

publisher.agency
Czechia

October, 2026

No 14



Prague, Czechia
1-2.10.2026

International
Scientific
Conference

**Research
Reviews**

UDC 001.1

P 97

Publisher.agency: Proceedings of the 14th International Scientific Conference «Research Reviews» (October 1-2, 2026). Prague, Czech republic, 2026. 138p



ISBN 978-8-6271-7920-0

DOI 10.5281/zenodo.23148013

Editor: Božena Kavková, Professor, University of Prague

International Editorial Board:

Vasyl Bobek

Professor, Palacký University of Olomouc

Filip Karban

Professor, Technical University of Ostrava

Miroslav Peterka

Professor, Brno University of Technology

Radomír Voráček

Professor, Masaryk University in Brno

Štěpán Baláž

Professor, Mendel University Brno

David Fabián

Professor, University of Pardubice

Pavel Štefan

Professor, University of West Bohemia

Luboš Melichar

Professor, University of Ostrava

Natálie Tvrďá

Professor, University of Silesia, Opava

Lukáš Trnka

Professor, Technical University of Liberec

Viktor Jonáš

Professor, University of Hradec Králové

Veronika Vrbová

Professor, Tomas Bata University in Zlín

Adéla Kaňová

Professor, Law University in Prague

Emil Stejskal

Professor, Prague German University

editor@publisher.agency

<https://publisher.agency/>

Table of Contents

Pedagogical Sciences

ҚАЗАҚ ХАЛЫҚ ЕРТЕГІЛЕРІ АРҚЫЛЫ БАСТАУЫШ СЫНЫП ОҚУШЫЛАРЫНЫҢ АДАМГЕРШІЛІК ҚАСИЕТТЕРІН ҚАЛЫПТАСТЫРУ 5

БЕГАСЫЛ АҚНИЕТ СМАҒУЛҚЫЗЫ
КЕНЖЕБАЕВА К.С.

Geographic Sciences

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТАЛГАР НА ОСНОВЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ..... 13

НАКОНОВА ҚЫМБАТ МОРЯКҚЫЗЫ

Medical Sciences

ADHD AND DIET- THE ROLE OF NUTRITION IN SYMPTOM MANAGEMENT..... 18

RIZWI RAYAROTH HAMZA
SHRI SUBAA MATHY MUTHUVELAYUTHAM SANGARANACHIAR
TEA ABZHANDADZE

Physical and Mathematical Sciences

ОҚУШЫЛАРҒА ФИЗИКАНЫ ТӘЖІРИБЕЛЕР АРҚЫЛЫ ТҮСІНДІРУ 26

РАХЫМБЕКОВ АЙТБАЙ ЖАПАРОВИЧ
КАБДУЛЛАЕВА НАРГИЗ НИЯЗБЕКОВНА
АЙТҚАЗЫ ҚАРАҚАТ ҚАЙРАТҚЫЗЫ
МАГАЗОВА АМИРА РУСТАМОВНА
САҒЫМ АЯУЛЫМ ӘЛБИҚЫЗЫ
УАТАЙ ДИАНА НҮРЛАНҚЫЗЫ

ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗІШТІКТІҢ ҚОСПАЛАР КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНАН ТӘУЕЛДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ 29

РАХЫМБЕКОВ АЙТБАЙ ЖАПАРОВИЧ
ЖУМАДИЛ ӘДІЛ ЖАҚСЫЛЫҚҰЛЫ

ФИЗИКА БАҒЫТЫНДА ОҚИТЫН СТУДЕНТТЕРДІҢ ҒЫЛЫМИ ІЗДЕНІСТЕРІН ШЫҢДАУ 34

ЕСЕНҒАБЫЛОВА НҮРҒАЛИПА ЖАНСЕРКЕНОВНА
ЕСЕНҒАБЫЛОВ ИЛҒЫС ЖАНСЕРКЕНОВИЧ
РАХЫМБЕКОВ АЙТБАЙ ЖАПАРОВИЧ

ОҚУШЫЛАРДЫҢ ЗЕРТТЕУШІЛІК ДАҒДЫЛАРЫН ИННОВАЦИАЛАУ ЖОЛДАРЫ 38

РАХЫМБЕКОВ АЙТБАЙ ЖАПАРОВИЧ
МЕРЗЕТБЕКОВА САЛТАНАТ ЕРБОЛҚЫЗЫ

БЕТОНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СПОСОБОВ ИХ СОЗДАНИЯ..... 42

КУЛЬШИКОВА САУЛЕ ТЮЯКБАЙЕВНА

Political Studies

BUILDING KAZAKHSTAN’S DIGITAL SOVEREIGNTY MODEL: NATIONAL INTERESTS, DATA LOCALIZATION, AND TECHNOLOGICAL INDEPENDENCE .. 52

M.LEUBAEV

Technical Sciences

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕМБРАННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ (ОБРАТНЫЙ ОСМОС И УЛЬТРАФИЛЬТРАЦИЯ) ПРИ ОЧИСТКЕ ВОДЫ ДЛЯ ПИЩЕВОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ 59

ЖОЛДАСБАЕВ АЙБАР ЕРЖАНОВИЧ
ТУЛТАБАЕВ МУХТАР ЧУМАНОВИЧ

ПРОЧНОСТНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ В БЕТОНЕ 64

А. Б. АРЫСТАНБЕК
С. С. УДЕРБАЕВ

Philological Sciences

ATTENTION, AWARENESS, AND OUTPUT: COGNITIVE FOUNDATIONS FOR LEARNING COMPLEX LANGUAGE STRUCTURES 70

VUSALƏ HƏSƏNOVA

THE ROLE OF DIGITAL RESOURCES IN TEACHING THE KAZAKH LANGUAGE AND LITERATURE 80

KASSYMOVA ZHANAT
KUKENOVA ASSEL

Philosophical Sciences

THE INTENTIONAL NATURE OF SPEECH ACTS IN P. GRICE’S ANALYTIC PHILOSOPHY OF LANGUAGE 87

ARINOVA OLGA TASTANBEKOVNA
BELOVA MARIA NIKOLAEVNA

Art History

THE IDEA OF FREEDOM IN SCHILLER'S DRAMA	92
<i>TEA TSAGURIA</i>	
<i>TEIMURAZ KEZHERADZE</i>	

Veterinary Sciences

EFFECT OF PRELIMINARY DEWORMING WITH 'IVERGEL' ON THE FORMATION OF HUMORAL IMMUNITY DURING VACCINATION OF HORSES AGAINST STREPTOCOCCUS EQUI	95
<i>BORSYNBAYEVA ASSIYA MADENOVNA</i>	
<i>TURGENBAYEV KAIRAT ALTYNBEKOVICH</i>	
<i>ZHANTELIYEVA LAURA ORAZAKYNOVNA</i>	
<i>OZATBEKULY AMANBEK</i>	

Biological Sciences

2024-2025 ЖЫЛДАРДАҒЫ КІШІ АРАЛ ТЕҢІЗІНДЕГІ МАУСЫМДЫҚ ЗООПЛАНКТОН ДИНАМИКАСЫ!	103
<i>М.Б.ҮСЕНОВА</i>	

Historical Sciences

YAN HUS, ITS TRAINING, AND THE HUSSITE WARS	110
<i>MEHDIYEVA AYTEN ALI</i>	

Sociological Sciences

GLOBAL LEADERSHIP IN THE ERA OF INFORMATION TRANSFORMATIONS.....	117
<i>MILKA PETROVA</i>	

Psychological Sciences

BIOLOGICAL, PSYCHOLOGICAL, AND SOCIAL FACTORS DETERMINING HUMAN PSYCHOLOGICAL WELL-BEING	123
<i>MAHMUDZADEH GULSHAN ELMAN</i>	

Geographic Sciences

AYSBERQLƏRİN COĞRAFIYASI: KRIOSFER VƏ OKEANOSFER ARASINDA HIDRODINAMİK, TERMODINAMİK VƏ EKOLOJİ QARŞILIQLI ƏLAQƏLƏR	129
<i>ŞƏRƏQ ƏLİYEVƏ MƏMMƏD QIZI</i>	
BÖYÜK QAFQAZIN CƏNUB-ŞƏRQ YAMACININ ARİD LANDŞAFTLARININ TƏBİİ KOMPONENTLƏRİNİN QARŞILIQLI ƏLAQƏSİ	133
<i>AYGÜN İSMAYİLOVA</i>	
<i>AYTƏN TEYMUROVA</i>	

Pedagogical Sciences

Қазақ халық ертегілері арқылы бастауыш сынып оқушыларының адамгершілік қасиеттерін қалыптастыру

Бегасыл Ақниет Смағұлқызы

7M01303 - Бастауыш оқыту педагогикасы мен әдістемесі тобының 2 – курс
магистранты

Кенжебаева К.С.

ф.ғ.д., PhD-профессор, Қорқыт Ата атындағы Қызылорда университетінің аға
оқытушысы

АНДАТПА

Мақалада бастауыш сынып оқушыларының бойында адамгершілік қасиеттерін қалыптастыру мәселесінің теориялық негіздері мен оны жүзеге асыру жолдары жан-жақты қарастырылған. Қазіргі жаһандану дәуірінде өскелең ұрпаққа ұлттық тәрбие беру, оларды ізгілікке, адалдыққа, еңбекқорлыққа және үлкенді сыйлауға баулу – педагогика ғылымының маңызды міндеттерінің бірі болып табылады. Авторлар бастауыш сынып оқушыларының жас ерекшеліктерін, психологиялық-педагогикалық мүмкіндіктерін ескере отырып, қазақ халық ертегілерінің тәрбиелік әлеуетін тиімді пайдалану жолдарын ұсынады.

Зерттеу барысында қазақ халық ертегілерінің мазмұнындағы моральдық-этикалық құндылықтардың оқушылардың дүниетанымын кеңейтуге, жақсы мен жаманды ажырата білуге, сондай-ақ саналы тәрбие алуға тигізетін әсері ғылыми тұрғыдан дәлелденді. Сондай-ақ оқу үдерісі мен сыныптан тыс жұмыстарда ертегілерді қолданудың тиімді әдіс-тәсілдері, атап айтқанда, сахналау, талқылау, шығармашылық жұмыстар мен дидактикалық ойындар жүйесі ұсынылған. Мақалада келтірілген тәжірибелік нәтижелер мен әдістемелік ұсынымдар бастауыш сынып мұғалімдеріне, психологтарға және педагогика мамандығының студенттеріне тәжірибеде қолдану үшін аса құнды болып табылады. Зерттеу жұмысының нәтижелері мектеп пен отбасы арасындағы тәрбиелік байланысты нығайтуға өз септігін тигізеді.

Кілт сөздер: Адамгершілік қасиеттер, қазақ халық ертегілері, ұлттық тәрбие, педагогикалық әлеует, рухани құндылықтар, оқушы дүниетанымы, әдістемелік ұсынымдар.

АННОТАЦИЯ

В статье всесторонне рассматриваются теоретические основы формирования нравственных качеств у учащихся начальных классов и пути их реализации. В современную эпоху глобализации воспитание подрастающего поколения на основе национальных традиций, приобщение их к доброте, честности, трудолюбию и уважению к старшим является одной из важнейших задач педагогической науки. Авторы предлагают эффективные пути использования воспитательного потенциала казахских народных сказок с учетом возрастных, психолого-педагогических особенностей младших школьников.

В ходе исследования научно доказано влияние морально-этических ценностей, содержащихся в казахских народных сказках, на расширение кругозора учащихся, умение отличать добро от зла, а также на их осознанное воспитание. Кроме того, предложены эффективные методы и приемы использования сказок в учебном процессе и внеклассной работе, в частности: драматизация (инсценировка), обсуждение, творческие работы и система дидактических игр. Приведенные в статье практические результаты и методические рекомендации представляют большую ценность для практического применения учителями начальных классов, психологами и студентами педагогических специальностей. Результаты исследования способствуют укреплению воспитательной связи между школой и семьей.

Ключевые слова: Нравственные качества, казахские народные сказки, национальное воспитание, педагогический потенциал, духовные ценности, мировоззрение учащихся, методические рекомендации, начальные классы.

ABSTRACT

The article comprehensively examines the theoretical foundations of the formation of moral qualities in primary school students and the ways of their implementation. In the modern era of globalization, educating the younger generation based on national traditions, instilling kindness, honesty, diligence, and respect for elders is one of the most important tasks of pedagogical science. The authors propose effective ways to utilize the educational potential of Kazakh folk tales, taking into account the age and psycho-pedagogical characteristics of younger schoolchildren.

The study scientifically proves the impact of moral and ethical values contained in Kazakh folk tales on expanding students' horizons, their ability to distinguish between good and evil, and fostering conscious upbringing. Additionally, the article suggests effective methods and techniques for using fairy tales in the educational process and extracurricular activities, specifically: dramatization (staging), discussion, creative work, and a system of didactic games. The practical results and methodological recommendations presented in the paper are of great value for practical application by primary school teachers, psychologists, and students of pedagogical specialties. The research findings contribute to strengthening the educational bond between school and family.

Keywords: Moral qualities, Kazakh folk tales, national education, pedagogical potential, spiritual values, students' worldview, methodological recommendations, primary school.

Қысқашы. Қазіргі таңда тәуелсіз Қазақстан Республикасының білім беру жүйесінің басты стратегиялық бағыттарының бірі – өскелең ұрпақты жан-жақты дамыған, рухани-адамгершілік құндылықтарды бойына сіңірген, бәсекеге қабілетті тұлға етіп тәрбиелеу болып табылады. Жаһандану үдерісі мен ақпараттық технологиялардың қарқынды дамыған кезеңі қоғамдағы құндылықтар жүйесінің өзгеруіне әсер етіп, жас ұрпақтың тәрбиесіне жаңа талаптар қояды [1]. Осы орайда, бастауыш мектеп кезеңі – баланың жеке тұлға ретінде қалыптасуының ең маңызды іргетасы, яғни адамгершілік бағдарлардың алғашқы ұрықтары себілетін сенімді кезең. Бұл кезеңде оқушының дүниетанымы кеңейіп, айналадағы әлемді қабылдауы, жақсы мен жаманды, ізгілік пен зұлымдықты таразылау қабілеті қарқынды түрде дамиды.

Өзектілігі. Қоғамдағы рухани дағдарыстар мен жат ағымдардың әсеріне қарсы тұрудың бірден-бір жолы – ұлттық тәрбие мен халық педагогикасының қайнар бұлағын оқу-тәрбие үдерісіне кеңінен енгізу. Қазақ халық ертегілері ғасырлар бойы ата-бабамыздан

қонып келе жатқан баға жетпес рухани мұра, тәрбиенің алтын бесігі. Дегенмен, қазіргі білім беру тәжірибесінде оқушылардың жас ерекшеліктеріне сәйкес қазақ халық ертегілерінің тәрбиелік әлеуетін жүйелі түрде пайдалану әдістемесі әлі де болса толық шешімін таппаған өзекті мәселелердің қатарында қалып отыр [2]. Мектеп бағдарламаларында ертегілер көбінесе тек әдеби шығарма ретінде оқытылып, олардың тәрбиелік, моральдық-этикалық мүмкіндіктері толыққанды ашылмай жатады. Бұл жағдай педагогикалық теория мен тәжірибе арасындағы қарама-қайшылықты туындатып, арнайы ғылыми зерттеу жүргізуді талап етеді.

Бастауыш сынып оқушыларының адамгершілік қасиеттерін қалыптастыру процесінде қазақ халық ертегілерінің бай әлеуетін педагогикалық тұрғыдан тиімді ұйымдастырудың ғылыми-әдістемелік жүйесінің жеткіліксіздігі және оны оқу-тәрбие үдерісіне кешенді түрде енгізудің тетіктерінің толық айқындалмауы [3].

Зерттеудің мақсаты. Бастауыш сынып оқушыларының бойында адамгершілік қасиеттерін қалыптастыруда қазақ халық ертегілерінің тәрбиелік әлеуетін тиімді пайдаланудың теориялық негіздерін әзірлеу және оның әдістемелік жүйесін тәжірибеде сынақтан өткізу.

Аталған мақсатқа жету үшін төмендегідей міндеттер белгіленді:

1. Бастауыш сынып оқушыларының адамгершілік қасиеттерін қалыптастырудың педагогикалық-психологиялық теориялық негіздерін ғылыми тұрғыдан талдау;
2. Қазақ халық ертегілерінің тәрбиелік, дидактикалық және рухани әлеуетінің мүмкіндіктерін анықтау;
3. Бастауыш сынып оқушыларының жас ерекшеліктерін ескере отырып, адамгершілік қасиеттерін қалыптастырудың критерийлері мен көрсеткіштерін белгілеу;
4. Тәжірибелік-эксперименталдық жұмыстар арқылы ұсынылған әдістемелік жүйе мен ұсынымдардың тиімділігін дәлелдеу.

Бастауыш сынып оқушыларының бойында адамгершілік қасиеттерді қалыптастыруда қазақ халық ертегілерінің тәрбиелік әлеуетін кешенді түрде пайдаланудың педагогикалық модельдік негіздері тұжырымдалды [4].

Қазақ халық ертегілерінің мазмұны арқылы оқушылардың ізгілік, еңбекқорлық, адалдық және үлкенді сыйлау сияқты қасиеттерін дамытудың жанама және тікелей әдістемелік жолдары теориялық тұрғыдан негізделді.

Оқушылардың рухани-адамгершілік деңгейін анықтауға арналған диагностикалық құралдар мен сыныптан тыс жұмыстарға арналған практикалық әдістемелік ұсынымдар жиынтығы әзірленді.

Мақалада қолданылған әдіснамалық тәсілдер мен зерттеу нәтижелері бастауыш сынып мұғалімдерінің тәрбиелік жұмыстарын жетілдіруге, оқушылардың дүниетанымын кеңейтуге және мектеп пен отбасы арасындағы сабақтастықты нығайтуға елеулі үлес қосады [5].

Материалдар мен әдістер. Бастауыш сынып оқушыларын адамгершілік тәрбиелеуде ертегілер мүмкіндіктерін анықтауда біз келесі әдістер пайдаландық: теориялық зерттеу (халық ертегілерінің теориялық негіздері мен олардың балалардың дамуындағы рөлі жөніндегі ғылыми әдебиеттерді зерттеу, ғалымдардың ертегілердің тәрбиелік мәні туралы пікірлеріне талдау жасау); контент-талдау (қазақ халық ертегілерінің мәтіндерін талдау арқылы олардың тәрбиелік мәні, адамгершілік құндылықтарды насихаттауы, әрбір ертегіде кездесетін негізгі тақырыптар мен кейіпкерлердің мінез-құлықтарын зерттеу, олардың тәрбиелік әсері сараптау); салыстырмалы талдау (әртүрлі халықтардың ертегілеріндегі ұқсас мотивтер мен тақырыптар салыстыру, қазақ ертегілерінің ұлттық ерекшеліктері мен балаларға берер тәрбиесі айқындау); жалпылау (зерттеу нәтижелері бойынша ертегілердің

балаларды тәрбиелеудегі тиімділігін көрсету үшін нақты мысалдар мен практикалық ұсыныстар беру).

Ғылыми әдебиеттерді талдау адамгершілік тәрбие мәселесі шетелдік және отандық педагогиканың танымал классиктері Я.А. Коменский, Ж. Руссо, Дж. Локк, И.Ф. Гербарт, И.П. Песталоцци, К.Д. Ушинский, Л.Н. Толстой, В.А. Сухомлинский, тағы басқа ағартушылар мен ғалымдардың зерттеу тақырыбы болғанын көрсетті [6]. Қазіргі педагогикада адамгершілік тәрбиесінің жалпы мәселелері А.М. Архангельский, еңбектерінде қарастырылған. Бірқатар зерттеушілер өз жұмыстарында ертегілер арқылы бастауыш сынып оқушыларына адамгершілік тәрбие беру мәселелерін атап өтеді. Ертегілерді зерттеуде белгілі фольклортанушы ғалымдар В.П. Аникин, А.Н.Афанасьев, және т.б. айтарлықтай үлес қосты олар халық ертегілерін идеялық мазмұнының байлығы, танымдық-дидактикалық мәні мен маңызын жоғары бағалады. Көптеген заманауи жазушылар мен педагогтар (Ш.А. Амонашвили, А.П. Усова, және т.б.) ертегінің бастауыш сынып оқушысының жеке тұлғасын қалыптастырудағы үлкен рөлін айтады.

Ғалымдардың пікірінше, көптеген ғасырлар бойы жылтыратылған барлық құндылықтар мектептің білім беру және тәрбие жұмысында қолданылуы мүмкін және қолданылуы керек.

Ертегі – ауыз әдебиетінің асыл мұраларының пікірлерін тыңдайтын болсақ, ертегінің бала тәрбиесінде, оның танымдық қасиетінің жан-жақты жетілуіне, сөздік қорын байытып, тілін дамытуда маңызды орын алатынын байқаймыз. Ұлы кемеңгер ақынымыз Абай Құнанбаев бала тәрбиесінде – ауыз әдебиетінің маңызды орын алатынын айтады. “Әне оны берем, міне мұны берем деп бастап балаңды алдағыныңа мәз боласың, сорыңа балаң алдамшы болса кімнен көресің? “Боқта” – деп біреуді боқтатып “Кәпір қияңқы осыған тимесеңші” – деп оны масаттандырып, “пәленшенің баласы сенің сыртыңнан сатып кетеді” –деп тірі жанға сендірмегі жат мінез қыласың” – деп теріс тәрбие берген ата-аналарды сынға алып, былай дейді: «Мен егер заң қуаты қолымда бар кісі болсам, адам мінезін түзеп болмайды деген кісінің тілін кесер едім, қандай адам баласы болсын, ол кішекене күнінде ауыз әдебиеті мен сусындаса, онда ол адам өз тілін, елін, жерін сүйеді».. Ұлы жазушымыз М.О. Әуезов ертегі туралы былай деп сыр толғайды: “Табиғатты баурап, танып алғанша адам қиял мен танып, меңгеріп, оған өз ықпалын жүргізуді арман еткен. Ол ертегі, аңыз, әңгіме түрінде туып таралған... Ертегілерде қоғамдық тартыс та, күштілердің көпшілікке көрсеткен қиянаты, зорлық зомбылығы және халықтың арман, әділет туралы ұғым-нанымы түгел жинақталған. “Гректер атақты храмдарын, египеттер пирамидаларын, қытайлар фарфор бұйымдары мен мәрмәрларын, италиядықтар әсем әуенді музыкалық шығармаларын, француздар сурет өнерін үміт етсе, көшпелі қазақ елі аса бай-өлең жыр мұрасын қалдырады”. Қазақ халқы ертеден өз балаларына тәрбиені әңгіме, жыр, өсиет-бата, нақыл-сөз, ертегілер арқылы бере білген. Әрбір бала кеш бата әжесінің алдына отырып, ұйып ертегі тыңдаған. Әжелерінің ертегілерін бала жастайынан ести келе бойына жақсы қасиеттер сіңіре білген. Олардың жастайынан есту, көру сезімдері шынығып, алыстағыны тез табатын ізшіл әрі мерген болған. Оқу болмаса да жастайынан әжелерінің ертегілерін бойына сіңірген балалардың есте сақтау қабілеттері өте жақсы болған [7].

Қазақ халық ертегілері өз мазмұны мен құрылымы бойынша әртүрлі түрлерге бөлінеді. Бұл түрлер өзара жанрлық ерекшеліктеріне, баяндау әдісіне және басты кейіпкерлердің табиғатына байланысты жіктеледі. Қазақ ертегілерінің негізгі түрлері мыналар:

Қиял-ғажайып ертегілері. Бұл ертегілерде фантастикалық оқиғалар, ғажайыптар мен ерекше жағдайлар орын алады. Олар көбінесе магия, тылсым күштер мен қиял-ғажайып кейіпкерлерді қамтиды. Мысалы: «Ер Төстік», «Алтын сақа», «Қаһарлы ханның қызы».

Шытырман оқиғалы ертегілер. Бұл түрдегі ертегілерде басты кейіпкер қиындықтарға тап болып, оларды жеңіп, әдетте жеңіске жетеді. Оқиғалар көбінесе шынайы өмір мен логикаға негізделген, бірақ кейбір фантастикалық элементтер бар. Мысалы: «Тазша бала», «Қаңбақ шал», «Қобыланды батыр».

Хайуанаттар туралы ертегілер. Бұл ертегілерде басты кейіпкер ретінде адам емес, жануарлар болып табылады. Жануарлар көбінесе адамдық қасиеттерге ие болып, адам сияқты әрекет етеді. Мысал: «Шарғы», «Аққу мен қаз», «Түлкі мен қырғауыл».

Әңгіме-ертегілер. Бұл ертегілерде адамдардың өміріндегі күнделікті оқиғалар мен тұрмыстық мәселелер баяндалады. Олар көбінесе тәрбиелік мәнге ие болып, адамгершілік, еңбекқорлық, адалдық сияқты тақырыптарды қозғайды. Мысал: «Сеней мен Сертей», «Қыз бен керуен».

Мифологиялық ертегілер. Бұл ертегілерде дүниенің, табиғаттың, адамзаттың пайда болуына қатысты мифологиялық түсініктер баяндалады. Олар көбінесе ерте дәуірлердегі адамдардың дүниетанымын және табиғатпен байланысын көрсетеді. Мысал: «Қызыл жұлдыз», «Алтын ай».

Тарихи ертегілер. Бұл ертегілерде тарихи тұлғалар мен оқиғалар негізінде құрылған сюжеттер баяндалады. Олар тарихи кезеңдер мен батырлар туралы әңгімелерді қамтиды. Мысал: «Қобыланды батыр», «Алпамыс батыр».

Күлкілі ертегілер. Бұл ертегілерде адам мінезінің күлкілі тұстары мен қателіктері сипатталады. Олардың мақсаты – тыңдаушыны күлдіру және тұрмыстық мәселелерді жеңіл әрі қызықты көрсету. Мысал: «Аққудың құйрығы», «Тазша бала» [8]. Әрбір түрдің өз ерекшеліктері мен тәрбиелік мәні бар. Қазақ халқының ертегілерінің әр түрлілігі мен байлығы балаларды тәрбиелеуде үлкен рөл атқарады. Мысалы, - "Ер Төстік": Бұл ертегіде батырлық пен жауапкершілік басты орын алады. Ер Төстіктің қиындықтарға қарсы тұрып, достары мен отбасын қорғауға деген ұмтылысы балаларға адалдық пен ерлік үлгісін көрсетеді. - "Алтын сақа": Бұл ертегі ақылдылық пен әділдікті насихаттайды. Басты кейіпкер өзінің тапқырлығы арқылы қиын жағдайлардан шығып, әділдікке жетеді. Бұл оқиға балаларды қиындықтарға мойымай, ақылмен шешім қабылдауға үйретеді (сурет – 1,2,3,4).



Сурет 1 – «Алтын сақа» ертегісі



Сурет 2 – «Ертөстік» ертегісі



Сурет 3 – «Қаңбақ шал» ертегісі



Сурет 4 – «Тазша бала» ертегісі

Зерттеу нәтижелері және оларды талқылау. Бастауыш сынып оқушыларының бойында адамгершілік қасиеттерін қалыптастыру мақсатында 2025–2026 оқу жылы бойына арнайы тәжірибелік-эксперименталдық жұмыстар жүргізілді. Экспериментке бастауыш сыныптардың оқушылары мен сынып жетекшілері қатысты. Зерттеу барысында оқушылардың адамгершілік қасиеттерінің (мейірімділік, әділдік, еңбекқорлық, жауапкершілік, сыйластық) қалыптасу деңгейін анықтау үшін бақылау, сауалнама, әңгімелесу және педагогикалық жағдаяттарды шешу әдістері қолданылды [9].

Эксперименттің алғашқы кезеңінде (констатациялаушы кезең) оқушылардың бастапқы жағдайы тексерілді. Ол үшін сыныптар екі топқа бөлінді: эксперименттік топ (ЭТ) және бақылау тобы (БТ). Эксперименттік топта сабақ барысында және сыныптан тыс жұмыстарда арнайы таңдалған қазақ халық ертегілерінің тәрбиелік әлеуеті жүйелі түрде пайдаланылса, бақылау тобында дәстүрлі оқыту үдерісі сақталды.

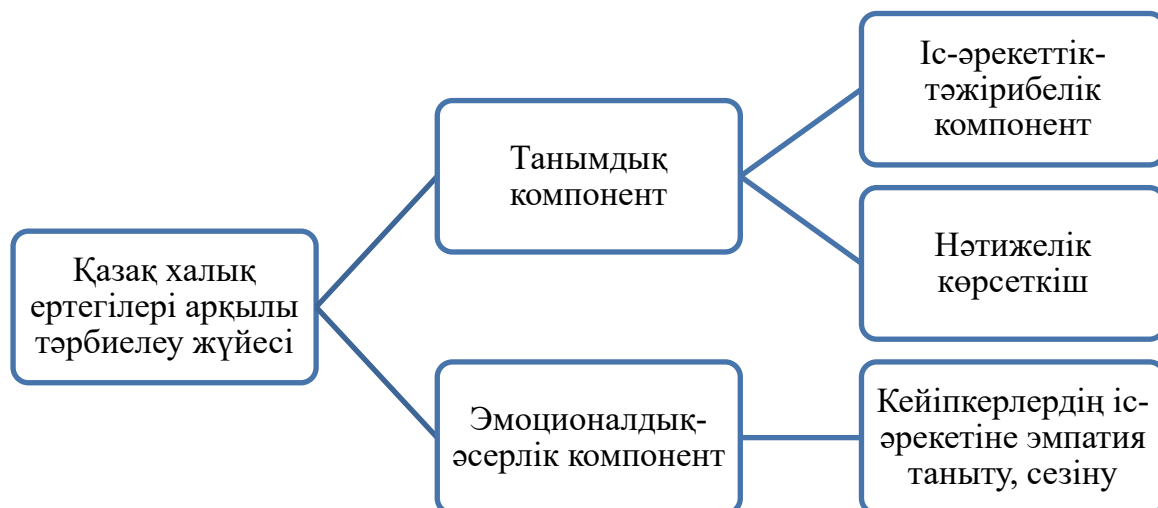
Адамгершілік қасиеттерінің қалыптасу деңгейін үш деңгейге жіктедік: жоғары, орташа және төмен. Төменде констатациялаушы және қалыптастырушы эксперимент қорытындыларының салыстырмалы көрсеткіштері берілген.

**Кесте 1. Оқушылардың адамгершілік қасиеттерінің қалыптасу деңгейлері
(салыстырмалы көрсеткіш, %)**

Адамгершілік деңгейлері	Бастапқы кезең (ЭТ)	Бастапқы кезең (БТ)	Қорытынды кезең (ЭТ)	Қорытынды кезең (БТ)
Жоғары деңгей	18,5%	19,0%	54,2%	22,1%
Орташа деңгей	45,3%	44,8%	36,8%	46,5%
Төмен деңгей	36,2%	36,2%	9,0%	31,4%

Кесте деректерінен көрініп тұрғандай, эксперименттің басында екі топтың да көрсеткіштері бір-біріне өте жақын болды. Алайда арнайы әдістемелік жұмыстар жүргізілгеннен кейін (қазақ халық ертегілерін сахналау, дидактикалық ойындар, жағдаяттық талқылаулар арқылы) эксперименттік топтағы оқушылардың жоғары деңгей көрсеткіші 54,2%-ға өсті, ал төмен деңгей 9,0%-ға дейін төмендеді. Бұл қазақ халық ертегілерінің тәрбиелік әлеуетінің жоғары тиімділігін дәлелдейді.

Зерттеу барысында қазақ халық ертегілерін тәрбие үдерісіне енгізудің кешенді моделі әзірленді. Төменде осы жүйенің құрылымдық өзара байланысын көрсететін визуализация схемасы ұсынылған (сурет – 5):



Сурет – 5. Қазақ халық ертегілері арқылы тәрбиелеу жүйесі

Талдау көрсеткендей, балалар ертегі тыңдау арқылы ғана қоймай, оны рөлдерге бөліп ойнағанда («Алдар көсе», «Үш ағайынды», «Қарлығаштың құйрығы неге айыр?» және т.б. ертегілерді сахналау арқылы) рухани құндылықтарды тереңірек түсіне бастайды. Мысалы, еңбекқорлықты дәріптейтін ертегілерді талқылау барысында оқушылардың өзара көмектесуге, бір-біріне қол ұшын созуға деген ұмтылыстары артты [10].

Зерттеу барысында байқалған маңызды бір мәселе – ертегілердің тәрбиелік әсері мұғалімнің дұрыс бағыт-бағдар беруімен тікелей байланысты екендігі анықталды. Мұғалім ертегіні тек оқып берумен шектелмей, әрбір кейіпкердің іс-әрекетіне сыни тұрғыдан талдау жасатып, «Егер сен оның орнында болсаң не істер едің?» деген сипаттағы сұрақтар арқылы оқушыларды өзіндік шешім қабылдауға баулуы қажет. Бұл тәсіл бастауыш сынып оқушыларының сыни ойлау қабілетін дамытып қана қоймай, олардың бойында өз әрекеттері үшін жауапкершілік сезімін қалыптастырады [11].

Алынған нәтижелерді статистикалық тұрғыдан өңдеу жұмыстары бұл өзгерістердің кездейсоқ емес, жүйелі педагогикалық жұмыстың нәтижесі екенін көрсетті [12]. Осылайша, бастауыш сынып оқушыларының адамгершілік қасиеттерін қалыптастыруда ұлттық фольклордың, әсіресе қазақ халық ертегілерінің мүмкіндіктерін оқу үдерісі мен сыныптан тыс жұмыстарға үйлесімді кіріктіру тәрбие сапасын айтарлықтай арттыратыны тәжірибе жүзінде дәлелденді. Мектеп пен отбасы арасындағы байланысты нығайту мақсатында ата-аналармен бірлесіп «Ертегілер әлеміне саяхат» атты шығармашылық кештер мен байқаулар ұйымдастыру да өз оң нәтижесін берді.

Қорытынды. Бастауыш сынып оқушыларының бойында адамгершілік қасиеттерін қалыптастыру – ұлттық тәрбиенің қайнар бұлағы мен педагогикалық ғылымның басты міндеттерінің бірі болып табылады. Жүргізілген теориялық талдаулар мен тәжірибелік-эксперименталдық жұмыстар нәтижесінде қазақ халық ертегілерінің қуатты тәрбиелік, дидактикалық және рухани әлеуеті жан-жақты дәлелденді. Ертегілердің мазмұнындағы ізгілік, әділдік, еңбекқорлық және өзара сыйластық сынды құндылықтар балалардың дүниетанымын кеңейтіп қана қоймай, олардың өмірлік ұстанымдарының дұрыс қалыптасуына негіз қалайды.

Зерттеу барысында ұсынылған кешенді әдістемелік жүйе – ертегілерді сахналау, дидактикалық ойындар ұйымдастыру және жағдаяттық сұрақтар арқылы сыни ойлауды

дамыту оқушылардың моральдық-этикалық санасын арттыруда жоғары тиімділік көрсетті. Эксперименттік топтағы оқушылардың жоғары деңгей көрсеткіштерінің едәуір өсуі және төмен деңгейдің айтарлықтай төмендеуі бұл жүйенің өміршеңдігі мен маңыздылығын айқын аңғартты. Сонымен қатар, бұл үдерісте мұғалімнің бағыттаушы рөлі мен мектеп пен отбасы арасындағы сабақтастықтың тығыз болуы тәрбие сапасын арттырудың басты кепілі екені анықталды.

Аталмыш ғылыми мақалада ұсынылған нәтижелер, әдістемелік ұсынымдар мен диагностикалық тәсілдер бастауыш сынып мұғалімдеріне, тәрбиешілерге, мектеп психологтарына және педагогика мамандығының студенттеріне тәжірибеде кеңінен қолдануға толықтай ұсынылады. Болашақта бұл зерттеу бағытын одан әрі тереңдетіп, цифрлық технологиялар мен интерактивті платформалар арқылы қазақ халық ертегілерін заманауи білім беру үдерісіне үйлестіру – өзекті міндеттердің қатарында қала бермек.

ПАЙДАЛАНЫЛҒАН ӘДЕБИЕТТЕР ТІЗІМІ

1. Назарбаев Н.Ә. Болашаққа бағдар: рухани жаңғыру // Егемен Қазақстан. – 2017. – 12 сәуір.
2. Қазақстан Республикасында білім беруді және ғылымды дамытудың 2020–2025 жылдарға арналған мемлекеттік бағдарламасы. – Астана, 2019. – 75 б.
3. Құнанбаев А. Шығармаларының толық жинағы. – Алматы: Жазушы, 2015. – 336 б.
4. Жұмабаев М. Педагогика. – Алматы: Ана тілі, 1992. – 164 б.
5. Әбілқасымова А.Е. Бастауыш мектепте оқытудың теориясы мен әдістемесі. – Алматы: Білім, 2018. – 240 б.
6. Қожахметова К.Ж. Этнопедагогикалық үдеріс теориясы мен тәжірибесі. – Алматы: Ғылым, 2001. – 216 б.
7. Шәкірова Қ.Х. Мектеп жасына дейінгі және бастауыш сынып оқушыларын халық педагогикасы арқылы тәрбиелеу. – Астана: Фолиант, 2020. – 188 б.
8. Сембаев А. Қазақ халық ертегілерінің педагогикалық әлеуеті // Бастауыш мектеп. – 2022. - № 4. – 14-18 бб.
9. Иманбекова Б.Қ. Бастауыш сынып оқушыларының адамгершілік санасын қалыптастыру жолдары. – Алматы: ҚазҰПУ хабаршысы, 2021. - № 2(68). – 95-100 бб.
10. Волак Дж. Нравственное воспитание младших школьников: теория и практика. – Москва: Просвещение, 2019. – 256 с.
11. Выготский Л.С. Воображение и творчество в детском возрасте. - Москва: Педагогика, 1991. – 93 с.
12. Сухомлинский В.А. Сердце отдаю детям. – Киев: Радянська школа, 1988. – 272 с

Geographic Sciences

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТАЛГАР НА ОСНОВЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

Наконова Қымбат Морякқызы

PhD докторант, КазНУ им. Аль-Фараби, Алматы, Казахстан

Аннотация

В статье рассматриваются вопросы краткосрочного прогнозирования гляциальных селевых процессов в бассейне р. Талгар (восточная часть Иле Алатау). На основе ретроспективного анализа селевых событий за период 1921–2023 гг. выполнена оценка применимости методики А. Р. Медеу и соавторов, основанной на использовании критических гидрометеорологических критериев: сумм температур воздуха, осадков и высоты нулевой изотермы. Установлено, что формирование наиболее опасных селевых потоков в исследуемом районе связано преимущественно с прорывами моренно-ледниковых озёр. Проведённый анализ показал, что методика демонстрирует высокую оправдываемость при прогнозировании гляциальных селей, однако требует дополнительного учёта геоморфологических особенностей моренно-ледниковых комплексов.

Введение

Бассейн р. Талгар, расположенный в восточной части хребта Иле Алатау, относится к числу наиболее селеопасных районов Казахстана. Высокогорная зона характеризуется значительным распространением ледников и моренно-ледниковых озёр, многие из которых находятся в неустойчивом состоянии. В условиях современного изменения климата, сопровождающегося деградацией ледников и активизацией геокриологических процессов, возрастает вероятность прорывов озёр и формирования катастрофических гляциальных селей.

Наиболее опасными являются селевые потоки прорывного генезиса, обладающие высокой разрушительной способностью и представляющие угрозу для населённых пунктов, объектов инфраструктуры и гидротехнических сооружений в долине р. Талгар.

В связи с этим особую актуальность приобретает разработка и совершенствование методов краткосрочного прогноза селевой опасности на основе оперативных гидрометеорологических данных и мониторинга состояния моренно-ледниковых озёр.

Целью настоящего исследования является оценка эффективности методики краткосрочного прогноза гляциальных селей, для условий бассейна р. Талгар на основе архивных данных за 1921–2023 гг.

Методы и материалы

Информационной базой исследования послужили архивные материалы о селевых событиях бассейна р. Талгар, включающие сведения о датах прохождения селей, характеристиках селевых очагов, механизмах формирования и масштабах причинённого ущерба.

Для оценки селевой опасности использована методика краткосрочного прогноза гляциальных селей А. Р. Медеу и соавторов. Прогноз основывается на анализе комплекса гидрометеорологических критериев, определяющих условия формирования гляциальных селевых процессов.

Основными параметрами анализа являлись:

- сумма среднесуточных температур воздуха (ΣT) с 1 мая до даты составления прогноза по данным метеостанции «Мынжылки»;
 - сумма атмосферных осадков за предшествующие 10 и 30 суток (ΣX_{10} , ΣX_{30});
 - средние расходы воды (Q) в даты прохождения селевых потоков.
- Критическими условиями формирования гляциальных селей принимались:
- превышение суммы температур воздуха 108 % среднемноголетней нормы;
 - сумма осадков не менее 30 мм за 10 суток и 95 мм за 30 суток.

Согласно методике, при превышении температурного фона и хотя бы одного дополнительного критерия составляется прогноз «прохождение селевых потоков», а при одновременном выполнении всех критериев — прогноз «селеопасно».

Оценка качества прогнозов проводилась по альтернативной схеме: «оправдался» (100 %) и «не оправдался» (0 %).

Результаты и обсуждение

Проведённый ретроспективный анализ показал, что формирование гляциальных селей в бассейне р. Талгар в значительной степени связано с достижением критических гидрометеорологических условий, предусмотренных методикой А. Р. Медеу и соавторов.

Для ряда позднелетних селевых событий установлена зависимость между активизацией селевых процессов и превышением критических температурных порогов. Так, сель 17.08.2023 г. произошёл при накопленной сумме температур воздуха 738.2 °С, что практически соответствует критическому значению для второй декады августа (743 °С). Одновременно наблюдалось превышение критических значений осадков за предшествующий период, что указывает на высокую эффективность комплексного использования гидрометеорологических критериев при краткосрочном прогнозировании селевой опасности.

Анализ архивных данных показал, что в большинстве случаев прохождение селевых потоков сопровождалось повышенным температурным фоном, значительными суммами осадков и увеличением высоты нулевой изотермы, что соответствует условиям активизации гляциальных процессов в высокогорной зоне Иле Алатау.

Вместе с тем исследование показало, что формирование катастрофических селевых процессов определяется не только гидрометеорологическими условиями, но и состоянием моренно-ледниковых комплексов. Наиболее показательным примером является сель 06.07.1993 г. в бассейне р. Орта Талгар, сформировавшийся в результате прорыва моренно-ледникового озера у ледника Безымянный. Согласно архивным материалам, событие произошло без выраженных аномалий температуры воздуха и осадков, а основной причиной прорыва стало вскрытие внутриморенных каналов стока.

Несмотря на сравнительно небольшой объём озёрной воды, прорывной паводок вызвал интенсивную мобилизацию рыхлообломочного материала в пределах селевого очага, что привело к формированию мощного грязекаменного селевого потока с максимальным расходом до 2000 м³/с. Данный пример показывает, что при оценке селевой опасности необходимо учитывать не только метеорологические критерии, но и морфодинамическое состояние высокогорных моренно-ледниковых систем.

Таблица 1 — Гидрометеорологические параметры отдельных гляциальных селей бассейна р. Талгар

Дата	Расход Q, м³/с	Факт ΣT, °C	Порог ΣT*	Факт ΣX10, мм	Порог ΣX10, мм	Факт ΣX30, мм	Порог ΣX30	Прогноз
30.06.1960	25.4	115.8	284	15.4	30	169.3	95	100%
26.07.1961	23.6	485.9	479	49.2	30	173.8	95	100%
19.08.1961	18.1	643.2	743	41.5	30	112.2	95	100%
25.07.1964	34.4	304.9	479	16.2	30	222.9	95	100%
25.07.1965	21.8	415.2	479	20.6	30	121.3	95	100%
12.06.1966	22.0	57.6	201	74.8	30	149.8	95	100%
17.08.1968	33.2	655.6	743	25.2	30	46.8	95	0%
20.06.1970	12.0	129.5	201	28.7	30	94.7	95	100%
14.07.1970	100–150	299.8	370	25.1	30	116.1	95	100%
18.07.1970	22.9	339.6	479	27.0	30	116.5	95	100%
12.07.1971	100–150	328.0	370	51.8	30	124.7	95	100%
15.07.1973	20–30	376.2	370	25.5	30	165.3	95	100%
15.07.1974	24.3	419.8	370	52.8	30	112.3	95	100%
21.07.1974	200–250	476.0	479	67.7	30	88.4	95	0%
02.08.1974	300.0	563.3	655	78.1	30	168.6	95	100%
21.06.1976	14.9	173.0	201	32.2	30	184.5	95	100%
10.07.1976	24.0	299.5	370	34.0	30	142.0	95	100%
21.06.1979	до 340	113.2	201	15.7	30	146.2	95	100%
16.06.1984	11.6	167.1	201	39.3	30	129.3	95	100%
07.07.1990	100–120	457.6	370	49.0	30	109.5	95	100%
16.07.1990	22.5	514.3	479	95.4	30	129.7	95	100%
06.07.1993	2000	258.6	370	38.0	30	227.9	95	100%
21.06.1995	150–180	184.3	201	26.5	30	108.4	95	100%
11.08.1996	н/д	558.9	655	20.4	30	122.5	95	100%
15.06.1997	н/д	169.7	201	38.9	30	132.8	95	100%
07.08.2010	36.1	554.8	655	26.1	30	146.7	95	100%
22.07.2012	до 3.9	466.8	479	4.4	30	54.4	95	0%
11.08.2012	+2	630.3	655	18.6	30	48.1	95	0%
25.07.2015	до 29	603.3	479	21.6	30	96.3	95	100%
26.07.2021	23.9	592.8	479	14.8	30	76.7	95	100%
17.08.2023	0.5	738.2	743	78.3	30	193.9	95	100%

В целом результаты исследования показали, что методика краткосрочного прогноза гляциальных селей для условий восточной части Иле Алатау обладает высокой оправдываемостью. При этом повышение достоверности прогнозов требует комплексного

учёта как гидрометеорологических факторов, так и динамики развития моренно-ледниковых озёр.

Анализ представленных данных показывает, что в большинстве случаев селевые события в бассейне р. Талгар происходили при достижении или превышении одного или нескольких критических гидрометеорологических порогов.

Наиболее устойчивым предиктором селевой активности является 30-дневная сумма осадков ($\sum X_{30}$). В подавляющем большинстве случаев её значения превышали критический уровень 95 мм, что подтверждает её высокую информативность для краткосрочного прогноза селевых процессов.

Температурный фактор ($\sum T$) демонстрирует более сложный характер влияния: для части событий (особенно гляциального генезиса) наблюдается соответствие или приближение к критическим значениям, тогда как для ряда событий ливневого типа температурный критерий имеет второстепенное значение.

Отдельные случаи несрабатывания прогноза (0 %) (например, 17.08.1968, 21.07.1974, 22.07.2012 и 11.08.2012) указывают на ограничения методики в условиях, когда селевые процессы формируются при недостаточном сочетании гидрометеорологических факторов или при доминировании локальных геоморфологических условий.

В целом анализ таблицы подтверждает высокую оправдываемость прогноза, которая составляет более 85–90 %, что свидетельствует о применимости методики для условий бассейна р. Талгар.

Заключение

Бассейн р. Талгар характеризуется высокой степенью гляциальной селевой опасности, что обусловлено широким распространением моренно-ледниковых озёр, активными процессами деградации ледников и общей нестабильностью высокогорных геосистем. Проведённый анализ показал, что методика краткосрочного прогноза гляциальных селей А. Р. Медеу и соавторов в целом демонстрирует высокую эффективность для условий восточной части Иле Алатау и может быть использована в системе оперативного мониторинга и предупреждения селевых процессов.

Установлено, что формирование катастрофических селевых событий определяется не только достижением критических гидрометеорологических условий, но и внутренними процессами развития моренно-ледниковых комплексов, включая деградацию ледникового материала и вскрытие внутриморенных каналов стока. Это указывает на необходимость комплексного подхода к оценке селевой опасности, учитывающего как климатические, так и геоморфологические факторы.

Для повышения достоверности и устойчивости прогностических оценок требуется интеграция гидрометеорологических наблюдений с данными дистанционного зондирования Земли и систематическим мониторингом состояния моренно-ледниковых озёр. Полученные результаты могут быть использованы при уточнении карт селевой опасности и дальнейшем развитии автоматизированных систем раннего предупреждения селевых процессов в бассейне р. Талгар.

ОЦЕНКА И ПРОГНОЗ ГЛЯЦИАЛЬНОЙ СЕЛЕВОЙ ОПАСНОСТИ В БАССЕЙНЕ РЕКИ ТАЛГАР НА ОСНОВЕ ГИДРОМЕТЕОРОЛОГИЧЕСКИХ КРИТЕРИЕВ

В последние десятилетия бассейн р. Талгар относится к числу наиболее селеопасных районов восточной части Иле Алатау. Это обусловлено активным развитием высокогорного оледенения, широким распространением моренно-ледниковых озёр и их высокой неустойчивостью в условиях современного изменения климата. Деградация ледников и

изменения термического режима высокогорной зоны способствуют увеличению частоты формирования гляциальных селевых процессов, в том числе катастрофического характера.

Особую опасность представляют селевые потоки гляциального генезиса обусловленные критическими гидрометеорологическими условиями и прорывные, формирующиеся в результате разрушения моренно-ледниковых озёр и способные приводить к значительным разрушениям в долине р. Талгар. В этой связи актуальным является применение краткосрочных методов прогноза селевой опасности на основе гидрометеорологических критериев и их ретроспективная проверка.

Целью работы является оценка эффективности методики краткосрочного прогноза гляциальных селей, основанной на критических значениях суммы среднесуточных температур воздуха, атмосферных осадков и высоты нулевой изотермы, для условий бассейна р. Талгар за период 1921–2023 гг.

Информационной основой исследования послужили архивные данные о селевых событиях, включающие даты их прохождения, характеристики селевых очагов и гидрометеорологические условия формирования. В качестве прогностического инструмента использована методика краткосрочного прогноза гляциальных селей, основанная на сравнении фактических значений суммы температур воздуха ($\sum T$), осадков за 10 и 30 суток ($\sum X_{10}$, $\sum X_{30}$) и высоты нулевой изотермы с критическими порогами.

