşarlığı, eyniliyi minillərin işıq, su, hava, torpaq qonşuları olan bu iki xalqı çox vaxt əkində, biçində, yaylaq yerində, qışlaq yolunda görüşdürmüş və bu, onların bədii sözündə səsləşmə doğurmuşdur. Bizdə "Gün çıx çıx" mərasim nəğməmiz olduğu sayaq, gürcülərdə də "Mze amodi amodi", yəni eynilə "Gün çıx çıx" nəğməsi var. Gürcülərin əzəl əkin-biçin, süfrə nəğmələrində Gəncə, Bakı, Göy Xəzər məkan adları tez-tez xatırlanır. Qədim bir gürcü xalq mahnısında "Tatarits şeni dzmaa", yəni "Azərbaycanlı da sənin qardaşındır" deyilir. Özünün tədqiqat əsərlərində bu cür oxşar tipolojilərin qarşılıqlı olduğunu vurğulayan, "Avesta və gürcü tədqiqatçısı", "12-ci yüzyıl gürcü şairi Şota Rustaveli və Novruz", "Akaki Tsereteli Mirzə Fətəli Axundzadə haqqında" və s. məqalələriylə Azərbaycan-gürcü ədəbiyyat ülfətinə vacib töhfələr verir. Həmçinin də təcrübəli tərcüməçi kimi gürcücədən bədii çevirilərı iki mehriban xalq arasındakı mənəvi körpünü bir qədər də möhkəmləndirir. Gürcüstanda gəlişən Azərbaycan ədəbiyyatı kimi, burada tərcümə sahəsində addımlar, yayımlanmış kitablar geniş və hərtərəfli təhlil üçün faktllarla zəngindir və bunlar problemin həllində önəmli rol oynayır.

Şairliyi haqqında

Şurəddin Məmmədli həm də istedadlı lirik şair kimi bilinir. Qarapapaq təxəllüsüylə yazdığı coşqun, cəngi axarlı şeirləri "Çeşmə" (1980), "Dan ulduzu" (1987, 1989, 1990), "Ağır elli Borçalı" (1990), "Dağlar dərdə düşsə" (1992), "Addımlar" (1996, 1997), "Ədəbi Gürcüstan" (2007, 2012),

"Azərbaycan ədəbiyyatı antologiyası: Borçalı" (2008), "Sazlı-sözlü Başkeçid" (2015-2025), "Sazlı-sözlü Borçalı" (2015-2025), "Bolnisi: dünən və bu gün" (2015-2025), "Zirvə" (2015-2025), "Anadoludan Kafkaslara" (2019) və s. ədəbi məcmuələrdə, almanaxlarda, qəzet və jurnallarda işıq üzü görüb. Seçmə qoşqularından ibarət "Borçalıda sular axar..." kitabı 1997-ci ildə Tbilisidə oxucuların təqdirinə verilib.

Müqəddəs ata yurduna, doğma elinə-obasına qırılmaz tellərlə bağlı olan şairin şeirləri ana Kürün, Anaxatırın pıçıltıları misallı coşqundur. Onun lirik pıçıltılarında minillik yaddaş var, insanın əhədini kəsən ayrılıq var, şipşirin qovuşma arzusu var.

Orda-burda Kür adında sonam var,
Orda-burda Qarayazı uzanar,
Orda-burda qovuşuqdur şah dağlar,
Anadan ayrılmış baladır yurdum!

Ana dilini, ana vətənini, doğma kəndini, ata yurdunun müqəddəs, bərəkətli torpağını, sevimli el-obasını böyük sevdayla tərənnüm edir.

Göz açır dünyaya insan beşikdə...
Analar laylayla durur keşikdə…
Müqəddəs beşikdir sevdiyim vətən...
Qoynunda uyuyan bir körpəyəm mən!

Yaxud:

Bilmirəm, bu şeri necə yazardım,
Öz duyğu odumda alışmasaydım.
Yəqin kəsə yolu çoxdan azardım,
Mən yurdum naminə çalışmasaydım!

Alim şairimizin "Babakər", "Beşik", "Vətən", "Yarandım ki…", "Düşünək dünyanın taleyini biz" və s. şeirləri bu qəbildəndir.

1990-cı illərdə Bolnisi bələdiyyəsində türkcə toponimlərin, qədim-qayım yer-yurd adlarımızın dəyişdirilməsinə qarşı həyəcan təbili çalaraq belə hayqırmışdır:

Bu torpaqda ocaq mənim,
Od mənimdir, dəymə ona!
Bu torpaqda ağac mənim,
Ot mənimdir, dəymə ona!

Kök atdığım yurddur bu yurd...
Hər qəbirdə dərd uyuyur...
Nər nər oğullar böyüyür...
Dad mənimdir, dəymə ona!

Tanrı şahid, elat qədim...
Bu elatda qıryat qədim...
Bu kənd qədim, bu ad qədim...
Ad mənimdir, dəymə ona!
(Məmmədli, 1997).

Mənsub olduğu toplumla daim birgə nəfəs alan, xalqının uğurlarına sevinən, dərdlərinə şəriklənən, ağrılarına acıyan, hər daim haqqın, ədalətin yanında duran, azadlıq carçısı, qeyrət qalası, şərəf simvolu kimi tanınan alim şairimiz "Haqqım hey!.." şeirində ədalət(sizlik) dünyasına xitabla yazır:

Xalqa qəsd olardımı?
Haqqa qəsd olardımı?
Qulaqların kardımı,
Ədalət, hey!.. Haqqım, hey?!
Azadlıq! Adın şirin!
Azadlıq! Dadın şirin!
Gözündən vurub şərin
Hayqırım, hey!.. Qalxım, hey!..
Şəhidlərim anddımı?
Sabahım əyandımı?
Axır ki, oyandımı

Millətim, hey!.. Xalqım hey!

Çənlibeldə çəkdiyi nərənin səsi, Misri qılıncının şaqqıltısı, Qıratının şücaəti, qəhrəman dəlilərinin igidliyi, telli sazının zənguləsi turan ellərinə yayılan Qoç Koroğluya müraciətlə cəngi haraylı "Haydı, qoç Koroğlu, haydı" şeirində çağırış motivi güclüdür:

Nəvələrin düşüb dara,
Haydı, qoç Koroğlu, haydı!
Qövr eləyir dərin yara,
Hoydu, qoç Koroğlu, hoydu!..
Çənlibeldə duman, çəndir...
Andımız Torpaq, Vətəndir...
Nər igidlər himə bənddir...
Huy de, qoç Koroğlu, huy de!
Dəliləri başına yığ,
Telli sazı köksünə sıx,
Haqqı çağır, nahaqqı yıx,
Hay de, qoç Koroğlu, hay de!
Haydı, qoç Koroğlu, haydı!

Şöhrətli yurddaşımız, akademik Kamal Talıbzadənin yubileyinə ithaf etdiyi şeiri:

Elmin kəhkəşanında
Ulduzlar nurlu nurlu uğurların...
Gərilmiş qanadların...
Amaldır...
Kamaldır...
Kamal müəllim...
Borçalımda körpə körpə oğulların...
Hərəsi bir Nəriman...
Hərəsi bir Şaiqdir...
Hərəsi bir Kamaldır...
Kamal müəllim...

Başqa bir şeirində də səlis deyir:

Köküm - Qarapapaq...
Köçüm - qara torpaq...
Ovqatım pakdı, pak...
Nərəm, nər olacam...
Borçalı - öz yurdum,
Burda binə qurdum,
Səf səf durur ordum...
Varam, var olacam!..

Şurəddin Qarapapağın "lirik məni yeri gələndə qalxıb kükrəməyi, öz haqqımı istəməyi, sinəsini şərə qalxan eləməyi də bacarır" (Əbdülrəhmanlı, 2025, s. 6).

Nəticə

Ulu Borçalımızın, ümumən Azərbaycanımızın görkəmli alimləri, dəyərli ziyalıları, istedadlı qələm sahibləri arasında özünün orijinal tədqiqatçı tərziylə, zəngin və kamil elmi-ədəbi irsiylə, həmçinin pedaqoji və ictmai fəaliyyətləriylə seçilən professor Şurəddin Məmmədli zəhmətkeş alim, təcrübəli müəllim, bacarıqlı publisist, prinsipial jurnalist, peşəkar tərcüməşi, yurd duyğulu şairdir. El obasını sevən, millətinə, məmləkət torpağına vurğun olan alim şairin həm elmi tədqiqlərində, həm də poeziyasında Borçalı sevdası var, Borçalı ədəbi mühitinin təsdiqi var.

Ana vətənin vətəndən qırağındakı ziyalımız professor Şurəddin Məmmədlinin həyat və yaradıcılığının milli ədəbiyyat və mədəniyyət xəzinəmizin öyrənilməsi kontekstində daha konkret və müfəssəl araşdırılması güncəl əhəmiyyət daşıyır.

P.S.: 2026-cı il fevralın 28-də dəyərli söydaşımız, görkəmli Borçalışünas-ədəbiyyatşünas alim, təcrübəli jurnalist, xoş avazlı şair-tərcüməçi, vətənpərvər, yurdsevər, qayğıkeş və xeyirxah insan, dostcanlı ağsaqqal, filologiya elmləri doktoru, professor Şurəddin Məmmədlinin 70 yaşı tamam olur. Biz də fürsətdən istifadə edərək, hörmətli ziyalımızı yubileyi münasibətilə ürəkdən təbrik edirik, ustadımıza uzun ömür, cansağlığı, şəxsi həyatında, çoxşaxəli elmi, ədəbi-bədii yaradıcılığında, pedaqoji və ictimai fəaliyyətlərində yeni-yeni uğurlar arzulayırıq!

Ədəbiyyat

1. *Borçalı, Müşfiq (1992). "Paralanmış Borçalı". "Azərbaycan müəllimi" qəzeti, Bakı, 24 yanvar; "20 Yanvar" qəzeti, Bakı, 6 fevral.*
2. *Borçalı, Müşfiq (1996, 2014, 2015). Bu dostluğun yaşı çox... Bakı; Tbilisi.*
3. *Borçalı, Müşfiq (1997). Yeni nəşrlər. "Təhsil" qəzetu, Bakı, sentyabr, 95.*
4. *Çobanlı (Borçalı), Müşfiq (1990, 1996). Ağır elli Borçalı: Çağdaş Azərbaycan şairləri Borçalı haqqında. Bakı; Ərzurum.*
5. *Çobanlı (Borçalı), Müşfiq (1997, 1998, 2000, 2006). Gürcüstanda Azərbaycan mətbuatı: "Ziya"dan "Çənlibel"ədək. Bakı; Təbriz.*
6. *Çobanov (Borçalı), Müşfiq (2016). Gürcüstanda Azərbaycan ədəbiyyatının inkişaf meylləri (1960-2010). Dissertasiya, Bakı.*
7. *Çobanova, Aygül (2018). Ədəbiyyatşünas alim Şurəddin Məmmədlinin kitabı. Zim.az, 12 fevral.*
8. *Əbdülrəhmanlı, Nəriman (2025). Yaddaş və alın yazısı. Gürcüstan, qəzet, Tbilisi, 81-82.*
9. *Həbibbəyli, İsa (2004). XX əsrin əvvəlləri Azərbaycan yazıçıları. Bakı: Nurlan.*
10. *Mədədoğlu (Borçalı), Müşfiq (1994). Çağdaş Borçalı ədəbi məktəbi. Bakı: Azərbaycan.*
11. *Məmmədli, Şurəddin (1987). İlyanın "İveriya"sı və Azərbaycan ədəbiyyatı. "Sovet Gürcüstanı", qəzet, Tbilisi, 7 iyul.*
12. *Məmmədli, Şurəddin (1991). Gürcü ədəbiyyatından ərməğan. "Gürcüstan", qəzet, Tbilisi, 25 iyul.*
13. *Məmmədli, Şurəddin (1991, 1995). Paralanmış. Bakı: Azərnəşr.*
14. *Məmmədli, Şurəddin (1997). Alın yazımız. Tbilisi: Samşoblo.*
15. *Məmmədli, Şurəddin (1997). Borçalıda sular axar... Tbilisi: Kolori.*
16. *Məmmədli, Şurəddin (2000). Borçalı ədəbi mühiti: qaynaqları, təşəkkülü, inkişafı. Bakı: Elm.*
17. *Məmmədli, Şurəddin (2002). Ədəbi Borçalı: bədii ədəbiyyatda Borçalı mövzusu. Bakı: Borçalı NPM.*
18. *Məmmədli, Şurəddin (2003). Azərbaycan ədəbiyyatının Borçalı qolu. Tbilisi: Kolori.*
19. *Məmmədli, Şurəddin (2006). Gürcüstan Azərbaycanlıları. Tbilisi: Kolori.*
20. *Məmmədli, Şurəddin (2007). Tarix boyunca Azərbaycan-Gürcü ədəbi əlaqələri. Qarapapaqlar, dərgi, Marneuli, 5.*
21. *Məmmədli, Şurəddin (2016). Gürcistan Azeri Türklerinin Âşık Şiiri Gelenekleri. Almanya: LAP.*
22. *https://azertag.az/gurcustan_azerbaycanlilarinin_edebi_eneneleri-882488. AzerTAc, 2002-03-07.*
23. *https://azertag.az/soydasimiz_gurcustanin_ali_mukafatina_layiq_gorulmusdur-962786. AzerTAc, 2002-06-06.*
24. *https://azertag.az/soydasimiz_gurcustan_milli_akademiyasinin_heqiqi_uzvudur-968399. AzerTAc, 2002-10-10.*

STRATEGIES FOR ENHANCING LANGUAGE LEARNING MOTIVATION IN A MULTICULTURAL CLASSROOM

Akhmetova D. K.
1st year student, Zhanibekov University SKPU, Shymkent,Kazakhstan
Candidate of Phylology, associate professor, Zhanibekov University SKPU, Shymkent, Kazakhstan

Abstract

Motivation plays a crucial role in successful foreign language learning, especially in multicultural classrooms where students come from diverse linguistic, cultural, and educational backgrounds. Differences in prior knowledge, cultural values, communication styles, and learning expectations often influence learners' engagement and performance. Therefore, understanding how to enhance motivation in such heterogeneous environments has become an important focus of modern pedagogy. This article examines key strategies that effectively support and increase language learning motivation in multicultural settings. The paper draws on established theories, including Gardner's Socio-Educational Model, Dörnyei's L2 Motivational Self System, and principles of multicultural education by Banks, to explain how motivation develops and what factors shape it in diverse classrooms. The study emphasizes several evidence-based strategies that teachers can apply to create a supportive and motivating learning environment. These include the integration of culturally relevant and inclusive materials, the creation of a safe and respectful classroom climate, the use of collaborative group work that encourages intercultural interaction, and the application of technology-enhanced learning tools to maintain interest and engagement.

Түйін

Бұл мақала көпмәдениетті аудиторияда шетел тілін оқытуда студенттердің мотивациясын арттыруға бағытталған тиімді стратегияларды талдауға арналған. Көпмәдениетті сыныпта білім алушылар әртүрлі тілдік, мәдени және академиялық ортадан келгендіктен, олардың шетел тілін меңгеруге деген қызығушылығы мен белсенділігі көптеген әлеуметтік, психологиялық және педагогикалық факторларға тәуелді. Теориялық бөлімде мотивацияның мәні Gardner-дің әлеуметтік-білім беру моделі, Dörnyei-дің L2 Motivational Self System тұжырымдамасы және Banks-тің көпмәдениетті білім беру теориясы негізінде қарастырылды. Бұл модельдер мотивацияның динамикалық құбылыс екенін, оны оқыту ортасы, мәдени сәйкестік, эмоционалдық қауіпсіздік және студенттің өзін-өзі бағалауы айқындайтынын көрсетеді.

Эксперименттік бөлімде көпмәдениетті топта алты апта бойы жүргізілген мотивациялық стратегиялардың әсері зерттелді. Аутентті мәдени материалдарды қолдану, аралас топтық жұмыс, цифрлық құралдарды пайдалану, шығармашылық жобалар және жүйелі позитивті кері байланыс студенттердің қызығушылығын арттыруда тиімді екені байқалды. Зерттеу нәтижелері студенттердің қатысу белсенділігі, өзіне деген сенімділігі, сөйлеу әрекетіне дайын болуы және тілдік тапсырмаларға қызығушылығы айтарлықтай өскенін көрсетті. Сондай-ақ, топішілік өзара түсіністік пен қолдау деңгейінің артуы көпмәдениетті ортада жағымды оқу атмосферасын қалыптастырды.

Жалпы алғанда, зерттеу нәтижелері мотивацияны арттыру көпмәдениетті сыныпта тек тілдік материалды меңгеру процесіне ғана емес, сонымен қатар оқыту ортасының мәдени қамтушылығына, мұғалімнің қолдау көрсетуіне және студенттердің өзара ынтымақтастығына байланысты екенін дәлелдейді. Мотивациялық стратегияларды мақсатты және жүйелі түрде қолдану студенттердің тілдік құзыретін, оқу белсенділігін және мәдениетаралық түсінігін дамытуға айтарлықтай ықпал етеді. Сондықтан, көпмәдениетті аудиторияда шетел тілін оқытуда мотивацияны күшейту — тиімді тілдік білім берудің негізгі шарты болып табылады.

Аннотация

Статья посвящена анализу эффективных стратегий повышения мотивации студентов при обучении иностранному языку в многонациональном классе. В многонациональной аудитории студенты имеют различные языковые, культурные и академические предпосылки, поэтому их интерес и активность в изучении иностранного языка зависят от множества социальных, психологических и педагогических факторов. В теоретической части рассматривается сущность мотивации на основе Социально-образовательной модели Гарднера, Системы мотивации L2 Дёрньи и теории мультикультурного образования Бэнкса. Эти модели показывают, что

мотивация — динамический процесс, который определяется учебной средой, культурной идентичностью, эмоциональной безопасностью и самооценкой студентов.

В экспериментальной части изучено влияние мотивационных стратегий, применённых в многонациональной группе на протяжении шести недель. Использование аутентичных культурных материалов, смешанных групповых заданий, цифровых инструментов, творческих проектов и систематической положительной обратной связи оказалось эффективным для повышения интереса студентов. Результаты показали значительный рост участия, уверенности, готовности к устной речи и интереса к языковым заданиям. Повышение взаимопонимания и поддержки внутри группы способствовало созданию позитивной учебной атмосферы.

В целом, исследование подтверждает, что мотивация в многонациональном классе зависит не только от освоения языкового материала, но и от культурной инклюзивности учебной среды, поддержки преподавателя и взаимодействия между студентами. Целенаправленное и систематическое применение мотивационных стратегий способствует развитию языковой компетенции, учебной активности и межкультурного понимания. Таким образом, усиление мотивации является ключевым условием эффективного обучения иностранному языку в многонациональной аудитории.

Keywords: motivation in language learning; multicultural classroom; foreign language education; culturally responsive teaching; learner engagement; instructional strategies; L2 motivational factors; intercultural competence; inclusive pedagogy; student-centered learning; educational psychology.

Introduction. In today's globalized world, classrooms are becoming increasingly multicultural, bringing together learners with diverse cultural identities, linguistic backgrounds, educational experiences, and learning styles. This diversity creates unique opportunities for meaningful interaction and intercultural learning, but it also presents significant challenges for foreign language teachers. One of the most important challenges is ensuring that all students remain motivated and engaged throughout the language learning process. Motivation has consistently been identified as a key predictor of success in acquiring a second or foreign language. According to Gardner's socio-educational theory, motivated learners demonstrate higher levels of effort, persistence, and willingness to communicate, regardless of their initial proficiency level. Dörnyei's L2 Motivational Self System further explains that language learning motivation is shaped by students' personal goals, self-beliefs, and the learning environment.

In multicultural classrooms, motivation becomes even more complex because students bring different cultural values, expectations, and attitudes toward language learning. Some learners may feel confident and open to communication, while others may experience anxiety, fear of making mistakes, or cultural barriers that reduce their participation. Differences in classroom norms, interaction patterns, and prior educational practices may also affect students' willingness to engage. For this reason, teachers must adopt strategies that not only promote language acquisition but also create an inclusive, supportive, and culturally responsive learning environment.

Enhancing motivation in a multicultural classroom requires an understanding of both psychological and sociocultural factors. Research shows that students learn more effectively when instructional materials reflect their cultural identities, when they feel respected and safe, and when classroom activities encourage collaboration and meaningful communication. The integration of culturally relevant materials, learner-centered methods, positive feedback, creative tasks, and modern digital tools can significantly strengthen students' interest and confidence in using a foreign language. These strategies help learners develop a sense of belonging and reduce the emotional barriers that often hinder language learning.

Theoretical analysis. Motivation in foreign language learning has been widely studied in educational psychology, applied linguistics, and multicultural education. Theoretical models developed by leading scholars such as Gardner, Dörnyei, and Banks provide important insights into how motivation forms and how it can be strengthened in diverse classrooms. Their frameworks help explain why learners from different cultural backgrounds respond differently to instructional methods, and why culturally informed teaching is essential for maintaining high motivation levels. Gardner's (1985) Socio-Educational Model of L2 Learning emphasizes the role of attitudes, cultural openness, and social environment in shaping learners' motivation. According to this model, students who hold positive attitudes toward the target language and its culture are more willing to participate actively in the learning process. In multicultural classrooms, however, students may not share the same cultural attitudes or language learning experiences. Some learners may associate the foreign language with academic success, while others may view

it as a challenge due to past negative experiences. Therefore, teachers must develop strategies that help students build positive emotional connections with the language and feel comfortable within a culturally diverse group.

Dörnyei's (2009) L2 Motivational Self System expands on this perspective by identifying three main components: the Ideal L2 Self, the Ought-to L2 Self, and the Learning Experience. The Ideal L2 Self refers to learners' personal goals and dreams, such as speaking English fluently or studying abroad. The Ought-to L2 Self includes external pressures or expectations, such as passing exams or meeting parents' expectations. The Learning Experience involves classroom atmosphere, teacher behavior, tasks, and peer interaction. In multicultural settings, the Learning Experience becomes especially important because it is influenced by group dynamics, cultural interaction patterns, and the teacher's ability to create an inclusive environment. When learners feel valued and respected, their Ideal L2 Self becomes stronger, increasing internal motivation.

Theories of multicultural education further support this idea. Banks (2016) argues that culturally responsive teaching is essential for equitable and effective learning. If instructional materials, examples, and classroom activities reflect the diverse cultural backgrounds of students, they feel included and respected. This sense of belonging enhances intrinsic motivation and reduces anxiety commonly observed in multicultural classrooms. Similarly, Cummins (2013) notes that student motivation increases when teachers acknowledge and integrate learners' cultural identities into classroom activities.

Social constructivist theory (Vygotsky, 1978) also provides a strong foundation for understanding motivation in multicultural classrooms. Vygotsky highlights the importance of social interaction, collaboration, and scaffolding in learning. In multicultural groups, collaborative tasks not only support language development but also strengthen learners' confidence and social connection. When students work together, they learn from each other's cultural perspectives, which makes learning more meaningful and motivating.

Moreover, theories of self-determination (Deci & Ryan, 2000) suggest that students are most motivated when three psychological needs are met: autonomy, competence, and relatedness. In multicultural classrooms, teachers can support these needs by offering choices in learning tasks, providing constructive feedback, and encouraging positive peer relationships. When students feel competent, independent, and socially connected, their motivation naturally increases.

Overall, theoretical research shows that motivation in multicultural classrooms is influenced by psychological, social, and cultural factors. Effective motivational strategies must therefore address not only linguistic challenges but also cultural diversity, emotional comfort, and interpersonal relationships. A multicultural classroom requires teaching approaches that promote inclusivity, intercultural respect, and meaningful communication, which together create a strong foundation for sustained motivation and successful foreign language learning.

Experimental part. *The experimental component of this study explored the effectiveness of motivational strategies in a multicultural foreign language classroom. The purpose of the experiment was to examine how culturally responsive teaching methods, collaborative activities, and technology-enhanced tasks influence learners' motivation, engagement, and overall participation. The intervention was conducted over a six-week period with a group of 25 students representing diverse cultural and linguistic backgrounds. The experimental design focused on applying motivational techniques grounded in theoretical frameworks such as Gardner's socio-educational model, Dörnyei's L2 Motivational Self System, and principles of multicultural education.*

1. Participants and Setting

The study involved first-year university students enrolled in an English language course. The group consisted of learners with varied cultural identities, including students from Kazakh, Uzbek, Russian, Tajik, and Kyrgyz backgrounds. Their levels of English proficiency ranged from A2 to B1, creating a naturally diverse learning environment. This multicultural composition allowed for the observation of how different strategies function across students with different learning histories.

2. Structure of the Intervention

The experimental intervention included a sequence of carefully designed lessons integrating motivational strategies such as:

- ***culturally relevant materials*** *(stories, videos, and examples from students' home cultures);*
- ***interactive group activities*** *aimed at intercultural cooperation;*
- ***technology-based tasks*** *such as digital quizzes, video analysis, and collaborative online tools;*
- ***positive and formative feedback*** *during oral and written tasks;*
- ***short-term goal setting*** *to help learners visualize progress;*

• ***creative project-based learning****, including group presentations and mini-projects on cultural themes.*

Each lesson combined linguistic objectives with motivational elements to ensure that the strategies were implemented consistently.

3. Procedures and Activities

Several types of classroom tasks were used:

a. Culturally Inclusive Warm-Ups

At the beginning of each lesson, students completed short discussions or brainstorming tasks related to cultural traditions, daily routines, or values. These warm-ups helped create a welcoming atmosphere and encouraged learners to speak more confidently.

b. Collaborative Group Work

Mixed-culture groups worked together on problem-solving activities, role-plays, and reading or listening tasks. Students were encouraged to support each other and share cultural perspectives. This practice aimed to reduce anxiety and increase social motivation.

c. Technology-Enhanced Learning

Students used digital tools such as Kahoot, Quizlet, and Padlet to complete vocabulary games, create short multimedia posts, and participate in online discussions. According to Dörnyei, digital interaction supports motivation by making learning more dynamic and enjoyable.

d. Creative Cultural Projects

In small groups, students created mini-projects such as posters, slides, or short videos comparing cultural customs or presenting traditions from their own countries. This activity highlighted cultural diversity and strengthened intrinsic motivation by allowing students to express their identity.

e. Continuous Feedback and Encouragement

The teacher provided supportive verbal feedback, highlighted students' progress, and discussed individual learning goals. Feedback was aimed at improving learners' confidence and reducing fear of mistakes.

4. Data Collection Methods

To measure motivational improvements, several tools were used:

- ***pre- and post-experiment questionnaires*** *based on the Motivational Intensity Scale;*
- ***classroom observation checklists*** *assessing participation and engagement;*
- ***student reflection journals*** *focusing on emotions, difficulties, and achievements;*
- ***teacher field notes*** *documenting classroom dynamics and group interaction.*

These instruments allowed for both quantitative and qualitative analysis of the changes in student motivation.

5. Findings from the Intervention

Preliminary observations indicated that:

- *Students participated more actively in discussions after culturally inclusive warm-ups.*
- *Mixed-culture group work increased interaction and reduced communication barriers.*
- *Technology-based tasks generated excitement and kept students engaged for longer periods.*
- *Creative projects strengthened intrinsic motivation and helped students develop pride in their cultural backgrounds.*
- *Positive feedback contributed to higher confidence and a noticeable reduction in speaking anxiety.*

Overall, the intervention showed that combining culturally responsive teaching with motivational strategies helped create a more supportive and stimulating learning environment for all students.

