

ҚАЗАҚСТАН РЕСПУБЛИКАСЫ
ҒЫЛЫМ ЖӘНЕ ЖОҒАРҒЫ БІЛІМ МИНИСТРЛІГІ

ISSN 1680-080X (print)
2788-6948 (online)

**Қазақ бас сәулет-құрылыс
академиясының
ХАБАРШЫСЫ**

№1 (95) 2025

**BULLETIN
of Kazakh Leading
Academy of Architecture
and Construction**

**ВЕСТНИК
Казахской головной
архитектурно-
строительной
академии**

Журнал 2001 жылдан бастап шығады
Journal has been publishing since 2001
Журнал издается с 2001 года

Жылына 4 рет шығады
Quarterly journal
Выходит 4 раза в год

Алматы, 2025

РЕДКОЛЛЕГИЯ / EDITORIAL BOARD

Бектурганова Н.Е. / N.Y. Bekturganova / Бектурганова Н.Е. – Бас редактор / Editor-in-Chief / Главный редактор

Химия ғылымдарының кандидаты, құрылыс технологиялары, инфрақұрылым және менеджмент факультетінің профессоры, жоғарғы оқу орнынан кейінгі білім беру департаментінің директоры, ХБК, Алматы, Қазақстан / Candidate of Chemical Sciences, Professor of Faculty of Construction Technologies Infrastructure and Management, Director of the Department of Postgraduate Education, IEC, Almaty, Kazakhstan / Кандидат химических наук, профессор факультета строительных технологий, инфраструктуры и менеджмента, директор департамента послевузовского образования, МОК, Алматы, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0003-3062-3340>, e-mail: n.bekturganova@mok.kz

Абдрасилова Г.С. / G.S. Abdrassilova / Абдрасилова Г.С. – Сәулет бөлімінің ғылыми редакторы / Scientific Editor of architecture section / Научный редактор раздела архитектуры
Сәулет докторы, сәулет факультетінің зерттеуші профессоры, ХБК, Алматы, Қазақстан / Doctor of Architecture, Academic Professor, Faculty of Architecture, IEC, Almaty, Kazakhstan / Доктор архитектуры, профессор-исследователь факультета архитектуры, МОК, Алматы, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-3828-9220>, e-mail: g.abdrassilova@kazgasa.kz

Молдамуратов Ж.Н. / Zh.N. Moldamuratov / Молдамуратов Ж.Н. – Құрылыс бөлімінің ғылыми редакторы / Scientific Editor of the Civil Engineering Section / Научный редактор раздела строительства
PhD, қауымдастырылған профессор, жалпы құрылыс факультетінің деканы, ХБК, Алматы, Қазақстан / PhD, Associate Professor, Dean of Faculty of General Construction, IEC, Almaty, Kazakhstan / PhD, ассоциированный профессор, декан факультета общего строительства, МОК, Алматы, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-4573-1179>, e-mail: zhanga_m_n@mail.ru

Құлтаева Ш.М. / S. Kultayeva / Құлтаева Ш.М. – Материалтану бөлімінің ғылыми редакторы / Scientific Editor of the Materials Science Section / Научный редактор раздела материаловедения
PhD, Жоғарғы оқу орнынан кейінгі білім беру департаментінің үйлестірушісі, ХБК, Алматы, Қазақстан / PhD, coordinator of the Department for Science, IEC, Almaty, Kazakhstan / PhD, Координатор департамента послевузовского образования, МОК, Алматы, Казахстан
<https://orcid.org/0000-0002-2409-1184>, e-mail: mk1610sh@gmail.com

Есімханова А.Е. / A.E. Yesimkhanova / Есімханова А.Е. – Техникалық редактор / Technical Editor / Технический редактор
«Құрылыс және сәулет» баспасының редакторы, ХБК, Қазақстан / Editor of the publishing house «Construction and Architecture», IEC, Almaty, Kazakhstan / редактор издательства «Строительство и Архитектура», МОК, Алматы, Казахстан
e-mail: idmok_777@mail.ru

Ким Е.В. / Y.-W. Kim / Ким Е.В.

PhD, Сеул Университетінің профессоры, Сеул, Оңтүстік Корея / PhD, professor of the University of Seoul (UOS), Seoul, South Korea / PhD, профессор Университета Сеул, Сеул, Южная Корея

<https://orcid.org/0000-0001-6275-0323>, e-mail: ywkim@uos.ac.kr

Ватин Н.И. / N.I. Vatin / Ватин Н.И.

Т.ғ.д., профессор, С-Петербург политехникалық университеті Құрылыс институтының директоры, Ресей / Doctor of Technical Sciences, professor, director of the Institute of Construction, Russia / д.т.н., профессор, директор Института строительства, С-Петербургский политехнический университет, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-1196-8004>, e-mail: vatin_ni@spbstu.ru

Амандыкова Д.А. / D.A. Amandykova / Амандықова Д.А.

Сәулет кандидаты, Дизайн факультетінің деканы, ХБК, Қазақстан / Candidate of Arch., Dean of the Faculty of Disegn, IEC, Kazakhstan / к.арх., декан факультета Дизайна, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-2322-8430>, e-mail: abilmazhin.dina@mail.ru

Куц С. / S. Kuc / Куц С.

Сәулет докторы, Краков технологиялық университетінің профессоры, Польша / Doctor of Architecture, Professor, Krakow University of Technology, Poland / д.арх., профессор Краковского технологического университета, Польша

<https://orcid.org/0000-0002-8106-9215>, e-mail: kuc.sabina@team.busko.pl

Байтенов Э.М. / E. Baitenov / Байтенов Э.М.

Сәулет докторы, Сәулет факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Doctor of Arch., Associate Professor of the Faculty of Architecture, IEC, Kazakhstan / д.арх., ассоциированный профессор факультета Архитектуры, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-0509-8396>, e-mail: bajte@mail.ru

Әділова Д.Ә. / D. A. Adilova / Адилова Д.А.

Э.ғ.к., ҚТИЖМ факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate of economic science, Associate Professor of faculty of CTIM, IEC, Kazakhstan / К.э.н., ассоциированный профессор факультета СТИиМ, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0001-9904-0464>, e-mail: dadilova65@mail.ru

Бесімбаев Е.Т. / Ye.T. Bessimbayev/ Бесимбаев Е.Т.

Т.ғ.д., Сәтпаев Университетінің профессоры, Қазақстан / Doctor of Technical Sciences, Professor of the Satpayev University, Kazakhstan / д.т.н., профессор Сатпаев Университета, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-0869-3513>, e-mail: eric.bessimbaev@mail.ru

Ыбраимбаева Г.Б. / G.B. Ibraimbayeva / Ибраимбаева Г.Б.

Т.ғ.к., ҚТИЖМ факультетінің қауымдастырылған профессоры, «Құрылыстағы материалдар технологиясы және менеджмент» кафедрасының меңгерушісі, ХБК, Қазақстан / Candidate of technical science, Associate Professor of the Faculty of CTIM, Head of the Department «Materials Technology and Management in Construction», IEC, Kazakhstan / к.т.н., ассоциированный профессор факультета СТиМ, заведующий кафедрой «Технология материалов и менеджмент в строительстве», МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-4778-5664>, e-mail: gulnazik1971@mail.ru

Глаудинова М.Б. / M.B. Glaudinova / Глаудинова М.Б.

Сәулет докторы, Сәулет факультетінің профессоры, "ЮНЕСКО" кафедрасының меңгерушісі, ХБК, Қазақстан / Doctor of architecture, Professor of Faculty of Architecture, Head of the «UNESCO» Department, IEC, Kazakhstan / Доктор архитектуры, профессор факультета архитектуры, заведующий кафедрой «ЮНЕСКО», МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-5848-3100>, e-mail: mehris@mail.ru

Туяқева А.К. / A.K. Tuysakayeva / Туяқева А.К.

Сәулет кандидаты, Сәулет факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate Arch., Assosociate Professor, ІЕС, Kazakhstan / к.арх., ассоциированный профессор факультета Архитектуры, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-2322-8430>, e-mail: tainagul@yandex.ru

Хомяков В.А. / V.A. Khomyakov / Хомяков В.А.

Т.ғ.д., «ҚазҚСҒЗИ» АҚ-нің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Doctor of technical science, Assosociate Professor of JSC “KazSRDICA”, Kazakhstan / Д.т.н., ассоциированный профессор АО «КазНИИСА», МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-0384-7170>, e-mail: khomyakov57@list.ru

Шокбаров Е.М. / Y.M. Shokbarov / Шокбаров Е.М.

Т.ғ.к., АҚ «ҚазҚСҒЗИ» өндіріс директоры, Қазақстан / Candidate of technical science, Director of Production in JSC “KazSRDICA”, Kazakhstan / К.т.н., директор по производству АО «КазНИИСА», Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-1188-430X>, e-mail: eshokbarov@kazniisa.kz

Жакипбаев Б.Е. / B.Y. Zhakipbayev / Жакипбаев Б.Е.

PhD, Мұхтар Әуезов атындағы ОҚУ қауымдастырылған профессоры, Қазақстан / PhD, Associate Professor of the Auezov University, Kazakhstan / PhD, ассоциированный профессор ЮКУ имени Мухтара Ауезова, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0002-1412-7796>, e-mail: bibol_8484@mail.ru

Талал Аввад / Talal Awwad / Талал Аввад

PhD, Император Александр I Петербург Мемлекеттік байланыс жолдары университетінің профессоры, Ресей / PhD, Professor of the St. Petersburg State University of Railways of Emperor Alexander I, Russia / PhD, профессор Петербургский Государственный Университет путей сообщения Императора Александра I, Россия

<https://orcid.org/0000-0002-6487-2428>, e-mail: dr.awwad.gfce@gmail.com, dr.awwad@ymail.com

Сабри Моханад Муяд Сабри/ Sabri Mohanad Muayad Sabri / Сабри Моханад Муяд Сабри

Т.ғ.к., Санкт-Петербург политехникалық университеті, Ресей / Candidate of technical science, St. Petersburg Polytechnic University, Russia / К.т.н., Санкт-Петербургский политехнический университет, Россия

<https://orcid.org/0000-0003-3154-8207>, e-mail: sabri_mm@spbstu.ru

Пьентек Бартош / Piątek, Bartosz / Пьентек Бартош

PhD, И. Лукасевич атындағы Ресей политехникалық университетінің профессоры / PhD, Professor of the Rzeszow University of Technology, Poland / PhD, профессор Жешувского политехнического университета им. И. Лукасевича, Польша

<https://orcid.org/0000-0001-5824-1892>, e-mail: piatek@prz.edu.pl

Жұмағұлова Р.Е. / R.E. Zhumagulova / Жұмағұлова Р.Е.

Т.ғ.к., ҚТИЖМ факультетінің қауымдастырылған профессоры, ХБК, Қазақстан / Candidate of technical science, Associate Professor of the Faculty of CTIM, ІЕС, Kazakhstan / К.т.н., ассоциированный профессор факультета СТИИМ, МОК, Казахстан

<https://orcid.org/0000-0003-4889-5477>, e-mail: roza_j@mail.ru

Саламзаде Э.А. / E. Salamzade / Саламзаде Э.А.