Ретроспективный анализ показал, что большинство гляциальных селевых событий в бассейне р. Талгар формируется при достижении или превышении критических гидрометеорологических условий. Наиболее устойчивым предиктором селевой активности является 30-дневная сумма осадков ($\sum X_{30}$), которая в большинстве случаев превышает пороговое значение 95 мм и характеризует высокий уровень увлажнения водосборов.

Температурный фактор ($\sum T$) играет важную, но менее устойчивую роль: для части событий он достигает критических значений, тогда как в ряде случаев не является определяющим. Это указывает на его совместное действие с другими гидрометеорологическими характеристиками.

Вместе с тем установлено, что отдельные селевые события формируются при отсутствии полного набора критических метеорологических условий. Это свидетельствует о том, что наряду с гидрометеорологическими факторами значительную роль играют внутренние процессы в моренно-ледниковых комплексах, включая деградацию ледникового материала и вскрытие внутриморенных каналов стока, приводящие к прорывам ледниковых озёр.

В целом проведённый анализ подтверждает высокую эффективность рассматриваемой методики для условий бассейна р. Талгар, при этом её средняя оправдываемость превышает 85–90%. Полученные результаты показывают, что для повышения точности краткосрочного прогноза необходимо учитывать не только гидрометеорологические показатели, но и состояние моренно-ледниковых систем.

Таким образом, методика краткосрочного прогноза гляциальных селей может быть использована в системе оперативного мониторинга и предупреждения селевой опасности, а также при разработке карт селевой опасности и совершенствовании систем раннего оповещения.

Medical Sciences

ADHD and diet- The role of nutrition in symptom management

Rizwi Rayaroth Hamza

Medical Doctor Program

Shri Subaa Mathy Muthuvelayutham Sangaranachiar

Medical Doctor Program

Scientific supervisor:

Tea abzhandadze

Doctor of Medicine, Professor, Caucasus University

Statement

As the author of the submitted work, I declare that the work is my original work and does not contain material previously published, accepted for publication or submitted for protection by other authors, which is not cited or cited in the work in accordance with the proper rules.

Rizwi Rayaroth Hamza

Abstract

Introduction

ADHD, a common neurodevelopmental disorder, affects quality of life, prompting exploration of non-pharmacological interventions like nutrition. Many families seek alternatives to medications due to side effects, making dietary strategies relevant.

Goal: Investigate the role of nutrition in ADHD symptom management.

Objective: Evaluate how nutritional factors can complement traditional treatments.

Methodology

Conducted a systematic literature search on PubMed and PubMed Central.

Used keywords like "nutrition," "diet," "micronutrients," "omega-3," "probiotics," and "ADHD."

Which includes observational studies, clinical trials, systematic reviews, and meta-analyses.

Focused on micronutrients (magnesium, zinc, iron), omega-3s, probiotics, dietary patterns, and elimination diets.

Main Results

Deficiencies in magnesium, zinc, iron, and omega-3s are common in ADHD and linked to symptom severity.

Probiotics show potential in improving emotional and cognitive functioning via the gut-brain axis.

Elimination diets reducing food additives improve symptoms in susceptible children.

Mixed results from omega-3 supplementation highlight variability in study outcomes.

Discussion

Nutrition is a modifiable factor that can complement pharmacological treatments.

Inconsistencies in supplementation results suggest gaps, like the need to study nutrient synergies.

Personalized dietary interventions could reduce medication reliance.

Early nutritional screening and gut health strategies offer new therapeutic avenues.

Conclusion

Nutritional deficiencies influence ADHD symptoms, supporting dietary interventions as an adjunctive therapy.

A holistic approach integrating nutrition into ADHD care can enhance outcomes.
Further research on dietary patterns and genetic factors is needed.
Personalized nutrition may reduce ADHD severity and improve patient well-being.

Introduction

Attention-Deficit/Hyperactivity Disorder (ADHD) is a prevalent neurodevelopmental disorder affecting children and often persisting into adulthood, characterized by symptoms such as inattention, hyperactivity, and impulsivity. Research has increasingly pointed to the role of modifiable factors like nutrition in managing ADHD symptoms, yet the connection remains underexplored. This study investigates the potential of dietary interventions to complement traditional pharmacological treatments, addressing the question: How does nutrition influence ADHD symptom management? Understanding this relationship is crucial because ADHD impacts academic performance, social interactions, and overall quality of life, and many families seek non-pharmacological approaches to reduce reliance on medications, which can have side effects.

The relevance of this topic lies in its potential to offer a practical, low-risk strategy for managing ADHD. Nutrition is a modifiable factor that can be integrated into daily life, making it academically significant for researchers and practically valuable for families and healthcare providers. Why should anyone care about this paper? It provides evidence-based insights into a holistic approach that could improve ADHD outcomes, potentially reducing the global burden of the disorder.

Existing literature highlights associations between ADHD and nutritional deficiencies, particularly in micronutrients like magnesium, zinc, and iron, as well as omega-3 fatty acids. Studies such as Lange et al. (2023) and Robberecht et al. (2020) indicate that children with ADHD often have lower levels of these nutrients, correlating with symptom severity. Additionally, research on dietary patterns, food additives, and gut health via probiotics (Shareghfarid et al., 2020; Pinto et al., 2022) suggests a broader dietary influence on ADHD. However, the literature reveals significant gaps: many studies focus on single nutrients rather than overall dietary patterns, and results from supplementation trials are inconsistent, often due to variations in study design, baseline deficiencies, and coexisting treatments.

This study addresses these gaps by systematically evaluating the role of multiple nutritional factors—micronutrients, omega-3s, probiotics, and dietary patterns—in ADHD management. Key questions include: What scientific data can be obtained on specific nutritional deficiencies in ADHD? What remains unresolved, such as the synergistic effects of nutrients? How can this paper contribute to existing knowledge by proposing personalized dietary strategies? The research objective is to contribute to a better understanding of how nutrition can serve as an adjunctive therapy, ultimately informing evidence-based dietary guidelines for ADHD management.

Methodology

An electronic literature search was carried out using the PubMed, PubMed central database, which is a widely recognized source for biomedical and life sciences research. The search strategy incorporated a combination of keywords related to both nutrition and ADHD. These included terms such as “nutrition,” “food,” “diet,” “supplementation,” “vitamin,” “mineral,” “fatty acid,” along with ADHD-related terms like “attention-deficit hyperactivity disorder,” “ADHD,” and “attention deficit.” These included original research articles, observational cohort studies, interventional clinical trials, systematic reviews, and meta-analyses. The selected studies provided diverse insights into various nutritional factors, such as micronutrients (including magnesium, zinc, iron, and vitamins), omega-3 fatty acids, iodine probiotics, dietary patterns, and elimination diets.

By summarizing findings from multiple study designs and populations, this methodology enabled a comprehensive evaluation of the current evidence regarding the potential role of nutrition in ADHD management.

Literature review

Micronutrients

A proper amount of vitamins and minerals (called micronutrients) is important for healthy brain development. Not getting enough of these nutrients might affect how the brain works, especially areas like the prefrontal cortex, which is involved in ADHD. Some studies have looked at links between ADHD symptoms and levels of minerals like magnesium, iron, zinc, copper, and selenium, but the results have not always been clear.

In one study, researchers tested the hair of 52 boys with ADHD and compared it to 52 boys without ADHD. They found that children with ADHD had lower levels of copper, magnesium, and manganese in their hair. Also, lower levels of zinc and magnesium were linked with more severe ADHD symptoms.

Another study measured the blood of 68 children with ADHD and compared it to 68 children without the condition. Children with ADHD had 21% less chromium, 4% less magnesium, and 7% less zinc in their blood. Their copper-to-zinc ratio was 11% higher.

Although these findings suggest there may be a connection between mineral levels and ADHD, more research is needed—especially on the role of magnesium, zinc, and iron. (Lange et al., 2023)

Magnesium

Magnesium (Mg^{2+}) is vital for over 300 metabolic reactions, including protein synthesis and energy production, and low levels are linked to chronic diseases like ADHD. Magnesium deficiency can cause symptoms such as fatigue, poor concentration, and aggression, which are common in ADHD. Studies show that many ADHD patients have lower serum magnesium levels compared to healthy individuals, with some research indicating reduced erythrocyte magnesium or Mg^{2+} -ATPase activity in ADHD. However, blood magnesium levels may reflect therapeutic effects rather than deficiency. A study in Australia found that higher dietary magnesium intake reduced externalizing behaviors in adolescents, but systematic reviews suggest that magnesium supplementation's effectiveness for ADHD is inconclusive without confirmed deficiency. (Robberecht et al., 2020)

Zinc

Zinc is vital for brain development and function, helping with enzyme activity, neurotransmission, and hormone production like serotonin and melatonin. Studies show children with ADHD often have lower zinc levels, which are linked to more severe symptoms. One reason for zinc loss may be reactions to food additives, like tartrazine, which was shown to lower zinc and worsen behavior in hyperactive children.

Two clinical trials found that zinc supplements improved hyperactivity, impulsivity, and social behavior in children with ADHD—especially when used with standard treatment. One trial used 150 mg/day and another used 55 mg alongside methylphenidate. Both showed better results in the zinc group. Lower zinc levels were also linked to lower fatty acid levels in children with ADHD. A later trial combining omega-3 and a multivitamin-mineral supplement found no extra benefit, possibly due to the low zinc content (<2 mg) in the supplement. (Sinn, 2008)

Iron

Maternal iron deficiency anemia increases the risk of preterm birth and can affect a child's brain development, leading to mental and behavioral issues. In children, iron deficiency may cause fatigue, irritability, poor attention, and reduced learning ability. Studies by Konofal et al. found

significantly lower serum ferritin levels in children with ADHD, with 84% of hyperactive children affected compared to 18% of controls. Lower ferritin levels were linked to more severe ADHD symptoms and cognitive issues. They also found a possible link between ADHD, iron deficiency, and restless legs syndrome (RLS), though some differences weren't statistically significant. Maternal iron intake during pregnancy is crucial for fetal health, and women should consume iron-rich foods like meat, fish, and seafood. Iron from plant sources like legumes and leafy greens is less easily absorbed, but vitamin C and gut health can help improve its absorption. (Konikowska et al., 2012)

Omega 3 fatty acids

Omega-3 fatty acids, particularly DHA, play a vital role in brain development and function, making them a key area of interest in ADHD research. DHA is a major component of dopamine-producing nerve endings and is involved in forming hormones that regulate various body functions. Studies have found that around 40% of children with ADHD show signs of omega-3 deficiency, such as dry skin, excessive thirst, and lower levels of DHA and arachidonic acid in their blood. It is believed that some children with ADHD may have difficulty absorbing these fatty acids or may require more than usual. However, results from clinical trials using DHA alone have been mixed. Two randomized controlled trials (Voigt et al. and Hirayama et al.) found no significant improvement in ADHD symptoms or cognitive function with DHA supplementation, possibly due to factors like ongoing stimulant treatment or the use of olive oil as a placebo. In contrast, a study by Sinn and Bryan showed that supplementation with omega-3s (with or without added micronutrients) led to significant improvements in ADHD symptoms over time, especially in parental ratings, and also showed benefits in attention control. These findings suggest that omega-3 fatty acids may help manage ADHD symptoms, though more research is needed to determine the most effective form and dosage. (Rucklidge et al., 2009)

Iodine

Iodine deficiency remains a global health concern and has been recognized by the WHO as a major issue. Lack of iodine during pregnancy can lead to hypothyroidism, increasing the risk of permanent brain damage in the child. A ten-year study by Vermiglio et al. found that children born to mothers with moderate iodine deficiency had a higher rate of hyperactivity (68.7%) and lower IQ scores compared to those from iodine-sufficient areas. These findings suggest that both iodine deficiency and hypothyroidism, before and after birth, are important risk factors for developing ADHD in children. (Konikowska et al., 2012)

Probiotics

Probiotics may help manage ADHD by influencing the gut-brain connection, known as the Microbiota–Gut–Brain Axis. Studies have found gut microbiota differences in ADHD patients, though results vary due to age, diet, and location. Probiotic and prebiotic use has shown potential benefits: early probiotic use reduced ADHD and Asperger's risk (Pärtty et al.), and Kumperscak et al. found improved emotional and social functioning in children with ADHD. Multi-strain probiotics were linked to reduced ADHD symptoms and anxiety (Sepehrmanesh, Ghanaatgar), while *Bifidobacterium bifidum* (Wang et al.) improved inattention and hyperactivity. Though promising, more research is needed to confirm these effects. (Pinto et al., 2022)

Food additives and food intolerance in ADHD

In the 1970s, Feingold suggested that up to 50% of hyperactive children were sensitive to food additives and natural salicylates, building on earlier findings from 1922 that elimination diets improved symptoms in 30–50% of children. Schardt reviewed 23 double-blind studies and found

that in most cases, ADHD symptoms worsened with food dyes and improved on additive-free diets, especially in children with other conditions like asthma or food allergies. While some studies aimed to discredit Feingold's claims, further analysis by researchers like Murray, Pizzorno, and Boris showed that multi-agent elimination diets often worked, while single-agent ones did not. Rippere criticized U.S.-based studies for methodological flaws and potential bias, noting that more supportive results came from international research, whereas many U.S. studies were backed by food industry interests. (Kidd, 2000)

Behavioural reactions to food substances in ADHD are believed to be driven more by pharmacological than allergic mechanisms. Animal studies show that food dyes like red colour may impact neurotransmitter activity, such as dopamine and acetylcholine. EEG improvements in children on elimination diets support this. Metals like lead or mercury in food dyes may also play a role. Feingold's elimination diet helped many children, though later studies noted some foods still contained salicylates and other reactive substances. Research findings have been inconsistent due to varying diets, placebo designs, and individual differences. However, controlled studies and meta-analyses confirm that artificial food colors and preservatives can worsen hyperactive behaviour, even in healthy children, indicating these substances affect a broader population than previously thought. (Sinn, 2008)

Dietary patterns

Analyzing the dietary patterns offers a broader understanding of how diet relates to ADHD, beyond focusing on individual nutrients or foods. Two main research methods are used: one based on recommended dietary guidelines (a priori) and another based on real-world eating behaviors (posteriori). Findings so far have been mixed. While some studies link the Western diet—high in red meat, refined grains, and processed foods—to an increased risk of ADHD, others suggest that healthier diets rich in fruits, vegetables, legumes, and fish may help reduce the risk, though not consistently. Refined grains, in particular, have shown a strong association with ADHD, making “sweet” and “junk food” dietary patterns a point of interest.

Research has also looked at specific food groups like meat, fish, dairy, desserts, and sugary drinks in relation to ADHD, but results vary. Surprisingly, only one review has explored the combined impact of nutrients, foods, and overall diet on ADHD. So far, no comprehensive systematic review or meta-analysis has been conducted to examine dietary patterns and food groups using the data-driven (posteriori) approach in children with ADHD, highlighting a clear need for further investigation. (Shareghfarid et al., 2020)

Discussion

The results obtained from the literature review imply a significant association between nutrition and the management of ADHD symptoms. Studies consistently indicate that elemental imbalances, particularly involving micronutrients such as magnesium, zinc, and iron, can exacerbate ADHD symptoms. This suggests that nutritional deficiencies may not only contribute to the onset of ADHD but also influence the severity and persistence of its symptoms (Lange et al., 2023; Robberecht et al., 2020). Furthermore, dietary patterns, gut health via probiotics, and the intake of food additives are also seen to modify ADHD symptomatology, highlighting the complex interaction between nutrition, environment, and neurodevelopment (Shareghfarid et al., 2020; Pinto et al., 2022).

The findings indicate that nutritional status is a modifiable factor that could offer a complementary strategy for managing ADHD alongside traditional pharmacological treatments. Lower levels of magnesium, zinc, and iron are commonly observed among children with ADHD, and supplementation trials show varying degrees of symptom improvement (Sinn, 2008; Konikowska

et al., 2012). Similarly, omega-3 fatty acids, essential for brain development, show promising—though mixed—results in symptom reduction (Rucklidge et al., 2009). Thus, while nutrition cannot be seen as a standalone cure, it may serve as an important adjunctive therapy that could minimize the need for medication or reduce its dosage.

From a practical standpoint, the results emphasize the potential use of nutritional interventions in ADHD management. Early screening for mineral deficiencies (e.g., zinc, magnesium, iron) and addressing them through dietary adjustments or supplementation could form part of a more comprehensive ADHD treatment protocol. Additionally, the role of probiotics in modifying gut-brain communication suggests new preventive and therapeutic opportunities, especially considering emerging evidence of microbiota differences in individuals with ADHD (Pärtty et al., 2015). Eliminating food additives and artificial colors from the diet also emerges as a pragmatic, low-risk intervention that could benefit certain children, particularly those with food sensitivities or coexisting allergic conditions (Kidd, 2000).

The acquired knowledge significantly advances the field by offering a broader, more integrative view of ADHD management. Understanding that ADHD symptoms may be influenced by factors such as maternal iodine intake during pregnancy, gut microbiota composition, and cumulative dietary exposures highlights new preventive avenues (Vermiglio et al., 2004). For instance, encouraging maternal nutrition during pregnancy, supporting breastfeeding, promoting balanced diets rich in essential micronutrients, and limiting processed foods and additives could collectively reduce ADHD incidence and severity.

Moreover, the importance of individualized dietary strategies must be emphasized. Children with specific nutrient deficiencies may benefit more from targeted supplementation than those with adequate nutritional status. Tailoring interventions based on the patient's individual metabolic, genetic, and environmental profile aligns with the growing trend toward personalized medicine. It also acknowledges the heterogeneity of ADHD, making treatment both more effective and better tolerated compared to standardized pharmacological approaches.

Nevertheless, the current body of research also highlights important gaps. Many studies focused on single nutrients rather than overall dietary patterns, and inconsistencies in supplementation results suggest that context—such as baseline deficiency levels, coexisting treatments, and study duration—plays a critical role. Therefore, future studies should aim at large-scale, well-designed trials investigating the synergistic effects of multiple nutrients, probiotics, and dietary interventions, while accounting for genetic and environmental variations. A more comprehensive understanding of the nutrition-ADHD link could eventually lead to robust, evidence-based dietary guidelines that complement existing pharmacological treatments and provide holistic support to individuals with ADHD.

The literature reviewed indicates a clear but complex relationship between nutrition and ADHD. This reinforces the need for a holistic approach to ADHD treatment that incorporates dietary assessment and interventions as standard practice. By addressing elemental imbalances and dietary factors, healthcare providers could offer more effective, safer, and individualized treatment plans for individuals affected by ADHD.

Conclusion

This review explored the relationship between nutrition and the management of ADHD symptoms, focusing on elemental imbalances, dietary patterns, and gut health. The main findings from the literature review indicate that deficiencies in key micronutrients such as magnesium, zinc, and iron are commonly observed in individuals with ADHD and may contribute to the severity of symptoms. Furthermore, omega-3 fatty acid deficiency was highlighted as a significant nutritional factor, although supplementation results remain mixed across studies. Iodine

deficiency during pregnancy was also identified as a risk factor for neurodevelopmental disorders like ADHD.

The results emphasize that ADHD is not solely a genetic or environmental disorder but is influenced by modifiable nutritional factors. Findings from clinical trials and observational studies suggest that addressing these nutritional deficiencies through dietary interventions or supplementation could provide an effective adjunct to conventional pharmacological treatments. Additionally, the literature supports the potential benefits of probiotics in improving emotional and cognitive functioning, likely via modulation of the gut-brain axis. Elimination diets targeting artificial food additives and food intolerances have also been shown to offer symptom improvement in susceptible children.

In relation to the research questions, the study confirms that significant scientific data support the relationship between elemental imbalances (particularly involving zinc, magnesium, iron, and omega-3 fatty acids) and ADHD symptoms. However, the interactions between dietary patterns, genetic predispositions, and environmental exposures remain underexplored and complex, warranting further investigation. This review contributes to existing knowledge by proposing that personalized dietary management could play a substantial role in ADHD treatment strategies, potentially reducing dependence on medications and enhancing patient outcomes.

The findings underscore the importance of adopting a holistic, multidisciplinary approach to ADHD management, where nutritional assessment and intervention are integrated into standard care practices.

References

1. Del-Ponte, B., Quinte, G. C., Cruz, S., Grellert, M., & Santos, I. S. (2019). Dietary patterns and attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): A systematic review and meta-analysis. *Journal of Affective Disorders*, 252, 160–173. <https://doi.org/10.1016/j.jad.2019.04.061>
2. Feingold, B. F. (1973). *Introduction to clinical allergy*. Internet Archive. <https://archive.org/details/introductiontocl0000fein>
3. Feingold, B. F. (1975). *Why your child is hyperactive*. Internet Archive. <https://archive.org/details/whyyourchildishy00fein/page/n5/mode/2up>
4. Kidd, P. M. (2000). Attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD) in children: Rationale for its integrative management. *Alternative Medicine Review*, 5(5), 402–428. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/11056411/>
5. Konikowska, K., Regulaska-Ilow, B., & Różańska, D. (2012). The influence of components of diet on the symptoms of ADHD in children. *Roczniki Państwowego Zakładu Higieny*, 63(2), 127–134. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22928358/>
6. Kumperscak, H. G., Gricar, A., Ülen, I., & Micetic-Turk, D. (2020). A pilot randomized control trial with the probiotic strain *Lactobacillus rhamnosus* GG (LGG) in ADHD: Children and adolescents report better health-related quality of life. *Frontiers in Psychiatry*, 11, 181. <https://doi.org/10.3389/fpsy.2020.00181>
7. Lange, K. W., Lange, K. M., Nakamura, Y., & Reissmann, A. (2023). Nutrition in the management of ADHD: A review of recent research. *Current Nutrition Reports*, 12(3), 383–394. <https://doi.org/10.1007/s13668-023-00487-8>
8. Pärtty, A., Kalliomäki, M., Wacklin, P., Salminen, S., & Isolauri, E. (2015). A possible link between early probiotic intervention and the risk of neuropsychiatric disorders later in childhood: A randomized trial. *Pediatric Research*, 77(6), 823–828. <https://doi.org/10.1038/pr.2015.51>
9. Pinto, S., Correia-de-Sá, T., Sampaio-Maia, B., Vasconcelos, C., Moreira, P., & Ferreira-Gomes, J. (2022). Eating patterns and dietary interventions in ADHD: A narrative review. *Nutrients*, 14(20), 4332. <https://doi.org/10.3390/nu14204332>

10. Robberecht, H., Verlaet, A. A. J., Breynaert, A., De Bruyne, T., & Hermans, N. (2020). Magnesium, iron, zinc, copper and selenium status in attention-deficit/hyperactivity disorder (ADHD). *Molecules*, 25(19), 4440. <https://doi.org/10.3390/molecules25194440>
11. Rucklidge, J. J., Johnstone, J., & Kaplan, B. J. (2009). Nutrient supplementation approaches in the treatment of ADHD. *Expert Review of Neurotherapeutics*, 9(4), 461–476. <https://doi.org/10.1586/ern.09.7>
12. Shareghfarid, E., Sangsefidi, Z. S., Salehi-Abargouei, A., & Hosseinzadeh, M. (2020). Empirically derived dietary patterns and food groups intake in relation to attention deficit/hyperactivity disorder (ADHD): A systematic review and meta-analysis. *Clinical Nutrition ESPEN*, 36, 28–35. <https://doi.org/10.1016/j.clnesp.2019.10.013>
13. Sinn, N. (2008). Nutritional and dietary influences on attention deficit hyperactivity disorder. *Nutrition Reviews*, 66(10), 558–568. <https://doi.org/10.1111/j.1753-4887.2008.00107.x>
14. Vermiglio, F., Lo Presti, V. P., Moleti, M., Sidoti, M., Tortorella, G., Scaffidi, G., Castagna, M. G., Mattina, F., Violi, M. A., Crisà, A., Artemisia, A., & Trimarchi, F. (2004). Attention deficit and hyperactivity disorders in the offspring of mothers exposed to mild-moderate iodine deficiency: A possible novel iodine deficiency disorder in developed countries. *The Journal of Clinical Endocrinology & Metabolism*, 89(12), 6054–6060. <https://doi.org/10.1210/jc.2004-0571>
15. Wang, L.-J., Yu, Y.-H., Fu, M.-L., Yeh, W.-T., Hsu, J.-L., Yang, Y.-H., Yang, H.-T., Huang, S.-Y., Wei, I.-L., Chen, W. J., Chiang, B.-L., & Pan, W.-H. (2019). Dietary profiles, nutritional biochemistry status, and attention-deficit/hyperactivity disorder: Path analysis for a case-control study. *Journal of Clinical Medicine*, 8(5), 709. <https://doi.org/10.3390/jcm8050709>

Physical and Mathematical Sciences

ӘОК 544.3.01.

ОҚУШЫЛАРҒА ФИЗИКАНЫ ТӘЖІРИБЕЛЕР АРҚЫЛЫ ТҮСІНДІРУ

Рахымбеков Айтбай Жапарович

ф-м.ғ.к., доцент, академиялық профессор, І. Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған қ., Қазақстан Республикасы

Кабдуллаева Наргиз Ниязбековна

студент

Айтқазы Қарақат Қайратқызы

студент

Магазова Амира Рустамовна

студент

Сағым Аяулым Әлібиқызы

студент

Уатай Диана Нұрланқызы

студент

Аннотация:

Мақалада зертханалық және практикалық сабақтарда эксперименттік тапсырмаларды қолдана отырып, мектепте физиканы оқытуды жетілдіру жолдары қарастырылады. Эксперимент жүргізудің дидактикалық құрылымы қарастырылады, ол келесідей болуы мүмкін: демонстрациялық эксперименттер, алдыңғы зертханалық жұмыстар, физикалық практикум, үйдегі эксперименттер. Физиканы оқытудың негізгі мақсаты студенттердің қоршаған табиғи құбылыстар мен процестерді дұрыс түсінуі, физикалық шамалар мен өлшемдерді меңгеруі болып табылады.

Түйін сөздер: өлшеу, эксперимент, дағдылар, процесс, әдіс, ойлау, логикалық

Физика бойынша оқу бағдарламасында көрсетілген игерулерге сәйкес білім көлемі оқушыларға әр сыныпта белгіленген мөлшерде толық игерілуі керек. Оқытуға жаңа әдістер мен түрлерді енгізу үлкен әсер етеді. Мектепте физиканы оқыту әдістемесі Педагогикалық Ғылымдар жүйесінің бір саласы болып табылады. Себебі, педагогикалық ғылымдар сияқты, оның ең негізгі мәселесі – орта мектептегі ғылымның негіздерінің бірі физиканы оқыту практикасы мен теориясын қарастыру.

Оның міндеттері: а) мектептегі физика бойынша оқу бағдарламасы мен оқулықтың мазмұнын анықтау; б) оқушыларға физикалық білім мен дағдылар жүйесін игерудің тиімді әдістерін үйрету, әдістемені көрсету[1]. Мектепте физиканы оқытудың негізгі мақсаты:

- * диалектикалық-материалистік оқушылардың қоршаған табиғи құбылыстар мен процестерді дұрыс түсінуі;
- * олардың күнделікті өмірде және техникада қолданылуын білу;
- * политехникалық Дағдылар мен дағдыларды қалыптастыру;
- * физикалық шамалар мен өлшемдерді меңгеру;
- * физиканы оқыту процесінде оқушыларға табиғат құбылыстарын байқауға, оларды талдауға, олардың заңдылықтарын түсінуге және іс жүзінде қолдануға үйрету;

Физиканы оқыту процесі нәтижелі болуы үшін оқушылардың логикалық санасы мен шығармашылық ойлауын дамыту қажет. Ол үшін әртүрлі әдістерді кеңінен қолдану, оқу материалын негізінен эксперименттік және көрнекі түрде түсіндіру, оқушыға жеткізе білу маңызды. Физика сабақтарында негізінен оқушылардың эксперименттік жұмыс дағдыларын қалыптастыру, шығармашылық қабілеттерін дамыту көзделеді. Білімді игерудің тиімділігі адамның әртүрлі сезім мүшелерін тану процесіне тарту және нақты заттар мен құбылыстарға тап болған кезде оны сезіну, көру және қабылдау қабілеті арқылы артады. Бұл жағдайда физикалық эксперименттің маңызы зор.

Қабілет - бұл дамудың нәтижесі, сондықтан оның туа бітуі мүмкін емес. Оқушының қабілеті-бұл оның педагогикалық ықпал шеңберінде білім алу қызметі. Жеке тұлғаны дамыту, оқыту оның шығармашылық қабілеттерін дамытуға әсер етеді. Әр оқушы оқу материалын шығармашылық деңгейде игере алады, яғни шығармашылықты дамыта алады. Ол үшін оны шығармашылық ойынды дамытуға, яғни өзін-өзі тәрбиелеуге негізделген оқуға үйрету қажет.

Сондықтан, ең алдымен, оқушы дәстүрлі оқу практикасынан бас тартуы керек, оны оқытылған мұғалім түсіндірген кезде сабақта белсенді жалғыз адам-оқу материалының аудармашысы алады. Бізде әлі де мұғалімнің рөлі қайталанумен шектеледі, ал оқушының рөлі тек тыңдаумен, оқумен және оның білімін тексерумен шектеледі.

Оқушылардың шығармашылық қабілеттерін арттыруда эксперименттік тапсырмаларды үйге көшіру ерекше маңызға ие. Эксперимент жүргізудің дидактикалық құрылымы келесідей болуы мүмкін: демонстрациялық эксперименттер, алдыңғы зертханалық жұмыстар, физикалық практикум, үйдегі эксперименттер [2].

Үй тапсырмасына эксперименттік тапсырмаларды орындау оқушының келесі қабілеттері мен дағдыларын дамытады:

- интеллектуалды - зерттеу, эксперимент нәтижелерін салыстыру, ажырату, жазу және жалпылау қабілеті;
- пәндік - теорияны практикамен үйлестіре білу, құбылыстарды, ұғымдарды талдау үшін физикалық білімді қолдану, көптеген үй құралдары мен құралдарының жұмыс принципін түсіндіру;
- ұйымдастырушылық-танымдық- жабдықтың функционалдық міндеттерін анықтай білу, техникалық құрылғылармен жұмыс істеу кезінде қауіпсіздік және пайдалану ережелерін сақтау;
- еңбекқорлық (қол құралдарымен жұмыс істей білу, темір ұстасы, шеберлік және т.б.).

Физикалық эксперименттік тапсырмаларды үйге ауыстыру бұл тақырыпқа ерекше қызығушылық тудырады. Өйткені, мұнда жергілікті табиғи және тұрмыстық (техникалық) жағдайлар ескеріледі. Үйге арналған эксперименттік тапсырмалар жүйесі құрылды. Бұл жүйе төменде көрсетілгендей бірқатар мәселелерді шешуге бағытталған [3].

- * тәжірибені физикалық тұрғыдан қарастыру;
- * физикалық шамаларды өлшеу арқылы физикалық заңдар мен заңдардағы функционалдық тәуелділікті анықтау;
- * тұрмыстық техниканың көмегімен физикалық процестерді басқару мүмкіндігін түсіндіру (тігін машинасында, реостатта және потенциометрде, теледидардағы, магнитофондағы, радиоқабылдағыштағы дыбыс деңгейін реттегіште міндеттерді анықтау);
- * жұмыс істеу үшін қажетті техникалық құрылғылардың параметрлерін өлшеу және есептеу (электр құрылғыларының қуатын – үтікті, электр плитасын, электр энергиясын есептегіш пен сағат бойынша секундтық көрсеткімен анықтау және оны осы құрылғының құжаттық көрсеткіштерімен салыстыру; егер олар сәйкес келмесе, себептерін түсіндіру);
- * күнделікті еңбек тәжірибесінде техникалық білімді қолдану (май қабатымен жабылған суда картоп тезірек піседі. Мұны іс жүзінде тексеріп, құбылысты түсіндіру керек).

Эксперименттік есептерді шешу әдістері оларды шешуге арналған эксперименттік жұмыстың қойылымына байланысты. Мысалы, егер мәселені шешу үшін барлық тексеру қажет болса, онда тапсырманың шешімі нұсқауларға сәйкес жазылады. Эксперименттік есептердің басқа түрлерінде мәселені шешу және ұсыну қажет. Егер есепті шешуге қажетті шамалар эксперимент нәтижесінде алынса, онда эксперимент жасап, өлшеулер жүргізу маңызды. Мысалдар келтірейік [4]:

Тапсырма қою. Қажетті жабдық: тікбұрышты қалайы, таразы, масштабты сызғыш, су ыдысы, шайнек, құм. Құмыраны тік ұстау үшін оны суға салып, ішіне аздап құм салады, сонда ол суда жүзе алады. Құмыраның батыру тереңдігін анықтау қажет.

Берілген есептің шартын сызу және оның астына сұрақ қою арқылы жазуға болады. Содан кейін талдау жасалады және мәселені шешу үшін қандай өлшемдер қажет екенін анықтайды.

Талдау. Құмыраға әсер ететін ауырлық күші және төменнен суға әсер ететін итеру күші тең болғанша суға батырылады. Бұл жағдайда $F_a = P$ тепе-теңдік орнатылады. Бірақ бұл Архимедтің күші дене вытеснирған сұйықтықтың салмағына тең болғандықтан болады:

$$F_a = F_a = 9,8 \frac{H}{\text{кг}} \cdot \rho_c \cdot V_c \quad (1)$$

Мұнда: V_c -банканың батып кеткен бөлігінің көлемі, ρ_c -судың тығыздығы.

Банктің батырылған бөлігінің көлемі S негізінің ауданының және батыру тереңдігінің h көбейтіндісіне тең:

$$F_a = 9,8 \frac{H}{\text{кг}} \cdot \rho_c \cdot h \cdot S \quad (2)$$

осыдан,
$$h = \frac{F_a}{9,8 \frac{H}{\text{кг}} \cdot \rho_c \cdot h \cdot S} \quad (3)$$

Сіз формуладағы құм құмырасының салмағын, судың тығыздығын және құмыраның негізінің ауданын білуіңіз керек. Өлшемдер: банканың салмағын динамометрмен өлшеңіз. Сызғышпен біз құмыраның ұзындығы мен көлденесін өлшейміз. Осы жерден біз негіздің ауданын анықтаймыз

$$S = a \cdot b \cdot \rho_c = 1 \frac{r}{\text{см}^3} \quad (4)$$

Есептеулер. Біз формулаға тығыздық, салмақ және аудан мәндерін орнатамыз және батыру тереңдігінің биіктігін (h) анықтаймыз. Практикалық тексеру. Суға батырылған құмыраның тік қабырғасындағы түрлі-түсті сызықпен батыру тереңдігін белгілеңіз. Эксперимент эксперимент арқылы табылған мән мен есептелген биіктік мәні сәйкес келетіндігін көрсетті. Сонымен, эксперимент дұрыс орындалды.

Эксперименттік есептер тәжірибені қажет болған жағдайда ғана қояды, кейбір мәселелерді шешкен кезде фронтальды тәжірибе берілуі мүмкін.

Литература

1. Аккошкарров Е.А. Некоторые аспекты организации физических понятий.-Алматы: Мектеп,2010.-70с.
2. Усова А.В. Анализ усвоения учащимися научных понятий. // Новые исследования в педагогических науках.(ХУ11).-М.: Мир, -2010, -№4 –С.6.
3. Шахмаев Н.М. Демонстрационные опыты в электродинамике М.:Просвещение,1979.-С.314.
4. Кудайкулов М.А., Жанабергенов К. Методика преподавания физики в средней школе.- Алматы: Рауан,2001.-310с.

УДК 621.315.592.3

ЖАРТЫЛАЙ ӨТКІЗГІШТІКТІҢ ҚОСПАЛАР КОНЦЕНТРАЦИЯСЫНАН ТӘУЕЛДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

Рахымбеков Айтбай Жапарович

к.ф.-м.н., ассоциированный. профессор, Жетысуский университет им. И.Жансугурова

Жумадил Әділ Жақсылықұлы

магистрант Жетысуский университет им. И.Жансугурова

Аңдатпа

Бұл мақалада жартылай өткізгіш материалдардың электрлік қасиеттерінің қоспалар концентрациясына тәуелділігі қарастырылады. Жартылай өткізгіштердің электрөткізгіштігін басқаруда қоспалық атомдардың маңызды рөлі сипатталып, донорлық және акцепторлық қоспалардың әсер ету механизмдері түсіндіріледі. Қоспа концентрациясының артуы заряд тасымалдаушылар концентрациясының өзгеруіне, меншікті кедергінің төмендеуіне және электрөткізгіштіктің жоғарылауына әкелетіні теориялық тұрғыдан талданады.

Түйін сөздер: жартылай өткізгіш, қоспа, қоспалар концентрациясы, электрөткізгіштік, меншікті кедергі, донор, акцептор, электрон, кемтік, заряд тасымалдаушылар.

Кіріспе

Қазіргі электроника мен ақпараттық технологиялардың дамуы жартылай өткізгіш материалдардың физикалық қасиеттерін терең зерттеумен тығыз байланысты. Диодтар, транзисторлар, интегралдық схемалар, жарықдиодтар, күн элементтері және көптеген сенсорлық құрылғылардың жұмыс істеу принциптері жартылай өткізгіштердің электрлік қасиеттеріне негізделеді.

Жартылай өткізгіштердің негізгі ерекшеліктерінің бірі – олардың электрөткізгіштігін сыртқы факторлар арқылы кең аралықта өзгерту мүмкіндігі. Мұндай факторларға температура, жарықтандыру, электр өрісі және материал құрамына енгізілген қоспалардың концентрациясы жатады. Әсіресе қоспалау әдісі жартылай өткізгіштің электрлік параметрлерін басқарудың негізгі тәсілдерінің бірі болып саналады.

Таза жартылай өткізгіште электр тогын электрондар мен кемтіктер тасымалдайды. Алайда оның құрамына аз мөлшерде арнайы қоспалар енгізілген кезде заряд тасымалдаушылардың саны айтарлықтай өзгеруі мүмкін. Осыған байланысты жартылай өткізгіштердің өткізгіштігі қоспалардың түрі мен концентрациясына тікелей тәуелді болады.

Зерттеудің өзектілігі жартылай өткізгіштердің электрлік қасиеттерін қоспалар концентрациясы арқылы басқару принциптерін түсіндірумен және осы тәуелділікті эксперименттік жолмен анықтау қажеттілігімен байланысты.

Жартылай өткізгіштердің физикалық негіздері

Жартылай өткізгіштер – электрлік өткізгіштігі металдар мен диэлектриктердің арасында орналасқан материалдар. Оларға кремний (Si), германий (Ge), селен (Se) және басқа да материалдар жатады. Жартылай өткізгіштердің электрлік қасиеттері олардың кристалдық құрылымымен және энергетикалық деңгейлерімен анықталады. Қалыпты жағдайда валенттік аймақтағы электрондар атомдармен байланысқан күйде болады. Электронға жеткілікті энергия берілген кезде ол байланысқан күйден босап, өткізгіштік аймағына өтеді.

Нәтижесінде бос электрон және оның орнында кемтік пайда болады. Меншікті жартылай өткізгіште электрондар мен кемтіктердің концентрациялары бір-біріне тең:

$$n = p = n_i, \quad (1)$$

мұндағы n – электрондар концентрациясы, p – кемтіктер концентрациясы, n_i – меншікті заряд тасымалдаушылар концентрациясы.

Жартылай өткізгіштің электрөткізгіштігі:

$$\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p), \quad (2)$$

мұндағы: σ – электрөткізгіштік; q – электрон заряды; n – электрондар концентрациясы; p – кемтіктер концентрациясы;

μ_n – электрондардың қозғалғыштығы; μ_p – кемтіктердің қозғалғыштығы.

Бұл өрнектен электрөткізгіштіктің заряд тасымалдаушылар концентрациясына тәуелді екені көрінеді.

Қоспалық жартылай өткізгіштер

Таза жартылай өткізгіштің электрлік қасиеттерін өзгерту үшін оның құрамына арнайы қоспалар енгізіледі. Бұл процесс **қоспалау** деп аталады.

Қоспалардың негізгі екі түрі бар: донорлық қоспалар; акцепторлық қоспалар.

Донорлық қоспалар

Кремнийдің кристалдық торына бес валентті атомдар, мысалы фосфор (P), мышьяк (As) немесе сурьма (Sb) енгізілген жағдайда донорлық жартылай өткізгіш түзіледі. Кремний атомы төрт валентті болғандықтан, оның төрт электроны көрші атомдармен коваленттік байланыс түзуге қатысады. Ал бес валентті қоспа атомының бір электроны кристалдық байланысқа толық қатыспай, салыстырмалы түрде әлсіз байланысқан күйде қалады. Аз ғана энергия әсерінен бұл электрон босап, электр тогын тасымалдауға қатысады.

Сондықтан донорлық жартылай өткізгіште негізгі заряд тасымалдаушылар – **электрондар**. Мұндай жартылай өткізгіш **n-типті жартылай өткізгіш** деп аталады.

Акцепторлық қоспалар

Егер кремний кристалына үш валентті атомдар, мысалы бор (B), алюминий (Al) немесе галлий (Ga) енгізілсе, акцепторлық жартылай өткізгіш түзіледі. Үш валентті атомның көрші кремний атомдарымен толық байланыс түзуіне бір электрон жетіспейді. Нәтижесінде кристалда кемтік пайда болады.

Бұл жағдайда негізгі заряд тасымалдаушылар – **кемтіктер**. Мұндай жартылай өткізгіш **p-типті жартылай өткізгіш** деп аталады.

Қоспалар концентрациясының электрөткізгіштікке әсері

Жартылай өткізгішке енгізілген қоспалардың концентрациясы артқан сайын негізгі заряд тасымалдаушылардың концентрациясы да өзгереді.

n-типті жартылай өткізгіш үшін қоспалар концентрациясы N_D жеткілікті үлкен және толық иондалған жағдайда:

$$n \approx N_D. \quad (3)$$

Сонда электрөткізгіштік жуық түрде:

$$\sigma \approx q\mu_n N_D. \quad (4)$$

Бұл теңдеуден қоспалар концентрациясының артуы белгілі бір диапазонда электрөткізгіштіктің артуына әкелетінін көруге болады. Ал p-типті жартылай өткізгіш үшін:

$$p \approx N_A, \quad (5)$$

мұндағы N_A – акцепторлық қоспалар концентрациясы.

Бұл жағдайда:

$$\sigma \approx q\mu_p N_A. \quad (6)$$

Демек, акцепторлық қоспалардың концентрациясын арттыру да жартылай өткізгіштің электрөткізгіштігін жоғарылатады. Жартылай өткізгіштің меншікті кедергісі электрөткізгіштікпен кері байланысты:

$$\rho = \frac{1}{\sigma}. \quad (7)$$

Сондықтан қоспалар концентрациясы артқан кезде белгілі бір жағдайларда меншікті кедергі төмендейді.

Қоспа концентрациясына тәуелділіктің физикалық механизмі

Қоспалар концентрациясының өзгеруі жартылай өткізгіштің энергетикалық құрылымына да әсер етеді. Аз концентрация кезінде қоспалар жеке-жеке орналасқан энергетикалық деңгейлер түзеді. Қоспалар концентрациясы жоғарылаған сайын олардың арасындағы өзара әсер күшейеді. Белгілі бір концентрациядан бастап қоспалық деңгейлер бір-біріне жақындап, қоспалық аймақтардың қалыптасуына әкелуі мүмкін.

Бұл құбылыс жартылай өткізгіштің өткізгіштік қасиеттерінің айтарлықтай өзгеруіне себеп болады. Алайда қоспа концентрациясын шексіз арттыру электрөткізгіштіктің шексіз өсуін білдірмейді. Қоспалардың шамадан тыс концентрациясында заряд тасымалдаушылардың қозғалғыштығы төмендеуі мүмкін. Бұған қоспа атомдарынан туындайтын шашырау процестері әсер етеді.

Сондықтан жартылай өткізгіштің электрөткізгіштігі қоспа концентрациясына күрделі түрде тәуелді болады:

$$\sigma = q(n\mu_n + p\mu_p). \quad (8)$$

Мұнда концентрацияның артуы тасымалдаушылар санын көбейтсе, қоспалардың көбейуі олардың қозғалғыштығын төмендетуі мүмкін. Осы екі фактордың арақатынасы нақты материалдың қасиеттеріне байланысты анықталады.

Эксперименттік зерттеу әдістемесі

Жартылай өткізгіштің қоспалар концентрациясына тәуелділігін зерттеу үшін әртүрлі концентрациядағы қоспалары бар бірнеше үлгі алынады.

Зерттеу барысында келесі шамаларды анықтауға болады:

-үлгінің ұзындығы L ; -көлденең қимасының ауданы S ; -үлгі арқылы өтетін ток күші I ; -үлгі ұштарындағы кернеу U ; -үлгінің электрлік кедергісі R .

Ом заңына сәйкес:

$$R = \frac{U}{I}. \quad (9)$$

Меншікті кедергі:

$$\rho = R \frac{S}{L}. \quad (10)$$

Ал электрөткізгіштік:

$$\sigma = \frac{1}{\rho}. \quad (11)$$

Осы формулалар арқылы әрбір үлгі үшін электрөткізгіштік есептеледі. Зерттеу нәтижелері кестеге енгізіледі.

№	Қоспа концентрациясы	Кернеу U , В	Ток күші I , А	Кедергі R , Ом	Электрөткізгіштік σ , См/м
1	N_1	U_1	I_1	R_1	σ_1
2	N_2	U_2	I_2	R_2	σ_2
3	N_3	U_3	I_3	R_3	σ_3
4	N_4	U_4	I_4	R_4	σ_4
5	N_5	U_5	I_5	R_5	σ_5

Алынған мәліметтер негізінде $\sigma = f(N)$ тәуелділік графигі тұрғызылады.

Жалпы жағдайда қоспалар концентрациясы артқан сайын электрөткізгіштіктің жоғарылау тенденциясы байқалады. Сонымен бірге жоғары концентрация аймағында қозғалғыштықтың төмендеуіне байланысты тәуелділік сызықтық сипаттан ауытқуы мүмкін.

Зерттеу нәтижелерін талдау

Эксперименттің негізгі мақсаты – қоспалар концентрациясы мен жартылай өткізгіштің электрлік қасиеттері арасындағы байланысты анықтау.

Егер қоспа концентрациясы төмен болса, жартылай өткізгіште заряд тасымалдаушылар саны салыстырмалы түрде аз болады. Сондықтан оның кедергісі жоғары болады. Қоспа концентрациясын арттырған кезде бос электрондардың немесе кемтіктердің саны көбейеді. Нәтижесінде электрөткізгіштік артып, меншікті кедергі төмендейді.

Бұл тәуелділікті шартты түрде былай көрсетуге болады:

$$N_D \uparrow \Rightarrow n \uparrow \Rightarrow \sigma \uparrow \Rightarrow \rho \downarrow. \quad (12)$$

p-типті жартылай өткізгіш үшін:

$$N_A \uparrow \Rightarrow p \uparrow \Rightarrow \sigma \uparrow \Rightarrow \rho \downarrow. \quad (13)$$

Алайда жоғары концентрация кезінде қоспа атомдарының заряд тасымалдаушылардың қозғалысына кедергі келтіруі мүмкін. Сондықтан нақты тәжірибеде электрөткізгіштік пен қоспа концентрациясы арасындағы тәуелділікті тәжірибелік деректер арқылы анықтау маңызды.

Зерттеудің білім берудегі маңызы

Жартылай өткізгіштердің қоспалар концентрациясына тәуелділігін зерттеу оқушылардың физикалық құбылыстарды тек теориялық емес, эксперименттік тұрғыдан түсінуіне мүмкіндік береді.

Бұл тақырыпты оқыту барысында: тәжірибелік зерттеу; проблемалық оқыту; графикалық талдау; компьютерлік модельдеу; виртуалды зертхана; зерттеу жобалары сияқты әдістерді қолдануға болады.

Мысалы, оқушыларға: «**Неліктен жартылай өткізгішке қоспа енгізген кезде оның электрлік кедергісі өзгереді?**» деген проблемалық сұрақ ұсынылады.

Оқушылар алдымен болжам жасайды, содан кейін тәжірибе жүргізеді, өлшеу нәтижелерін кестеге енгізеді және $\sigma = f(N)$ графигін тұрғызады. Соңында алынған нәтижені заряд тасымалдаушылар концентрациясының өзгеруі арқылы түсіндіреді.

Қорытынды

Жартылай өткізгіштердің электрлік қасиеттері олардың құрамындағы қоспалардың түрі мен концентрациясына айтарлықтай тәуелді. Донорлық қоспалар n-типті жартылай өткізгіште негізгі заряд тасымалдаушылар болып табылатын электрондардың концентрациясын арттырса, акцепторлық қоспалар p-типті жартылай өткізгіште кемтіктер концентрациясын арттырады.

Қоспалар концентрациясының белгілі бір аралығында заряд тасымалдаушылар санының өсуі электрөткізгіштіктің жоғарылауына және меншікті кедергінің төмендеуіне әкеледі. Сонымен бірге жоғары қоспалау деңгейлерінде тасымалдаушылардың қозғалғыштығының өзгеруі байқалып, электрөткізгіштік пен концентрация арасындағы тәуелділік күрделене түседі.

Эксперименттік зерттеу барысында ток күші мен кернеуді өлшеу арқылы жартылай өткізгіштің кедергісін, меншікті кедергісін және электрөткізгіштігін анықтауға болады. Алынған нәтижелерді графикалық өңдеу қоспа концентрациясының жартылай өткізгіш қасиеттеріне әсерін көрнекі түрде көрсетуге мүмкіндік береді.