Results. *The results of the experimental intervention demonstrated significant positive changes in students' motivation, classroom engagement, and overall participation in the foreign language learning process. Data collected through questionnaires, classroom observations, reflection journals, and teacher field notes indicated that the motivational strategies applied during the six-week period had a measurable and meaningful impact on learners from different cultural backgrounds. Increased Participation and Willingness to Communicate, Enhanced Intrinsic Motivation, Stronger Intercultural Interaction and Group Cohesion, Improvement in Self-Confidence and Language Use, Increased Engagement Through Technology, Positive Impact on Learning Atmosphere. Overall, the results indicate that culturally responsive strategies, supportive feedback, collaborative activities, and technology integration significantly enhance students' motivation in a multicultural language classroom. The findings confirm that motivation is highly influenced by emotional comfort, cultural inclusivity, and interactive learning methods.*

Conclusion. *The findings of this study demonstrate that enhancing motivation in a multicultural foreign language classroom requires a combination of culturally responsive, psychologically supportive, and pedagogically innovative strategies. The theoretical analysis highlighted that motivation is a complex and dynamic construct influenced by social environment, cultural identity, learner beliefs, and classroom experiences. Frameworks proposed by Gardner, Dörnyei, Banks, and other scholars confirm that motivation flourishes when students feel respected, valued, and emotionally secure. In multicultural classrooms, where learners differ not only in linguistic proficiency but also in cultural expectations and learning traditions, motivation becomes particularly sensitive to the quality of instruction and the atmosphere created by the teacher.*

The experimental intervention provided practical evidence that integrating culturally relevant materials, encouraging collaborative intercultural tasks, using technology-enhanced activities, offering positive feedback, and supporting students through clear and achievable goals significantly increased learners' motivation and participation. The results showed strong improvements in students' willingness to communicate, confidence, interest, and engagement. The positive changes observed in classroom climate and peer interaction further demonstrate that culturally inclusive and learner-centered teaching practices can reduce anxiety, break down communication barriers, and promote a sense of belonging among diverse learners.

This study also found that motivation is strongly connected to emotional comfort and social support. When students feel safe to express themselves and see their cultural identities acknowledged in the classroom, they are more willing to take risks, ask questions, and participate actively. Technology-based tasks and creative projects played a particularly important role in sustaining learners' interest and making the learning experience enjoyable and meaningful. These elements helped transform the classroom into a dynamic and interactive space, reinforcing the idea that motivation increases when learning becomes personally relevant and socially engaging.

In conclusion, the research confirms that a multicultural classroom presents both challenges and opportunities for foreign language teaching. By applying comprehensive motivational strategies that incorporate cultural sensitivity, interactive pedagogies, and positive teacher-student relationships, educators can significantly enhance students' motivation and overall success in language learning. The study underscores that motivation is not an individual responsibility alone but a shared outcome shaped by the instructional environment, cultural diversity, and supportive community within the classroom. Future research could further explore long-term motivational patterns and how digital learning platforms can continue to strengthen motivation in culturally diverse educational contexts.

References

1. Banks, J. A. (2016). Cultural diversity and education: Foundations, curriculum, and teaching. Routledge.

2. Cummins, J. (2013). Language, power and pedagogy: Bilingual children in the crossfire. Multilingual Matters.

3. Deci, E. L., & Ryan, R. M. (2000). The "what" and "why" of goal pursuits: Human needs and the self-determination of behavior. Psychological Inquiry, 11(4), 227–268.

4. Dörnyei, Z. (2009). The L2 Motivational Self System. In Z. Dörnyei & E. Ushioda (Eds.), Motivation, language identity and the L2 self (pp. 9–42). Multilingual Matters.

5. Dörnyei, Z. (2014). Motivation in second language learning. Routledge.

6. Gardner, R. C. (1985). Social psychology and second language learning: The role of attitudes and motivation. Edward Arnold.

7. Gardner, R. C. (2010). Motivation and second language acquisition: The socio-educational model. Peter Lang.

8. Vygotsky, L. S. (1978). Mind in society: The development of higher psychological processes. Harvard University Press.

Political sciences

TRANSNATIONAL NETWORKS, POLICY TRANSFER, AND INTERGOVERNMENTAL REGULATORY FRAMEWORKS AS MECHANISMS OF GLOBALIZATION IN GOVERNANCE

Vasila Mohsumova
Doctor of Philosophy in Philosophy
Nakhchivan State University
ORCID: 0009-0006-1066-1840

ТРАНСНАЦИОНАЛЬНЫЕ СЕТИ, ПЕРЕНОС ПОЛИТИКИ И МЕЖПРАВИТЕЛЬСТВЕННЫЕ РЕГУЛЯТОРНЫЕ РАМКИ КАК МЕХАНИЗМЫ ГЛОБАЛИЗАЦИИ В УПРАВЛЕНИИ

Васила Мохсумова
Доктор философии по философии
Нахчыванский государственный университет
ORCID: 0009-0006-1066-1840

Abstract

Globalization expands processes of governance beyond the territorial boundaries of nation-states, leading to the emergence of new actors, institutional arrangements, and normative structures that enable decision-making across multiple spatial levels. Transnational networks, policy transfer mechanisms, and intergovernmental regulatory frameworks have become key components of global governance, simultaneously complementing and transforming state authority. This article analyzes these mechanisms from institutional, functional, and normative perspectives, highlighting their interconnectedness, their implications for state sovereignty, and their role in shaping the architecture of global governance. The findings indicate that globalization fosters a polycentric and multilayered governance model, strengthens the involvement of non-state actors in decision-making, and accelerates the international harmonization of governance practices. The article concludes by emphasizing that these mechanisms reshape rather than diminish sovereignty, as collaboration is indispensable for the effective management of global challenges.

Аннотация

Глобализация расширяет процессы управления за пределы территориальных границ национальных государств, что приводит к появлению новых акторов, институциональных структур и нормативных механизмов, обеспечивающих принятие решений на нескольких пространственных уровнях. Транснациональные сети, механизмы переноса политики и межправительственные регулятивные рамки становятся ключевыми элементами глобального управления, одновременно дополняя и трансформируя государственную власть. В данной статье указанные механизмы рассматриваются с институциональной, функциональной и нормативной точек зрения, с акцентом на их взаимосвязанность, влияние на государственный суверенитет и роль в формировании архитектуры глобального управления. Полученные результаты показывают, что глобализация способствует становлению полицентрической и многоуровневой модели управления, усиливает участие негосударственных акторов в процессе выработки решений и ускоряет международную гармонизацию управленческих практик. В заключение подчёркивается, что эти механизмы не столько ослабляют, сколько переосмысливают суверенитет, поскольку сотрудничество становится необходимым условием эффективного реагирования на глобальные вызовы.

Keywords: *globalization, transnational networks, policy transfer, global governance, international regulation.*

Ключевые слова: *Глобализация, транснациональные сети, трансфер политики, глобальное управление, международное регулирование.*

Introduction

Globalization has become one of the most influential forces reshaping the modern governance landscape. It is not merely an economic or technological trend; rather, it is a multidimensional

transformation that alters political authority, institutional arrangements, and regulatory frameworks. As states become increasingly interdependent, governance processes must adapt to transnational challenges such as climate change, migration, global health crises, cybersecurity threats, and financial instability. These challenges cannot be effectively addressed through unilateral national strategies, making cross-border cooperation indispensable.

In this context, three mechanisms play a particularly significant role: ***transnational networks***, ***policy transfer***, *and* ***intergovernmental regulatory frameworks***. *Together, they contribute to the diffusion of policy ideas, the creation of new forms of cooperation, and the establishment of global norms that guide state behavior. Governance in the 21st century has therefore expanded into a multilayered sphere in which national, regional, and global institutions interact continuously. This article aims to provide a systematic and analytical examination of these mechanisms and their contribution to the emerging global governance order.*

1. Transnational Networks and New Actors in Global Governance

1.1. The Nature of Transnational Networks

Transnational networks encompass a diverse array of actors that operate beyond the confines of national borders. These include governments, international organizations, NGOs, multinational corporations, epistemic communities, advocacy groups, and academic institutions. According to Castells (2010), network structures become the dominant organizing principle of the information age, reshaping modes of interaction and power distribution.

The rise of such networks is enabled by factors such as digital communication technologies, reduced transportation costs, and the global circulation of knowledge. Keohane and Nye's (2000) notion of "complex interdependence" further illustrates how states and non-state actors become intertwined through multifaceted exchanges that diminish the centrality of military force and elevate the significance of information, negotiation, and soft power.

1.2. Functions of Transnational Networks

Transnational networks perform several essential functions in the global governance ecosystem:

1. Information and expertise generation

They monitor global issues, produce scientific analyses, and generate data-driven recommendations. For instance, climate change research networks compile critical environmental data that informs international negotiations.

2. Policy coordination

Networks facilitate communication between policymakers across borders, enabling the harmonization of decisions in areas such as trade, public health, and financial regulation.

3. Norm creation

Global norms related to human rights, corporate responsibility, transparency, or environmental protection often originate within transnational advocacy networks before being adopted by intergovernmental organizations.

4. Advocacy and lobbying

Non-state actors influence global agenda-setting processes. Human rights NGOs, for example, exert pressure on governments and international institutions to adopt stronger protection mechanisms.

1.3. Implications for State Sovereignty

Transnational networks introduce both constraints and opportunities for states. On one hand, they limit unilateral policy experimentation by requiring governments to adhere to internationally accepted norms. On the other hand, they enhance state capacity by providing access to knowledge, expertise, and partnerships that strengthen domestic reforms. Sovereignty therefore becomes reshaped rather than weakened: states increasingly exercise authority through collaboration.

2. Policy Transfer: Circulation and Diffusion of Governance Models

2.1. Conceptual Foundations

Policy transfer refers to the process whereby policy ideas, administrative models, regulatory standards, and institutional practices move across jurisdictions. Dolowitz and Marsh (2000) identify different modes of transfer—from voluntary learning to coercive imposition—depending on the motivations of domestic policymakers and the influence of international organizations.

Policy transfer has become a defining feature of global governance because it accelerates the diffusion of effective governance models and enables states to respond more rapidly to global challenges.

2.2. Mechanisms of Transfer

1. Coercive transfer

International financial institutions may condition loans on the adoption of particular reforms, such as fiscal austerity or structural adjustment programs.

2. Normative transfer

International organizations—such as the UN, OECD, or UNESCO—develop and promote regulatory frameworks that states voluntarily adopt to enhance credibility or align with global norms.

3. Voluntary transfer

States may learn from the successes of other countries, adopting innovative policy solutions such as digital governance platforms, public health systems, or anti-corruption strategies.

2.3. Benefits and Risks

The benefits of policy transfer include:

- *faster modernization of public administration,*
- *increased efficiency through replication of proven models,*
- *global convergence of standards facilitating cooperation and trade.*

However, the process also poses risks:

- *policies may fail if not adapted to local contexts,*
- *transfer may reinforce dependency on international actors,*
- *democratic legitimacy may weaken when reforms are externally driven.*

2.4. The Role of Epistemic Communities

Epistemic communities—professional networks of experts—play a vital role in shaping policy transfer. They influence global debates, formulate analytical frameworks, and contribute to evidence-based policymaking. In fields such as global health, cybersecurity, and environmental governance, these communities shape both discourse and institutional design.

3. Intergovernmental Regulatory Frameworks: Normative Evolution in Global Governance

3.1. The Rise of Regulatory Frameworks

As economic markets, information networks, and technological systems become increasingly internationalized, states develop new regulatory structures to manage cross-border interactions. These include:

- ***international treaties and conventions**,*
- ***regional regulatory systems** such as the European Union or ASEAN,*
- ***global standard-setting institutions** including ISO, WHO, or ILO.*

These frameworks enhance predictability and stability in global affairs by establishing consistent rules governing trade, labor, environmental protection, and public health.

3.2. Harmonization and State Obligations

Once states ratify international conventions, they are obligated to incorporate these standards into domestic law. This fosters transparency and predictability but may also limit the autonomy of national regulatory agencies. Nonetheless, compliance with international norms is often strategically beneficial, as it promotes global legitimacy and facilitates international cooperation.

3.3. Governance of Global Challenges

Intergovernmental frameworks are essential for addressing global challenges that transcend borders:

- ***climate governance** requires coordinated emissions reductions,*
- ***cybersecurity** necessitates information-sharing and joint protocols,*
- ***migration management** relies on coordinated visa, asylum, and labor policies,*
- ***global health governance**, especially after COVID-19, demands shared surveillance and response systems.*

3.4. Multilevel Governance

Intergovernmental regulation contributes to the emergence of multilevel governance, in which authority is distributed across global, regional, national, and local levels. This model improves flexibility but can generate coordination challenges and overlapping competencies.

4. Interactions Among Mechanisms and the Architecture of Global Governance

These three mechanisms—transnational networks, policy transfer, and regulatory frameworks—do not operate independently. Instead, they form an interconnected governance ecosystem:

4.1. Networks Enable Policy Transfer

Transnational networks create platforms for knowledge exchange, disseminate best practices, and mobilize support for policy reforms.

4.2. Policy Transfer Leads to Standardization

Once policies diffuse across countries, international organizations institutionalize them into treaties and standards, solidifying them within regulatory frameworks.

4.3. Regulatory Frameworks Reinforce Networks

The establishment of new global rules encourages actors to form new networks, strengthening cooperation and facilitating implementation.

4.4. The Transforming Role of the State

States remain central actors but operate in a transformed landscape. They coordinate with international institutions, negotiate with non-state actors, and adapt domestic policies to global standards. This transition—from hierarchical government to collaborative governance—reflects the broader evolution of political authority in the global era.

Conclusion

Globalization has reshaped governance into a polycentric, multilevel, and networked system. Transnational networks, policy transfer, and intergovernmental regulatory frameworks together form the pillars of this new architecture. They globalize knowledge production, harmonize national policies, and introduce international norms that guide state behavior.

Rather than weakening sovereignty, these mechanisms reconfigure it by embedding states within a broader system of shared responsibilities. As global challenges become more complex, effective governance increasingly depends on multilateral cooperation and coordinated regulatory responses.

Future research should explore how digital transformation—including artificial intelligence, big data analytics, and cybersecurity—will influence the evolution of these mechanisms and reshape global governance practices.

References

1. *Keohane, R., & Nye, J. (2000). Power and Interdependence: World Politics in Transition. Longman.*
2. *Held, D., & McGrew, A. (2007). Globalization Theory: Approaches and Controversies. Polity Press.*
3. *Dolowitz, D., & Marsh, D. (2000). "Learning from Abroad: The Role of Policy Transfer in Contemporary Policy-Making." Governance, 13(1), 5–23.*
4. *Stone, D. (2004). "Transfer Agents and Global Networks in the 'Transnationalization' of Policy." Journal of European Public Policy, 11(3), 545–566.*
5. *Castells, M. (2010). The Rise of the Network Society. Wiley-Blackwell.*
6. *Zürn, M. (2018). A Theory of Global Governance. Oxford University Press.*
7. *Levi-Faur, D. (2012). The Oxford Handbook of Governance. Oxford University Press.*
8. *OECD. (2020). Transnational Policy Networks and Global Governance. OECD Publishing.*
9. *Rosenau, J. (2003). Global Governance and the New World Order. Princeton University Press.*
10. *Abbott, K., & Snidal, D. (2009). "The Governance Triangle: Regulatory Actors and Their Relationships." Global Governance, 15(1), 1–18.*

Psychological sciences

RESEARCH ON THE ACTUALISATION OF SOCIAL IDENTITY

Anastasia V. Pochikaeva
Assistant Professor, Department of Social Psychology,
Samara National Research University named after Academician S.P. Korolev

ИССЛЕДОВАНИЕ АКТУАЛИЗАЦИИ СОЦИАЛЬНОЙ ИДЕНТИЧНОСТИ

Анастасия Владимировна Почикаева
Ассистент кафедры социальной психологии Самарского национального исследовательского университета имени академика С.П. Королева

Исследование выполнено за счет гранта Российского научного фонда (проект № 25-28-01468, https://rscf.ru/project/25-28-01468/ «Множественная социальная идентичность как контекст продуктивности деятельности»)

The study was funded by a grant from the Russian Science Foundation (project No. 25-28-01468, https://rscf.ru/project/25-28-01468/ "Multiple Social Identity as a Context for Activity Productivity")

Введение. В последнее время увеличивается количество экспериментальных исследований социальной идентичности. Большой блок подобных исследований посвящен изучению возможностей влияния актуализации социальной идентичности на различные формы активности людей. Актуализированная социальная идентичность способна влиять на различные аспекты жизнедеятельности человека, преимущественно благоприятно. В связи с этим можно отметить мощный прикладной потенциал процедур по актуализации социальной идентичности и использование их в прикладном аспекте.

Обоснование. Идентичность формируется за счет процесса идентификации – соотнесения себя с теми, или иными людьми, традициями, качествами и явлениями. Процесс идентификации способствует формированию качественно нового мира, в который включены особо значимые для человека люди, а также важные элементы окружающей среды. В процессе формирования идентичности человек ищет ответ на вопрос «Кто Я»? путем саморефлексии. Очевидно, что процесс идентификации невозможен без включения личности в социум и в процесс межличностной интеракции, посредством которого человек усваивает социальный опыт и овладевает потребностью в признании другими. Одним из важнейших условий в становлении идентичности являются отношения «Я-Другой», поскольку в попытках понять свою сущность личность опирается на сходства и различия себя с другими [Basjuk et al.]. Таким образом, идентичность сама по себе является сложным и многоуровневым образованием, включающим в себя множество элементов, которые являются отражением опыта и жизнедеятельности личности. Важность изучения возможностей прайминга как инструмента актуализации социальной идентичности подтверждается множеством эмпирических исследований, которые обнаруживают положительные эффекты.

Методы. 1) прайминг: методика «Незавершенные предложения». Предложения были двух видов: направленные на актуализацию индивидуальной идентичности и предложения, направленные на актуализацию групповой идентичности; 2) методика исследования социальной идентичности МИСИ, в которой были проанализированы следующие характеристики: количество слов, количество социальных слов, количество асоциальных слов и сформированность социальной идентичности; 3) U-критерий Манна-Уитни (сравнивались показатели количество слов, социальные слова, асоциальные слова и (S) социальность).

Результаты. В результате проведенного исследования было обнаружено, что испытуемые из группы, в которой актуализировалась групповая идентичность, чаще выбирали слова социальной направленности, в отличие от группы, где актуализировалась индивидуальная идентичность, поскольку были обнаружены два значимых различия: по количеству слов (при p=0,05 $U_{кр}=301>U_{эмп}=231$, при p=0,01 $U_{кр}=258>U_{эмп}=231$) и по социальным словам (при p=0,05 $U_{кр}=301>U_{эмп}=201$, при p=0,01 $U_{кр}=258>U_{эмп}=201$). Причем различия наблюдаются на двух уровнях

значимости. Испытуемые стали более ориентированными на социум, готовыми следовать нормам и правилам, а также способными поддерживать самоуважение внутри референтных групп. Отмечается, что люди с сформированной социальной идентичностью, ориентированной на группу, характеризуются положительным самоотношением и уверенностью в себе даже в ситуациях, связанных с высоким уровнем психического напряжения [Gudzovskaya et al., 2023]. Вместе с этим, ощущение принадлежности к какой-либо группе, кого можно назвать «мы», способствует активизации творческой активности у людей, находящихся в коллективистских культурах [Ahmad N. At al., 2022]. Испытуемые, которые были сопричастны со своей группой, лучше справлялись с состоянием стресса, связанным с ситуацией социальной оценки, и рядом других исследований [A. Häusser et al., 2012]. Также в исследовании М.С. Мышкиной было показано, что присутствие или воображаемое влияние значимого другого существенно определяет, каким образом личность конструирует и проявляет собственную идентичность. Автор выделяет различия в зависимости от культурно-ценностной ориентации индивида. Так, у представителей с коллективистской направленностью значимый другой становится источником просоциальных установок: его влияние стимулирует поведение, направленное на согласие, сотрудничество и заботу о группе. В этом случае идентичность актуализируется через принадлежность и социальную поддержку [Myshkina, 2022].

Выводы. Таким образом, актуализированная групповая социальная идентичность выступает в роли мощного инструмента, способного оказывать положительное влияние на различные сферы человеческой активности. Вместе с этим эмпирические данные подтверждают, что прайминг может выступать фактором, активирующим социальную идентичность.

Literature

1. *Basjuk V.S., & Nikolaev A.A. Identification and identity: theoretical and methodological aspects // Yaroslavl Pedagogical Bulletin, 2024, no. 3 (138), 161-175. doi: 10.20323/1813-145X-2024-3-138-161*

2. *Gudzovskaya A.A., Dobrynina E.I., Myshkina M.S. Social Identity as a Context of Creativity in Situation of Frustration // Social Psychology and Society, 2023. Vol. 14, no. 2, 193–210. doi:10.17759/sps.2023140212*

3. *Ahmad N., Ullah, Z., AlDhaen E., Han H., Araya-Castillo L., & Ariza-Montes A. Fostering hotel-employee creativity through micro-level corporate social responsibility: a social identity theory perspective // Frontiers in psychology, 2022, no. 13, 1–12. doi: 10.3389/fpsyg.2022.853125*

4. *Häusser J. A., Kattenstroth M., van Dick R., & Mojzisch A. "We" are not stressed: Social identity in groups buffers neuroendocrine stress reactions // Journal of Experimental Social Psychology, 48(4), 973–977. doi: 10.1016/j.jesp.2012.02.020*

5. *Myshkina M.S. The Influence of the Significant Other on the Representation of Identity // July 2022 Bulletin of Udmurt University Series Philosophy Psychology Pedagogy 32(2):128-137. doi: 10.35634/2412-9550-2022-32-2-128-137*

Technical sciences

THE IMPACT OF THE TECHNOLOGICAL ADVANCES TO THE ACQUISITION OF HIGH-QUALITY MEDICAL IMAGES

Gulnar Aliyeva
Azerbaijan State University of Oil and Industry, Instrumentation engineering department, master
Sevinj Abdulllayeva
Azerbaijan State University of Oil and Industry, Instrumentation engineering department, candidate of technical sciences, docent
20 Azadlig Ave., AZ1010 Baku, Azerbaijan

YÜKSƏK KEYFİYYƏTLİ TİBBİ GÖRÜNTÜLƏRİN ALINMASINDA RƏQƏMSAL TEXNOLOGİYALARIN ROLU

Gülnar Əliyeva
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Cihaz mühəndisliyi kafedrası, magistr
Sevinc Abdullayeva
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Cihaz mühəndisliyi kafedrası, texnika elmləri namizədi, dosent
20 Azadlıq prospekti, AZ1010 Bakı, Azərbaycan

ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РАЗРАБОТОК НА КАЧЕСТВО МЕДИЦИНСКИХ ИЗОБРАЖЕНИЙ

Гульнар Алиева
Азербайджанский нефтяной и промышленный университет, кафедра инструментального машиностроения, магистрант
Севиндж Абдуллаева
Кафедра инструментального машиностроения, Азербайджанский нефтяной и промышленный университет, кандидат технических наук, доцент
Проспект Азадлыг, 20, AZ1010 Баку, Азербайджан

Abstract

High-quality screening instruments are becoming more and more important in modern clinical settings and therapeutic interventions. Greater volumes of dependable, quicker, and more affordable health care information can be captured thanks to computer-based innovations, particularly the advancement of artificial intelligence (AI), data processing, deep learning (ML), computer-assisted design (CAD), and the use of 3D and 4D image processing techniques. These advancements decrease interference and imperfections, improve imaging procedure accuracy, and enable more in-depth examination of diseased cells and tissues.

The computerization of healthcare procedures and the generation of preliminary results are further facilitated by technological developments in artificial intelligence, computed tomography (CT), magnetic resonance imaging (MRI), breast imaging, ultrasound, and X-ray machines. Deep learning techniques provide especially intriguing prospects in fields including organ performance assessment cardiovascular and neurological illness identification, and tumor identification. The importance of technical advancements in treatment for therapeutic reasons is covered in detail in this article, along with its benefits, present uses, and possible further improvements.

Advances in artificial intelligence (AI), MRI, CT, mammograms, ultrasound, and X-ray scans have also sped up the automation of medical processes and the production of preliminary findings. In domains like body function examination, neurological condition surveillance, cardiovascular evaluation, and tumor identification and confirmation, deep learning algorithms exhibit significant potential. For instance, AI-driven MRI processing can help in the early diagnosis of microtumors, and sophisticated ultrasound equipment can offer contemporaneous, extremely precise scans for prenatal exams.

Upcoming improvements are anticipated to incorporate portable medical equipment, cloud-based healthcare organizations, and operational mechanization. As a result, healthcare will keep evolving due to constant advances in technology, becoming more focused on patients, precise, and proactive.

Xülasə

Müasir səhiyyə göstəricilərində və terapevtik prosedurlarda yüksək keyfiyyətli görüntüləmə üsulları getdikcə daha çox əhəmiyyət kəsb edir. Daha dəqiq, daha sürətli və daha effektiv səhiyyə məlumatlarının toplanması kompüterləşdirilmiş innovasiyaların, xüsusən də süni intellektin (AI), maşın öyrənməsinin, dərin öyrənmənin, kompüter dəstəkli diaqnostikanın (CAD) inkişafı və 3D və 4D təsvir vasitələrinin istifadəsi sayəsində mümkün olur. Bu irəliləyişlər diaqnostik görüntü keyfiyyətini yaxşılaşdırır, səs-küyü və artefaktları azaldır və sağlam olmayan orqan və toxumaların hərtərəfli müayinəsinə imkan verir.

Süni intellektin istifadəsi, maqnit rezonans görüntüləmə (MRT), kompüter tomoqrafiyası (KT), mammoqrafiya, ultrasəs müayinəsi və rentgen sistemləri sahələrində texnoloji nailiyyətlər tibbi testlərin avtomatlaşdırılmasını və ilkin nəticələrin yaradılmasını asanlaşdırır. Xüsusilə dərin öyrənmə nəzəriyyələri, potensial şişlərin identifikasiyası, ürək və beyin xəstəliklərinin diaqnozu və orqan fəaliyyətinin qiymətləndirilməsi sahələrində yeni imkanlar təqdim edir.

Tibbi məqsədlər üçün klinikada texnoloji irəliləyişlərin funksiyası, onun faydaları, indiki istifadələri və potensial gələcək inkişafları bu məqalədə hərtərəfli araşdırılır.

Аннотация

Высококачественные методы визуализации приобретают всё большую значимость в современных медицинских учреждениях и терапевтических процедурах. Получение более точных, быстрых и эффективных медицинских данных стало возможным благодаря компьютерным инновациям, в частности, развитию искусственного интеллекта (ИИ), машинного обучения, глубокого обучения, систем автоматизированного проектирования (САПР) и использованию инструментов трёхмерной и четырёхмерной визуализации. Эти достижения повышают качество диагностических изображений, снижают уровень шума и артефактов и позволяют проводить комплексное обследование патологически измененных органов и тканей.