Өнертану докторы, профессор, Әзірбайжан ҰҒА корреспондент-мүшесі, Әзірбайжан ҰҒА сәулет және өнер институтының директоры / Doctor in art history, Professor, Corresponding Member of NAS of Azerbaijan, Director of Institute of architecture and art of NAS of Azerbaijan / доктор искусствоведения, профессор, член-корреспондент НАН Азербайджана, директор Института архитектуры и искусства НАН Азербайджана
e-mail: ertegin@baku.ab.az

Уйма А. / A.Ujma / Уйма А.

PhD, Ченстохов технологиялық университетінің профессоры, Польша/ Ph.D., Professor of Czestochowa University of technology, Czestochowa / Ph.D., профессор Ченстоховского технологического университета, Польша
<https://orcid.org/0000-0001-5331-6808>, e-mail: adam.ujma@pcz.pl

Шубин И.Л. / I.L. Shubin / Шубин И.Л.

Т.ғ.д., Құрылыс физика ҒЗИ директоры, Ресей сәулет және құрылыс ғылымдары академиясының корреспондент-мүшесі, Ресей / Doctor of Technical Sciences, Director of the Research Institute of Construction Physics, Corresponding Member of the Russian Academy of Architecture and Construction Sciences, Russia / д.т.н., директор НИИ строительной физики, член-корреспондент Российской академии архитектуры и строительных наук, Россия
<https://www.scopus.com/authid/detail.uri?authorId=55353536300>, e-mail: niisf@niisf.ru

Редакция мекенжайы:

«Халықаралық білім беру корпорациясы» ЖШС
050043, Алматы қ-сы, Рысқұлбеков к-сі, 28
Tel. 8(727) 220-81-03, ішкі 1179
Email: science@kazgasa.kz
<https://vestnik.mok.kz/>

Editorial office address:

«International Educational Corporation» LLP
050043, Almaty, Ryskulbekov str. 28
Tel. 8 (727) 220-81-03, ext. 1179
email: science@kazgasa.kz
<https://vestnik.mok.kz/>

Адрес редакции:

ТОО «Международная образовательная корпорация»
050043, г. Алматы, ул. Рысқұлбекова, 28
Tel. 8 (727) 355 10 56, внутр. 1135
email: science@kazgasa.kz
<https://vestnik.mok.kz/>

© Международная
образовательная корпорация,
2025

СОДЕРЖАНИЕ

АРХИТЕКТУРА

T.A. Gvozdikova, A.S. Saybulatova, I.I. Ostapenko, O.L. Bantserova Functional zoning and landscaping of the school territory during the development of the general plan	7
D. Yembergenova, A. Akhmedova, E. Surova Analysis of modern volumetric-spatial solutions in architecture and cinematography of Kazakhstan	21
К.О. Жеделов, Б.М. Кенесов, Т.К. Узакбаев Мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісі	38
T.Y. Karatseyeva Living environments: from XX th century theory to XXI st century practice	56
В.А. Мусабаева, О.Н. Приемец, Б.У. Құспанғалиев, К.И.Самойлов, Г.К. Садвокасова Астанадағы Нұра ауданының су басатын аумақтарының қала құрылысы перспективалары	71
K.Y. Tabynbayeva, F.V. Mustafayeva Innovative approaches and architecture of modern residential complexes, the city of Baku	89
С.И. Чалы Архитектурная среда, как фактор комфортности проживания на примере города Астаны	103
K.O. Yun, L.T. Nurkusheva Peculiarities of the introduction of additive technologies in the educational design programme	114

СТРОИТЕЛЬСТВО

K.T. Alenov, E.T. Bessimbayev, A.S. Shadkam, S.E. Niyetbay Design of a slab foundation with vertically reinforcing elements	127
B. Khalkabay, M.M. Baiarystanov, D. A. Tlesh Development of technological schemes of water supply for small settlements	144
А.Т. Мухамеджанова, Д. Қажимқанұлы, Е.Б. Утепов, А.С. Тулебекова, С.А. Караулов Обзор современных гис-технологий для управления рисками подтопления, перспективы развития	160
A.K. Nurakhova, S.N. Kiyalbay Model of thermal balance change in large cities and sources of its emergence	175
M. Nurpeisova, A. Umirbayeva, B. Myngzhassarov, T. N. Nurpeisova, D. Kirgizbayeva, N. Bakyt, E. Levin Improving methods of geodetic monitoring of hydraulic structures using the example of Kapshagay HPP	187
M.S. Salauat, A.K. Aldigazyeva, A.A. Bashayeva Research on the effectiveness of using the rubber-soil method	197
А.К.Самбетбаева, Р.Б.Болатова, Э.Б.Күрманбекова, С.Т.Шалтабаева Экологичный звукоизоляционный материал для дверных конструкций	207
A.Z. Tukhtamisheva, D.A. Adilova Study of properties of multilayer reflective thermal insulation materials for improving energy efficiency of buildings	222
G.K. Syndarbekova, Z.A. Yestemesov, G.M. Rakhimova, B.U. Yerkebayeva, M.B. Nurpeisova, E.N. Potapova Changes in properties of portland cements cem i 32.5 and cem i 42.5 with the addition of fly ash)	224

FUNCTIONAL ZONING AND LANDSCAPING OF THE SCHOOL TERRITORY DURING THE DEVELOPMENT OF THE GENERAL PLAN

T.A. Gvozdikova¹ , A.S. Saybulatova¹ , I.I. Ostapenko^{1,*} , O.L. Bantserova² 

¹International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

²National Research Moscow State University of Civil Engineering, Moscow, Russia

Abstract. *The article deals with the issues of developing a general plan of the school grounds by creating a space with a green area and the use of ecological materials. In large cities of Kazakhstan, including Almaty, there is a problem with the architecture and landscaping of school buildings. There is a complete lack of landscaped areas around educational institutions, which is a serious problem, not just a lack of modern schools. Another problem is the shortage of places in pre-school institutions, where sports stadiums at schools, if any, are transferred for the construction of kindergartens or other institutions. This significantly reduces the school grounds that should be used for the education, aesthetic development and health of students. As a result of this study and the analysis of available experience, a key principle in the development of general plans for school buildings has been identified: the harmonious interaction of the context, the content of the learning process and the learning process itself. Trends are outlined and variants of transformations in architectural and planning solutions concerning functional zoning of the territory and improvement of the space adjacent to the school are given. The example of the general plan of the school “Terekty” in Alatau district of Almaty is considered. Based on the obtained data, effective models of school space organization were proposed and the taxonomy of territory formation around the school building was determined. As a result of the study, three main concepts for the formation of a modern general plan were identified, which meet the requirements of the latest approaches in education.*

Keywords: *School, landscaping, general plan, functional zoning, vertical layout, landform organization.*

***Corresponding author**

Inna Ostapenko, e-mail: Ostapinna@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-01>

Received 20 December 2024; Revised 23 January 2025; Accepted 11 February 2025

БАС ЖОСПАРДЫ ӘЗІРЛЕУ КЕЗІНДЕ МЕКТЕП АУМАҒЫН ФУНКЦИОНАЛДЫҚ АЙМАҚТАРҒА БӨЛУ ЖӘНЕ АБАТТАНДЫРУ

Т.А. Гвоздиков¹ , А.С. Сайбулатова¹ , И.И. Остапенко^{1,*} , О.Л. Банцерава² 

¹Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

²Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет, Москва, Россия

Аңдатпа. Мақалада көгалдандырылған аумақпен кеңістік құру және экологиялық материалдарды қолдану арқылы мектеп жанындағы аумақтың бас жоспарын әзірлеу мәселелері қарастырылады. Қазақстанның ірі қалаларында, соның ішінде Алматыда мектеп ғимараттарының сәулеті мен абаттандырылуында проблема бар. Білім беру мекемелерінің айналасында толықтай жабдықталған аумақ жоқ, бұл қазіргі заманғы мектептердің жетіспеушілігі ғана емес, күрделі мәселе болып табылады. Тағы бір мәселе - мектепке дейінгі балалар мекемелеріндегі орындардың тапшылығы, онда мектептердегі спорттық стадиондар, егер бар болса, балабақшалар немесе басқа мекемелер салуға беріледі. Бұл білім беру, эстетикалық даму және оқушылардың денсаулығын сақтау үшін пайдаланылуы тиіс мектеп жанындағы аумақтарды айтарлықтай қысқартады. Осы зерттеу және қолда бар тәжірибені талдау нәтижесінде мектеп ғимараттарының бас жоспарларын әзірлеудегі негізгі қағидат анықталды: контексттің, оқу процесінің мазмұнының және оқу процесінің үйлесімді өзара әрекеттесуі. Трендтер белгіленіп, мектепке іргелес аумақты функционалдық аймақтарға бөлуге және кеңістікті абаттандыруға қатысты сәулет-жоспарлау шешімдеріндегі трансформациялардың нұсқалары келтірілген. Алматы қаласы Алау ауданындағы "Теректі" мектебінің бас жоспарының мысалы қаралды. Алынған мәліметтер негізінде мектеп кеңістігін ұйымдастырудың тиімді модельдері ұсынылды және мектеп ғимаратының айналасында аумақты қалыптастыру таксономиясы анықталды. Зерттеу нәтижесінде білім берудегі жаңа тәсілдердің талаптарына сәйкес келетін заманауи Бас жоспарды қалыптастырудың үш негізгі тұжырымдамасы анықталды.

Түйін сөздер: Мектеп, абаттандыру, бас жоспар, функционалды аймақтарға бөлу, тік жоспарлау, рельефті ұйымдастыру.

*Автор-корреспондент

Инна Остапенко, e-mail: Ostapinna@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-01>

Алынды 20 желтоқсан 2024; Қайта қаралды 23 қаңтар 2025; Қабылданды 11 ақпан 2025

ФУНКЦИОНАЛЬНОЕ ЗОНИРОВАНИЕ И БЛАГОУСТРОЙСТВО ТЕРРИТОРИИ ШКОЛ ПРИ РАЗРАБОТКЕ ГЕНЕРАЛЬНОГО ПЛАНА

Т.А. Гвоздикова¹  А.С. Сайбулатова¹  И.И. Остапенко^{1,*} , О.Л. Банцерава² 

¹Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

²Ұлттық зерттеу Мәскеу мемлекеттік құрылыс университеті, Мәскеу, Ресей

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы разработки генерального плана пришкольной территории, путем создания пространства с озелененной территорией и применением экологических материалов. В крупных городах Казахстана, включая Алматы, существует проблема с архитектурой и благоустройством школьных зданий. В полной мере отсутствует обустроенная территории вокруг образовательных учреждений, что представляет собой серьезную проблему, а не просто недостаток современных школ. Другой проблемой является дефицит мест в детских дошкольных учреждениях, где спортивные стадионы при школах, если таковые были, передаются под строительство детских садов или других учреждений. Это значительно сокращает пришкольные территории, которые должны использоваться для воспитания, эстетического развития и поддержания здоровья учащихся. В результате данного исследования и анализа имеющегося опыта, был выделен ключевой принцип в разработке генеральных планов школьных зданий: гармоничное взаимодействие контекста, содержания учебного процесса и самого процесса обучения. Обозначены тенденции и приведены варианты трансформаций в архитектурно-планировочных решениях, касающихся функционального зонирования территории и благоустройства пространства, прилегающего к школе. Рассмотрен пример генерального плана школы «Теректи» в Алатауском районе г. Алматы. На основе полученных данных были предложены эффективные модели организации школьного пространства и определена таксономия формирования территории вокруг здания школы. В результате исследования выявлены три главных концепта для формирования современного генерального плана, которые соответствуют требованиям новейших подходов в образовании.