Пайдаланылган әдебиеттер

1. Савельев И.В. Курс общей физики. Электричество и магнетизм. – М.: Наука.2021
2. Иродов И.Е. Основные законы электромагнетизма. – М.: Лаборатория знаний.2019
3. Киттель Ч. Введение в физику твердого тела. – М.: Наука.2014
4. Сивухин Д.В. Общий курс физики. Электричество. – М.: Физматлит.2015
5. Рембовский А.М. Полупроводниковая электроника. – М.: Высшая школа.
6. Ахмедов Б.М. Физика полупроводников. – Алматы.2022

ФИЗИКА БАҒЫТЫНДА ОҚИТЫН СТУДЕНТТЕРДІҢ ҒЫЛЫМИ ІЗДЕНІСТЕРІН ШЫҢДАУ

Есенгабылова Нұргалипа Жансеркеновна

магистр естественных наук, сениор-лектор департамента “Энергетика”, АЛТ
Университет имени М.Тынышпаева

Есенгабылов Ильяс Жансеркенович

к.п.н., ассоциированный. профессор, Жетысуский университет им. И.Жансугурова

Рахымбеков Айтбай Жапарович

к.ф-м.н., ассоциированный. профессор, Жетысуский университет им. И.Жансугурова

Аңдатпа:

Қазіргі жоғары білім беру жүйесінде студенттердің тек теориялық білімді меңгеруі жеткіліксіз. Білім алушының алған білімін тәжірибеде қолдануы, ғылыми мәселені анықтауы, болжам ұсынуы, тәжірибе жүргізуі, алынған нәтижелерді талдауы және ғылыми қорытынды жасай білуі маңызды. Осы тұрғыдан алғанда физика пәнін оқыту барысында студенттердің ғылыми-зерттеушілік дағдыларын қалыптастыру мен дамыту өзекті мәселелердің бірі болып табылады. Мақалада студенттердің физика бағытындағы ғылыми ізденістерін шыңдаудың тиімді жолдары қарастырылады. Сонымен қатар студенттердің ғылыми ізденісін ұйымдастырудың кезеңдері мен педагогикалық шарттары ұсынылады.

Түйін сөздер: физика, ғылыми ізденіс, зерттеушілік дағды, студент, физикалық эксперимент, ғылыми жоба, проблемалық оқыту, цифрлық технология, зерттеу әдістері, ғылыми құзыреттілік.

Кіріспе

Қазіргі қоғамның ғылыми-техникалық даму қарқыны жоғары білім беру жүйесіне жаңа талаптар қойып отыр. Ғылым мен техниканың қарқынды дамуы болашақ мамандардан дайын ақпаратты меңгерумен қатар, жаңа білімді өздігінен іздеу, талдау және ғылыми тұрғыдан негіздеу қабілетін талап етеді. Әсіресе физика сияқты табиғат құбылыстарының заңдылықтарын тәжірибе арқылы зерттеуге негізделген пәнді меңгеруде студенттердің ғылыми ізденісін ұйымдастырудың маңызы зор.

Физика ғылымы табиғаттағы құбылыстарды бақылау, тәжірибе жүргізу, өлшеу, математикалық модельдеу және алынған нәтижелерді теориялық тұрғыдан түсіндіру арқылы дамиды. Сондықтан физиканы оқыту үдерісінде ғылыми-зерттеу әрекеттерін жүйелі түрде енгізу студенттердің пәнге деген қызығушылығын арттырып қана қоймай, олардың логикалық, сыни және шығармашылық ойлау қабілеттерін дамытады.

Студенттің ғылыми ізденісі – белгілі бір мәселені өздігінен анықтап, оның шешімін ғылыми әдістер арқылы іздеуге бағытталған мақсатты әрекет. Мұндай әрекет барысында студент мәселені тұжырымдайды, зерттеу мақсаты мен міндеттерін белгілейді, ғылыми болжам ұсынады, қажетті ақпараттарды жинақтайды, тәжірибелік жұмыстар жүргізеді, нәтижелерді өңдейді және қорытынды жасайды. Осыған байланысты физика пәнін оқытуда студенттердің ғылыми-зерттеушілік қабілеттерін дамыту – білім беру сапасын арттырудың маңызды бағыттарының бірі.

Студенттердің ғылыми ізденістерін қалыптастырудың теориялық негіздері:

Ғылыми ізденіс студенттің танымдық белсенділігімен тығыз байланысты. Студент белгілі бір физикалық құбылысты зерттеу барысында тек дайын формулаларды қолданумен шектелмей, «Неліктен?», «Қалай?», «Қандай жағдайда?», «Егер жағдайды өзгертсек, нәтиже қалай өзгереді?» деген сұрақтарға жауап іздейді. Физика бағытындағы ғылыми-зерттеу жұмысының құрылымын бірнеше кезеңге бөлуге болады:

Мәселе → Мақсат → Болжам → Зерттеу әдістері → Эксперимент → Нәтижелер → Талдау → Қорытынды.

Бұл құрылым студенттің зерттеу әрекетін жүйелі ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Ғылыми ізденіс барысында студенттерде бірнеше негізгі дағды қалыптасады:

- ғылыми мәселені анықтау; ақпарат көздерімен жұмыс жасау; ғылыми әдебиеттерді талдау;
- зерттеу мақсатын нақтылау; болжам ұсыну;
- эксперименттік жұмыс жүргізу; өлшеу нәтижелерін тіркеу; математикалық есептеулер жүргізу;
- графиктер мен кестелер құру; алынған нәтижелерді салыстыру; қателіктерді анықтау; ғылыми қорытынды жасау; зерттеу нәтижелерін қорғау.

Осы дағдылардың жиынтығы студенттің ғылыми-зерттеушілік құзыреттілігін қалыптастырады.

Физикалық эксперимент арқылы зерттеушілік дағдыны дамыту

Физикадағы ғылыми ізденістің негізгі құралдарының бірі – эксперимент. Эксперимент барысында студент теориялық білімін практикамен байланыстырады. Мысалы, студенттер электр тогының әсерін зерттеу кезінде ток күші мен өткізгіштің кедергісі арасындағы байланысты анықтай алады. Ом заңына сәйкес:

$$I = \frac{U}{R},$$

мұндағы I – ток күші, U – кернеу, R – электр кедергісі.

Студент әртүрлі кернеу мәндерінде ток күшін өлшеп, алынған нәтижелер бойынша $I(U)$ графиктің сипатын талдау арқылы физикалық заңдылықты тәжірибелік жолмен анықтайды. Мұндай тапсырмада студент дайын қорытындыны жаттамайды. Керісінше, тәжірибе нәтижесіне сүйене отырып, қорытындыны өзі қалыптастырады. Бұл ғылыми ойлау дағдысының қалыптасуына ықпал етеді.

Проблемалық оқыту

Студенттердің ғылыми ізденісін дамытуда проблемалық оқытудың маңызы ерекше. Оқытушы студентке дайын жауап бермей, ғылыми мәселе ұсынады.

Мысалы: «Неліктен металл өткізгіш қыздырылған кезде оның электрлік кедергісі өзгереді?»

Бұл сұраққа жауап іздеу барысында студенттер алдымен өз болжамдарын ұсынады. Кейін теориялық ақпараттарды қарастырып, тәжірибе жүргізіп, алынған нәтижелерді талдайды. Проблемалық оқыту студентті дайын ақпаратты қабылдаушы емес, зерттеу үдерісінің белсенді қатысушысы ретінде қалыптастырады.

Ғылыми жобалар ұйымдастыру

Студенттердің ғылыми ізденісін дамытудың тиімді тәсілдерінің бірі – жеке немесе топтық ғылыми жобалар. Физика бойынша студенттерге келесі бағыттарда зерттеу тақырыптарын ұсынуға болады:

- жаңартылатын энергия көздерінің физикалық негіздері;
- күн батареяларының тиімділігін зерттеу;
- жел энергетикасының физикалық принциптері;
- жартылай өткізгіштердің қасиеттері;
- асқынөткізгіштік құбылысы;

- нанотехнологиядағы физикалық құбылыстар;
- электромагниттік сәулеленудің қасиеттері;

Жоба барысында студент тақырып бойынша ғылыми әдебиеттерді зерттеп, зерттеу әдістерін таңдайды, тәжірибе жүргізеді және нәтижесін ғылыми баяндама немесе презентация түрінде қорғайды.

Цифрлық технологиялардың студенттердің ғылыми ізденісіндегі рөлі

Қазіргі таңда физикалық зерттеулерді цифрлық технологияларсыз елестету қиын. Компьютерлік модельдеу, виртуалды зертханалар, цифрлық өлшеу құралдары және деректерді өңдеу бағдарламалары студенттердің зерттеу мүмкіндіктерін кеңейтеді. Мысалы, механикалық қозғалысты зерттеу барысында студент қозғалыс параметрлерін компьютерлік модель арқылы өзгертіп, жылдамдық пен уақыт, координата мен уақыт арасындағы тәуелділікті анықтай алады.

Эксперимент нәтижелерін электрондық кестелер арқылы өңдеу де маңызды. Студент:

1. эксперимент нәтижелерін кестеге енгізеді;
2. орташа мәнді есептейді;
3. өлшеу қателігін анықтайды;
4. график тұрғызады;
5. нәтижелерді теориялық мәндермен салыстырады;
6. қорытынды жасайды.

Бұл жұмыстар студенттің цифрлық сауаттылығын ғана емес, ғылыми деректермен жұмыс жасау қабілетін де дамытады. Сонымен бірге виртуалды зертханаларды нақты экспериментке қосымша құрал ретінде пайдалануға болады. Олар күрделі немесе қымбат жабдықтарды қажет ететін физикалық процестерді модельдеуге мүмкіндік береді.

Студенттің ғылыми ізденісін бағалау

Ғылыми-зерттеу жұмысын бағалау кезінде тек соңғы нәтиже емес, зерттеу үдерісінің өзі де ескерілуі қажет. Бағалау критерийлерін төмендегідей ұйымдастыруға болады (Кесте 1) :

№	Бағалау критерийі	Мазмұны
1	Зерттеу мәселесі	Мәселенің нақты әрі өзекті қойылуы
2	Теориялық негіз	Ғылыми әдебиеттерді пайдалану
3	Зерттеу әдістемесі	Әдістердің дұрыс таңдалуы
4	Эксперимент	Тәжірибені дұрыс ұйымдастыру
5	Деректерді өңдеу	Кесте, график, есептеулер
6	Талдау	Нәтижелерді ғылыми тұрғыдан түсіндіру
7	Қорытынды	Негізгі нәтижелерді нақты көрсету
8	Қорғау	Зерттеу нәтижесін жүйелі таныстыру

Мұндай критерийлер студентке өзінің зерттеу жұмысындағы күшті және жетілдіруді қажет ететін тұстарын анықтауға мүмкіндік береді.

Қорытынды

Студенттердің физика бағытындағы ғылыми ізденістерін шыңдау – олардың кәсіби және зерттеушілік құзыреттілігін қалыптастырудың маңызды шарты. Ғылыми-зерттеу жұмысына жүйелі түрде қатысқан студент физикалық заңдарды тек теориялық тұрғыдан меңгеріп қана

қоймай, оларды тәжірибе арқылы тексеруге, алынған нәтижелерді талдауға және ғылыми қорытынды жасауға үйренеді.

Физикалық эксперимент, проблемалық оқыту, жобалық жұмыс, цифрлық технологиялар, компьютерлік модельдеу және деректерді өңдеу әдістерін кешенді қолдану студенттің ғылыми ойлау қабілетін дамытуға мүмкіндік береді. Студенттің ғылыми ізденісін қалыптастыру үдерісінде ең маңыздысы – оған дайын жауапты ұсыну емес, өздігінен сұрақ қоюға, мәселені зерттеуге және дәлелді қорытынды жасауға жағдай жасау. Осындай оқыту ортасы қалыптасқан жағдайда студент физика пәнін меңгеруші ғана емес, ғылыми ізденіске қабілетті жас зерттеуші ретінде қалыптасады.

Демек, жоғары оқу орнында физиканы оқыту барысында ғылыми-зерттеу әрекетін жүйелі ұйымдастыру болашақ физика мамандарының кәсіби дайындығын жетілдіріп, олардың ғылыми және шығармашылық әлеуетін арттырудың тиімді тетігі болып табылады.

Пайдаланылған әдебиеттер

1. Выготский Л.С. Педагогикалық психология. – Алматы.2024
2. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. – Москва.2009
3. Зимняя И.А. Педагогикалық психология. – Москва.2014
4. Махмутов М.И. Проблемное обучение. – Москва.2020
5. Полат Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. – Москва.2018
6. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии. – Москва.2021
7. Жоғары мектеп педагогикасы: оқу құралы. – Алматы.2024
8. Физика пәнін оқытуда цифрлық білім беру технологияларын қолдануға арналған ғылыми-әдістемелік еңбектер. Алматы 2022

ӘОК 372.853

ОҚУШЫЛАРДЫҢ ЗЕРТТЕУШІЛІК ДАҒДЫЛАРЫН ИННОВАЦИАЛАУ ЖОЛДАРЫ

Рахымбеков Айтбай Жапарович

ф-м.ғ.к, доцент, қауымдастырылған профессор, ғылыми жетекші

Мерзетбекова Салтанат Ерболқызы

магистрантка, І.Жансүгіров атындағы Жетісу университеті, Талдықорған, Қазақстан

Аңдатпа:

Бұл мақалада жалпы білім беретін мектепте физиканы оқыту үдерісінде инновациялық әдістерді қолдану арқылы оқушылардың зерттеушілік дағдыларын қалыптастыру мәселесі қарастырылады. Қазіргі білім беру жүйесінде оқушының тек дайын ақпаратты меңгеруі емес, оны өздігінен іздеуі, талдауы, тәжірибе арқылы тексеруі және ғылыми тұрғыдан қорытынды жасай алуы маңызды. Осыған байланысты физика сабақтарында проблемалық оқыту, зерттеушілік оқыту, жобалық әдіс, виртуалды зертхана, цифрлық білім беру ресурстары, STEM технологиялары және эксперименттік тапсырмаларды тиімді пайдалану оқушылардың ғылыми-зерттеу құзыреттілігін дамытуға мүмкіндік береді. Мақалада инновациялық әдістердің ерекшеліктері, оларды физика сабақтарында қолдану жолдары және оқушылардың зерттеушілік дағдыларын қалыптастырудағы педагогикалық мүмкіндіктері сипатталған.

Түйін сөздер:

физика, инновациялық әдістер, зерттеушілік дағдылар, зерттеушілік оқыту, проблемалық оқыту, жобалық әдіс, эксперимент, STEM, цифрлық технологиялар, виртуалды зертхана.

Кіріспе

Қазіргі білім беру жүйесінің негізгі міндеттерінің бірі – оқушыларды дайын білімді қабылдаушы емес, білімді өздігінен іздеп, талдап, тәжірибе арқылы дәлелдей алатын белсенді тұлға ретінде қалыптастыру. Ғылыми-техникалық прогрестің қарқынды дамуы білім алушылардан ақпаратпен жұмыс істеу, мәселені анықтау, болжам жасау, эксперимент жүргізу, алынған нәтижелерді өңдеу және негізделген қорытынды шығару сияқты дағдыларды талап етеді.

Осы тұрғыдан алғанда физика пәнінің мүмкіндігі ерекше. Физика табиғат құбылыстарын тәжірибе, бақылау, өлшеу және математикалық модельдеу арқылы зерттейтін ғылым болғандықтан, оны оқыту барысында оқушылардың зерттеушілік қабілеттерін дамытуға қолайлы жағдай қалыптасады.

Дәстүрлі оқыту барысында мұғалім көбіне дайын теориялық материалды түсіндіріп, оқушы оны меңгеруге бағытталса, инновациялық оқытуда оқушының танымдық белсенділігіне басымдық беріледі. Мұнда мұғалім білімнің негізгі көзі ғана емес, оқушының зерттеу әрекетін ұйымдастырушы және бағыттаушы қызметін атқарады.

Физиканы оқытуда инновациялық әдістерді қолдану оқушыларға физикалық заңдылықтарды дайын күйінде жаттатудан гөрі, оларды өздігінен анықтауға, эксперименттік деректер негізінде түсіндіруге және практикалық мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Сондықтан зерттеушілік дағдыларды қалыптастыру қазіргі физика білімінің маңызды бағыттарының бірі болып табылады.

Оқушылардың зерттеушілік дағдыларының мәні

Зерттеушілік дағды – белгілі бір мәселені ғылыми тұрғыдан қарастырып, оның шешімін өздігінен іздеу, болжам ұсыну, қажетті ақпаратты жинау, тәжірибе немесе бақылау жүргізу, алынған мәліметтерді талдау және қорытынды жасау қабілеті.

Физика сабағында зерттеушілік дағдылардың бірнеше негізгі компонентін бөліп көрсетуге болады:

1. **Мәселені анықтау** – зерттелетін құбылыс немесе шешуді қажет ететін мәселені тұжырымдау.
2. **Сұрақ қоя білу** – физикалық құбылыстың себебін немесе заңдылығын анықтауға бағытталған зерттеу сұрағын қалыптастыру.
3. **Болжам жасау** – тәжірибе нәтижесін алдын ала болжау.
4. **Зерттеу жоспарын құру** – эксперимент жүргізудің ретін, қажетті құралдарды және өлшеу әдістерін анықтау.
5. **Эксперимент жүргізу** – бақылау, өлшеу және тәжірибе нәтижелерін тіркеу.
6. **Деректерді өңдеу** – кесте, график, диаграмма немесе математикалық есептеулер арқылы нәтижелерді талдау.
7. **Қорытынды жасау** – алынған нәтижелерді бастапқы болжаммен салыстыру.
8. **Нәтижені ұсыну** – зерттеу нәтижесін ауызша, жазбаша, графикалық немесе цифрлық форматта көрсету.

Осы дағдылардың жүйелі қалыптасуы оқушының ғылыми ойлау қабілетін дамытып қана қоймай, оның функционалдық сауаттылығын арттырады.

2. Физиканы оқытудағы инновациялық әдістер

Физика сабақтарында оқушылардың зерттеушілік қабілеттерін дамыту үшін әртүрлі инновациялық педагогикалық әдістерді қолдануға болады:

- проблемалық оқыту әдісі

Проблемалық оқыту оқушы алдына дайын жауабы жоқ немесе оны бірден анықтау мүмкін емес мәселе қоюға негізделеді. Мұндай жағдайда оқушы физикалық заңдылықты өздігінен түсіндіруге тырысады.

Мысалы, «Неліктен металл қасықтың бір ұшы қыздырылған кезде екінші ұшы да біртіндеп қызады?» деген сұрақ арқылы жылу өткізгіштік құбылысын зерттеуге болады. Проблемалық жағдайды ұйымдастырудың кезеңдері:

проблемалық жағдай → зерттеу сұрағы → болжам → тәжірибе → нәтижелерді талдау → қорытынды.

Бұл тәсіл оқушыны дайын ақпаратты қабылдаудан зерттеу әрекетіне көшіреді.

- зерттеушілік оқыту әдісі

Зерттеушілік оқыту барысында оқушы нақты ғылыми зерттеуге ұқсас әрекеттер орындайды. Мұғалім зерттеу бағытын анықтап бергенімен, зерттеу барысының жекелеген кезеңдерін оқушының өзі орындауына мүмкіндік береді.

Мысалы, «Маятниктің тербеліс периоды неге тәуелді?» тақырыбында оқушылар:

- зерттеу сұрағын анықтайды;
- маятниктің ұзындығын өзгертеді;
- тербеліс уақытын өлшейді;
- бірнеше рет тәжірибе жүргізеді;
- нәтижелерін кестеге енгізеді;
- график тұрғызады;
- алынған тәуелділікті анықтайды;
- қорытынды жасайды.

Мұндай тапсырма физикалық біліммен қатар өлшеу, салыстыру, талдау және қорытынды жасау дағдыларын дамытады.

- жобалық оқыту әдісі

Жобалық әдіс оқушылардың белгілі бір мәселені ұзақ мерзімді зерттеп, нақты өнім жасауына мүмкіндік береді.

Физика пәнінде жобалық жұмыстарға мынадай тақырыптарды ұсынуға болады:

- «Күн энергиясын тұрмыста пайдалану мүмкіндіктері»;
- «Энергияны үнемдеудің физикалық негіздері»;
- «Мектеп ғимаратындағы жылу шығынын зерттеу»;
- «Жел энергиясының тиімділігі»;
- «Қарапайым электр станциясының моделін жасау»;
- «Смартфон датчиктері арқылы физикалық өлшеулер жүргізу».

Жобаны орындау барысында оқушы ақпарат жинайды, эксперимент жүргізеді, нәтижелерді өңдейді және өзінің зерттеу жұмысын қорғайды.

- виртуалды зертханаларды пайдалану

Қазіргі цифрлық технологиялар физикадағы эксперименттік жұмыстарды виртуалды ортада ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Виртуалды зертханалар әсіресе құрал-жабдық жеткіліксіз болған жағдайда немесе күрделі тәжірибелерді көрсету кезінде тиімді.

Мысалы, электр тізбегін зерттеу кезінде оқушы виртуалды ортада:

- ток күшін;
- кернеуді;
- кедергіні;
- тізбектің қосылу түрлерін;
- өткізгіштердің параметрлерін өзгерте алады.

Оқушы параметрлерді өзгерту арқылы нәтижелердің қалай өзгеретінін бақылайды. Бұл эксперименттік ойлау мен себеп-салдарлық байланысты түсінуге ықпал етеді.

- STEM технологиялары

STEM тәсілі ғылым, технология, инженерия және математиканы өзара байланыстыра отырып оқытуға негізделеді. Физика пәнінде STEM тапсырмалары оқушыға теориялық білімді нақты практикалық міндетті шешуде қолдануға мүмкіндік береді.

Мысалы, оқушыларға «Энергияны аз жұмсайтын шағын үй моделін құрастырыңдар» деген тапсырма беруге болады. Оқушылар жылу алмасу, жылу өткізгіштік, энергияның сақталуы сияқты физикалық ұғымдарды пайдаланып, өз жобаларын жасайды. Бұл тәсіл зерттеушілік, шығармашылық және инженерлік ойлау дағдыларын қатар дамытады.

- эксперименттік жұмыстардың зерттеушілік дағдыларды қалыптастырудағы рөлі

Физикадағы зерттеушілік әрекетті қалыптастырудың маңызды құралы – эксперимент. Эксперимент барысында оқушы физикалық теорияны тәжірибемен байланыстырады.

Мысалы, «Ом заңын зерттеу» зертханалық жұмысында оқушылар өткізгіштің ұштарындағы кернеуді және ток күшін өлшеп, алынған мәліметтер бойынша график тұрғызады.

Зерттеу нәтижелерін төмендегі кесте түрінде көрсетуге болады:

№	U, В	I, А	R, Ом
1	2	0,2	10
2	4	0,4	10
3	6	0,6	10
4	8	0,8	10

Оқушы $R = \frac{U}{I}$ формуласын пайдаланып, кедергінің тұрақты мәнге жақын екенін анықтайды. Бұл жерде оқушы тек Ом заңын есте сақтамайды, сонымен қатар: **өлшеу** →

деректерді тіркеу → есептеу → график тұрғызу → заңдылықты анықтау → қорытынды жасау - әрекеттерін орындайды.

Осылайша зертханалық жұмыс зерттеушілік дағдыларды қалыптастырудың тиімді әдісіне айналады.

- **инновациялық әдістерді сабақта қолданудың үлгісі**

Мысал ретінде «Электролиз құбылысын зерттеу» тақырыбын қарастыруға болады.

Сабақтың бастапқы кезеңінде мұғалім оқушыларға проблемалық сұрақ қояды: **«Неліктен мыс сульфаты ерітіндісін электролиздеу кезінде катодта мыс бөлініп шығады?»**

Оқушылар өз болжамдарын ұсынады. Кейін тәжірибе жүргізіледі. Зерттеу барысында оқушылар:

- электролит ерітіндісін бақылайды;
- электродтардың орналасуын анықтайды;
- ток көзін қосады;
- электродтардағы өзгерістерді бақылайды;
- мыс массасының өзгеруін зерттейді;
- тәжірибе нәтижелерін тіркейді;
- иондардың қозғалысын түсіндіреді.

Тәжірибеден кейін оқушылар алынған нәтижелерді талдап, электролиз кезіндегі электродтық процестер туралы қорытынды жасайды.

Бұл әдіс оқушылардың теориялық білімін эксперименттік деректермен байланыстыруға мүмкіндік береді.

Пайдаланылған әдебиеттер:

1. Қазақстан Республикасының жалпы орта білім берудің мемлекеттік жалпыға міндетті стандарты.
2. Қазақстан Республикасының «Білім туралы» Заңы.
3. Выготский Л.С. Педагогическая психология. – М.: Педагогика, 1991.
4. Давыдов В.В. Теория развивающего обучения. – М.: ИНТОР, 1996.
5. Полат Е.С. Новые педагогические и информационные технологии в системе образования. – М.: Академия, 2009.

УДК 666.355.16

БЕТОНЫ НОВОГО ПОКОЛЕНИЯ И РОЛЬ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА ПРИ РАЗРАБОТКЕ СПОСОБОВ ИХ СОЗДАНИЯ

Кульшикова Сауле Туюкбайевна

доктор Ph, (Жезказганский университет имени О.А. Байконурова, зав.кафедрой «Технологические машины и строительство»)

Аннотация Статья посвящена анализу современных направлений разработки бетонов нового поколения и оценке потенциала использования технологий искусственного интеллекта (ИИ) при оптимизации их состава и свойств в условиях Улытауского промышленного региона Республики Казахстан. Рассмотрены особенности сырьевой базы региона, включающей металлургические шлаки, золошлаковые отходы теплоэнергетики, кремнийсодержащие техногенные материалы и продукты переработки руд цветных и черных металлов. На основе обзора отечественных и международных исследований проанализированы возможности применения ИИ-моделей (нейронные сети, алгоритмы оптимизации, методы машинного обучения) для прогнозирования прочностных характеристик, долговечности, устойчивости к сульфатной и термодокоррозии, а также для отбора эффективных рецептур на основе местных техногенных ресурсов. Особое внимание уделено вопросам повышения экологичности строительства, снижению углеродного следа цементного производства и расширению использования низкоклинкерных и бесклинкерных вяжущих в промышленном строительстве Улытауского региона. Представленная аналитика демонстрирует, что интеграция ИИ в процессы проектирования бетонов нового поколения позволяет существенно сократить экспериментальные затраты, ускорить лабораторный цикл и обеспечить создание материалов, адаптированных к суровым климатическим и эксплуатационным условиям Центрального Казахстана. Сформулированы научно-практические выводы о перспективах внедрения интеллектуальных технологий при разработке строительных материалов повышенной надежности для промышленной инфраструктуры региона.

Аннотация Мақала жаңа буын бетондарын әзірлеудің қазіргі бағыттарын талдауға және олардың құрамын мен қасиеттерін оңтайландыруда жасанды интеллект (ЖИ) технологияларын қолдану әлеуетін бағалауға арналған, әсіресе Қазақстан Республикасының Ұлытау өнеркәсіптік аймағы жағдайында. Аймақтың шикізаттық базасының ерекшеліктері қарастырылды, оған металлургиялық шлак, жылу энергетикасы күлшлак қалдықтары, кремнийді техногендік материалдар және түсті және қара металл кендерін өңдеу өнімдері кіреді. Ұлттық және халықаралық зерттеулер шолу негізінде ЖИ модельдерін (жасанды нейрондық желілер, оңтайландыру алгоритмдері, машинамен оқыту әдістері) қолданудың мүмкіндіктері талданды, соның ішінде беріктік қасиеттерді, беріктілікті, сульфаттық және термодокоррозиялық төзімділікті болжау, сондай-ақ жергілікті техногендік ресурстар негізінде тиімді рецептураларды таңдау үшін. Әсіресе құрылыс экологиялық қауіпсіздігін арттыру, цемент өндірісінің көміртегі ізін азайту және Ұлытау аймағының өнеркәсіптік құрылысында төмен клинкерлі және клинкерсіз байланыстырушы материалдарды кеңінен қолдану мәселелеріне ерекше көңіл бөлінді. Ұсынылған аналитикалық матер-иалдар жаңа буын бетондарын жобалау процесінде ЖИ интеграциясының эксперименттік шығындарды айтарлықтай азайтуға, зертханалық циклды жеделдетуге және Орталық Қазақстанның қатал

климаттық және эксплуатациялық жағдайларына бейімделген материалдарды жасауға мүмкіндік беретінін көрсетті. Аймақтың өнеркәсіптік инфрақұрылымы үшін сенімділігі жоғары құрылыс материалдарын әзірлеуде интеллектуалды технологияларды енгізудің перспективалары бойынша ғылыми-тәжірибелік қорытындылар жасалды.

Abstract The article analyzes contemporary trends in the development of next-generation concretes and assesses the potential of artificial intelligence (AI) technologies for optimizing their composition and properties under the conditions of the Ulytau industrial region of the Republic of Kazakhstan. The study examines the features of the region's raw-material base, including metallurgical slags, fly ash from thermal power plants, silicon-containing technogenic materials, and by-products of non-ferrous and ferrous metallurgy. Based on a review of domestic and international research, the paper evaluates the capabilities of AI models (neural networks, optimization algorithms, machine-learning methods) for predicting strength characteristics, durability, resistance to sulfate and thermochemical corrosion, as well as for selecting effective formulations using local technogenic resources. Particular attention is given to improving the environmental sustainability of construction, reducing the carbon footprint of cement production, and expanding the use of low-clinker and clinker-free binders in industrial construction within the Ulytau region. The analytical findings demonstrate that the integration of AI into the design of next-generation concretes can significantly reduce experimental costs, accelerate laboratory cycles, and support the development of materials adapted to the harsh climatic and operational conditions of Central Kazakhstan. The study formulates scientific and practical conclusions regarding the prospects for introducing intelligent technologies in the development of high-reliability construction materials for the region's industrial infrastructure.

Ключевые слова: бетоны нового поколения; искусственный интеллект; машинное обучение; оптимизация состава бетона; низкоклинкерные вяжущие; геополимерные материалы; техногенное сырьё; металлургические шлаки; золошлаковые отходы; Улытауский промышленный регион; прогнозирование свойств бетона; ресурсосберегающие технологии; экологизация строительных материалов.

Түйінді сөздер: жаңа буын бетондары; жасанды интеллект; шиналық оқыту; бетон құрамын оңтайландыру; төмен клинkerлі тұтқыр; геополимерлік материалдар; техногендік шикізат; металлургиялық қождар; жылқы қалдықтары; Ұлытау өнеркәсіптік өңірі; бетонның қасиеттерін болжау; ресурс үнемдейтін технологиялар; құрылыс материалдарын экологияландыру.

Keywords: next-generation concretes; artificial intelligence; machine learning; concrete mix optimization; low-clinker binders; geopolymer materials; technogenic raw materials; metallurgical slags; fly-ash waste; Ulytau industrial region; concrete properties prediction; resource-efficient technologies; greening of construction materials.

ВВЕДЕНИЕ

Развитие строительной отрасли в промышленно-насыщенных регионах Казахстана требует ускоренного перехода к материалам нового поколения, способным обеспечивать долговечность сооружений при сложных природноклиматических условиях и высоких эксплуатационных нагрузках [1,5,6].

Улытауский промышленный регион, включающий крупные горно-металлургические центры Жезказган–Сатпаев и прилегающие производственные кластеры, является одним из ключевых территориальных узлов страны, где проблема повышения эффективности и экологичности строительных материалов имеет стратегическое значение [4,10,16]. Интенсивное развитие добывающих и перерабатывающих отраслей сопровождается формированием значительных объёмов техногенных отходов, включая золу уноса, металлургические шлаки и техногенные пески, которые представляют собой потенциально ценные компоненты для создания низкоклинкерных и композитных бетонов [4,10,11, 16,19].

В мировой и отечественной научной практике наблюдается устойчивая тенденция к снижению доли портландцемента за счёт использования активных минеральных добавок, а также к применению щелочно-активированных и геополимерных систем, демонстрирующих высокую стойкость в агрессивных средах[2,5,9,17]. Для условий Улытауского региона такие решения обладают особой актуальностью, учитывая влияние резко континентального климата, многократные циклы замораживания–оттаивания, агрессивность сульфатных грунтовых вод и необходимость повышения ресурса промышленных и инфраструктурных объектов[6,16]. В этих условиях переход к бетонам нового поколения способен обеспечить существенное увеличение долговечности сооружений, снижение эксплуатационных расходов и уменьшение углеродного следа строительства.

Одновременно с этим в последние годы значительное развитие получили цифровые методы проектирования строительных материалов, основанные на использовании искусственного интеллекта (ИИ) [3,8,13,15,18]. Методы машинного обучения позволяют моделировать структуру и свойства бетонов, прогнозировать прочность и долговечность, оптимизировать дозировку активн-ых добавок и суперпластификаторов, а также сокращать количество экспери-ментальных испытаний. Применение ИИ особенно важно для регионов с широким спектром техногенного сырья, требующим точной оценки его химико-минералогических особенностей и их влияния на свойства композитного вяжущего [3,8,13,15]. Улытауский регион, характеризующийся высокой вариативностью состава металлургических шлаков и зол уноса, обладает значительным потенциалом для внедрения таких цифровых подходов.

Растущая потребность в эффективных и экологичных материалах, совместно с достаточной сырьевой базой и актуальными задачами промышленного строительства, предопределяет необходимость комплексного анализа существующих научных и технических решений [1,2,5]. В данной обзорно-аналитической работе рассмотрены современные тенденции развития бетонов нового поколения, оценен потенциал их применения в Улытауском промышленном регионе, а также проанализированы возможности использования методов искусственного интеллекта при разработке оптимальных технологий и составов. Основная цель исследования состоит в выявлении наиболее перспективных направлений модернизации бетонных технологий и обосновании условий для их внедрения в региональную строительную практику [6,16].

МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методологическая основа данного исследования сформирована исходя из специфики обзорно-аналитического формата работы, а также с учётом необходимости интеграции региональных сырьевых особенностей Улытауского промышленного района в оценку применимости современных технологий бетонов нового поколения [1,4,5]. Исследование построено на сочетании следующих групп методов: сравнительно-аналитических, системных, экспертных, статистических и цифровых методов прогнозирования [3,8,13,15].

1. Анализ и систематизация научно-технических источников

В основу исследования положен расширенный обзор научных публикаций, отраслевых нормативных документов, данных международных ассоциаций бетонной промышленности, материалов отечественных и зарубежных научно-исследовательских институтов [1,2,5,6,7,12,14]. Использованы источники по следующим направлениям:

- низкоклинкерные и композитные цементы;
- щелочно-активированные и геополимерные системы;
- наномодификаторы и микронаполнители для бетонов;
- модели искусственного интеллекта в прогнозировании свойств бетона;
- методы цифровой оптимизации составов цементобетонных смесей.

Особое внимание уделено работам, посвящённым переработке зол, шлаков и техногенных отходов цветной металлургии, что является ключевым аспектом для Улытауского региона.

2. Оценка сырьевой базы Улытауского промышленного региона

Для объективной оценки применимости мировых технологий проведён анализ материалов региональных предприятий, включая данные о составе зол уноса, гранулированных металлургических шлаков, техногенных песков, отсевов дробления и природных заполнителей [2.10.16.19]. Использованы:

- открытые отчеты промышленных предприятий (Жезказганский медеплавильный комплекс, Сатпаевский горно-обогатительный кластер);
- статистические данные отраслевых ведомств;
- опубликованные результаты химико-минералогических исследований сырья региона.

Метод обработки информации включал сопоставление региональных характеристик сырья с требованиями к активным минеральным добавкам для низкоклинкерных и шлакощелочных систем.

3. Сравнительно-аналитическая оценка технологий бетонов нового поколения

Проведена классификация доступных технологий по следующим критериям:

- тип вяжущей системы (портландцементная, низкоклинкерная, геополимерная, шлакощелочная);
- уровень долговечности (морозостойкость, сульфостойкость, водонепроницаемость);
- адаптация к агрессивным и климатическим условиям;
- технологическая совместимость с региональными производственными возможностями [2,5,6,9,17].

В рамках сравнения рассматривались данные по:

- международным стандартам (EN, ASTM);
- отечественным СН РК, ГОСТам и техническим регламентам;
- рекомендациям научных центров по применению активированных добавок.

4. Методы системно-экспертной оценки потенциала внедрения

Для анализа возможности внедрения технологий нового поколения в промышленную практику Улытау использован метод экспертной оценки, включающий анализ следующих параметров:

- доступность технологического оборудования на бетонных заводах региона;
- уровень цифровой готовности лабораторных подразделений;
- объём потенциально перерабатываемых техногенных отходов;
- экономические предпосылки для замены портландцемента композитными вяжущими [5,16].

Дополнительно применялся SWOT-анализ, направленный на определение сильных и слабых сторон региональной инфраструктуры в аспекте внедрения низкоклинкерных и цифровых технологий.

5. Методы анализа цифровых технологий и искусственного интеллекта

В исследование включена оценка применимости современных ИИ-инструментов при проектировании состава бетонов. Рассматривались:

- искусственные нейронные сети (ANN);
- методы опорных векторов (SVM);
- регрессионные и ансамблевые модели;
- оптимизационные алгоритмы (генетические алгоритмы, градиентный бустинг) [3,8,13,15,18,20].

Методы оценки заключались в сравнительном анализе точности прогнозирования прочности, водопоглощения, морозостойкости и сульфостойкости по опубликованным экспериментальным данным, а также в сопоставлении возможностей цифровых методов с потребностями региональных предприятий.

6. Регионально-ориентированное моделирование условий эксплуатации

Для корректной интерпретации данных, полученных из литературных источников, выполнено сопоставление:

- климатических параметров Улытауского региона (температурные амплитуды, количество циклов замораживания–оттаивания, уровень минерализации подземных вод);
- особенностей эксплуатации промышленных объектов (хвостохранилища, технологические площадки, транспортная инфраструктура);
- требований к долговечности конструкций [6,16,17].

Этот метод позволил оценить, какие классы бетонов нового поколения наиболее релевантны для региона.

Итоговая характеристика применённой методологии

Использованная методологическая схема позволяет:

1. охватить широкий спектр современных решений в области бетонов нового поколения;
2. оценить их применимость именно в условиях Улытауского промышленного региона;
3. определить технологические и цифровые инструменты, наиболее подходящие для адаптации в местной промышленности;
4. сформировать научно обоснованную платформу для последующих практических внедрений и экспериментальных исследований.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Проведенный анализ научно-технической литературы и отраслевых материалов позволил выделить несколько ключевых тенденций формирования бетонов нового поколения, которые имеют прямую применимость к условиям Улытауского промышленного региона. Результаты обзора демонстрируют, что современные подходы к созданию высокопроизводительных бетонов неразрывно связаны с разработкой низкоклинкерных и композитных вяжущих, активным вовлечением техногенных отходов цветной металлургии, а также применением моделей искусственного интеллекта (ИИ) для оптимизации состава и прогнозирования эксплуатационных характеристик. Ниже представлены обобщенные результаты и аналитическая интерпретация выявленных решений.

1. Потенциал сырьевой базы Улытауского региона для создания бетонов нового поколения

Изучение сырьевых и техногенных ресурсов региона показывает, что Улытау обладает уникальными предпосылками для широкого внедрения композитных и низкоклинкерных вяжущих. Наличие крупного металлургического кластера (Жезказган, Сатпаев), а также эксплуатация медеплавильных, горнорудных и обогатительных предприятий формируют значительные объёмы технологических отходов, которые могут быть использованы как активные минеральные добавки к цементу и бетону.

К наиболее значимым потенциальным компонентам относятся:

1. зола уноса ТЭЦ, характеризующаяся повышенной пуццолановой активностью;
2. шлаки медеплавильного производства и ферросплавные шлаки, способные после грануляции и тонкого помола выполнять функции гидравлически активного компонента;
3. тонкодисперсные техногенные пески и отсеvy дробления, пригодные в качестве модифицированных мелких заполнителей;
4. карбонатные и кремнистые породы месторождений Улытау, обеспечивающие стабильную фракционность крупного заполнителя. Міне, қазақша аудармасы:

Комплексный анализ указывает, что именно сочетание золы, гранулированных шлаков и активированных кремнеземистых микрозаполнителей позволяет формировать низкоклинкерные композиты, способные обеспечить требуемую прочность и долговечность при одновременном снижении углеродного следа. Учитывая высокую континентальность климата, многократные циклы замораживания-оттаивания и локальные сульфатные агрессии грунтовых вод, особую важность приобретает разработка бетонов с повышенной морозостойкостью и сульфостойкостью, что также подтверждается результатами доступных исследовательских работ [4,10,11,16,19].

2. Аналитическая оценка технологий низкоклинкерных и геополимерных систем

Обзор международной практики показывает, что наибольшее развитие получили следующие направления:

- системы LC³ (известь–клинкер–метакаолин);
- щелочно-активированные композиты на основе металлургических шлаков;
- гибридные геополимерные вяжущие с частичным добавлением портландцемента;
- наномодифицированные бетоны с использованием микрокремнезёма, нано-SiO₂ и поликарбоксилатных диспергаторов [1,2,5,6,9].

Для условий Улытауского промышленного района наибольший интерес представляют щелочно-активированные шлакощелочные бетоны, так как именно медеплавильные и ферросплавные шлаки региона обладают высоким потенциалом вторичного использования. Анализ опубликованных данных показывает, что активированные шлаки способны обеспечивать прочность на сжатие выше 50 МПа при оптимальном подборе

щелочного модуля и тонкости помола. Кроме того, такие системы демонстрируют высокую сульфостойкость, что критически важно для инженерных сооружений на площадках с минерализованными водами.

Низкоклинкерные системы также позволяют существенно снизить использование портландцемента, благодаря чему уменьшается стоимость производства и экологическая нагрузка. Сопоставление характеристик мировых аналогов показывает, что включение 30–50% активных минеральных добавок может обеспечить долговечность, сопоставимую с традиционными марками бетонов класса В30–В45.

3. Роль частиц микро- и наноразмеров в повышении эксплуатационных свойств бетонов

Систематизация данных исследований показывает, что применение микрокремнезема, золы-уноса и нанодобавок приводит к принципиальному изменению структуры цементного камня. Формируется плотная микроструктура с уменьшенной пористостью, сниженной водопроницаемостью и повышенной коррозионной стойкостью [1,3,8,9].

Для Улытауского региона, где строительные конструкции часто эксплуатируются в условиях резких температурных колебаний, ветровой эрозии и повышенной минерализации подземных вод, использование высокодисперсных модификаторов представляет собой эффективный путь повышения долговечности инженерных объектов, в том числе:

- фундаментов промышленных зданий;
- элементов гидротехнических сооружений;
- объектов хвостохранения и шламонакопителей;
- бетонных покрытий карьеров и обогатительных фабрик.

Имеющиеся исследования также показывают, что активное применение микрокремнезема снижает необходимость в высоких дозировках поликарбонатных суперпластификаторов, тем самым оптимизируя себестоимость смеси.

4. Применение искусственного интеллекта при проектировании бетонов нового поколения

Искусственный интеллект показал эффективность следующих алгоритмов:

- алгоритмы градиентного бустинга;
- генетические алгоритмы и другие оптимизационные механизмы.

Применение ИИ позволяет прогнозировать основные эксплуатационные характеристики бетона — прочность, морозостойкость, стойкость к сульфатам, коэффициент водопоглощения — на этапе подбора состава, без необходимости многократного лабораторного тестирования [3,8,13,15,18]. Аналитические данные из литературы подтверждают, что точность предсказания прочности при использовании ANN достигает 92–96%, что существенно сокращает количество экспериментальных итераций.

Для Улытауского региона эффект от цифровой оптимизации особенно значим по следующим причинам:

1. Большое разнообразие техногенных добавок, требующих численного моделирования для выбора оптимальных сочетаний.
2. Ограниченность региональных лабораторных мощностей, что делает цифровое моделирование экономически эффективным.
3. Необходимость учитывать агрессивность среды (сульфатные воды, температурные циклы), для чего требуются модели многопараметрического анализа.
4. Возможность формирования региональной базы данных состава шлаков и зол, на основе которой может быть создана локальная ИИ-платформа проектирования бетонов.

Обзор показывает, что внедрение ИИ-подходов может снизить продолжительность проектирования состава бетона в 3–5 раз и обеспечить повышение стабильности качества за

счёт точной коррекции дозировок добавок под конкретные региональные сырьевые особенности.

5. Возможность промышленного внедрения технологий нового поколения в Улытау

Рассмотрение технологической инфраструктуры региона позволяет выделить ряд факторов, способствующих внедрению бетонов нового поколения [4, 5, 6, 16]:

- наличие крупных предприятий, генерирующих сырьё для низкоклинкерных композитов;
- развитая транспортно-логистическая сеть, обеспечивающая доступность поставок цемента, щелочных активаторов и модификаторов;
- растущая потребность в долговечных материалах для промышленных площадок, хвостохранилищ, транспортных инфраструктурных объектов;
- экологические требования, стимулирующие переработку техногенных отходов.

Одновременно аналитика показывает и существующие ограничения:

- ограниченное количество бетонных узлов, способных работать с геополимерными и шлакощелочными системами;
- необходимость подготовки кадров для работы с цифровыми моделями подбора состава;
- слабая цифровизация региональных лабораторий.

Тем не менее оценка совокупных факторов демонстрирует, что переход к бетонам нового поколения для Улытауского региона является не только возможным, но и стратегически необходимым. Использование ИИ-подходов позволяет минимизировать риски неправильного подбора состава и ускорить промышленное внедрение инновационных вяжущих.

6. Обобщенные выводы по результатам аналитического обзора

Результаты анализа подтверждают следующие ключевые положения:

1. Улытау обладает значительным ресурсным потенциалом для производства низкоклинкерных и композитных бетонов благодаря наличию зол, шлаков и техногенных песков.
2. Мировая практика демонстрирует высокую эффективность геополимерных и шлакощелочных систем, которые могут обеспечить долговечность при сложных климатических условиях региона.
3. Микрокремнезём, наноразмерные добавки и современные суперпластификаторы позволяют формировать плотную структуру цементного камня, повышая морозостойкость и стойкость к агрессивным воздействиям.
4. Искусственный интеллект становится ключевым инструментом проектирования бетонов нового поколения, позволяя оптимизировать состав, прогнозировать свойства, снижать затраты и учитывать региональные технологические особенности.
5. Региональная промышленность может быть существенным образом модернизирована при внедрении цифровых лабораторий и ИИ-платформ моделирования состава [1-3, 4, 5, 6, 10, 16, 19].
6. В совокупности перечисленные факторы формируют основу для создания региональной стратегии производства бетонов нового поколения, ориентированной на повышение долговечности, экологичности и технологической эффективности строительства в Улытауском промышленном регионе.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведённое обзорно-аналитическое исследование позволило комплексно оценить потенциал применения бетонов нового поколения в условиях Улыта-уского промышленного региона и определить роль современных цифровых технологий, в частности методов искусственного интеллекта, в разработке оптимальных составов и технологических решений. Анализ сырьевой базы показал, что регион располагает значительными объёмами техногенных материалов металлургического происхождения — зол уноса, гранулированных шлаков, техногенных песков и отходов дробления, которые обладают высоким потенциалом для использования в качестве активных минеральных добавок в низкоклинкерных, шлакощелочных и геополимерных системах. Это создаёт предпосылки для локализации производства композитных вяжущих и снижения зависимости от традиционного портландцемента.

Сопоставление климатических и эксплуатационных условий Улытауского региона с характеристиками мировых технологий показало, что применение шлакощелочных и низкоклинкерных бетонов позволяет существенно повысить морозостойкость, сульфостойкость и коррозионную стойкость бетонных конструкций, что особенно важно для промышленных объектов горно-металлургического комплекса, хвостохранилищ, транспортной инфраструктуры и фундаментов зданий. Дополнительное использование микрокремнезёма, тонкомолотых шлаков и нанодобавок способствует формированию плотной структуры цементного камня и снижению водопроницаемости, что обеспечивает долговечность сооружений в условиях агрессивных подземных вод и значительных температурных перепадов.

Особое значение для региона имеет применение методов искусственного интеллекта в проектировании составов бетонов. Анализ зарубежного и отечественного опыта показал, что ИИ-модели, включая нейронные сети, методы опорных векторов и оптимизационные алгоритмы, позволяют существенно повысить точность прогнозирования прочности и долговечности композитных материалов, оптимизировать долю техногенных добавок и минимизировать экспериментальные затраты [1-3,4,5,6,8,9,10,13,15,16,18,19]. Учитывая высокую вариативность состава металлургических отходов Улытауского региона, внедрение цифровых инструментов является ключевым условием стабильного качества бетонов нового поколения.

Результаты исследования подтверждают, что Улытау обладает всеми необходимыми предпосылками для создания региональной платформы развития бетонов нового поколения, включающей:

- формирование банка данных по химико-минералогическим характеристикам местных техногенных материалов;
- внедрение цифровых лабораторий и ИИ-моделей прогнозирования свойств бетона;
- развитие промышленной переработки шлаков и зол уноса в активные минеральные добавки;
- адаптацию производственных мощностей бетонных заводов региона под сложные композитные и щелочно-активированные системы.

В совокупности эти направления создают основу для повышения устойчивости и технологичности строительных процессов, сокращения углеродного следа и обеспечения долговечности сооружений в условиях Улытауского промышленного региона. Полученные выводы могут служить фундаментом для разработки региональных программ внедрения низкоклинкерных и шлакощелочных бетонов, проведения практических лабораторных исследований и реализации пилотных проектов на промышленных объектах.

Статья подтверждает, что интеграция современных материаловедческих подходов и цифровых методов оптимизации является необходимым шагом для устойчивого развития

строительной отрасли Улытауского региона и повышения эффективности использования локальных сырьевых ресурсов.