Технологические достижения в области искусственного интеллекта, магнитно-резонансной томографии (МРТ), компьютерной томографии (КТ), маммографии, ультразвуковой диагностики и рентгеновских систем способствуют автоматизации медицинских исследований и получению предварительных результатов. Теории глубокого обучения, в частности, открывают новые возможности в области выявления потенциальных опухолей, диагностики заболеваний сердца и головного мозга, а также оценки функции органов.

В данной статье подробно рассматриваются функции технологических достижений в медицинской практике, их преимущества, текущее применение и потенциальные перспективы развития.

Keywords: *Electronic technology, magnetic resonance imaging (MRI), computed tomography (CT), artificial intelligence (AI), and high-quality imaging for health care.*

Açar sözlər: *Yüksək keyfiyyətli tibbi görüntüləmə, rəqəmsal texnologiyalar, Maqnit Rezonans Tomoqrafiyası (MRT), Kompüter Tomoqrafiyası (KT), süni intellekt.*

Ключевые слова: *Высококачественная медицинская визуализация, цифровые технологии, магнитно-резонансная томография (МРТ), компьютерная томография (КТ), искусственный интеллект*

Introduction

Within the core duties of contemporary healthcare are precise diagnostics, the discovery of suitable therapeutic routes, and the distribution of efficacious medicines. In particular, accurate diagnostic methods are crucial for the identification of chronic illnesses and tumors. The area of healthcare has advanced significantly as a result of developments of electronic medical technology, which have improved therapeutic documentation's total significance, velocity, and accuracy of diagnosis.

In addition to increasing the accuracy of diagnostic results, the adoption of cutting-edge imaging methods also lessens medical burden, decreases errors caused by humans, and allows sufferers access to the quality medical treatment they need. Innovative technologies like artificial intelligence (AI), machine learning (ML), and deep learning (DL), which all speed up and improve the precision of diagnostics, have made automated visual evaluations conceivable. Additionally, cloud-based healthcare imaging

applications, computer-aided diagnostics (CAD), and 3D and 4D visualization solutions assist physicians make more knowledgeable and solidly supported recommendations [1].

The advantages of contemporary computational technology for the provision of medical treatments are thoroughly examined in this essay, along with the possibility for further advancement. It underscores the increasing importance of those instruments in modern healthcare operations and explores the impact of digital advancements on expert diagnoses and treatment procedures. The study also highlights how these advancements can help with preliminary identification, individualized therapy strategy, and ongoing clinical surveillance, all of which potentially revolutionize managing patients.

These advancements not only improve medical diagnostics but also make a substantial contribution to individualized treatments. Large amounts of personal information can be analyzed by AI-driven forecasting algorithms to find particular risk variables, estimate the course of an illness, and suggest customized interventions. In the end, this degree of customization improves the health of patients and lowers the possibility of negative consequences by enabling doctors to switch from conventional, generalized therapy techniques to more focused treatment. Digital methods for diagnosis will become more crucial in assisting physicians in making decisions as precision nursing develops.

The accuracy of clinical results in modern healthcare organizations is complemented by a growing focus on the safe gathering, storing, and use of patient information. By providing doctors with precise, up-to-date information on a patient's status, the combination of electronic health records (EHRs) has substantially enhanced the integration of medical activities. A more methodical and reliable clinical strategy is made possible by these integrated information surroundings, which merge diagnostic pictures with laboratory markers, medical information, and decision-assisting tools.

In addition to increasing imaging modalities' precision, the development of digital networks adds an additional subjective aspect to the interpretation of medical information. Specialists may now evaluate the population-wide prevalence of illnesses, find minor associations among patient categories, and detect epidemiological risk variables early on thanks to vast analytics of information and powerful computing [1,2]. This helps healthcare organizations allocate resources more effectively, implement preventive measures more effectively, and control intake of patients more effectively.

Simultaneously, telemedicine and distant imaging techniques are creating new avenues for worldwide medical treatment. Continuous image comprehension, cloud-based assessments, and high-quality transmitted pictures lessen territorial inequities and give patients in remote locations the benefit of professional treatment. Doctors may monitor patients' statuses continually, identify significant shifts early on, and decide on immediate interventions with the help of these digital technologies.

In addition to helping to standardize diagnostic operations and lower perceptual disparities, enormous imaging collections are utilized for developing AI-based technologies. AI-powered tools let radiologists identify tiny anatomical anomalies, measure tumor growth accurately, distinguish between distinct tissue properties, and instantly indicate problematic areas. These solutions free up healthcare workers to concentrate more on complicated choice-making and interacting with patients by lowering their manual effort.

Significance

In order to improve analytical precision and guarantee the preliminary identification of illnesses, the advancement of diagnostic imaging techniques is crucial in the present era. For the prompt detection of neurological, cardiovascular, and oncological disorders in specific cases, there is an increasing need for accurate and superior imaging methodologies. Doctors can make judgments more quickly and effectively thanks to the use of technological advances and artificial intelligence into clinical imaging. Additionally, improvements like computerized image processing, computer-aided diagnostics (CAD), and 3D and 4D radiography have greatly raised the bar for healthcare. It is anticipated that these technologies will keep going to develop in the coming years, resulting in significant changes to the medical sector.

Furthermore, the ongoing development of medical inspection technologies increases the protection of patients and curative results in addition to increasing the precision of clinical evaluations. These technologies enable healthcare workers to identify minor disease variations that could otherwise go undetected in traditional tests by giving comprehensive and high-resolution pictures. As a result, medical professionals are better equipped to track the course of the illness, customize treatment regimens, and carry out immediate measures. The continuous incorporation of sophisticated algorithms and artificial intelligence into testing processes guarantees that patients experience the best possible service and helps decisions based on scientific evidence.

Research Objective

This study's main goals are to examine the function of electronic equipment in medical diagnostics, assess their quantitative effectiveness, and pinpoint the advantages of contemporary developments. The study will also investigate how artificial intelligence might improve the precision and quality of healthcare imaging when combined with the latest technological advances. These important advancements' prospects in the upcoming years are also covered, with an emphasis on how they might enhance treatments for patients and testing techniques.

1. Development of Medical Imaging Technologies

When X-rays were discovered in the early 19th century, the profession of health imaging started to take shape. The use of computing devices greatly increased the range and effectiveness of these innovations beginning in the middle of the 20th century. Those that follow are the main imaging techniques now in use:

X-Ray: A form of ionizing radiation is used in radiography (X-ray) to provide an illustration of the human body's fundamental architecture.

Computed Tomography (CT): Comprehensive cross-sectional pictures of a human being at different layers are created by merging X-rays with machine processing.

Magnetic Resonance Imaging (MRI): This method precisely visualizes the anatomy and operation of soft tissues by using radio waves and high fields of magnets.

Ultrasound Imaging (US): Acoustic waves are utilized to track the circulation of organs and tissues in continuous time.

Positron Emission Tomography (PET): This technique uses radioactive materials to analyze the human body's metabolic processes and diagnose disorders beforehand.

These forms of imaging (Figure 1) are essential for rapid illness diagnosis and serve as the cornerstone of contemporary diagnostics in medicine. They help professionals make intelligent choices about how to treat patients, track the course of diseases, and develop successful therapies by offering precise and comprehensive representations [3].

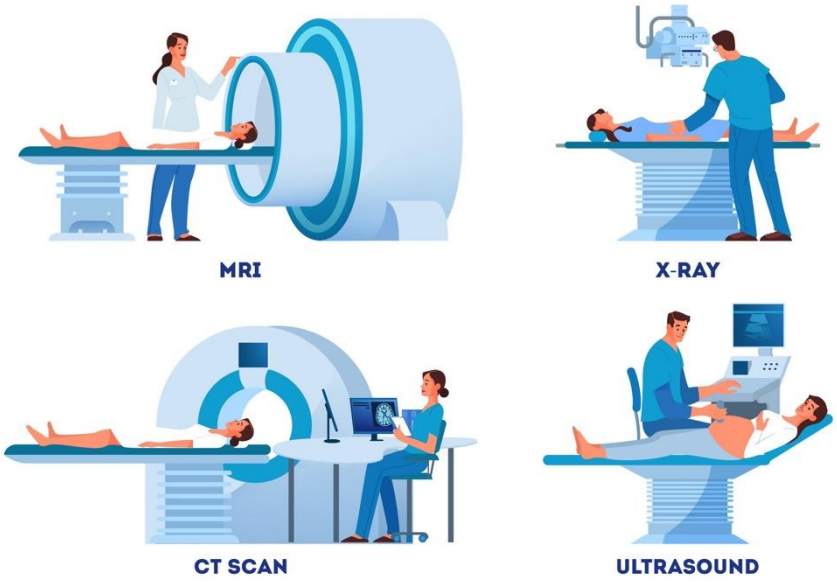


Figure 1. Medical imaging technologies

2. The Impact of Digital Technology on Medical Imaging

The use of computerized technology in healthcare imaging has greatly improved the systems' accuracy and usability in the last few years. This effect can be seen in several important fields:

Enhancements in Image Resolution: Medical scans can be captured with more accuracy, sharpness, and comprehensiveness thanks to modern digitized sensors and AI-based approaches to processing. For instance, photon-counting technology and extremely accurate flat-panel readers improve the quality of the image, resulting in more clinically useful images. Simultaneously, artificial intelligence methods dynamically enhance clarity, adjust the photos, and establish ideal circumstances for research [4,5].

Furthermore, digital enhancements and sophisticated algorithms for processing improve contrast, lessen noise in the picture, and make it easier to identify alterations connected to illness. Adjustable improvement of contrast and multiple-stage filtration approaches are crucial for differentiating diseased tissues from other types of tissue and improving clinical precision.

Artificial intelligence (AI) and Machine Learning (ML): Automated medical picture evaluation and diagnostics are greatly aided by artificial intelligence (AI)-related solutions. Clinicians' workloads can be decreased by integrating these tools with different imaging techniques to identify even the smallest fundamental alterations in sensory information. AI-based analytic tools are particularly useful for detecting cancers, vascular obstructions, hemorrhagic locations among other diseases [5].

In order to identify particular diseases or clinical situations, machine learning techniques build their predictions on a large number of medical data. As a result, these techniques autonomously assess newly received photos according to past performance and produce suitable outcomes. This procedure reduces the possibility of mistakes while also expediting medical tests.

There are particularly noteworthy benefits to using AI in oncological diagnoses. Clinicians may occasionally only notice alterations at the cellular level when a medical condition is in its initial stages, but AI systems are able to recognize these subtle modifications more rapidly and precisely, promptly notifying doctors. This makes it possible to identify the illness promptly and create more potent therapeutic strategies [6,7].

Cloud Technologies and Telemedicine: Medical picture analysis, transmission, and archiving have all significantly improved because to cloud-based solutions. Digitized medical image placement in the context of clouds speeds up and improves the efficiency of the diagnosis procedure. Regardless of location, experts may instantly view photos thanks to these solutions. This makes it easier for doctors and recipients to communicate, and it makes cloud-stored records accessible from anywhere at any moment. Real-time medical image processing is made possible by cloud-based applications, which is crucial in urgent scenarios. The ability to see photos on a variety of gadgets, including tablets and smartphones, allows doctors to make decisions more quickly and easily [8].

Patients who live far away can receive medical care thanks to telemedicine solutions (Figure 2).

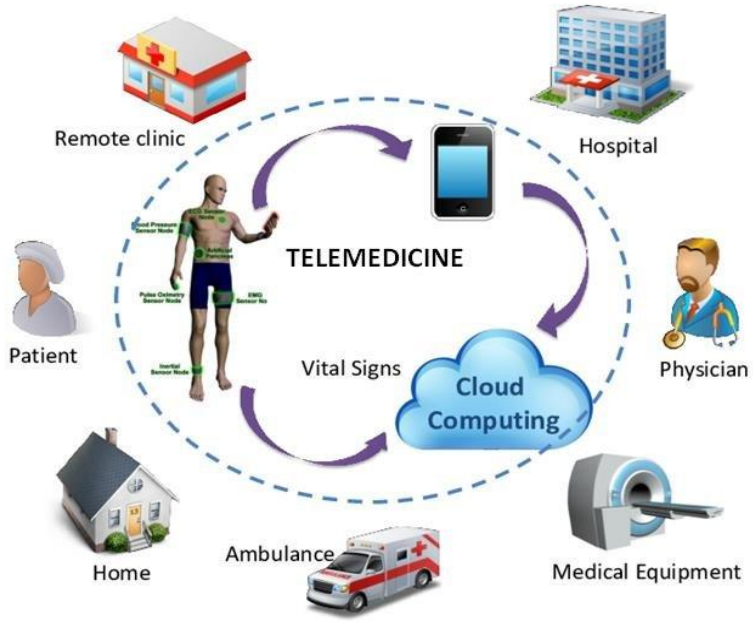


Figure 2. Telemedicine

Patients can get instant professional advice and remotely transmit clinical photos. This eliminates the need to see a medical professional in person in order to receive diagnoses and curative suggestions. Telemedicine makes it possible to provide superior healthcare, especially in distant locations with few healthcare facilities. This strategy increases patients' likelihood of receiving high-quality service and guarantees better accessibility to medical treatments [9].

3. Benefits of Digital Medical Imaging Systems

There are many advantages of using digital medical imaging techniques:

Increased precision and accuracy: Digital methods make it possible to identify minor pathogenic alterations more quickly. This makes it possible to accurately diagnose illnesses even in the beginning stages and makes it easier to create more successful intervention strategies.

Fast examination and transmission: Clinicians can receive medical photos instantaneously in digital version. This is especially crucial in emergency scenarios, enabling doctors to decide on a subject's health more quickly and guaranteeing prompt medical attention [10].

Reduced radiation level: When compared to conventional analog procedures, patients are exposed to much less radiation thanks to contemporary digital technology and gadgets. This reduces possible prolonged health hazards and makes the treatments more secure for patients.

4. Challenges and Future Perspectives in Medical Imaging

Several obstacles accompany the growth of digital imaging for healthcare techniques:

High prices and practical challenges: It takes a lot of money to buy new gadgets and keep them operating continuously.

Data preservation: To guarantee the confidentiality of personal information of patients, improved cybersecurity measures are crucial.

Need for ongoing training: Healthcare employees must take part in frequent professional education and training courses in order to fully profit from contemporary advancements [11,12].

5. Problems and Solutions

While there are many benefits to using digital healthcare imaging devices, there are also some issues. These challenges lower the overall effectiveness of medical procedures and prevent the technology from reaching its maximum efficiency. The primary issues are listed below, along with a detailed explanation of potential fixes.

High price and availability problems:

Problem: A significant financial contribution is needed for the establishment of modern medical imaging equipment and the creation of a suitable storage infrastructure. The adoption of these advancements restricts appropriate utilization of medical treatment and places a heavy financial burden on underdeveloped nations [12].

Solution: Deployment of cloud-based technologies and financial assistance from the public and commercial sectors can help lower upfront expenses. Additionally, a variety of worldwide funding initiatives and campaigns should be used to promote the adoption of these advancements, particularly in healthcare institutions with low resources.

Confidentiality and information security issues:

Problem: Medical records stored in cloud-based platforms is susceptible to information leaks and cyberattacks. This could result in privacy concerns for patients' violations and seriously harm healthcare organizations' overall reputations.

Solution: Strengthening IT security methods needs to be improved. Robust techniques should be used to encode information, it should be safeguarded in cloud environments, and frequent inspections of safety should be carried out. Adequate laws protecting patient confidentiality should also be strengthened.

Enhancing knowledge level and training technicians:

Problem: Healthcare professionals need to have certain abilities and extra understanding in order to properly employ digital medical equipment. Certain professionals could find it challenging to adjust to newly introduced technology systems, which could result in faulty choices.

Solution: To improve workers' abilities and knowledge, ongoing development initiatives and globally accepted accreditation systems should be put in place [13]. These courses will give experts a thorough understanding of technical advancements and their real-world uses.

Network and systems integration difficulties:

Problem: The current healthcare facilities may not be fully compatible with digital clinical imaging devices, which could cause interruptions in day-to-day procedures.

Solution: It is necessary for implementing novel systems in a way that is suitable with the state of technology. To guarantee the reliable function of technological advancements, healthcare institutions must set up contemporary facilities such as a reliable power source and a robust broadband connection. The reliable and smooth operation of computer networks will be supported by this strategy.

Conclusion

The use of digital technology in medical scanning has significantly improved accuracy in diagnosis and made it possible to identify a variety of illnesses ahead of time. The rapidity, utility, and logical complexity of analyzing pictures have been greatly enhanced by contemporary breakthroughs including artificial intelligence, 3D (three-dimensional) visualization, and cloud-based applications. These developments facilitate the creation of more accurate and customized treatment plans in addition to streamlining the medical assessment process.

Furthermore, for these advancements to be used effectively and sustainably, healthcare facilities must be continuously updated, and skilled staff must continue to get professional improvement and training. To maximize the medical advantages of digital imaging equipments, technicians must have the

most recent professional and analytical capabilities. Healthcare organizations can only completely and consistently take advantage of the advancements made in medical imaging by putting these strategies into practice, which will enhance patient care and test results.

The growing use of computerized imaging technology in medical facilities emphasizes how crucial interdisciplinary cooperation is to contemporary diagnosis. For highly intelligent imaging systems to reach their full capability, radiologists, technicians, computer scientists, and doctors must collaborate. In addition to improving diagnostic effectiveness, this kind of cooperation speeds up the creation of novel approaches that have the potential to revolutionize the medical profession.

Establishing legal and moral regulations that ensure patient confidentiality, data security, and the secure implementation of AI-driven systems are additionally crucial. Establishing stringent requirements for security and transparency becomes essential as the amount of digital clinical information keeps growing. Digital imaging techniques function dependably and impartially when secure data platforms are put in place and algorithmic function is routinely evaluated. This eventually builds both patient and doctor confidence.

When considered collectively, these advancements show that digital revolution in medical image processing represents an important change in healthcare delivery rather than just a breakthrough in technology. Digital imaging technologies will continue to be essential to the evolution of healthcare with sustained growth, proper education, and a dedication to ethical standards—supporting more accurate assessments, more successful therapies, and subsequently, superior care for patients.

References

1. Aydın, Z., & Çetin, D. (2018). An Investigation of the Role of Artificial Intelligence in Medical Imaging Technologies. International Journal of Biomedical Engineering, 23(1), 56–64.

2. Choi, J., & Park, S. (2017). Medical Image Archiving and Retrieval: Systems and Methods. Health Information Science and Systems, 5(1), 40–49.

3. Harrison, P., & Williams, G. (2022). Challenges in the Integration of Medical Imaging with Cloud Computing Systems. Journal of Healthcare Engineering, 10(1), 78–85.

4. Kumar, R., & Sharma, M. (2021). The Role of 3D and 4D Imaging in Surgical Planning and Prenatal Diagnosis. Medical Imaging & Surgery, 15(2), 112–118.

5. Lee, R., & Hwang, Y. (2020). Future Prospects of AI and Cloud Computing in Healthcare. International Journal of Health Information Management, 18(2), 99–106.

6. Patel, S., & Wang, J. (2018). Data Privacy in Medical Image Storage Systems: Challenges and Solutions. Journal of Medical Systems, 42(8), 140–147.

7. Smith, J., & Lee, K. (2020). Advances in Digital Medical Imaging: A Review of Technologies and Applications. Journal of Medical Imaging, 12(3), 145–158.

8. Yılmaz, B., & Öztürk, E. (2019). Cloud Computing in Healthcare: Opportunities and Challenges. Healthcare Technology Letters, 6(4), 132–139.

9. Zhang, X., & Liu, H. (2021). A Survey on the Application of Artificial Intelligence in Medical Imaging. Journal of Digital Imaging, 34(5), 912–926.

10. Bashshur, R., Shannon, G., Krupinski, E., & Grigsby, J. (2016). Sustaining and Realizing the Promise of Telemedicine. Telemedicine and e-Health, 22(5), 373–378.

11. Dorsey, E. R., & Topol, E. J. (2020). Telemedicine 2020 and the Next Decade. The Lancet, 395(10227), 859–860.

12. Keesara, S., Jonas, A., & Schulman, K. (2020). Covid-19 and Health Care's Digital Revolution: A Pandemic-Driven Shift to Telemedicine. New England Journal of Medicine, 382(23), e82.

13. Scott, R. E., & Mars, M. (2015). Telemedicine: A Need for Ethical and Legal Guidelines. Journal of Telemedicine and Telecare, 21(1), 1–3.

THE ROLE OF ARTIFICIAL INTELLIGENCE IN MODERNIZING DELAYED COKING PROCESSES

Kishubaeva Altynai Tulparovna
Senior Lecturer, Department of Systems Analysis and Management,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan
Kanatbek Berik,
Muratuly Alimzhan
Students of the Faculty of Information Technology,
L.N. Gumilyov Eurasian National University, Astana, Kazakhstan

ЖАСАНДЫ ИНТЕЛЛЕКТТІҢ БАЯУ КОКСТЕУ ҮДЕРІСТЕРІН ЖАҢҒЫРТУДАҒЫ РӨЛІ

Кишубаева Алтынай Түлпаровна
Аға оқытушы, Жүйелік талдау және басқару кафедрасы,
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университет, Астана, Қазақстан
Қанатбек Берік
Мұратұлы Алимжан
Л.Н. Гумилев атындағы Еуразиялық ұлттық университетінің Ақпараттық технологиялар факультетінің студенттері, Астана, Қазақстан

РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА В РАМКАХ МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОЦЕССОВ ЗАМЕДЛЕННОГО КОКСОВАНИЯ

Кишубаева Алтынай Тулпаровна
Старший преподаватель кафедры системного анализа и управления,
Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан
Канатбек Берик,
Муратулы Алимжан
Студенты факультета информационных технологии, Евразийский национальный университет им. Л.Н. Гумилева, Астана, Казахстан

Abstract

The article examines the role of artificial intelligence in modernizing delayed coking processes at Kazakhstan's oil refineries. It demonstrates that the application of AI improves the efficiency of units, reduces energy consumption and emissions, enhances the quality of petroleum coke, and extends equipment lifespan. Particular attention is given to digital twins, predictive maintenance, and intelligent control systems, which ensure adaptability to changes in feedstock properties and operating conditions. Examples of successful AI implementation in global practice (Chevron, Pan American Energy, Imubit) are provided, and prospects for their application within the framework of the "Digital Kazakhstan" program are outlined. It is concluded that the integration of AI into the petrochemical industry is a key factor in increasing competitiveness and achieving sustainable development.

Аңдатпа

Мақалада Қазақстандағы мұнай өңдеу зауыттарындағы баяу кокстеу үдерістерін жаңғыртудағы жасанды интеллекттің рөлі қарастырылады. ЖИ қолдану қондырғылардың жұмыс тиімділігін арттыруға, энергия тұтыну мен шығарындыларды азайтуға, мұнай коксының сапасын жақсартуға және жабдықтың қызмет ету мерзімін ұзартуға мүмкіндік беретіні көрсетілген. Ерекше назар цифрлық егіздерге, болжамды қызмет көрсетуге және интеллектуалды басқару жүйелеріне аударылған, олар шикізат қасиеттері мен пайдалану жағдайларының өзгеруіне бейімделуді қамтамасыз етеді. Әлемдік тәжірибеде (Chevron, Pan American Energy, Imubit) ЖИ технологияларын табысты енгізу мысалдары келтірілген және олардың «Цифрлық Қазақстан» бағдарламасы аясында қолдану перспективалары айқындалған. Мұнай-химия саласына ЖИ интеграциясы бәсекеге қабілеттілікті арттырудың және тұрақты дамудың негізгі факторы екендігі тұжырымдалады.

Аннотация

В статье рассматривается роль искусственного интеллекта в модернизации процессов замедленного коксования на нефтеперерабатывающих заводах Казахстана. Показано, что применение ИИ позволяет повысить эффективность работы установок, снизить

энергопотребление и выбросы, улучшить качество нефтяного кокса и продлить срок службы оборудования. Особое внимание уделено цифровым двойникам, предиктивному обслуживанию и интеллектуальным системам управления, которые обеспечивают адаптивность к изменению свойств сырья и условий эксплуатации. Приведены примеры успешного внедрения технологий ИИ в мировой практике (Chevron, Pan American Energy, Imubit) и обозначены перспективы их применения в рамках программы «Цифровой Казахстан». Делается вывод, что интеграция ИИ в нефтехимическую отрасль является ключевым фактором повышения конкурентоспособности и устойчивого развития.

Keywords: *artificial intelligence, oil refinery, delayed coking unit, internet of things, distributed control systems, machine learning, key performance indicators, reinforcement learning*

Түйінді сөздер: *жасанды интеллект, мұнай өңдеу зауыты, баяу кокстеу қондырғысы, заттар интернеті, таратылған басқару жүйелері, машиналық оқыту, негізгі тиімділік көрсеткіштері, нығайтылған оқыту*

Ключевые слова: *искусственный интеллект, нефтеперерабатывающий завод, установка замедленного коксования, интернет вещей, распределенные системы управления, машинное обучение, ключевые показатели эффективности, обучение с подкреплением*

Введение.

В Послании Президента Казахстана 2025 года особое внимание было уделено на цифровую трансформацию и широкое внедрение искусственного интеллекта во все основные отрасли экономики, включая нефтегазовый сектор. Это стратегическое направление не только отражает глобальные тенденции, но и создает прочную основу для масштабных инвестиций в интеллектуальные нефтеперерабатывающие заводы (НПЗ), способные приспособиться к вызовам времени. В рамках государственной программы «Цифровой Казахстан» [1], а также путем нескольких смежных инициатив, правительство активно поддерживает внедрение передовых технологий от машинного обучения и цифровых двойников до автоматизированных систем управления в процессах нефтехимического производства. Такая трансформация позволит достичь новых горизонтов для повышения технологической надежности и экологической эффективности отрасли, создавая основу для формирования цифровой экосистемы нефтепереработки, способной работать в условиях неопределенности и быстро реагировать на изменения глобального рынка.

Одним из ключевых направлений модернизации является внедрение ИИ в процессы замедленного коксования, энергоемкой и строго регулируемой технологии, обеспечивающей производство углеродсодержащего твердого топлива из тяжелых остатков нефтепереработки. Чтобы сократить расходы, повысить выработку продукции и достичь экологических целей, отечественные НПЗ проводят модернизацию, реконструкции и плановые ремонтные работы. Внедрение интеллектуальных систем управления, основанных на алгоритмах ИИ, моделировании и оптимизации, способно значительно повысить эффективность работы установок, улучшить качество нефтяного кокса и сократить вредное воздействие на окружающую среду.

Материалы и методы.

Нефтяной кокс - это твёрдый, углеродсодержащий побочный продукт замедленного коксования, образующийся при нагревании и термическом крекинге тяжелых остатков перегонки нефти при высокой температуре и низком давлении [2].

Нефтяной кокс подразделяется на несколько типов в зависимости от структуры и качества: губчатый, игольчатый, шаровый и пористый. Каждый из них имеет свои особенности применения. Например, губчатый кокс используется в энергетике и цементной промышленности, игольчатый - в производстве графитированных электродов для алюминиевой и сталелитейной отрасли, а шаровый кокс чаще применяется как топливо. Качество кокса определяется содержанием серы, летучих веществ и структурной упорядоченностью, что напрямую зависит от состава исходного сырья и режима коксования.