Ключевые слова: школа, благоустройство, генеральный план, функциональное зонирование, вертикальная планировка, организация рельефа.

*Автор-корреспондент

Инна Остапенко, e-mail: Ostapinna@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-01>

Поступило 20 декабря 2024; Пересмотрено 23 января 2025; Принято 11 февраля 2025

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

Author is grateful to colleagues of the International Educational Corporation (KazGASA campus), who provided consulting assistance in conducting the study.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

Автор зерттеу барысында консультациялық көмек көрсеткен Халықаралық білім беру корпорациясының (ҚазБСҚА кампусы) әріптестеріне алғысын білдіреді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

Автор выражает благодарность коллегам Международной Образовательной корпорации (кампус КазГАСА), оказавшим консультационную помощь при проведении исследования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

Kazakhstan is a multinational country with rich traditions and unique customs. Historically, Kazakh families tend to have several children, often more than four, which creates the need to choose the best educational institution for their education. In such families, preference is given to educational organizations that offer a continuum of learning from kindergarten onwards. There are such institutions in Kazakhstan, however, most often they are private, which makes their cost unaffordable for the majority of citizens.

Thus, it can be argued that one of the possible directions of development of educational institutions in Kazakhstan could be complexes of continuous education, covering the entire cycle of education - from kindergarten to higher education. It is important to note that the quality of these complexes will depend not only on the architecture of buildings and structures, as well as the improvement of the school grounds. The general plan of such complexes should take into account all aspects of the educational process and orientation, including modern educational programs and highly qualified teaching staff. Architectural solutions can certainly play a significant role in the successful realization of this idea.

One of the most pressing problems in our country's residential neighborhoods is the lack of social facilities, particularly educational institutions such as schools and kindergartens, especially in new neighborhoods. A school is an important piece of infrastructure where children receive their primary education. It is extremely important that the architecture of this building is not only safe, but also comfortable for students and teaching staff. The process of designing a school is a multifaceted and labor-intensive task that involves the development of a general plan for the future structure. During this process, various technical requirements, architectural features and structural elements are taken into account, which ensures the creation of a quality improvement of the educational space.

The lack of a properly landscaped area around educational institutions is a serious problem that goes beyond the simple shortage of modern schools. In order to combat the shortage of places in preschool institutions, sports stadiums located on the territory of schools are often given over to the construction of kindergartens. This practice significantly reduces the school grounds that should serve for the education, aesthetic development and health improvement of students. It is important to revise architectural approaches and include in the general plan the development of infrastructure of educational institutions with a focus on creating multifunctional and landscaped spaces conducive to the full development of children.

According to the existing regulations and educational standards, sports are a key component of the educational process, including the organization of outdoor physical activity. In this regard, reducing the school area by removing the stadium and adjacent sports facilities will have a negative impact on the quality of educational services provided. It is important to take these aspects into account when developing architecture and landscaping based on the general plan of the school.

Based on the conducted research, it can be concluded that a school cannot be considered solely as a physical building. In the process of learning, children spend a significant amount of time in the educational institution, which implies the need to create a comfortable and diverse environment. The architecture and landscaping of the school grounds play a key role in organizing walks, sports activities and recess, which has a positive impact on the health of students. Modern international educational programs include mandatory outdoor activities during the school day and in some cases several times a day. This makes such programs more attractive to parents when choosing an educational institution, where consideration of the general plan and quality organization of space become priority factors.

Developing a universal general plan that could meet the requirements of all educational institutions is an extremely difficult task. This is because the architecture and landscaping of schools vary according to their structure and educational specificities. A general plan that takes into account these differences would be a key element in developing effective and adapted solutions for each educational school with its own structure and essence:

- 1) General education schools are institutions where teaching is carried out in strict compliance with state educational standards;
- 2) Boarding schools provide round-the-clock care for students, offering not only instruction but also care during non-school hours;
- 3) Specialized schools focus on in-depth study of specific subjects, providing students with more complex educational material and giving them priority;
- 4) Schools with an aesthetic bias emphasize art education, allowing students to develop their creative abilities;
- 5) Schools of supplementary education offer a variety of programs that broaden pupils' horizons beyond the core curriculum;
- 6) Institutions for children with special educational needs provide education for pupils with physical or mental difficulties. The professional approach to the architecture and improvement of the school infrastructure is in line with the general plan aimed at creating a comfortable and safe learning environment for all categories of students.

2 LITERATURE REVIEW

Amandykova (2010), Yakovleva (2016), Bogdanova et. al. (2024), Nikulshina (2011), Novak et. al. (2023), Minina and Rehakkainen (2023), Beregovskikh (2019), Grakhov et. al. (2014) were engaged in the development of general plans in Kazakhstan and the post-Soviet space, including for educational institutions.

Buitelaar and Sorel (2010), Getimis (2012), Granqvist et. al. (2021), Liu and Wu (2022), Nadin et. al. (2021) studied the influence and integration of policies on spatial planning in European cities and research on urban spatial planning problems.

When designing schools, as well as when developing general plans of schools, the following normative documents valid on the territory of the Republic of Kazakhstan are used.

Thus, the storey and basic requirements for structural solutions, materials of bearing and enclosing structures are accepted, according to Table 9.2, **SP RK 2.03-30-2017 “Construction in seismic zones”** and in accordance with **SP RK 3.02-111-2012* “General education organizations”**.

The main requirements for the volume-planning solution of the building are adopted in accordance with **SPRK 3.02-111-2012*, SPRK 3.02-107-2014 “Public buildings and structures”**.

Requirements for ensuring the living conditions of immobile groups of population are adopted in accordance with **SN RK 3.01-00-2011 “Instructions on the procedure for developing, coordinating and approving urban development projects in the Republic of Kazakhstan”** and **SP RK 3.06-101-2012* “Design of buildings and structures taking into account accessibility for people with limited mobility. General provisions”**.

The area of the land plot should be adopted in accordance with the urban planning provisions of **SP RK 3.01-101-2013 “Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements”**.

3 MATERIALS AND METHODS

When developing general plans of schools, if necessary, the following types of buildings and structures can be provided:

- autonomous boiler house (if necessary);
- transformer substation (if necessary);
- canalization septic tank (if necessary);
- control and checkpoints;
- sports grounds;
- playgrounds for games and recreation;
- utility areas;

- workout grounds;
- platforms for mass events.

The following recommendations should be taken into account when developing general plans of schools:

- to apply modern solutions for the transformation of the territory of general education schools, including for various events and active recreation;
- when landscaping, use local species of trees, shrubs, perennial flowers and grasses that require minimal maintenance;
- functional small architectural forms should be designed according to the age group of students;
- recreational areas for high school students can serve as a sports area;
- entrance to the school territory and a circular driveway around the building are provided.
- driveways can be paved with asphalt concrete, sidewalks can be paved with paving bricks/paving stones;
- vertical planning ensures surface water drainage from the building and grounds;
- small architectural forms of stationary installation are provided;
- a system of automatic watering of plantings and lawns is provided.

To analyze the development of the general plan, let's take the working draft of the general plan “Construction of a school in the Microdistrict ‘Terekty’ for 2000 students of Alatau district of Almaty (without external engineering networks)”.

The school under consideration is a 3-storeyed secondary general education school for 2000 students, for classes in 1 shift. Providing the implementation of general education process in accordance with the programs of three levels of education 1 level - primary education (from 0 to 4 classes); 2 level - basic secondary education (from 5 to 9 classes); 3 level - general secondary education (10 - 11 classes).

The projected site is located in the north-western part of Almaty, Alatau district, Microdistrict “Terekty”, north of Raiymbek Avenue and the intersection of Ashimov Street (**Figure 1**). The area is bounded by projected local streets.

Near the territory of the school there are houses of private sector, in 290 meters from the territory there is a gas station “Helios”, in 400 meters market “Zhibek Zholy”, in 320 meters car dealership “Hyundai Qalqaman”, in 440 and 620 meters there are hospital number 7 and children's infectious disease hospital.



Figure 1 – Situation diagram (www.etomesto.ru/map-mir)

4 RESULTS AND DISCUSSIONS

Solution and composition of buildings and structures according to the general plan

The main task in designing the general plan of the school is to maximize the efficient use of the allocated land plot. The area of the land plot is 3.0000 hectares.

Placement of the projected school on the site complies with the requirements of sanitary and fire protection norms and rules.

Functional zoning of the plot

The land plot of the school is divided into functional zones:

- (1) Entrance zone - located on the southeast side of the plot. The area near the main entrance is intended for gathering students and holding school-wide events.
- (2) Physical Education and Sports Zone - located on the northeast side of the site and includes a soccer field and a combined basketball and volleyball court.
- (3) Student Recreation Area - located on the northeast and north side of the site. Playgrounds are equipped with playground equipment. Benches are provided along the pedestrian sidewalks and in the quiet recreation area.
- (4) Utility area - located on the north side of the site and designed to accommodate engineering structures. Block-modular boiler house, Complete transformer substations and diesel generator sets serve for uninterrupted power supply of the school building.

Places for temporary parking of cars and buses will be organized outside the school site on a specially allocated area on the south-west side (T-2, area -0.87 ha.).

Complete transformer substations and diesel generator sets

Calculation of the required amount of playground area

According to **SP RK 3.02-111-2012***:

- (a) grounds for mobile games of elementary school students (from 2 to 4 classes) are accepted at the rate of not less than 50 m^2 for each class ($21 \times 50 = 1050 \text{ m}^2$), and for children of 6 years of age (1 class) and pre-school classes - not less than 100 m^2 (4 m^2 per pupil) with small game forms ($350 \times 4 = 1400 \text{ m}^2$);
- (b) areas for quiet recreation of the main school are accepted for 40% of students at the rate of not less than 25 m^2 for each class ($35 \times 25 = 875 \text{ m}^2$).

For high school students, the recreation area is the area of the sports zone.

A schematic of the school's general plan is presented on **Figure 2**.



Figure 2 – Schematic of the general plan (**Conceptual design, 2023**)

Explanation of buildings and structures of the school general plan presented in **Figure 2**:

1. School for 2000 seats;
- 2.1 Sports ground (mini-football);
- 2.2 Combined sports ground (basketball, volleyball);
3. Playground for mobile games (1st grade and pre-school classes);
4. An area for mobile games (grades 2-4);
5. Quiet recreation area (grades 5-9);
6. Primary military training area;
7. An area for gathering students and holding school-wide events;
8. An area for MSW dumpsters;
9. Block-modular transformer substation with a diesel generator sets;
10. Block-modular boiler house MBH-2,8;
11. Sewage pumping station (SPS);
- 12.1 Modular security post (checkpoint) - 1;
- 12.2 Modular security post (checkpoint) - 2.

Vertical planning and relief organization

The relief of the site is simple, with a general lowering of the relief to the north-west.

Absolute ground surface elevations within the boundaries of the projected site vary from 772.18 to 769.61 meters (according to the topographic survey).

Vertical layout of the territory is made on the basis of topographic survey provided by the customer. The project is made by the method of design marks with indication of direction of slopes along the axes of roadways. The system of heights is Baltic.