Список литературы

1. Курбатов В.Л., Майстренко А.В. Бетоны нового поколения: структура, свойства и перспективы применения. Москва: Изд-во АСВ, 2020. 312 с.
2. Provis J.L., van Deventer J.S.J. Alkali-Activated Materials: State-of-the-Art Report. RILEM TC 224-AAM. Dordrecht: Springer, 2014. 389 p.
3. Xu H., Li Q. Performance optimization of next-generation concretes using machine learning methods: A review. **Construction and Building Materials**, 2023, vol. 365, 130157.
4. Nurpeisov A., Yessenov K., Toktabayev A. Industrial waste utilization in cementless binders in Central Kazakhstan. **Journal of Materials in Civil Engineering**, 2022, vol. 34(8), 04022175.
5. Аргынғалиев А.М., Мурзағалиев А.М. Геополимерные и низкоклинкерные вяжущие: опыт применения в промышленном строительстве Казахстана. Алматы: КазГАСА, 2021. 184 с.
6. Kazeev Z., Uspanov B., Kunanbayeva S. Mechanical performance of concretes modified with ferrous metallurgical slags in arid continental climates. **Materials Today: Proceedings**, 2022, vol. 62, pp. 784–790.
7. ГОСТ 24211-2023. Добавки для бетонов и растворов. Общие технические требования. Астана: Стандартиформ, 2023. 48 с.
8. Rashid K., Zhang Y. Artificial intelligence-assisted prediction of high-performance concrete durability under sulfate attack. **Applied Soft Computing**, 2021, vol. 107, 107470.
9. Kim H., Choi W. Deep learning approach to optimize geopolymers concrete mix design. **Cement and Concrete Composites**, 2020, vol. 114, 103772.
10. Жусупов С., Мухамбетов Е. Использование золошлаковых отходов Экибастузского угольного бассейна в производстве бетонов. Караганда: Издательство КарГТУ, 2019. 166 с.
11. Soloviev A., Bekturov A. Engineering evaluation of slag-based binders for infrastructural construction in Kazakhstan. **Procedia Engineering**, 2020, vol. 200, pp. 942–950.
12. ACI Committee 239. Ultra-High-Performance Concrete (UHPC): State-of-the-Art Report. Farmington Hills: American Concrete Institute, 2021. 127 p.
13. Zhang J., Mohammed A. AI-driven optimization of mixture proportions of low-carbon concretes: Review and practical recommendations. **Automation in Construction**, 2022, vol. 138, 104278.
14. МСН РК 5.03-11-2018. Бетонные и железобетонные конструкции. Астана: Минстрой РК, 2018. 92 с.
15. Chen M., Li P., Wang Y. Multi-parameter prediction of geopolymers concrete strength using hybrid ML models. **Engineering Structures**, 2023, vol. 276, 115307.
16. Байкенов Р., Жолдасов Б. Особенности применения металлургических шлаков Жезказганского региона в производстве строительных материалов. **Вестник КазГАСА**, 2021, №4, с. 57–64.
17. Singh S., Kumar A. Sustainable concretes with industrial by-products for harsh continental climates: A review. **Journal of Cleaner Production**, 2022, vol. 369, 133296.
18. Liu Q., He Z. Intelligent early-age strength prediction for concrete using neural networks. **Computers & Concrete**, 2019, vol. 24(5), pp. 423–434.
19. Тлеуов С.Б., Амантаев Е.Р. Современные методы активации шлаков медеплавильного производства в цементных системах. Алматы: КазНИИСА, 2020. 142 с.
20. Cheung S., Al-Mansour Y. Hybrid optimization algorithms for mix design of high-performance concrete. **Expert Systems with Applications**, 2021, vol. 185, 115594.

Political Studies

UDC 32:004.056.5(574)

BUILDING KAZAKHSTAN'S DIGITAL SOVEREIGNTY MODEL: NATIONAL INTERESTS, DATA LOCALIZATION, AND TECHNOLOGICAL INDEPENDENCE

M.Leubaev

PhD student in the 8D03104 Political Science educational program, Al-Farabi Kazakh National University. Kazakhstan, Almaty

Аннотация

В статье анализируются политические и институциональные основы формирования модели цифрового суверенитета Казахстана через призму национальных интересов, локализации данных и технологической независимости. Цель исследования состоит в обосновании цифрового суверенитета не как технологической изоляции, а как способности государства сочетать устойчивость критической инфраструктуры, юрисдикционный контроль над данными, защиту прав граждан и международное технологическое сотрудничество. Используются методы качественного контент-анализа нормативных документов, сравнительного институционального анализа и классификации рисков. На основе анализа законодательства Казахстана 2025-2026 годов предложена смешанная модель стратегической открытости. Она включает риск-ориентированную локализацию данных, мультиоблачную инфраструктуру, диверсификацию поставщиков, открытые стандарты, национальные инженерные компетенции и подотчетное цифровое управление. Сделан вывод, что цифровой суверенитет следует измерять не только долей зарубежных технологий, но и способностью государства проводить их аудит, заменять поставщика, переносить данные и обеспечивать непрерывность критических услуг.

Ключевые слова: цифровой суверенитет, национальные интересы, локализация данных, технологическая независимость, кибербезопасность, цифровая инфраструктура, цифровая политика, Казахстан.

Abstract

This article examines the political and institutional foundations of Kazakhstan's digital sovereignty model through the lenses of national interests, data localization, and technological independence. It conceptualizes digital sovereignty not as technological isolation, but as the state's capacity to combine the resilience of critical infrastructure, effective jurisdictional control over data, the protection of citizens' rights, and international technological cooperation. The study applies qualitative content analysis of legal documents, comparative institutional analysis, and risk classification. Based on an analysis of Kazakhstan's digital legislation adopted in 2025-2026, the article proposes a mixed model of strategic openness. Its components include risk-based data localization, multi-cloud infrastructure, supplier diversification, open standards, domestic engineering capabilities, and accountable digital governance. The article concludes that digital sovereignty should be assessed not only by the share of foreign technologies, but also by the

state's capacity to audit them, switch suppliers, transfer data, and maintain the continuity of critical services during disruptions.

Keywords: digital sovereignty, national interests, data localization, technological independence, cybersecurity, digital infrastructure, digital policy, Kazakhstan.

Introduction

Digital technologies have transformed the resource base of state power, the structure of social relations, and the substance of national security. As public services, financial transactions, transport, energy, communications, and social interaction become increasingly data-driven, the traditional territorial understanding of sovereignty must be supplemented by the question of control over digital infrastructure. A state may enact laws within its territory, but when the mechanisms for storing, processing, or transmitting data depend on external platforms, a gap emerges between formal legal authority and actual technological capacity.

The expansion of Kazakhstani technology entrepreneurs into international markets also strengthens the industrial and human-capital foundations of digital sovereignty. For example, Higgsfield AI co-founders Alex Mashrabov and Yerzat Dulat brought a Kazakhstan-founded generative artificial intelligence start-up to the global market, demonstrating the potential of domestic engineering talent and technology entrepreneurship. This experience shows that digital sovereignty should not be equated with a policy of restricting information. Rather, it denotes the capacity of state institutions to make autonomous decisions in the digital environment and to implement those decisions using national scientific, human, and technological resources [1; 2].

The issue is particularly relevant to Kazakhstan for several reasons. First, the development of e-government and platform-based public services has substantially increased the volume of government data. Second, the domestic digital ecosystem is integrated into global supply chains for software, microelectronics, cloud computing, operating systems, and cybersecurity tools. Third, geopolitical instability, sanctions regimes, cross-border cyberattacks, and the market power of platform companies have intensified the political consequences of technological dependence. Fourth, the broad adoption of artificial intelligence in the public and private sectors has brought data quality, model explainability, and algorithmic accountability to the forefront.

The 2025 Law on Artificial Intelligence and the 2026 Digital Code marked a new regulatory stage aimed at systematizing digital relations in Kazakhstan [3; 4]. More specific requirements concerning notification of personal data breaches, technical audits of data centers, and the circulation of digital data products indicate that practical institutions of digital sovereignty are emerging [5-7]. Nevertheless, the existence of legislation does not automatically produce technological independence. Legal requirements must be connected with infrastructure capacity, human capital, research potential, and public procurement policy.

The purpose of this study is to define the content of a digital sovereignty model adapted to Kazakhstan and to substantiate an appropriate balance among national interests, data localization, and technological independence. To achieve this purpose, the article clarifies the theoretical boundaries of digital sovereignty, assesses Kazakhstan's current institutional environment, classifies the main channels of dependence, and proposes policy criteria and implementation mechanisms. The central research question is as follows: through what political and institutional model can Kazakhstan strengthen control over strategic digital resources while preserving the advantages of an open digital economy?

Literature Review and Theoretical Framework

Digital sovereignty has no single meaning in the academic literature. Couture and Toupin show that the concept is applied to states, communities, and individuals [8]. For the state, it denotes the capacity to influence infrastructure, data flows, and digital rules. For individuals, it includes control over personal data and digital autonomy. Floridi interprets digital sovereignty as

a political struggle between states and transnational technology platforms over the authority to set the rules of the digital environment [9]. This approach reveals that digital sovereignty is not merely a technical problem, but also a question of how power and responsibility are distributed.

After analyzing 271 peer-reviewed publications, Fratini and colleagues distinguish four models of digital sovereignty: rights-based, market-based, centralized, and state-based [10]. The rights-based model prioritizes personal data protection and civil liberties; the market-based model emphasizes innovation and competition; the centralized model concentrates infrastructure; and the state-based model focuses on national security and jurisdictional control. The authors conclude that no existing model fully combines regulatory comprehensiveness with flexibility in the face of technological change. For Kazakhstan, this finding supports the development of a mixed institutional model rather than the direct adoption of a ready-made foreign approach.

Research on technological sovereignty increasingly rejects the equation of independence with autarky. Because technological systems are interdependent, producing all hardware and software domestically may be economically inefficient and may slow innovation. What matters is the capacity to retain control over strategic functions, reduce lock-in to a single supplier, audit technologies, and switch to alternative solutions during a crisis [11; 12]. Technological independence therefore does not require the complete rejection of foreign technology. It requires the management of dependence and the protection of freedom of decision-making.

Most Kazakhstan-focused studies address e-government, economic digitalization, and cybersecurity. An empirical study published in 2026 found that citizens of Kazakhstan expressed stronger support for data localization and protection from external digital threats than for the monitoring of private communications [13]. This finding suggests that the public distinguishes between protection from external threats and internal digital surveillance. The legitimacy of digital sovereignty therefore depends on the proportionality and transparency of security measures and on the effective protection of citizens' rights.

Research Methodology

The study is qualitative and relies on three complementary methods. The first is legal and regulatory content analysis. The analysis covers the Digital Code of the Republic of Kazakhstan, the laws On Artificial Intelligence and On Personal Data and Their Protection, the Concept for the Development of Digital Transformation, Information and Communication Technologies, and Cybersecurity for 2023-2029, as well as the 2026 regulations on data security and data-center audits [3-7; 14]. The documents were compared in terms of how they define jurisdiction, localization, audit, security, accountability, and technological development.

The second method is comparative institutional analysis. Models of digital sovereignty identified in the international literature were compared with Kazakhstan's political, legal, and economic conditions. The third method is risk classification. Technological dependence was divided into infrastructure, software, data, human-capital, and jurisdictional channels. Each channel was assessed according to the probability of losing control, the difficulty of substitution, and its potential impact on public functions. The study is limited by the absence of confidential technical data from organizations and detailed configurations of government systems. The proposed model is therefore formulated at the strategic and institutional levels.

Results and Discussion

Kazakhstan's digital sovereignty can be understood as a three-layer system. The first layer is regulatory sovereignty: the application of national law to digital relations, the protection of citizens' rights, and the assignment of responsibility to technology operators. The second layer is infrastructure sovereignty: continuity of critical systems, secure data storage, resilient communication channels, and adequate reserve capacity. The third layer is technological and industrial capability: the ability to develop software, audit code, integrate systems, respond to

cyberthreats, and switch suppliers when necessary. If any one of these layers is weak, formal control does not translate into genuine autonomy.

The national interest does not require the transfer of every element of digital policy into state ownership. It is linked to the protection of four public goods: continuity of government operations; the security of citizens’ rights and personal data; the competitiveness of the economy; and the resilience of national decision-making to external pressure. Digital sovereignty measures should therefore be differentiated according to the level of risk. Requirements for state secrets, defense, law enforcement, energy, and core public registers should reasonably be stricter than those applied to commercial services. Subjecting all data to the same regime may increase costs and inhibit innovation.

Data localization is an important but insufficient instrument of digital sovereignty. Locating a server in Kazakhstan facilitates jurisdictional access and reduces certain cross-border risks. However, physical localization does not ensure full sovereignty when the software layer that processes the data, encryption keys, administrative access, or update mechanisms remain under the control of a foreign supplier. Territorial storage requirements should also avoid restricting backup, disaster recovery, and international scientific exchange. An effective policy classifies data according to value and risk, requires a primary domestic copy for critical categories, keeps encryption keys under national control, and establishes a transparent legal regime for cross-border transfers.

Area of Dependence	Primary Risk	Sovereignty Criterion	Priority Response
Data	Access from outside national jurisdiction; data leakage	Storage location, control of keys, auditability	Risk-based localization and encryption
Cloud infrastructure	Vendor lock-in	Migration time and availability of backups	Multi-cloud architecture and open formats
Software	License termination and closed source code	Substitutability and auditability	Open standards and domestic integrators
Hardware	Supply-chain disruption	Strategic reserves and alternative suppliers	Diversification and life-cycle planning
Human capital	Dependence on external expertise	Capabilities of domestic teams	Education, research, and certification
Platforms	Algorithmic and market power	Data portability and interoperability	Competition regulation and API standards

Table 1. Channels of technological dependence affecting Kazakhstan’s digital sovereignty

The second condition of technological independence is to turn the right to change suppliers into a practical technical capability. Public procurement of information systems should require independent source-code audits, export of data in open machine-readable formats, complete interface documentation, and a migration plan for service termination. In many cases, the risk arises not from the foreign origin of a product itself, but from a long-term contract with no viable alternative, proprietary data formats, and dependence on a unique technical solution.

Public procurement should therefore assess the entire system life cycle, migration costs, and supplier risk rather than focusing exclusively on the lowest price.

The third condition is to avoid measuring domestic technological capacity solely through a “national product” label. When a local company merely resells proprietary foreign components, technological control may not remain within the country. By contrast, a Kazakhstani engineering team that contributes to an international open-source project develops the capacity to understand, modify, and maintain the code. Support criteria should therefore include engineering expertise, contributions to repositories, security auditing, service independence, and export potential in addition to intellectual property ownership.

The fourth condition is to connect digital sovereignty with citizens’ digital rights. Excessive monitoring justified in the name of security may undermine public trust and discourage the use of digital public services. Research on attitudes in Kazakhstan shows that support for data localization is high, while support for monitoring private communications is considerably lower [13]. Surveillance measures should therefore comply with the principles of legality, necessity, proportionality, and independent oversight. Timely notification of personal data breaches, the right to challenge algorithmic decisions, and access to a history of data use would strengthen the human-centered character of digital sovereignty.

The fifth condition is to treat international cooperation not as the opposite of sovereignty, but as a means of diversifying risk. Kazakhstan’s market may be too small to produce every layer of advanced technology independently. It is therefore important to establish mutually recognized data-protection regimes with trusted partners, develop regional data centers, exchange information about cyber incidents, and participate in open technical standards. Cooperation should reduce dependence on a single technological center and strengthen Kazakhstan’s negotiating position.

Kazakhstan’s Mixed Model of Digital Sovereignty

The analysis indicates that a mixed model based on the principle of strategic openness is the most suitable approach for Kazakhstan. The model strengthens national control over critical digital functions while permitting international competition and technology transfer in low- and medium-risk areas. Its defining feature is that it measures capacity for control rather than the formal ownership of technology. In addition to asking where a product was developed, the state should determine who can audit it, who can access the data, what alternative exists if the service is disrupted, and how long migration would take.

The first implementation priority is to supplement the national register of digital assets with a risk map. The map should identify critical datasets, infrastructure owners, software dependencies, subcontractors, and links to foreign jurisdictions. The second priority is to require an exit strategy for government systems. Procedures for returning data, converting formats, transferring keys, and migrating to another provider should be tested before a contract expires. The third priority is to develop a national cybersecurity testing environment and a competitive market for independent audits. The fourth is to establish long-term consortia among universities, research organizations, and technology companies.

The fifth priority is to update the indicators used to measure digital policy outcomes. Internet speed, online access to public services, and the size of the information technology sector indicate the level of digitalization, but they do not fully capture sovereignty. Additional indicators may include the time required to migrate a critical system to alternative infrastructure; the share of encryption keys under national control; traceability of the origin and vulnerabilities of software components; the number of backup channels; the share of audits performed by domestic specialists; and the time taken to notify affected parties after a data-security breach.

Practical Recommendations

First, Kazakhstan should move from a uniform data-localization requirement to a risk-based, multi-tiered regime. Critical data should be stored in Kazakhstan, with primary administrative control and encryption keys retained under national jurisdiction. Medium-risk data may be hosted on certified foreign cloud infrastructure, provided that effective backup and audit arrangements are in place. The cross-border circulation of open data should support scientific and economic value creation.

Second, public information technology procurement should incorporate interoperability, data portability, and vendor-exit criteria. Every critical system should have a technological dependency passport listing its components, licenses, update channels, subcontractors, and available alternatives. Third, support for domestic information technology companies should extend beyond grants to include long-term testing environments, export certification, and participation in open-source projects.

Fourth, transparency in digital regulation should be strengthened. When new technological restrictions are introduced, the authorities should explain their purpose, duration, impact on citizens' rights, and available appeal mechanisms. Fifth, digital sovereignty policy should be supplemented by an annual independent assessment. Such an assessment should not rely solely on government reporting, but should involve academic experts, businesses, and civil society. This approach would help preserve the balance between security and freedom and enhance the public legitimacy of policy decisions.

Conclusion

Kazakhstan's digital sovereignty will be built not through the complete rejection of foreign technology, but through deliberate and accountable control over critical digital functions. Although domestic data storage is important, it remains a formal measure unless it also covers encryption keys, the software layer, administrative access, and the ability to change suppliers. Digital sovereignty should therefore be treated as an integrated system combining data localization, infrastructure resilience, technological competence, legal jurisdiction, and citizens' digital rights.

The proposed mixed model seeks to balance national security with an open digital economy. Its core elements are risk-based regulation, multi-cloud and multi-vendor architecture, open standards, migration capability, independent auditing, and domestic engineering expertise. Under this model, technological independence is measured not by the domestic production of every technology, but by the capacity to understand, inspect, modify, and replace strategic systems when necessary. If Kazakhstan's digital policy adopts these criteria, digitalization can become a resource that strengthens state resilience and public trust rather than a form of dependence that weakens the national interest.

References

1. Pohle, J., & Thiel, T. (2020). Digital sovereignty. *Internet Policy Review*, 9(4). <https://doi.org/10.14763/2020.4.1532>
2. Roberts, H., Cowls, J., Casolari, F., et al. (2021). Safeguarding European values with digital sovereignty: An analysis of statements and policies. *Internet Policy Review*, 10(3). <https://doi.org/10.14763/2021.3.1575>
3. Digital Code of the Republic of Kazakhstan, Law No. 255-VIII of 9 January 2026. Adilet Legal Information System. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/K2600000255> (accessed 28 September 2026).
4. Law of the Republic of Kazakhstan On Artificial Intelligence, No. 230-VIII of 17 November 2025. Adilet Legal Information System. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z2500000230> (accessed 28 September 2026).

5. Law of the Republic of Kazakhstan On Personal Data and Their Protection, No. 94-V of 21 May 2013. Adilet Legal Information System. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/Z1300000094> (accessed 28 September 2026).
6. Rules for National or International Technical Audits of Data Processing Centers. Order No. 327/NQ of the Deputy Prime Minister and Minister of Artificial Intelligence and Digital Development of the Republic of Kazakhstan, 18 June 2026. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2600038997>
7. Rules for Notifying Personal Data Subjects of Personal Data Security Breaches. Adilet Legal Information System. <https://adilet.zan.kz/kaz/docs/V2600038665>
8. Couture, S., & Toupin, S. (2019). What does the notion of “sovereignty” mean when referring to the digital? *New Media & Society*, 21(10), 2305-2322. <https://doi.org/10.1177/1461444819865984>
9. Floridi, L. (2020). The fight for digital sovereignty: What it is, and why it matters, especially for the EU. *Philosophy & Technology*, 33, 369–378. <https://doi.org/10.1007/s13347-020-00423-6>
10. Fratinj, S., Hine, E., Novelli, C., Roberts, H., & Floridi, L. (2024). Digital sovereignty: A descriptive analysis and a critical evaluation of existing models. *Digital Society*. <https://doi.org/10.1007/s44206-024-00146-7>
11. Afanasyev, A. A. (2022). Technological sovereignty: On the question of its essence. *Creative Economy*, 16(10), 3691-3708. <https://doi.org/10.18334/ce.16.10.116406>
12. Technological sovereignty: From conceptual contradictions to practical implementation. (2023). *Terra Economicus*, 21(4), 38-54. <https://doi.org/10.18522/2073-6606-2023-21-4-38-54>
13. Kaliyev, I., Anuash, Z., Yesserkepova, Z., Ibadullayeva, Y., & Sarkulova, G. (2026). Digital sovereignty and national security in Kazakhstan: Public attitudes toward information control and cyber protection. *Frontiers in Political Science*, 8, Article 1932402. <https://doi.org/10.3389/fpos.2026.1932402>
14. Concept for the Development of Digital Transformation, Information and Communication Technologies, and Cybersecurity in the Republic of Kazakhstan for 2023-2029. Resolution No. 269 of the Government of the Republic of Kazakhstan, 28 March 2023.
15. Tan, K.-L., Chi, C.-H., & Lam, K.-Y. (2022). Analysis of digital sovereignty and identity: From digitization to digitalization. *arXiv:2202.10069*.
16. Mouly, P. R., Mukhtarova, K., Tovma, N., Chukubayev, Y., & Baikushikova, G. (2020). Digitalization in the socio-economic sphere: Content of development, foreign practices and results. *International Relations and International Law Journal*, 90(2). <https://doi.org/10.26577/IRILJ.2020.v90.i2.10>

Technical Sciences

Сравнительный анализ эффективности мембранных технологий (обратный осмос и ультрафильтрация) при очистке воды для пищевой промышленности

Жолдасбаев Айбар Ержанович

магистрант, АО «Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова», г. Астана

Тултабаев Мұхтар Чуманович

д.т.н., профессор-исследователь, АО «Казахский университет технологии и бизнеса им. К. Кулажанова», г. Астана

Вода является одним из основных видов сырья в производстве безалкогольных, функциональных и витаминизированных напитков. В отличие от воды, применяемой для санитарной обработки оборудования, охлаждения и других вспомогательных операций, вода, непосредственно входящая в рецептуру пищевого продукта, оказывает влияние на его физико-химические и органолептические характеристики. Минерализация, жёсткость, водородный показатель, электропроводность, мутность и содержание отдельных минеральных компонентов могут отражаться на вкусе напитка, растворимости рецептурных ингредиентов и стабильности готовой продукции. В связи с этим качество воды необходимо рассматривать с учётом конкретного направления её использования в пищевой технологии [1, 2].

Особое значение водоподготовка приобретает при производстве витаминизированных напитков. Вода составляет основную часть такого продукта и является средой, в которой растворяются витаминный комплекс, пищевые кислоты, сахара и другие рецептурные компоненты. При этом устойчивость отдельных витаминов зависит от кислотности среды, температуры, присутствия кислорода, продолжительности хранения и других факторов. Следовательно, изменение состава воды после обработки потенциально может влиять не только на свойства самой воды, но и на качество конечного витаминизированного напитка [3].

Перспективным направлением подготовки воды для пищевой промышленности является применение мембранных технологий. Их преимуществом является возможность разделения компонентов без введения значительного количества дополнительных реагентов, компактность оборудования и возможность регулирования требуемой глубины очистки. Среди мембранных методов особый интерес представляют ультрафильтрация и обратный осмос, которые существенно различаются по механизму разделения и характеру изменений, вносимых в состав исходной воды [4].

Целью работы является сравнительный анализ эффективности ультрафильтрации и обратного осмоса при подготовке воды для пищевой промышленности с оценкой особенностей использования полученной воды в технологии производства витаминизированного напитка.

Материалы и методы. В работе применены аналитический и сравнительный методы исследования. В качестве объекта рассматривается вода централизованной системы водоснабжения г. Астаны, используемая в качестве сырьевого компонента для производства напитков. Сравнению подлежат исходная вода, вода после ультрафильтрации и вода после обратного осмоса. Дополнительно рассматривается возможность последовательной мембранной обработки по схеме «ультрафильтрация → обратный осмос».

Сравнение мембранных технологий проводилось по механизму разделения, глубине изменения состава воды, способности удалять различные группы примесей и эксплуатационным особенностям. Основными показателями для оценки подготовленной воды являются мутность, водородный показатель, электропроводность, общая минерализация и общая жёсткость. Технологическая значимость полученной воды рассматривается также с позиции её дальнейшего применения при изготовлении витаминизированного напитка.

Для оценки влияния способа водоподготовки предусматривается приготовление образцов напитка по одинаковой рецептуре и при одинаковых технологических режимах. Основным изменяемым фактором при таком подходе является только вариант используемой воды. Сравнение полученных образцов предполагает определение водородного показателя, титруемой кислотности, содержания растворимых сухих веществ, органолептических характеристик и стабильности при хранении. При наличии соответствующей аналитической базы целесообразно также контролировать сохранность отдельных витаминов.

Результаты и обсуждение. Ультрафильтрация относится к поровым мембранным процессам. Разделение происходит преимущественно в зависимости от размеров частиц и макромолекул относительно эффективного размера пор мембраны. Ультрафильтрация позволяет задерживать взвешенные и коллоидные частицы, высокомолекулярные органические вещества и часть микроорганизмов. При этом большинство низкомолекулярных растворённых соединений и минеральных ионов проходят через мембрану. Поэтому после ультрафильтрационной обработки можно ожидать выраженного снижения мутности при относительно небольшом изменении общей минерализации, электропроводности и жёсткости воды [5].

Для производства витаминизированных напитков данная особенность имеет практическое значение. Ультрафильтрация позволяет улучшить прозрачность воды и удалить дисперсные примеси, сохраняя при этом значительную часть исходного минерального состава. Такая вода по солевому составу остаётся ближе к исходной воде, что необходимо учитывать при последующей оценке вкуса и физико-химических свойств готового напитка.

Обратный осмос характеризуется значительно более высокой селективностью по отношению к растворённым веществам. В отличие от порового механизма ультрафильтрации, мембрана обратного осмоса имеет плотный селективный слой, через который перенос воды осуществляется преимущественно по механизму «растворение–диффузия». За счёт этого происходит значительное снижение содержания растворённых солей, общей минерализации, электропроводности и жёсткости воды [4].

Высокая степень деминерализации является важным преимуществом обратного осмоса при необходимости получения воды с контролируемым солевым составом. Однако максимальная степень удаления минеральных компонентов не во всех случаях должна рассматриваться как единственный критерий эффективности при производстве напитков. Известно, что уровень растворённых веществ и содержание минеральных компонентов способны оказывать влияние на сенсорное восприятие воды. Исследования воды после обратного осмоса показывают, что изменение степени минерализации может существенно

отражаться на вкусовом профиле, а корректировка минерального состава после глубокой очистки способна изменять органолептические свойства [6].

Данное обстоятельство особенно важно для витаминизированного напитка. При одинаковом количестве витаминов, пищевых кислот, подсластителей и других компонентов вода после ультрафильтрации и вода после обратного осмоса формируют различную минеральную среду. Поэтому влияние способа мембранной подготовки следует оценивать не только по степени удаления примесей, но и по характеристикам готового пищевого продукта.

Одним из наиболее важных показателей является водородный показатель. Химическая стабильность отдельных витаминов связана с кислотностью среды, температурой, воздействием кислорода и продолжительностью хранения. В частности, аскорбиновая кислота относится к компонентам, чувствительным к условиям окружающей среды [3]. Поэтому при использовании витаминного комплекса, содержащего витамин С, представляет интерес сопоставление его сохранности в напитках, приготовленных на воде после различных вариантов мембранной обработки.

Минеральный состав воды может иметь значение и для формирования кислотно-основных свойств напитка. При одинаковом количестве внесённой пищевой кислоты различия между образцами по водородному показателю и титруемой кислотности могут быть связаны с составом используемой воды и её буферными свойствами. В связи с этим исследование подготовленной воды и готового напитка необходимо проводить как взаимосвязанные этапы единого технологического процесса.

Не менее важными являются органолептические показатели. При сравнении напитков должны оцениваться внешний вид, прозрачность, цвет, запах и вкус. Глубокая деминерализация воды после обратного осмоса потенциально способна изменить вкусовое восприятие по сравнению с напитком, приготовленным на воде после ультрафильтрации. В то же время снижение содержания минеральных компонентов может обеспечить более воспроизводимую основу для формирования заданного вкусового профиля. Определить технологически предпочтительный вариант возможно только при одинаковой рецептуре и последующем экспериментальном сравнении готовых образцов.

Отдельное значение имеет стабильность продукта при хранении. В процессе хранения витаминизированного напитка необходимо контролировать образование осадка, изменение прозрачности и цвета, появление постороннего запаха или привкуса, водородный показатель и другие физико-химические характеристики. Если аналитические возможности позволяют определять содержание витаминов, их концентрацию целесообразно контролировать непосредственно после приготовления и через установленные интервалы хранения. Такой подход позволяет оценивать эффективность водоподготовки не только по состоянию воды непосредственно после мембранной обработки, но и по её влиянию на сохранность свойств конечного продукта.

С эксплуатационной точки зрения обе мембранные технологии подвержены загрязнению, однако характер и последствия данного процесса различаются. Для ультрафильтрации характерно накопление взвешенных, коллоидных и органических компонентов на поверхности и в порах мембраны. В системах обратного осмоса существенное значение имеют коллоидное, органическое, биологическое загрязнение и образование минеральных отложений. Загрязнение мембран сопровождается снижением производительности, увеличением гидравлического сопротивления и необходимостью проведения периодических промывок [7].

В связи с этим представляет интерес последовательная технологическая схема UF → RO. В такой системе ультрафильтрация выполняет функцию предварительной обработки: снижает содержание взвешенных и коллоидных компонентов и уменьшает загрязняющую

нагрузку на более чувствительную мембрану обратного осмоса. Исследования комбинированных систем подтверждают, что применение ультрафильтрации в качестве предварительной стадии способно повышать устойчивость последующего процесса обратного осмоса [8].

Однако для производства витаминизированного напитка целесообразность комбинированной схемы должна определяться не только эксплуатационными преимуществами. Если вода после одной стадии ультрафильтрации позволяет получать продукт с необходимыми физико-химическими, органолептическими показателями и стабильностью, применение дополнительной ступени глубокого обессоливания должно иметь технологическое обоснование. Аналогично, если использование воды после обратного осмоса обеспечивает более стабильные характеристики напитка, это может являться основанием для выбора более глубокой водоподготовки. Увеличение числа технологических стадий само по себе не свидетельствует о повышении качества конечного продукта.

Для объективной сравнительной оценки рационально использовать единую экспериментальную схему: исходная вода → мембранная обработка → контроль характеристик подготовленной воды → приготовление витаминизированного напитка по единой рецептуре → определение физико-химических и органолептических показателей → оценка стабильности при хранении. Такой подход позволяет установить непосредственную взаимосвязь между способом водоподготовки и характеристиками конечного пищевого продукта.

Проведённый сравнительный анализ показывает, что ультрафильтрация и обратный осмос решают различные технологические задачи. Ультрафильтрация преимущественно обеспечивает удаление взвешенных и коллоидных примесей с сохранением большей части растворённых минеральных компонентов, тогда как обратный осмос обеспечивает глубокую коррекцию солевого состава воды. Поэтому оценка данных технологий в пищевой промышленности не должна ограничиваться определением максимальной глубины очистки.

При производстве витаминизированных напитков рациональным следует считать такой способ водоподготовки, который обеспечивает требуемое качество воды и одновременно способствует получению продукта со стабильными физико-химическими и органолептическими характеристиками. Окончательный выбор между ультрафильтрацией, обратным осмосом и последовательной схемой UF → RO должен основываться на сопоставлении характеристик подготовленной воды с результатами исследования готового витаминизированного напитка.

Использование витаминизированного напитка как конечного объекта технологической оценки позволяет рассматривать мембранную водоподготовку не как самостоятельную операцию очистки, а как составную часть технологии пищевого производства. Такой подход позволяет обоснованно выбирать глубину мембранной обработки воды с учётом требований не только к сырью, но и к качеству, вкусовым свойствам и стабильности готового продукта.

Данное исследование проводится в рамках грантового проекта № AP23488817 «Разработка технологии производства витаминизированных напитков, обогащённых кислородом, с использованием схемы симплексной решетки Шеффе», финансируемого Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан на 2024–2026 годы.

Список использованной литературы

1. Codex Alimentarius Commission. Guidelines for the Safe Use and Reuse of Water in Food Production and Processing (CXG 100-2023). Rome, 2023.
2. Kirby R.M., Bartram J., Carr R. Water in food production and processing: quantity and quality concerns // Food Control. 2003. Vol. 14. No. 5. P. 283–299. DOI: 10.1016/S0956-7135(02)00090-7.
3. Yin X., Chen K., Cheng H., Chen X., Feng S., Song Y., Liang L. Chemical Stability of Ascorbic Acid Integrated into Commercial Products: A Review on Bioactivity and Delivery Technology // Antioxidants. 2022. Vol. 11. No. 1. Article 153. DOI: 10.3390/antiox11010153.
4. Baker R.W. Membrane Technology and Applications. 3rd ed. Chichester: John Wiley & Sons, 2012. DOI: 10.1002/9781118359686.
5. Mohammad A.W., Ng C.Y., Lim Y.P., Ng G.H. Ultrafiltration in Food Processing Industry: Review on Application, Membrane Fouling, and Fouling Control // Food and Bioprocess Technology. 2012. Vol. 5. No. 4. P. 1143–1156. DOI: 10.1007/s11947-012-0806-9.
6. Vingerhoeds M.H., Nijenhuis-de Vries M.A., Ruepert N., van der Laan H., Bredie W., Kremer S. Sensory quality of drinking water produced by reverse osmosis membrane filtration followed by remineralisation // Water Research. 2016. Vol. 94. P. 42–51. DOI: 10.1016/j.watres.2016.02.043.
7. Jiang S., Li Y., Ladewig B.P. A review of reverse osmosis membrane fouling and control strategies // Science of the Total Environment. 2017. Vol. 595. P. 567–583. DOI: 10.1016/j.scitotenv.2017.03.235.
8. Fatima F., Fatima S., Du H., Kommalapati R.R. An Evaluation of Microfiltration and Ultrafiltration Pretreatment on the Performance of Reverse Osmosis for Recycling Poultry Slaughterhouse Wastewater // Separations. 2024. Vol. 11. No. 4. Article 115. DOI: 10.3390/separations11040115.

ПРОЧНОСТНЫЕ И ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРИМЕНЕНИЯ ЗОЛЫ РИСОВОЙ ШЕЛУХИ В БЕТОНЕ

А. Б. Арыстанбек

НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», Кызылорда, Казахстан,
120014

С. С. Удербает

НАО «Кызылординский университет имени Коркыт Ата», Кызылорда, Казахстан,
120014

Аннотация

Рассмотрена возможность применения золы рисовой шелухи (ЗРШ) в качестве кремнеземсодержащего компонента бетона. Цель работы состояла в расчётно-аналитической оценке ранее полученных бетонных составов с 3–5% ЗРШ и 0,8–1,2% нефтешлама с учётом закономерностей получения реакционноспособной золы и критериев экологической эффективности. Проанализированы влияние режима термической обработки рисовой шелухи, физико-химические механизмы действия ЗРШ и динамика набора прочности. Для трёх составов рассчитаны абсолютный и относительный прирост прочности, коэффициент развития прочности, уменьшение доли цемента и изменение 28-суточной прочности. Установлено, что прочность через 28 суток составляла 66,4–68,8 МПа, а абсолютный прирост между 7 и 28 сутками — 22,5–23,6 МПа. При уменьшении доли цемента на 8,3 и 16,7% относительно первого состава прочность снизилась лишь на 2,3 и 3,5%. Показано, что полученные зависимости характеризуют совместное изменение компонентов и требуют проверки на парных контрольных составах. Экологическое преимущество ЗРШ должно оцениваться с учётом энергии на сушку, сжигание и помол, транспортирования и стабильности качества золы.

Ключевые слова: зола рисовой шелухи, бетон, минеральная добавка, пуццолановая активность, прочность при сжатии, термическая обработка, экологическая эффективность.

ВВЕДЕНИЕ

Снижение ресурсоёмкости цементных материалов связано с частичной заменой портландцемента минеральными компонентами природного и техногенного происхождения. Особый интерес представляют отходы сельского хозяйства, которые образуются сезонно, занимают значительные площади при хранении и при неконтролируемом сжигании создают пылевые и газовые выбросы. Рисовая шелуха относится к таким многотоннажным отходам. После сжигания её органической части образуется зольный остаток с высоким содержанием кремнезёма, который при благоприятном фазовом составе способен проявлять пуццолановую активность [1–3].

Для Кызылординской области переработка рисовой шелухи имеет региональное значение вследствие развитого рисоводства. Однако простое сжигание не обеспечивает получение стабильной минеральной добавки: при недостаточном доступе воздуха в золе сохраняется углерод, а чрезмерная температура и длительная выдержка способствуют кристаллизации кремнезёма. Качество ЗРШ определяется температурой и продолжительностью сжигания, доступом кислорода, содержанием примесей и тонкостью помола [2, 3].

Аморфный SiO_2 взаимодействует с гидроксидом кальция, образующимся при гидратации цемента, с формированием дополнительного C-S-H . Дисперсные частицы также уплотняют структуру и служат центрами образования гидратных фаз. Эти механизмы могут повышать прочность и снижать проницаемость бетона, однако эффект зависит от дозировки, водопотребности золы и водовязущего отношения [4–8].

Цель работы — выполнить расчётно-аналитическую оценку ранее полученных бетонных составов с ЗРШ и нефтешламом, сопоставив их прочностные показатели с закономерностями подготовки реакционноспособной золы и критериями экологической эффективности. Для достижения цели проанализированы режим получения ЗРШ, составы бетона, кинетика набора прочности и ограничения, которые необходимо учитывать при интерпретации результатов.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Объектом исследования служили бетонные составы с минеральной добавкой из золы рисовой шелухи. В качестве основных компонентов применяли портландцемент М400, песок, щебень, ЗРШ и небольшое количество нефтешлама. Нефтешлам рассматривался как один из компонентов опытной смеси, а оцениваемые показатели характеризовали совместное влияние всех компонентов.

Подготовка ЗРШ включала очистку рисовой шелухи от пыли и посторонних примесей, сушку и термическую обработку. Шелуху выдерживали при $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ около 2 ч. В процессе нагрева исходное коричневое сырьё последовательно переходило в карбонизированное, а затем в светлое зольное состояние. Светлый цвет указывает на существенное выгорание органической части, но не заменяет рентгенофазовую оценку состояния SiO_2 . После сжигания зольный остаток подлежал измельчению для снижения крупности частиц и более равномерного распределения в цементной системе. Стадии термической обработки показаны на рисунке 1.



Рис. 1. Стадии термической обработки рисовой шелухи: а — исходная шелуха; б — зольный остаток после выдерживания при $800\text{ }^{\circ}\text{C}$ около 2 ч; в — карбонизированный промежуточный материал [10]

Микроскопическое исследование использовали для качественной оценки формы и пористости частиц золы. На микрофотографии видна неоднородная поверхность с развитой системой пор и полостей (рисунок 2). Такая морфология увеличивает удельную поверхность материала, но может повышать его водопотребность. Поэтому микроскопическую картину оценивали совместно с данными о термической обработке и измельчении.

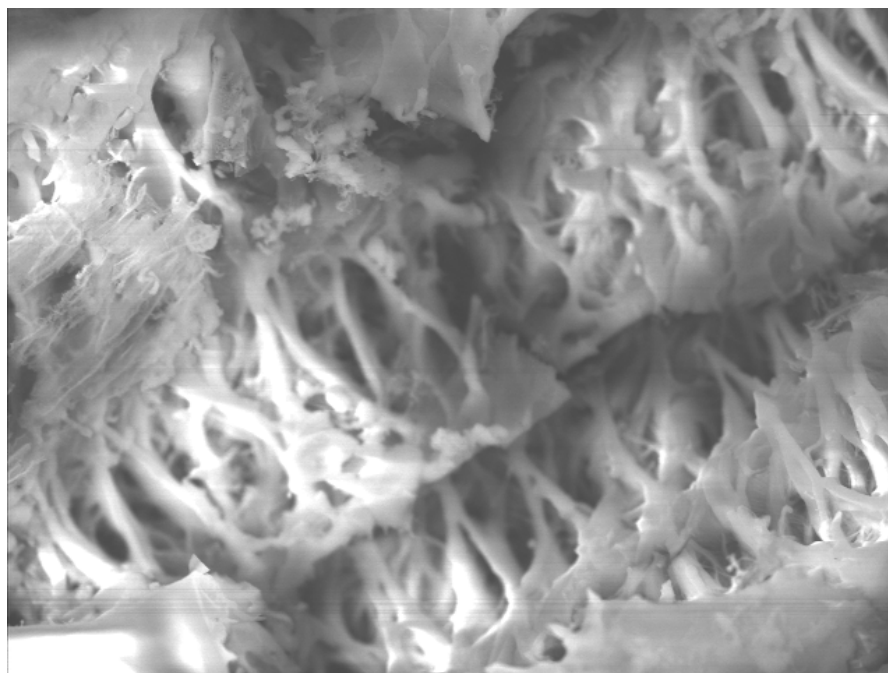


Рис. 2. Микроструктура золы рисовой шелухи

Для экспериментальной оценки использовали три ранее опубликованных бетонных состава [10]. Долю портландцемента последовательно снижали с 18,0 до 15,0%, содержание ЗРШ повышали с 3 до 5%, а нефтешлама — с 0,8 до 1,2%. Одновременно корректировали доли песка и щебня. Поскольку несколько факторов изменялись одновременно, составы рассматривали как серию для сравнительного анализа, а не как однофакторный эксперимент.

Табл. 1. Составы бетона и прочность при сжатии по ранее опубликованным данным [10]

	Цемент, %	Нефтешлам, %	ЗРШ, %	Песок, %	Щебень, %	Прочность, МПа	Прочность, МПа
						7 суток	28 суток
	18,0	0,8	3	38	30	45,2	68,8
	16,5	0,9	4	38	30	44,7	67,2
	15,0	1,2	5	37	31	43,2	66,4

Изготовленные образцы испытывали на сжатие в возрасте 7 и 28 суток. Образец размещали по центру опорной плиты пресса, после чего прикладывали постепенно возрастающую нагрузку до разрушения. Фиксировали максимальную нагрузку и визуально наблюдали характер образования и распространения трещин, а также выкрашивание краевых зон.

Для сравнительного анализа рассчитаны абсолютный прирост прочности $\Delta R = R_{28} - R_7$, относительный прирост $G = (R_{28} - R_7)/R_7 \times 100\%$, коэффициент развития прочности $K = R_{28}/R_7$, относительное изменение 28-суточной прочности и уменьшение содержания цемента по отношению к составу 1. Эти показатели характеризуют только рассматриваемую серию, поскольку водовяжущее отношение в исходных данных не приведено, а вместе с цементом изменялись содержание ЗРШ, нефтешлама и соотношение заполнителей.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Во всех составах наблюдался устойчивый набор прочности между 7 и 28 сутками. Максимальная 28-суточная прочность 68,8 МПа получена для состава 1, содержащего 18,0% цемента, 3% ЗРШ и 0,8% нефтешлама. Для составов 2 и 3 значения составили 67,2 и 66,4 МПа соответственно. Динамика изменения прочности представлена на рисунке 3

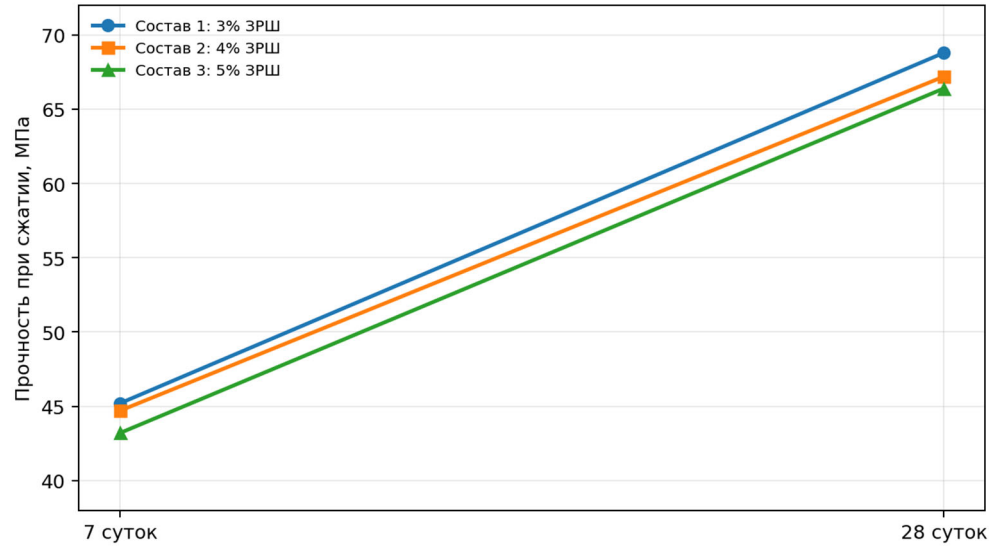


Рис. 3. Прочность исследованных бетонных составов через 7 и 28 суток

Табл. 2. Расчётные показатели развития прочности

Состав	ΔR , МПа	Прирост, %	$K = R_{28}/R_7$	Снижение цемента, %	ΔR_{28} , %
1	23,6	52,2	1,522	0	0
2	22,5	50,3	1,503	8,3	-2,3
3	23,2	53,7	1,537	16,7	-3,5

Абсолютный прирост прочности составил 22,5–23,6 МПа, относительный — 50,3–53,7%, а коэффициент развития прочности — 1,503–1,537. Близость коэффициентов указывает на сопоставимую динамику твердения. Наибольший относительный прирост состава 3 частично связан с меньшим исходным значением в возрасте 7 суток, поэтому относительные и абсолютные показатели необходимо оценивать совместно.

При уменьшении доли цемента на 8,3 и 16,7% относительно состава 1 прочность через 28 суток снизилась соответственно на 2,3 и 3,5%. Это представляет практический интерес для сокращения расхода клинкерного компонента, однако не доказывает самостоятельную эффективность ЗРШ: составы не были парными, одновременно изменялись несколько компонентов, а контрольный бетон без ЗРШ и нефтешлама отсутствовал.

При испытании наблюдалось развитие продольных и наклонных трещин с локальным выкрашиванием краевых зон. Подготовленные образцы и этап приложения нагрузки показаны на рисунке 4.

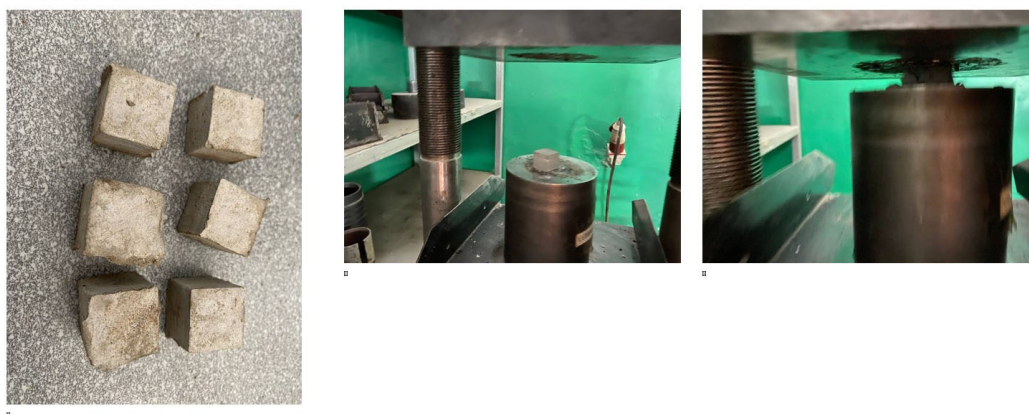


Рис. 4. Испытание бетонных образцов: а — образцы после твердения; б — размещение в прессе; в — приложение нагрузки [10]

Полученные значения 66,4–68,8 МПа подтверждают возможность формирования высокопрочной композиции при совместном присутствии ЗРШ и нефтешлама. Вместе с тем доказательство пуццоланового вклада золы требует контрольного состава и прямых методов: определения остаточного $\text{Ca}(\text{OH})_2$, калориметрии, анализа пористости и сопоставления смесей при одинаковом эффективном водовяжущем отношении. Результаты других исследований подтверждают перспективность ЗРШ, но не могут автоматически переноситься на рассматриваемые составы из-за различий в цементе, дозировке и подготовке золы [1, 5–9].

Экологическое преимущество ЗРШ связано с утилизацией отхода рисового производства и потенциальным уменьшением расхода портландцемента. Однако ЗРШ не является компонентом с нулевой экологической нагрузкой. Необходимо учитывать сбор и транспортирование шелухи, сушку, энергию на сжигание и помол, газоочистку и стабильность качества продукта. Поэтому снижение доли цемента в серии нельзя приравнивать к такому же уменьшению углеродного следа. Корректная оценка должна выполняться на функциональную единицу — например, 1 м³ бетона заданной прочности и долговечности [1, 9].

Для выделения эффекта ЗРШ дальнейшая программа должна включать контрольный бетон без золы и нефтешлама, состав с ЗРШ без нефтешлама и парные составы, в которых изменяется только один фактор. Водовяжущее отношение, подвижность, тип цемента, режим перемешивания и условия твердения следует сохранять постоянными. Характеристики золы должны включать содержание SiO_2 , потери при прокаливании, гранулометрию, удельную поверхность и количественную оценку аморфной фазы.

ВЫВОДЫ

1. Термическая обработка рисовой шелухи при 800 °С около 2 ч обеспечила получение светлого зольного остатка, однако его фазовый состав и реакционную способность необходимо подтверждать инструментальными методами.

2. По ранее опубликованным данным авторов, бетоны с 3–5% ЗРШ и 0,8–1,2% нефтешлама имели 28-суточную прочность 66,4–68,8 МПа. Абсолютный прирост прочности между 7 и 28 сутками составил 22,5–23,6 МПа, относительный — 50,3–53,7%.

3. При снижении доли цемента на 8,3 и 16,7% относительно первого состава 28-суточная прочность уменьшилась на 2,3 и 3,5%. Этот результат характеризует совместное изменение компонентов и не доказывает отдельного влияния ЗРШ.

4. Для определения оптимальной дозировки ЗРШ необходимы парные контрольные составы при постоянном водовяжущем отношении, а также исследования фазового состава золы, поровой структуры и долговечности бетона.