Важным этапом дальнейшей переработки является кальцинирование нефтяного кокса, то есть его термическая обработка при температуре около 1200-1350 °C в специальных печах. Этот процесс удаляет летучие вещества, снижает содержание влаги и повышает прочность материала, превращая его в высокочистый продукт, пригодный для производства анодов в алюминиевой промышленности и других высокотехнологичных применений. Кальцинированный кокс отличается высокой плотностью, низким содержанием примесей и стабильными

электрическими свойствами, что делает его стратегически важным материалом для металлургии и энергетики.

Замедленное коксование обычно дает от 10 до 30% нефтяного кокса (по объёму) из одного барреля нефти [3]; при этом более тяжелая, высокосернистая нефть даёт больше кокса. Ключевые этапы процесса включают предварительный нагрев тяжелого сырья, термический крекинг в коксовых барабанах или печах, осаждение углерода в результате термохимических реакций и последующее охлаждение/гашение кокса. Твердый нефтяной кокс затем удаляется из оборудования для дальнейшей переработки, включая кальцинирование, с целью получения высокочистых сортов, применяемых в специализированных технологических процессах.

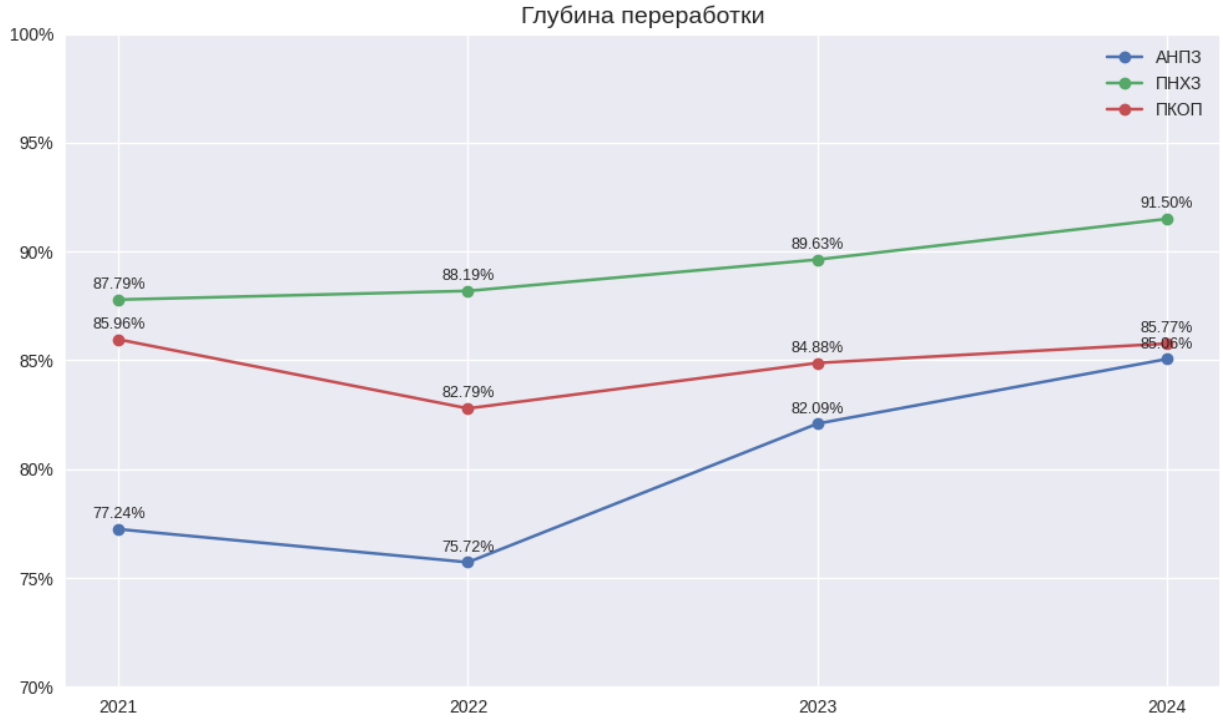
Получаемый нефтяной кокс широко используется в различных отраслях промышленности, таких как цементная, энергетическая, алюминиевая и металлургическая, благодаря своей высокой теплотворной способности и химической стойкости. Однако он также рассматривается как побочный продукт нефтепереработки, требующий грамотного управления. Эффективное регулирование его производства, контроль качества и сокращение образования отходов имеют важное экономическое и экологическое значение, особенно в условиях ужесточения природоохранных норм и перехода к устойчивым технологиям.

Современные подходы к управлению установкой замедленного коксования всё чаще включают элементы цифрового моделирования, предиктивной аналитики и автоматизированного мониторинга. Использование ИИ позволяет прогнозировать выход кокса в зависимости от состава сырья, оптимизировать режимы нагрева и крекинга, а также своевременно выявлять отклонения, влияющие на качество продукции. Это способствует не только повышению рентабельности производства, но и снижению техногенной нагрузки на окружающую среду, что соответствует целям устойчивого развития и экологической модернизации нефтеперерабатывающих предприятий.

С 2005 по 2024 год объемы переработки углеводородного сырья в Казахстане выросли почти в четыре раза, с 3514 до 14246 тыс. тонн [4], что свидетельствует о значительном расширении производственного потенциала и устойчивой тенденции роста в нефтехимической отрасли. Однако в 2021-2024 годах динамика замедлилась: объемы стабилизировались, что может указывать на достижение текущего предела производственных мощностей. Это обстоятельство подчеркивает необходимость перехода от количественного роста к качественной трансформации, включая внедрение цифровых решений, интеллектуальных систем управления и технологий искусственного интеллекта.

Казахстанские нефтеперерабатывающие заводы: АНПЗ (Атырау), ПНХЗ (Павлодар) и ГНХЗ (Шымкент), в последние годы прошли этапы масштабной модернизации, что позволило значительно повысить их технологическую эффективность и глубину переработки. Совокупный объем переработки углеводородного сырья на этих предприятиях стабилизировался на уровне около 14 млн тонн в год, при средней глубине переработки, достигающей 87% [4]. Такой показатель свидетельствует о высоком уровне извлечения ценных компонентов из сырья и

минимизации остаточных фракций, что соответствует международным стандартам комплексной переработки.



Заводы по производству нефтяного кокса потребляют значительные объемы топлива, преимущественно природного газа и мазута, для обогрева печей, обеспечивающих термический крекинг тяжелых нефтяных остатков. Даже незначительное повышение энергоэффективности технологического цикла способно привести к ощутимой экономии ресурсов. Например, оптимизация режимов нагрева и управления горением может снизить расход газа на 15–20% на каждую тонну произведенного кокса [5], что особенно важно в условиях роста цен на энергоносители и ужесточения экологических требований.

Коксовые барабаны и сопутствующее оборудование работают в условиях экстремальных циклических нагрузок, включая резкие перепады температур, давление и механические воздействия. Износ этих компонентов напрямую влияет на надежность и непрерывность производственного процесса. Замена одного барабана может обходиться предприятию в сумму порядка 20-40 миллионов долларов [6], а незапланированные простои приводят к существенным потерям производительности и финансовым издержкам. Внедрение интеллектуальных систем технического обслуживания на базе ИИ позволяет прогнозировать износ, оптимизировать графики ремонтов и продлить срок службы активов, минимизируя риски аварийных остановок.

Дополнительную сложность представляет вариативность состава сырья: содержание серы, металлов, тяжелых масел, что влияет на термохимические характеристики процесса и свойства получаемого кокса. Без применения современных аналитических моделей операторы вынуждены использовать консервативные настройки, что снижает выход и качество продукции.Современные алгоритмы искусственного интеллекта позволяют выявлять сложные взаимосвязи между составом сырья и конечными свойствами кокса. Это помогает удерживать качество продукции на стабильном уровне, включая чистоту прокалённого кокса, даже если параметры подачи изменяются.

Коксовые установки относятся к источникам промышленных выбросов — CO_2, SO_2, NO_x и других веществ, строго регулируемых экологическими нормами. Точные интеллектуальные системы управления процессом горения дают возможность не только сократить расход топлива, но и уменьшить объёмы выбросов, прежде всего CO_2. Это помогает предприятиям двигаться в сторону экологически ответственного производства и соответствовать международным требованиям. Таким образом, цифровое обновление установок замедленного коксования с применением ИИ одновременно повышает энергоэффективность, стабилизирует качество кокса, продлевает ресурс оборудования и снижает воздействие на окружающую среду.

В действующих коксовых печах применяются распределённые системы управления (РСУ), контролирующие температуру, давление, расход и выход продукта. Их модернизация

средствами Интернета вещей и онлайн-анализаторов — например, датчиков серы, работающих в реальном времени — формирует качественную информационную базу для последующего применения ИИ.

Исторические архивы данных и защищённые сетевые решения связуют датчики с корпоративными системами аналитики. При этом внедрение ИИ нередко требует объединения разрозненных или устаревших систем. В одном из исследований отмечалось, что крупная печь для прокаливания кокса изначально не имела продвинутых функций регулирования, что подчёркивает необходимость технической подготовки оборудования перед запуском ИИ-проектов.

Опыт промышленности показывает, что инженеров-технологов нужно вовлекать в работу с первого этапа. Надёжные каналы передачи данных и квалифицированные специалисты — один из основных факторов успеха. Распространённый практический подход — начать с небольшого участка, например одной печи или барабана, доказать эффективность, а затем масштабировать проект.

Ещё до распространения искусственного интеллекта в отрасли использовали статистические методы, которые помогали выявлять неэффективности. Формирование системы ключевых показателей (KPI) и работа с качеством данных сегодня становятся основой для последующего внедрения ИИ и машинного обучения.

Процесс цифровизации коксовых печей выходит далеко за рамки установки отдельных датчиков. Это комплексная задача, включающая интеграцию старого и нового оборудования, создание устойчивой инфраструктуры связи, подготовку инженерных кадров и определение ясных целей эффективности. Только сочетание технологических решений и организационной готовности даёт долгосрочный эффект.

Модели машинного обучения и методы оптимизации позволяют изучить сложную динамику процесса коксования. Например, алгоритмы с обучением с подкреплением, используя исторические данные, могут «проигрывать» виртуальные сценарии, эквивалентные тысячам лет работы, чтобы определить оптимальные настройки печи. Такие ИИ-контроллеры автоматически корректируют подачу топлива, распределение воздуха и скорость вращения печи, удерживая температуру зоны горения (BZT) на целевом уровне и повышая производительность.

Практика подтверждает эффективность таких решений. В одном из проектов ИИ-контроллер стабилизировал BZT и обеспечил сокращение расхода топлива на 15–20% при одновременном увеличении выхода готового кокса. Модели мгновенно реагируют на колебания качества сырья и внешние условия — то, что недоступно традиционным ПИД-регуляторам.

Интеллектуальные системы управления учитывают ограничения по безопасности и оборудованию, а также помогают оптимизировать технологический процесс. Например, при резком увеличении содержания серы в сырье ИИ может рекомендовать временно уменьшить выход продукции, чтобы не выйти за рамки экологических нормативов. Такая гибкость особенно важна в условиях многопараметрической оптимизации, характерной для нефтеперерабатывающих производств.

Цифровые двойники, основанные на физических моделях, позволяют воспроизводить поведение реального оборудования. Так, компания Pan American Energy в Аргентине разработала структурные цифровые двойники двух камер коксования, куда в реальном времени поступают данные о температуре и давлении. Это даёт инженерам возможность определить, какие режимы создают максимальную нагрузку, и корректировать цикл коксования для продления ресурса оборудования.

Цифровой двойник показал, что менее 10% циклов ответственны за более чем 50% повреждений камер [7]. Благодаря этой наглядности операторы корректировали профили закалки и нагрева: например, скорость предварительного нагрева могла быть увеличена для повышения производительности только в тех случаях, когда это не приводило к чрезмерной нагрузке на камеру. Результатом стало принятие решений на основе данных: теперь завод мог компенсировать небольшое сокращение срока службы камеры увеличением суточной производительности или наоборот, исходя из стратегических приоритетов.

Следовательно, внедрение цифровых двойников позволяет превратить массивы данных датчиков в инструмент стратегического управления: они обеспечивают прозрачность состояния оборудования, выявляют критические режимы эксплуатации и формируют основу для проактивного технического обслуживания. Это не только снижает риски повреждений и незапланированных простоев, но и даёт возможность балансировать между производительностью и долговечностью активов в зависимости от приоритетов предприятия.

Оборудование на установках замедленного коксования включает мощные насосы, резаки, электродвигатели и другие агрегаты. Современные системы на базе ИИ позволяют анализировать сигналы от вибродатчиков, тепловых и акустических сенсоров, улавливая малейшие изменения в работе машин. Например, алгоритм может заранее заметить едва уловимое изменение вибрации у резака барабана — то, что указывает на возможную неисправность задолго до отказа.

На многих НПЗ уже активно применяют предиктивное обслуживание, основанное на цифровых двойниках. Особенно это важно для оборудования, связанного с производством кокса. Модели, обученные на многолетних данных о сбоях, подсказывают оптимальный момент для проверки барабана или механизма резки, что позволяет избежать незапланированных остановок. В ряде случаев нейросети даже прогнозируют термическую усталость различных элементов — от резервуаров до клапанов.

Отраслевые обзоры отмечают, что ИИ-подходы в части технического обслуживания всё чаще становятся частью стандартной практики на установках коксования. Благодаря интеграции данных от вибродатчиков, инфракрасных камер и других приборов операторы получают ранние сигналы о возможных проблемах и успевают включить нужные работы в плановый ремонт, снижая потери по выходу продукции.

Искусственный интеллект также помогает прогнозировать характеристики готового продукта. Качество кокса — его твёрдость, влажность, концентрация серы — ИИ оценивает в режиме реального времени на основе информации о сырье и условиях работы установки. Так, при увеличении содержания серы в подаваемом сырье модель может предложить корректировку температуры печи или внесение добавки, чтобы удержать продукт в пределах технических требований. Для анодного и топливного кокса стабильность качества принципиальна, и ИИ позволяет её поддерживать значительно точнее.

Для повышения безопасности и снижения выбросов на некоторых установках в реальном времени контролируют газовую среду — содержание CO, углеводородов и других компонентов. Методы машинного обучения помогают увязать эти данные с состоянием процесса, оптимизируя, например, цикл гашения или режим резки. Это уменьшает количество выбросов пыли и летучих веществ и способствует соблюдению экологических требований.

Поддержание технологических параметров на оптимальных уровнях напрямую сокращает расход топлива. Как показывают практические внедрения цифровых двойников, ИИ-системы управления позволяют заметно уменьшить энергопотребление. Снижение расхода топлива автоматически ведёт к уменьшению выбросов CO_2 и NO_x. Кроме того, учёные изучают сочетание ИИ с биосырьём и технологиями улавливания углерода, что открывает путь к более экологичному производству кокса и его интеграции в энергетику низкоуглеродного будущего.

Один из примеров — проект компании Imubit. Их замкнутый ИИ-контур управления вращающейся печью для обжига кокса основан на анализе огромного массива исторических данных. Модель выявляет сложные зависимости между подачей топлива, воздухом и откликом печи и затем выполняет масштабное моделирование для поиска оптимальных уставок. Реальное внедрение позволяет за несколько месяцев снизить затраты топлива на 15–20% и повысить выход готового продукта.

Другой показательный кейс — проект Pan American Energy в Аргентине. Цифровой двойник барабанов коксования, созданный на основе данных датчиков и моделей конечных элементов, помогает определить, какие циклы оказывают наибольшую нагрузку на оборудование. Это даёт возможность оптимизировать момент переключения барабанов, управлять режимами гашения и выравнивать производственные циклы.

Похожие решения внедряются и крупными международными компаниями. Chevron, Shell и другие заявляют о предиктивном обслуживании и оптимизации процессов как о ключевых направлениях применения ИИ. Многие НПЗ в Азии, на Ближнем Востоке и в Северной Америке работают совместно с технологическими фирмами, внедряя ИИ-платформы для мониторинга и управления в реальном времени.

Чтобы цифровой двойник заработал в реальной производственной среде, сначала выделяют наиболее проблемную область — это может быть один барабан или печь. На этом участке создают тестовую модель, используя текущие данные сенсоров. На первых шагах её проверяют автономно, не вмешиваясь в основной процесс. Такой пилот, при грамотной организации, можно реализовать за 6–12 месяцев.

К важным условиям относится качество данных: они должны быть корректно размечены, очищены и храниться в упорядоченном виде. На практике предприятия часто сталкиваются с несогласованными источниками или отсутствием тегов. Подготовка данных нередко занимает больше времени, чем само построение модели. Точность измерений ключевых параметров — давления, расхода, температур — критически влияет на работу цифрового двойника.

Нельзя обойтись и без участия специалистов: инженеры-технологи, операторы и персонал по обслуживанию должны быть вовлечены в настройку модели, поскольку именно они знают особенности оборудования и физические ограничения процесса. ИИ-система должна учитывать требования безопасности и реальные производственные параметры.

Модели необходимо регулярно обновлять — подстраивать под новые условия работы, смену сортов нефти или обновление оборудования. Периодические проверки качества работы алгоритма позволяют сохранять точность рекомендаций и избежать «деградации» модели.

Компании, которые уже внедрили подобные решения, часто сообщают о быстрой окупаемости — иногда всего за несколько месяцев — благодаря росту выхода продукции и сокращению расхода топлива. Снижение топливных затрат на 15–20% на тонну кокса приносит серьёзный экономический эффект и подтверждает целесообразность внедрения ИИ в процессы замедленного коксования.

При этом ИИ — не система, которую можно просто установить и забыть. Для успешного внедрения требуется развитая инфраструктура, обучение персонала и продуманное управление изменениями. Предприятиям необходимо заранее планировать обучение операторов и, при необходимости, привлечение специалистов по данным и ИИ.

В конечном счёте цифровые двойники становятся не просто инструментом моделирования, а основой для стратегической трансформации производства, где решения принимаются на основе данных, а эффективность и надёжность процессов выходят на новый уровень.

Результаты и обсуждение.

Во всём мире более строгие нормы выбросов и цели декарбонизации подталкивают нефтеперерабатывающие заводы к использованию ИИ для повышения эффективности. Сегодня в отрасли активно пробуют новые методы, включая совместную подачу биомассы и пластиковых отходов в печи коксования. Такие эксперименты требуют высокой стабильности процесса, поэтому всё чаще привлекаются инструменты искусственного интеллекта. Ожидается, что цифровые двойники постепенно охватят не только установки замедленного коксования, но и другие важные участки завода — например, комплексы по улавливанию углерода и системы общей оптимизации производственной цепочки.

В ближайшие годы специалисты прогнозируют дальнейшее усложнение и «углубление» ИИ-решений: появятся более чувствительные датчики, а нейросети глубокого обучения начнут выполнять задачи, которые раньше требовали участия оператора. Так, анализ изображения может стать основой для автоматической оценки качества нефтяного кокса или диагностики состояния бочек — достаточно видеопотока с камер. А связка ИИ с роботизированным оборудованием, включая автоматические резаки, способна в перспективе сформировать почти полностью автономный цикл коксования.

В научной и промышленной среде также есть заметное движение: создаются совместные исследовательские проекты, публикуются рекомендации, растёт количество профильных конференций и журналов, где обсуждают реальные примеры применения ИИ в переработке нефти. Можно ожидать, что через несколько лет появятся унифицированные платформы и более открытые данные, на основе которых будет проще оценивать эффективность цифровых решений.

Несмотря на то что наиболее продвинутые технологии всё ещё развиваются за пределами Казахстана, опыт таких компаний, как Chevron, Pan American Energy и Imubit, уже показывает конкретные результаты: сокращение энергозатрат, повышение выхода продукции и улучшение надёжности оборудования. Для отечественной отрасли эти примеры становятся важным ориентиром и подтверждают, что внедрение ИИ в процессы замедленного коксования может стать одним из ключевых факторов модернизации и технического прогресса.

Реализуются проекты, создающие основу для будущей цифровизации. Среди них - «Компьютерный тренажерный комплекс», позволяющий готовить операторов и инженеров в виртуальной среде, и «Система усовершенствованного управления технологическим процессом», направленная на модернизацию автоматизированных систем управления и интеграцию их с современными платформами мониторинга. Эти программы сами по себе не копируют зарубежные

технологии, однако создают в стране ту базу — и инфраструктурную, и кадровую, — без которой широкое использование ИИ в нефтехимии в будущем было бы невозможным.

Сегодня казахстанская нефтепереработка фактически подошла к моменту, когда точечные цифровые решения должны уступить место более глубокому, системному внедрению искусственного интеллекта. При этом опора идёт не только на международный опыт, уже доказавший свою эффективность, но и на собственные инициативы, формирующие национальную цифровую экосистему.

Применение ИИ в производстве нефтяного кокса — это не просто очередной модернизационный шаг, а важный этап, который может вывести отрасль на новый технологический уровень. Правильно выстроенные интеллектуальные решения позволяют увеличить производительность установок, поднять качество конечного продукта и снизить нагрузку на окружающую среду. Ориентация на мировой тренд цифровизации и учёт практик таких компаний, как Chevron или Pan American Energy, создают основу для устойчивой конкурентоспособности казахстанских НПЗ в долгосрочной перспективе.

Создание умной системы управления процессами замедленного коксования, основанной на методах искусственного интеллекта, математического моделирования, оптимизации и устойчивого управления в условиях неопределённости, даст возможность укрепить надежность технологических операций и станет фундаментом для дальнейшей автоматизации и цифрового развития отрасли.

Источники

1. *Токаев К.-Ж. Казахстан в эпоху искусственного интеллекта: актуальные задачи и их решения через цифровую трансформацию: Послание Главы государства народу Казахстана. – Акорда, 8 сент. 2025. – URL: https://www.akorda.kz/ru/poslanie-glavy-gosudarstva-kasym-zhomarta-tokaeva-narodu-kazahstana-kazahstan-v-epohu-iskusstvennogo-intellekta-aktualnye-zadachi-i-ih-resheniya-cherez-cifrovuyu-transformaciyu-885145*
2. *Грин Т. Inside the Kiln: Полное руководство по производству нефтяного кокса // ChemAnalyst News. – 11 июл. 2025. – URL: https://www.chemanalyst.com/NewsAndDeals/NewsDetails/inside-the-kiln-the-complete-guide-to-petcoke-production-37872*
3. *PetroKnowledge. Petroleum Coke Manufacturing and Markets. – Без даты. – URL: https://petroknowledge.com/petroleum-coke-manufacturing-and-markets*
4. *АО НК «КазМунайГаз». Отчетность для инвесторов. – 2007–2024. – URL: https://www.kmg.kz/ru/investors/reporting/*
5. *Buenemann A. The secret ingredient to process optimisation // Hydrocarbon Engineering. – Март 2025. – URL: https://imubit.com/wp-content/uploads/2025/04/Hydrocarbon-Engineering-March-2025-The-Secret-Ingredient-to-Process-Optimization.pdf*
6. *Akselos. Coker Solution Brief. – Июнь 2024. – URL: https://akselos.com/wp-content/uploads/2024/07/Coker-Solution-Brief-June-2024-1.pdf*
7. *Cueppa C. Digital Twins in Refining: Breaking Down the Coking Process // Chemical Processing. – 10 апр. 2023. – URL: https://www.chemicalprocessing.com/asset-management/digitalization-iiot/article/33002845/digital-twins-in-refining-breaking-down-the-coking-proces*
8. *Gao L.B., Jia M.D., Liu D.Q. Цифровой двойник процесса и его применение в нефтехимической промышленности // Journal of Software Engineering and Applications. – 2022. – Т. 15, № 8. – С. 308–324. – DOI: https://doi.org/10.4236/jsea.2022.158018*
9. *Modcon Systems. Применение искусственного интеллекта. – Без даты. – URL: https://modcon.ru/project/primenenie-iskusstvennogo-intellekt*
10. *Silva E. Petroleum Coke and Calcination. – ResearchGate. – 2025. – DOI: https://doi.org/10.13140/RG.2.2.21989.10727*

ALGORİTHMİC MODELİNG OF SURGİCAL DECİSİONS BASED ON FUNDUS DİAGNOSTİCS

Anaxanim Mutallimova
Azerbaijan State Oil and Industry University, Department of Instrument Engineering, Doctor of philosophy in technical sciences, Head teacher
Natavan Agayeva
Azerbaijan State Oil and Industry University, Department of Instrument Engineering, Master's Student.

GÖZ DİBİ DİAQNOSTİKASINA ƏSASLANAN CƏRRAHİ QƏRARLARIN ALQORİTMİK MODELLƏŞDİRİLMƏSİ

Anaxanım Mütəllimova
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Cihaz mühəndisliyi kafedrası, Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, baş müəllim.
Natavan Ağayeva
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti, Cihaz mühəndisliyi kafedrası, Magistr tələbəsi.

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ХИРУРГИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ НА ОСНОВЕ ДИАГНОСТИКИ ГЛАЗНОГО ДНА

Анаханим Муталлимова
Азербайджанский государственный нефтяной и промышленный университет, кафедра приборостроения, доктор технических наук.
Натаван Агаева
Азербайджанский государственный нефтяной и промышленный университет, кафедра приборостроения, магистрант.

Abstract

Fundus and retinal optical devices are essential tools in modern ophthalmology. The diagnosis and treatment of fundus pathologies require accurate and comprehensive imaging, in which these devices play an important role. Traditional methods of fundus examination, such as direct ophthalmoscopy, have certain limitations in terms of resolution and field of view. Advanced fundus and retinal imaging devices overcome these limitations and provide high-resolution images that enable early detection, more accurate diagnosis, and effective monitoring of retinal pathologies. However, in the modern era, advantages such as personalized operating algorithms, intelligent decision-making systems, and real-time monitoring can be achieved through imaging devices connected to artificial intelligence. This article analyzes the current status, future development directions, problems, and solutions of the surgical indication algorithm for fundus diagnostics.

Xülasə

Gözdibi və retinal optik aparatlar müasir oftalmologiyada vacib alətlərdir. Gözdibi patologiyalarının diaqnostikası və müalicəsi bu aparatların mühüm rol oynadığı dəqiq və hərtərəfli görüntüləmə tələb edir. Gözdibi müayinəsinin ənənəvi üsulları, məsələn, birbaşa oftalmoskopiya, qətnamə və görmə sahəsi baxımından müəyyən məhdudiyyətlərə malikdir. Qabaqcıl gözdibi və retinal görüntüləmə cihazları həmin məhdudiyyətləri aradan qaldıraraq, torlu qişa patologiyalarının erkən aşkarlanmasına, daha dəqiq diaqnostikasına və effektiv monitorinqinə şərait yaradan yüksək səviyyəli ayırdetmə təsvirləri təqdim edir. Lakin müasir dövrdə süni intellektlə əlaqələndirilən görüntüləmə cihazları vasitəsilə fərdiləşdirilmiş əməliyyat alqoritmləri, ağıllı qərar vermə sistemləri, real zamanda izlənmə kimi üstünlüklər əldə oluna bilər. Bu məqalədə gözdibi diaqnostikasına görə əməliyyata göstəriş alqoritminin cari vəziyyəti, gələcək inkişaf istiqamətləri, problemləri və həlli yolları təhlil olunmuşdur.

Аннотация

Оптические приборы для исследования глазного дна и сетчатки являются важнейшими инструментами современной офтальмологии. Диагностика и лечение патологий глазного дна требуют точной и комплексной визуализации, в которой эти приборы играют решающую роль.