The design solution is based on the principle of maximum preservation of the existing landscape. For this purpose, the vertical layout is made with maximum approximation to black.

The minimum longitudinal slope of the projected asphalt concrete pavement is 4.5 ‰.

For the conditional mark 0.000 of the projected building is taken the floor level of the first floor that corresponds to the absolute mark 772.55.

Site improvement

Driveways and platforms are designed from concrete tiles (paving stones) with curbs.

For pedestrian traffic, sidewalks are designed with a 1.5 m wide concrete tile covering.

Measures are provided to ensure unimpeded access and movement of low mobility groups. Walkways and sidewalks designed for wheelchairs are at least 1.5m wide. In places of intersections of driveways and walkways with sidewalks, curbs should be deepened with the device of smooth adjacencies to ensure the passage of strollers, sledges, etc.

The whole territory free of buildings and road surfaces shall be landscaped with a lawn of perennial grasses and planting of trees and shrubs of local species.

Planting of green planting on the territory is shown conditionally, will be clarified after the laying of engineering networks, when planting seedlings to take into account the requirements of Table 1-3 of **SP RK 3.01-101-2013 “Urban planning. Planning and development of urban and rural settlements”** and to provide a distance: from power and communication networks, heating networks, water supply and sewage networks to trees - 2 meters, to shrubs - 0.7-1 meters.

Garbage removal

Containers are provided for the collection of municipal solid waste (MSW) and are located on the site in compliance with sanitary distances.

Fire prevention measures

Fire Department No. 2 of Alatau district is located at a distance of 2.6 km. from the projected building.

In the design of driveways and pedestrian paths provided the possibility of passage of fire trucks to the buildings. The distance from the edge of the driveway to the wall of the building is taken 5 m. In this zone it is not allowed to place fences, overhead power lines and to carry out a row planting of trees. The driveway is provided suitable for the passage of fire engines, taking into account their permissible load on the pavement or ground, width of 6.0 m.

Transport network

Entry and exit to the territory is organized from the southern part of the site in two places, there is also a separate entrance to the utility zone.

Places for temporary parking of cars and buses will be organized outside the school site on a specially designated area on the south-western side (T-2, area - 0.87 hectares).

Calculation of the required number of parking spaces

Number of employees according to the Technological Map:

1st floor = 65 people, 2nd floor = 60 people, 3rd floor = 45 people. Total = 170 people.

Required number of parking spaces according to **SP RK 3.01-101-2013* “Urban planning.**

Planning and development of urban and rural settlements” (Table 1)

- 170 people/8 = 22 m/m.

Required number of parking spaces: 22 m/m + 1 MGN.

Total: 23 m/m (including 1 MGN) + 1 space for a bus.

The finished 3D model of the school is presented at **Figure 3.**



Figure 3 – 3D model of a school (**Conceptual design, 2023**)

Technical and economic indicators

The technical and economic indicators for the general plan are presented in **Table 1.**

Table 1 – Technical and economic indicators for the general plan

№	Name	Meaning	Note
1	Plot area according to State Act	3,0 ha	100 %
2	Total development area, including:	9424,68 m ²	31,41 %
	- school development area	9196,5 m ²	
	- checkpoint (in 2 places)	9,68 m ²	
	- engineering structures development area	218,5 m ²	
3	Road surface area	14952,93 m ²	49,84 %
4	Greening area	5622,39 m ²	18,75 %

The wide territory of the school provides excellent opportunities for organizing leisure activities for students both outside school hours and during breaks. Currently, schools that meet international standards and educational programs are of the greatest interest to parents. This implies that when developing general plans for new modern schools in Kazakhstan, it is necessary to take into account not only state standards, but also international requirements concerning architecture, landscaping and functional zoning of both internal and external space. It is important that the school grounds include a variety of zones adapted for different age groups of students. Given the growing interest of parents in institutions built in accordance with international standards, the design of buildings and structures should be aimed at creating a competitive educational environment that promotes the comprehensive development of students.

As a result of the analysis of the buildings and facilities required for the school general plan, as well as the study of already implemented projects, three conceptual approaches were developed to meet the requirements of the modern educational process. These approaches are presented in **Figures 4-6**.

In particular, **Figure 4** presents the conceptual scheme of functional zoning, which includes the layout of two blocks of educational facilities: junior high school and middle and high school. Important attention is paid to the architecture and landscaping of the school grounds, which creates a comfortable and functional learning environment.

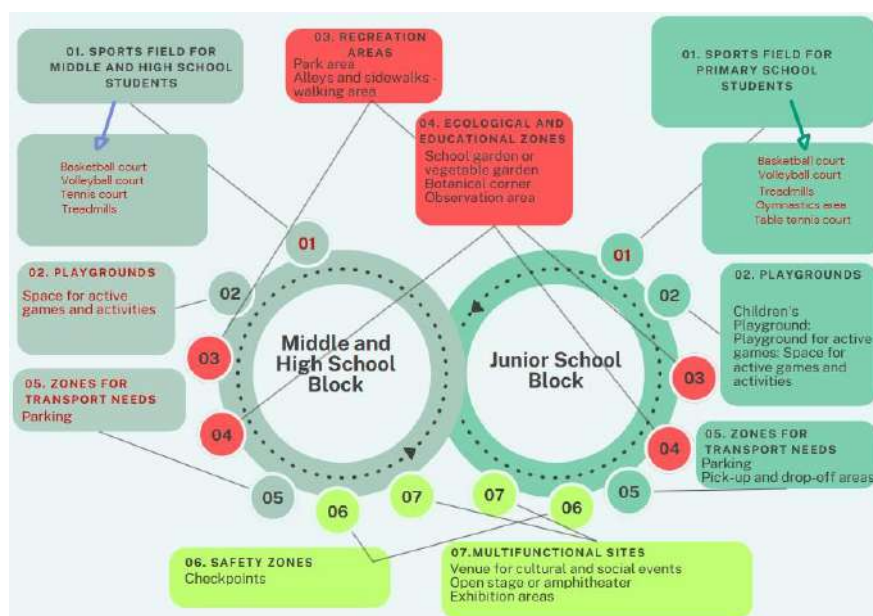


Figure 4 – Conceptual diagram No. 1 of the functional zoning of the school general plan (**authors' material**)

The school territory plays a key role in creating a quality, comfortable and safe educational space. When developing a general plan for the improvement of the school grounds, it is necessary to follow the principles of sustainable architecture, which implies the formation of green spaces using environmentally friendly materials. It is important to allocate on the school territory zones that promote the all-round harmonious development of students, in addition to the main educational process. These can be zones for self-education, sports and recreational areas, as well as various play spaces for students of different age groups (**Figure 5**). It is also necessary to provide an area for research activities which contributes to the comprehensive development of students.

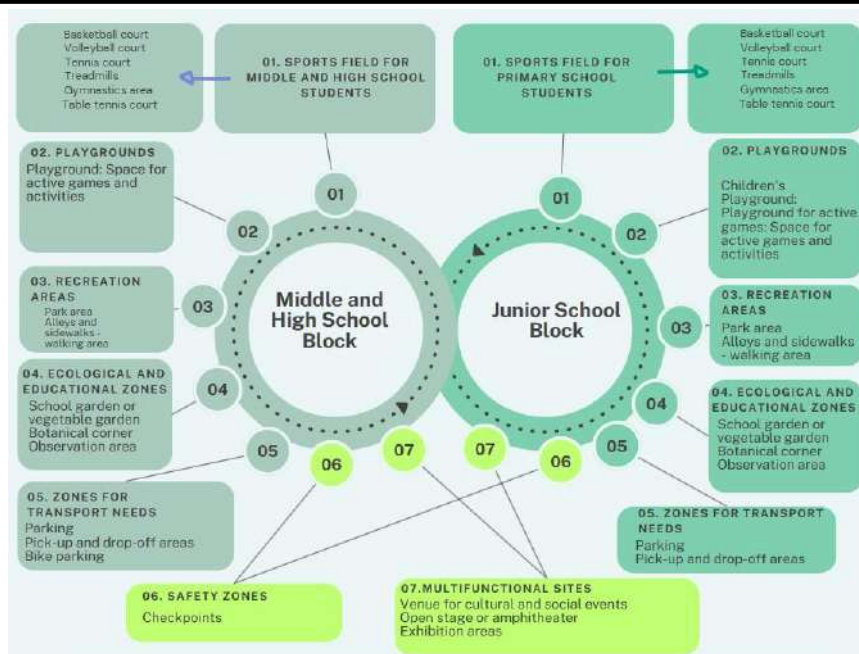


Figure 5 – Conceptual diagram No. 2 of the functional zoning of the school general plan (**authors' material**)

When designing the school grounds, it is important to ensure their safety. This can be accomplished through proper landscaping that takes into account the architectural features of the school and its surroundings. For example, the creation of a buffer zone separating the school territory from outside buildings, using dense hedges of shrubs, serves as a fence and at the same time serves as a noise barrier. In addition, the use of environmentally friendly materials such as paving tiles and safe soft surfacing for playgrounds and sports fields not only creates a safe space, but also takes into account environmental aspects, which is an important part of the general plan. Thus, through thoughtful design and architectural solutions, it is possible to ensure high safety standards in the school grounds as well as comfort for its users (**Figure 6**)

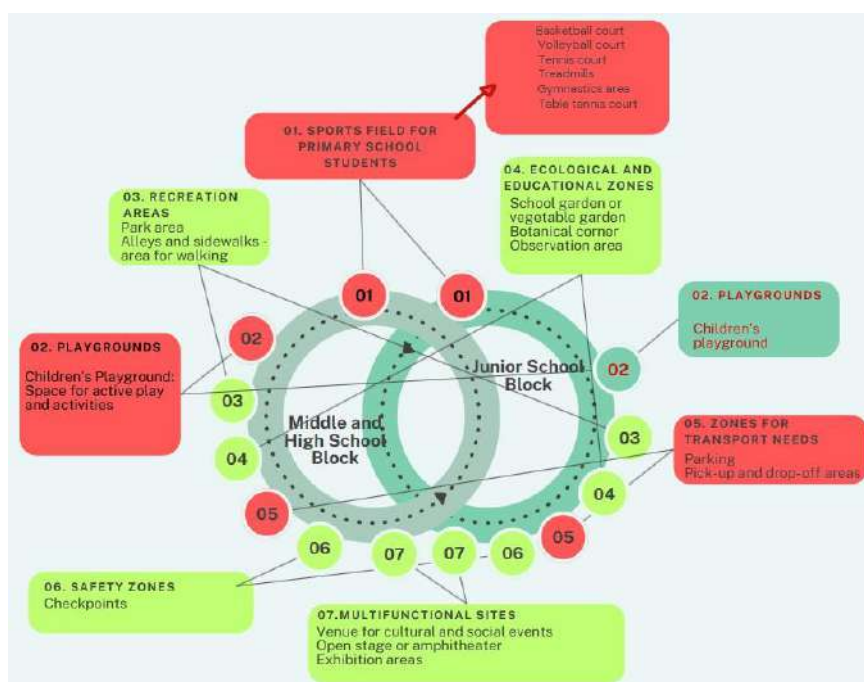


Figure 6 – Conceptual scheme No. 3 of functional zoning of the general plan of the school (**authors' material**)

5. CONCLUSIONS

The study of the world experience in designing school buildings allowed us to identify several key trends in the transformation of architectural and planning solutions of modern schools.