5. Экологическую эффективность следует оценивать с учётом затрат энергии и материалов на транспортирование, сушку, сжигание, измельчение и контроль качества ЗРШ в расчёте на бетон одинаковой функциональности.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Hu L., He Z., Zhang S.* Sustainable use of rice husk ash in cement-based materials: Environmental evaluation and performance improvement // *Journal of Cleaner Production*. 2020. Vol. 264. Art. 121744. DOI: 10.1016/j.jclepro.2020.121744.
2. *Martínez J.D., Pineda T., López J.P., Betancur M.* Assessment of the rice husk lean-combustion in a bubbling fluidized bed for the production of amorphous silica-rich ash // *Energy*. 2011. Vol. 36, no. 6. P. 3846–3854.
3. *Givi A.N., Rashid S.A., Aziz F.N.A., Salleh M.A.M.* A structural investigation relating to the pozzolanic activity of rice husk ashes // *Cement and Concrete Research*. 2008. Vol. 38, no. 6. P. 861–869. DOI: 10.1016/j.cemconres.2007.10.004.
4. *Zhang M.H., Lastra R., Malhotra V.M.* Rice-husk ash paste and concrete: some aspects of hydration and the microstructure of the interfacial zone between the aggregate and paste // *Cement and Concrete Research*. 1996. Vol. 26, no. 6. P. 963–977. DOI: 10.1016/0008-8846(96)00061-0.
5. *Ganesan K., Rajagopal K., Thangavel K.* Rice husk ash blended cement: assessment of optimal level of replacement for strength and permeability properties of concrete // *Construction and Building Materials*. 2008. Vol. 22, no. 8. P. 1675–1683. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2007.06.011.
6. *Habeeb G.A., Mahmud H.B.* Study on properties of rice husk ash and its use as cement replacement material // *Materials Research*. 2010. Vol. 13, no. 2. P. 185–190. DOI: 10.1590/S1516-14392010000200011.
7. *Hwang C.L., Bui L.A.T., Chen C.T.* Effect of rice husk ash on the strength and durability characteristics of concrete // *Construction and Building Materials*. 2011. Vol. 25, no. 9. P. 3768–3772. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.04.009.
8. *Xu W., Lo T.Y., Memon S.A.* Microstructure and reactivity of rice husk ash // *Construction and Building Materials*. 2012. Vol. 29. P. 541–547. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2011.11.005.
9. *Thomas B.S.* Green concrete partially comprised of rice husk ash as a supplementary cementitious material: a comprehensive review // *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 2018. Vol. 82. P. 3913–3923. DOI: 10.1016/j.rser.2017.10.081.
10. *Арыстанбек А.Б., Үдербаев С.С.* Күріш қауызының күлін бетон құрамында қолдану ерекшеліктері // *Материалы международной научно-практической конференции*. 2026.

Philological Sciences

Attention, Awareness, and Output: Cognitive Foundations for Learning Complex Language Structures

Complex Language Structures in Instructed Second Language Learning, Part I of III

Vüsalə Həsənova

Azerbaijan University of Languages, PhD candidate, <https://orcid.org/0000-0003-3529-032X>

Introduction

Learners who spend years in contact with a second language often continue to produce the same inaccuracies, even when their comprehension is excellent and their communication is fluent. This persistent gap between understanding and accurate use is especially visible with complex structures, that is, forms that are morphologically intricate, semantically opaque, or perceptually weak. A central question for second language research is why such forms resist acquisition even when they occur in the input again and again. One influential answer is that the critical variable is not the amount of input but the amount of attention that learners give to particular features of it.

This article, the first in a three-part series, examines the cognitive foundations of learning complex structures in an instructed setting. It begins with the claim that input becomes usable for learning only when it is noticed [9, pp. 129–158], and it asks what kind of attention and awareness this requires. The article then reviews research that has measured awareness directly, through verbal reports and eye-tracking, and considers the role of output production in drawing learners' attention to gaps in their knowledge [10, pp. 235–253; 12, pp. 371–391]. It also addresses the relationship between implicit and explicit knowledge, which determines how conscious attention can contribute to fluent performance [4, pp. 129–140].

The argument developed here is that complex structures place special demands on attention because they are often redundant for meaning, brief in form, or unfamiliar from the first language. Such structures are the ones most likely to escape notice under conditions of exposure alone. Instruction that directs attention to them, and that then requires learners to use them, addresses a cognitive bottleneck rather than simply adding information. The two subsequent parts of the series will turn to corrective feedback and interaction (Part II) and to curriculum sequencing, task design, and assessment (Part III).

1. Attention as a Gateway to Learning

Any account of second language learning must explain how a learner moves from encountering a sentence to storing something from it that can be used later. Learners are exposed to far more linguistic information than they can process, and much of what they hear or read passes through without leaving a durable trace. Attention is the mechanism that selects some of this information for further processing. In cognitive psychology, attention is usually described as a limited resource: people can focus on only a small amount of information at any moment, and what they attend to is processed more deeply than what they ignore.

In language learning, this limitation has a particular consequence. When learners listen or read, their primary concern is typically to understand the message. The processing capacity available is directed first toward meaning, so grammatical features that do not affect comprehension may receive little or no attention. A learner who understands that a story happened in the past from the adverb yesterday, for example, may never need to process the past tense ending on the verb. The form is present in the input, but the learner has no communicative reason to attend to it.

This is why the study of attention has become central to explanations of the limits of exposure. Schmidt [9, pp. 129–158] proposed that subliminal language learning is impossible and that what learners consciously register in the input is what becomes available for learning. The claim was deliberately strong. It meant that frequency of exposure by itself is not enough, since a form that occurs a thousand times without being registered contributes nothing. It also meant that the research agenda should focus on the conditions under which learners attend to forms, and on what pedagogy can do to create those conditions.

N. Ellis [1, pp. 143–188] offers a complementary perspective from the study of frequency effects. He argues that learning depends on the frequency with which forms occur in the input, but that frequency works through associative processes that themselves depend on attention. Cues that are frequent but of low salience, or that are redundant with other cues, are learned poorly, because learners attend preferentially to cues that are reliable, salient, and informative. Many complex grammatical morphemes have exactly the opposite profile, and this helps to explain why they are acquired late even by learners who are exposed to large amounts of input.

It follows that attention is not merely a background condition of learning but a variable that teachers and materials designers can influence. The remaining sections of this article examine how this can be done, what evidence supports the claim that attention and awareness matter, and what limits must be acknowledged.

2. The Noticing Hypothesis and Its Refinements

The noticing hypothesis in its original form holds that input becomes intake only if it is consciously noticed [9, pp. 129–158]. Schmidt distinguished noticing, which is the conscious registration of a specific instance of a form, from understanding, which is the recognition of a general rule or principle. He argued that noticing is necessary for learning, whereas understanding is facilitative but not required. This distinction matters for pedagogy, because it suggests that instruction need not always provide full explanations. Sometimes it is sufficient to draw attention to instances of the form, provided that learners actually register them.

Robinson [8, pp. 283–331] refined the hypothesis by analyzing what noticing involves in cognitive terms. He defined noticing as the detection of a stimulus together with its rehearsal in short-term memory, and he argued that this kind of processing requires a degree of focal attention and awareness. His analysis emphasized that memory is crucial: a form that is detected but immediately forgotten cannot contribute to learning. Noticing, on this view, is not an instantaneous event but a process that depends on the learner's capacity to hold and rehearse the information long enough for it to be integrated with existing knowledge.

A second refinement concerns the distinction between different levels of awareness. Researchers have distinguished between mere detection, which can occur without awareness, and noticing with awareness, in which the learner is able to report the form that was attended to. The possibility that detection without awareness contributes to learning has been debated. Schmidt's original claim was that the conscious level is required, but later researchers have proposed that some implicit learning is possible and that attention and awareness are separable constructs. The debate remains unresolved, although most researchers agree that attention is necessary and that awareness strengthens learning.

A further point is that noticing is selective and depends on prior knowledge and expectations. Learners are more likely to notice a form when they have a place in their existing system to put it, which is one reason why structures that are close to first language patterns are noticed more readily than those that are not. Conversely, when a form has no correspondent in the learner's first language, it may be invisible: the learner has no category for it, and so the input contains nothing to be noticed. Complex structures that are typologically distant from the first language therefore present a double difficulty, since they are hard to notice and hard to integrate once noticed.

The hypothesis has also attracted criticism. Some researchers have argued that it is difficult to test, because noticing is an internal state that can be measured only indirectly, and that the strong claim of necessity is hard to falsify. Others have argued that the concept is too coarse to capture the variety of attentional processes involved in language learning. These criticisms have led to more careful research designs, including the use of verbal reports and, more recently, eye-tracking, which are discussed in the following sections.

3. Evidence on Awareness in Learning

Research on awareness has sought to determine whether learners who show awareness of a target form learn it better than learners who do not. The most common method has been the think-aloud protocol, in which participants verbalize their thoughts while completing a task. The protocol is used to classify participants according to whether they show signs of having noticed the target form, and the classification is then related to performance on later tests.

Leow [6, pp. 557–584] used this method in a study of adult learners of Spanish who completed a crossword-style task while thinking aloud. He reported that learners who showed awareness of the target forms in their protocols were better able to recognize and produce those forms afterward than learners who showed no such awareness. The study has been widely cited as evidence that awareness matters for learning, and it was influential in showing how the concept could be operationalized in an experimental setting. It also suggested that awareness is not simply present or absent, but can be characterized at different levels, from a basic report of having noticed a form to an articulated rule.

Interpreting such findings requires care. One concern is reactivity, which refers to the possibility that thinking aloud changes the way a task is carried out. A participant who is asked to verbalize may attend more to form than he or she otherwise would, and so the protocol may inflate the apparent role of awareness. Another concern is that verbal reports capture only what learners are able and willing to say, so participants who noticed but did not report the noticing may be misclassified as unaware. Researchers have tried to address these concerns by comparing think-aloud and non-think-aloud groups and by triangulating verbal reports with other measures, and the results suggest that the effects of reactivity are usually modest but not zero.

A second body of evidence comes from meta-analyses of instruction. Norris and Ortega [7, pp. 417–528] found that instruction involving explicit techniques, which by definition encourage awareness of the target form, produced larger effects than instruction without such techniques. Spada and Tomita [13, pp. 263–308] reached a similar conclusion in an analysis that considered the complexity of the target features. These findings are consistent with the noticing hypothesis,

although they do not test it directly, since explicit instruction affects learning in several ways besides increasing awareness.

Taken together, the research on awareness supports a moderate conclusion. Learners who notice forms are in a better position to learn them, and techniques that encourage noticing tend to improve learning. However, the evidence does not show that learning is impossible without awareness, and some forms of implicit learning clearly occur, especially for frequent and regular patterns. For complex structures, where input is often insufficient for implicit learning to succeed within a realistic time frame, the case for promoting awareness is particularly strong.

4. Attention Measured Directly: Eye-Tracking Research

Verbal reports rely on what learners say about their own processing, and this reliance has prompted researchers to seek more direct indicators of attention. Eye-tracking is one of the most promising. The technique records where and for how long a reader looks at each part of a text, and it rests on the assumption that longer fixations indicate deeper processing. Because eye movements are largely outside conscious control, the method avoids some of the problems of self-report.

Godfroid, Boers, and Housen [3, pp. 483–517] applied this technique to the question of incidental vocabulary learning. Participants read a text containing unfamiliar target words while their eye movements were recorded, and they were later tested on their knowledge of those words. The study found that learners spent more time on target words than on known words, which indicates that unfamiliar items do attract attention, and that the amount of attention given to a word was related to how well it was later remembered. The findings supported the idea that attention is a mechanism that mediates between input and learning, and they showed that individual differences in attention to particular items predict learning outcomes.

Although the study concerned vocabulary rather than grammar, its implications extend to complex structures. Words are typically more salient than grammatical morphemes, and they carry independent meaning. If learners need to be drawn to unfamiliar words, one can expect that unfamiliar grammatical forms, which are less salient and often redundant, will receive even less attention unless the text or task directs them to it. The eye-tracking evidence therefore strengthens the argument that exposure alone may leave complex forms unprocessed.

Eye-tracking also has limitations. A long fixation may indicate difficulty rather than learning, for instance when a reader struggles to parse an unfamiliar construction, and so the relationship between attention and learning is not always straightforward. Moreover, the method records attention to visual text and cannot be applied directly to listening, which is the modality in which many complex forms are most easily missed because they are reduced or unstressed. Nevertheless, the method provides an objective complement to verbal reports and has contributed to a more detailed picture of how attention operates during reading.

These results have a practical implication. If attention to a form can be increased by making it more salient, then teachers and materials designers have tools available. Typographical enhancement, such as bolding or underlining the target form, can draw the reader's eye; repetition of the form within a text increases the number of opportunities to notice it; and tasks that require learners to use the form to complete an activity make it necessary to process it. Each of these techniques can be seen as a way of redirecting limited attentional resources toward features that would otherwise be overlooked.

5. The Role of Output in Drawing Attention to Form

Attention to form can also be prompted by the learner's own attempts at production. Swain [10, pp. 235–253] observed that students in Canadian French immersion programs developed excellent comprehension skills but continued to make errors in their speaking and writing, and she hypothesized that this was because comprehension can proceed without full syntactic analysis, whereas production forces learners to process grammar. When learners must

express a meaning, they cannot rely on context and vocabulary alone; they must select a grammatical structure, and this selection may reveal that they do not know how to say what they want to say.

Swain [11, pp. 125–144] later specified three functions of output. The first is the noticing function: in trying to produce the target language, learners may notice that they lack the means to express what they wish to say, and this recognition of a gap may prompt them to attend to relevant input on subsequent occasions. The second is the hypothesis-testing function: learners use output to try out a form or structure and to see whether it works, which gives them an opportunity to receive feedback. The third is the metalinguistic function, in which learners use language to reflect on language, for example when they discuss with a partner how to express an idea. Each function involves a level of attention to form that listening or reading does not necessarily demand.

Swain and Lapkin [12, pp. 371–391] provided empirical evidence for the noticing function. They asked students of French to complete a writing task while thinking aloud and then examined the moments at which the students became aware of problems in their own output. Such problem-solving episodes frequently led to modifications in the written text, and they suggested that the writing task pushed learners to consider the language they were using. The study was influential in showing that output can generate cognitive processes of the kind that the output hypothesis proposed.

Izumi [5, pp. 168–196] examined the psycholinguistic rationale for the hypothesis and considered whether production contributes to learning beyond what comprehension provides. His analysis emphasized that output may promote noticing and that it gives learners opportunities to process input more deeply when they receive it again after producing. Empirical results on this point have been mixed, and it remains uncertain how much of the benefit of output derives from the act of production itself and how much from the feedback that production elicits. The question is important because it determines whether teachers should encourage production for its own sake or should see it mainly as a means of triggering feedback.

For complex structures, the contribution of output is potentially considerable. Because these structures are often unnecessary for comprehension, learners can understand input without processing them, but they cannot easily avoid them in production if the task demands precision. A task that requires learners to describe a sequence of past events, to specify the referent of a noun, or to express possession with the correct suffix pushes them to confront forms that they could otherwise ignore. Output tasks of this kind work best when the target form is necessary for successful completion of the task, and when learners have the time and resources to attend to form as they speak or write.

6. Implicit and Explicit Knowledge: What Attention Can Achieve

Promoting attention and awareness raises the question of what kind of knowledge results. Explicit knowledge is conscious and verbalizable, while implicit knowledge is intuitive and available for spontaneous use. If instruction generates mainly explicit knowledge, the question arises whether this knowledge can contribute to fluent performance or whether it serves only in tasks that allow time for reflection.

Hulstijn [4, pp. 129–140] discussed this issue in his review of theoretical and empirical studies of implicit and explicit learning. He proposed that the distinctions among types of learning and types of knowledge be kept separate, and he drew attention to the methodological difficulty of demonstrating that knowledge is implicit, since tasks that seem to tap implicit knowledge may also allow the use of explicit knowledge. His analysis implies that claims about the impossibility or possibility of conversion between the two kinds of knowledge should be treated with caution, because the evidence depends on how the knowledge is measured.

R. Ellis [2, pp. 141–172] addressed the measurement problem directly in a psychometric study. He administered a battery of tests to a large group of learners and used factor analysis to identify the constructs underlying their performance. The results indicated that tests requiring speed and a focus on meaning, such as timed grammaticality judgments, oral narration, and elicited imitation, tended to load on a factor that could be interpreted as implicit knowledge, while untimed judgments with correction and tests of metalinguistic knowledge loaded on a factor that could be interpreted as explicit knowledge. This work gave researchers a more principled way of separating the two types of knowledge and of asking which kinds of instruction affect which.

The implications for complex structures are twofold. First, because these forms are difficult to acquire implicitly within the time available to most learners, explicit knowledge may be the only knowledge available for some time, and it is valuable in tasks such as writing and careful speech, where learners can monitor their output. Second, for fluent use, the goal is that knowledge become available under real-time conditions. Whether this happens through automatization of explicit knowledge, through the facilitating effects of noticing on implicit learning, or through both, the pedagogical conclusion is similar: attention-directing instruction should be followed by extensive opportunities for use under communicative pressure.

The meta-analytic results are consistent with this conclusion. Norris and Ortega [7, pp. 417–528] noted that many studies relied on measures that favor explicit knowledge, and they cautioned that the advantage of explicit instruction might be partly an artifact of measurement. Subsequent work, including the analysis by Spada and Tomita [13, pp. 263–308], showed that the advantage persists on measures designed to tap more spontaneous performance, although it is generally smaller. The evidence thus suggests that explicit instruction contributes to both kinds of knowledge, while leaving the exact mechanism open.

7. Why Complex Structures Are Especially Vulnerable

The preceding sections suggest that attention is the crucial variable in the acquisition of complex structures. This section considers why these structures are especially vulnerable to attentional failure, bringing together the properties that were introduced earlier in the article.

First, many complex structures are redundant for communication. A marker that duplicates information already given elsewhere in the sentence, such as an agreement suffix on a verb whose subject is explicitly stated, contributes little to the meaning and can be ignored without loss of comprehension. Learners, who need to use limited processing capacity efficiently, tend to ignore what is redundant. N. Ellis [1, pp. 143–188] describes this as a consequence of associative learning: cues that add nothing to the prediction of meaning receive little weight, and they are learned slowly.

Second, many complex structures are perceptually weak. Forms that are unstressed, brief, or phonologically reduced do not stand out in the stream of speech, and they may be nearly inaudible in fast conversation. Learners who depend on listening for their exposure will therefore encounter such forms in a degraded state, and the probability that they will be noticed is low. Visual text is more forgiving, but only if learners read with attention to form, which, as the eye-tracking research shows, cannot be assumed.

Third, many complex structures involve categories that are foreign to the learner. When a first language lacks a grammatical distinction, such as a distinction of definiteness or evidentiality, the learner has no conceptual slot for it and may not perceive it as a meaningful contrast. Noticing requires something to notice, and so the structure must first be made visible as a category before individual instances can be attended to. Explicit explanation can serve this function by telling learners that the distinction exists and what it is used for.

Fourth, complex structures often require integration of several pieces of information at once. To use an inflected form correctly, a speaker may need to consider the tense, person, number, and class of the word within a fraction of a second. Learners whose processing capacity

is taxed by other demands, such as retrieving vocabulary and planning the message, may fail to allocate attention to these details, which results in errors even when the relevant knowledge is available. This is a further reason why knowledge obtained through explicit instruction does not automatically appear in fluent speech: its use requires attention that may not be available in real time.

These four vulnerabilities help to explain why immersion learners, who receive generous exposure, nonetheless show persistent problems with particular forms [10, pp. 235–253]. They also clarify what instruction should do for complex structures. It should make the forms perceptible, make the categories understandable, reduce the cost of processing through practice, and provide conditions in which attention to form becomes a habit rather than an exception.

8. Techniques for Directing Attention to Form

If attention is the gateway to learning, then the practical question is how teachers can open it. Several families of techniques have been proposed, and they differ in how much they interrupt the flow of meaningful activity and in how much they demand of the learner. At one end are implicit techniques that operate on the input itself, such as increasing the frequency of a target form in a text or enhancing it typographically. At the other end are explicit techniques, such as rule explanation and metalinguistic discussion, which openly invite learners to think about language.

Input enhancement belongs to the first group. A teacher or materials writer can prepare a reading passage in which a target structure occurs many times, and can highlight it in bold or color. The rationale follows directly from the research discussed above: if learners tend to overlook forms that are unnecessary for meaning, then making the form visually salient increases the chance that it will be registered [9, pp. 129–158]. The technique is easy to apply and does not require learners to know any terminology, but it has a limitation. Highlighting directs the eye to a form without telling the learner what the form means or why it is there, and for structures whose function is opaque this may be insufficient.

Explicit explanation, in contrast, provides the conceptual information that noticing alone cannot. A short statement of how a form is used and what contrasts it encodes can give learners the category that they need to interpret the instances they meet. The meta-analytic evidence suggests that such explanation is generally beneficial [7, pp. 417–528; 13, pp. 263–308], and it is particularly relevant to forms that have no counterpart in the learner's first language. The cost is that explanation takes time, and that, if it is not followed by meaningful use, it may produce knowledge that remains inert.

Between these extremes are techniques that embed attention to form in tasks. A dictation-based activity in which learners listen to a passage, take notes, and then reconstruct it in pairs is a well-known example. The reconstruction stage pushes learners to compare their version with the original and to discover differences in form, which brings together noticing, output, and discussion, the three functions that Swain [11, pp. 125–144] associated with production. Activities of this kind are valuable because they integrate the attentional and communicative demands of language learning instead of separating them.

The choice among techniques should be guided by the nature of the target structure. For transparent and salient forms, enhancement may be all that is needed. For forms that are opaque or foreign to the learner's first language, explicit explanation will usually be required. For forms that are available as knowledge but do not appear in spontaneous use, tasks that create pressure for accurate production are most useful. In every case, the technique is a means of engaging attention, and its success should be judged by whether learners do in fact process the form.

9. Individual Differences and the Limits of the Attentional Account

An account that places so much weight on attention must also consider that learners differ in how much attention they can allocate and in how they allocate it. Working memory capacity,

which determines how much information a learner can hold and manipulate at one time, is one such difference. Learners with a greater capacity may be better able to keep a form in mind while continuing to process meaning, which is the rehearsal that Robinson [8, pp. 283–331] regarded as part of noticing. Learners with a smaller capacity may find that attending to form comes at the expense of comprehension, and so they may benefit from tasks that reduce other demands.

Proficiency also plays a role. Beginners tend to devote most of their processing resources to decoding meaning, and they may have little left over for form. Consequently, the demand that a task places on attention should be matched to learners' level: a task that asks beginners to process a complex structure while following a complicated storyline may be too demanding, while the same structure embedded in a simple and predictable context may be manageable. As proficiency increases and comprehension becomes more automatic, more attention becomes available for form, which is one reason why advanced learners can benefit from more subtle explanations.

The attentional account has limits that should be acknowledged. First, it does not by itself explain why some forms, once noticed, are still learned slowly. Noticing a form is a precondition for learning, but the integration of the form into the learner's developing system depends on further processes that are not well captured by the concept of attention. Second, the evidence for the necessity of awareness is less conclusive than the evidence for its usefulness. Some learning of frequent and regular patterns evidently occurs without awareness, as usage-based accounts emphasize [1, pp. 143–188], and complex structures may differ from simple ones in the extent to which this is possible.

Third, most research on attention has involved short-term laboratory tasks with limited target structures, and it is unclear to what extent the findings generalize to the extended and varied conditions of classroom learning. A learner's attention in a classroom is shaped by motivation, interest, fatigue, and social factors that are difficult to reproduce in experiments. These limitations do not undermine the central claim that attention matters, but they counsel humility about the precise mechanisms and about the strength of effects in real classrooms. They also underline the importance of research that follows learners over longer periods and in realistic instructional settings.

10. Pedagogical Implications

The research reviewed here suggests a number of principles for teaching complex structures. The first is that instruction should be designed to direct attention to the target form at the point where learners are processing meaning. Techniques such as input enhancement, brief explanations embedded in meaningful activities, and tasks that require the form for successful completion all aim to make the form noticeable without turning the lesson into a grammar exercise. The emphasis is on attention, not on rule recitation.

Second, teachers should distinguish between techniques that encourage noticing and techniques that encourage understanding. Noticing may be sufficient for forms that are transparent and regular, while understanding is likely to be needed for forms whose function is opaque. An article system, for example, cannot be learned merely by observing examples, because the logic that governs them is not visible in the surface forms. In such cases, concise explanation helps learners to interpret what they notice.

Third, output activities should be used deliberately. Tasks in which learners must write or speak with a particular structure, and which allow them time to reflect on their language, can trigger the processes that Swain [11, pp. 125–144] described. Collaborative tasks, in which partners discuss how to express an idea, are particularly well suited to eliciting the metalinguistic function. It is important that such tasks have a communicative purpose, so that learners are attending to form in the service of meaning and not in isolation.

Fourth, noticing should be followed by practice that promotes fluent use. Since awareness alone does not guarantee that knowledge will be accessible in real time, learners need repeated opportunities to use the form under conditions resembling those of communication. This includes activities with time pressure, and recycling of the form in new contexts over an extended period. The aim is to make attention to form less effortful over time, so that the learner's limited processing capacity is available for other demands.

Fifth, assessment should distinguish between explicit and implicit knowledge. A learner who performs well on an untimed grammar test may still be unable to use the form in conversation, and teachers who rely only on the former will overestimate progress. Incorporating timed and meaning-focused tasks into assessment, in line with the distinctions developed by R. Ellis [2, pp. 141–172], gives a more accurate picture of what learners can actually do.

Sixth, teachers should plan for the different starting points of their learners. A class is rarely uniform in proficiency, working memory, or first language background, so a single technique applied to all learners will affect them unevenly. Offering a range of activities, for instance an enhanced text for those who need only a prompt, a short explanation for those who need a category, and a production task for those who already have the knowledge but do not use it, allows the same target structure to be approached from several directions. Such differentiation need not multiply the teacher's workload if the activities are built around a common text or theme.

Finally, teachers can help learners to become better managers of their own attention. Learners who understand why certain forms are easily missed can be encouraged to read and listen with greater attention to those forms, to keep notes on structures they find puzzling, and to compare their own writing with model texts. This kind of strategic awareness does not replace instruction, but it extends its effects beyond the classroom, where the great majority of learners' exposure takes place. Over time, habits of attentive reading and listening may prove to be among the most durable outcomes of a well-designed course.

Conclusion

This article has argued that attention and awareness are central to the learning of complex language structures. Input is necessary but not sufficient, because learners process only a fraction of what they encounter, and they tend to ignore features that are redundant, brief, or unfamiliar. The noticing hypothesis and its refinements explain why, and research using verbal reports and eye-tracking supports the claim that attention to specific forms is related to learning. The output hypothesis adds that production can draw learners' attention to the gaps in their knowledge, which is especially valuable for forms that comprehension can bypass.

At the same time, the research leaves several questions open. It is not yet clear how much learning can occur without awareness, how explicit knowledge becomes available for spontaneous use, or how much of the benefit of output comes from production itself rather than from the feedback it invites. Progress on these questions will depend on designs that combine direct measures of attention with sensitive measures of implicit and explicit knowledge, and that follow learners over longer periods than most studies have done.

For pedagogy, the conclusion is that teaching complex structures is largely a matter of managing attention: making forms noticeable, making categories understandable, pushing learners to use forms in production, and providing the practice that turns conscious knowledge into fluent performance. The next part of the series turns to one of the most powerful tools for achieving this, namely corrective feedback within interaction.

References

- [1] Ellis, N. C. (2002). Frequency effects in language processing: A review with implications for theories of implicit and explicit language acquisition. *Studies in Second Language Acquisition*, 24(2), 143–188.
- [2] Ellis, R. (2005). Measuring implicit and explicit knowledge of a second language: A psychometric study. *Studies in Second Language Acquisition*, 27(2), 141–172.
- [3] Godfroid, A., Boers, F., & Housen, A. (2013). An eye for words: Gauging the role of attention in incidental L2 vocabulary acquisition by means of eye-tracking. *Studies in Second Language Acquisition*, 35(3), 483–517.
- [4] Hulstijn, J. H. (2005). Theoretical and empirical issues in the study of implicit and explicit second-language learning. *Studies in Second Language Acquisition*, 27(2), 129–140.
- [5] Izumi, S. (2003). Comprehension and production processes in second language learning: In search of the psycholinguistic rationale of the output hypothesis. *Applied Linguistics*, 24(2), 168–196.
- [6] Leow, R. P. (2000). A study of the role of awareness in foreign language behavior: Aware versus unaware learners. *Studies in Second Language Acquisition*, 22(4), 557–584.
- [7] Norris, J. M., & Ortega, L. (2000). Effectiveness of L2 instruction: A research synthesis and quantitative meta-analysis. *Language Learning*, 50(3), 417–528.
- [8] Robinson, P. (1995). Attention, memory, and the “noticing” hypothesis. *Language Learning*, 45(2), 283–331.
- [9] Schmidt, R. (1990). The role of consciousness in second language learning. *Applied Linguistics*, 11(2), 129–158.
- [10] Swain, M. (1985). Communicative competence: Some roles of comprehensible input and comprehensible output in its development. In S. Gass & C. Madden (Eds.), *Input in second language acquisition* (pp. 235–253). Newbury House.
- [11] Swain, M. (1995). Three functions of output in second language learning. In G. Cook & B. Seidlhofer (Eds.), *Principle and practice in applied linguistics* (pp. 125–144). Oxford University Press.
- [12] Swain, M., & Lapkin, S. (1995). Problems in output and the cognitive processes they generate: A step towards second language learning. *Applied Linguistics*, 16(3), 371–391.
- [13] Spada, N., & Tomita, Y. (2010). Interactions between type of instruction and type of language feature: A meta-analysis. *Language Learning*, 60(2), 263–308.

THE ROLE OF DIGITAL RESOURCES IN TEACHING THE KAZAKH LANGUAGE AND LITERATURE

Kassymova Zhanat

Lecturer, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Kukenova Assel

PhD candidate, Al-Farabi Kazakh National University, Almaty, Kazakhstan

Abstract. This article examines the role and pedagogical potential of digital resources in teaching the Kazakh language and literature in the context of contemporary education. The rapid integration of digital technologies into educational practice has transformed not only the ways in which instructional content is delivered but also learners' modes of engagement, teachers' professional practices, and approaches to lesson design. The article focuses on the use of electronic educational resources, multimedia materials, online platforms, electronic dictionaries, interactive exercises, digital storytelling, podcasts, and artificial intelligence-based tools in Kazakh language and literature education. Particular attention is paid to the potential of digital resources to enhance vocabulary acquisition, consolidate grammatical knowledge, and develop learners' listening, speaking, reading, and writing skills. In literature education, digital technologies can facilitate access to the historical and cultural contexts of literary works, support character analysis, encourage creative responses, and promote students' independent interpretation of texts. At the same time, the article considers a number of challenges associated with the digitalization of education, including the digital divide, the reliability of online information, academic integrity, excessive screen time, and teachers' digital competence. The analysis demonstrates that the pedagogical value of digital resources does not depend on the number or technological sophistication of tools employed, but rather on their alignment with learning objectives, subject content, and learners' needs. The article concludes that the purposeful and pedagogically grounded integration of digital technologies can enrich Kazakh language and literature education while supporting the development of learners' linguistic, communicative, creative, and digital competencies.

Keywords: digital resources, Kazakh language, Kazakh literature, digital education, digital linguodidactics, multimedia, interactive learning, digital competence, educational technologies, artificial intelligence.

Introduction

The rapid development of information and communication technologies has brought significant changes to contemporary education. Learners increasingly access information not only through traditional textbooks and teacher-led instruction but also through electronic resources, online platforms, multimedia content, interactive exercises, and digital communication tools. Consequently, the digitalization of education should not be viewed merely as a process of technological modernization. Rather, it represents a broader pedagogical transformation that requires educators to reconsider both instructional content and teaching methodology.

The 2023 UNESCO Global Education Monitoring Report emphasizes that the educational value of technology depends not simply on its availability or use, but on its relevance to specific learning objectives, accessibility, effectiveness, and sustainability [1]. From this perspective, the primary purpose of introducing digital technologies into the classroom should not be to replace

traditional forms of instruction mechanically, but to create more effective conditions for learning and learner engagement.

This issue is particularly relevant to the teaching of the Kazakh language and literature. Kazakh language education aims to develop learners' linguistic competence, expand their vocabulary, improve their oral and written communication skills, and foster an understanding of linguistic norms. Literature education, in turn, focuses on the comprehension, analysis, and interpretation of literary texts, the development of aesthetic awareness, and the understanding of national cultural values. Digital resources can provide additional methodological opportunities for achieving these objectives.

Recent studies on digital resources in Kazakh language education demonstrate their potential for organizing lexical and grammatical activities, incorporating multimedia materials, and developing language skills [2]. At the same time, the emerging field of digital linguodidactics reflects new approaches to teaching the Kazakh language and literature through interactive technologies, multimedia, digital storytelling, podcasting, and artificial intelligence-based tools [3].

The purpose of this article is to examine the pedagogical potential of digital resources in teaching the Kazakh language and literature and to identify the principal ways in which these resources can be integrated effectively into the educational process.

The study is based on the analysis and synthesis of relevant scholarly literature, comparative analysis, systematization, and pedagogical-methodological generalization.

1. The Role and Nature of Digital Resources in Education

Digital educational resources can be defined as electronic content and tools designed to support the acquisition, consolidation, assessment, and independent study of educational material in accordance with specific learning objectives. They include electronic textbooks, digital libraries, electronic dictionaries, audio and video materials, online learning platforms, interactive exercises, assessment systems, mobile applications, and artificial intelligence-based tools.

One of the principal advantages of digital resources over traditional instructional materials is their ability to present information through multiple modes. For example, when learning a new word, students can see its written form, listen to its pronunciation, examine its use in context, and consolidate their understanding through interactive exercises. Such multimodal input is particularly valuable in language education.

However, the mere presence of digital technologies does not automatically lead to improved learning outcomes. When a digital tool is poorly aligned with the objectives of a lesson, it may distract learners from the core educational task. Therefore, the selection of digital resources should be based primarily on their pedagogical function rather than on their technological sophistication.

When selecting a digital resource, teachers should consider several questions: What learning objective does the resource address? What type of activity will learners perform? Which linguistic or literary competence will be developed? What form of feedback will be provided? How reliable and academically sound is the information presented?

Thus, a digital resource should not be regarded as an educational objective in itself. Rather, it is a means of facilitating and structuring learners' educational activities.

2. Digital Resources in Kazakh Language Education

The use of digital resources in Kazakh language education offers considerable opportunities for presenting linguistic material in diverse formats. The integration of text, audio, video, and interactive activities can create a more comprehensive and engaging language-learning environment.

2.1 Digital Resources for Vocabulary Development

Vocabulary development is one of the fundamental objectives of language education. Digital resources make it possible to introduce and consolidate new vocabulary in meaningful

contexts. For example, a short video related to a particular topic can be presented after introducing key lexical items. Following the viewing, learners can identify the meanings of unfamiliar words and use them in their own sentences.

Such activities integrate several language skills, including listening, visual comprehension, speaking, and writing. As a result, newly acquired vocabulary is more likely to move beyond passive recognition and become part of learners' active linguistic repertoire.

Tuyakbayeva, Ashenova, and Mansurov demonstrate that digital technologies can be effectively integrated into lexical and grammatical activities in Kazakh language instruction. Their study highlights the potential of digital environments for introducing new vocabulary, working with video materials, and encouraging learners to engage actively in language-related tasks [2].

Electronic dictionaries can also serve as valuable resources for vocabulary development. However, effective lexical learning should go beyond simply identifying a translation. Learners should also examine a word's meaning, collocations, grammatical properties, and contextual use.

2.2 Interactive Technologies in Grammar Instruction

The grammatical system of the Kazakh language can be challenging for learners, particularly when grammatical rules are presented in an abstract manner. Digital platforms can make grammar instruction more practice-oriented by combining explanations with interactive exercises.

For instance, when teaching case endings, learners can match nouns with appropriate suffixes, select the correct grammatical form in a sentence, or identify and correct errors. When teaching verb tenses, learners can classify sentences according to their temporal meanings and examine how grammatical forms change in different contexts.

An important advantage of digital exercises is the possibility of providing immediate feedback. Learners can check their answers, identify errors, and make corrections without waiting for subsequent teacher assessment. This can contribute to the development of self-monitoring and self-assessment skills.

Nevertheless, automated feedback has limitations. Although a digital system can identify an incorrect response, it may not always explain why the answer is incorrect or provide a sufficiently nuanced linguistic explanation. Therefore, automated feedback should complement rather than replace teacher guidance.

2.3 Developing Listening and Speaking Skills

Audio and video materials can play an important role in developing listening and speaking skills in Kazakh language education. Podcasts, interviews, documentaries, short audio texts, and authentic speech samples can introduce elements of a natural language environment into the classroom.

A listening activity can be organized in three stages. The pre-listening stage prepares learners for the topic and introduces key vocabulary. During the listening stage, learners identify the main ideas and relevant details. In the post-listening stage, they discuss the content, express their opinions, or summarize the information they have heard.

This three-stage approach transforms digital audio material from a passive listening activity into an integrated language-learning task.

2.4 Digital Tools for Developing Writing Skills

Digital environments can also support the development of writing skills through electronic text editors, online assignments, collaborative documents, and digital feedback mechanisms.

Learners can write essays, opinion pieces, letters, short articles, or reflective texts and submit them through a digital learning environment. Teachers can then provide feedback on content, organization, coherence, grammar, and language accuracy.

Importantly, the purpose of digital technology in this context is not to produce texts on behalf of learners but to support the writing process. Learners should be encouraged to plan, draft,

revise, edit, and finalize their own texts. In this way, digital tools can contribute to the development of writing as a process rather than merely evaluating its final product.

3. Digital Resources in Teaching Kazakh Literature

The use of digital technologies in literature education has distinctive characteristics. A literary work is not simply a source of factual information; it is also an aesthetic, cultural, and intellectual experience. Consequently, digital resources should complement literary texts rather than replace close reading and textual analysis.

3.1 Multimedia and the Interpretation of Literary Texts

Literary works are embedded in particular historical and cultural contexts. Historical maps, photographs, documentary materials, museum collections, and other digital sources can therefore provide useful contextual information and facilitate a deeper understanding of literary texts.

For example, when studying a historical novel or a work associated with a particular period, students can examine visual and documentary materials related to the historical context. Such resources may help learners understand the relationship between the events represented in the literary work and the broader historical circumstances.

Nevertheless, the literary text itself must remain the central object of analysis. If multimedia materials take precedence over reading, interpretation, and discussion, digital technology may undermine rather than support the primary objectives of literature education.

Therefore, multimedia should be used strategically to provide context, encourage comparison, support interpretation, and stimulate discussion.

3.2 Digital Storytelling

Digital storytelling is a particularly promising approach to literature education. It allows learners to reconstruct a literary event, character, or theme using a combination of text, images, audio, and video.

In Kazakh literature lessons, students can, for example:

- create a monologue from the perspective of a literary character;
- construct a digital timeline of events in a literary work;
- visualize relationships among characters;
- produce a short video addressing a central issue raised by the author;
- create a podcast discussing a literary work.

Such activities encourage learners to develop their own interpretations rather than merely reproduce established literary analyses.

Recent research in digital linguodidactics identifies digital storytelling, podcasting, and interactive learning as promising approaches for developing more learner-centered forms of Kazakh language and literature education [3].

3.3 Visualization as a Tool for Literary Analysis

Visualizing the structure, character system, or central themes of a literary work can help learners organize complex information and identify relationships within the text.

For example, students can create diagrams illustrating relationships among characters and provide brief explanations of their roles in the narrative. They can also visualize the plot structure by organizing major events chronologically or according to the composition of the work.

However, visualization should not replace textual analysis. Any interpretation should be supported by evidence from the literary text. Digital diagrams and visual representations are most effective when they function as tools for organizing and communicating analytical conclusions.

4. Digital Resources and Learner Engagement

Digital resources provide opportunities to differentiate learning activities and accommodate differences in learners' abilities, needs, and learning pace. Within the same topic, teachers can provide tasks of varying levels of complexity.

At a basic level, learners may match concepts or work with explicitly provided information. At an intermediate level, they may identify linguistic or literary phenomena in a text. At an advanced level, they may formulate and justify interpretations or complete creative and research-based tasks.

Such differentiation can contribute to a more inclusive learning environment and allow students to engage with the same content at an appropriate level of challenge.

A study focusing on the development of digital competence among students of Kazakh philology identifies interactive learning, project-based activities, distance education, and gamification as potentially effective approaches for developing digital skills. The study also emphasizes the importance of teacher preparation and adequate technological infrastructure [4].

This finding highlights the importance of teachers' digital competence. It is not sufficient for educators to know how to operate a particular platform; they must also be able to determine when and why it should be used and how it can be integrated meaningfully into the learning process.

5. Teachers' Digital Competence

The development of digital technologies does not diminish the role of teachers. On the contrary, it expands their professional responsibilities. Teachers increasingly act as facilitators, learning-environment designers, information evaluators, and guides who help learners navigate increasingly complex digital spaces.

Teachers' digital competence can be considered in several interconnected dimensions.

First, teachers need to be able to locate relevant digital information and critically evaluate its reliability. Not all online materials are academically accurate or methodologically appropriate.

Second, teachers need methodological competence in selecting digital tools. When several technological options are available, the most appropriate one should be selected based on the specific learning objective rather than on novelty or popularity.

Third, teachers must promote active learner engagement in digital environments. Watching a video or reading a digital presentation should not constitute the endpoint of the learning process. Learners should be encouraged to analyze, compare, discuss, interpret, and create.

Fourth, teachers need to interpret the results of digital assessment appropriately. Automated assessment can provide useful information, but it cannot fully substitute for professional pedagogical judgment.

Thus, the defining feature of a digitally competent teacher is not the extensive use of technology but the ability to employ appropriate technologies purposefully, critically, and pedagogically.

6. Challenges Associated with the Use of Digital Resources

Despite their potential benefits, digital resources also create a number of challenges. One of the most significant is the digital divide. Learners do not necessarily have equal access to computers, mobile devices, or reliable Internet connections. Consequently, digital assignments should be designed in ways that do not disadvantage learners because of their technological or socioeconomic circumstances.

A second challenge concerns the quality and reliability of online information. The Internet contains a considerable amount of content related to the Kazakh language and literature that may be inaccurate, insufficiently referenced, or methodologically unreliable. Teachers therefore need to evaluate digital materials carefully and develop learners' information and media literacy.

A third challenge is the risk of excessive reliance on digital technologies. The 2023 UNESCO Global Education Monitoring Report emphasizes that the effectiveness of educational technology varies across contexts and that issues of equity, accessibility, and educational purpose must be considered when technologies are introduced [1].

A fourth challenge is academic integrity. The rapid development of generative artificial intelligence has made it increasingly difficult to distinguish between independently produced student work and AI-generated content. This development requires a reconsideration of assessment practices. For example, when assessing an essay, teachers may evaluate not only the final text but also the learner's understanding of the topic, planning process, use of sources, drafting, revision, and oral explanation of the submitted work.

A fifth challenge concerns screen time. The teaching of language and literature relies heavily on direct communication, oral interaction, expressive reading, discussion, and sustained engagement with literary texts. Maintaining an appropriate balance between digital and non-digital learning activities is therefore essential.

7. Effective Approaches to Using Digital Resources in Kazakh Language and Literature Lessons

The effectiveness of digital resources depends primarily on their alignment with clearly defined learning objectives. Several practical approaches can therefore be recommended.

First, the digital dictionary approach. Learners investigate the meaning, synonyms, antonyms, collocations, and contextual use of newly introduced vocabulary.

Second, the use of QR codes for supplementary materials. Additional audio, video, texts, or source materials can be made available through QR codes, allowing learners to compare supplementary information with the main lesson content.

Third, the digital character project. Students explore a literary character by presenting their personality, actions, values, and role in the work in a visual or multimedia format.

Fourth, the "Letter to the Author" activity. Learners write an electronic letter to the author of a literary work, expressing their interpretation and personal response. This approach combines literary analysis with writing practice.

Fifth, podcast production. Learners prepare a short podcast devoted to a literary work, language topic, or literary issue.

Sixth, digital discussion and debate. Learners discuss a particular issue raised in a literary work and support their interpretations with evidence from the text.

In all these approaches, digital technology functions not as an end in itself but as a means of promoting active, meaningful, and reflective learning.

Conclusion

Digital resources are becoming increasingly important in contemporary Kazakh language and literature education. Digital technologies enable teachers to present educational content through text, audio, video, visual materials, and interactive activities, thereby expanding the ways in which learners can access, process, and communicate knowledge.

In Kazakh language education, digital resources can support vocabulary development, grammar practice, listening and speaking activities, writing development, and timely feedback. In Kazakh literature education, multimedia resources can provide historical and cultural context, facilitate the analysis of characters and themes, support creative responses, and encourage learners to develop their own interpretations of literary texts.

At the same time, digital technology should not be viewed as a complete substitute for traditional pedagogical practices. Its effectiveness depends on clearly defined learning objectives, appropriate educational content, learners' needs, and teachers' professional expertise.

The effective integration of digital resources requires technology to remain subordinate to pedagogy. Teachers should first determine what knowledge, skills, or competencies learners are expected to develop and then select the digital tools that best support these objectives. When used in this way, digital technologies can move learners beyond passive consumption of information and encourage them to search, analyze, compare, interpret, discuss, and create.

The development of digital linguodidactics offers new opportunities for presenting national educational content in contemporary digital environments. Expanding high-quality

Kazakh-language digital content, strengthening teachers' digital pedagogical competence, systematizing electronic educational resources, promoting the responsible use of artificial intelligence, and digitizing Kazakhstan's literary heritage may constitute important directions for further development.

In conclusion, the principal value of digital resources lies not in replacing traditional education with technology but in creating new opportunities for developing learners' linguistic, communicative, creative, and digital competencies. When digital resources are integrated purposefully, critically, and pedagogically into the teaching of the Kazakh language and literature, they can enrich the learning process and foster learners' active engagement with language and literary texts.

References

1. **Global Education Monitoring Report Team.** *Global Education Monitoring Report 2023: Technology in Education – A Tool on Whose Terms?* Paris: UNESCO, 2023. 424 p. ISBN 978-92-3-100609-8.
2. **Tuyakbayeva R.R., Ashenova A.T., Mansurov N.B.** Types of Tasks, Used in the Process of Teaching the Kazakh Language // *Bulletin of L.N. Gumilyov Eurasian National University. PHILOLOGY Series*. 2023. Vol. 142. No. 1. P. 97–105. DOI: 10.32523/2616-678X-2023-142-1-97-105.
3. **Serikqyzy Zh., Satkenova Sh., Tleubaev S., Atakhanova N.** Digital Linguodidactics as a New Form of Education // *Eurasian Journal of Philology: Science and Education*. 2026. Vol. 202. No. 2. P. 288–298. DOI: 10.26577/EJPh2022202624.
4. **Imankulova M.** Methods to Improve The Digital Competence of Students of Kazakh Philology // *Eurasian Journal of Philology: Science and Education*. 2025. Vol. 199. No. 3. P. 220–228. DOI: 10.26577/EJPh2025199321.
5. **European Commission.** *Digital Education Action Plan 2021–2027: Resetting Education and Training for the Digital Age*. Brussels: European Commission, 2020.

Philosophical Sciences

The Intentional Nature of Speech Acts in P. Grice's Analytic Philosophy of Language

Arinova Olga Tastanbekovna

Associate Professor of the Department of Philosophy and Theory of Culture, Candidate of Philosophical Science, Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan

Belova Maria Nikolaevna

Master's student of the Department of Philosophy and Theory of Culture, Karaganda Buketov University, Karaganda, Kazakhstan

Contemporary philosophy of language has shifted its research focus from understanding language as an autonomous system of signs toward an analysis of the communicative, cognitive, and pragmatic mechanisms through which meaning is constituted in the process of verbal interaction. In this context, we believe that analytic philosophy of language is of particular importance. This area of research became especially prominent in the second half of the twentieth century, when the focus of inquiry shifted from the study of the meaning of linguistic expressions to the study of the ways in which such expressions are used in specific communicative situations.

One of the most influential approaches underlying this transition was Paul Grice's theory of meaning, based on the fundamental premise that the meaning of a speech utterance cannot be adequately explained solely in terms of its formal or lexical semantics. An essential component of meaning is the intentional structure of a speech act, that is, the speaker's orientation toward achieving a particular communicative effect through the addressee's recognition of that intention. For this reason, Grice's theory occupies a distinctive place in the history of analytic philosophy of language, as it connects semantics, pragmatics, action theory, and the epistemology of communication.

Grice's philosophical program developed within the context of the so-called linguistic philosophy that emerged in the English-speaking intellectual environment of the twentieth century. Early analytic philosophy was characterized by an attempt to investigate philosophical problems through the analysis of language. Gradually, however, it became evident that the meaning of an expression is determined not only by its logical form. An equally important question concerns what exactly a speaker is doing when uttering a particular statement. In this regard, the works of J.L. Austin and J.R. Searle should be noted, as they contributed to the development of speech act theory and treated utterances as forms of action. Thus, Austin argued that "...in speaking, a person not only describes a state of affairs but also performs certain actions: promising, warning, ordering, asserting, apologizing, and so forth".

Grice continues this line of inquiry but shifts the analytical focus toward the intentional structure of communication. Whereas Austin's principal question concerns what action is performed by uttering a particular statement, Grice raises a more fundamental question: how does a hearer understand what the speaker means? In other words, the problem of meaning is transformed into the problem of rationally reconstructing communicative intention. In our view, this constitutes one of Grice's most significant contributions to the philosophy of language.

More broadly, the distinction between natural and non-natural meaning is of central importance to Grice's conception. In his seminal article "Meaning", Grice demonstrates that the expression "to mean" is used in at least two distinct senses. In the case of natural meaning, the relation in question is causal or factual: for example, certain spots on a person's skin may mean that the person has a disease. In the case of non-natural meaning, by contrast, we are dealing with the communicative use of a sign, whereby an

agent seeks to communicate something to another agent through some action. It is precisely this second sense that provides the foundation for Grice's subsequent intentionalist account of meaning.

Thus, the meaning of a speech act is connected not only with the expression that has been uttered but also with what the speaker intends to accomplish by means of that expression. In its simplest formulation, one may say that a speaker means something when the speaker intends to produce a particular belief or other psychological state in the addressee by means of the addressee's recognition of that intention. Grice nevertheless emphasizes that merely intending to produce a particular effect is insufficient. What is crucial is the manner in which that effect is intended to be achieved. This is where the epistemological dimension of Grice's theory emerges: communication does not involve a simple transmission of information from one mind to another but presupposes a particular structure of mutual recognition of intentions. The speaker must intend to produce a particular state in the hearer, must intend the hearer to recognize this intention, and the intended effect must be connected with that recognition. In Grice's classical formulation, it is precisely this reflexive structure that distinguishes communicative meaning proper from the mere causation of a psychological effect.