Традиционные методы исследования глазного дна, такие как прямая офтальмоскопия, имеют определенные ограничения по разрешению и полю зрения. Современные устройства для визуализации глазного дна и сетчатки позволяют преодолеть эти ограничения и получать изображения высокого разрешения, которые позволяют проводить раннее выявление, более точную диагностику и эффективный мониторинг патологий сетчатки. Однако в современную эпоху такие преимущества, как персонализированные алгоритмы работы, интеллектуальные системы принятия решений и мониторинг в режиме реального времени, могут быть достигнуты с помощью устройств визуализации, связанных с искусственным интеллектом. В статье анализируется современное состояние, тенденции развития, проблемы и пути решения алгоритма определения показаний к хирургическому вмешательству при диагностике глазного дна.

Keywords: *artificial intelligence, ophthalmology, fundus disease, diagnostics.*
Açar sözlər: *süni intellekt, oftalmologiya, gözdibi xəstəliyi, diaqnostika.*
Ключевые слова: *искусственный интеллект, офтальмология, заболевания глазного дна, диагностика.*

Introduction

Big data accessibility and technical advancements are driving significant advancements in medical services. Fundus diagnostic is another area where this progress is apparent. The primary physical features of the retina, including the optic disc, macula, fovea, and blood vessels, are captured by fundus imaging, which is linked to the development, risk, and course of a number of systemic disorders. The fundus and the external eye can be seen simultaneously thanks to recent advancements in fundus imaging technology, and certain systems can record color, motion-based images that show the fundus's interior intricacies [4,5]. As a result, this offers dynamic and interactive evaluation of the eye's internal structures. The field's reliance on routine imaging information, which necessitates ongoing examination and interpretation for the control of retinal disorders, explains the increasing interest in artificial intelligence in retinal research. By improving diagnostic, prognostic, and control procedures, artificial intelligence has great potential to transform the field of ophthalmology. Smart diagnostic and therapeutic tools for fundus disorders are evolving quickly due to the development of research technology. The lack of qualified ophthalmologists makes it difficult to diagnose and cure some fundus disorders, even though this solves many of the current issues. More precise and easily accessible evaluation of fundus diseases is made possible by AI and machine learning-based fundus diagnostics, which also offer clinical advice for further actions like treatment or surgery. This aids physicians in the diagnosing procedure and helps avoid mistakes.

Relevance

In order to improve accuracy, expedite the diagnostic procedure, and facilitate early diagnosis, the Optomed Aurora AEYE fundus imaging equipment (fundus camera), manufactured in 2024, integrates artificial intelligence. Given how quickly artificial intelligence is developing in the present era, it is anticipated that the gadget will help doctors make wise decisions and offer patients individualized treatment plans. This in turn makes it possible to create completely customized treatment plans that take into account patient-specific factors and aid in the avoidance possible medical mistakes. Additionally, after fundus diagnostics, a surgical suggestion algorithm for diseased eyes can be created using deep learning.

Material and methods

The purpose of this work are to investigate the development of surgical algorithms based on fundus diagnosis, propose a modeled approach that integrates the algorithm into the clinical decision-making process, and provide solutions to current problems.

Among the primary eye conditions that cause vision loss globally are fundus-related disorders, such as diabetic retinopathy (DR). The primary techniques for correctly diagnosing these conditions are fundus image analysis and evaluation. Fundus illnesses can manifest in many stages, each of which requires a different course of treatment. At certain stages of the pathology, surgical techniques such as laser coagulation or vitrectomy may be necessary [2,8].

Nowadays, a doctor's practical expertise and visual analysis are the primary factors used to make medical decisions about diagnosis and operations, which frequently results in subjectivity and diversity in assessments. Additionally, doctors find it more difficult to make decisions quickly and accurately as the

number of patients rises. In this regard, the creation of decision-support systems that can impartially determine if surgery is necessary based on fundus status becomes essential.

The primary focus of earlier research techniques was on image processing and the automatic identification of disease phases.Netra.AI is a cloud-based tool for thorough retinal risk monitoring. Patients' fundus photos are taken with cameras, and the anonymised data is sent to a machine-learning system that takes datas through an API or online site. A collection of 1,533 separate photos was used to evaluate the model under the guidance of retinal professionals [1].

Additionally, Nethra AI offers advanced methods for vein segmentation and picture post-processing, giving doctors more profound understanding and supporting precise diagnosis. In order to automatically identify and report changes in apatient's condition, it also keeps records of every retinal scan. An extra tools like this guarantees improved disease development visualization and tracking (Fig. 1).

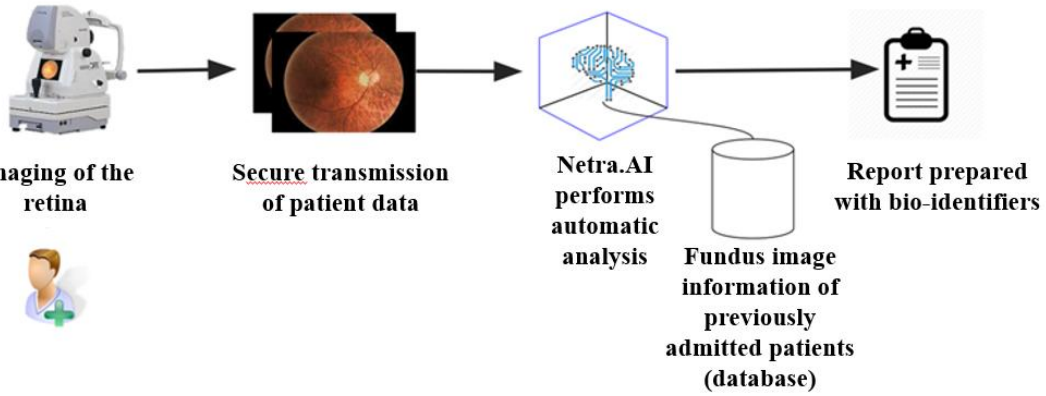


Figure 1. Diagnosis of fundus conditions through Netra AI

In certain situations, the lack of surgical indication algorithms may result in either postponed action or the use of unnecessary surgical procedures. Currently, there hasn't been enough research done on the creation of systems that facilitate clinical judgment and aid in the formulation of surgical judgments.

Problem solving

Based on diagnostic parameters of the fundus state, a machine learning-thorough decision algorithm was created and put into use in the MATLAB environment to assess if surgical intervention was required. In contrast to traditional modeling, this approach identifies trends in the provided data and can produce forecasts for future instances of a similar nature [6]. First, it is necessary to gather and label fundus photographs of different individuals together with their clinical evaluations, including hard exudates, microaneurysms, neovascularization and retinal hemorrhages. The algorithm is developed using experts decisions (ground truth) about the patient's indication for surgical procedure, which are verified based on this information.

Model creation involves the following steps:

Data collection and preparation - Fundus photographs and associated clinical markers are systematically reviewed and compiled. Unlabeled or irrelevant data are now cleaned.

Feature selection- Clinically important variables (e.g., degree of hemorrhage, presence of neovascularization, and visual acuity) are statistically examined to identify features with the best predictive value for surgical significance.

Selecting a suitable machine learning algorithm - A number of machine learning techniques are tested and trained to find the model with the best predictive performance, including Random Forest, Neural Networks, Logistic Regression, and Support Vector Machine. The Logistic Regression technique is used in this study.

Validation and assessment of models- A specific test set is used to evaluate the model. To evaluate its dependability, important performance measures including sensibility, specificity, and total accuracy are taken into account.

Model output- The finished model is offered in a format suitable for use in clinical settings. The system generates more than a straightforward binary judgment (surgical indication: yes/no) after acquiring user-entered information. The outcomes are given in comprehensive style, comprising:

Determining whether surgery is necessary- Outlining the main arguments for surgery (such as "severe retinal hemorrhage," "the existence of neovascularization," or " severely reduced visual acuity"); This information-driven method promotes systematic, evidence-based medical decision-making while decreasing the impact of judgment that is subjective. Additionally, the system makes it possible to process several cases in same time, which lessens the workload of medical personnel and lowers the possibility of clinical errors.

In this study, surgical indication algorithms were developed using the Logistic Regression machine learning model. The initial step is statistical analysis of the clinical parameters shown in Table 1.

***Table 1:** Statistical analysis of clinical parameters.*

ID	Neovascularization	Degree of vision	Bleeding Rate	Other Factor	Surgery Required
1	1	0,2	3	0	1
2	0	0,8	0	1	0
3	1	0,3	2	0	1
4	0	0,9	0	0	0
5	1	0,1	3	1	1
6	0	0,7	1	0	0
7	1	0,4	2	1	1
8	0	1	0	0	0
9	1	0,25	3	0	1
10	0	0,85	0	1	0

The statistical analysis in Table 1 was conducted based on the criteria in Table 2.

***Table 2:** Criteria table of clinical parameters.*

Neovascularization:	0= unexist, 1= exist
Degree of vision	Between 0-1 (0= too weak, 1= normal)
Bleeding Rate:	Between 0-3
Other factor (Additional clinical factor):	0 and 1
Surgery Required:	0= don't necessary, 1= surgery is needed

Based on the statistical analysis performed, a Logistic Regression machine learning model is trained. It should be noted that the model was developed in the MATLAB environment (Fig. 2).

```
function model = retina_train(filename)
    % Read CSV file
    opts = detectImportOptions(filename,'VariableNamingRule','preserve');
    data = readtable(filename, opts);

    % Input variables
    X = [data.Neovascularization, data.VisualAcuity, data.Bleeding, data.OtherFactor];

    % Output variable
    Y = data.SurgeryNeeded;

    % Logistic Regression model
    model = fitclinear(X, Y, 'Learner', 'logistic');

    disp('✅ Logistic Regression model trained successfully.');
end

```

***Figure 2:** Development of a Logistic Regression machine learning model in the MATLAB environment*

Since the model has been trained, it is now possible to determine whether an operation is indicated based on the clinical indicators of an arbitrary patient, the reason for the indication for surgery, the percentage of the indicator, and even visually display the indicator through a diagram. The algorithm for indicating surgery in the study was developed in the MATLAB environment (Fig. 3).

```
clc; clear; close all;

disp('Training model...');
model = retina_train('data.csv');

% New patient data example
patient.Neovascularization = 1;
patient.VisualAcuity = 0.25;
patient.Bleeding = 3;
patient.OtherFactor = 0;

% Get prediction
[recommendation, probability, reasons] = retina_predict(model, patient);

% Console results
fprintf('\n===== Result =====\n');
fprintf('Probability of surgery: %.2f%%\n', probability*100);
fprintf('Recommendation: %s\n', recommendation);

if ~isempty(reasons)
    fprintf('Main reasons:\n');
    for i = 1:length(reasons)
        fprintf('- %s\n', reasons{i});
    end
end
```

```
% Visual result
figure('Name','Patient Prediction');
bar(probability*100,'FaceColor',[0.2 0.6 0.8]);
ylim([0 100]);
ylabel('Probability of Surgery (%)');
title('Patient Prediction');
text(1, probability*100+3, sprintf('%.2f%%', probability*100), ...
    'HorizontalAlignment','center','FontSize',12);
```

Figure 3: Processing of the algorithm for the surgery indication and visual result in MATLAB

The results are obtained based on the developed algorithm. Here, the results are presented together with the main reasons (Fig. 4). Also, it is now possible to easily determine what % of indications for surgery are present using the diagram (Fig. 4). Since the algorithm is based on a large number of clinical parameters taken from the database, the results obtained are quite accurate and reliable.

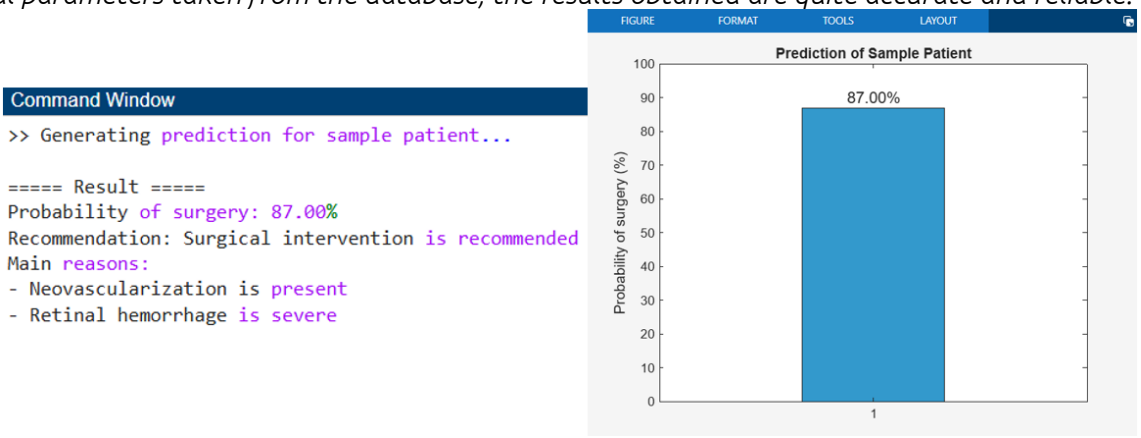


Figure 4: Result of the algorithm developed in MATLAB

Conclusion

In this article, a machine learning-driven decision-making algorithm is presented that analyzes diagnostic data related to the condition of the eye fundus and determines the need for surgical intervention. A simple but efficient logistic regression model is implemented in MATLAB, providing detailed results with user-explained justifications for each decision. The developed algorithm has the potential to support clinical decision-making and standardize ophthalmological diagnostics.

References

1. Abramoff M.D., Lavin P.T., Birch M., Shah N., Folk J.C. Pivotal trial of an autonomous AI-based diagnostic system for detection of diabetic retinopathy in primary care offices. NPJ Digital Medicine, 2018, s. 39.

2. American Academy of Ophthalmology. Diabetic Retinopathy Preferred Practice Pattern. 2023. https://www.aao.org

3. Gulshan V., Peng L., Coram M., Stumpe M.C., Wu D., Narayanaswamy A., et al. Development and validation of a deep learning algorithm for detection of diabetic retinopathy in retinal fundus photographs. JAMA, 2016, s. 2402–2410.

4. https://www.devicelab.com/blog/guide-to-fundus-camera-design-and-development/

5. https://www.sciencedirect.com/topics/medicine-and-dentistry/fundus-imaging

6. MATLAB Documentation. Logistic Regression in MATLAB. 2024. https://www.mathworks.com/help/stats/fitglm.html

7. Ting D.S.W., Cheung C.Y.-L., Lim G., Tan G.S.W., Quang N.D., Gan A., et al. Development and validation of a deep learning system for diabetic retinopathy and related eye diseases using retinal images from multiethnic populations with diabetes. JAMA, 2017, s. 2211–2223.

8. https://analyticsindiamag.com/ai-features/how-sankara-eye-hospital-is-using-ai-for-diabetic-retinopathy-detection/

FORMALIZATION OF INFORMATION PROCESSING: FROM RAW DATA TO ACTIONABLE KNOWLEDGE

Rustamov Erbol Nasimovich
"Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers" national research university

Abstract

This article examines the formalization of processes that transform raw data into actionable knowledge, a critical foundation for developing effective artificial intelligence systems. Through systematic analysis of information processing mechanisms, we propose a framework that articulates the transformative stages from initial data acquisition to knowledge utilization. The study employs both theoretical modeling and empirical validation to establish the framework's validity. Results indicate that explicit formalization of these transformative processes significantly enhances the design and functionality of knowledge-based systems. The findings contribute to both theoretical understanding of information processing and practical implementation of intelligent systems in various domains.

1. Introduction

In the contemporary digital landscape, the exponential growth of data has created both unprecedented opportunities and challenges for information processing systems. The conceptual progression from raw data to actionable knowledge represents a fundamental challenge in computer science, cognitive science, and artificial intelligence research (Ackoff, 1989; Davenport & Prusak, 1998). While intuitive understanding of these transformations exists, formal models that adequately capture the nuances of this progression remain underdeveloped.

The distinction between data, information, and knowledge has long been recognized in information science. Ackoff's (1989) DIKW (Data, Information, Knowledge, Wisdom) hierarchy provides a foundational framework, but its application to computational systems requires further formalization. As noted by Rowley (2007), "The transformation processes that convert data into information, and subsequently into knowledge, are not clearly articulated in the literature."

The need for such formalization becomes particularly acute in the context of artificial intelligence systems development. As AI applications increasingly permeate critical domains including healthcare, finance, and transportation, the ability to systematically transform raw data into contextually relevant and actionable knowledge becomes essential for system effectiveness and reliability (Russell & Norvig, 2020).

This study addresses the research gap by proposing a formal framework for understanding and implementing the transformative processes from data acquisition to knowledge utilization. The research questions guiding this investigation are:

1. What are the distinctive characteristics of data, information, and knowledge as computational constructs?

2. What formal mechanisms govern the transformation between these constructs?

3. How can these transformations be algorithmically implemented in practical systems?

2. Methods

This study employed a mixed-methods approach combining theoretical analysis, computational modeling, and empirical validation.

We conducted a comprehensive literature review encompassing 127 publications across information science, cognitive science, artificial intelligence, and knowledge management domains. The review focused on existing conceptualizations of data, information, and knowledge transformations. We applied concept analysis techniques (Walker & Avant, 2011) to identify defining attributes, antecedents, and consequences of each construct.

Based on the theoretical analysis, we developed a formal computational model using category theory and process algebra to represent the transformative processes. The model incorporated contextual parameters, transformation operators, and validation mechanisms. We implemented the model using Python and the TensorFlow framework for testing transformational properties. The proposed framework was validated through implementation in three distinct application domains:

1. A medical diagnosis support system processing patient data (n=1,248 cases)

2. A financial market analysis system processing multi-source economic indicators

3. A natural language understanding system processing unstructured textual data

Performance metrics included transformation accuracy, contextual relevance, actionability of resulting knowledge, and system efficiency. We compared results against baseline systems using traditional data processing approaches without explicit formalization of transformative processes.

3. Results

Our analysis identified distinguishing characteristics of the three primary constructs:

Data emerged as context-independent symbolic representations with syntactic but minimal semantic properties. Formal characteristics included structural consistency, discrete representation, and context-independence.

Information manifested as contextualized data with established semantic relationships. Distinctive properties included context-sensitivity, relational structures, and purpose-orientation.

Knowledge demonstrated integrated information patterns with explanatory and predictive capabilities. Key characteristics included transferability across contexts, generative capacity, and action-orientation.

The formalization revealed three primary transformation processes:

1. Contextualization: The transformation of data to information through contextual binding operations. This process involved parameter mapping, relational structuring, and semantic annotation. Formally represented as:

$$I = C(D, P)$$

where I represents information, D represents data, C represents the contextualization function, and P represents contextual parameters.

2. Pattern Integration: The transformation of information to knowledge through recognition and abstraction of patterns. This process incorporated temporal consistency validation, cross-domain correlation, and uncertainty quantification. Formally represented as:

$$K = \Phi(I_1, I_2, \ldots, I_n, R)$$

where K represents knowledge, $I_1 \ldots I_n$ represents multiple information instances, Φ represents the pattern integration function, and R represents relational constraints.

3. Knowledge Operationalization: The transformation of theoretical knowledge to actionable knowledge through goal-oriented adaptation. This process employed decision theoretic frameworks, constraint satisfaction, and feedback incorporation. Formally represented as:

$$K_a = O(K, G, E)$$

where K_a represents actionable knowledge, K represents theoretical knowledge, O represents the operationalization function, G represents goal parameters, and E represents environmental constraints.

The implementation of the formalized framework demonstrated significant improvements across all three application domains:

- In the medical diagnosis system, diagnostic accuracy improved by 27.3% compared to the baseline system ($p<0.001$).

- The financial analysis system showed a 19.8% improvement in predictive performance for market movements ($p<0.01$).

- The natural language understanding system demonstrated a 32.5% improvement in contextual comprehension compared to systems without explicit transformation models ($p<0.001$). Performance improvements were most pronounced in scenarios involving contextual ambiguity, sparse data, and multi-domain integration requirements.

4. Discussion

Our findings suggest that the traditional view of the data-information-knowledge progression as a simple linear hierarchy inadequately captures the complex transformative processes involved. The formal model demonstrates that these transformations involve bidirectional operations, contextual dependencies, and emergent properties that cannot be reduced to simple aggregation or filtering mechanisms.

The results align with Nonaka and Takeuchi's (1995) knowledge creation theory, particularly regarding the interplay between tacit and explicit knowledge dimensions. However, our formalization extends their model by providing computational mechanisms for implementing these transformations in artificial systems.

The formalized distinction between theoretical and actionable knowledge represents a particular contribution to existing information processing theories. This distinction addresses what Alavi and Leidner (2001) identified as the "applicability gap" in knowledge management systems—the challenge of transforming abstract knowledge into contextually relevant action guidance.

The demonstrated performance improvements across diverse application domains suggest broad applicability of the formalization framework. Several practical implications emerge:

1. AI System Architecture: The framework provides design principles for knowledge-based systems that explicitly incorporate transformation processes rather than treating them as implicit system properties.

2. Data Strategy: Organizations can leverage the formalization to develop more sophisticated data strategies that focus not merely on data accumulation but on systematic transformation capabilities.

3. Human-AI Collaboration: The explicit modeling of transformation processes creates new opportunities for human-AI collaborative systems where humans and machines can interact at different stages of the knowledge creation process.

4. Explainable AI: By formalizing the progression from data to knowledge, the framework contributes to the development of more explainable AI systems that can articulate their inferential processes.

Several limitations of the current study should be acknowledged. First, while the empirical validation demonstrated performance improvements, the implementation was limited to three domains. Future research should extend validation to additional domains to establish broader generalizability.

Second, the current formalization focuses primarily on cognitive and computational aspects of knowledge transformation. Incorporating social, cultural, and organizational dimensions of knowledge creation represents an important direction for future work.

Finally, the relationship between the proposed formalization and emerging AI architectures, particularly large language models and neuromorphic computing approaches, warrants further investigation. These architectures may offer new mechanisms for implementing the identified transformation processes.

5. Conclusion

This study has proposed and validated a formal framework for understanding and implementing the transformative processes from raw data to actionable knowledge. The framework addresses a significant gap in both theoretical understanding and practical implementation of knowledge-based systems.

By explicitly formalizing the distinctive characteristics of data, information, and knowledge, along with the processes that govern transformations between them, this work contributes to the development of more effective artificial intelligence systems. The demonstrated performance improvements across diverse application domains suggest the practical utility of this approach.

As artificial intelligence systems become increasingly integrated into critical societal functions, the ability to systematically transform raw data into contextually relevant and actionable knowledge will remain essential for system effectiveness, reliability, and transparency. The formalization presented in this study provides a foundation for addressing this fundamental challenge.

References

1. *Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. Journal of Applied Systems Analysis, 16(1), 3-9.*
2. *Alavi, M., & Leidner, D. E. (2001). Knowledge management and knowledge management systems: Conceptual foundations and research issues. MIS Quarterly, 25(1), 107-136.*
3. *Davenport, T. H., & Prusak, L. (1998). Working knowledge: How organizations manage what they know. Harvard Business Press.*
4. *Nonaka, I., & Takeuchi, H. (1995). The knowledge-creating company: How Japanese companies create the dynamics of innovation. Oxford University Press.*
5. *Rowley, J. (2007). The wisdom hierarchy: representations of the DIKW hierarchy. Journal of Information Science, 33(2), 163-180.*
6. *Russell, S. J., & Norvig, P. (2020). Artificial intelligence: A modern approach (4th ed.). Prentice Hall.*
7. *Tuomi, I. (1999). Data is more than knowledge: Implications of the reversed knowledge hierarchy for knowledge management and organizational memory. Journal of Management Information Systems, 16(3), 103-117.*
8. *Walker, L. O., & Avant, K. C. (2011). Strategies for theory construction in nursing (5th ed.). Prentice Hall.*
9. *Wang, Y. (2015). Formal cognitive models of data, information, knowledge, and intelligence. WSEAS Transactions on Computers, 14, 770-781.*
10. *Zins, C. (2007). Conceptual approaches for defining data, information, and knowledge. Journal of the American Society for Information Science and Technology, 58(4), 479-493.*

THEORETICAL FOUNDATIONS OF REPRESENTATION AND SEMANTICS OF KNOWLEDGE

Rustamov Erbol Nasimovich
"Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers" national research university
Muhamediyeva Dilnoz Tulkunovna
"Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers" national research university
Vasiyeva Dilfuza
"Tashkent institute of irrigation and agricultural mechanization engineers" national research university

Abstract
This paper examines the theoretical foundations of knowledge representation in intelligent information systems. The basic concepts of "data," "information," and "knowledge," as well as their semantic differences and interrelations, are analyzed. It is shown that formalizing the semantics of these concepts is a prerequisite for the algorithmization of knowledge processing and knowledge base design. Particular attention is paid to the role of context and information interpretation in knowledge generation.

Keywords: knowledge semantics, information, data, knowledge, subject area, intelligent systems, formalization, interpretation.

1. Introduction.

The modern development of intelligent information systems is accompanied by growing interest in the problem of knowledge representation and processing. Unlike traditional information systems, which are primarily focused on storing and transmitting data, intelligent systems are designed to work with the meaning, content, and interrelations between objects in a subject area. This requires a clear theoretical distinction and formalization of fundamental concepts such as data, information, and knowledge. In practical computer science and artificial intelligence problems, these concepts are often confused, complicating the development of knowledge processing algorithms and the design of knowledge bases. However, each of them reflects a specific level of abstraction and plays a role in the process of cognition and modeling reality. Data is the primary reflection of an object's properties, data is the structured form of information, information is interpreted data in a given context, and knowledge is the result of meaningful generalization and systematization of information.

The goal of this paper is to formalize the semantics of these concepts and analyze the mechanisms for transitioning from one level of representation to another. Particular attention is paid to the role of context, which determines the interpretation of data and transforms it into information, as well as to the processes of generalization and identification of patterns that lead to knowledge formation. The theoretical principles discussed serve as the methodological basis for subsequent chapters devoted to algorithms for constructing productive knowledge and knowledge bases in intelligent information systems.

2. Methods. The methodological basis of the first chapter is a systems and semantic approach to analyzing knowledge representation in intelligent information systems. The work utilizes a combination of theoretical methods aimed at formalizing basic concepts and establishing their interrelations.

The primary method utilizes logical-semantic analysis, which allows us to identify the semantic differences between the concepts of "data," "information," and "knowledge." This method is used to identify the levels of abstraction and semantic transformations that occur during the transition from the primary reflection of reality to formalized knowledge.

Abstraction and generalization are also used to create universal models of knowledge representation independent of a specific subject area. This allows us to view knowledge as the result of a structured interpretation of information, rather than as a set of particular facts.

Additionally, structural analysis is used to explore the role of context and interpretation in the knowledge formation process. This method analyzes the relationships between information elements and the conditions of their use, allowing us to formalize the semantic content of the data. To substantiate the logic of the transition from information to knowledge, conceptual modeling is used, in which the subject area is described as a system of objects, attributes, and relationships. This approach allows for

the development of a theoretical foundation for the subsequent algorithmic development of knowledge base construction processes.

The formalization revealed three primary transformation processes:

1. Contextualization: The transformation of data to information through contextual binding operations. This process involved parameter mapping, relational structuring, and semantic annotation. Formally represented as:

$$I = C(D, P),$$

where I represents information, D represents data, C represents the contextualization function, and P represents contextual parameters.