1. The principle of block functional zoning, in which administrative, sports and leisure facilities form an external block oriented towards the street, leaving in the depth of the site study areas for different levels of education - junior, middle and high school. These blocks can be connected through courtyards, warm or open passages, as well as common recreational spaces such as libraries, assembly halls, design studios and workshops, which defines an integrated approach to the improvement of the school grounds.

2. Creating a central creative space that plays an important role for both collective and individual learning activities. The most common way of doing this is to use a hall layout, which becomes an active learning space for students. This approach allows the space to be easily adapted to future changes, using partitions, mobile furniture and mobile equipment.

3. The flexibility of the planning scheme, especially in the context of transforming individual zones and blocks of the school into public socio-cultural facilities accessible to the local community, represents an important aspect of modern approaches to the architecture of educational institutions. Connections between different zones and blocks can be organized through courtyard recreations, warm passages and information facilities such as a library. A combination of open and closed, accessible and isolated spaces for play and learning activities is becoming characteristic of many alternative schools abroad. This diversity promotes the free organization of students' learning and leisure activities, which in turn fosters a sense of responsibility.

4. An important aspect is the application of new technologies, including energy-saving and energy-efficient solutions, which not only can have a favorable impact on the economy, but also serve as educational material for students and the entire local community.

5. Active implementation of green architecture principles, as well as integration of landscape architecture elements into the design of the school grounds (depending on natural and climatic conditions) can create additional opportunities for the educational process.

6. The informational content of recreational, communication and learning spaces, including textures, colors and fonts, also has learning potential. Thoughtful interior design of school buildings and facilities has a direct impact on students and community members, contributing to more effective learning and interaction.

Thus, the general plan of modern schools is based on the principles of flexibility and convenience, providing comfortable conditions for the educational process in new generation buildings and facilities.

REFERENCES

1. **Amandykova D.A.** (2010). Prospective trends in the development of the spatial environment of architectural and art schools in Kazakhstan [Perspektivnye tendencii razvitiya prostranstvennoj sredy arhitekturno-hudozhestvennyh shkol Kazahstana]. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Architecture, 18.00.01, Almaty. Retrieved from: <http://e-lib.dulaty.kz/lib/document/DISS/3FEB07EB-2A55-4EB2-958C-C5940907E1E9/> (In Russ.).
2. **Yakovleva D.S.** (2016). Detailed planning of areas near a school and kindergarten in the general plan of the village of Pervushino, Kushnarenkovsky district, using the Archicad program [Detal'naya planirovka uchastkov pri shkole i detskom sade v general'nom plane sela Pervushino Kushnarenkovskogo rajona s primeneniem programmy Archicad]. Student and agricultural science: Proceedings of the 10th All-Russian student scientific conference (March 22 – March 23). Part I. – Ufa: Bashkir State Agrarian University, 291-293. Retrieved from: <https://elibrary.ru/item.asp?edn=wmymzj> (In Russ.).

3. **Bogdanova O.R., Gubin A.S., Zavoloka I.P., Bogdanov O.E.** (2024). Drawing up a general plan for the design of the Territory of the Municipal Educational Institution "Secondary Comprehensive School №17" "Yunarmeyets" of the city of Michurinsk. [Sostavlenie general'nogo plana pri proektirovanii Territorii MOU «Srednyaya obshcheobrazovatel'naya shkola №17» «Yunarmec» goroda Michurinsk]. Science and Education, 7, 1, 1-11. Retrieved from: <https://opusmgau.ru/index.php/see/article/view/6466> (In Russ.).
4. **Bogdanova O.R., Zavoloka I.P., Bogdanov O.E.** (2024). Preparation of the general plan for the design of the territory of school №24 in Tambov [Sostavlenie general'nogo plana pri proektirovanii territorii shkoly №24 v gorode Tambov]. Science and Education, 7, 2, 1-7. Retrieved from: <https://opusmgau.ru/index.php/see/issue/view/32>
5. **Nikulshina L.L.** (2011). Urban ecological justification for the placement of educational institutions during the reconstruction of urban development [Gradoekologicheskoe obosnovanie razmeshcheniya obrazovatel'nyh uchrezhdenij pri rekonstrukcii gorodskoj zastrojki]. Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Technical Science, 05.23.22, Moscow. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/gradoekologicheskoe-obosnovanie-razmeshcheniya-obrazovatelnykh-uchrezhdenij-pri-rekonstruktsii> (In Russ.).
6. **Novak Ye., Sobko Yu., Sumariuk O** (2023). Features of designing building general plans [Osoblivosti proektuvannya budivel'nih general'nih planiv]. Current problems of architecture and urban planning, 66, 300-309. <https://doi.org/10.32347/2077-3455.2023.66.300-309>
7. **Minina M.V., Rehakkainen D.A.** (2023). The Role of the General Plan in the Development of Modern Cities on the Example of St. Petersburg. Administrative Consulting, 7, 82-93 <https://doi.org/10.22394/1726-1139-2023-7-82-93>
8. **Beregovskikh A.** (2019). General Plan - Today and Tomorrow [General'nyj plan — segodnya i zavtra]. Retrieved from: <https://gosmetod.ru/article/373147/> (In Russ.).
9. **Grakhov V.P., Kislyakova Yu.G., Khudyakova V.V.** (2014). General plan as a strategy for the socio-economic development of the territory [General'nyj plan kak strategiya social'no-ekonomicheskogo razvitiya territorii]. Problems of Economics and Management, 2 4 (32), 46–51. Retrieved from: <https://cyberleninka.ru/article/n/generalnyy-plan-kak-strategiya-sotsialno-ekonomicheskogo-razvitiya-territorii> (In Russ.).
10. **Buitelaar, E., & Sorel, N.** (2010). Between the rule of law and the quest for control: Legal certainty in the Dutch planning system. Land Use Policy, 27(3), 983–989. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2010.01.002>
11. **Getimis, P.** (2012). Comparing Spatial Planning Systems and Planning Cultures in Europe. The Need for a Multi-scalar Approach. Planning Practice and Research, 27(1), 25–40. <https://doi.org/10.1080/02697459.2012.659520>
12. **Granqvist, K., Humer, A., & Mantysalo, R.** (2021). Tensions in cityregional spatial planning: The challenge of interpreting layered institutional rules. Regional Studies, 55(5), 844–856. <https://doi.org/10.1080/00343404.2019.1707791>
13. **Liu, L., & Wu, J.** (2022). Scenario analysis in urban ecosystem services research: Progress, prospects, and implications for urban planning and management. Landscape and Urban Planning, 224, 104433. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2022.104433>
14. **Nadin V., Stead D., Dąbrowski M., Fernandez-Maldonado A. M.** (2021). Integrated, adaptive and participatory spatial planning: Trends across Europe. Regional Studies, 55(5), 791–803. <https://doi.org/10.1080/00343404.2020.1817363>
15. **Conceptual design.** (2023). Construction of a school in Terekti microdistrict for 2000 students in Alatau district of Almaty city (without external engineering networks)

UDC 721.012
IRSTI 18.67.91
REVIEW ARTICLE

ANALYSIS OF MODERN VOLUMETRIC-SPATIAL SOLUTIONS IN ARCHITECTURE AND CINEMATOGRAPHY OF KAZAKHSTAN

D. Yembergenova , A. Akhmedova , E. Surova 

International Educational Corporation, 050043, Almaty, Kazakhstan

Abstract: *The article examines the relationship between architecture and cinema as two different but complementary art forms that create spatial forms—real and virtual. An analysis of buildings and films from 1960 to 2024 was conducted using Kazakhstani objects as examples. The study was carried out taking into account social and cultural changes in the country, as well as the transformation of artistic solutions and visualization tools, in order to identify common points of contact. Significant architectural objects of Kazakhstan—‘Palace of the Republic’ (‘Lenin’s Palace’) (1970), Palace of Independence (2006), hotel ‘Kazakhstan’ (1977), and monument ‘Baiterek’ (2002)—were considered. Stylistic features, semantic components, and cultural significance in the context of the historical development of the country, along with spatial solutions, formed the basis of the analysis for both architectural objects and films. In parallel with the architectural objects, the development of Kazakhstani cinema was examined, from the first author’s films, ‘Alpamys Goes to School’ (1978) to ‘Anel’ (2024). The visualization tools of Kazakhstani directors have undergone a long evolutionary path: the frame space has increased, and the aerial perspective has improved, allowing for the creation of deeper and more three-dimensional images. Color and light became important elements of the narrative, carrying meaning and increasing the emotional impact on the viewer. These changes have positively influenced the creation of more expressive and rich images in both architecture and cinema. The article addresses the tools of visualization and their evolution within the framework of in-frame composition and artificially created reality. The role of the architectural environment in the cinematographic one is analyzed, as the unique cultural environment of Kazakhstan is being formed, which is reflected in the works of Kazakhstani filmmakers.*

Keywords: *architecture, cinema, culture, space, visualisation, composition, avant-garde.*

Corresponding author

Dinara Yembergenova, e-mail: dinarae@bk.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-17>

Received 23 December 2024; Revised 19 January 2025; Accepted 20 February 2025

ҚАЗАҚСТАН АРХИТЕКТУРАСЫНДАҒЫ ЖӘНЕ КИНЕМАТОГРАФИЯСЫНДАҒЫ ҚАЗІРГІ КӨЛЕМДІК-КЕҢІСТІК ШЕШІМДЕРДІ ТАЛДАУ

Д.А. Ембергенова , А.Т. Ахмедова , Е.М. Сурова 

Халықаралық білім беру корпорациясы, 050043, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада сәулет өнері мен кинематография арасындағы қарым-қатынас кеңістіктік формаларды қалыптастыратын екі түрлі, бірақ бір-бірін толықтыратын өнер түрі – нақты және виртуалды ретінде қарастырылады. Мысал ретінде қазақстандық нысандарды пайдалана отырып, 1960-2024 жылдар аралығындағы ғимараттар мен фильмдерге талдау жасалды. Зерттеу елдегі әлеуметтік және мәдени өзгерістерді, сондай-ақ көркемдік шешімдер мен визуализация құралдарын түрлендіруді ескере отырып, ортақ байланыс нүктелерін анықтау мақсатында жүргізілді. Қазақстанның көрнекті сәулет нысандары қарастырылды: Республика сарайы (Ленин сарайы) (1970), Тәуелсіздік сарайы (2006), «Қазақстан» қонақ үйі (1977), «Бәйтерек» монументі (2002). Стильдік ерекшеліктер, семантикалық компоненттер, еліміздің тарихи даму контексіндегі мәдени мән, кеңістік шешімдері сәулет нысандары үшін де, фильмдер үшін де талдаудың негізі болды. Сәулет нысандарымен қатар қазақстандық кинематографияның даму процесі «Алпамыс мектепке барады» (1978 ж.) «Әнел» (2024) атты алғашқы авторлық фильмдеріне дейін зерттелді. Қазақстандық режиссерлердің визуализация құралдары эволюцияда ұзақ жолдан өтті: кадр кеңістігі ұлғайды, әуе перспективасы жақсарды, бұл тереңірек және көлемді бейнелерді жасауға мүмкіндік берді. Түс пен жарық сюжетті баяндаудың маңызды элементтері болды, мағынаны береді және көрерменге эмоционалды әсерді күшейтеді. Бұл өзгерістер сәулет өнерінде де, кинематографияда да мәнерлі әрі бай бейнелердің жасалуына оң әсерін тигізді. Мақалада визуализация құралдары мен олардың кадр ішіндегі композиция мен жасанды түрде жасалған шындықты құру шеңберіндегі эволюциясы қарастырылады. Сәулет ортасының кинематографиядағы рөлі талданады, өйткені Қазақстанның бірегей мәдени ортасының қалыптасуы жүріп жатыр, ол қазақстандық режиссерлердің еңбектерінде көрініс табады.