Thus, the speech act in Grice's theory possesses a complex intentional structure:

- the speaker intends to produce a particular state in the addressee;
- the speaker intends the addressee to recognize this intention;
- the recognition of the intention must play a role in the formation of the corresponding state in the addressee;
- the communicative effect emerges as a result of the rational interaction between speaker and hearer.

On the basis of the foregoing analysis, we conclude that this mechanism makes it possible to speak of the epistemological foundations of meaning. The addressee does not merely perceive a sequence of sounds and automatically extract information from it. Rather, the addressee reconstructs the reasons why the speaker used a particular expression in a particular situation. Understanding therefore acquires the character of a rational inference concerning another agent's communicative intention.

This idea fundamentally transforms the conception of the nature of meaning. Whereas in traditional semantics meaning is often associated with a stable correspondence between a linguistic expression and a particular content, Grice demonstrates that, in actual communication, meaning depends on the interaction of linguistic form, context, the speaker's intentions, and the addressee's rational expectations. Meaning therefore cannot be reduced entirely either to lexical meaning or to the speaker's subjective intention. Rather, it is constituted within the space of their interaction.

In this context, we consider the distinction between what is said and what is implicated to be of particular importance. Grice demonstrates that, by means of a single sentence, a speaker may communicate more than is directly expressed by its semantic structure. It is here that the phenomenon of conversational implicature arises. Conversational implicature constitutes content that the addressee rationally infers from what has been said, taking into account the context, the presumed communicative intention of the speaker, and the principles governing rational interaction.

The fundamental basis for such inference is the so-called Cooperative Principle, according to which participants in a conversation are presumed to organize their contributions in a manner appropriate to the purpose and direction of the communicative exchange. Grice formulates the principle as follows: "Make your conversational contribution such as is required..." that is, a participant should make a contribution appropriate to the particular stage of the conversation and consistent with the accepted purpose or direction of the exchange.

On the basis of this principle, Grice distinguishes four categories of conversational maxims:

1. The Maxim of Quantity - provide the amount of information required;
2. The Maxims of Quality - do not say what you believe to be false or what you lack adequate evidence for;
3. The Maxim of Relation - be relevant;
4. The Maxims of Manner - strive for clarity, avoid unnecessary ambiguity and obscurity, and maintain an orderly form of expression.

It is important to note that these maxims should not be understood merely as formal rules of conduct, since they describe the rational structure of communicative interaction. A participant in a conversation presumes that, under normal circumstances, the other participant is acting rationally and is oriented toward a particular communicative purpose. Consequently, the apparent violation of one of the maxims may provide grounds for inferring additional meaning. It is precisely this mechanism that Grice refers to as implicature. For example, if, in response to the question “How did the examination go?”, an interlocutor answers, “Some of the questions were interesting”, the addressee may infer that the response deliberately avoids providing a direct assessment of the examination as a whole. Given the presumed relevance and informativeness of the response, an implicature may be derived: the examination was probably not entirely successful or presented certain difficulties. This content, however, is not part of the literal meaning of the sentence. Rather, it emerges through the interpretive work performed by the addressee.

From the perspective of philosophy, what is particularly important in this mechanism is the epistemological structure of communication. The addressee must possess certain background knowledge, understand the context of the conversation, be familiar with general principles of rational behavior, and assume that the speaker is also taking these conditions into account. Communication thus rests upon a multilayered system of mutual expectations.

It is precisely here that the connection between Grice’s theory and epistemology becomes apparent. The addressee’s knowledge of the speaker’s intention is not immediate. The addressee has no direct access to the speaker’s consciousness. Instead, the addressee infers the speaker’s communicative state on the basis of observable behavior and knowledge of the rules governing communication. This brings the understanding of an utterance close to the general practice of explaining action: in order to understand a person’s action, it is necessary to determine what goal the person was pursuing and why that particular course of action was chosen.

In this respect, Grice’s theory may be regarded as a distinctive epistemology of social interaction. Communicative understanding is based on the capacity of agents to attribute intentions, beliefs, and goals to one another. Moreover, this capacity has a recursive character: the speaker knows that the addressee is capable of recognizing the speaker’s intention, while the addressee, in turn, understands that the speaker is relying upon such recognition. It is precisely this mutual orientation that makes communication fundamentally different from the mere causal influence of one event upon another.

Consequently, intentionality in Grice’s theory cannot be reduced to an individual psychological state; rather, it possesses an intersubjective structure. The speaker’s intention becomes communicatively significant precisely because it is oriented toward another agent. Furthermore, it must be recognizable. Meaning is therefore not merely an internal content of consciousness but also a potentially public structure accessible to rational reconstruction.

It is noteworthy that in his work “Utterer’s Meaning, Sentence-Meaning, and Word-Meaning”, Grice substantially develops his initial model. He distinguishes between utterer’s meaning, sentence meaning, and word meaning, seeking to explain the relations among them. At the same time, the meaning of a particular linguistic use remains fundamental to the analysis of more general forms of linguistic meaning. In a later formulation, Grice further clarifies his position concerning the particular effect that the speaker must intend to produce: in the case of assertions, what is essential is the intention to induce in the

addressee the thought that the speaker holds a particular belief, whereas in the case of imperatives, the relevant effect concerns the formation of a corresponding intention to act.

Thus, in our view, Grice's theory connects the philosophy of language with the philosophy of action. An utterance is simultaneously a linguistic object and an action performed by an agent. In order to understand its meaning, it is necessary to consider not only what was uttered but also why it was uttered, to whom, and in what context. Communicative rationality therefore becomes a fundamental condition for the constitution of meaning.

Consequently, the intentional nature of speech acts in Grice's theory makes it possible to overcome the opposition between objective meaning and subjective intention. Meaning can be reduced neither to an autonomous semantic structure nor to an arbitrary psychological state of the speaker. Rather, it is constituted at the intersection of linguistic conventions, communicative intentions, contextual factors, and rational mechanisms of interpretation.

In the twenty-first century, this model has acquired additional significance. The digitalization of communication, the development of artificial intelligence, and the proliferation of multimodal forms of interaction require renewed analysis of the relationship between linguistic form, intention, and understanding. As the communicative environment becomes increasingly complex, the question of who or what constitutes the bearer of an intention, how such intention is recognized, and what conditions make it possible to regard a particular effect as the result of a speech act becomes increasingly relevant.

Thus, Grice's philosophy of language may be interpreted as a philosophical strategy for investigating meaning through the category of rational interaction. At its core lies the idea that human communication is not a mechanical transmission of information but a process of mutual recognition of intentions. The meaning of a speech act emerges because the speaker intends to be understood in a particular way and the addressee is capable of reconstructing that intention. In this respect, Grice substantially broadens the traditional conception of language. Language is not merely a system for denoting objects and states of affairs in the world but also a domain of social action and epistemic interaction. Through speech acts, agents do not merely transmit information; they also shape one another's beliefs, intentions, expectations, and actions.

For this reason, the intentional theory of meaning remains of fundamental importance to contemporary philosophy of language. It makes it possible to understand meaning as the outcome of a complex process in which semantic structure, communicative intention, rational expectation, and contextual interpretation converge. The speech act becomes the domain in which one agent's consciousness becomes accessible to another not directly but through publicly recognizable signs and rational procedures of interpretation.

Ultimately, the epistemological significance of Grice's theory lies in its capacity to conceptualize communication as a distinctive form of knowledge of another agent. Understanding an utterance becomes a form of practical inference concerning another person's intentionality. The constitution of meaning, in turn, is a process in which linguistic form is transformed into a communicatively significant action through the mutual recognition of rational intentions. In this respect, Grice's theory occupies an intermediate yet exceptionally productive position at the intersection of the philosophy of language, speech act theory, epistemology, and the philosophy of action. In other words, meaning does not exist independently of concrete use, yet neither does it dissolve into the speaker's subjective psychology. It emerges within the space of intersubjective interaction, where an intention must not only be formed but also recognized. It is precisely this feature that makes intentionality one of the central mechanisms in the constitution of speech meaning and preserves the philosophical relevance of Grice's conception amid the transformation of contemporary communication.

Bibliography:

1. Grice H. P. Meaning//The Philosophical Review. – 1957. – Vol. 66, No. 3. – P. 377–388.
2. Grice H. P. Utterer's Meaning, Sentence-Meaning, and Word-Meaning//Foundations of Language. – 1968. – Vol. 4, No. 3. – P. 225–242.
3. Grice H. P. Studies in the Way of Words. – Cambridge, MA: Harvard University Press, 1989. – 394 p.
4. Austin J. L. How to Do Things with Words. – Oxford: Clarendon Press, 1962. – 166 p.
5. Searle J. R. Speech Acts: An Essay in the Philosophy of Language. – Cambridge: Cambridge University Press, 1969.
6. Schiffer S. Meaning. – Oxford: Clarendon Press, 1972.
7. Sperber D., Wilson D. Relevance: Communication and Cognition. – Oxford: Blackwell, 1986.
8. Davis W. Meaning. – Oxford: Oxford University Press, 2014.
9. Neale S. Paul Grice and the Philosophy of Language//Linguistics and Philosophy. – 1992. – Vol. 15. – P. 509–559.
10. Lepore E., Stone M. Imagination and Convention: Distinguishing Grammar and Inference in Language. – Oxford: Oxford University Press, 2015.

Art History

The Idea of Freedom in Schiller's Drama

Tea Tsaguria

PhD in Philology, Associate Professor, Batumi Art State University, Batumi, Georgia

Teimuraz Kezheradze

PhD in Art History and Theory, Professor, Batumi Art State University, Batumi, Georgia

Abstract. Our primary goal is to understand the formation and development of the idea of personal freedom and the struggle for free human development in the early drama of Friedrich Schiller, one of the greatest thinkers of the Enlightenment, within the context of the era's socio-political conditions and the distinctive characteristics of German Enlightenment aesthetics, which exerted a profound influence on the evolution of the universal concept of freedom.

Keywords: Schiller, Freedom, Republican.

Methods. The paper presents a study and comparative analysis of 18th-19th century German Enlightenment aesthetics, Schiller's early drama, and the writer's theoretical and philosophical works. Furthermore, based on a comparative analysis of the works of Schiller scholars, issues of theatrical aesthetics of the given period have been investigated.

Introduction. Schiller's life, theoretical and philosophical thought, practical literary career, and public life represented an endeavor to establish national consciousness and the idea of freedom, which, against the backdrop of the socio-political constraints of his era, constituted a major progressive step in the development of public consciousness.

Discussion. 18th-19th century Germany gave the world civilization its greatest philosophers and poets. Their thought, their creativity, and the literary and philosophical works they produced remain relevant to this day. For Germany, this period was a revolutionary era of thought. Lessing, Goethe, and Schiller in literature and art; Kant, Fichte, Heidegger, and Hegel in philosophical thought. No subsequent eras, philosophical schools, or literary movements could, directly or indirectly, bypass the creations of the brilliant German thinkers of the 18th and 19th centuries. The poetry, dramaturgy, and historical-aesthetic legacy of Friedrich Schiller have established a special place in the history of world civilization. -----

Friedrich Schiller was born on November 10, 1759, in the town of Marbach in the Duchy of Württemberg. He studied jurisprudence and later medicine at the military academy founded by Karl Eugen, Duke of Württemberg. Students of the military academy were forbidden from meeting their parents or speaking to them without the presence of supervisors; even their letters had to undergo strict censorship. Despite the severity, the eight years spent at the Karlsschule (as the military academy was called) could not suppress young Schiller's longing for freedom and his poetic nature. At the Karlsschule, Schiller was introduced to the philosophy of the 18th-century French Enlightenment thinkers Locke and Holbach, the dramas of Shakespeare, the poets of the European Renaissance, and the works of contemporary German thinkers—Lessing and Goethe.

In the 1770s, a so-called literary-theoretical "rebellion" took place in Germany. This literary and social movement is known as "Storm and Stress" (*Sturm und Drang*). It was "undoubtedly a progressive phenomenon, serving as a fierce protest against Germany's backwardness" (Schiller 1961: 14), yet it was characterized by strict individualism. Emerging onto the literary scene, the young Schiller went beyond the boundaries of *Sturm und Drang* in his first drama, *The Robbers* (written at the Karlsschule); by depicting the failure of his protagonist Karl Moor's individualistic rebellion, he challenged the fundamental trait of the "Stürmers"—individualism.

"One of the most important monuments of world literature—*The Robbers*—is directly linked to the traditions of German literature that emerged in the 1770s. Their finest examples were represented by Lessing's *Emilia Galotti* and *Nathan the Wise*, Goethe's *Götz von Berlichingen* and *The Sorrows of Young Werther*, Bürger's *Lenore*, and the works of progressive writers from the 'Storm and Stress' period" (Lashkaradze 1955: 20). Schiller's *The Robbers*, like his other dramas, is imbued with the idea of freedom and the pathos of the struggle against tyranny. In the character of Karl Moor (*The Robbers*), who rises up against injustice, Schiller depicted the spiritual drama of a noble human being. Karl says: "I cannot cramp my body into corsets, and lace up my will in laws..." (Schiller 1961: 289)

In Schiller's second drama of the early period, *Fiesco's Conspiracy in Genoa*, the plot directed against tyranny ends in failure. It ends in failure, yet the idea of freedom is not rejected. In *Fiesco's Conspiracy in Genoa*, supporters of the idea of freedom and devoted fighters such as Calcagno, Verrina, and others are ready to fight to the end to realize the ideal of liberty; however, at the end of the tragedy, along with the republicans Sacco, Centurione, and Thibault, they kneel before Fiesco. In such circumstances, Verrina's heartbreak over the impossibility of continuing the struggle for freedom and his move toward compromise was logical. In *The Robbers*, Karl Moor, who rose up against tyranny, also ultimately refuses to continue the struggle and rejects the idea of combat, as he believes that establishing legality through illegality is impossible. "But the writer clearly makes us feel that this is not the final defeat of Moor's cause. He makes us feel that this cause will and must continue. This is evident in the finale of the work, where the robbers sharply oppose Karl Moor and demand that he abandon his decision" (Khavtasi 1975: 326).

Schiller drew the plot of *The Robbers* from the German poet Christian Friedrich Daniel Schubart's short story "Towards a History of the Human Heart," whereas the drama *Fiesco's Conspiracy in Genoa* depicts the events of the 1547 uprising in Genoa. To study the history of the conspiracy, the author utilized Cardinal de Retz's *The Conspiracy of Count Jean Louis de Fiesque*, William Robertson's *The History of the Reign of the Emperor Charles V*, Franz Dominikus Häberlin's *Detailed Historical-Political Accounts of the Republic of Genoa*, and Pierre-Jean-Baptiste Choudard-Desforges's *History of Famous Conspiracies, Plots, and Revolutions*. As for his third early-period drama, *Kabale und Liebe (Intrigue and Love)*, the plot unfolds in one of the duchies of contemporary Germany. The drama portrays the love story between Luise, the daughter of the musician Miller, and Ferdinand, the son of the President. The class distinction rises as an insurmountable obstacle between the lovers. Luise dreams of a time when all class barriers will be abolished and all human beings will be equal. Ferdinand fights for equality, as the primary obstacle to his and Luise's love lies in this social inequality. "Ferdinand's struggle against class privileges and social barriers indicates, once again, that Schiller, rising up against the existing German reality, is in search of ways and means of struggle" (Charkhalashvili 1981: 257).

From a dramaturgical standpoint, *Intrigue and Love* is one of the most flawless works of Schiller's early period. In it, "every character serves to unfold the core idea, while organically participating in the development of the action and representing a fully realized figure in their own right. The naturalness of the characters is also striking. Even the monologues of Ferdinand and Luise themselves are more ordinary and less high-flown than the tirades of the protagonists in *The Robbers* and *Fiesco's Conspiracy in Genoa*. Yet, the main virtue of this work lies in the extraordinary power and sharpness with which it exposes the existing perversity of the system" (Lashkaradze 1955: 61).

Imbued with the ideas of freedom is *Don Carlos*, the final drama of Schiller's early period. In this drama, the struggle for the ideals of liberty is far more consistent than in Schiller's earlier works, *The Robbers*, *Fiesco's Conspiracy in Genoa*, and *Intrigue and Love*.

The struggle for the ideals of freedom is the primary goal of Marquis Posa's actions. Although he knows that the time has not yet come for the realization of the idea of freedom, he believes that

ultimately no force will be able to suppress the spirit of the fight for liberty and that the historic hour of victory will arrive. Schiller portrays Marquis Posa as the creative and driving force of history. Marquis Posa considers an enlightened ruler to be the implementer of the ideas of freedom. He believes that "a single stroke" of Philip's pen is enough "to renew and transform the entire world." However, it must also be noted that while this path of social liberation is the most desirable and acceptable way for Marquis Posa, it is still not the only one. In an extreme case, he does not reject the revolutionary means of overthrowing despotism and the right of the people to reclaim through rebellion and violence what is their "most sacred right" (Lashkaradze 1955: 67).

The dramas and poems of Schiller's early period are works that embody the poet's fighting spirit. Although Schiller's freedom-fighting protagonists often act inconsistently, the most significant virtue of their actions remains the pathos of the struggle for liberty. The common ideological axis of *The Robbers*, *Fiesco's Conspiracy in Genoa*, and *Intrigue and Love* is the individualistic rebellion of specific, relatively progressive individuals against the social perversity of the time. However limited the struggle of the rebels depicted in Schiller's early dramas may be—regardless of the aspect and form in which it is shown—Schiller nonetheless consistently embraced, from a "Stürmer" ideological standpoint, the idea of fighting against the ruling regime.

In Schiller's early-period dramas, the concept of changing the existing reality through the moral education of society is clearly evident. "Whether it is possible to transform an absolute monarchy into a republic 'from above' under the leadership of an 'enlightened' monarch and morally perfected, chosen individuals—this is the question that interests the author of the tragedy" (Charkhalashvili 1981: 258). Schiller dedicated his theoretical works, "On the Contemporary German Theater" (1782) and "The Theater Considered as a Moral Institution" (1784), to this theme. Later on, between 1787 and 1797, Schiller primarily focused on works of a historical and philosophical nature. In these writings, he theoretically substantiates the importance of an individual's moral education for the transformation of the social order. In the spiritual development of the personality, he attributes immense significance to art as the sole means of moral education.

Schiller believes that aesthetic education is the only real path toward human moral perfection, which is essential for a human being to become a desirable member of society and to implement social changes themselves. "Only free people can establish justice and a happy disposition among individuals and nations" (Revishvili 1959: 19)—Schiller's early-period tragedy *Don Carlos* is completely imbued with this idea.

Conclusion. Thus, "Schiller is precisely the poet whose preaching of philanthropy, unity, and equality resonated most powerfully throughout the past century" (Gomarteli 1966: 54). In his early-period dramas—*The Robbers*, *Fiesco's Conspiracy in Genoa*, *Intrigue and Love*, and *Don Carlos*—Friedrich Schiller captures the spirit of the struggle for freedom and the republican aspirations of his time. He embodies the ideal of personal freedom and free human development championed by the great thinkers of Enlightenment-era Germany, asserting that a free individual who achieves harmony between emotion and reason will define the service of societal well-being as the core purpose of their life.

References:

1. Gomarteli, I. (1966). *Selected Works*, Vol. 2. Tbilisi: Literatura da Khelovneba.
2. Lashkaradze, D. (1955). *Friedrich Schiller*. Tbilisi: Sakhelgami.
3. Charkhalashvili, Z. (1981). *Issues of History and Literary Theory*. Tbilisi: Ganatleba.
4. Khavtasi 1975: Khavtasi, Grigor (1975). *Essays on German Classical Literature*. Tbilisi: Ganatleba.
5. Schiller 1961: Schiller, Friedrich (1961). *Selected Works*, Vol. 1. Tbilisi: Sabchota Sakartvelo.

Veterinary Sciences

Effect of Preliminary Deworming with "Ivergel" on the Formation of Humoral Immunity During Vaccination of Horses Against *Streptococcus equi*

Borsynbayeva Assiya Madenovna

PhD, Senior Researcher, BioVet Research Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 050008, Almaty, 191-A Karasai batyr Str., tel.: +77024081170, <https://orcid.org/0000-0002-2722-2020>

Turgenbayev Kairat Altynbekovich

Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher, BioVet Research Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 050008, Almaty, 191-A Karasai batyr Str., <https://orcid.org/0000-0002-0982-1863>

Zhanteliyeva Laura Orazakynovna

PhD, Senior Researcher, BioVet Research Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 050008, Almaty, 191-A Karasai batyr Str., <https://orcid.org/0000-0002-7564-2089>

Ozatbekuly Amanbek

1 st-year PhD student, Master of Veterinary Sciences, Junior Researcher, BioVet Research Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 050008, Almaty, 191-A Karasay batyr Str., <https://orcid.org/0009-0006-0627-5680>

Abstract

This study evaluated the effect of preliminary deworming with "Ivergel" (0.4% ivermectin oral gel) on the efficacy of vaccination against equine strangles (*Streptococcus equi*). The experiment was conducted in 2025 at "Duniye-Agro" LLP (Almaty region, Kazakhstan) using 30 clinically healthy horses aged 1–5 years, randomly assigned into two equal groups ($n = 15$). The experimental group received a single dose of "Ivergel" (200 $\mu\text{g/kg}$) 14 days prior to vaccination, whereas the control group was vaccinated without prior anthelmintic treatment. Coprological analysis revealed that "Ivergel" reduced fecal egg counts (EPG) from 540 ± 120 to 20 ± 18 , achieving an antiparasitic efficacy of $89.8 \pm 3.7\%$ ($p < 0.01$). Enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA) demonstrated that specific antibody titers against *S. equi* in pretreated horses reached $1:640 \pm 80$ on Day 14 and $1:920 \pm 90$ on Day 28 post-vaccination, which was significantly higher than in the control group ($1:390 \pm 70$ and $1:580 \pm 60$, respectively; $p < 0.05$). No adverse reactions were observed in the experimental group, while mild post-vaccination side effects were recorded in individual control animals. These results confirm that preliminary deworming reduces parasitic burden and optimizes the formation of post-vaccination humoral immunity against strangles.

Keywords: strangles, *Streptococcus equi*, horses, vaccination, deworming, "Ivergel", ivermectin, humoral immunity, antibody titer, EPG.

Introduction. Strangles (lat. strangles) is one of the most widespread and dangerous bacterial diseases in horses, caused by *Streptococcus equi* subsp. *equi* — a highly contagious pathogen transmitted via airborne droplets and direct contact. The disease is characterized by acute inflammation of the head and neck lymph nodes, fever, and purulent nasal discharge, and is frequently accompanied by complications such as abscesses in internal organs, tracheitis, bronchopneumonia, and bastard strangles [1, p. 44, 2, p. 633].

The relevance of controlling strangles is supported by both national and international research, particularly in regions with high stocking density and weak sanitary management. In Kazakhstan, the epizootic situation regarding strangles remains tense, especially in the Almaty region, where annual disease outbreaks are recorded [2, p. 633, 3, p. 23].

The prevalence of the disease remains high in farms characterized by dense stocking, inadequate sanitary control, and a lack of regular vaccination routines [4, p. 319].

To date, vaccination is recognized as the primary method of specific prophylaxis against strangles. Vaccines used in veterinary practice include inactivated, live, and attenuated bacterial strains that induce specific humoral and cellular immunity [5, 6, p. 3].

However, immunization efficacy may decrease under the influence of several factors: the physiological condition of animals, stress, feeding regime, and the presence of parasitic infestations. Helminthiasis caused by *Strongylidae*, *Parascaris equorum*, and *Oxyuris equi* suppress the immune system, thereby increasing susceptibility to bacterial infections and reducing vaccination efficacy [7, p. 131, 8].

Helminthiasis in horses, particularly those caused by *Strongylidae*, *Parascaris equorum*, and *Oxyuris equi*, are widespread and represent a serious concern for sports, breeding, and meat horse production alike. Parasitic infestations cause immunosuppression, leading to reduced productivity, impaired feed digestibility, and heightened susceptibility to infectious agents [9]. A number of studies have demonstrated that the presence of helminths adversely affects the immune response following vaccination across various animal species, including horses [8, 10, p. 113]. Infected animals exhibit reduced levels of serum antibodies, impaired T-lymphocyte proliferation, and delayed-type hypersensitivity reactions [11].

In recent years, increasing attention has been focused on studying the role of deworming in enhancing the efficacy of vaccine prophylaxis. One promising antiparasitic agent currently being introduced into veterinary practice in Kazakhstan is the locally developed drug "Ivergel", designed for the treatment and prevention of infestations caused by roundworms in horses. The preparation is effective against gastrointestinal nematodes of the families *Parascaridae*, *Strongylidae*, *Strongyloididae*, *Oxyuridae*, and larvae of botflies (*Gasterophilus* spp.).

"Ivergel" is a translucent white gel with a homogeneous consistency. Its formulation includes the active ingredient ivermectin, along with excipients: 1,2-propylene glycol, glycerin, carboxymethylcellulose, and purified water. This dosage form ensures precise dosing and high bioavailability during oral administration.

Preliminary studies conducted in the Republic of Kazakhstan confirmed not only the antiparasitic efficacy but also the safety of "Ivergel" when administered to horses, including pregnant mares, in which no teratogenic or embryotoxic effects were recorded. The obtained data indicate an absence of fetal resorptions, congenital malformations, or reductions in fetal weight, confirming the safety of "Ivergel" at recommended doses in pregnant mares [12, p. 23].

Furthermore, a separate study demonstrated that the antiparasitic veterinary drug "Ivergel", containing ivermectin, possesses pronounced therapeutic efficacy against intestinal nematodiasis in horses, reducing the prevalence and intensity of infection as early as the 14th day post-application. It was established that repeated administration of the drug ensures complete clearance of *Strongylidae* parasites and other helminths within 28 days [13, p. 48].

Despite the available data, relatively few studies have focused specifically on the effect of deworming on the immune response following horse vaccination against strangles. The use of new antiparasitic formulations, such as "Ivergel", requires additional evaluation not only of their antiparasitic efficacy, but also of their role in the immunophysiological preparation of the organism for vaccination.

Thus, preliminary deworming using the preparation "Ivergel" represents a crucial component in the comprehensive prevention system for equine strangles, contributing not only to a reduction in parasitic load, but also to creating optimal conditions for the formation of a robust post-vaccination immune response.

The aim of the study was to evaluate the antiparasitic efficacy of the preparation "Ivergel" during equine deworming and to determine its effect on the formation of the immune response following vaccination against the causative agent of strangles — *Streptococcus equi*.

To achieve this goal, the following tasks were formulated:

Determine the baseline level of helminth infestation in horses using coprological analysis.

Perform deworming of horses in the experimental group using the preparation "Ivergel" and evaluate its efficacy.

Evaluate the formation of a specific humoral immune response to *Streptococcus equi* following vaccination.

Compare antibody response parameters and clinical condition between the experimental and control groups.

Establish the effect of preliminary deworming on the efficacy of vaccination against the causative agent of strangles.

Materials and Methods

The study was conducted at LLP "Duniye-Agro", Uskhonyr rural district, Karasay district, Almaty region, Republic of Kazakhstan, in 2025. The experiment included 30 clinically healthy horses, aged 1 to 5 years, with body weights ranging from 300 to 500 kg. All animals were kept under similar feeding and housing conditions, receiving a standard diet including hay, oats, and mineral supplements.

The horses were randomly assigned into two groups of 15 animals each:

Experimental group (n = 15) — received the preparation "Ivergel" 14 days prior to vaccination against strangles;

Control group (n = 15) — received vaccination without preliminary deworming.

Preparation and Deworming Scheme

"Ivergel", a veterinary drug developed in Kazakhstan in the form of an oral gel based on ivermectin (0.4%), was used as the antiparasitic agent. The preparation was administered individually by mouth at a dose of 200 µg/kg body weight (corresponding to 1 g of gel per 20 kg of body weight) as a single dose, according to the manufacturer's instructions [14]. The animals were observed for 14 days prior to vaccination.

Fourteen days post-deworming, all horses in both groups received an inactivated vaccine against strangles. The vaccine was administered intramuscularly into the croup region at a dose of 5 ml.

Methods for Evaluating Antiparasitic Efficacy

To evaluate the efficacy of "Ivergel", coprological analysis using the flotation method was performed prior to and 14 days after drug administration. Results were expressed as the number of nematode eggs per gram of feces (EPG). Efficacy was calculated using the formula:

$$Efficacy(\%) = \left(\frac{EPG_{before} - EPG_{after}}{EPG_{before}} \right) \times 100$$

Assessment of General Condition and Immune Response

The general condition of the horses was evaluated based on clinical parameters: appetite, behavior, body temperature, heart rate (HR), respiratory rate (RR), and the occurrence of adverse reactions.

To evaluate the immune response 14 and 28 days post-vaccination, blood samples were collected from all animals to determine the level of specific antibodies using enzyme-linked immunosorbent assay (ELISA). Antibody titers against *Streptococcus equi* were measured.

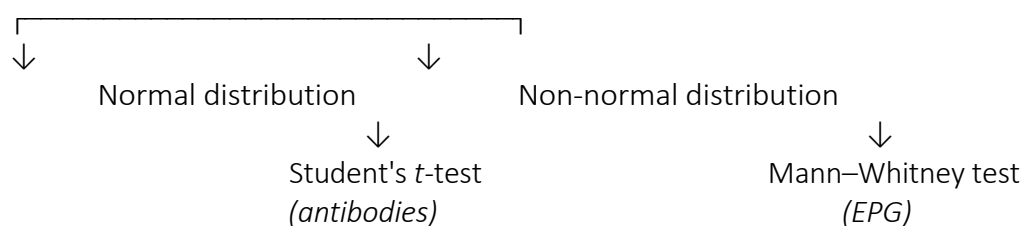
Statistical Analysis. Data were processed using the GraphPad Prism 9.0 software package. Differences between groups were evaluated using the Mann–Whitney test (for EPG) and Student's t-test (for antibody titers and physiological parameters). Differences were considered statistically significant at $p < 0.05$.

Data Collection

↓

Test for Normality of Distribution

↓



Results. Antiparasitic Efficacy of the Preparation "Ivergel"

Coprological analysis prior to administration showed that horses in the experimental group were infested with helminths of the families Strongylidae, Parascaridae, and Oxyuridae at levels ranging from 300 to 900 eggs per gram of feces (EPG), with a mean of 540 ± 120 EPG. Fourteen days following a single administration of "Ivergel", the EPG decreased to 0–60, corresponding to an average efficacy of $89.8 \pm 3.7\%$, which aligns with previous data regarding ivermectin efficacy in horses [15]. No statistically significant changes were recorded in the control group ($p < 0.01$) (Table 1).

Table 1 – Dynamics of helminth infestation parameters in horses based on coprological analysis results before and after deworming with the preparation "Ivergel"

Group	Before treatment EPG, M ± SD)	After treatment EPG, M ± SD)	Efficacy % (M ± SD)	Statistical significance (p)
Experimental (n = 15) – "Ivergel" + vaccination	540 ± 120	20 ± 18	89,8 ± 3,7	p < 0,01
Control (n = 15) – vaccination only	510 ± 130	500 ± 140	—	p > 0,05

Differences between pre- and post-treatment values in the experimental group are statistically significant ($p < 0.01$), confirming the efficacy of the drug. No statistically significant changes were recorded in the control group.

Immune Response to Vaccination

The level of specific antibodies against *Streptococcus equi* on Day 14 post-vaccination was higher in horses pretreated with "Ivergel": the mean titer was $1:640 \pm 80$ compared to $1:390 \pm 70$ in the control group ($p < 0.05$). By Day 28, the titers reached $1:920 \pm 90$ (experimental group) and $1:580 \pm 60$ (control group), confirming the positive effect of preliminary deworming on humoral immunity (Table 2). Similar observations were previously reported in other studies [16, p. 110, 17, p. 1966].

Table 2 – Level of specific antibodies against *Streptococcus equi* in horses after vaccination

Group	Day 14 post-vaccination(titer, M $\pm$ SD)	Day 28 post-vaccination(titer, M $\pm$ SD)	Statistical significance (p)
Experimental (n = 15) – "Ivergel" + vaccination	$1:640 \pm 80$	$1:920 \pm 90$	$p < 0,05$
Control (n = 15) – vaccination only	$1:390 \pm 70$	$1:580 \pm 60$	$p < 0,05$

The mean level of specific antibodies against *Streptococcus equi* on Days 14 and 28 post-vaccination was significantly higher in horses pretreated with the preparation "Ivergel". The statistical significance of differences between the groups was confirmed ($p < 0.05$).

General Clinical Condition

All horses in the experimental group maintained a stable general condition, and no adverse effects were observed following drug administration. In individual animals of the control group, low-grade fever (up to 38.9°C), weakness, and decreased appetite were noted within 1–3 days post-vaccination. This is likely associated with a more pronounced inflammatory response occurring against the background of parasitic load.

Discussion

The results of the present study demonstrate that preliminary deworming of horses with the preparation "Ivergel" exerts a significant positive impact on both reducing parasitic load and enhancing the immune response following vaccination against strangles caused by *Streptococcus equi*. Administration of the drug provided high antiparasitic efficacy: the fecal egg count decreased from 540 ± 120 to 20 ± 18 eggs per gram (EPG), corresponding to an efficacy of $89.8 \pm 3.7\%$. This confirms the pronounced effect of "Ivergel" against the most common intestinal nematodes in horses.

Particular attention was paid to the influence of deworming on the formation of post-vaccination immunity. Specific antibodies against *S. equi* in the experimental group reached statistically significantly higher values both on Day 14 ($1:640 \pm 80$ vs. $1:390 \pm 70$) and on Day 28 ($1:920 \pm 90$ vs. $1:580 \pm 60$) compared to the control group. These data indicate a potential suppressive effect of parasitic infestation on the humoral immune response and confirm that preliminary reduction of parasitic load improves immunological conditions for successful vaccination.

The obtained results align with literature data. According to a review by Gent and Mogaka (2018), the use of macrocyclic lactones, including ivermectin — the active ingredient in "Ivergel" — contributes to the improvement of post-vaccination immunity parameters [10]. A meta-analysis by Natukunda et al. (2022) also demonstrates that chronic helminthic infections can significantly impair vaccination efficacy across various animal species and humans, whereas preliminary deworming increases antibody titers and reduces the risk of post-vaccination complications [8].

Clinical observations further support the efficacy of this approach. In the experimental group, no adverse effects or negative post-vaccination reactions were recorded: the animals maintained good appetite, activity, and overall health status. In the control group, low-grade fever, weakness, and reduced feed intake were documented in individual animals, which may be associated with an additional burden on the immune system against the background of persistent helminth infestation.

Conclusion

The conducted study demonstrated that preliminary deworming with the preparation "Ivergel" serves as an effective tool not only for reducing parasitic load, but also for significantly enhancing the efficacy of vaccination against *Streptococcus equi*. It was established that administration of the drug promotes the formation of a more pronounced humoral immune response and reduces the risk of post-vaccination reactions, which is particularly crucial in equine facilities with high levels of parasitic infestation and unfavorable epizootiological conditions regarding strangles.

Based on the obtained results, it is recommended to integrate anthelmintic treatment into standard management protocols for preparing animals for vaccination against *Streptococcus equi*. Promising directions for future research include evaluating the duration of post-vaccination immunity, examining cellular immune response mechanisms, and assessing the economic viability of integrating deworming into preventive veterinary programs.

REFERENCE:

1. Espembetov B.A., Sarmyкова M.K., Sambetbaev A.A., et al. Izuchenie epizooticheskoi situatsii myta loshadei v Almatinskoi oblasti [Study of the epizootic situation of equine strangles in the Almaty region]. *Biobezopasnost' i biotekhnologiya* [*Biosafety and Biotechnology*], 2022, vol. 1, no. 12, pp. 44–55. [<https://doi.org/10.58318/2957-5702-2022-12-44-55>](<https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.58318/2957-5702-2022-12-44-55>) (In Russian)
2. Boyle A.G., Timoney J.F., Newton J.R., et al. *Streptococcus equi* infections in horses: guidelines for treatment, control, and prevention of strangles. *Journal of Veterinary Internal Medicine*, 2018, vol. 32, no. 2, pp. 633–647. <https://doi.org/10.1111/jvim.15043>
3. Nurzhigit K., Sansyzbai A.R., Basybek M.M. Profilaktika i mery bor'by s mytom loshadei [Prevention and control measures for equine strangles]. *Zhivotnovodstvo i veterinariya* [*Animal Husbandry and Veterinary Medicine*], 2021, no. 2, pp. 23–26. <https://doi.org/10.37884/2-2021/5> (In Russian)
4. Robinson C., Waller A.S. Advances in the development of vaccines against *Streptococcus equi* subsp. *equi*. *Vaccines*, 2023, vol. 11, no. 2, art. 319. [<https://doi.org/10.3390/vaccines11020319>](<https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.3390/vaccines11020319>)
5. Aida V., Pliasis V.C., Neasham P.J., et al. Novel vaccine technologies in veterinary medicine: a herald to human medicine vaccines. *Frontiers in Veterinary Science*, 2021, vol. 8, art. 654289. <https://doi.org/10.3389/fvets.2021.654289>
6. Chambers M.A., Graham S.P., La Ragione R.M. Challenges in veterinary vaccine development and immunization. In: *Vaccine Design. Methods in Molecular Biology*, Springer, New York, 2016, vol. 1404, pp. 3–35. [https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3389-1_1](https://doi.org/10.1007/978-1-4939-3389-1_1)

7. Brito L.G., Amadio L.A., Molento M.B. Field study on the efficacy of an oral ivermectin formulation in horses. **Revista Brasileira de Parasitologia Veterinária**, 2018, vol. 27, no. 2, pp. 131–135. https://doi.org/10.1590/s1984-29612018021[https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1590/s1984-29612018021]

8. Natukunda A., Zirimenya L., Nassuuna J., et al. The effect of helminth infection on vaccine responses in humans and animal models: A systematic review and meta-analysis. **Parasite Immunology**, 2022, vol. 44, no. 9, art. e12939. https://doi.org/10.1111/pim.12939[https://doi.org/10.1111/pim.12939]

9. Williams A.R., Myhill L.J., Stolzenbach S., et al. Emerging interactions between diet, gastrointestinal helminth infection, and the gut microbiota in livestock. **BMC Veterinary Research**, 2021, vol. 17, no. 1, art. 62. https://doi.org/10.1186/s12917-021-02752-w[https://doi.org/10.1186/s12917-021-02752-w]

10. Zhu F., Liu W., Liu T., Shi L., et al. A new role for old friends: Effects of helminth infections on vaccine efficacy. **Pathogens**, 2022, vol. 11, no. 10, art. 1163. https://doi.org/10.3390/pathogens11101163[https://doi.org/10.3390/pathogens11101163]

11. Maizels R.M. Helminth-induced immunoregulation and its consequences for vaccine responses. **Trends in Parasitology**, 2024, vol. 40, no. 3, pp. 215–228. https://doi.org/10.1016/j.pt.2024.01.004[https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1016/j.pt.2024.01.004]

12. Borsynbaeva A.M., Turgenbaev K.A., Zhanteliyeva L.O., Borsynbaeva Zh.M. Ocenka embriotoksicheskogo i teratogenного effekta veterinarnogo preparata «Ivergel» [Evaluation of the embryotoxic and teratogenic effects of the Ivergel veterinary drug]. **3i: intellect, idea, innovation**, 2025, no. 1, pp. 23–28. (In Russian)

13. Borsynbaeva A.M., Turgenbaev K.A., Zhanteliyeva L.O., Borsynbaeva Zh.M. Opredelenie terapevticheskogo effekta veterinarnogo preparata pri kishechnykh gel'mintozakh loshadei [Assessment of the therapeutic effect of a veterinary drug in the treatment of equine intestinal helminthiasis]. **3i: intellect, idea, innovation**, 2025, no. 2, pp. 48–57. (In Russian)

14. Instruktsiya po primeneniyu protivoparazitarnogo veterinarnogo preparata «Ivergel» [Instructions for the use of the antiparasitic veterinary drug "Ivergel"]. Approved by the Committee for Veterinary Control and Surveillance, Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan, 2024. 4 p. (In Russian)

15. Dauparaitė E., Kupčinskis T., von Samson-Himmelstjerna G., et al. Anthelmintic efficacy and resistance of horse strongyle nematodes to ivermectin in Northern Europe. **Acta Veterinaria Scandinavica**, 2021, vol. 63, art. 5. https://doi.org/10.1186/s13028-021-00569-z[https://doi.org/10.1186/s13028-021-00569-z]

16. Nielsen M.K., Robinson E.F., Chambers T.M., et al. Interaction between anthelmintic treatment and vaccine responses in ponies naturally infected with cyathostomins. **Veterinary Immunology and Immunopathology**, 2015, vol. 164, no. 3-4, pp. 110–117. https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2015.01.009[https://doi.org/10.1016/j.vetimm.2015.01.009]

17. Sajid M.S., Iqbal Z., Muhammad G., et al. Effect of ivermectin on the cellular and humoral immune responses in domestic animals. **Life Sciences**, 2020, vol. 104, no. 12, pp. 1966–1972. https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.02.015[https://www.google.com/search?q=https://doi.org/10.1016/j.lfs.2020.02.015]

Borsynbayeva Assiya Madenovna* – PhD, Senior Researcher, BioVet Research Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 050008, Almaty, 191-A Karasai batyr Str., tel.: +77024081170, <https://orcid.org/0000-0002-2722-2020>.

Turgenbayev Kairat Altynbekovich – Doctor of Veterinary Sciences, Professor, Chief Researcher, BioVet Research Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 050008, Almaty, 191-A Karasai batyr Str., <https://orcid.org/0000-0002-0982-1863>.

Zhanteliyeva Laura Orazakynovna – PhD, Senior Researcher, BioVet Research Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 050008, Almaty, 191-A Karasai batyr Str., <https://orcid.org/0000-0002-7564-2089>.

Ozatbekuly Amanbek – 1 st-year PhD student, Master of Veterinary Sciences, Junior Researcher, BioVet Research Production Center LLP, Republic of Kazakhstan, 050008, Almaty, 191-A Karasay batyr Str., <https://orcid.org/0009-0006-0627-5680>.

Biological Sciences

FTAMP 69.09.07

2024-2025 ЖЫЛДАРДАҒЫ КІШІ АРАЛ ТЕҢІЗІНДЕГІ МАУСЫМДЫҚ ЗООПЛАНКТОН ДИНАМИКАСЫ

М.Б.Үсенова

Ғылыми қызметкердің м.а., «Балық шаруашылығы, ғылыми-өндірістік орталығы» ЖШС-нің Арал филиалы, «Әл-Фараби атындағы Қазақ ұлттық университетінің» 2-курс докторанты, Алматы қ., Қазақстан (orcid – 0000-0002-7322-9493)

<https://doi.org/10.55956/LTKR9966>

Аңдатпа. Бұл мақалады 2024 және 2025 жылдардағы Кіші Арал теңізінің 6 балық кәсіпшілік ауданы бойынша зоопланктонның көктемгі және күзгі динамикасы салыстырмалы түрде талданды. 2024 жылы Кіші Арал теңізі зоопланктон құрамынан планктонды организмдердің 35 таксоны анықталды. 2025 жылы ол көрсеткіш 42 түрге дейін артты. Зоопланктон әр түрлі дәрежеде омыртқасыздардың төрт түрін құрады. Зерттеу барысында көктемгі және күзгі кезеңдердегі сандық және биомассалық көрсеткіштерде негізгі топтардың үлестері анықталып, коловраткалар, бұтақмұрттылар және ескекаяқтылар топтарының маусымдық ерекшеліктері сипатталды. Екі зерттеу жылында да күзгі мезгілде ескекаяқтылар тобы басым болып, акклиматизант *Calanipeda aquaedulcis* доминант түрді сақтады. Жалпы биомассаның қоректік көрсеткіші екі жылда да «өте төмен» трофтық деңгеймен сипатталды. Бұл материалды жинау уақытына, ірі көлемді бұтақмұрттылардың даму деңгейінің төмендігімен байланысты болуы мүмкін.

Тірек сөздер: зоопланктон, таксон, биомасса, сандық көрсеткіш, доминант, қоректілік, трофтық деңгей

Кіріспе. Арал теңізі қысқа уақыт аралығында антропогендік факторлардың әсерінен елеулі өзгерістерге ұшыраған су айдыны болып табылады. Сырдария мен Әмудария өзендерінің ағындарын суармалы егіншілік қажеттіліктеріне пайдалану үшін су алудың күрт артуымен байланысты бұл өзгерістер теңіз фаунасына да айтарлықтай әсер етті [1].

Теңіздің тартылуына әкелген антропогендік әсер су тұздылығының жоғарылауына себеп болды. Нәтижесінде алдымен тұщы суда және тұщы сулардан шыққан тұздылау суда еркін тіршілік ететін омыртқасыздар түрлері біртіндеп жойыла бастады. 1989 жылы теңіздің екі оқшауланған бөлікке — Кіші және Үлкен Арал теңіздеріне бөлінуі, олардың әрқайсысының өзіндік фауналық құрамының қалыптасуына алып келді [2].

2005 жылы Көкарал бөгетінің салынуынан кейін Кіші Арал теңізінде оңтайлы су балансы қалыптаса бастады, судың тұздылығы біртіндеп төмендеді [3]. Бұл өз кезегінде омыртқасыздар фаунасының түрлік құрамының қайта өзгеруіне алып келді.

Осыған байланысты Кіші Арал теңізінің қалпына келу жағдайындағы зоопланктон организмдерінің қазіргі күйін зерттеу және сипаттау өзекті мәселелердің бірі болып табылады.

Зерттеу шарттары мен әдістері. Зоопланктонды жинау 2024 және 2025 жылдардың көктем (сәуір-мамыр) және күз (қыркүйек) айларында Кіші Арал теңізінің әртүрлі аудандарында жүзеге асырылды. Гидробиологиялық материалды жинау және өңдеу жалпы қабылданған әдістерге сәйкес жүргізілді. Суы тайыз станцияларда (тереңдігі 2 м-ге дейін) 100 л су Апштейн торы арқылы сүзіліп алынды, ал тереңдеу бөліктерде Джеди үлгі алғыш торы су түбінен жоғарғы қабатқа дейін тікелей тартып өткізілді. Алынған барлық үлгілер 4% формалин ерітіндісімен тіркелді. Зертханалық өңдеу кезінде әрбір сынама алдымен көлемі белгілі бөлікке дейін концентрленді. Зоопланктон құрамындағы организмдер МБС-10 және МБС-300 стереомикроскоптарымен түрлерге жіктеліп, саналды. Әр сынамадағы ерекше сирек түрлерді жіберіп алмау үшін концентраттың толық көлемі де қосымша қаралды [4]. Түрлерді анықтау барысында гидробиологиялық анықтауыштар мен әдебиеттердегі нұсқаулар пайдаланылды [5-9]. Зоопланктонның саны (тығыздығы) мен биомассасы 1 м³ су көлеміне шақтап есептелді [4]. Трофтылық деңгейі С.П.Китаев бойынша анықталды [10].

Кіші Арал теңізін зерттеуді "Балық шаруашылығы ғылыми-өндірістік орталығы" ЖШС Арал филиалы жүргізді. Сынамалар 6 кәсіпшілік ауданнан (КА) алынды: I КА - Шевченко шығанағы (10,11,12,13 станциялар), II КА – Орталық (9,14,15,16 станциялар), III КА - Бутаков шығанағы (7,8 станциялар), IV КА - Солтүстік-Шығыс (4,5,6 станциялар), V КА - Өзен сағасы (17,18,19,20,21 станциялар) VI КА - Сарышығанақ шығанағы (1,2,3 станциялар) (сурет 1).



Сурет 1. Кіші Арал теңізіндегі сынама алу бойынша станциялар реті

Зерттеу нәтижелері. 2024 жылғы зерттеу кезінде Кіші Арал теңізінің зоопланктон құрамынан организмдердің 29 таксоны анықталды: коловраткалар (Rotifera) – 16, бұтақмұрттылар (Cladocera) – 6 және ескекаяқтылар (Copepoda) – 7 таксоннан тұрды. Сонымен қатар, уақытша планктонды омыртқасыздар қосқақпақты моллюскалардың, бақалшақты шаян тәрізділердің, сақиналы құрттардың, нематодтардың, хирономидтердің және фораминиферлердің дернәсілдері табылды және олар «өзгелер» тобына енгізілді. 2024 жылы жалпы таксон саны 35-ті құрады (кесте 1).

2025 жылғы зерттеулерде Кіші Арал теңізінің зоопланктонынан негізгі планктондар мен уақытша планктонды организмдерді қосқанда 42 таксон тіркелді. Олардың ішінде коловраткалар – 22, бұтақмұрттылар – 7 және ескекаяқты шаянтәрізділер – 7 таксон. Екі жылды салыстырғанда негізгі таксондар саны 2025 жылы 24,1%-ға өскен. Бұл коловраткалардың түрлерінің 16-дан 22-ге дейін өсуі есебінен артқан.

Екі жылда да *Calanipeda aquaedulcis* теңіз бойынша тұрақты сақталып, зерттелген маусымдардың барлығында кездесу жиілігі 100%-ды көрсетті. 2018–2019 жылдардағы зерттеулерде де олардың көп мөлшерде таралғаны және ескекаяқтылардың саны мен биомассасы бойынша басым болғаны анықталған [1].