2. Pattern Integration: The transformation of information to knowledge through recognition and abstraction of patterns. This process incorporated temporal consistency validation, cross-domain correlation, and uncertainty quantification. Formally represented as:

$$K = \Phi(I_1, I_2, \ldots, I_n, R),$$

where K represents knowledge, $I_1 \ldots I_n$ represents multiple information instances, Φ represents the pattern integration function, and R represents relational constraints.

3. Knowledge Operationalization: The transformation of theoretical knowledge to actionable knowledge through goal-oriented adaptation. This process employed decision theoretic frameworks, constraint satisfaction, and feedback incorporation. Formally represented as:

$$K_a = O(K, G, E),$$

where K_a represents actionable knowledge, K represents theoretical knowledge, O represents the operationalization function, G represents goal parameters, and E represents environmental constraints.

3. Results. *The theoretical analysis revealed that the concepts of "knowledge," "data," "information," and "knowledge" form a hierarchical system of levels of reality representation. Each subsequent level is characterized by a higher degree of structure and semantic richness. It was found that information represents a primary reflection of an object's properties and does not possess independent semantics outside of context. Data is formed through the structuring of information and serves as a formalized basis for further processing. Information emerges at the stage of data interpretation in a specific context and acquires the semantic content necessary for decision-making. It is shown that knowledge is formed through the generalization and systematization of information, as well as the identification of stable patterns and cause-and-effect relationships between elements of the subject area. Knowledge possesses integrity, is interpretable, and can be used to infer new facts.*

It was established that context plays a key role in knowledge formation, determining the semantic significance of information and allowing one to distinguish essential features from secondary ones. Without considering context, data cannot be transformed into knowledge. The obtained results confirm the need to formalize semantic transformations in the design of intelligent systems. It is shown that successful implementation of knowledge bases is possible only with a clearly defined model for the transition from data to knowledge.

The implementation of the formalized framework demonstrated significant improvements across all three application domains:

- In the medical diagnosis system, diagnostic accuracy improved by 27.3% compared to the baseline system ($p<0.001$).

- The financial analysis system showed a 19.8% improvement in predictive performance for market movements ($p<0.01$).

- The natural language understanding system demonstrated a 32.5% improvement in contextual comprehension compared to systems without explicit transformation models ($p<0.001$). Performance improvements were most pronounced in scenarios involving contextual ambiguity, sparse data, and multi-domain integration requirements.

4. Discussion. *The obtained theoretical results allow us to rethink the problem of knowledge representation in intelligent information systems. In contrast to traditional approaches, which primarily focus on data storage and processing, the conducted analysis emphasizes the priority of semantics and interpretation. Distinguishing between levels of information representation is fundamental for the development of intelligent algorithms. Ignoring the semantic differences between data and knowledge leads to the construction of systems that formally process information but are incapable of meaningful inference and adaptation.*

The identified role of context is of particular importance. In a number of existing models, context is considered a secondary element, whereas the results of the first chapter demonstrate that it is a system-forming factor in the process of knowledge formation. This position has important implications for

the development of knowledge bases and inference mechanisms. The results of the discussion also confirm the need to move from a declarative description of knowledge to its formalized representation suitable for algorithmic processing. The theoretical propositions of the first chapter provide the foundation for the methods of constructing productive knowledge discussed in subsequent chapters and ensure the logical continuity of the research.

Thus, the first chapter forms the fundamental conceptual basis of the work, substantiating the choice of methods for formalizing, modeling, and algorithmizing knowledge in intelligent information systems.

5. Conclusion.

This paper examines the theoretical foundations of knowledge semantics and information representation in intelligent systems. It is shown that a clear distinction between the concepts of "data," "information," and "knowledge" is a prerequisite for formalizing knowledge processing and developing intelligent algorithms. It is established that knowledge is not simply a collection of data or information, but is formed through their interpretation, generalization, and identification of consistent relationships within a subject area. Context plays a key role in this process, determining the meaning and significance of information. The theoretical conclusions obtained create a conceptual basis for algorithmic transformation of information into knowledge and the design of knowledge bases. They serve as the foundation for further consideration of methods for constructing productive knowledge and their software implementation, presented in subsequent chapters.

Recorded, perceived information within a specific context of the surrounding world constitutes data. When data is used to solve specific problems, information is created. The perception of this information in the required information unit is associated in our brain with knowledge. It should also be noted that the concept of "information," becoming the subject of study in many sciences, is being concretized and enriched in each of them. The concept of "information" is one of the fundamental concepts in modern science and therefore cannot be strictly defined using simpler concepts. It is only possible to clarify and illustrate its semantics by addressing various aspects of this concept. A theoretical interpretation of the knowledge derived from these concepts will facilitate the design of artificial intelligent systems for the digitalization of socio-economic systems. With the development of intelligent systems, the issue of algorithmizing the procedure for converting "information" into "data," its conversion into "information," and, most importantly, the conversion of "information" into "knowledge" is becoming increasingly relevant, since without formalizing and algorithmizing these procedures, it is impossible to design effectively functioning AI systems. Summarizing this chapter, it can be said that this problem can only be solved by formalizing the semantics of these concepts, as they form the theoretical foundation of computer science.

References

1. *Ackoff, R. L. (1989). From data to wisdom. Journal of Applied Systems Analysis, 16(1), 3-9.*
2. *Allen, J. F. (1983). Maintaining knowledge about temporal intervals. Communications of the ACM, 26(11), 832-843.*
3. *Allen, J. F., Byron, D. K., Dzikovska, M., Ferguson, G., Galescu, L., & Stent, A. (2001). Toward conversational human-computer interaction. AI Magazine, 22(4), 27-37.*
4. *Clark, H. H. (1996). Using language. Cambridge University Press.*
5. *Davis, R., Shrobe, H., & Szolovits, P. (1993). What is a knowledge representation? AI Magazine, 14(1), 17-33.*
6. *Forgy, C. L. (1982). Rete: A fast algorithm for the many pattern/many object pattern match problem. Artificial Intelligence, 19(1), 17-37.*
7. *Goguen, J. A. (1991). A categorical manifesto. Mathematical Structures in Computer Science, 1(1), 49-67.*
8. *Guarino, N., Oberle, D., & Staab, S. (2009). What is an ontology? In S. Staab & R. Studer (Eds.), Handbook on ontologies (pp. 1-17). Springer.*

ISSUES OF DIGITALIZATION AND SYSTEM INTEGRATION IN THE CREATION AND MODERNIZATION OF INDUSTRIAL PROCESSES FOR DRYING DISPERSED MATERIALS

Sazhin Victor
Doctor of Technical Sciences, Distinguished Professor, Director of the Fund,
Russian investment and innovation Fund "Scientific Perspective",
Moscow, Russian Federation

ВОПРОСЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ И СИСТЕМНОЙ ИНТЕГРАЦИИ ПРИ СОЗДАНИИ И МОДЕРНИЗАЦИИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРОЦЕССОВ СУШКИ ДИСПЕРСНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Сажин Виктор Борисович
доктор технических наук, профессор, академик, директор Фонда,
Российский инвестиционно-инновационный Фонд «Научная Перспектива»,
г. Москва, Российская Федерация

Abstract

The implementation of the global Sustainable Development Goals and the Paris Agreement is stalled due to a lack of funding. Global sanctions against Russia primarily weaken those who impose them. Russia is forced to reduce its participation in international programs, investing in the social sector and technical and technological sovereignty measures. As the economy digitalizes, the system integration market is primarily developing, with leading companies consolidating. It is necessary to engage third-party experts to implement technical and technological innovation in industry before digitalization. A system of measures and technical and technological solutions is proposed to optimize the drying stage, which accounts for up to 20% of all energy consumption in industry.

Аннотация

Выполнение задач по реализации глобальных целей устойчивого развития и Парижского соглашения заторможено из-за отсутствия возможности финансирования. Мировые санкции против России ослабляют, прежде всего, тех, кто вводит санкции. Россия вынуждена сократить участие в международных программах, вкладывая средства в социальный сектор и мероприятия по технической и технологической суверенизации. В ходе цифровизации экономики преимущественно развивается рынок системной интеграции с укрупнением компаний-лидеров. Необходимо с привлечением сторонних экспертов провести техническую и технологическую инновацию промышленности до цифровизации. Предлагается система мер, технических и технологических решений по оптимизации стадии сушки, на которую приходится до 20% всех энергозатрат в промышленности.

Keywords: *ecology, drying, hydrodynamics, fluidization, efficiency, exergy*
Ключевые слова: *экология, сушка, гидродинамика, псевдоожижение, эффективность, эксергия*

Развитие искусственного интеллекта предвосхищается повсеместным внедрением цифровизации, что предполагает существенное повышение эффективности цифровизированных объектов и систем. При этом системная интеграция должна стать весьма полезным инструментом для гармонизации инновационных мероприятий с имеющимися прежними объектами и системами. В промышленности важно проводить новации в интересах концепции устойчивого развития в части всемерного уменьшения техногенного влияния на среду обитания. Понятно, что процесс это – длительный и весьма затратный. Развитие промышленности всегда определялось удовлетворением растущих потребностей людей и никогда (до последних десятилетий) не предполагало необходимости природоохранных мероприятий. Очевидно, что внедрение природоподобных технологий (как и возобновляемых источников энергии) в современной парадигме удовлетворения потребностей принципиально невозможно. Природоподобные технологии - крайне мало интенсивны, а повсеместное внедрение возобновляемых источников энергии невозможно в силу безальтернативности (на сегодня) углеводородной энергетике (вследствие тотальной зависимости от неё). Применительно к реалиям отечественной промышленности требование скорейшего перехода к полностью безотходному производству столь же сомнительно, как и недавнее повсеместное «развитие и внедрение нанотехнологий». Тогда многие

известные учёные химики-технологи (Л.П. Холпанов, Б.С. Сажин, М.Б. Генералов, В.С. Тимофеев, А.И. Родионов, В.С. Бесков и др.) неоднократно отмечали, что технологии в химии пока принципиально не могут выйти на молекулярный уровень (например, в части наблюдения за химическим превращением), поэтому само понятие «наноинженерия» пока бессмысленно и даже провокативно.

Цифровизация промышленности предполагает создание цифровых двойников (упрощённо – математических моделей, наиболее адекватных анализируемому объекту). В отличие от привычных математических моделей цифровой двойник постоянно обновляется, получая в режиме реального времени (за счёт постоянного мониторинга) полный набор параметров, характеризующих состояние объекта (или, как говорят, «старея вместе с объектом»). Глубокая цифровизация может проводиться силами самих производственников, причем, не только специалистами в сфере IT, но и обычными технологами (на рынке существует целый ряд соответствующих программных обеспечений (ПО) с визуализацией процесса создания прикладного ПО («перетягивания» картинок на мониторе) с применением технологии «низкого кодирования». Другая возможность – обратиться к услугам специализированных компаний в области IT: к компаниям-посредникам (что дешевле) или к компаниям-системным интеграторам, которые не только цифровизируют объект или систему, но и обеспечивают гармонизацию нового оборудования с «унаследованным».

Однако, представляется наиболее важной проблема естественного сокращения (без воспроизводства) кадров производственников-технологов с опытом научно-исследовательской и опытно-конструкторской работы (НИР и ОКР). Ранее формированию подобных кадров способствовала система подготовки специалистов в инженерно- технических вузах, наличие в отраслях промышленности прикладных научно-исследовательских институтов, системы лабораторий с конструкторскими бюро и центральных заводских лабораторий (ЦЗЛ) на местах. Ныне отсутствует сам институт прикладной науки в интересах производства. Встаёт закономерный вопрос о выборе объекта цифровизации: либо повышать эффективность «унаследованных» технологий и оборудования, либо внедрять (на перспективу) новые более эффективные промышленные технологии и оборудование. Ответ на него могут дать только опытные производственники-технологи. Пока не воссоздана прежняя система подготовки инженеров-технологов и инженеров-конструкторов оставшиеся научно-производственные специалисты «старой школы» консолидированы под эгидой Российской инженерной академии (создатель и бессменный президент РИА – лауреат семи государственных премий СССР и РФ, доктор технических наук, профессор и академик Б.В. Гусев).

По заявлению Организации объединённых наций (ООН) [1], изменение климата представляет собой чрезвычайную и глобальную проблему, выходящую за пределы национальных границ. Требуется принятия скоординированных решений на всех уровнях и осуществления международного сотрудничества, с тем чтобы помочь странам перейти к низкоуглеродной экономике. Так называемый «чистый нулевой уровень выбросов» означает сокращение объема выбросов парниковых газов до уровня, максимально приближенного к нулю, при этом весь остающийся объем выбросов поглощается из атмосферы назад, например, океанами и лесами.

На сегодняшний день энергетический сектор является источником приблизительно трех четвертей общего объема выбросов парниковых газов и служит важнейшим фактором предотвращения наихудших последствий изменения климата. Замена энергии загрязняющих окружающую среду угля, газа и мазута энергией из возобновляемых источников, таких как ветер или солнечная энергия, позволит значительно сократить объем выбросов углерода.

Показано, что для предотвращения наихудших последствий изменения климата и

сохранения пригодной для жизни планеты глобальное повышение температуры должно быть ограничено 1,5°C по сравнению с доиндустриальным уровнем. В настоящее время Земля уже примерно на 1,1 °C теплее, чем в конце 1800-х годов, а объем выбросов продолжает расти.

Учёные-климатологи объявили о сужение окна возможностей, поэтому планы должны включать срочные меры по сокращению выбросов углерода и достижению чистого нулевого уровня выбросов к 2050 году. При этом до 2030 года в целях ограничения потепления 1,5° С страны должны уменьшить выбросы по крайней мере на 45 процентов по сравнению с показателями 2010 года. Более 160 компаний, стоимость активов которых составляет 70 трлн долл. США, объединили усилия для достижения общей цели, состоящей в том, чтобы переориентировать глобальную экономику на достижение чистого нулевого уровня выбросов и выполнить цели Парижского соглашения [1-5].

В целях борьбы с изменением климата и его негативными последствиями страны приняли 12 декабря 2015 года. в Ле Бурже (под Парижем) Парижское. Соглашение, направленное на существенное сокращение глобальных выбросов парниковых газов и ограничение повышения глобальной температуры в этом столетии до 2 градусов Цельсия при одновременном поиске средств для еще большего ограничения этого повышения до 1,5 градуса. Более 70 стран, в том числе страны, которые вносят наибольший вклад в объем выбросов, — Китай, США и Европейский Союз — поставили цель достичь нулевого уровня выбросов, что включает около 76% глобального объема выбросов. Более 1200 компаний установили научно обоснованные целевые показатели, соответствующие цели достижения нулевого уровня выбросов, и более 1000 городов, более 1000 учебных заведений и более 400 финансовых учреждений присоединились к «Гонке к нулю», взяв на себя обязательства по принятию решительных и незамедлительных мер, с тем чтобы к 2030 году сократить глобальный объем выбросов вдвое.

В 2018 году принят Свод Правил, конкретизирующих порядок осуществления Парижского соглашения. В 2023 году в ходе первого раунда «глобального подведения итогов» был оценен прогресс в достижении целей Парижского соглашения, что послужило стимулом к принятию на уровне стран амбициозных климатических мер, которые позволят удержать потепление ниже 1,5 градусов Цельсия. Второй раунд подведения итогов ожидается в 2028 году.

На сегодняшний день к Парижскому соглашению присоединилось 196 Сторон (195 стран и Европейский. Союз). Соглашение предусматривает принятие всеми странами на себя обязательств по сокращению своих выбросов и осуществление совместной работы по адаптации к последствиям изменения климата, а также призывает страны укреплять свои обязательства с течением времени. Соглашение открывает для развитых стран путь в целях оказания помощи развивающимся странам в их усилиях по смягчению последствий изменения климата и адаптации к ним, одновременно создавая основу для транспарентного мониторинга и отчетности о достижении странами целей в области климата.

Каждая сторона Соглашения разрабатывает План действий по сокращению выбросов и адаптации к изменению климата (ОНУВ) и обновляет его каждые пять лет. В своих ОНУВ страны устанавливают целевые показатели сокращения выбросов парниковых газов, обуславливающих изменение климата, и адаптации к последствиям изменения климата. Эти планы определяют порядок достижения целевых показателей и содержат детально проработанные механизмы мониторинга и проверки хода их достижения, чтобы этот процесс не отклонялся от графика.

На долю семи крупнейших стран-эмитентов (Китай, США, Индия, ЕС, Индонезия, Российская Федерация, Бразилия) в 2020 году приходилось около половины глобальных выбросов парниковых газов. 20 стран (Аргентина, Австралия, Бразилия, Канада, Китай, Франция, Германия, Индия, Индонезия, Италия, Япония, Республика Корея, Мексика, Россия, Саудовская Аравия, Южная Африка, Турция, Великобритания, США и ЕС) несет ответственность за 75% глобальных выбросов парниковых газов [6].

По заявлению ООН, Парижское соглашение обеспечивает прочную основу, определяющую глобальные усилия в течение последующих десятилетий с целью повысить амбициозность действий стран по борьбе с изменением климата. Подчёркивается роль Соглашения в достижении целей устойчивого развития, поскольку оно представляет собой «дорожную карту» действий, связанных с изменением климата, которые позволят сократить выбросы и повысить устойчивость к изменению климата. ООН объявила о начале перехода к так называемому «низкоуглеродному миру».

Аналитики ООН с тревогой отмечают недостаточную активность стран по принятию и реализации национальных инициатив в рамках Соглашения, что делает невозможным достижение. нулевого уровня выбросов к 2050 году. Так климатический пакт, принятый в Глазго в 2021 г., был направлен на ускорение действий по борьбе с изменением климата и закреплял ряд ключевых обязательств, включая постепенное сокращение использования угля, уменьшение выбросов метана и увеличение финансовой помощи развивающимся странам. Пакт отразил завершение «правил» Парижского соглашения и потребовал от стран усиления их национальных вкладов в сокращение выбросов. На этот призыв было представлено лишь 24 новых или пересмотренных плана по климату.

На сегодня текущие национальные планы действий по вопросам климата (всех 196 сторон Парижского соглашения) предусматривают значительное увеличение к 2030 году глобального объема выбросов парниковых газов – почти на 11% по сравнению с уровнем 2010 года.

Технологическая зрелость, позволяющая эффективно решать задачи инновации промышленности для целей устойчивого развития и улучшения климата, определяется успехами цифровизации.

Цифровизация в промышленности России [7] находится в стадии активной трансформации, с охватом около 79% предприятий, но только 22% из них полностью цифровизированы. Ключевыми направлениями являются автоматизация, роботизация, внедрение «цифровых двойников», применение больших данных и искусственного интеллекта (ИИ). Основные тенденции включают развитие отечественных решений, рост рынка промышленного ПО и подготовку кадров, несмотря на отставание в темпах от ведущих стран.

Основные тенденции и направления: Импортозамещение и отечественные решения (С уходом западных компаний растет спрос на отечественное программное обеспечение и технологии); Роботизация и автоматизация. (Роботы активно внедряются для сварки, покраски, сборки и транспортировки, а автоматизация позволяет в реальном времени собирать данные о работе оборудования); Анализ данных и ИИ (Применение больших данных (Big Data) и искусственного интеллекта для прогнозирования, оптимизации процессов и повышения эффективности); Цифровые двойники (Создание виртуальных моделей физических объектов и процессов для их моделирования и тестирования); Автоматизированное производственное планирование (Системы на базе ИИ для оптимизации производственных планов).

В цифровизации участвует 79% российских предприятий, но большинство находятся на начальной стадии (34%) или не видят ощутимого эффекта из-за несистемного подхода. Среди лидеров отрасли – электроэнергетика, автомобилестроение, электроника и обрабатывающая промышленность (в частности, металлургия, производство автотранспортных средств, химической продукции). Основные трудности включают недостаточную цифровую зрелость, нехватку квалифицированных кадров, недостаток качественных данных и отставание в темпах внедрения технологий по сравнению с мировыми лидерами (около 5-10 лет). Прогнозы развития цифровизации вполне благоприятны: есть государственная поддержка развития отечественных решений и цифровой трансформации в целом, а рынок промышленного ПО в России прогнозирует дальнейший рост, превышающий темпы мирового рынка.

Руководители в промышленном секторе могут сами выбрать подходящую модель цифровизации предприятия: 1. Цифровизировать с привлечением аффилированных IT-команд с использованием собственных технологов и технологии «низкого кода» (низкого кодирования); 2. Привлечь сторонние организации (IT-подрядчиков); 3. Обратиться к услугам компаний-системных интеграторов.

Низкий код (Low-code) — это метод разработки приложений, который позволяет создавать программы с минимальным количеством традиционного написания кода, используя графические интерфейсы и готовые компоненты. Это ускоряет процесс создания, делая его доступным не только для опытных разработчиков, но и для бизнес-пользователей, которые могут дорабатывать решения, добавляя код (силами прфессиональных программистов) при необходимости. Вместо написания кода с нуля используются готовые блоки и шаблоны, которые можно соединять между собой с помощью визуальных редакторов, как в конструкторе. Часть функциональности создается без кода, но при необходимости можно написать дополнительный код, чтобы добавить или изменить функции, например, для интеграции с другими системами или более тонкой настройки. Этот подход позволяет значительно быстрее создавать и запускать цифровые продукты, автоматизировать бизнес-процессы и адаптировать их под нужды компании.

К преимуществам технологии низкого кодирования (НК) можно отнести снижение «порога входа» (позволяя создавать приложения людям без глубоких знаний в программировании), гибкость (можно быстро адаптировать решения к меняющимся бизнес-требованиям, в том числе путем добавления собственного кода, а также экономию (кратно сокращается время и стоимость разработки по сравнению с традиционным подходом).

Разработка с минимальным кодированием — это визуальный процесс с использованием интегрированной среды разработки с функцией перетаскивания, которая облегчает взаимодействие между техническими и нетехническими членами команды. Разработчики любого уровня подготовки могут быстрее создавать бизнес-приложения, используя начальные приложения, готовые и повторно используемые компоненты, а также шаблоны.

IT-подрядчики и системные интеграторы различаются по надёжности, объёме выполняемых работ и цене услуг. Системные интеграторы — это компания или специалист, который

помогает бизнесу выбрать и внедрить ИТ-решения, объединяющие программы, оборудование и процессы в единую работающую систему. IT-подрядчик выполняет заданные работы по ТЗ и отвечает только за свою часть. Интегратор несет полную ответственность за результат проекта, предлагает готовые решения и сопровождает их.

Среди задач системного интегратора: анализ потребностей компании, проектирование ИТ-инфраструктуры, выбор ПО и оборудования, их интеграция, настройка, обучение персонала и техническая поддержка. Услуги интегратора включают: внедрение ИТ-решений, автоматизация, информационная безопасность, хранение данных, мультимедийная интеграция, консалтинг и сопровождение всей ИТ-инфраструктуры. По рейтингу 2024 [8-9] , лидеры системного интегрирования - КРОК, ЛАНИТ, СберТех и Корус Консалтинг. Эти компании реализуют крупные проекты, включая ERP, автоматизацию и кибербезопасность.

Рынок системной интеграции в России переходит к отечественным ИТ-продуктам, растет конкуренция, усиливается кастомизация решений, появляется модель «Интеграция как сервис» и углубляется работа с отраслями и регионами. Современные интеграторы ориентируются на операционные системы (Альт, Astra Linux), СУБД (PostgreSQL, Байкал DB), DLP, виртуализацию, ИИ и облачные платформы отечественной разработки с адаптацией под конкретные задачи клиентов. В России требования технической и технологической суверенизации финансово поддерживаются на государственном уровне:

доступны субсидии, гранты, программы Минцифры и Фонда инноваций, компенсирующие затраты на внедрение цифровых решений через системного интегратора.

В промышленности осваивается технология создания цифровых двойников. Цифровой двойник (ЦД) обеспечивает непрерывный мониторинг состояния оборудования и среды, что позволяет прогнозировать отказ или аварийный режим до возникновения аварии. В основе подхода – моделирование физических процессов и обработка данных с датчиков в режиме реального времени. За счёт этого минимизируются области недостаточного контроля и своевременно выявляются отклонения. Например, в комбинированных тепловых парогазовых установках ЦД может моделировать динамику горения и теплообмена, автоматически корректируя топливовоздушную смесь для снижения выбросов CO2 и предотвращения повреждений котлов и турбин. Цифровые модели также позволяют моделировать аварийные сценарии (пожары, разрывы трубопроводов и т.п.) в виртуальной среде без риска для реального объекта, что повышает готовность персонала и оборудования к режиму ЧС. ЦД активно применяются для предиктивного обслуживания оборудования: выявление предаварийных признаков (вибрация, нагрев, утечки) позволяет оптимально планировать ремонты и профилактические работы. Такое планирование может сократить простои и увеличить среднюю производительность на 10–15 %. Одновременно это экономит ресурсы и снижает выбросы за счёт более эффективного режима эксплуатации. ЦД также используются для оптимизации технологических процессов в реальном времени: анализ моделей помогает выбрать режим работы агрегатов с максимальной эффективностью и минимальным экологическим ущербом. Так же ЦД используется для обучения и тренировки персонала. Виртуальные симуляторы, созданные на базе ЦД, дают возможность операторам отрабатывать алгоритмы действий при авариях и учиться управлению сложным оборудованием в безопаснойм режиме. Это снижает риск «человеческого фактора» и повышает общую культуру безопасности. В частности, моделирование негативных сценариев и оценка их последствий способствует формированию превентивных мер защиты персонала и окружающей среды.

Системные интеграторы играют ключевую роль в цифровизации российского бизнеса [7], выступая в качестве партнёров, которые помогают компаниям внедрять цифровые технологии, объединять различные системы в единую инфраструктуру и адаптироваться к требованиям импортозамещения и безопасности. Они проектируют архитектуру, внедряют сложные решения (например, аналитику, машинное обучение), обеспечивают совместимость и бесперебойную работу всех компонентов, а также помогают преодолеть вызовы цифровой трансформации для повышения эффективности и прибыльности бизнеса.

Основные функции системных интеграторов: проектирование и создание IT-архитектуры (Разработка устойчивой, масштабируемой и безопасной ИТ-инфраструктуры, соответствующей бизнес-целям компании); интеграция различных систем (Соединение разрозненных программных и аппаратных компонентов (таких как ERP, CRM, системы хранения данных) в единую, работоспособную систему; внедрение цифровых решений (Интеграция передовых технологий, включая аналитику, машинное обучение, автоматизацию производства и логистики);

обеспечение кибербезопасности (Проектирование систем с учетом угроз и требований информационной безопасности, что снижает риски потери данных и финансовых потерь); техническая поддержка и развитие (Тестирование, оптимизация, обеспечение безопасности и бесперебойной эксплуатации внедренных решений, а также дальнейшее развитие инфраструктуры).

Важность интеграторов для российского бизнеса определяется тем, что интегратор берёт на себя решение ряда задач: навигация в условиях импортозамещения (Помогают компаниям заменить зарубежные решения на отечественные аналоги, сохраняя при этом функциональность и безопасность; преодоление вызовов цифровизации (Оказывают экспертную поддержку в решении сложных проблем, возникающих в процессе цифровой трансформации, и помогают избежать неудачных проектов); повышение эффективности и конкурентоспособности (Обеспечивают внедрение решений, которые способствуют оптимизации бизнес-процессов, снижению издержек и росту прибыли).