Түйін сөздер: сәулет, кинематография, мәдениет, ғарыш, визуализация, композиция, авангард.

Автор-корреспондент

Динара Ембергенова, e-mail: dinarae@bk.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-17>

Алынды 23 желтоқсан 2024; Қайта қаралды 19 қаңтар 2025; Қабылданды 20 ақпан 2025

АНАЛИЗ СОВРЕМЕННЫХ ОБЪЕМНО-ПРОСТРАНСТВЕННЫХ РЕШЕНИЙ В АРХИТЕКТУРЕ И КИНЕМАТОГРАФЕ КАЗАХСТАНА

Д.А. Ембергенова , А.Т. Ахмедова , Е.М. Сурова 

Международное образовательная корпорация, 050043, Алматы, Казахстан

Аннотация: В статье рассматривается взаимосвязь архитектуры и кинематографа как двух разных, но взаимодополняющих видов искусства, формирующих пространственные формы – реальные и виртуальные. Был произведен анализ зданий и кинолент с 1960 до 2024 года на примере казахстанских объектов. Исследование проведено с учетом социальных и культурных изменений в стране, также трансформации художественных решений и инструментов визуализации, с целью выявления общих точек соприкосновения. Были рассмотрены знаковые архитектурные объекты Казахстана – «Дворец Республики» («Дворец Ленина») (1970), Дворец Независимости (2006), гостиница «Казахстан» (1977), монумент «Байтерек» (2002). Стилистические особенности, семантическая составляющая, культурное значение в контексте исторического развития страны, и пространственного решения составили основу анализа как для объектов архитектуры, так и для кинолент. Параллельно с объектами архитектуры был рассмотрен процесс развития казахстанского кинематографа от первых авторских картин, «Алпамыс идет в школу» (1978) до «Анель» (2024). Инструменты визуализации казахстанских режиссеров прошли большой эволюционный путь: увеличилось пространство кадра, улучшилась воздушная перспектива, что позволило создавать более глубокие и объемные изображения. Цвет и свет стали важными элементами повествования, несущими смысловую нагрузку и усиливающими эмоциональное воздействие на зрителя. Данные изменения положительно повлияли на создание более выразительных и насыщенных образов как в архитектуре, так и в кинематографе. В статье разбираются инструменты визуализации и их эволюция в рамках построения внутрикадровой композиции и искусственно созданной реальности. Анализируется роль архитектурной среды в кинематографической, так как происходит формирование уникальной культурной среды Казахстана, что находит свое отражение в трудах казахстанских режиссеров.

Ключевые слова: архитектура, кинематограф, культура, пространство, визуализация, композиция, авангард.

*Автор-корреспондент

Динара Ембергенова, e-mail: dinarae@bk.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-17>

Поступило 23 декабря 2024; Пересмотрено 19 января 2025; Принято 20 февраля 2025

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

Architecture and cinema are two fundamentally different but complementary art forms that create a unique visual perception of the world. Architecture, being the most material and durable form of creativity, embodies the ideas of society in space and time, creating an environment that reflects historical and cultural processes. Cinema, on the contrary, is an art capable of capturing moments of life, conveying emotions and thoughts, while remaining a flexible tool for expressing ideals and values. Modern architecture in Kazakhstan is characterized by the expression of ideas of modernity, with measures being taken to study and identify historically significant aspects in visualization. (Donchenko & Samoilov, 2020)

Kazakhstan, with its rich history and culture, is a good setting for exploring the dynamics of these two art forms. Over the past 100 years, the country has gone through significant political, social, and economic changes, which have been reflected in both the architectural environment and the development of national cinema. Architectural designs have often combined elements of local traditions with the predominance of architectural forms typical of Persian, Turkish, and Russian architecture, creating their own unique style. (Abdrasilova et al., 2024)

In this article, we examine the development of architectural and cinematic objects in Kazakhstan in order to analyze their path of development and influence on each other, to highlight common trends and features of this interaction, and to identify key points that characterize the dynamics of change in both art forms.

2 LITERATURE REVIEW

In preparing this article, various sources dedicated to different aspects of architecture and cinematography in Kazakhstan during the Soviet and post-Soviet periods were used. These materials provide a deeper understanding of the spatio-temporal characteristics, development dynamics, and transformation of cultural codes, as well as the mutual influence of political and cultural factors on architectural and cinematographic processes.

Research on Kazakhstan's Soviet-era architecture is based on the works of several authors, notably Posocco & Akhmedova (2020), Truspekova & Sharipova (2024), and Baidrahmanova (2024). These authors analyze in detail how design and construction principles were formed, defining the stylistic features of buildings and ensembles while emphasizing the monumentality and symbolism characteristic of this period. Their research allows us to trace how architecture became an instrument for visualizing the era and reflected the socio-political changes taking place in the country.

3 SOURCES AND METHODS

The study is based on a systematic approach: a system of comparative analysis of architecture and cinema in Kazakhstan is proposed using key objects of art from its period, which represent the final level of modern Kazakhstan. At the same time, the political and cultural causes for the emergence of certain forms of key architectural objects in the cities of Kazakhstan – Almaty and Astana, as the two capitals of the two republics – are considered. Volumetric and spatial figures in the geographical sense and the virtual world of cinematography appear in a certain sequence. In the cinema of Kazakhstan during the Soviet and independent periods, there is no concept of monumentality as it exists in the format of architecture. Architecture and cinema create volumetric objects in their respective fields – if in architecture this happens naturally, in cinema the volumes of space in intraframe composition became available only in later times. Above all, depth composition in cinema manifested itself after the mastering of a number of visualization tools. Certain political factors caused the development of the author's handwriting. The

emergence and development of cinematography made it possible to see what was previously unimaginable, and this radically changed the perception of the world. (Marusenkov, 2025)

4 FINDINGS AND DISCUSSIONS

4.1 Characteristics and Sequence of Formation of Modern Monumental Objects in Independent Kazakhstan

The period of large-scale standardized construction of the country's territories coincides with the initial stages of the formation of the creativity of Kazakhstani directors. New directions developed in the conditions of the existing reality, relying on already existing solutions and models, which laid the foundation for the structural composition of the entire architectural and construction complex. (Pisana Posocco, Aizan Akhmedova, 2020) However, the era of the “thaw” is characterized by the emergence of authorial approaches in both architecture and cinematography of the Kazakh SSR, which indicates the desire for individualization and identity.

Architecture, as a science and practice of habitat formation, is inextricably linked to the changes taking place in the socio-economic, cultural, and political spheres. Despite the systemic nature of design and construction processes, researchers are constantly striving to predict certain trends in the development of architecture. (Abdrasilova, Ayyhadieva, 2024) The Table 1 attempts to compare the poetic development of architecture and cinematography in Kazakhstan.

Table 1

Analysis of stylistic and spatial solutions in the architecture and cinema of Kazakhstan in 1930-1960 based on the monograph by K.I. Samoilov (Samoilov, 2004).

Architecture	Direction	General characteristics	Direction	Peculiarity
1930s				
Constructivism: – utility; – minimum decor; – focus on the future. Simplified classics.	The architecture is strict and rational.	The image of the "new man" praise of socialist construction.	The film is emotional, with folkloric motifs.	Early socialist realism, ethnographic cinema: – glorification of labor; – folk images.
Government House, Almaty, 1931 	House of Communications, Almaty, 1934 		Amangeldy, 1939 	
1940 – 1950				
Stalinist Empire: – decorativeness; – imperial scale; – idealized facades. Change of priorities.	Architecture is real construction.	Idealization of reality Emphasizing the power of the state.	Cinema is mythologization, ideological painting.	Socialist realism of high style: – theatricality; – monumental of images.

Opera and Ballet Theatre, Almaty, 1941 	Academy of Sciences, Almaty, 1957 		My dear doctor, 1957 	Botagoz, 1958 
1960s				
Mass construction, modernism: – simplicity; – minimalism. Neoclassicism.	Architecture is impersonal.		Cinema is individualized, emotional	Poetic realism, humanism: – attention to the inner world; – local plots.
Hotel Alma-Ata, Almaty, 1967 	Cinema "Arman", Almaty, 1968 	Focus on the person and freedom from pathos.	My name is Kozha, 1963 	Angel in a skullcap, 1969 

The period of large-scale standardized construction of the country's territories coincides with the initial stages of the formation of the creativity of Kazakhstani directors. New directions developed in the conditions of the existing reality, relying on already existing solutions and models, which laid the foundation for the structural composition of the entire architectural and construction complex. (Pisana Posocco, Aizan Akhmedova, 2020) However, the era of the “thaw” is characterized by the emergence of authorial approaches in both architecture and cinematography of the Kazakh SSR, which indicates the desire for individualization and identity.

Architecture, as a science and practice of habitat formation, is inextricably linked to the changes taking place in the socio-economic, cultural, and political spheres. Despite the systemic nature of design and construction processes, researchers are constantly striving to predict certain trends in the development of architecture. (Abdrasilova, Ayyhadieva, 2024)

Allusions and metaphors are frequent elements of both architecture and cinematography. The facade of the Palace of the Republic, built in 1970 by architects Alle V.Y., Kim V.N., Ratushny Y.G., Ripinsky N.I., Sokolov A.G., and Ukhobotov L.L., is saturated with metaphors that have wide geographical and temporal references, starting from the necropolises of Mangystau and ending with the complex of administrative buildings in the city of Chandigarh. The forms of the Indian complex testify to the continuity of ideas of the French Architect Le Corbusier, who revolutionized world architecture.

- **monumentality:** powerful and solid forms emphasize the importance of the destination as a political and cultural center, while the scale of the building, with its large facades and colonnades, creates a sense of grandeur and national importance;

- **decoration:** columns and arches create a sense of grandiosity, forming the strict lines of the facades characteristic of classical architecture, which gives a traditional and imposing look, embodying

stability and permanence. Spacious halls and staircases resemble palatial ensembles, maintaining the status of art. Expensive materials—marble, mosaics, glass, and metal—give an imposing image. Ornaments and decorative elements reflecting the cultural heritage of Kazakhstan emphasize the national identity of the building.

- **spatial considerations:** Like many buildings of the period, the Palace is symmetrical in its shape and has an imposing façade. Inside, the building is characterized by open spaces, wide staircases, and halls, which emphasize the idea of openness to the people and the importance of cultural events. The ambition is for the building to serve not only an administrative function but also a cultural function.