Кесте 1. Кіші Арал теңізі зоопланктонының таксономиялық құрамы және түрлердің кездесу жиілігі, 2024–2025 жж. (көктем-күз біріктірілген деректер негізінде)

Таксондар	Кездесу жиілігі, %			
	2024 ж.		2025 ж.	
	мамыр	қыркүйек	сәуір	қыркүйек
Rotifera – Коловраткалар				
<i>Trichocerca</i> sp.	5	-	-	10
<i>Synchaeta pectinata</i> Ehrenberg	-	-	19	10
<i>S. vorax</i> Rousselet	95	67	95	14
<i>S. tremula</i> (O.F.Muller)	95	19	38	57
<i>Asplanchna priodonta</i> Gosse	-	-	10	-
<i>Lecane luna</i> (O.F.Muller)	14	-	-	-
<i>L. stenroosi</i> Meissner	-	5	-	-
<i>L. lunaris</i> (Ehrenberg)	-	5	-	10
<i>Colurella</i> sp.	-	-	5	-
<i>Euchlanis dilatata</i> Ehrenberg	10	-	5	-
<i>Brachionus calyciflorus</i> <i>anuraeiformes</i> Brehm	-	-	19	38
<i>B. quadridentatus hyphalmyros</i> Tschugunoff	29	43	38	29
<i>B. q. ancylognathus</i> Schmarda	29	10	19	-
<i>B. q. cluniorbicularis</i> Skorikov	-	-	10	-
<i>B. urceus</i> Linnaeus	-	-	5	-
<i>B. plicatilis</i> (O.F.Muller)	38	76	52	76
<i>B. angularis</i> Gosse	10	-	24	-
<i>K. quadrata</i> (O.F.Muller)	24	10	100	29
<i>K. tropica</i> Apstein	5	-	10	-
<i>K. valga</i> (Ehrenberg)	-	-	14	-
<i>Notholca acuminata</i> Ehrenberg	57	-	57	-
<i>Testudinella patina</i> (Hermann)	33	-	10	-
<i>Filinia longiseta</i> (Ehrenberg)	-	-	10	-
<i>Hexarthra oxyuris</i> (Zernov)	14	71	76	67
Барлығы:24	14	9	20	10
Cladocera – Бұтақмұртты шаянтәрізділер				
<i>Ceriodaphnia reticulata</i> (Jurine)	14	-	5	-
<i>Moina mongolica</i> Daday		10	-	-
<i>Daphnia longispina</i> (O.F.Muller)	10	-	-	5
<i>Chydorus sphaericus</i> (Muller)	-	-	5	-
<i>Alona rectangula</i> G.O.Sars	24	-	5	-
<i>Bosmina longirostris</i> (O.F.Muller)	-	-	-	5
<i>Evadne anonyx</i> G.O.Sars	52	33	19	19
<i>Podonevadne camptonyx</i> (G.O.Sars)	10	62	5	67
Барлығы:8	5	3	5	4
Copepoda – Ескекаяқты шаянтәрізділер				
<i>Calanipeda aquaedulcis</i> Kritschagin	100	100	100	100
<i>Eucyclops serrulatus</i> (Fischer)	10	-	5	-

<i>Cyclops vicinus</i> (Uljanin)	-	-	19	-
<i>Halicyclops rotundipes aralensis</i> Borutzky	-	10	14	10
<i>Cyclopoida gen. sp.</i>	62	57	67	100
<i>Acanthocyclops viridis</i> (Jurine)	10	-	-	-
<i>Mesocyclops leuckarti</i> (Claus)	-	43		24
<i>Harpacticoida gen. sp.</i>	62	33	33	67
Барлығы: 8	5	5	6	5
Others - Өзгелер				
<i>Nematodes sp.</i>	19	19	10	5
<i>Foraminiferida sp.</i>	14	5	5	5
<i>Hediste diversicolor</i> (O. F. Muller) - молодь	10	-	14	-
<i>Ostracoda sp.</i>	10	5	-	24
<i>Mollusca Bivalvia gen. sp.</i>	95	90	43	48
<i>Chironomidae larvae</i>	24	5	10	10
Барлығы:6	6	5	5	5
Жалпы маусым бойынша:	22	30	36	24
Жылына барлығы:	35		42	

2024 жылғы көктемгі-күзгі зерттеу кезеңінде ең жоғары кездесу жиілігімен келесі түрлер ерекшеленді: коловраткалардан – *S. vorax*, *S. tremula*, *B. plicatilis*, *N. acuminata*, *H. oxyuris* бұтақмұртты шаяндардан – *E. anonyx*, *P. camptonux*, ескекаяқты шаяндардан – *C. aquaedulcis*, *Cyclopoida gen. sp.*, *Harpacticoida gen. sp.*. Екі кезеңде де теңіздің барлық дерлік станцияларында моллюскалардың дернәсілдері кездесті.

2025 жылғы зерттеудің кездесу жиілігінің ең жоғары көрсеткіштері коловраткалардан – *S. vorax*, *S. tremula*, *B. plicatilis*, *K. quadrata*, *N. acuminata*, *H. oxyuris*; бұтақмұрттылар мен ескекаяқтылардан 2024 жылғы жиі кездескен түрлер қайталанды.

Зоопланктонның сандық көрсеткіштері. 2024 жылы көктемде зоопланктонның орташа саны күзгі деңгейден жоғары болды (көктемде 59,32 мың дана/м³, күзде орташа 24,16 мың дана/м³), ал 2025 жылы көктемгі сандық көрсеткіштер күзден 3-есе жоғары деңгейді көрсетті (көктемде 99,15 мың дана/м³, күзде 34,38 мың дана/м³). Биомасса бойынша, 2024 жылы күзгі көрсеткіш көктемнен 28,2%-ға төмендеді (көктемде 180,4 мг/м³, күзде 129,5 мг/м³). 2025 жылғы биомассалық көрсеткіш 87,53 мг/м³-тан 49,24 мг/м³-қа дейін немесе 43,7%-ға азайды.

Екі жылда да теңіз бойынша зоопланктон биомассасының көрсеткіші белгілі С.П. Китаев шкаласы бойынша α-олиготрофты типке жататын «өте төмен» трофтық класс ретінде бағаланды [10].

Кесте 2. Кіші Арал теңізіндегі зоопланктондық организмдердің 2024–2025 жылдардағы маусымдық көрсеткіштері

Зерттеу кезеңі	Саны, мың дана/м³	Биомасса, мг/м³	H, бит/дана	H, бит/мг	Саны бойынша доминант	Биомасса бойынша доминант
2024 ж., көктем	59,32	180,37	1,24	1,25	Ескекаяқты – 59,2%	Бұтақмұртты – 53,8%
2024 ж., күз	24,16	129,54	0,88	0,76	Ескекаяқты – 87,1%	Ескекаяқты – 74,8%
2025 ж., көктем	99,15	87,53	1,26	1,26	Коловратка – 49,2%	Коловратка – 50,3%
2025 ж., күз	34,38	49,24	0,79	1,02	Ескекаяқты – 79,0%	Ескекаяқты – 66,9%

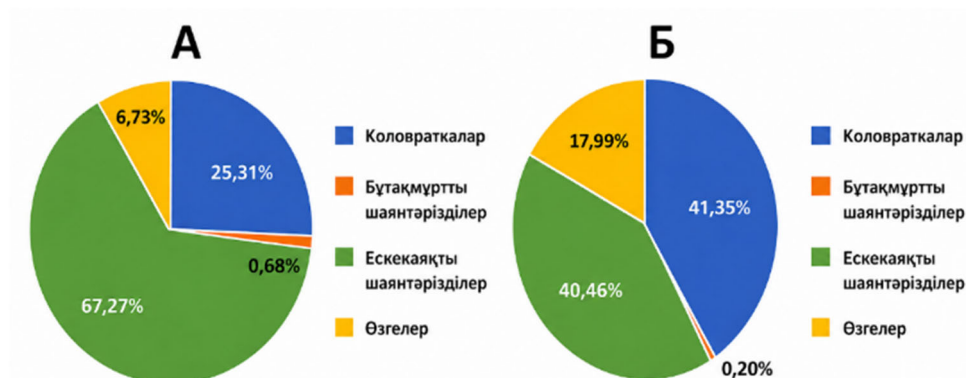
Екі жылды салыстырсақ 2025 жылдың көктем мезгілінде 2024 жылға қарағанда сандық көрсеткіш 67,1%-ға жоғары болған, ал биомасса 51,5%-ға төмендеген. Күз мезгілінде осы динамика сақталып, сандық көрсеткіш 42,3%-ға жоғарыласа, биомасса 62,0%-ға төмендеді. Мұндай көрсеткіш 2025 жылы планктонды организмдердің даралық сандары жоғары болғанымен, ірі өлшемді даралардың төмендігін көрсетеді. Бұл коловраткалар сияқты ұсақ планктонды организмдердің артуынан және ірі бұтақмұрттылардың биомассадағы рөлінің азаюынан болуы мүмкін.

Зоопланктонның негізгі топтарының маусымдық ауысуы. Зерттеу кезеңінде Кіші Арал теңізі зоопланктонының жалпы сандық көрсеткіштерінде негізгі топтардың салыстырмалы үлесі зерттеу мезгілдеріне және жылдарға байланысты өзгеріп отырды.

2024 жылдың көктемгі мезгілінде зоопланктондық организмдердің сандық көрсеткіштерінде ескекаяқты шаянтәрізділер доминант болып, олардың жалпы зоопланктон санындағы үлесі 59,2%-ды құрады. Коловраткалар 31,3% үлеспен субдоминант болса, «өзгелер» тобының үлесі 8,7%-ға жетті. Ал бұтақмұртты шаянтәрізділер 0,8%-ды көрсеткішпен тіркелді. Күзде ескекаяқтылар 87,1%-ға дейін артып, көктемгі мезгілден едәуір дамыды. Ал коловратка, бұтақмұрттылар және «өзгелер» топтарының үлесі сәйкесінше 10,6%, 0,4% және 1,9%-ды болды. Ескекаяқтылардың доминант рөлінде болуы *Calanipeda aquaedulcis* түрінің жоғары сандық үлесімен байланысты.

2025 жылдың көктемгі зерттеу мезгілінде зоопланктонның сандық көрсеткішіндегі басымдылыққа коловраткалар ие болды, оның үлесі 49,2%-ды құрады. Ескекаяқтылар, «өзгелер» және бұтақмұрттылар топтарының үлесі сәйкесінше 27,1%, 23,6% және 0,1%-ды көрсетті. Күзде ескекаяқтылар үлесі 79,0%-ға дейін өсіп, коловраткалар 18,7%-ға дейін төмендеді, ал бұтақмұрттылар мен «өзгелер» топтары 0,5% және 1,8%-ды құрады.

Жыларалық көрсеткіштерді салыстырғанда, ескекаяқтылар үлесі 67,27%-дан 40,46%-ға азайып, коловраткалар 25,31%-дан 41,35%-ға дейін өсті. «Өзгелер» тобының үлесі де 6,73%-дан 17,99%-ға артты (сурет 2). Екі жылда да күзде ескекаяқтылар доминант болғанымен, 2025 жылдың көктемінде коловраткалар доминант топ болды.



Сурет 2. 2024 ж. (А) және 2025 ж. (Б) зоопланктондық организмдердің жалпы санындағы (мың дана/м³) негізгі топтардың үлесі (%)

Биомассадағы организмдердің үлесі сандық көрсеткіштерден ерекшеленді. 2024 жылдың көктемінде биомасса бойынша бұтақмұрттылар доминант болып, 53,8%-ды құрады, ескекаяқтылар – 39,4%, коловраткалар – 3,5%, «өзгелер» – 3,3%-ды құрады. Бұтақмұрттылар үлесінің биомассада жоғары болуы ірі өлшемді *Evadne anonyx* түрінің жаппай дамуына байланысты. Ал зерттеудің күзгі мергілінде ескекаяқтылардың қарқынды дамуынан олардың үлесі 74,8%-ға жетіп, басымдылыққа ие болды.

Зерттеу кезеңінің (2025 ж.) көктемгі маусымында биомасса құрамында коловраткалар басымдылық танытып, оның үлесі 50,3%-ды құрады. Ескекаяқтылар – 30,7%, «өзгелер» – 18,0%, бұтақмұрттылар – 1,0%-ды көрсетті. Күзде доминант ретінде көктем мезгіліндей ескекаяқтылар тобы болды, оның үлесі 66,9%-ға жетті.

Жылдық зерттеу кезеңдеріндегі көрсеткіштерді салыстырғанда, 2025 жылы биомассада ескекаяқтылардың үлесі 54,20%-дан 43,73%-ға, ал бұтақмұрттылар 41,34%-дан 10,25%-ға азайды. Керісінше, коловраткалар үлесі 2,37%-дан 33,92%-ға, «Өзгелер» тобы 2,09%-дан 12,10%-ға дейін өсті (сурет 3).



Сурет 3. 2024 ж. (А) және 2025 ж. (Б) зоопланктондық организмдердің жалпы биомассадағы (мг/м³) негізгі топтардың үлесі (%)

Сонымен, 2024–2025 жылдары Кіші Арал теңізі зоопланктонының сандық және биомассалық көрсеткіштерінде айқын маусымдық әрі жыларалық ауытқулар байқалды. Екі жылда да күзгі зерттеу кезеңінде ескекаяқтылар тобы сандық және биомассалық көрсеткіштер бойынша доминант болды. 2024 жылғы көктемгі зерттеу кезеңінде сан бойынша ескекаяқтылар, биомасса бойынша бұтақмұрттылар басым болса, 2025 жылы сан және биомассалық көрсеткіш бойынша коловраткалар үлесі артты. Бұл зоопланктон қауымдастығының құрылымы маусымдық жағдайлар мен жылдар арасындағы өзгерістерге

байланысты қалыптасатынын көрсетеді. Және маусымдық өзгеріске судың температурасы, тұздылығы, судың тереңдігі және басқа да сыртқы факторлар әсер ететінін ескеру қажет.

Қорытынды. 2024–2025 жылдардағы Кіші Арал теңізі зоопланктонын зерттеу барысында таксономиялық және сандық көрсеткіштерінде айтарлықтай жыларалық және маусымдық өзгерістер бар екенін көрсетті. 2024 жылы 35, ал 2025 жылы 42 таксон тіркеліп, биоалуантүрлілік шамамен 20%-ға артты. 2025 жылы организмдер саны 2024 жылмен салыстырғанда көктемде 67,1%-ға, күзде 42,3%-ға артқанымен, биомасса сәйкесінше 51,5% және 62,0%-ға азайды. Бұл осы зерттеу кезеңінде зоопланктон құрылымында ұсақ даралардың үлесі артқанын көрсетеді.

Жалпы, Кіші Арал теңізінің зоопланктон қауымдастығын бағалауда сандық көрсеткіштермен қатар биомасса, таксономиялық құрам, доминант түрлер және биоәртүрлілік индекстерін кешенді қарастыру қажет. Маусымдық мониторинг теңіздің экологиялық жағдайын және балықтардың қоректік базасын бағалауда маңызды болып табылады.

Әдебиеттер тізімі

1. Калымбетова М.Т., Особенности развития зоопланктона Малого Аральского моря в 2018-2019 гг. Вестник науки Казахского агротехнического университета имени С.Сейфуллина. 2020; 3-106
2. Andreev N. I., Plotnikov I. S., Aladin N. V. The fauna of the Aral Sea in 1989. 2. The zooplankton // International Journal of Salt Lake Research volume 1, 1992 - p. 111–116.
3. Plotnikov I.S., Ermakhanov Z.K., Aladin N.V., Micklin P. Modern state of the Small (Northern) Aral Sea fauna. Lakes & Reservoirs: Research and Management. 2016;21:315–328.
4. Методическое пособие при гидробиологических рыбохозяйственных исследованиях водоёмов Казахстана (планктон, зообентос). Издание 2-ое, переработанное и дополненное. Алматы, 2018. – 33 с.
5. Атлас беспозвоночных Аральского моря / Под ред.Ф.Д. Мордухай – Болтовского и др. – М.: Пищевая промышленность, 1974 – 272 с.
6. Кутикова Л.А. Коловратки фауны СССР.-1970. –С. 744.
7. Крупа Е. Г., Доброхотова О. В., Стуге Т. С. Фауна Calanoida (Crustacea: Copepoda) Казахстана и сопредельных территорий. Алматы: Etalon Print, 2016. – С. 208.
8. Е.Ф. Мануйлова. Ветвистоусые рачки фауны СССР. Издательство «Наука» 1964. – 326 с.
9. Определитель пресноводных беспозвоночных России и сопредельных территорий: Ракообразные. – СПб,1995. -Т. 2.– 632 с.
10. Китаев С. П. Основы лимнологии для гидробиологов и ихтиологов. - Петрозаводск: Карельский научный центр РАН, 2007. - 398 с.

Historical Sciences

YAN HUS, ITS TRAINING, AND THE HUSSITE WARS

MEHDIYEVA AYTEN ALI

Doctor of Philosophy in History, Associate Professor, Azerbaijan State Pedagogical University, Baku, Republic of Azerbaijan, ORCID ID: <https://orcid.org/0000-0001-7819-3103>

Abstract

The Czech Republic holds a unique place among European countries. In the Middle Ages, the state was part of the Holy Roman Empire; notably, one of the seven influential electors represented the Czech lands and became a memorable figure in the Empire's history. The Czech is also associated with Jan Hus, a renowned historical figure of the medieval era. Jan Hus was a scholar who deeply loved his country and people, strove to address their problems, rose to become the rector of Prague University thanks to his excellent education, and sought to shape the future of the Czech lands through his teachings. Jan Hus's teachings remain relevant even today. In his regard, it is essential to study and preserve the rich legacy he left behind. The Hussite movement, which emerged in Bohemia in the early 15th century and united various sects that had previously existed there, attracted a wide range of social demands. Initially, hussitism was based on the moderate, burgher – oriented teachings of Jan Hus. These teachings reflected the aspirations of all strata of Czech society to free themselves from German domination and papal authority. However, the movement subsequently split into two factions: the moderate faction – the “Calixtines” (or “Ultraquists”), consisting of burgher – class adherents – and the radical faction, the “Taborites”. By the early 1420s, revolutionary peasant – plebeian ideas regarding the imminent establishment of a divine kingdom on Earth had become dominant within the Taborite faction.

Keywords: Czech, Jan Hus, teaching, independence, Hussite Wars, historical figure, təlim, ictimai tələblər

Introduction

History is marked by significant figures who are remembered for making crucial decisions across various fields and taking decisive steps that shaped the course of humanity's development. These individuals step onto the historical stage during the most challenging moments of historical evolution; indeed, turbulent times foster the emergence of strong historical figures. Jan Hus is one such prominent historical figure who played a pivotal role in the history of the Czech people.

The Czech people played a significant role in the development of the Holy Roman Empire. Although ideas and new technologies introduced by the Germans – among other things – benefited the Czechs, strong tensions prevailed in the country by the early 15th century. This situation was brought about by both German political dominance and the policies pursued by the Catholic Church. It was Jan Hus who voiced the people's sentiments during this pivotal historical and, through his sophisticated teachings, emerged as a representative of innovation in medieval Europe. His ideas were highly advanced and reflected the demands of his time. Later, renowned thinkers from European countries – such as Germany, England, and France – also incorporated these concepts into their own teachings, books, and speeches.

1. Czech state and Holy Roman Empire

The Czech state emerged in the early 10th century and subsequently developed into a powerful state. In the mid – 14th century, the Czech King Charles IV (1346 – 1378) was elected Emperor of the Holy Roman Empire (Image 1).



Image 1. Emperor Charles I (1346 – 1378) and Karlštejn Castle

Bohemia became the most powerful state within the empire. The Czech king held the foremost position among the princes who possessed the right to elect the emperor. Pursuing a wise policy, Charles expanded Bohemia's territory, fostered the development of craftsmanship and trade, and elevated Prague to the status of a capital city. At that time, Prague was a major city with a population of approximately 40 000. Extensive construction projects were undertaken in the city; Charles commissioned the famous Charles Bridge, laid the foundation for St. Vitus Cathedral (Image 2), and had Karlštejn Castle built. Charles University was founded in 1348. Prague became one of the most beautiful cities in Europe.



Image 2. The city of Prague and St. Vitus Cathedral

Although the king patronized craftsmanship, mining, and the development of trade, he was unable to curtail the rights of the great feudal lords. Vast tracts of new land were brought under cultivation, and the country boasted numerous water and windmills. New deposits of copper, tin, iron, and silver were discovered in the mountains surrounding Bohemia, leading to an increase in metal smelting. Bohemia rose to become one of Europe's leading silver producers (in the Middle Ages, European coinage was predominantly minted from silver). More than 200 distinct crafts were practiced in the cities; broadcloth weaving and glassmaking – the latter being a rare trade at the time – were among the widespread industries. As was the case in other European countries, Prague became a major center for trade fairs. Situated in the heart of Europe, Bohemia was a convergence point for important caravan routes, attracting large numbers of merchants from Germany, Italy, and Poland twice a year.

Alongside these successes, there were also shortcomings in the Czech lands. Economic growth did not significantly improve the population's economic situation; instead, secular and religious feudal lords, as well as the urban wealthy, exploited the prevailing conditions to further amass their fortunes. One – third of the fertile land was concentrated in the hands of the Catholic Church. High – ranking church offices were granted in exchange for payment, a practice that fueled discontent with the Roman Church. Lords and knights sought to seize these lands, while the urban poor and the peasantry also laid claim to them.

The Catholic Church was the largest landowner in the Czech lands. It held one – third of the country's most fertile land. The Archbishop of Prague – the head of the Czech Church – owned 14 towns and 900 villages. Monasteries were particularly wealthy; during years of scarcity, they grew rich at the expense of the starving population by selling their surplus produce at high prices. Countless church taxes impoverished both peasants and townspeople. The clergy sent a significant portion of the income derived from the Czech population to Rome. Bishops and abbots purchased their positions with gold, recouping the cost from the devout populace. The greed and venality of the popes provoked both outrage and derision. Discontent with the Catholic Church had been mounting in Bohemia. Lords and knights sought to expand their estates at the expense of church lands. Wealthy townspeople were unwilling to support the clergy. Peasants and the urban poor also opposed the Church, yet they were simultaneously struggling to free themselves from feudal oppression.

The oppression by feudal lords and the urban wealthy intensified. The pans – the great Czech feudal lords – lived in opulence. Knights found themselves in a similar position. Historical sources from this period indicate that everyone aspired to be a pan, to ride on horseback, to seize the meager possessions of commoners, and to indulge in fine food and drink. In 14th century Bohemia, all forms of feudal obligations – including corvée labor, as well as levies in kind and in cash – increased. Peasants were required to perform labor for the pan during the harvest season. Serfs fell under the absolute authority of the feudal lords; by royal decree, they were forbidden from lodging legal complaints against their masters. Nearly half of the urban population consisted of the poor.

German influence was strong in Bohemia. German nobles served the Czech kings and held high – ranking positions at court, receiving vast landholdings in return. German feudal lords marginalized the Czech nobility, undermining their standing at court and seizing their lands; many impoverished knights served as mercenaries – either at home or abroad – while others turned to highway robbery. Conditions were also created to facilitate the settlement of German artisans and merchants in Bohemia. Germans held a leading position in the administration of the Czech lands. There was not a single Czech on the Prague city council. Czech artisans and merchants were struggling for the right to participate in city governance, a cause supported by the poor. The urban poor suffered the most from the oppression of the wealthy Germans. The management of the Czech lands' ore mines was in German hands. Germans held a dominant position at the University of Prague, and the Czech language was being suppressed throughout the country.

2. Jan Hus and Hussite ideas



Image 3. Jan Hus and the monument erected in his honor in Prague

At the beginning of the 15th century, a small church in Prague began to attract large numbers of people. Townspeople, peasants, and knights alike came there to listen to the speeches of Jan Hus (Image 3), a professor at Prague University. Jan Hus had grown up in a peasant family. He was a man of university education; a capable and hardworking young man, he had to endure great hardships to complete his studies. After successfully graduating, Jan Hus became a professor and later the first Czech to head Prague University.

In his speeches, Jan Hus exposed the clergy, railed against the sale of church offices in Rome, and criticized the Pope. Hus would say: “ Few priests can be found who did not purchase their positions with money or who do not exact levies from the faithful. An unworthy cleric will wrest the very last pennies a poor widow has hidden away from her grasp. How, then, can one not call him cunning and cruel!?” Jan Hus vehemently condemned the sale of indulgences in Bohemia. Yet, Hus did not stop at merely criticizing the clergy; he demanded a reorganization of the Church. He called for the confiscation of the wealth the Church had plundered from the people, as well as the lands held by bishops and monasteries. In his view, there was no need for a vast army of clergy; instead, Bohemia should have its own independent church.

Jan Hus believed that the Czech church should be subordinate to the Czech king rather than the Pope. He declared the onset of an “era of war and the sword” and demanded the abolition of the practice of charging fees for religious rites. He advocated for worship to be conducted in the native language and developed the grammar of the Czech language. Jan Hus was a patriot who loved his homeland and his people; he urged his fellow Czechs to assert their own place and resolutely called upon them to struggle against foreigners. At the same time, being a highly progressive figure, Hus harbored no hatred toward other nations; in his view, a good German was closer to him than a bad Czech. Hus did not oppose the feudal system itself; however, he considered the fact that peasants lived in destitution and without rights to be an injustice. In his view, the nobility and the clergy should not strip the poor of their meager possessions, nor should they themselves live in opulence. If feudal lords acted unjustly, the people not only had the right to rebel against such unjust rulers but were actually duty – bound to do so. All these grievances created the conditions for a new phase in the country, and the Hussite Wars became a reality. Jan Hus demanded the confiscation of Catholic Church lands and their distribution to Czech peasants, the formal subordination of the Church to the Czech king, the liberation of the Czech people from foreign subjugation, the struggle against foreign domination and the defense of national rights, and the reading of the Bible in the people’s native language rather than in Latin.

The Archbishop of Prague demanded that Hus cease his agitation against the Church. Hus ignored the demand, and the Pope summoned him to a church council. The Emperor granted Jan Hus a safe – conduct. Jan Hus arrived at the council convened in the city of Constance, in southern Germany. He was arrested, imprisoned for six months, declared a heretic, and burned at the stake in 1415.

3. The Hussite Wars



Image 4. Hussite wars (1419 – 1434)

The oppression by the Catholic Church, German violence, and intensifying feudal exploitation gave rise to the Hussite movement and the Hussite Wars. Followers of Hus called themselves Hussites. In 1419, the urban poor in Prague rose up and seized power, remaining in control until 1434. Wealthy Germans were expelled from Prague, the Catholic Church was looted, and church lands were seized. The insurgents gathered at Mount Tabor in southern Bohemia; they were the most radical faction and were known as Taborites. The Taborites consisted of petty artisans, the urban poor, peasants, and some impoverished knights. Their goal was to abolish serfdom, feudal obligations, and taxes: to distribute feudal lands to the peasants; and to eliminate the oppression of foreigners and the Catholic Church.

Another group among the Hussites consisted of the Moderates. Wealthy master craftsmen, merchants, and many Czech feudal lords belonged to this group. What the Moderates and the Taborites had in common was the goal of ending German domination, undermining the power of the Catholic Church, and seizing their landholdings. The Pope defended the Catholic Church and the German feudal lords.

In 1420, an army of 100 000 invaded Bohemia. As they advanced toward the Czech capital, the Crusaders looted towns and villages, leaving a trail of fire and slaughter. The Crusaders laid siege to Prague. A fierce battle erupted on the hill near the city's eastern gates, where a small detachment of Taborites – who had come to the aid of the city's inhabitants – had established a defensive position. At the decisive moment of the battle, a group of warriors sallied forth from the city gates and struck the Crusaders from the rear. The knights began to retreat from the walls of Prague. The Pope and the Emperor organized four more campaigns against the Hussites. However, these campaigns, like the first one, ended in failure.

The Hussites were waging a just war and defending their homeland. The leader of the people's army was the impoverished knight Jan Žižka (Image 4). He was wounded in the head during one of the battles and lost his sight. Yet, with the help of his lieutenants, he achieved great victories. His enemies called him the "Blind Warrior". The Pope and the German Emperor decided to split the Hussites from within. They won the moderates over to their side; these moderates – wealthy townspeople and merchants – had seized control of municipal government.



Image 4. Jan Zizka's statue in the center of Prague

A people's army composed of peasants, artisans, and the urban poor fought against experienced feudal armies. The Taborites were not armed like knights; the bulk of the force consisted of infantry. In battle, the Taborites pioneered the highly successful use of field artillery. During engagements on open terrain, they would fire upon the knights with these cannons. To halt the charge of mounted knights, the Taborites would immediately chain peasant wagons together to form a defensive fortification. These people's army units distinguished themselves from the crusading armies through their high morale and discipline. The principal organizer and leader of the Hussite forces was Jan Zizka, an impoverished knight and seasoned warrior. The combat tactics Zizka adopted were unconventional and innovative; he armed and trained his soldiers according to their individual skills rather than rigid battlefield requirements. By reinforcing wagons with armor and mounting small cannons and muskets on them, he effectively foreshadowed the development of the tank. Knights would often flee without even engaging in combat upon hearing the Hussites' battle hymns and the rumble of their wagons. Zizka was one of the few military commanders in history to remain undefeated in battle. Many places in the Czech bear his name, and statues honoring him have been erected in various cities.

The lords and knights had seized church lands and achieved their aims; consequently, they feared the Taborites' opposition to feudalism. They sided with the Pope and the Emperor. In 1434, at the Battle of Lipany near Prague, the Taborites were defeated due to the betrayal of their former allies (the moderates). The army assembled for the campaign into Bohemia consisted primarily of German feudal lords and was led by the Holy Roman Emperor. Knights and mercenaries from many other European countries also took part in the campaign.

Conclusion

The Hussites launched campaigns into Hungary, Austria, and deep into Germany, even reaching the shores of the Baltic Sea. They destroyed castles and monasteries and sent out letters containing their message to all regions.

Taborite ideas – which the feudal lords and the clergy dubbed “Czech poison” – had spread throughout Europe. Uprisings of peasants and the urban poor had broken out in Germany and Poland. A major peasant uprising also broke out in Hungary. It was only after gathering a large force that the feudal lords managed to suppress the rebellion a year later. The Taborites' opposition to the feudal order had alarmed the Czech feudal lords and the urban wealthy. During the course of the Hussite Wars, the lords and knights had seized church lands; they aspired to reimpose the feudal yoke upon their people. Meanwhile, Czech merchants and wealthy master craftsmen had taken control of city administration. Having lost hope that the Crusades would succeed, the Pope and the Emperor decided to crush the Czech struggle for freedom using the Czechs themselves.

They began negotiations with the moderates. The Pope promised the Czech feudal lords that the church lands they had seized would remain untouched. The lords and knights assembled a large army, the costs of which were covered by the Pope and the Emperor. War broke out between the moderates and the Taborites. In 1434, near a small town called Lipany – located east of Prague – the moderates attacked the Taborites. The Moderates used a ruse to lure their enemies out from behind the wagons into the open, where they crushed them. The feudal lords took no prisoners; they rounded up the few surviving Taborites, herded them into barns, and burned them alive during the night. After the Battle of Lipany, military operations continued until the remaining Taborite detachments were decisively defeated.

Between 1419 and 1434, the Czech people waged a heroic struggle against feudal oppression, foreign aggression, and the Catholic Church. The struggle of the Taborites was a peasant war. Unlike the peasant uprisings that occurred in England and France during that period, this peasant war lasted longer, was better organized, and encompassed the entire country. The peasants and the urban poor were defeated; however, for a time, they succeeded in thwarting the feudal lords' attempts to intensify exploitation. The uprising of the people dealt a severe blow to the Catholic Church. The Church was unable to fully restore its lost lands or rebuild the destroyed monasteries. Throughout the 15th century, the Catholic Church was in decline; although church councils managed to partially stem this process, a period of reaction ensued. Across Europe, Inquisition tribunals and autodafe were instituted, book bans were imposed, and new religious orders – such as the Jesuit Order – were established and placed under the direct authority of the Pope.

Foreign domination in the Czech lands was shattered. Following the Hussite Wars, the populations of most cities became predominantly Czech. The Czech language displaced German in administrative institutions and legal proceedings. Effectively, Bohemia had secured its independence by 1648.

Reference

- Berankova, E. (2002). *A short history of Charles University*. Prague: Karolinum.
- Fudge, T. (2010). *Jan Hus: Religious Reform and Social Revolution in Bohemia*. Adams County Public Library.
- History of the Middle Ages*. (1988). Edited by S.D.Skazkin. Baku: Maarif Publishing House.
- Kaminsky, H. (2004). *A History of the Hussite Revolution*. Eugene, Oregon: Wipf and Stock Publishers.
- Laptaeva, L. (1990). *The Hussite Movement in 15th Century Bohemia*. Moscow: Moscow State University Press.
- Mastrini, H. (2008). *Frommer's Prague & the Best of the Czech Republic* (7th.ed.). Wiley.
- Melnikov, G. (2022). *Czech Socio – Historical Thought: The Middle Ages and the Early Modern Period*. Moscow: Indrik.
- Oskar Krejci, Martin C.Styan. *Ustav politickych vied SAV* (2005). *Geopolitics of the Central European region: the view from Prague and Bratislava*.
- Turnbull, S. (2024). *The Hussite Wars 1419 – 1436*. London: Bloomsbury Publishing.
- Verney, V. (2020). *Warrior of God: Jan Zizka and the Hussite Revolution*. London: Frontline Books.

Sociological Sciences

GLOBAL LEADERSHIP IN THE ERA OF INFORMATION TRANSFORMATIONS

Milka Petrova

Chief Assist. Prof., Phd, University of Library Studies and Information Tehnologi, Sofia, Bulgaria

Abstract: *This paper examines the transformation of leadership thinking in the context of globalization and the development of the information society. It explores the need for leadership approaches that respond to the growing interdependence, dynamism, and uncertainty of the contemporary environment. The paper argues for a shift from an instrumental view of individuals as organizational resources towards an understanding of the whole person, with their own potential, values, and capacity for conscious participation. This perspective lays the foundations for a management culture in which knowledge, trust, and shared responsibility support the development of adaptive networked organizations.*

Keywords: *global leadership, information society, management culture, networked organizations.*

The information society is becoming established as a model of societal development in which the creation and use of information and knowledge play a leading role in economic, institutional, and social processes. The transition to this model extends beyond technological renewal to encompass how people communicate, organize their activities, and participate in public life.

Understood as a historically formed constellation of institutions, relationships, values, and cultural practices, civilization evolves alongside the ways in which knowledge is produced, exchanged, and transmitted. From this perspective, the information society represents a civilizational transformation in which networked interactions assume growing importance in the organization of society and the distribution of resources and influence.

Changes in politics, governance, the economy, education, healthcare, and culture deepen the interdependence among different spheres of society. This calls for leadership capable of understanding the interconnections between technological and social processes, building trust, and combining adaptability with clear value orientations. In such an environment, management decisions should be assessed in terms of both their immediate outcomes and their long-term impact on people and society.

Contemporary society is characterized by the growing importance of information as a resource that shapes opportunities for communication, knowledge acquisition, and the organization of social activity. This shift is associated with the development of computer and communication technologies during the twentieth century, whose convergence laid the groundwork for a global information environment. The internet is the most prominent expression of this convergence and plays a significant role in the establishment of the information society.

With its widespread adoption in social practice, the internet has transformed interactions at multiple levels—from institutions and organizations to families and interpersonal relationships. It expands access to information resources, overcomes spatial and temporal barriers to communication, and accelerates the exchange of knowledge. Its impact extends beyond the

economic sphere to encompass education, culture, governance, and everyday life, deepening global connectivity and reshaping forms of social participation (Denchev, 2019).

Alvin Toffler's understanding of civilizational change emphasizes the interdependence of technological, informational, and social processes. From this perspective, society is viewed as a complex system whose constituent spheres evolve through interaction and shape the conditions for human activity.

The technosphere encompasses the technologies, energy sources, and production systems that constitute the material foundations of society. The biosphere comprises the natural conditions for life and the relationship between humans and the environment, while the psychosphere encompasses psychological experiences, attitudes, and behavioural patterns. The sphere of power includes relations of influence and mechanisms for distributing decision-making authority. The infosphere constitutes the environment in which information is created, exchanged, and used, whereas the sociosphere encompasses institutions, social relations, and forms of organization of collective life.

The interaction among these dimensions enables societal transformations to be understood as a complex process in which change in one sphere has consequences for the others. This underscores the relevance of the principles of social organization discussed by Toffler to the analysis of the transition from industrial to information civilization.

The transition from an industrial to an information society reshapes the understanding of the individual's role in work and public life. Critical thinking, the generation of new ideas, and responsibility for decisions become increasingly important. These requirements draw attention to individual potential and create opportunities for more diverse forms of professional development and social participation.

The logic of organizational management is also changing. Decentralization broadens participation in decision-making and grants greater autonomy to individual units and their members. At the same time, communication technologies facilitate remote collaboration and help overcome some of the spatial and temporal constraints on joint activity.

These transformations also have a value dimension. The relationships between the individual and society, the material and the spiritual, and the national and the universally human acquire new significance in conditions of global connectivity. Understanding the information society therefore requires an examination of the moral and cultural orientations that give meaning to its development. In this context, the question arises of its spiritual nature and the values through which it finds expression in human relationships and social practices (Ivanov, 2009).

Among the defining characteristics of the information society are expanded access to information resources, their growing importance in decision-making, and the free exchange of knowledge and ideas. These characteristics reflect both technological capabilities and the societal principles underpinning its development.

Democratic access to information requires institutional guarantees alongside practical conditions for obtaining and using it. Technological infrastructure must be complemented by the skills needed to search for, critically evaluate, and interpret information. Accessibility thus becomes a prerequisite for meaningful participation in public life.

Another significant characteristic is the establishment of information as a basis for informed choice. The purposeful search for and analysis of information have become integral to professional, managerial, and everyday practices. At the same time, freedom of information exchange requires a plurality of sources, opportunities to express diverse viewpoints, and protection against arbitrary restrictions.

These principles outline the normative ideal of the information society. However, the extent to which they are realized in practice depends on the distribution of technological resources, information literacy, and mechanisms for controlling content. The democratic use of

global information resources should therefore be examined in terms of the relationship between formally guaranteed access and actual opportunities for equitable participation.

The scientific revolution of the seventeenth century marked a significant shift in Western European conceptions of nature, humanity, and society. The development of classical mechanics, associated with the work of Isaac Newton, established an explanatory model based on regularities, causal relationships, and the predictability of physical processes. Alongside the spread of rationalism and individualism, this model contributed to a reassessment of traditional religious and philosophical views.

The subsequent process of industrialization transformed material living conditions, labour relations, and social organization. Urbanization and the expansion of industrial production reshaped community ties, family structures, and the mechanisms through which traditions and values were transmitted. In Zohar's interpretation, these processes created conditions for the weakening of shared frameworks of meaning and the fragmentation of human experience (Zohar, 2003).

From this critical perspective, the mechanistic worldview is characterized by atomism, determinism, and objectivity. Atomism directs attention to the individual components of systems, determinism emphasizes causal relationships and predictability, and objectivity presupposes a distinction between the observing subject and the object under investigation. The application of these principles to organizational thinking is reflected in management approaches that prioritize the division of functions, hierarchical control, and standardization.

Accelerating technological development and the growing complexity of the contemporary environment necessitate a reassessment of such approaches. In Zohar's interpretation, organizational change requires a renewal of management culture itself—of conceptions of the individual, relationships, and the meaning of collective activity. For leadership, this entails fostering creative thinking, cooperation, and adaptability, underpinned by clear value-based foundations for decision-making (Zohar, 2003).

Global leadership in the contemporary environment requires a combination of managerial competence, self-knowledge, and the ability to interact across cultural boundaries. Bringing together people with diverse beliefs, experiences, and values requires awareness of one's own attitudes and respect for the perspectives of others. In the account of Bill George's position presented here, the development of self-awareness and spiritual intelligence is regarded as a promising direction in preparing leaders capable of establishing shared goals in an international context.

Technological and social transformations call for a reassessment of the relationships among leaders, participants, and the organizational environment. Dialogue, collaboration, and social and emotional intelligence become essential to coordinating collective activity. Leadership competence also includes the ability to create conditions for equitable participation by people from diverse cultural, ethnic, religious, and generational backgrounds. Delegating authority expands their autonomy and connects individual initiative with responsibility for shared outcomes.

From this perspective, global leadership is understood as a shared process of influence aimed at aligning efforts and achieving a common goal. Networked interactions and flexible organizational structures facilitate knowledge exchange, draw on diverse experience, and support the development of innovative solutions. The leader's role involves building trust, integrating different contributions, and maintaining a clear direction amid change and interdependence.

Organizational development in a global environment requires leadership models that combine strategic orientation, intercultural competence, and adaptability. Developing such a model requires consideration of both organizational culture and the specific characteristics of different national and social contexts. Its applicability depends on leaders' ability to connect overarching strategic goals with participants' specific circumstances, needs, and expectations.

Differences in leadership styles across cultures and organizations highlight the need for competencies that facilitate interaction beyond established boundaries. Global leadership requires recognition of culturally shaped understandings of authority, trust, responsibility, and participation. On this basis, leaders should select approaches suited to the specific environment while maintaining consistency in the goals and value foundations of management.

These requirements point towards a reassessment of the leadership paradigm as part of broader organizational transformation. Dialogue, collaboration, and the development of social and emotional intelligence become central to working with culturally, ethnically, religiously, and generationally diverse teams. Delegating authority and providing opportunities for independent decision-making support initiative and shared responsibility.

In this context, leadership evolves as a collective process enacted through networked relationships and the integration of diverse knowledge, abilities, and perspectives. Reducing unnecessary hierarchical levels and facilitating information exchange create conditions for more flexible coordination, creative problem-solving, and innovation. The leader's role involves creating an environment in which diversity contributes to the achievement of shared goals and the sustainable development of the organization.

The growing role of emerging markets in the global economy reinforces the need for systematic leadership development to ensure management succession in international organizations. Centralizing strategic decisions within the company's senior management may limit the participation of local managers and the use of their knowledge of the specific environment. When leadership development relies primarily on the international mobility of headquarters staff, the potential of professionals in regional units may remain insufficiently developed.

Overcoming these limitations requires a management model that combines a unified strategic direction with decentralized decision-making. The participation of local teams enables organizational actions to reflect cultural characteristics, market conditions, and stakeholder expectations. This requires the purposeful development of intercultural and leadership competencies, alongside transparent opportunities for career progression across organizational units.

In such a model, shared values, trust, and accountability ensure alignment across management levels. Preparing future leaders thus becomes an organization-wide process that connects local experience with global goals and strengthens the organization's capacity to adapt to a changing environment.

In response to these needs, global leadership development should focus on building a shared understanding of the organization's mission and values. The leader's task is to create conditions for independent initiative, responsibility, and horizontal collaboration among employees and teams. Preparing future leaders requires broader opportunities for the participation and development of people from diverse cultural and professional backgrounds.

Cultural sensitivity and the ability to work collaboratively require the purposeful development of emotional intelligence, self-awareness, and the skills needed to empower others. These competencies complement traditional management knowledge and support the creation of an inclusive organizational environment in which diverse perspectives contribute to the quality of decisions.

Flexibility assumes particular importance as the ability to assess changing conditions, reflect on accumulated experience, and adapt leadership behaviour. It entails a willingness to learn and reconsider established approaches while maintaining consistency in core values and strategic goals. Combining flexibility, inclusion, and collaboration strengthens organizations' capacity to operate across geographical and cultural boundaries and respond to the complex challenges of the global environment.

Renewing management culture requires a shift in the understanding of organizations, human relationships, and the foundations of leadership influence. Under conditions of complexity, uncertainty, and global interdependence, adaptability should be combined with creative initiative, consistency in values, and responsibility for the consequences of decisions. Reconsidering the leadership paradigm thus encompasses the goals of collective activity, the ways in which it is organized, and its contribution to societal development.

Conceptual points of reference for this shift can be found in notions of interconnectedness, nonlinearity, and dynamics associated with quantum physics, chaos theory, and complex systems. Used as analytical analogies, these notions help conceptualize the organization as an evolving system of relationships in which outcomes depend on interactions among participants and their environment. Their use in management analysis requires due consideration of the specific nature of social processes.

In this context, the leadership role involves fostering dialogue and reconciling divergent interests. Negotiation skills, reasoned persuasion, and an understanding of different perspectives create conditions for cooperation among communities with diverse goals and expectations. An orientation towards the common good requires the inclusion of critical viewpoints and the formulation of decisions whose acceptability rests on trust, participation, and shared responsibility.

Global leadership aimed at bringing communities together is grounded in serving shared interests and taking responsibility for collective outcomes. Authenticity and accountability are essential to trust in the leader. Authenticity entails consistency among professed values, decisions, and practical actions, while accountability involves a willingness to justify management choices and accept responsibility for their consequences. Amid complex and evolving strategies, open dialogue supports understanding of organizational goals and provides opportunities for feedback and critical evaluation.

Building sustainable cooperation requires consideration of the needs of different participants and a willingness to place the common good above immediate personal gain. This orientation includes long-term responsibility towards future generations and openness to critical perspectives, even when they challenge the leader's authority or decisions. Leadership legitimacy is thus strengthened through the ability to understand differences and seek solutions of lasting societal significance.

The leader's role is to build organizational coherence through a clear direction, shared values, and consistency between messages and actions. The mission defines the purpose of collective activity, the vision outlines the desired future, and the strategy connects these guiding principles with specific decisions and actions. Organizational culture creates conditions for their acceptance and application in everyday practice. On this basis, leadership influence is exercised through trust, persuasion, and participation, strengthening commitment and shared responsibility.

Conclusion

In conclusion, global leadership in the information society requires a reassessment of management approaches in response to the growing complexity, uncertainty, and interdependence of the contemporary environment. At the heart of this shift lies an understanding of the individual as a whole person whose potential develops through trust, conscious participation, and shared responsibility. From this perspective, successful leadership involves the ability to build relationships that bring diverse knowledge, values, and cultural perspectives together around a common direction.

The new management culture entails combining strategic clarity with organizational flexibility, decentralized decision-making, and the development of leadership competencies at

multiple levels. Authenticity, accountability, and open dialogue provide the value foundations for this process. The mission, vision, and strategy acquire practical significance when they are consistently reflected in the leader's behaviour and in everyday interactions among participants.

The future direction of global leadership therefore lies in building adaptive and inclusive organizations that combine the achievement of their goals with responsibility towards society and future generations. In this context, the leader serves as a unifying figure and a bearer of shared meaning, while the sustainability of their influence depends on their ability to translate values into action and individual potential into collective contribution.

REFERENCES

- Denchev, S. (2019). *Informatsia i sigurnost* [Information and security]. Za bukvite – O pismeneh.
- Zohar, D. (2003). *Duhovnata inteligentnost* [Spiritual intelligence]. Kibea.
- Zohar, D. (2017). *Kvantovyy lider: Revolyutsiya v myshlenii i praktike biznesa* [The quantum leader: A revolution in business thinking and practice]. Sofia Publishing House.
- Ivanov, D. (2009). *Aretologia. Kniga vtora. Arete. Ekzistentsialno-tsennostna sistema* [Aretology. Book two. Arete: An existential value system]. Prof. Marin Drinov Academic Publishing House.
- Clawson, J. (2017). *Liderstvo tretyego urovnya: Vzglyad v glubinu* [Level three leadership: A look beneath the surface]. Alpina Publisher.
- Covey, S. (2017). *7 navykov vysokoeffektivnykh lyudey* [The 7 habits of highly effective people]. Alpina Publisher.
- Novite povelii na globalното liderstvo [The new imperatives of global leadership]. (n.d.). Manager. <https://www.manager.bg/управление/новите-повели-на-глобалното-лидерство>
- Liderstvo v globalni i multikulturni organizatsii [Leadership in global and multicultural organizations]. (n.d.). Dokumentite.com. <http://drugi.dokumentite.com/art/liderstvo-v-globalni-i-multikulturni-organizacii/83563/p2>

Chief Assist. Prof. Milka Petrova, PhD
University of Library Science and Information Technology
ORCID iD: 0009-0001-1513-7320

Psychological Sciences

BIOLOGICAL, PSYCHOLOGICAL, AND SOCIAL FACTORS DETERMINING HUMAN PSYCHOLOGICAL WELL-BEING

Mahmudzadeh Gulshan Elman

Orcid code: 0009-0009-8034-9651, (050) 335 41 39, Azerbaijan State Pedagogical University, Department of General Psychology, Teacher

Summary

Human psychological well-being is a complex state shaped by the interaction of biological, psychological, and social factors. Biological factors, including genetic predisposition, physical health, chronic illnesses, and physiological processes, may influence an individual's emotional and psychological state. Genetic characteristics do not fully determine psychological well-being; rather, their effects emerge through interaction with the environment, living conditions, and individual characteristics. Among psychological factors, personality traits, self-awareness, self-attitude, cognitive style, emotional regulation, stress-coping abilities, and psychological resilience are of particular importance. Constructive thinking, emotional literacy, and the ability to adapt to difficulties contribute to maintaining psychological balance. The social environment is also an important determinant of psychological well-being. Healthy relationships with family members, friends, peers, and other social groups strengthen a sense of social connectedness and security. In contrast, social isolation, conflicts, discrimination, and limited access to social support may increase emotional distress.

Аннотация

Психологическое благополучие человека представляет собой комплексное состояние, формирующееся в результате взаимодействия биологических, психологических и социальных факторов. Биологические факторы, включая наследственную предрасположенность, физическое здоровье, хронические заболевания и физиологические процессы, могут оказывать влияние на эмоциональное и психологическое состояние человека. Генетические особенности не определяют психологическое благополучие полностью; их влияние проявляется во взаимодействии с окружающей средой, условиями жизни и индивидуальными особенностями человека.

Среди психологических факторов особое значение имеют личностные особенности, самосознание, отношение к себе, особенности мышления, регуляция эмоций, способность справляться со стрессом и психологическая устойчивость. Конструктивное мышление, эмоциональная грамотность и способность адаптироваться к трудностям способствуют сохранению психологического равновесия.

Социальная среда также является важным детерминантом психологического благополучия. Здоровые отношения с семьёй, друзьями, сверстниками и другими социальными группами укрепляют чувство социальной принадлежности и безопасности. Напротив, социальная изоляция, конфликты, дискриминация и ограниченность социальной поддержки могут способствовать повышению эмоционального напряжения.

Keywords: psychological well-being, biological factors, psychological factors, social factors, physical health, emotional regulation, social environment.

Ключевые слова: психологическое благополучие, биологические факторы, психологические факторы, социальные факторы, физическое здоровье, эмоциональная регуляция, социальная среда.

Psychological well-being is not determined by a single factor; rather, it is a complex state shaped by the interaction of an individual's biological characteristics, early life experiences, personality, social relationships, socioeconomic status, environment, and lifestyle. In the contemporary context, psychological well-being is not characterized solely by the absence of mental disorders or illnesses. It also encompasses emotional balance, life satisfaction, social relationships, opportunities for realizing one's personal potential, and the ability to cope with everyday challenges. The development and maintenance of psychological well-being is a complex and multidimensional process determined by the interaction of various internal and external factors. From this perspective, explaining an individual's psychological state on the basis of a single indicator is insufficient. The integration of biological, psychological, and social determinants plays an important role in determining an individual's overall level of well-being.