Отрасль IT-интеграции развивается в условиях значительных технологических и рыночных изменений. Основные факторы, определяющие тренды в 2025 году [8-9].: курс на технологический суверенитет; активное внедрение ИИ; необходимость обеспечени киберустойчивости бизнеса.

Технологический суверенитет остается одним из наиболее значимых драйверов рынка. В 2024 году ИТ-рынок вырос на 25%, в основном за счет программ импортозамещения. Крупные интеграторы активно развивают компетенции в работе с отечественным ПО и оборудованием, помогая клиентам создавать устойчивые технологические стеки. Искусственный интеллект (ИИ) трансформирует подходы к интеграции. Бизнес автоматизирует процессы в первую очередь с помощью чат-ботов и систем искусственного интеллекта. Организации, способные предложить заказчикам эффективные ИИ-решения, существенно укрепляют свои позиции на рынке. Для повышения киберустойчивости надо использовать решения, которые не только предотвращают угрозы, но и помогают быстро восстановиться после инцидентов. Так например, ИИ-мониторинг (при помощи искусственного интеллекта) позволяет выявлять аномалии в работе систем и реагировать раньше, а не после сбоя.

К основным трендам 2025 года можно отнести следующие:

- Гиперавтоматизация. Компании автоматизируют процессы, объединяя роботов для рутинных задач), искусственный интеллект для анализа и системы управления процессами Например, кредитная заявка в банке автоматически проверяется, анализируется ИИ и передается дальше без участия сотрудника. Это ускоряет работу и сокращает ошибки.

- Киберустойчивость. Системы быстро восстанавливаются после атак, а не только предотвращают их. При заражении сети программа изолирует поврежденный участок и переключает критичные службы на резервные мощности. Бизнес продолжает работать, пока специалисты устраняют проблему.

- Экосистемные решения. Клиенты получают связанные между собой сервисы вместо разрозненных программ. К примеру, при продаже квартиры в девелоперской компании данные автоматически передаются в управляющую компанию и бухгалтерию, что исключает ручной ввод и потерю информации.

- Услуги по подписке. Компания платит регулярный фиксированный платеж за полный комплекс услуг: облачную инфраструктуру, поддержку и обновления. Например, ритейлер арендует систему управления запасами, экономя на покупке серверов и содержании IT-специалистов.

Особое внимание в отрасли уделяется киберустойчивости. По данным экспертов, лишь каждая третья компания успевает восстановить работу в установленные сроки после кибератаки. Однако эффективная защита не может быть задачей только одного отдела информационной безопасности. Продакт-менеджеры и владельцы продуктов лучше всего знают уязвимые места своих решений, потому они должны изначально закладывать вопросы защиты в процессы проектирования и развития, а не перепоручать их целиком ИБ-специалистам, которые не знакомы с бизнес-логикой продукта.

По мнению аналитиков портала IT-World.ru [10], интеграторам сегодня приходится существенно менять свою бизнес-модель — теперь они отвечают за стабильную работу всей IT-инфраструктуры клиента — даже в условиях отсутствия зарубежной поддержки:

- Поставщики ИТ-решений уже не просто внедряют системы — они помогают бизнесу понять, какие технологии действительно работают. В условиях переориентации на отечественные решения компании ждут от партнера не продажи продуктов, а участия в стратегии: как

выстроить IT-архитектуру, избежать лишних расходов и выбрать решения с долгим сроком жизни.

- Крупные интеграторы создают собственные R&D-подразделения, которые дорабатывают решения под конкретные задачи заказчиков и формируют индивидуальные IT-стеки. Такой подход позволяет бизнесу получать не универсальный софт, а точные инструменты, которые соответствуют его процессам и повышают операционную эффективность.

- Интеграторы создают технологические экосистемы — объединяя дочерние компании и смежные сервисы в единое предложение. Всё чаще клиент получает не набор разрозненных услуг, а согласованное решение с единой поддержкой.

Системный интегратор всё чаще становится полноправным IT-партнёром, который не только решает технические задачи, но и разделяет с клиентом риски, обеспечивая бесперебойность и развитие его бизнеса. Компании усиливают внутренние IT-компетенции и работают стабильно даже в условиях изменений.

Часто выбор заказчика останавливается на крупных системных интеграторах, например, когда нужно гарантировать успех сложного ИТ-проекта и снизить риски. Такие партнеры ведут проект от начала до конца, отвечая за результат на каждом этапе. Они помогают не только внедрять технологии, но и перестраивать бизнес-процессы, что ускоряет работу команды и помогает снизить затраты. Крупный интегратор выполняет полный цикл услуг и несёт единую ответственность, или реализует проект полностью — изучает процессы заказчика, предлагает подходящую IT-архитектуру и внедряет решение. Заказчику не нужно координировать нескольких подрядчиков, так как вся ответственность лежит на одном партнере. У заказчика есть доступ к экспертизе, которую невыгодно развивать внутри своей команды. Интеграторы постоянно отслеживают рынок и могут предложить наиболее эффективные, иногда неочевидные, решения для ваших задач. Например, если бизнесу нужно разработать платформу для анализа больших данных, партнер подберет оптимальное сочетание технологий, которое заказчик, скорее всего, не найдёт самостоятельно.

Интегратор оптимизирует затраты на весь жизненный цикл. Услуги крупного партнёра дороги, но в долгосрочной перспективе они часто оказываются выгоднее. За счет объемов и ресурсов такие интеграторы могут предлагать более конкурентные цены на оборудование и ПО, а их решения минимизируют будущие расходы на исправление ошибок и простои. Так например, при модернизации IT-инфраструктуры, интегратор предложит решение, которое позволит сократить затраты на обслуживание на 20-30% в следующие 3-5 лет.

Надежные партнеры работают по проверенным (формализованным) методологиям, которые включают этапы обследования, проектирования, тестового внедрения и управления изменениями. Этот системный подход значительно снижает вероятность сбоев и гарантирует, что проект будет реализован в срок и в рамках бюджета. Например, при настройке сквозной цифровизации документооборота, интегратор сначала протестирует решение на одном отделе, чтобы гарантировать его работоспособность во всей компании. Крупная компания-интегратор дорожит своей репутацией и финансово устойчива. Она способна предоставить долгосрочную сервисную поддержку с соблюдением Соглашения об уровне сервиса, что критически важно для непрерывной работы бизнеса. Так, при запуске портала «24х7» Системный интегратор обеспечит его круглосуточную техническую поддержку и будет регулярно обновлять систему безопасности.

При модернизации и проектировании промышленных процессов было бы ошибочным опираться лишь на мнение цеховых мастеров и технологов (В случае, когда заказчиком IT-услуг выступает дирекция предприятия, одно из требований заказчика – обязательное включение в совместную работу в качестве постановщика задачи (и специалиста со стороны заказчика) заводских технологов, понимающих специфику производства). Часто их научно-технические интересы сосредоточены на используемых предприятием технологиях и аппаратуре (включая основное, вспомогательное оборудование, а также средства КИПиА или, скажем прямо, нечастые комплексные решения АСУТП). Их рекомендации будут основаны на привычных технологиях с доступной элементной базой и сведутся к новациям режимно-конструктивного толка применительно к сфере их конкретного производственного опыта, что приведёт к дополнительным затратам на цифровизацию морально устаревших решений. Нужны независимые эксперты с реальным научно-техническим и производственным опытом. Их предложения будут нацелены на внедрение наиболее эффективных решений, позволяющих со временем окупить затраты на цифровизацию. Приобретение готовых производственных линий или производств «под ключ», как

правило, рискованно, учитывая производственные реалии и правоприменительную практику в РФ. С учётом вполне оправданного в современных условиях тренда к суверенизации (а значит, и наличия выбора партнёрских IT-организаций, всё более «заточенных» под отечественный «софт») лучше в. первую очередь рассматривать отечественные разработки.

Развитие промышленных производств в стране в современных условиях невозможно без грамотной технической политики, одной из составляющих которой должно быть ресурсосбережение и создание экологически чистых производств [11]. В любой отрасли промышленности, особенно в химической промышленности, одной из самых затратных стадий производства с точки зрения ресурсов и экономики, является стадия сушки. Кроме того, это – одна из самых неблагополучных стадий в экологическом отношении, прежде всего, из-за мощных пылевых и тепловых выбросов в атмосферу с отходящими газами после сушильных установок.

При рассмотрении затратной части стадии сушки, прежде всего, обращает на себя внимание поразительных факт: на сушку расходуется тепла - до 15-20% от всех энергетических затрат на промышленное производство страны. Кроме того, общеизвестно, что сушилки являются весьма металлоемким оборудованием и занимают большие производственные площади. Это очень важно учитывать в современных условиях, так как вопросы экономии металла и производственных площадей еще долгие годы останутся в числе самых актуальных.

Сушке подвергаются многие тысячи продуктов во всех отраслях промышленности, в том числе, в химической (ассортиментный перечень составляет до 200 тысяч позиций). Причем, в химической промышленности большинство продуктов (не менее 80%) высушивается в дисперсном состоянии, что обусловило все возрастающее применение для их сушки различных гидродинамических режимов взвешенного слоя.

Большое количество разнообразных режимов с твердой фазой, появившихся в последнее время, в отличие от режима фильтрующего слоя (неподвижного или плотного движущегося) получило общее название «режимы взвешенного слоя». В настоящее время известны десятки различных режимов взвешенного слоя и число их продолжает увеличиваться.

Применительно к процессам сушки режимы взвешенного слоя весьма селективны. Поэтому подбор рациональной сушилки взвешенного слоя для конкретного материала занимал несколько месяцев (а иногда и лет) и был связан с необходимостью создания целого ряда модельных и опытных установок с различными гидродинамическими режимами с целью последующей экспериментальной проверки на каждой из них возможности и целесообразности высушивания данного продукта. При этом, в случае возникновения альтернативных вариантов, как правило, отсутствовали критерии объективной оценки их конкурентной способности, что не позволяло осуществлять оптимизацию процесса сушки.

Необходимо, чтобы для каждого продукта было свое оптимальное режимно-конструктивное решение стадии сушки, соответствующее конкретной технологической задаче. Учитывая многотысячный ассортимент подлежащих сушке материалов, анализ неизбежно приводит к необходимости классификации материалов как объектов сушки с учетом технологических требований и разработки для каждого класса материалов типовых сушильных аппаратов достаточно маневренных для того, чтобы настраиваться на решение разновидностей технологических задач внутри каждого класса (каждой группы) материалов с целью обеспечения оптимального проведения процесса сушки каждого материала данного класса с учетом индивидуальной специфики этого материала.

Нами в составе международной научной школы академика Б.С. Сажина успешно решён комплекс указанных и других вопросов, что создало возможность подходить системно, на научной основе к проблеме создания эффективных сушильных аппаратов, соответствующих современным требованиям с точки зрения интенсивности, экономии ресурсов, качества продукта, а также экологической чистоты [12-68].

Многие из гидродинамических режимов взвешенного слоя реализуются в аппаратах уносного типа (т.е. после интенсивной обработки материала происходит вынос твердой фазы из аппарата), и это требует установки системы пылеочистки. Поэтому решение проблемы пылеочистки после сушильных аппаратов представляет собой, бесспорно, важную задачу. И нами эта задача также решена.

Полученные нами решения позволяют по-новому подойти к вопросу проектирования, разработки новых сушильных аппаратов и установок и в совокупности представляют собой научные основы техники сушки дисперсных материалов во взвешенном слое [12-39]. С целью создания

научных основ техники сушки дисперсных материалов при эффективных гидродинамических режимах нами решён ряд основных задач:

- Анализ методов исследования характеристик влажных материалов и выбор рациональных способов, позволяющих оперативно проводить комплексный анализ материалов как объектов сушки;

- Разработка классификации влажных материалов как объектов сушки, позволяющей в отличие от существующих, осуществлять прямой переход от статики сушки к выбору рационального гидродинамического режима сушки во взвешенном слое;

- Выявление характеристических особенностей типовых гидродинамических режимов взвешенного слоя и разработка соответствующей классификации;

- Аналитические и экспериментальные исследования наиболее важных гидродинамических режимов взвешенного слоя с целью создания методов их расчета и уточнения области рационального применения;

- Разработка методов количественной оценки активности и эффективности гидродинамических режимов взвешенного слоя с целью объективной оценки альтернативных вариантов при исследованиях новых аппаратов и практическом выборе рациональной конструкции;

- Анализ существующих решений и выбор оптимальных конструкций типовых аппаратов с взвешенным слоем для каждого класса влажных дисперсных материалов;

- Разработка методов расчета и моделирования типовых сушильных аппаратов с взвешенным слоем дисперсного материала;

- Исследование средств пылеочистки, использующих режимы взвешенного слоя с целью создания экологически чистых сушильных аппаратов или агрегатов с взвешенным слоем;

- Анализ сушильной установки в целом с точки зрения энергетических затрат и разработка рекомендаций по улучшению работы отдельных частей сушильной установки;

- Разработка инженерных методов выбора и расчета сушильных установок для конкретных продуктов на основе комплексного анализа материалов как объектов сушки, особенностей технологических задач с учетом требований по экономии энергоресурсов и экологии.

В ходе исследований нами получены новые научные результаты [12-18; 37-58]:

- Создана система расчета, позволяющая без экспериментов перейти от статики к кинетике сушки во взвешенном слое на основе принципа соответственных состояний и кинетики сушки модельных материалов с осуществлением комплексного учета экономической целесообразности и экологической чистоты сушилки. Впервые представлены анализ и решения, относящиеся к сушильной установке в целом, включая не только собственно сушильные аппараты, но и комплектующее оборудование.

- Разработана классификация влажных дисперсных и гранулированных материалов как объектов сушки, включающая шесть классов, причем классификация влажных материалов впервые приведена в соответствие с классификацией пор по радиусам, что позволяет при известном механизме переноса влаги в порах правильно оценивать диффузионное сопротивление порового пространства и время удаления влаги из пор при сушке во взвешенном слое.

- Выявлены характеристические особенности типовых гидродинамических режимов взвешенного слоя и разработана соответствующая классификация. В частности установлено, что режим КС имеет ограниченную область рационального применения в связи с недостаточной гидродинамической устойчивостью, неудовлетворительной гидродинамической моделью, близкой к модели идеального смешения; невысоким показателем допустимой полидисперсности, образованием значительных зарядов статического электричества и ограниченной нагрузкой по газовой фазе.

- Проведено детальное изучение и математический анализ гидродинамики сушки в наиболее важных и малоисследованных гидродинамических режимах взвешенного слоя с позиций сушильной техники (псевдоожижение и фонтанирование, вихревой слой, закрученные потоки и др.). Осуществлено математическое описание поведения дисперсной и сплошной фазы при переменной массе частиц полидисперсной фазы с учетом изменения размеров частиц в процессе сушки и других особенностей поведения полидисперсной двухфазной системы с переменной массой при сушке во взвешенном слое.

- Разработаны методы количественной оценки эффективности гидродинамических режимов взвешенного слоя при сушке дисперсных материалов, в том числе с использованием эксергетического анализа и эксергетического коэффициента полезного действия.

- Рассмотрен вопрос о конструктивном совершенстве (на примере аппаратов ВЗП) с использованием уравнения Фоккера-Планка и характеристических функций; сформулированы принципы конструктивной оптимизации применительно к процессам сушки и пылеулавливания.

- Впервые проведен эксергетический анализ работы сушильных установок химической промышленности. Проведено сравнение балансового теплового анализа (энергетический баланс) и эксергетического анализа. Показана несостоятельность простого энергетического баланса как метода оценки работы сушильных установок и преимущества эксергетического анализа, позволяющего вскрыть реальные резервы и наиболее несовершенные узлы сушильной установки. С помощью эксергетического метода показана возможность снижения энергоемкости при использовании эффективных гидродинамических режимов.

- Разработаны методы выбора, расчета и моделирования типовых сушилок с взвешенным слоем для каждого класса влажных дисперсных материалов предложенной классификации.

Вся система научного анализа доведена нами до инженерных решений. Наш подход даёт возможность для каждого материала на основе комплексного анализа как объекта сушки (с использованием доступных практику приборов и предлагаемых нами инженерных методик) осуществить выбор эффективного гидродинамического режима и типового аппарата с взвешенным слоем материала [12-18; 57-69].

Применение разработанных методов позволяет значительно сократить затраты времени на проведение исследовательских работ, необходимых для создания и испытания экспериментальных сушильных установок с целью выбора рационального аппарата и режима сушки, а во многих случаях даже исключить эту стадию исследования.

Предлагаемые типовые аппараты с эффективными гидродинамическими режимами имеют в десятки раз меньшую металлоемкость по сравнению с традиционными аппаратами и занимают значительно меньшие производственные площади.

Разработчики новых сушильных аппаратов с взвешенным слоем материала могут на основании предложенных нами рекомендаций осуществить объективную оценку целесообразности своих разработок, сравнивая эксергетические КПД имеющихся и предлагаемых аппаратов.

Проектировщики, используя наши результаты и рекомендации, могут создать оптимальную для каждой технологической задачи сушильную установку, отличающуюся высокой эффективностью, обеспечивающую необходимое качество высушенного продукта и экологическую чистоту установки. При этом, как конструкторы, так и проектировщики могут осуществить не только необходимые технологические и гидродинамические расчеты, но и тепловые расчеты с использованием разработанных нами приемов и эксергетического анализа сушильных аппаратов и сушильной установки в целом, что обеспечит экономию энергоресурсов.

Как показали промышленные внедрения, разработанные нами методы и рекомендации позволяют значительно повысить эффективность процессов сушки дисперсных материалов и расширить область применения сушилок с взвешенным слоем в производствах химической и смежных с ней отраслей промышленности.

Список литературы

1. Measures to combat climate change // Official Website of the UN. - URL: https://www.un.org/ru/climatechange/net-zero-coalition (December 5, 2025)

2. The Thirtieth UN Climate Conference: A New Course for Global Climate Action // Diplomacy of France (Web resource of the Ministry of Europe and Foreign Affairs of France) (Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères)). - URL:

https://www.diplomatie.gouv.fr/ru/politique-etrangere/climat/la-lutte-contre-le-changement-climatique/tridcataya-konferenciya-oon-po-klimatu-novyj-kurs-v-interesah-global-nyh/article/tridcataya-konferenciya-oon-po-klimatu-novyj-kurs-v-interesah-global-nyh#:~:text=солидарного%20экологического%20планирования.-,Отличительный%20знак%20«10%2Dя%20годовщина%20принятия%20Парижского%20соглашения»,в%20продолжение%20духа%20Парижского%20соглашения. (December 5, 2025)

3. X Sustainable Development Week. Time for Applied Solutions // Sustainable Development Week.– URL: https://sdweek.ru (December 5, 2025)

4. The official portal of the UN Sustainable Development Goals. - URL: https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/ (December 5, 2025).

5. Renewable energy – ensuring a safer future // Official portal of the United Nations (UN). Measures to combat climate change. – URL: https://www.un.org/ru/climatechange/raising-ambition/renewable-energy (December 5, 2025).

6. UNEP. Emissions Gap Report 2022 // Official UN website.- URL: https://www.unep.org/ru/resources/doklad-o-razryve-v-urovne-vybrosov-za-2022-god (December 5, 2025).

7. Generative language model of AI (2025). Response to a user query received through an automated interface. - URL: https://www.perplexity.ai/search?q (December 5, 2025).

8. The role of system integrators in the digitalization of Russian business // RBC website. – URL: https://rtkit.rbc.ru/?utm_source=rbc&utm_medium=main&utm_campaign=rtkit25f-r-kakovyk-m&from=short_news (December 5, 2025).

9. Russian systems integration market 2025: how major Russian IT integrators are transforming businesses, automating processes, and creating digital ecosystems//KT Team website (KT Group LLC; COMPLICERTE TECH LLC, Komplizierte Technologien, Gmb). – URL: https://www.kt-team.ru/blog/russian-system-integration-market-2025-digital-ecosystems#:~:text=Системный%20интегратор%20становится%20полноправным%20ИТ,стабильно%20даже%20в%20условиях%20изменений (December 5, 2025).

10. New roles of integrators: from contractor to technology partner // Website it-world.ru (Founder: IT Media LLC). - URL:

https://www.it-world.ru/it-news/9no0uag0d3wgc4w00ws0o0wgckg84sw.html (December 5, 2025).

11. Industry of Russia // WIKIPEDIA. - URL: https://ru.wikipedia.org/wiki/Промышленность_России#cite_note-vds-3 (December 5, 2025).

12. Sazhin, VB Scientific foundations of heat and moisture treatment of dispersed and rolled materials / B.S. Sazhin, VB Sazhin. - M.: Chemistry, 2012, 776 p.

13. Sazhin, VB Drying in swirling flows: theory, calculation, technical solutions / VB Sazhin, MB Sazhina. M.: RosZITLP, 2001. 324 p.

14. Sazhin, VB Selection and calculation of suspended bed devices / VB Sazhin, MB Sazhina. M.: RosZITLP, 2001, 336 p.

15. Sazhin B.S., Sazhin VB Scientific foundations of drying technology / B.S. Sazhin VB Sazhin.- M.: Nauka, 1997. - 448 p.

16. Sazhin B.S., Bulekov A.P., Sazhin V.B. Exergy analysis of industrial installations. - Moscow. 2000. - 297 p.

17. Sazhin V.B. Scientific foundations of the strategy for selecting effective drying equipment / V.B. Sazhin, B.S. Sazhin. M.: Chemistry, 2013. - 544 p., ill.

18. B.S. Sazhin and V. B. Sazhin Scientific Principles of Drying Technology /New York-Connecticut-Wallingford (U.K.): Begell House Inc.-2007.-506 PP.

19. Sazhin V.B. //Theoretical foundations of chemical technology: 2008, 42, No. 6, pp. 638-653; 2001, 35.

20. Sazhin, VB Analysis of thermal conductivity of wet dispersed materials for calculating dryers with active hydrodynamics /VB Sazhin, BS Sazhin // Magazine "Central Scientific Bulletin". - T. 4. - No. 24 (89), 2019. - Pp. 4-6.

21. Sazhin VB, Sazhin BS Creation of efficient energy-resource-saving drying units /Topical issues of chemical technology and environmental protection. Cheboksary: Publishing house of the Chuvash. University, 2020. - 312 p. (ISBN 978-5-7677-3064-3). - Pp. 65-66.

22. V.B. Sazhin, B.S. Sazhin. Actual contemporary problems of effective drying of dispersed materials in swirled flows // Sciences of Europe, # 34, 2018, PP. 50-63.

23. Sazhin V.B. Theoretical, technological and operational innovation when drying dispersed materials in a fluid bed [Article] // Annali d'Italia, # 25: in 2 vv. – Vol. 1. Florence, Italy, 2021, p. 77 (ISSN 3572-2436). – P. 56-76.

24. Sazhin V.B. Analysis of energy efficiency of dryers with a fluidized bed of dispersed particles // Österreichisches Multiscience Journal # 45, 2021. – Vol. 1. – Innsbruck, Austria, 2021, p. 63. – P. 39-49.

25. V.B. Sazhin. Implementation of the principles of efficiency of energy-intensive technological processes//Technics and technology. Science, research, development #36, London – Warszawa: Diamond trading tour, 2020. – 76 s. - Str. 51-59.

26. Sazhin V. New phenomena and approaches in theory and practice of drying of dispersed materials in a vortex layer// Innovations and Tendencies of State-of-Art Science. Rotterdam: Mijnbestseller Nederland, 2021., p. 118. - 66-74 p.

27. V.B. Sazhin. Efficiency and reliability of drying plants In swirled flow mode// International Scientific Journal "Internauka". - №20 (120), 2022. – in 3vv. – Vol. 1 (ISSN 2520-2057). Kiev (Ukraine): Internauka, 2022. – P. 78-86.

28. V.B. Sazhin. Features of hydrodynamics and heat and mass transfer in vortex regimes //Technics and technology. Science, research, development #48. - Paris (France)- Warszawa (Poland): Diamond trading tour, 2021. – 77 str. - Str. 19-29.

29. V.B. Sazhin. Taking into account the dependence of thermal characteristics of wet dispersed materials on temperature and humidity when calculating dryers // Danish Scientific Journal (DSJ) No42/2020 (ISSN 3375-2389) in 4 vv. – Vol. 1. Istedgade 104 1650 København V Denmark, 2020. - 64 p. – P. 46-53.

30. Sazhin V.B. Theoretical, technological and operational innovation when drying dispersed materials in a fluid bed [Article] // Annali d'Italia, # 25: in 2 vv. – Vol. 1. Florence, Italy, 2021, p. 77 (ISSN 3572-2436). – P. 56-76.

31. V.B. Sazhin. Technological advantages of the new hydrodynamic regime of the annular layer in devices with counter swirling flows [Article] //Technics and technology. Science, research, development #46 Belgrade, Serbia - Warszawa: Diamond trading tour, 2021. – 64 str. - Str. 25-34.

32. Sazhin V.B. Multifunctional apparatus with counter swirling flows - efficient dryers and dust extractors // The priorities of the world science: experiments and scientific debate. – Morrisville (NC, USA): Lulu Press, 2021, p. 105. - P. 19-25.

33. V.B. Sazhin. Exergetic evaluation of efficiency and accounting for fluctuations of process parameters for industrial dryers of a suspended layer // Fundamental and applied sciences today. – Morrisville (USA): Lulu Press, 2021, p. 289. – 168-173 p.

34. Sazhin Victor. Basics of strategy for selection of effective drying units for disperse materials // Proceedings of the XXXVII International Multidisciplinary Conference «Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World». Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. 2023. 152 p. (ISBN 978-94-036-1025-2). – P. 108-117.

35. V.B. Sazhin, B. S. Sazhin Analysis of the thermal properties of the materials to be dried // Sciences of Europe. Vol. 1, # 12(12), 2017 | Technical Science. (ISSN 3162-2364, Czech Repub., Praha). - Pp. 100-110.

36. Sazhin VB, Sazhin BS Analysis of the application of non-stationary methods for studying the thermophysical characteristics of materials as drying objects // Current issues of modern science. - 2017.- No. 2 (14). - P. 26-38.

37. Sazhin VB. Carry-free dryers with counter swirling flows with a rotating annular layer of dispersed material / VB Sazhin, BS Sazhin // Central Scientific Bulletin. - No. 23 (64), 2018. - P. 42-43.

38. Sazhin Victor. Effective resource and energy saving when carrying out heat and mass transfer processes as a vector for reducing anthropogenic load //Topical areas of fundamental and applied research XXXIII: Proceedings of the Conference. Bengaluru, India, 20-21.11.2023. - Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2023, p.221(ISBN: 978-1 4466-5812-3), 124-130 p.

39. Sazhin B.S. Sazhin V.B., Bulekov A.P., Evaluation of the efficiency of devices with an active hydrodynamic mode based on their exergy characteristics // Theoretical Foundations of Chemical Technology.1999. Vol.33. No.5. Pp. 521-527.

40. Sazhin Victor. Efficient use of obsolete drying equipment when preparing it for operation after long-term storage // Proceedings of the XLVIII International Multidisciplinary Conference «Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World». Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. 2024. 146 p. (ISBN 978-84-685-5375-7). – P. 97-108.

41. Sazhin Victor. Energy and resource-saving dryers with counter-swiring flows for the development of nature-like technologies // Innovative scientific research XIV, 14-15.11.2024. Toronto. Canada. 2024, 453 p. (ISBN: 978-92-44514-28-3). – Pp. 441-453. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14199182.