The Palace of the Republic (1970), an embodiment of the symbols of power and cultural heritage of the Kazakh SSR, is a majestic structure combining traditional and modern elements of architecture. In 2006, the Palace of Independence was built in the capital to become an image-building and a symbol of the new status of the country. This and other iconic buildings are symbols of independence as a desire to find its own self through the spatial image of architectural solutions. Almaty has developed a unique urban environment, humanistic in its essence, in which the natural environment, the scale of human needs, and pedestrian accessibility, which reconciled many banal architectural solutions, played a significant role and influence. (Akhmedova et al., 2022).

Table 2

Analysis of stylistic and spatial solutions in the architecture and cinema of Kazakhstan in 1970-1991 based on the monograph by K.I. Samoilov (Samoilov, 2004).

Architecture	Direction	General characteristics	Direction	Peculiarity
1970 – 1980				
Soviet modernism, brutalism: – scale; – expressive forms. Industrial direction.	The architecture is inaccessible.	Space as a Metaphor Artistic Experiments	The cinema is warmer and closer to the national culture.	Historical and philosophical cinema: – symbolism; – visual poetics.
Palace of the Republic, Almaty, 1970 	House of Friendship, Almaty, 1972 		Kyz Jibek, 1972 	The End of Ataman, 1973 
1980 – 1991				
Postmodernism manifests itself in specific places. There is a lot of modernist heritage. The space is often functional.	Architecture: bolder forms, postmodern eclecticism	The space loses its function as a “showcase of the state” and becomes psychological, metaphorical, or transitional (a space of	Cinema: non-linear editing, urban poetics, visual metaphors.	The author gains greater freedom. The space becomes metaphorical: the subway, courtyards, voids, steppes – as a reflection of the internal

		breakdown, disintegration).		state of the characters.
Hotel Kazakhstan, Almaty 1977	Hardware and studio complex, Almaty, 1983		July, 1988 	Kairat, 1991 

Independence Palace incorporates allusions to the pyramids of Egypt and the Louvre, seamlessly combining historical and modern architectural motifs. The similarity is due to the architect's desire to use universal symbols of grandeur and stability, as well as to follow modern trends in architecture aimed at integrating historical and cultural elements into new projects. The construction of a new capital based on the established environment of a provincial city has created a number of complexities affecting the functional-planning framework of urban development, the features of the architectural image of the city, and the qualities of its perception. (Kiseleva et al., 2024)

- **monumentality:** the monumentality of the building, characteristic of the Soviet period, is absent. The massive base, which tapers to the top, should create a sense of lightness and upward aspiration, symbolizing the dynamic development of the country;

- **decoration:** the massiveness of the building is softened by the choice of materials - glass and metal - which give the building a modern look and provide optimal lighting for the interior spaces. Granite and marble bring national accents and emphasize the connection with tradition, enriching the architectural ensemble with a cultural and historical context. The use of a truncated pyramid as a building form emphasizes the connection between past and present, culture and progress.

- **spatial considerations:** its monumentality and imposing size emphasize the significance of this structure as the center of the cultural and social life of the country. This architectural approach is designed to highlight the stability and power of the state, evoking a sense of admiration and trust in visitors and spectators.

A comparative analysis of the two palaces reveals that each of the buildings serves as an embodiment of its own era and current public demands. The monumentality of the buildings is preserved due to their scale, but the choice of materials and forms transforms their semiotic meaning. Both palaces play significant roles in the cultural and social life of Kazakhstan, reflecting different stages of its historical development. The Palace in Almaty is associated with Soviet heritage and cultural traditions, while the Palace in Astana symbolizes the country's independence, modernization processes, and international ambitions. Today, there is widespread talk about the need to maintain the country's culture and to improve the quality of architecture in the city; it is necessary to restore the organs of architecture locally. (Rustembekov, Kapanov, 2005)

The versatility of Kazakhstan's cultural heritage is manifested in various significant buildings in the country. The Kazakhstan Hotel, erected in 1977 by Soviet architects Y.G. Ratushny, L.L. Ukhobotov, and A.K. Deyev, is an important example of late Soviet modernism in the country. The architecture of the building reflects the characteristic features of this trend, such as laconic forms, functionality, and the introduction of advanced construction technologies. The modernist style is expressed through the following key elements:

- **monumentality:** the composition is based on clear geometric shapes and planes, with massive vertical and horizontal lines adding expressiveness, creating a contrast with the facade elements that

break the vertical plane. Large glass panels add an element of airiness, forming a harmonious combination of heaviness and lightness.

- **decoration:** the varying heights of the floors and balconies give the facade dynamism and plasticity, while the extensive glazed surfaces provide sufficient natural light to the interior spaces. The crown on the facade of the hotel, symbolizing respect for peasant labor, is made in the form of a monument to a sheaf of wheat, representing fertility and prosperity. This element, made of massive metal plates, is directed vertically, emphasizing the upward movement of the observer's gaze;

- **spatial considerations:** the rectangular shape of the building with a vertical orientation emphasizes the upward thrust, creating the illusion of lightness in the structure, despite its considerable size. This solution avoids the visual weighting of the volume, which could arise from the use of parallel straight lines that would contradict the concept of a dynamic and modern image.

The monumentality and scale of the building emphasize the ideas of prosperity and progress of the socialist republic, illustrating the achievements of the Soviet construction industry. The vertical axis cuts through the urban space, giving the building dynamics, and the pointed “crown” completes this composition. The height of the hotel building reaches 102 meters, testifying to the triumph in construction technology of its time. As a modern symbol of progress and integration into the world community, we can consider the building “Baiterek” (2002) in the city of Astana, which is 97 meters high and has become a dominant feature of the urban landscape. New technologies influence the figurative expression of traditional objects and the creation of non-linear forms in architecture. (Truspekova, Sharipova, 2024)

- **monumentality:** significant scale, profound symbolism, historical significance, and innovative technical solutions. Vertical lines, gradually narrowing towards the middle and expanding towards the top, give the building a sense of dynamism and upward aspiration. The golden sphere, 22 meters in diameter, adds massiveness, simultaneously acting as a central compositional and semantic dominant symbolizing the harmony of the past, present, and future.

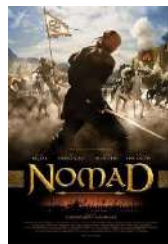
- **decoration:** modern materials such as glass and metal are the basis of the building, ensuring the durability of the structure. The shape of Baiterek harmonizes with the surrounding space, adding elegance and grace to the city, while glass structures reflect the sky, giving lightness to the massive building. The exterior of the complex, with its upward-pointing lines and golden sphere, symbolizes the pursuit of progress and harmony. The interior space is filled with elements symbolizing the unity of nature and man, the past and the future. The décor includes traditional ornaments and motifs that echo national identity, creating an atmosphere that inspires reflection on cultural roots and future development.

- **spatial considerations:** The spatial solution of the building is based on its outstanding verticality, which emphasizes its dominant role in the urban landscape of the city. The tall trunk of the tower pointing upwards symbolizes the aspiration for development and progress, visually distinguishing the complex among the surrounding buildings. The vertical composition of the building creates a powerful accent that attracts attention and forms a visual dominant in the panorama of the city. Thanks to its height and unique silhouette, it becomes a landmark that connects different parts of the urban space and organizes traffic around it.

The Kazakhstan Hotel in Almaty and the Baiterek complex in Astana are iconic sites reflecting different historical periods of Kazakhstan. The Kazakhstan Hotel, created during the Soviet Union, embodies the principles of functionalism, aesthetics, and technical progress, remaining an important monument of architectural heritage and an example of effective interaction between architecture and public space. The Baiterek complex in Astana, on the other hand, symbolizes the independent development and new horizons of Kazakhstan, combining modern design solutions with national traditions. These two buildings demonstrate how the era dictates the rules, defining architectural styles and approaches to construction.

Table 3

Analysis of stylistic and spatial solutions in the architecture and cinema of Kazakhstan in 1990-2025 based on the monograph by K.I. Samoilov (**Samoilov, 2004**).

Architecture	Direction	General characteristics	Direction	Peculiarity
1990 – 2000				
The transition from Soviet architecture to the first projects reflecting new realities. Construction of administrative buildings, the first major residential and commercial growth.	Architecture is more oriented towards the creation of new state symbols.	Focus on national expression and cultural heritage.	The emergence of the first independent Kazakh films. Attempts to find identity, focus on historical and cultural themes.	Finding your own voice in the context of independence.
Central Mosque, Almaty, 1999	Cinema City Club, Astana, 1999		Cardiogram, 1995	Abai, 1995
				
2000 – 2010				
Postmodernism, eclecticism, beginnings of futurism, integration of traditional elements into modern buildings. Active construction in Astana	In architecture, the emphasis is on monumentality and scale.	The desire to combine national motifs with modern trends in both cinema and architecture.	The emergence of major Kazakh films, participation in international film festivals. Popularization of Kazakh cinema.	More focus on drama and local stories.
Baiterek, Astana, 2002	Palace of Peace and Reconciliation, Astana, 2006		Nomad, 2005	Kelin, 2009
				
2010 – 2025				

Modern architecture, high-tech, futurism, eco-design.	Architecture is oriented towards physical reality and long-term projects.	Active use of modern technologies. International interaction. Response to global challenges and trends.		
Triumphal Arch, Astana, 2011 	Dostyk Plaza, Almaty, 2014 		Lessons of Harmony, 2012 	Poet, 2022 

The experimental and demonstrative character of the Apparatus-Studio Complex (1983) testifies to its high artistic, aesthetic, and engineering capabilities. The traditions of the East in modern architecture were reflected by Korzhempo A.I., Pnin V.L., and Ezau N.V. The fully glazed facade of the building, the minimalism of decorative elements, and the powerful semantic load—all of this creates a feeling of human entrance into the bright, shining space of the sky. The architectural concept is based on the idea that television reflects our reality. Therefore, we needed a concept that could simultaneously reproduce this reality and demonstrate its multivalence.

- **monumentality:** the complex is manifested through a significant spatial arrangement, the presence of wide façades, and the use of powerful cladding slabs. A peculiarity is the angled position of the cladding slabs, which allows them to reflect different states of the sky - sunrises, sunsets, and thunderclouds, creating a dynamic play of light and shadow. This technique gives the building majesty and emphasizes its unique architectural identity.

- **decoration:** modern materials such as glass, metal, and natural stones provide the perception of durability and reliability of the structure. The unique shape of the roof, designed unconventionally, emphasizes the architectural grandeur of the building. Decorative elements in the form of stalactites, characteristic of the interior decoration of traditional Islamic buildings, are taken outside and made in the form of an “accordion” of mirrored glass, which further enhances the expressiveness of the facade.

- **spatial considerations:** the clearly defined vertical guideline and the dominant horizontal structure, made with modern materials, give the facade a lightness different from the massive walls of previous buildings made of marble or granite. Despite this, the building retains its stateliness and grandeur. Its size emphasizes the gravity and monumentality, making the building a logical conclusion and semantic dominant in the architectural ensemble of the avenue.

The TV Tower in Almaty is not only a technical marvel of its time, but also an important cultural and historical monument. Its architectonic code reflects the principles of functionalism and constructivism, as well as unique engineering solutions necessary for operation in extreme natural conditions. The tower remains a symbol of progress and sustainability, recalling times of great accomplishments and hope for the future. Today, as a symbol of progress and stability, we can talk about the building of the business center “**Nurly Tau**” (2006), the author of which is Tokhtar Yeraliev. the brightest representative of the high-tech style in the city, the massiveness and materials act as Western symbols of freedom, stability and victory over the regime, leaving ambiguous questions.