The biopsychosocial model has particular theoretical significance in explaining human psychological well-being. This concept considers an individual's health and psychological state within the context of the interaction between biological characteristics, psychological processes, and the sociocultural environment. In other words, an individual's emotional state is determined not only by hereditary characteristics or personal psychological factors; the social environment in which the individual lives, family relationships, socioeconomic conditions, educational and working environments, cultural values, and access to social support also play important roles in this process. Therefore, a multidimensional approach to promoting psychological well-being is considered necessary. Three major groups of factors can be identified in the formation of psychological well-being:

1. Biological factors
2. Psychological factors
3. Social factors

1. Biological Factors

Biological factors constitute one of the important foundations of psychological well-being. Genetic characteristics, nervous system functioning, hormonal and neurochemical processes, physical health status, sleep patterns, and other physiological indicators may influence an individual's emotional state. The activity of neurotransmitters such as serotonin, dopamine, norepinephrine, GABA, and glutamate is associated with the regulation of mood, motivation, emotional responses, and mechanisms of response to stress.

Genetic predisposition is also an important component influencing psychological functioning. However, genetic characteristics do not completely predetermine an individual's psychological well-being. Genetic predispositions may manifest themselves through interactions with the environment, living conditions, and individual psychological characteristics. Therefore, although biological factors influence the development of psychological well-being, it is not appropriate to assess them independently of other determinants.

There is a reciprocal relationship between physical health and psychological well-being. Chronic illnesses, long-term pain, physical limitations, and other medical conditions may affect an individual's emotional state and daily functioning. Persistent psychological stress may also lead to certain physiological changes in the body. This interaction demonstrates the importance of considering human health in an integrated and multidimensional manner.

2. Psychological Factors

Psychological factors are among the components that directly contribute to the development of an individual's well-being. Personality characteristics, self-awareness, self-attitudes, patterns of thinking, emotional regulation, coping abilities, and psychological resilience influence how individuals perceive life events and how they respond to them.

Personality refers to a unique individual characterized by a combination of moral and psychological characteristics and qualities that define the person both as an object (product or outcome) of social and other forms of development and as an object capable of changing on the basis of knowledge of reality and one's attitude toward it. Personality is a particular individual as the bearer of consciousness and self-awareness (K. K. Platonov, as cited in Mir-Baghizadeh, S., 2020).

Objectively assessing one's own abilities, developing a constructive way of thinking, recognizing and managing one's emotional state, and maintaining emotional awareness create favorable conditions for preserving psychological balance. Conversely, persistent negative thoughts, low self-esteem, high levels of anxiety, difficulties in emotional self-regulation, and reduced ability to adapt to stressful situations may contribute to a decline in psychological well-being. Psychological resilience is particularly important in this context. The ability to adapt to difficult circumstances, failures, and life changes, maintain emotional stability, and identify appropriate solutions to problems strengthens an individual's internal resources. Therefore, developing self-awareness, emotional literacy, and effective stress-management skills is considered one of the key directions in maintaining psychological well-being.

One of the important dimensions determining psychological well-being is an individual's social environment. Since human beings are social beings, their emotional state is significantly influenced by their interactions with family members, friends, peers, colleagues, and other social groups. Healthy, trusting, and mutually respectful relationships strengthen an individual's sense of social connectedness and enable them to feel safe and valued.

Family relationships occupy a particularly important position in the development of psychological well-being. Communication based on emotional support, mutual understanding, and trust constitutes an important resource that helps individuals cope with difficulties. In contrast, persistent conflicts, social isolation, discrimination, and limited access to support may contribute to increased emotional distress.

Socioeconomic status is also one of the important determinants influencing psychological well-being. Income level, employment opportunities, living conditions, access to educational resources, and access to healthcare services may affect an individual's quality of life and emotional state. Financial difficulties, unemployment, and economic instability may create conditions conducive to prolonged psychological stress. Therefore, maintaining psychological well-being requires the development of support mechanisms not only at the individual level but also at the social and institutional levels.

Cultural values, social norms, beliefs, and societal expectations of individuals are also important components influencing psychological well-being. In different social and cultural groups, the ways in which emotions are expressed, family relationships are organized, success is defined, personal boundaries are maintained, and psychological assistance is perceived may vary. These characteristics influence how individuals evaluate themselves and the social environment around them.

In some cases, expectations established by society may create additional psychological pressure on individuals. The constant demand to demonstrate high levels of achievement, be successful, conform to social standards, and meet certain behavioral expectations may contribute to increased emotional strain. From this perspective, creating a safe and supportive social

environment that respects individual characteristics and diversity is of great importance for promoting psychological well-being.

The widespread use of modern technologies has brought about significant transformations in people's social and psychological lives. Although digital platforms provide extensive opportunities for communication, access to information, education, and maintaining social connections, excessive use may also be associated with certain psychological risks. Spending prolonged periods in front of screens, excessive time spent on social media, virtual comparison, and increasing dependence on digital technologies may contribute to feelings of loneliness, anxiety, and emotional distress. In particular, comparing oneself with idealized representations of other people's lives on social media may negatively affect self-perception and psychological well-being.

Lifestyle-related factors also play an important role in maintaining psychological well-being. The duration and quality of sleep, dietary patterns, physical activity, and the balance between work and rest are among the major factors influencing an individual's emotional state. Insufficient sleep may lead to difficulties related to attention, memory, emotional self-regulation, and resilience to stress.

A person constantly perceives themselves through the eyes of others. How do other people perceive them? How does the person want to present themselves to others? How should they behave in order to be recognized by others as a good person or as a competent professional, such as a teacher, locksmith, doctor, or specialist in another field? These three questions are of great importance to individuals regardless of age. After all, each of us lives among other people and, inevitably, evaluates ourselves through their perspective. This is precisely where the significance of the "social self" lies in the process of reciprocal social interaction (Bayramov & Alizadeh, 2003).

Social support is among the major protective factors that strengthen psychological well-being. Emotional and practical assistance provided by family members, friends, colleagues, teachers, and other social contacts can facilitate an individual's adaptation to stressful situations. The quality of social relationships influences an individual's sense of being an integral part of society, strengthens their sense of belonging, and contributes to perceiving life as more meaningful. Participation in community initiatives, volunteer activities, and various social projects can also contribute to strengthening social connectedness. Such activities not only expand an individual's network of social relationships but also create opportunities for them to feel useful and significant to society.

In the contemporary period, psychological well-being is regarded as one of the important concepts characterizing an individual's emotionally, psychologically, and socially healthy and balanced state. Psychological well-being is not limited to the absence of mental disorders or illnesses; rather, it is characterized by satisfaction with life, the ability to set goals, cope with everyday challenges, and adapt to changing circumstances. From this perspective, psychological resilience, a meaningful perception of life, and the realization of personal potential are considered important components of well-being. The rapid pace of modern life, technological advancement, socioeconomic pressures, and changes in lifestyle create new demands for maintaining individuals' psychological balance.

The formation and maintenance of psychological well-being are determined by the influence of various interrelated factors. These factors can generally be grouped into biological, psychological, social, and lifestyle-related determinants. An individual's psychological state is not formed under the influence of a single factor but rather results from the interaction of the aforementioned factors. Therefore, the study of psychological well-being requires a comprehensive and multidimensional approach.

Lifestyle-related factors also play an important role in the preservation of psychological well-being. Sleep duration and quality, dietary habits, physical activity, and the balance between work and rest are among the main factors affecting an individual's emotional state. Insufficient sleep may lead to difficulties in attention, memory, emotional self-regulation, and resilience to stress.

People constantly perceive themselves through the eyes of others. How do other people see them? How do they want to present themselves to others? How should they behave so that others recognize them as a good person or as a competent professional, such as a teacher, locksmith, doctor, or specialist in another field? These three questions are of great importance to individuals regardless of age. After all, each of us lives among other people and, inevitably, has to perceive ourselves through their eyes. This is precisely where the significance of the "social self" lies in the process of mutual social interaction (Bayramov & Alizadeh, 2003).

Social support is one of the key protective factors that contributes to psychological well-being. Emotional and practical assistance provided by family members, friends, colleagues, teachers, and other social contacts can facilitate an individual's adaptation to stressful situations. The quality of social relationships influences a person's sense of being an integral part of society, strengthens their sense of belonging, and contributes to perceiving life as more meaningful. Participation in community initiatives, volunteer activities, and various social projects can also strengthen social connectedness. Such activities not only expand an individual's network of social relationships but also create opportunities for them to feel useful and valued by society.

In the contemporary period, psychological well-being is regarded as an important concept characterizing an individual's emotionally, psychologically, and socially healthy and balanced state. Psychological well-being is not limited to the absence of mental disorders or illnesses; rather, it is characterized by satisfaction with life, the ability to set goals, cope with everyday challenges, and adapt to changing circumstances. From this perspective, psychological resilience, a meaningful perception of life, and the realization of personal potential are considered important components of well-being.

The rapid pace of modern life, technological advancement, socioeconomic pressures, and changes in lifestyle create new demands for maintaining individuals' psychological balance. The formation and preservation of psychological well-being are determined by the influence of various interrelated factors. These factors can generally be grouped into biological, psychological, social, and lifestyle-related determinants. An individual's psychological state is not formed under the influence of a single factor but rather results from the interaction of these factors. Therefore, the study of psychological well-being requires a comprehensive and multidimensional approach.

Social support is considered an important psychological resource for coping with difficult life situations. The presence of trusting relationships with close individuals can help reduce emotional distress, expand adaptive capacities, and strengthen a person's sense of being part of their social environment. Conversely, social isolation, prolonged loneliness, conflictual relationships, and unstable social connections may increase psychological burden. Therefore, not only the quantity of social relationships but also their emotional quality and the level of mutual support are of significant importance.

Socioeconomic conditions are also among the important determinants of psychological well-being. Financial stability, access to education, employment opportunities, and the availability of future prospects influence an individual's sense of security and control. In contrast, economic instability, unemployment, excessive workload, and unfavorable working conditions may increase psycho-emotional stress.

The extent to which professional activity corresponds to an individual's interests and abilities, fair recognition of their work, and the extent to which their work is meaningful to them contribute to maintaining inner satisfaction and psychological stability. Therefore, the work

environment should be regarded not only as a sphere of social activity but also as an important factor influencing an individual's emotional well-being.

The organization of daily life and behavioral habits are also modifiable components that influence the maintenance of psychological well-being. Adequate and high-quality sleep, balanced nutrition, regular physical activity, and an appropriate daily routine contribute to maintaining both physiological and emotional stability.

Sleep deprivation may lead to reduced attention, impaired memory, and difficulties in emotional regulation. Physical activity, on the other hand, supports physiological mechanisms that contribute to improved overall mood and effective stress management. From this perspective, developing a healthy lifestyle is one of the important directions for strengthening the sustainability of psychological well-being.

In the contemporary period, the widespread use of digital technologies has created a new environment that influences an individual's psychological well-being. Excessive exposure to information, continuous engagement with social media, and comparisons with other people may contribute to increased emotional distress and changes in self-perception.

Prolonged use of digital devices, particularly during nighttime hours, may negatively affect sleep patterns. Excessive reliance on virtual communication may also reduce the intensity of direct social interactions. Therefore, maintaining digital hygiene, regulating information consumption, and allocating sufficient time to real-life social relationships are important for maintaining psychological balance.

LITERATURE

1. Ə.S.Bayramov, Ə.Ə.Əlizadə.Sosial Psixologiya. Dərslik. Bakı. Qap Poliqraf. Korporasiyası, 2003, 356 s.
2. Mir-Bağırzadə S. Psixologiya. Dərslik. 2020. 70 s.
3. Бодаев А. А. Психология о личности. — М.: Изд-во МГУ, 1988.
4. Гиппепрейтер 10. Б. Введение в общую психологию: Курс лекций: Учебное пособие для вузов. — М.: ЧеРо, 1997.
5. Грановская Р. М. Элементы практической психологии. — СПб.: Свет, 1997.
6. Маклаков А. Г. М15 Общая психология: Учебник для вузов. — СПб.: Питер, 2008. — 583 с: ил. — (Серия «Учебник для вузов»).
7. Психология: Учебник для гуманитарных вузов. 2-е изд. / Под общ. ред. В. Н. Дружинина. — СПб.: Питер, 2009. — 656 с.: ил. — (Серия «Учебник для вузов»).

Geographic Sciences

Aysberqlərin Coğrafiyası: Kriosfer və Okeanosfer Arasında Hidrodinamik, Termodinamik və Ekoloji Qarşılıqlı Əlaqələr

Şəfəq Əliyeva Məmməd qızı

Azərbaycan Dövlət Pedaqoji Universitetinin Şəki filialı, müəllim

Xülasə

Aysberqlər, quruda formalaşan buzlaqların (qlasiyerlərin) və şelf buzlaqlarının kənarlarından qoparaq dəniz mühitinə daxil olan, tamamilə şirin sudan ibarət makro-miqyaslı kriogen kütlələrdir. Onlar Yer kürəsinin kütlə və enerji balansının, xüsusilə **kriosfer** (buz təbəqəsi) ilə **okeanosfer** (dünya okeanı) arasındakı materiya mübadiləsinin əsas indikatorlarıdır. Bu akademik məqalədə aysberqlərin morfogenezi, daxili strukturları, hidrodinamik hərəkət mexanizmləri, ekoloji funksiyaları və qlobal iqlim dəyişikliyi fonunda dəyişən dinamikası dərinlən təhlil olunur.

➤ **Morfogenez və Qlasioloji Mənşə: Kalvinq Mexanizmləri**

Aysberqlərin yaranması, dəniz suyunun termik azalma nəticəsində donması (dəniz buzu və ya *pack ice*) prosesindən keyfiyyətə fərqlənir. Onlar çoxillik qarın daxili qavitasiya təzyiqi altında rekristallaşması (firn mərhələsindən qlasiyer buzuna keçid) nəticəsində yaranan kontinental buzların məhsuludur. Bu səbəbdən aysberqlərin tərkibində duz ionları yoxdur və onlar **100% şirin sudan** ibarətdir.

Buzlaq kənarlarının qoparaq aysberqə çevrilməsi prosesi elmdə **kalvinq (calving)** adlanır və bir neçə geofiziki mexanizmə əsaslanır:

- **Hidrodinamik Çatlama (Hydrofracturing):** Yaz və yay aylarında buzlaq səthində əriyən sular buz daxilindəki çatlara (krevaslara) dolur. Suyun hidrostatik təzyiqi çatlara dibinə doğru mexaniki qüvvə tətbiq edərək buzlaq strukturunu dərinliyinə doğru parçalayır.

- **Dalğa Aşınması və Alt Kəsilmə (Wave-induced Undercutting):** Okean dalğaları şelf buzlağının su xətti ilə təmasda olan hissəsini mexaniki və termik olaraq aşındırır. Nəticədə üst hissədə asılı və dayaqsız qalan nəhəng buz kütlələri öz ağırlığı altında qopur.

- **Qabarma-Çəkilmə Flexurası:** Qabarma və çəkilmə hadisələri zamanı dəniz səviyyəsinin dövrü dəyişməsi şelf buzlağının dənizə uzanan hissəsində şaquli gərginlik (əyilmə) yaradır və bu da daxili qırılma xətlərinin aktivləşməsinə səbəb olur.

➤ **Struktur, Fizika və Optik Xüsusiyyətlər**

Aysberqlərin fiziki xassələri onların keçdiyi geoloji və qlasioloji mərhələləri əks etdirir.

Sıxlıq və Kütlə Proporsiyası

Saf buzun sıxlığı təxminən **0.917 g/cm³**, tərkibində müəyyən dərəcədə duzluluq və mineral maddələr olan qütb sularının sıxlığı isə **1.025–1.028 g/cm³** arasında dəyişir. **Arximed qanununa** əsasən, bu sıxlıq fərqi aysberqin ümumi həcmnin **85-90%-nin suyun altında** qalmasını şərtləndirir. Formasından asılı olaraq, sualtı hissənin morfologiyası suüstü hissədən tamamilə fərqli və daha geniş ola bilər ki, bu da dəniz nəqliyyatı üçün böyük batimetrik risklər yaradır.

➤ **Rəng Variasiyaları və Albedo Effekti**

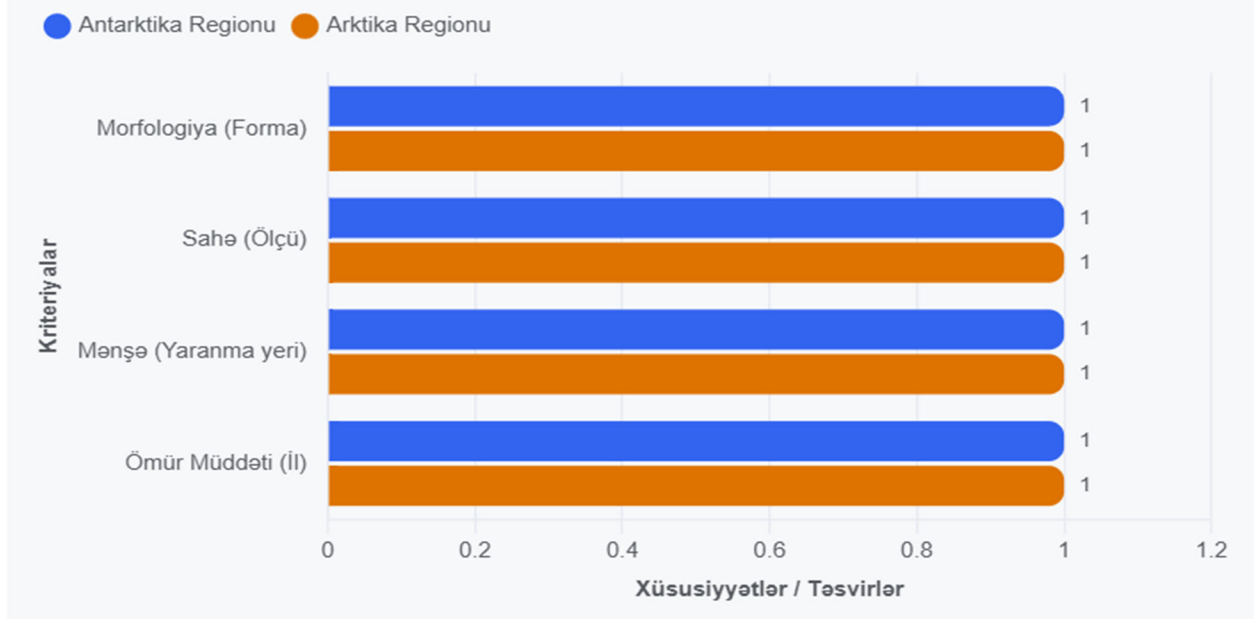
Aysberqlər vizual olaraq fərqli rənglərdə görünə bilər və bu, onların strukturunu barədə məlumat verir:

- **Ağ Aysberqlər:** Yeni qopan və ya üst təbəqəsi sıx sıxlaşmamış aysberqlərdir. Onların daxilində milyonlarla mikroskopik hava qabarcığı var. Bu qabarcıqlar günəş şüalarını bütün spektrlərdə bərabər şəkildə əks etdirdiyi üçün buz bəyaz görünür.

- **Mavi Aysberqlər:** Çox qədim, dərin qatlardan gələn və böyük təzyiq altında sıxılmış buzun rəngidir. Təzyiq nəticəsində daxiləki hava qabarcıqları kənara sıxışdırılır. Belə monolit buz strukturu işıq spektrinin uzun dalğalarını (qırmızı, sarı) udur, qısa dalğalı mavi işığı isə səpələyir və əks etdirir.

- **Yaşıl və Qara Zolaqlı Aysberqlər:** Buzlaq quruda hərəkət edərkən dərə dabanından qopardığı terrigen çöküntüləri (gil, qum, toz) özünə birləşdirir. Həmçinin, şelf buzlağının alt hissəsində dəniz suyunun dondurulması (freeze-on) baş verərsə, dənizdəki üzvi maddələr və fitoplanktonlar buza yaşıl və ya tünd zolaqlar qazandırır.

Aysberqlərin Regional Coğrafi Xüsusiyyətlərinin Müqayisəsi



➤ Morfoloji Təsnifat və Regional Coğrafi Fərqlər

Beynəlxalq Hidroqrafiya Təşkilatının standartlarına görə, aysberqlər formalarına görə iki əsas tipə bölünür: **Stolvari (tabular)** və **Qeyri-stolvari (non-tabular)**. Bu formaların paylanması Yer kürəsinin iki əsas buzlaq regionu arasında kəskin şəkildə fərqlənir.

Antarktika Aysberqləri

Antarktida platformasını əhatə edən nəhəng şelf buzlaqları (Ross, Filxner-Ronne, Larsen) sub-horizontal quruluşa malikdir. Buradan qopan aysberqlər **stolvari** (yastı və şaquli kənarlı) olur. Onların ölçüləri bəzən kiçik bir dövlətin (məsələn, Lüksemburq və ya Kipr) sahəsinə bərabər ola bilər. Məsələn, 2000-ci ildə Ross şelf buzlağından qopan **B-15 aysberqi** təxminən 11,000 km² sahəsi ilə bəşəriyyət tərəfindən qeydə alınmış ən böyük üzən obyekt olmuşdur.

Arktika (Qrenlandiya) Aysberqləri

Arktikadakı aysberqlərin **90%-ə qədər** **Qrenlandiyanın** daxili buz qalxanından dənizə doğru uzanan dar dərə buzlaqlarından (məsələn, Yakobshavn və ya İlulissat buzlağı) qopur. Bu buzlaqlar dar relyef relyefindən keçərək dənizə töküldüyü üçün intensiv şəkildə çatlayır və parçalanır. Nəticədə yaranan aysberqlər qeyri-müntəzəm, piramidal, qübbəli və uca formalara malik olur. Onlar Şimali Atlantika okeanının gəmiçilik yollarına daxil olaraq (1912-ci ildə Titanik faciəsində olduğu kimi) ciddi risklər yaradırlar.

➤ Drift Dinamikası və Kinematika

Aysberqin okeandakı hərəkət trayektoriyası mürəkkəb bir fiziki tənlikdir. Bir aysberqin dəniz buzu (pack ice) hissəciklərindən əsas fərqi ondan ibarətdir ki, dəniz buzu əsasən küləyin təsiri ilə hərəkət etdiyi halda, aysberqin trayektoriyasını **okean axınları** müəyyən edir.

Aysberqə təsir edən qüvvələrin balansı aşağıdakı kimidir:

$$\vec{F}_{\text{ümumi}} = \vec{F}_{\text{külək}} + \vec{F}_{\text{axın}} + \vec{F}_{\text{Koriolis}} + \vec{F}_{\text{dalğa}} + \vec{F}_{\text{relyef}}$$

Külək vs Axın: Aysberqin böyük hissəsi suyun altında olduğundan, sualtı səthə təsir edən okean axınlarının hidrodinamik sürükləmə qüvvəsi, suüstü hissəyə təsir edən külək qüvvəsindən **3-4 dəfə daha güclüdür**. Bu səbəbdən aysberqlər bəzən güclü fırtınaların əksinə, dərin dəniz axınlarının istiqamətində hərəkət edirlər.

- **Koriolis Qüvvəsinin Təsiri:** Yer kürəsinin öz oxu ətrafında fırlanması nəticəsində yaranan Koriolis qüvvəsi nəhəng kütləyə malik aysberqlərin hərəkət trayektoriyasını Şimal yarımkürəsində sağa, Cənub yarımkürəsində isə sola doğru meyl etdirir.

➤ Qlobal Ekosistemdə və Okean sirkulyasiyasında Rolu

Termohalin Sirkulyasiyasının Pozulması

Aysberqlər əridikcə okeanın üst qatlarına böyük həcmdə soyuq və şirin su daxil olur. Şirin su dəniz suyuna nisbətən daha az sıxlığa malikdir. Bu yüngül və şirin su təbəqəsi okeanın səthində toplanaraq dərinlik sirkulyasiyasını (konveksiyanı) bloklayır. Bu proses qlobal istilik konveyeri olan **Termohalin sirkulyasiyasına** (məsələn, Atlantik Meridional Aşma Sirkulyasiyası- AMOC) mənfi təsir göstərir və Şimali Avropanın iqliminin kəskin şəkildə dəyişməsi riskini doğurur.

"Dəniz Oazisləri" və Dəmir Gübrələnməsi (Iron Fertilization)

Akademik baxımdan aysberqlər həm də okeanın ekoloji məhsuldarlığını artıran mobil agentlərdir. Quruda formalaşma mərhələsində buz qatı öz daxilinə və səthinə böyük miqdarda mineral toz və xüsusilə **dəmir (Fe^{2+} , Fe^{3+}) ionları** toplayır. Okeanda ərimə baş verdikdə bu mikroelementlər suya qarışır. Dəmir, okean fitoplanktonları (yosunlar) üçün ən məhdudlaşdırıcı (limiting) qida maddəsidir. Aysberqlərin ərimə zonalarında fitoplanktonların kütləvi çoxalması baş verir. Bu yosunlar fotosintez vasitəsilə atmosferdəki karbon qazını (CO_2) udaraq dənizin dibinə doğru nəql edir ki, bu da qlobal **karbon nasosu** (carbon pump) mexanizminin işləməsini təmin edir.

➤ Müasir Monitoring Texnologiyaları və Geosiyasət

İqlim dəyişikliyi fonunda aysberqlərin monitoringi milli təhlükəsizlik və iqtisadiyyat məsələsinə çevrilmişdir. NASA və Avropa Kosmik Agentliyinin (ESA) **SAR (Sintetik Aperturalı Radar)** peykləri (məsələn, Sentinel-1) buludlu hava şəraitindən və qütb gecələrindən asılı olmayaraq aysberqlərin hərəkətini radiolokasiya üsulu ilə 24/7 rejimində izləyir.

Alternativ Resurs kimi Baxış

Qlobal şirin su qıtlığı fonunda aysberqlərin Antarktida və Qrenlandiyadan quraqlıq çəkən regionlara (məsələn, Yaxın Şərq ölkələrinə, Cənubi Afrikaya) nəhəng yedəkçi gəmilərlə daşınması (Iceberg Towing) layihələri mühəndislik və coğrafiya elminin aktual müzakirə mövzularındandır. Baxmayaraq ki, daşınma zamanı baş verən termodinamik ərimə itkiləri və texniki çətinliklər hələ də bu layihələrin iqtisadi səmərəliliyini məhdudlaşdırır.

Nəticə

Aysberqlər sadəcə qütb landşaftının vizual elementləri deyil; onlar Yer kürəsinin iqlim, okean və bioloji sistemlərini bir-birinə bağlayan dinamik coğrafi obyektlərdir. Qlobal antropogen istiləşmə nəticəsində kalvinq prosesinin sürətlənməsi dünya okeanının səviyyəsinin qalxmasını stimullaşdırır. Aysberqlərin öyrənilməsi gələcək iqlim modellərinin dəqiqliyi və okeanların ekoloji dayanıqlığının proqnozlaşdırılması üçün fundamental əhəmiyyət kəsb edir.

Ədəbiyyat siyahısı

- Cuffey, K. M., & Paterson, W. S. B. (2010). *The Physics of Glaciers* (4th ed.). Academic Press.
- Benn, D. I., & Evans, D. J. (2014). *Glaciers and Glaciation* (2nd ed.). Routledge.
- Talley, L. D., Pickard, G. L., Emery, W. J., & Swift, J. H. (2011). *Descriptive Physical Oceanography: An Introduction* (6th ed.). Elsevier.
- Benn, D. I., Warren, C. R., & Mottram, R. H. (2007). Calving processes and the dynamics of calving glaciers. *Earth-Science Reviews*, 82(3-4), 143-179. doi.org
- Bigg, G. R. (2015). The life-cycle of the iceberg. *Journal of Glaciology*, 61(225), 115-128.
- Raiswell, R., & Canfield, D. E. (2012). The iron biogeochemical cycle past and present. *Geochemical Perspectives*, 1(1), 1-220.
- Scambos, T. A., Hulbe, C., Fahnestock, M., & Bohlander, J. (2000). The link between climate warming and break-up of ice shelves in the Antarctic Peninsula. *Journal of Glaciology*, 46(154), 516-530
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2019). *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate* [H.-O. Pörtner, D.C. Roberts, et al. (eds.)]. Cambridge University Press. (*Qlobal istiləşmənin dəniz buzı və aysberq dinamikasına təsiri barədə qlobal hesabat*).
- National Ice Center (USNIC). (2023). *Antarctic Iceberg Tracking Data and Nomenclature Guidelines*

Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacının arid landşaftlarının təbii komponentlərinin qarşılıqlı əlaqəsi

Aygün İsmayılova

Coğrafiya üzrə fəlsəfə doktoru müəllim

Aytən Teymurova

Bakı Dövlət Universiteti, Magistrant

Xülasə: Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacında formalaşan arid landşaftlar təbii komponentlərin qarşılıqlı təsiri nəticəsində yaranmış mürəkkəb təbii sistemlərdən biridir. Bu ərazilərdə relyef, iqlim, səth və yeraltı sular, torpaq və bitki örtüyü bir-biri ilə sıx əlaqədə olmaqla landşaftların səciyyəvi xüsusiyyətlərinin formalaşmasına təsir göstərir. Məqalədə ərazinin arid landşaftlarında təbii komponentlərin qarşılıqlı əlaqəsi, onların məkan üzrə dəyişməsi və bir komponentdə baş verən dəyişikliklərin digər komponentlərə təsiri araşdırılır. Xüsusilə iqlimin quraqlaşması, yağıntıların qeyri-bərabər paylanması və relyef xüsusiyyətlərinin torpaq-bitki örtüyünün inkişafına təsiri nəzərdən keçirilir. Eyni zamanda, su ehtiyatlarının məhdudluğu və təbii rütubət şəraiti arid landşaftların formalaşmasında mühüm amillər kimi qiymətləndirilir. Aparılan təhlillər göstərir ki, Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacında landşaftların davamlılığı ayrı-ayrı təbii komponentlərin vəziyyəti ilə yanaşı, onların qarşılıqlı əlaqəsindən də asılıdır. Buna görə də ərazinin təbii ehtiyatlarından istifadə zamanı landşaftın bütöv təbii sistem kimi qiymətləndirilməsi və onun mühafizəsinə kompleks yanaşılması mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Açar sözlər: Böyük Qafqaz, cənub-şərq yamacı, arid landşaft, təbii komponentlər, relyef, iqlim, torpaq, bitki örtüyü, su ehtiyatları, landşaftın qarşılıqlı əlaqəsi

Giriş: Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı Azərbaycan ərazisində təbii landşaftların müxtəlifliyi və onların məkan üzrə dəyişmə qanunauyğunluqları baxımından səciyyəvi ərazilərdəndir. Ərazinin təbii xüsusiyyətlərinin formalaşmasında relyefin morfometrik göstəriciləri, iqlim şəraiti, süxurların litoloji tərkibi, səth suları, torpaq və bitki örtüyü qarşılıqlı surətdə iştirak edir. Bu komponentlərin hər biri landşaftın müəyyən xüsusiyyətlərini şərtləndirməklə yanaşı, digər komponentlərin də inkişafına təsir göstərir. Bu səbəbdən də arid landşaftların formalaşması ayrı-ayrı təbii amillərin təsiri ilə deyil, onların vahid landşaft sistemi daxilində qarşılıqlı əlaqəsi əsasında nəzərdən keçirilməlidir. Cənub-şərq yamacının aşağı dağlıq və dağətəyi sahələrində aridliyin artması landşaftların strukturunda aydın şəkildə müəşahidə olunur. Şamaxı-Qobustan morfotektonik pilləsi daxilində alçaq dağlıq və dağətəyi landşaftların yayılması, arid meşə-kol, yarımsəhra və quruçöl landşaftlarının müəyyən istiqamətdə bir-birini əvəz etməsi ərazinin təbii şəraitinin müxtəlifliyini göstərir. Bu differensiasiyada iqlim amili ilə yanaşı, relyefin yüksəklik, meyillilik və ekspozisiya xüsusiyyətləri də mühüm rola malikdir [3]. Ərazinin nisbətən alçaq relyefi, cənub ekspozisiyalı yamacların geniş yayılması, yağıntıların azlığı, isti və quraq yay şəraiti arid landşaftların inkişafına əlverişli şərait yaradır. Tədqiqatlarda cənub-şərq yamacının alçaq dağlıq sahələri üçün orta illik temperatur təxminən 12-13,5°C, illik yağıntının isə əsasən 200-300 mm olduğu göstərilir [10]. Arid şəraitdə su amilinin məhdudluğu torpaq və bitki örtüyünün formalaşmasına birbaşa təsir göstərən əsas amillərdəndir. Rütubət çatışmazlığının artması ilə hidroloji şərait, torpaqəmələgəlmə prosesləri və bitki örtüyünün xüsusiyyətləri arasında qarşılıqlı əlaqə daha aydın şəkildə meydana çıxır. Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacında, xüsusilə Şamaxı və Qobustan ərazilərində yayılmış dağ boz-qəhvəyi torpaqların morfogenetik xüsusiyyətləri bu baxımdan diqqətəlayiqdir. S.S.Novruzovanın

tədqiqatında həmin torpaqların morfogenetik diaqnostikası və formalaşma xüsusiyyətləri ətraflı araşdırılmışdır [9]. Arid meşə-kol və seyrək bitki örtüyünün yayılması isə ərazinin rütubət rejimi ilə yanaşı, torpaqəmələgəlmə proseslərinə və səth örtüyünün sabitliyinə də təsir göstərir [2]. Mövzunun aktuallığı həm də ərazinin təbii landşaftlarının müasir vəziyyətinin antropogen təsirlər nəticəsində dəyişməsi ilə bağlıdır. Kənd təsərrüfatının inkişafı, torpaq örtüyündən intensiv istifadə və digər təsərrüfat fəaliyyətləri təbii komponentlər arasında formalaşmış əlaqələrə təsir göstərərək landşaftların strukturunda dəyişikliklər yarada bilər. Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı üzrə aparılmış elmi tədqiqatlarda landşaftların ərazi diferensiasiyası, antropogen dəyişmələri və ekogeografi xüsusiyyətkəri müxtəlif istiqamətlərdə araşdırılmışdır [8]. Bu baxımdan arid landşaftların müasir vəziyyətinin qiymətləndirilməsi zamanı təbii komponentlərin qarşılıqlı əlaqələrin, həmçinin həmin əlaqələrə antropogen təsirin nəzərə alınması mühüm elmi və praktiki əhəmiyyət daşıyır.

Bu məqalənin əsas məqsədi Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacında yayılmış arid landşaftların formalaşmasında iştirak edən təbii komponentlər arasındakı qarşılıqlı əlaqələri müəyyən etmək və həmin əlaqələrin landşaftların məkan üzrə diferensiasiyasına təsirini elmi ədəbiyyat və mövcud tədqiqat materialları əsasında ümumiləşdirməkdir. Qarşıya qoyulan məqsədə uyğun olaraq relyef, iqlim, hidroloji şərait, torpaq və bitki örtüyünün qarşılıqlı təsiri, onların arid landşaftların strukturunun formalaşmasındakı rolu və təbii komplekslərin müasir vəziyyəti nəzərdən keçirilir.

Tədqiqat ərazisinin təbii-coğrafi xüsusiyyətləri: Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı təbii şəraitinin müxtəlifliyi ilə seçilən və landşaftların məkan üzrə diferensiasiyasının aydın müşahidə olunduğu ərazilərdən biridir. Ərazinin relyef quruluşu landşaftların diferensiasiyasını müəyyən edən mühüm təbii amillərdəndir. Yüksəklik, yamacların meyilliliyi və ekspozisiyası istilik və rütubət şəraitinin ərazi üzrə dəyişməsinə səbəb olur. Bu baxımdan cənub-şərq yamacında landşaftların yalnız yüksəklik istiqamətində deyil, müxtəlif ekspozisiyalı yamaclar üzrə də fərqlənməsi təbii komponentlər arasındakı əlaqənin mühüm göstəricilərindən biridir [6].

Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacının aşağı və orta yüksəklikli hissələrində təbii şəraitin dəyişməsi landşaft örtüyünün də dəyişməsinə gətirib çıxarır. Ərazinin ayrı-ayrı hissələrində arid və yarımarid xüsusiyyətli landşaftların inkişaf etməsi, xüsusilə Şamaxı və Qobustan istiqamətində təbii komplekslərin özünəməxsus quruluş qazanması bu baxımdan diqqəti cəlb edir. 2024-cü ildə nəşr olunmuş tədqiqatda cənub-şərq yamacının landşaftlarının struktur-genetik xüsusiyyətləri və müasir vəziyyəti araşdırılmış, onların diferensiasiyasında təbii amillərlə yanaşı antropogen dəyişmələrin də rolu qiymətləndirilmişdir [4].

Ərazinin arid landşaftlarının səciyyəvi xüsusiyyətlərinin müəyyənləşməsində iqlim amili xüsusi əhəmiyyət daşıyır. İqlimin istilik və rütubət göstəriciləri torpaqəmələgəlmə proseslərinin istiqamətinə, bitki örtüyünün tərkibinə və səth proseslərinin intensivliyinə təsir edir. Rütubətin məhdud olduğu sahələrdə bitki örtüyünün seyrəkləşməsi torpaq səthinin xarici təsirlərə daha həssas olmasına şərait yaradır. Beləliklə, iqlim şəraiti ilə torpaq və bitki örtüyü arasında qarşılıqlı asılılıq yaranır.

Arid landşaftların formalaşmasında təbii komponentlərin rolu: Arid landşaftların formalaşması ayrı-ayrı təbii komponentlərin müstəqil fəaliyyəti ilə deyil, onların vahid təbii sistem daxilində qarşılıqlı təsiri ilə bağlıdır. Relyef iqlim elementlərinin ərazi üzrə paylanmasına təsir edir, iqlim torpaq və bitki örtüyünün inkişaf şəraitini müəyyənləşdirir, su ehtiyatları rütubət balansında iştirak edir, bitki örtüyü isə torpaq səthinin qorunmasına və üzvi maddələrin toplanmasına təsir göstərir. Buna görə də arid landşaftların tədqiqində komponentlərarası əlaqələrin bütöv sistem kimi nəzərdən keçirilməsi mühüm metodoloji əhəmiyyət daşıyır.

Relyefin rolu: Relyef landşaftın məkan quruluşunu müəyyənləşdirən əsas amillərdən biridir.

Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacında yüksəklik fərqləri ilə yanaşı, yamacların müxtəlif istiqamətlərə yönəlməsi və meyillilik dərəcəsinin fərqliliyi təbii şəraitin lokal xüsusiyyətlərini formalaşdırır. Yamac ekspozisiyasının dəyişməsi günəş radiasiyasının səthə daxilolma

xüsusiyyətlərinə, bununla əlaqədar istilik və rütubətin balansına təsir edir. Relyefin bu xüsusiyyətləri torpaq və bitki örtüyünün yayılmasında öz təsirini göstərir [6].

Yamacların meyillilik dərəcəsi səth axınının formalaşmasına və ekzogen proseslərin intensivliyinə təsir edən amillərdəndir. Meyilli səthlərdə atmosfer yağıntılarından yaranan su axınının hərəkəti sürətlənir və torpağın yuyulması üçün əlverişli şərait yarana bilər. Bitki örtüyünün zəif olduğu arid sahələrdə bu proseslərin təsiri daha aydın müşahidə olunur. Beləliklə relyef ilə səth suları və torpaq örtüyü arasında qarşılıqlı əlaqə yaranır.

İqlim və rütubət şəraiti: Arid landşaftların yaranmasında iqlimin rolu ilk olaraq istilik və rütubət balansına əsaslanır. Yağıntıların azlığı və isti dövrdə buxarlanmanın yüksək olması torpaqda nəmlik ehtiyatlarının azalmasına səbəb olur. Nəticədə suya tələbatı yüksək olan bitki formasıyalarının inkişaf imkanları məhdudlaşır və quraqlığa uyğunlaşmış bitkilərin üstünlük təşkil etdiyi komplekslər yaranır.

Cənub-şərq yamacının Şamaxı və Qobustan sahələrində torpaq örtüyünün xüsusiyyətlərinin tədqiqatı və öyrənilməsi göstərir ki, həmin ərazilərin torpaqəmələgəlmə prosesləri yerli təbii şəraitlə sıx bağlıdır.

Torpaq örtüyünün rolu: Torpaq landşaftın digər komponentləri ilə ən sıx əlaqədə olan komponentlərdən biridir. Onun formalaşması iqlim, relyef, ana süxur, bitki və zaman amillərinin qarşılıqlı təsiri ilə baş verir. Arid şəraitdə rütubət çatışmazlığı torpaqəmələgəlmə proseslərinin xarakterinə və torpağın morfoloji xüsusiyyətlərinə təsir göstərir. Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacında, əsasən Şamaxı və Qobustan ərazilərində dağ boz-qəhvəyi torpaqların yayılması bu baxımdan mühüm əhəmiyyət daşıyır.

Torpaq örtüyünün vəziyyəti bitki örtüyünün inkişafına da təsir göstərir. Torpağın su-fiziki xüsusiyyətləri və qida maddələri ilə təminat dərəcəsi bitkilərin yayılma imkanlarını müəyyənləşdirir. Digər tərəfdən, bitkilərin kök sistemi torpağın strukturunun formalaşmasında iştirak edir, üzvi qalıqlar isə torpağın üzvi maddə ehtiyatına öz təsirini göstərir. Bu səbəblərdən də torpaq və bitki örtüyü arasında qarşılıqlı əlaqə arid landşaftların sabitliyinin mühüm şərtlərindən biridir.

Təbii komponentlərin qarşılıqlı əlaqəsi: Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacının arid landşaftlarında təbii komponentlərin bir-biri ilə qarşılıqlı əlaqəsi ardıcıl proseslər sistemi kimi meydana çıxır. Relyefin dəyişməsi iqlim göstəricilərinin lokal xüsusiyyətlərinə təsir edir; iqlim şəraiti torpağın və bitki örtüyünün formalaşmasına təsir göstərir; torpaq və bitki örtüyü isə öz növbəsində səth axınına və eroziya proseslərinə təsir edir. Beləliklə, bir komponentdə baş verən dəyişiklik müəyyən dərəcədə digər komponentlərdə də öz əksini tapır.

Bu əlaqə xüsusilə relyef-iqlim-torpaq-bitki ardıcılığında aydın görünür. Yüksəklik və ekspozisiya dəyişdikcə istilik və rütubət şəraiti dəyişir. Bunun nəticəsində torpaq örtüyünün xüsusiyyətləri həmçinin bitki formasıyalarının tərkibi də fərqlənir.

Arid şəraitdə bitki örtüyünün seyrəkliyi səthin eroziya proseslərinə qarşı davamlılığını axaldır. Bunun əksi olaraq isə bitki örtüyünün nisbətən sıx olduğu sahələrdə torpaq səthinin qorunması güclənir. Beləliklə, bitki örtüyü yalnız iqlim və torpaq şəraitinin nəticəsi deyil, həm də landşaftın sonrakı inkişafına təsir edən amildir.

Cədvəl 1. Təbii komponentlər arasında əsas qarşılıqlı əlaqələr

Təbii komponent	Əsas təsir istiqaməti	Qarşılıqlı əlaqənin nəticəsi
Relyef	Yüksəklik, meyillilik və ekspozisiyanı müəyyən edir	İstilik-rütubət şəraitinin və səth axınının dəyişməsi
İqlim	İstilik və rütubət balansını formalaşdırır	Torpaq və bitki örtüyünün diferensiasiyası
Su	Rütubətin ərazi üzrə paylanması iştirak edir	Torpaq və bitki örtüyünün lokal xüsusiyyətlərinin dəyişməsi
Torpaq	Bitkilərin su və qida təminatına təsir edir	Bitki örtüyünün tərkibi və sıxlığının formalaşması
Bitki örtüyü	Torpaq səthini qoruyur, üzvi qalıq yaradır	Eroziyanın və torpaqəmələgəlmə proseslərinin dəyişməsi

Antropogen təsir və arid landşaftların müasir vəziyyəti. Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacında təbii landşaftların müasir vəziyyətinin formalaşmasında antropogen amillər də mühüm rol oynayır.

Kənd təsərrüfatı fəaliyyətinin genişlənməsi, otlaq sahələrindən istifadə və yamacların təsərrüfata cəlb edilməsi təbii örtüyün dəyişməsinə səbəb ola bilər. Xüsusilə arid şəraitdə bitki örtüyünün azalması torpaq səthinin eroziyaya qarşı davamlılığını azaldır. Buna görə də təbii landşaftların mühafizəsi zamanı təsərrüfat fəaliyyətinin ərazinin təbii xüsusiyyətləri ilə uyğunlaşdırılması mühüm məsələdir.

Müasir tədqiqatlarda Böyük Qafqazın cənub və cənub-şərq yamaclarında eroziya, sel, sürüşmə və digər ekzodinamik proseslərin tədqiqinə də diqqət yetirilir. Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının Coğrafiya İnstitutunun məlumatına görə, Oğuz, İsmayilli, Şamaxı və Qəbələ rayonlarında aparılmış çöl tədqiqatları zamanı eroziya, sel və sürüşmə prosesləri araşdırılmış və təhlükəli sahələrin xəritələşdirilməsi həyata keçirilmişdir [1].

Bu proseslər göstərir ki, landşaftın ayrı-ayrı komponentlərinin vəziyyəti bütöv sistemin davamlılığı ilə əlaqədardır.

Bitki örtüyünün pozulması torpaq səthinin qorunmasını zəiflədə, torpağın degradasiyası isə bitki örtüyünün bərpa imkanlarını məhdudlaşdırır. Buna görə də arid landşaftların mühafizəsində komponentlərarası əlaqələrin nəzərə alınması daha səmərəli nəticə verir.

Nəticə: Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacının arid landşaftlarının təhlili göstərir ki, onların formalaşması və məkan üzrə diferensiasiyası təbii komponentlərin qarşılıqlı fəaliyyəti ilə şərtlənir. Relyefin yüksəklik, meyillilik və ekspozisiya xüsusiyyətləri istilik-rütubət şəraitinin lokal dəyişməsinə təsir göstərir. İqlim şəraitindəki fərqlər isə torpaq və bitki örtüyünün inkişaf istiqamətində özünü göstərir.

Şamaxı və Qobustan ərazilərində dağ boz-qəhvəyi torpaqların yayılması arid təbii şəraitlə torpaqəmələgəlmə prosesləri arasındakı əlaqənin öyrənilməsi baxımından xüsusi əhəmiyyətə malikdir[10]. Relyefin morfometrik xüsusiyyətləri, xüsusilə yamacların meyilliliyi və ekspozisiyası landşaft diferensiasiyasının mühüm amillərindən biri kimi çıxış edir [5,6].

Nəticə etibarilə, ərazinin arid landşaftlarını yalnız iqlim şəraitinin təsiri ilə izah etmək düzgün olmaz. Relyef, iqlim, su, torpaq və bitki örtüyü vahid təbii sistem təşkil edir və onların hər birindəki dəyişiklik digər komponentlərin vəziyyətinə təsir göstərir. Antropogen fəaliyyətin bu əlaqələr sisteminə əlavə təsir göstərməsi isə landşaftların müasir vəziyyətinin qiymətləndirilməsində təbii və antropogen amillərin birlikdə nəzərdən keçirilməsini zəruri edir.

Ədəbiyyat:

1. Əliyev, Z. H. Physical and chemical features of slope lands on the southeast part of the Greater Caucasus on the example Gobustan, Shamah and Ismayillinsky districts. Journal of Ecology & Natural Resources. <https://doi.org/10.23880/ienr-16000165>
2. Azərbaycan Coğrafiya Cəmiyyəti. Akademik Həsən Əliyev 110 – “Torpaq coğrafiyası şöbəsi – 60”. Torpaq coğrafiyası üzrə elmi-tədqiqat materialları.
3. Hacıyeva, A. Z., Cəfərova, F. M., & Hacıyeva, G. N. (2024). Structural-genetic characteristics of landscapes of the southeastern slope of the Great Caucasus and study of their modern state. Proceedings of the Bulgarian Academy of Sciences, 77(1). <https://doi.org/10.7546/CRABS.2024.01.08>
4. İmanova, S. H., & İsmayılova, A. A. (2014). Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacının təbii landşaft komplekslərinə kənd təsərrüfatının təsiri. Pedaqoji Universitet Xəbərləri, (2).
5. İsmayılova, A. A. (2007). Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı landşaftlarının ərazi differensiasiyasının bəzi xüsusiyyətlərinə dair. Coğrafiyanın bu günü və sabahı. Bakı.
6. İsmayılova, A. A. (2008). Müasir landşaftların formalaşmasında Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı relyefinin differensiasiya xüsusiyyətlərinin təsiri. Azərbaycan Coğrafiya Cəmiyyətinin əsərləri. Bakı.
7. İsmayılova, A. A. (2013). Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı landşaftlarının ekocoğrafi qiymətləndirilməsi. Bakı.
8. İsmayılova, A. A. Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı landşaftlarının ərazi differensiasiyasının bəzi xüsusiyyətlərinə dair; Müasir landşaftların formalaşmasında Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı relyefinin differensiasiya xüsusiyyətlərinin təsiri və digər tədqiqatlar. Biblioqrafik məlumatlar Azərbaycan Milli Elmlər Akademiyasının avtoreferat materialında verilmişdir.
9. Novruzova, S. S. (2025). Böyük Qafqazın cənub-şərq yamacı dağ boz-qəhvəyi torpaqlarının morfogenetik diaqnostikasının tədqiqi: Şamaxı və Qobustanda. Aqrar elmlər üzrə fəlsəfə doktoru dissertasiyasının avtoreferatı.
10. Study of the influence of the activity of mud volcanoes on the creation of modern landscapes in Azerbaijan (in the image of the southeastern slope of the Greater Caucasus). Natural Resource Potential and Ecological Rehabilitation of Degraded Landscapes.



Proceedings of the 14th International Scientific Conference «Research Reviews» (October 1-2, 2026). Prague, Czech republic, 2026. 138p

editor@publisher.agency

<https://publisher.agency>

University of Prague

Vrbova 142

Prague

147 00 Czech Republic