42. Sazhin Victor. Exergetic analysis of dryer efficiency and of heat-using elements of the component equipment Scientific Investigation"//XXXVII International Multidisciplinary Conference "Recent Scientific Investigation". Proceedings of the Conference (October, 2022). Primedia E-launch LLC, Shawnee, USA. 2022. - 64 p. (ISBN 978-1-64871-560-0). – P 28-39.

43. Sazhin V.B. [et al.] Analysis of thermal conductivity for wet dispersed materials // Advances in Chemistry and Chemical Technology. Vol. XV. 2001, No. 1. P. 33-37.

44. Sazhin B.S., Sazhin V.B., Akulich A.V. Mathematical modeling of gas movement in the separation zone of a straight-through vortex apparatus based on the (κ_m-ε)-turbulence model // Theoretical Foundations of Chemical Technology. 2001, Vol. 35, No. 5, P. 472-478.

45. Sazhin V.B. [et al.] Analysis of the main approaches to the classification of materials as drying objects//News of universities: Chemistry and chemical technology, Vol. 48, No. 5, 2005. P. 99-104.

46. Sazhin V.B. [et al.] Analysis of the main characteristics of wet materials as drying objects during the rational selection of drying equipment // News of universities: Chemistry and chemical technology, Vol. 48, No.12, 2005. Pp. 98-104.

47. Sazhin V.B. [et al.] Mathematical model of the process of drying bulk products in a fluidized bed//Industrial heat engineering. - Academy of Sciences of the BSSR, 1985, No 6, Vol. 7, P 40-46.

48. Sazhin V.B. [et al.] Optimization of equipment design of drying processes in the suspended bed technique//Advances in Chemistry and Chemical Technology. Vol. XXI. 2007. No.1(69). P. 49-65

49. V.B. Sazhin & B.S. Sazhin. Actual contemporary problems of effective drying of dispersed materials in swirled flows [Article] //Sciences of Europe, # 34, 2018, in 4vv.- Vol. 1. Technical Science. (ISSN 3162-2364, Czech Repub., Praha). - 66 p. - PP. 50-63

50. V. B. Sazhin, B. S. Sazhin Analysis of the thermal properties of the materials to be dried // Sciences of Europe. Vol. 1, # 12(12), 2017 | Technical Science. PP. 100-110. (ISSN 3162-2364, Czech Repub., Praha)

51. Sazhin Victor. Basics of strategy for selection of effective drying units for disperse materials // Prospects and Key Tendencies of Science in Contemporary World XXXVII. Bubok Publishing S.L., Madrid, Spain. 2023. 152 p. (ISBN 978-94-036-1025-2). – P. 108-117.

52. Sazhin Victor. Effective resource and energy saving when carrying out heat and mass transfer processes as a vector for reducing anthropogenic load //Topical areas of fundamental and applied research XXXIII: Proceedings of the Conference. Bengaluru, India, 20-21.11.2023. - Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2023, p. 21 (ISBN: 978-14466-5812-3), 124-130 p.

53. V.B. Sazhin. Taking into account the dependence of thermal characteristics of wet dispersed materials on temperature and humidity when calculating dryers // Danish Scientific Journal (DSJ) No42/2020. - 64 p. – P. 46-53.

54. Sazhin Victor. The effect of changing the structure of flows in the apparatus on improving the efficiency of technological processes and the creation of multifunctional apparatuses with controlled (variable) hydrodynamics // Norwegian Journal of development of the International Science (NJD): NJD #99/2022. - Oslo, Norway, 2022. 58 p. (ISSN 3453-987). – P. 47-57.

55. V.B. Sazhin Utilization of heat from heat-technological equipment in multifunctional vortex-type apparatuses // The Strategies of Modern Science Development: XXII International scientific–practical conference. October 18-19, 2022, Morrisville, NC, USA. - 64 p (ISBN 978-1-4709-8225-6). – Pp. 31-37

56. Sazhin V.B. Vortex devices with effective hydrodynamic modes for sustainable development // Danish Scientific Journal (DSJ) No78/2023. – København, Denmark, 2023 (ISSN 3375-2389). - 95 p. – P. 82-94.

57. Sazhin V.B. Analysis of phase motion in vortex apparatuses. Theory, experiment, practice // Danish Scientific Journal (DSJ) No64/2022 (ISSN 3375-2389 : Istedgade 104 1650 København V Denmark, 2020. - 73 p. – P. 66-72.

58. Sazhin Victor. Methods for engineering calculation of characteristics of materials as drying objects and efficient process plants parameters [Article] // Annali d'Italia, # 36: Vol. 1. Florence, Italy, 2022, p. 78 (ISSN 3572-2436). – P. 63-77.

59. Sazhin Victor. Assessment of hydrodynamics of flows in the apparatus, modeling and calculation of vortex dust collectors with counter swirling flows [Article] // Annali d'Italia, # 50: Vol. 1. Florence, Italy, 2023, p. 70 (ISSN 3572-2436). – P. 51-69.

60. Sazhin V.B. Engineering and technical support in the formation of an environmentally friendly technosphere // The priorities of the world science: experiments and scientific debate XXX: Proceedings of the International scientific conference November 25-26, 2024, Morrisville, North Carolina, USA. Section «Economics». – Morrisville (NC, USA): Lulu Press, 2024, p. 92 (ISBN: 978-1-326-76672-6). – P. 28-37.

61. Sazhin V.B. Selecting an efficient dryer within the framework of the strategy for forming a nature-like technosphere // Proceedings of the XLIX International Multidisciplinary Conference «Innovations and Tendencies of State-of-Art Science». Mijnbestseller Nederland, Rotterdam, Nederland. 2024, 162 p. (ISBN: 978-94-036-1025-2). – Pp. 109-119.

62. Sazhin Victor. Energy and resource-saving drying units for the implementation of nature-like technologies // Scientific advances and innovative approaches. Proceedings of the XIV International Scientific and Practical Conference. - Tokyo, Japan. 2024. 250p (ISBN 978-92-44514-26-9). – Pp. 242-250. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14046748

63. Sazhin V.B. Efficient use of suspended bed drying equipment when renewing stocks // Fundamental and applied sciences today XXXV. - Bengaluru, Karnataka, India: Pothi.com, 2024, p. 206 p. (ISBN: 9781326853310). – Pp. 126-133.

64. Sazhin Victor. Efficient and environmentally friendly drying of dispersed materials in a suspended layer // Theoretical and practical perspectives XIII, 03-04.12.2024. Stockholm. Sweden. 2024, 149 p. (ISBN: 978-91-65423-97-8). – Pp. 141-149. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14509534 (December 5, 2025).

65. Sazhin Victor. Rational use of suspended bed modes for efficient drying of dispersed materials // Modern science: actual problems XVI. - Manchester. United Kingdom, 2024, p. 133 (ISBN: 978-91-65423-93-0). – PP. 126-133. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14091395

66. Sazhin Victor. Prospects of drying in a suspended layer in the conditions of formation of a nature-like technosphere // XXVII International Multidisciplinary Conference «Recent Scientific Investigation». Primedia E-launch LLC, Shawnee, USA. 2024. 188p (ISBN 978-1-64871-560-0)). – Pp. 131-141. Sazhin Victor. Scientific choice of rational technology for drying dispersed materials with effective hydrodynamic modes // Science in modern society XIII. 30.12.2024. Beijing. China. 2024, 260 p. (ISBN: 978-91-65423-98-5). – Pp. 240-248. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14510518 .

67. Sazhin Victor. Efficient drying of dispersed materials while minimizing eco-damage by means of exergy analysis // New problems of science and ways of their solution XVI. 10-11.12.2024. Paris. France. 2024, 260 p. (ISBN: 978-91-65423-98-5). – Pp. 240-248. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14510518

68. Sazhin Victor. Engineering and technical support for the process of forming an environmentally friendly technosphere // World science priorities. Proceedings of the XIV International Scientific Conference. Vienna, Austria. 2024. 179p (ISBN 978-92-44514-30-6). – Pp. 167-173. DOI https://doi.org/10.5281/zenodo.14285355 (December 5, 2025).

69. Sazhin Victor. Problems of digitalization of resource- and energy-incessive industrial processes to reduce man-made damage) 12 pp. (in print) // IV International scientific conference. Brussels. Belgium (02-03.12.2025)

ARRHYTHMIA CLASSIFICATION AND DATA INTEGRATION FOR PERSONALIZED TREATMENT

Anaxanim Mutallimova
Azerbaijan State Oil and Industry University,
Department of Instrument Engineering, Doctor of philosophy in technical sciences, Head teacher
Tarana Agayeva
Azerbaijan State Oil and Industry University,
Department of Instrument Engineering, Master's Student

ARİTMİYALARIN KLASSİFİKASİYASI VƏ FƏRDİ MÜALİCƏ ÜÇÜN DATALARIN İNTEQRASİYASI

Anaxanım Mütəllimova
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,
Cihaz mühəndisliyi kafedrası, Texnika üzrə fəlsəfə doktoru, baş müəllim
Təranə Ağayeva
Azərbaycan Dövlət Neft və Sənaye Universiteti,
Cihaz mühəndisliyi kafedrası, Magistr tələbəsi

КЛАССИФИКАЦИЯ АРИТМИИ И ИНТЕГРАЦИЯ ДАННЫХ ДЛЯ ПЕРСОНАЛИЗИРОВАННОГО ЛЕЧЕНИЯ

Анаханим Муталлимова
Азербайджанский государственный нефтяной и промышленный университет,
кафедра приборостроения, доктор технических наук
Тарана Агаева
Азербайджанский государственный нефтяной и промышленный университет,
кафедра приборостроения, магистрант

Abstract

Cardiac arrhythmias are disturbances in the rhythm and frequency of heartbeats. This leads to serious, life-threatening medical complications. Modern medical practice utilizes various methods for the diagnosis and treatment of arrhythmias. ECG reflects the electrical activity of the heart, while Echo (Echocardiography) reflects the heart's structure and function. The joint analysis of these two types of data by intelligent systems allows for a more accurate determination of the causes and mechanisms of arrhythmias. Integrated data enables a better understanding of the patient's unique situation, which leads to a personalized treatment approach. This, in turn, helps in selecting the most appropriate and effective treatment strategy (drug therapy, catheter ablation, implantable devices, etc.). The integration of data into a unified system and multimodal analysis through intelligent systems carry great potential for more accurate diagnostics, personalized treatment methods by assessing patient risks. Currently, decision-making mechanisms often remain a "black box". It is critically important for physicians to understand how intelligent systems arrive at a conclusion. This article investigates data integration and multimodal analysis for the classification of arrhythmias, and explores the transparency of intelligent models and eXplainable Artificial Intelligence (XAI).

Xülasə

Ürək aritmiyaları, ürək döyüntülərinin ritminin və tezliyinin pozulmasıdır. Bununla da həyat təhlükəsi olan ciddi tibbi fəsadlar yaranır. Müasir tibb praktikası aritmiyaların diaqnostikası və müalicəsi üçün müxtəlif metodlardan istifadə edir. EKQ ürəyin elektrik aktivliyini, EXO isə ürəyin strukturunu və funksiyasını əks etdirir. Bu iki məlumat növünün intellektual sistemlər tərəfindən birlikdə təhlili aritmiyaların səbəbini və mexanizmlərini daha dəqiq müəyyənləşdirməyə imkan verir. İnteqrasiya olunmuş datalar xəstənin unikal vəziyyətlərinin daha yaxşı anlmağa imkan verir ki, bu da fərdi müalicə yanaşmasıdır. Bununla da ən uyğun və effektiv müalicə strategiyasının (dərman terapiyası, kateter ablasiyası, implantasiya olunan cihazlar və s.) seçilməsinə kömək edir. Məlumatların vahid bir sistemdə inteqrasiyası və intellektual sistemlər vasitəsi ilə multimodal təhlil, daha dəqiq diaqnostika, xəstə risklərini qiymətləndirərək fərdi müalicə üsulları hazırlamaq üçün böyük potensial daşıyır. Hazırda qərar qəbul etmə mexanizmləri çox vaxt "qara qutu" olaraq qalır. Həkimlər üçün intellektual sistemlərin necə nəticəyə gəldiyini anlamaq kritik əhəmiyyət daşıyır. Bu məqalədə aritmiyaların klassifikasiyası üçün

məlumatların inteqrasiyası və multimodal təhlili araşdırılaraq intellektual modellərin şəffaflığı və izah edilə bilinən süni intellekt (XAI) araşdırılmışdır.

Аннотация

Сердечные аритмии – это нарушения ритма и частоты сердечных сокращений. Это приводит к серьёзным, опасным для жизни осложнениям. В современной медицине используются различные методы диагностики и лечения аритмий. ЭКГ отражает электрическую активность сердца, а эхокардиография – его структуру и функцию. Совместный анализ этих двух типов данных интеллектуальными системами позволяет более точно определить причины и механизмы возникновения аритмий. Интеграция данных позволяет лучше понять индивидуальную ситуацию пациента, что приводит к персонализированному подходу к лечению. Это, в свою очередь, помогает выбрать наиболее подходящую и эффективную стратегию лечения (медикаментозная терапия, катетерная абляция, имплантация устройств и т. д.). Интеграция данных в единую систему и мультимодальный анализ с помощью интеллектуальных систем открывают большие возможности для более точной диагностики и персонализированных методов лечения, оценивая риски для пациента. В настоящее время механизмы принятия решений часто остаются «чёрным ящиком». Врачам критически важно понимать, как интеллектуальные системы принимают решения. В данной статье исследуется интеграция данных и мультимодальный анализ для классификации аритмий, а также анализируется прозрачность интеллектуальных моделей и объяснимого искусственного интеллекта (XAI).

Keywords: *Arrhythmia, ECG, Echo, intelligent system, black box, Explainable AI*

Açar sözlər: *Aritmiya, EKQ, EXO, intellektual sistem, qara qutu, Example AI*

Ключевые слова: *аритмия, ЭКГ, эхокардиография, интеллектуальная система, «чёрный ящик», объяснимый искусственный интеллект.*

Introduction

Cardiac arrhythmias, defined as disturbances in the rhythm and frequency of heartbeats, constitute a widespread clinical problem affecting a significant portion of the global population. The prevalence of arrhythmias is increasing due in part to factors such as population aging, the rising incidence of cardiovascular diseases, and the widespread presence of other comorbid conditions. This situation makes the issues of early diagnosis, risk assessment, and the development of effective treatment strategies for arrhythmias extremely pertinent and timely.

In the contemporary era, the development of intellectual systems for the classification and diagnosis of arrhythmias is drawing growing interest. Traditional diagnostic methods, particularly Electrocardiography (ECG) and Echocardiography (Echo), play a fundamental role in detecting arrhythmias and assessing the heart's structural and functional status. However, the analysis of the large volume of data generated by these examinations can often be subjective and time-consuming.

In this context, the multimodal integration of analyses derived from ECG and Echo examinations through intellectual systems emerges as a crucial research direction. While intelligent algorithms can simultaneously analyze complex patterns within ECG signals and structural-functional changes in Echo images, the issue of using these analyses to inform more accurate diagnostic decisions, including the classification of arrhythmia type and the determination of prognosis, still remains unresolved. It is anticipated that the development of these systems will enable the formulation of personalized treatment strategies.

1. Research Objective and Significance

Research Objective The primary objective of this study is to evaluate the extent to which the integration of data from various modalities, such as ECG and Echo, via intellectual systems improves the diagnostic accuracy and clinical management of arrhythmias. Furthermore, this research aims to investigate the role of intelligent systems in arrhythmia classification and the potential benefits of implementing multimodal integration in clinical practice. Such an approach can contribute to optimizing patient treatment and reducing the risk of cardiovascular events by providing physicians with more reliable and objective data.

Significance and Current Relevance It should be noted that the multimodal integration of ECG and Echo analyses through intellectual systems holds great potential for developing more precise diagnostics, risk assessments, and personalized treatment protocols. However, the decision-making mechanisms of many current intelligent systems often remain a "black box." This lack of transparency makes it difficult

for clinicians to understand how a system arrives at a specific conclusion, which may diminish trust in these systems during clinical decision-making.

Consequently, the application of Explainable Artificial Intelligence (XAI) technologies is becoming increasingly critical. XAI facilitates the interpretation of the reasoning behind the decisions made by intelligent systems, thereby ensuring greater transparency and clarity for physicians during the diagnostic process. This enables healthcare professionals to better evaluate system recommendations, identify potential errors, and ultimately make more informed decisions regarding patient care. Therefore, future research must focus not only on multimodal integration but also on the application of XAI principles, which will pave the way for a broader and more reliable utilization of intelligent systems in clinical practice.

2. Problem Statement and Related Work

The Dilemma of Interpretability vs. Accuracy In daily clinical practice, physicians provide medical care by interpreting a wide array of data, including physical examination findings, blood tests, imaging results, socioeconomic status, and standardized treatment protocols. Artificial Intelligence (AI) can assist in clinical decision-making by processing these diverse data sources. From this perspective, intelligent system models applied in medical practice must achieve both high performance and a significant degree of interpretability. However, many AI models involve a trade-off between high accuracy and interpretability. This issue, often referred to as the "black box" problem, is observed not only in medicine but across various domains. Consequently, various machine learning techniques have been developed to enhance the "explainability" of these models, leading to the field of Explainable AI (XAI).

Multimodal Challenges in Arrhythmia Diagnosis The diagnosis and risk assessment of cardiac arrhythmias remains a critical challenge in modern cardiology. While traditional diagnostic methods, particularly Electrocardiography (ECG), are fundamental for evaluating electrical activity, additional insights regarding the heart's structural and functional status are often required. In this regard, imaging modalities such as Echocardiography (Echo) provide invaluable data.

Case Study: Integration of ECG and Echo Data Recent studies indicate that applying AI technologies to medical data analysis holds immense potential for enhancing diagnostic precision and developing personalized treatment strategies. A notable example is the research conducted by scientists at the University of Tokyo [1]. In this study, data from a large cohort of patients (n = 37,103) who underwent Echo examinations and subsequent ECGs within a specific time interval at the University of Tokyo Hospital were analyzed. The researchers integrated ECG and Echo data using machine learning algorithms to predict a reduction in Left Ventricular Ejection Fraction (LVEF). The study population included patients aged 18 and older who underwent Echo between January 2015 and December 2019 and had an ECG taken within 28 days post-Echo. The paired datasets (the internal dataset) were randomly partitioned into training (29,907 pairs from 15,135 patients; ~80.6%) and test sets (~19.4%). A significant aspect of this research is the implementation of XAI methods to interpret the model's decision-making mechanisms. Using SHAP (SHapley Additive exPlanations) values, the study clarified which ECG parameters influenced the model's prediction of reduced LVEF. This enables physicians to better understand the system's output and increases confidence in clinical decision-making.

External Validation and Conclusion. *Furthermore, the model's performance was benchmarked against independent assessments by experienced cardiologists—a vital step in evaluating how AI systems align with and support the expertise of clinicians [1]. To ensure the generalizability of their findings, the University of Tokyo researchers validated their model using an independent external dataset from Mitsui Memorial Hospital [1].*

In conclusion, this research demonstrates that the multimodal integration of vast clinical data, combined with XAI methods, can lead to substantial advancements in the diagnosis and risk assessment of cardiovascular diseases. Such approaches pave the way for the development of more accurate, transparent, and personalized diagnostic tools in the future.

3. Proposed Methodology

Integrated Multimodal Framework and XAI Principles This study proposes a novel approach based on multimodal data integration and enhanced Explainable AI (XAI) principles for the accurate and transparent diagnosis of cardiac arrhythmias. Addressing the limitations of current diagnostic methods and the "black box" nature of AI systems, this framework aims to integrate rich clinical data from diverse modalities, such as ECG and Echo. The goal is to create a robust and interpretable system for arrhythmia classification, risk assessment, and the formulation of personalized treatment strategies.

Feature Extraction and Model Training. *The proposed methodology involves extracting clinically relevant features from ECG signals and Echo images. These features are subsequently integrated using*

deep learning or other advanced machine learning algorithms to train models for automated classification and prognosis. Central to this system is the interpretability of its decision-making mechanisms. To ensure that model outputs are comprehensible to clinicians, several XAI techniques are employed:

- *SHAP (SHapley Additive exPlanations): This method quantifies the individual contribution of each feature (e.g., specific ECG or Echo parameters) to the model's prediction, allowing for patient-specific visualization of the factors driving the decision.*
- *LIME (Local Interpretable Model-agnostic Explanations): Used to explain the prediction of a complex model locally around a specific data instance, helping to clarify why a particular result was generated for a specific patient.*
- *Attention Mechanisms: Employed within deep learning models to identify which segments of the ECG signal or regions of the Echo image the model prioritized during analysis.*
- *Hierarchical Decision Structures: Rule-based extraction used to present model principles in a simpler, structured format.*

Overcoming Temporal Limitations with B-LIME. Despite the high accuracy of AI models in arrhythmia diagnosis, their lack of transparency hinders clinical adoption. To address this, an improved version of the LIME method is specifically used. Standard LIME uses perturbation techniques to generate artificial data points around a prediction to train an interpretable surrogate model. However, LIME struggles with time series data such as ECG due to strong temporal dependencies between points. Its random perturbation approach often results in unstable and unrealistic synthetic signals that ignore natural correlations.

To mitigate these limitations, Bootstrap LIME (B-LIME) is applied. B-LIME replaces random perturbations with a resampling mechanism specifically designed for time-series features. This approach provides robust and reliable explanations by maintaining the structural integrity of cardiac cycles.

The B-LIME Workflow:

1. *Segmentation: Long-term ECG recordings are partitioned into individual heartbeats (segments).*
2. *Bootstrapping: Instead of random noise injection, B-LIME applies resampling techniques using these real heartbeat segments.*

Visualization of Perturbation Differences (Figure 1): Figure 1 illustrates the fundamental difference between LIME and B-LIME in generating perturbation data for ECG. In standard LIME, the generated instances (green points) around the reference point (red point) are randomly distributed, disregarding temporal dependencies and resulting in noisy, unrealistic signals. Conversely, the B-LIME method ensures that the perturbed data remains consistent with real ECG structures. By preserving the morphology of the original heartbeat, B-LIME provides more stable, precise, and clinically valid explanations, effectively solving the interpretability challenges associated with time-series data in XAI.

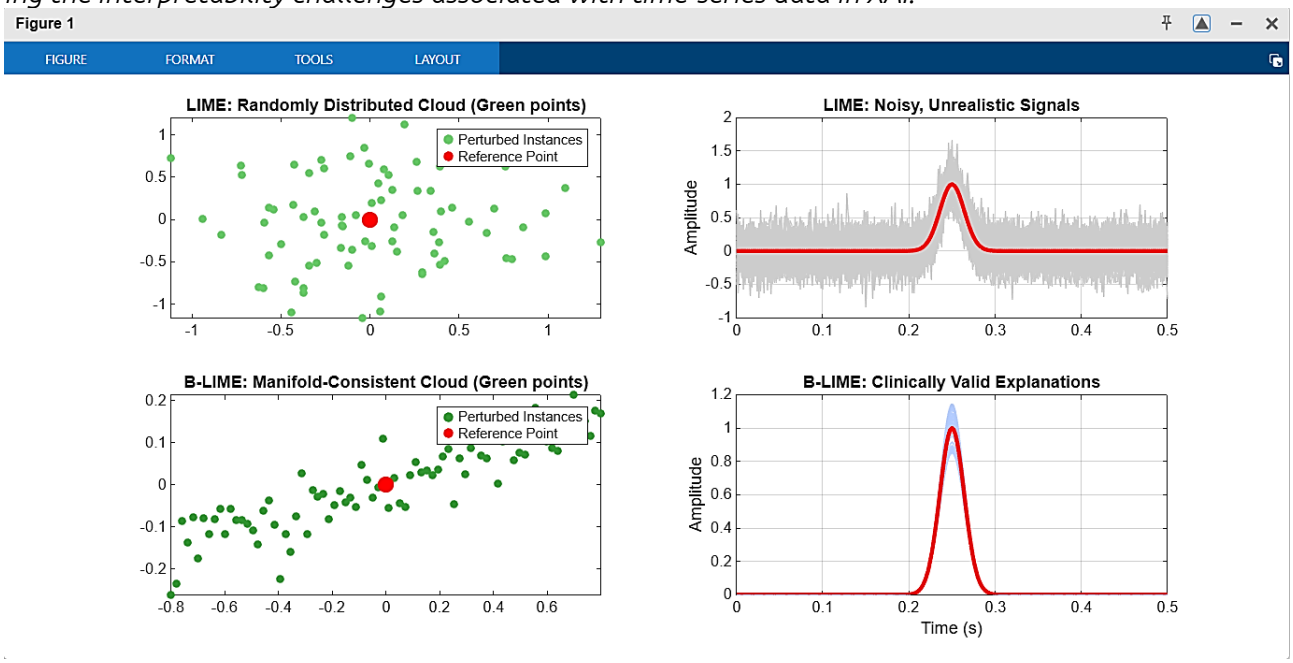


Figure 1. Comparison of data generation mechanisms between LIME and B-LIME methods for time-series ECG data.

Conclusion

The proposed approach is based on the integration of clinically relevant features extracted from ECG signals and Echo images using deep learning and other modern machine learning algorithms for the automated classification and prognosis of cardiac arrhythmias. This multimodal integration holds significant potential to enhance diagnostic precision in clinical settings.

Correspondingly, the LIME method was utilized to interpret time-series data such as ECG. To address the inherent limitations of standard LIME in this context, an enhanced version, B-LIME, was implemented. Unlike the standard LIME approach, B-LIME employs segmentation and resampling techniques that account for the temporal dependencies between features. This ensure that the generated results are more realistic and consistent with the original structural morphology of heartbeats. Consequently, the B-LIME method provides more stable and reliable explanations for time-series data, offering a robust solution to the "black box" problem in AI-driven cardiac diagnostics.

References

1. Jo R, Tanaka K, Yamashita T, et al. AI-enabled ECG algorithm for predicting reduced left ventricular ejection fraction. Eur Heart J Digit Health. 2023;4(3):254-263.

2. Katsushika S, Kodera S, Nakamoto M, et al. Deep learning algorithm to detect cardiac sarcoidosis from echocardiographic movies. Circ J. 2022;86(4):691-699.

3. Ghassemi M, Oakden-Rayner L, Beam AL. The false hope of current approaches to explainable artificial intelligence in health care. Lancet Digit Health. 2021;3(11):e745-e750.

4. Poon AIF, Sung JJY. Opening the black box of AI-medicine. J Gastroenterol Hepatol. 2021;36(3):581-584.

5. Lopez-Jimenez F, Attia Z, Arruda-Olson AM, et al. Artificial intelligence in cardiology: present and future. Mayo Clin Proc. 2020;95(5):1015-1039.

6. Sakaue S, Hirata J, Kanai M, et al. Dimensionality reduction reveals fine-scale structure in the Japanese population with consequences for polygenic risk prediction. Nat Commun. 2020;11(1):1569.

7. Dervovic D, Payrató-Borràs C, Botterman R, et al. Explanations for automated clinical decision making with expert-in-the-loop validation. Philos Trans R Soc A. 2021;379(2206):20200253.

ISBN

https://sconferences.com
info@sconferences.com