- **monumental:** despite the large-scale spatial arrangement, it is not difficult to identify the vertical as the predominant direction of the view. The facade plane consists of a large number of breaks in the

façade and roof of the building, which complicates the perception of the building's integrity, as do the glass facades reflecting the sky;

- **decoration:** the building's fully glazed facades embody the Western symbol of freedom, while the broken roof lines of the buildings are associated with the peaks of the Zailiyskiy Alatau mountains, echoing the motifs of many author's projects of the Soviet period in the city. The visual concept of the building combines geographical features of the area and modern architectural trends;

- **spatial considerations:** vertical accents give the building a dynamic upward growth, while the glass surfaces of the facade reflecting the sky visually lighten the volume of the building, preserving its impressive size, but giving it a less massive and more accessible appearance.

The architectural appearance of the Nurly Tau building remains ambiguous: its scale and modern design meet current social requirements, but the choice of glass and the shape of the building raise doubts about its harmony with the surrounding development. At the same time, a large-scale building with extensive glass surfaces on the facade, like the Apparatus Studio Complex, looks modern and harmonious in the context of the overall ensemble, giving it a more representative appearance.

4.2 Formation of spatial model in modern cinematography of Kazakhstan

The development of the national cinematography and the creation of new films coexist in the creative industries of Kazakhstan with a stable public interest in the Soviet cultural heritage. (Ippolitov, 2023)

The current state of architectural unity of Kazakhstan's cities calls into question the aspiration of modern architects to search for originality and national identity. Many ensembles and individual objects are perceived as borrowings or adaptations of samples of world architecture, which raises doubts about their originality and authenticity. However, it is worth noting that the modern world is expressed not only through architecture, but also through other forms of visual art, including cinema. Drawing analogies between Kazakhstan's architectural landscape, especially in the cities of Almaty and Astana, and its cinematography, one can identify certain parallels and points of contact. Any visual work of art requires any considerations of an edifying nature. (Kracauer, 2024) Like architecture, national cinematography has long been developing under conditions of familiarization with the field of activity and mastering the tools. One of the first films that stands out for its authorial approach in the history of Kazakh cinematography is “Alpamys Goes to School” (1978), directed by Abdulla Karsakbayev.

The “Alpamys Goes to School” film stands out for its bright national flavor, which is manifested through the semiotic division of space into Soviet and national.

This dualism is expressed in the images of the protagonist Alpamys, who becomes a link between the two worlds. National symbolism is present in almost all scenes and shots, but the compositional structure of the film does not emphasize the issues of designing the play space as an element of non-verbal narrative. Nevertheless, compared to the first works in the field of national cinema, there is a significant development in the work with the object-spatial environment and camerawork techniques, the filmmakers began to experiment more actively with visual means of expression - all this is the influence of the works of the avant-gardists.

Almost 10 years later, Darezhan Omirbayev presents his film “Shilde” (1988), where the shots are arranged in such a way that architectural and natural elements become an integral part of the narrative.

In this work, the influence of avant-garde ideas is noticeable: the composition of the frame serves as an independent element of the narrative, the lines extending beyond the frame boundaries create a sense of depth and airy perspective, and the locations themselves acquire a semantic character. In Omirbaev D.'s subsequent films - “Kairat” (1992) and “Cardiogram” (1995) - the director continued to develop a unique approach to the creation of play spaces, actively using light, shadows and contrasts to convey both personal experiences and public moods, preserving the core of the conflict - two mentally opposed worlds. Big and small worlds, the authentic atmosphere of the Kazakh people and the Soviet

atmosphere of the urban dweller. In Figure 1 we have highlighted the main stylistic features of different periods and indicated how architecture and cinema developed from 1930 to 1991 (fig.1). This period is most clearly defined in style.

There are many directors working in independent Kazakhstan whose works have received recognition from the international community and awards at various competitions and festivals. One of the brightest representatives of the new generation is Emir Baigazin, who pays special attention to space, rather than the subject environment. His trilogy, consisting of the films *Harmony Lessons* (2013), *Wounded Angel* (2016) and *River* (2018), is characterized by an acute social focus and artistic minimalism. The director's main tools are working with the camera, light, contrasts and spatial forms, thanks to which semiotically rich shots are created.

In 2021, Darezhan Omirbayev releases the film "The Poet", continuing to explore the theme of dualism expressed in the conflict of two worlds. The visual component of the film has undergone significant changes: the camera work has become more dynamic, top views have appeared, creating a sense of the "eye of God". The director maintains an interest in the interior, where every detail, including the lines and planes of windows and walls, contributes to the formation of an aerial perspective in the frame. The contrast between urban and rural locations is emphasized by the extensive use of a wide-angle camera, allowing you to capture the endless steppes, and close-ups of the actors enhance the atmosphere of the scene. Symmetrical construction of frames also plays an important role in creating an artistic image.

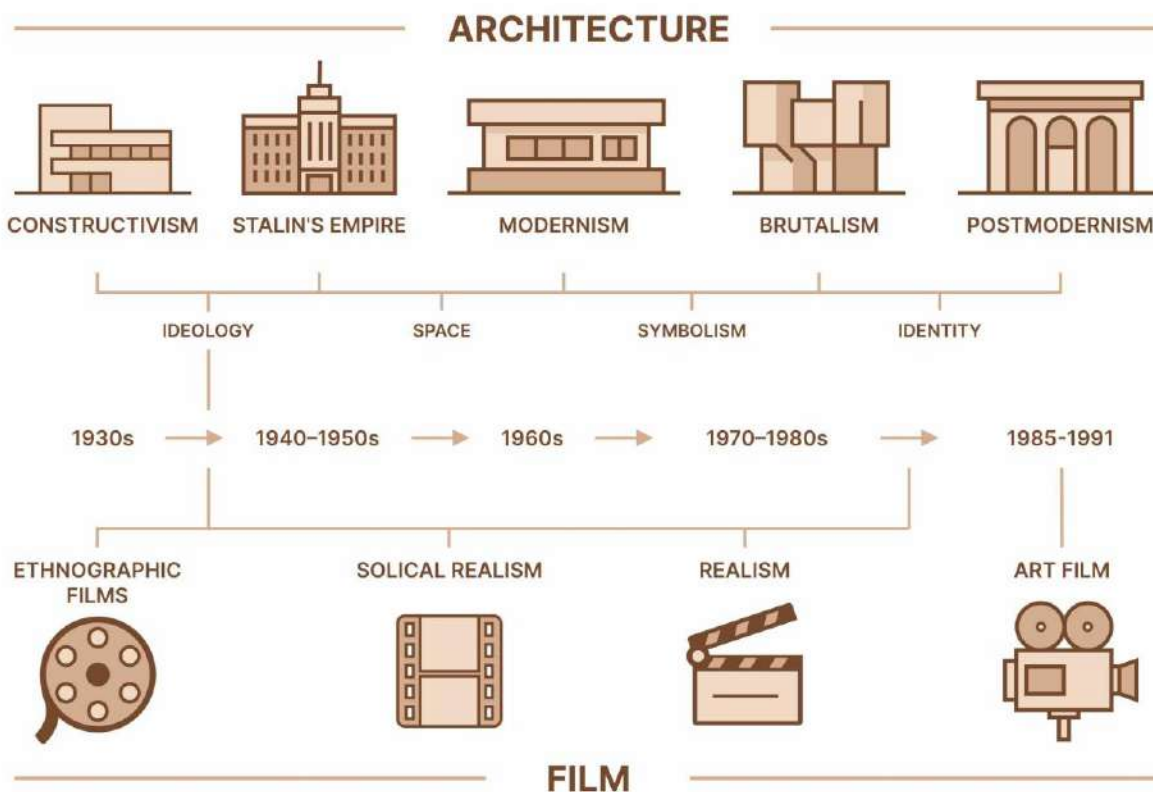


Figure 1 – Graph of the development of architecture and cinematography in Kazakhstan from 1930 to 1991.

In 2022, Akan Satayev presented his vision of life in the 16th-century steppe in his film *Dawn of the Great Steppe*. The use of a wide-format camera enhances the impression of the vastness of the steppe, and the clear horizontal of the landscape is only occasionally broken by the vertical of the yurts. Shots shot indoors create a sense of limited and closed space. For comparison, in 2005, Sergei Bodrov released the film *Nomad*, which has similar dynamics to Satayev's film, but has significant differences in the approach to working with the camera and the spatial environment. Unlike *Dawn of the Great Steppe*, *Nomad* does not convey the grandeur of the steppe and the contrast between open and closed spaces so vividly. In his work on *Dawn of the Great Steppe*, Akan Satayev used the teal & orange technique, popular among Hollywood directors, based on the complementarity of colors in the frame, which gave the film additional dynamics.

Akan Satayev actively uses color and wide-format surfaces as means of visual expression in his works. In recent adaptations of female characters, such as “*She*” (2017), “*Tomiris*” (2019) and “*Anel*” (2024), these tools play a key role in creating contrast. Warm tones and panoramic shots taken with a wide-format camera create a sense of comfort, while cool shades and close-up shots enhance the emotional tension of the characters. In addition to experimenting with color and space, Satayev also explores the images of characters, often making women the central figures of his films. The heroines are placed in various spatial models that, through non-verbal means, contribute to the development of the plot and the creation of tension.

Modern directing has made significant progress in terms of visualizing the intra-frame composition compared to the beginning of its path. Particular attention is paid to working with the camera that captures the final composition: its angle becomes an integral element of the director's concept. Large planes with clear shapes and many guiding lines dividing the space play an important role. The subject-spatial environment turns into an active participant in the narrative, becoming a full-fledged narrator, and not just a part of the composition. The language of modern Kazakhstani cinema is in a state of constant development. Based on the author's techniques of frame composition, directors introduce new solutions that combine traditional approaches with modern trends, which allows them to meet current aesthetic requirements and social demands of society.

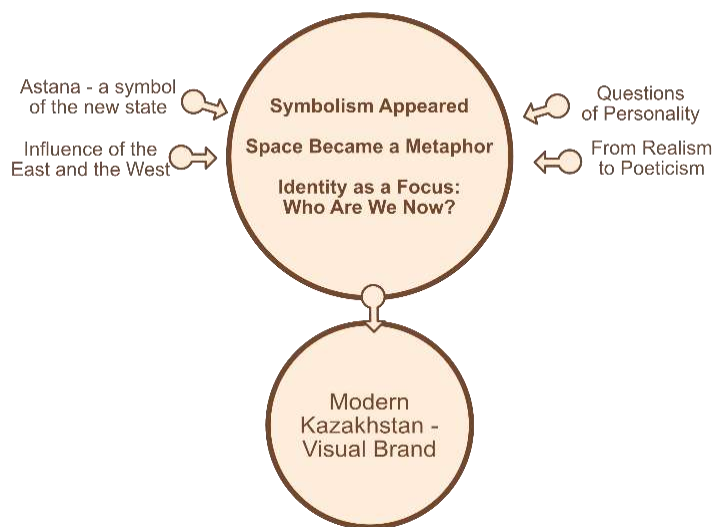


Figure 2 – Formation of a new image in matters of visualization of the space of Kazakhstan.

Contemporary social moods are invariably reflected in art, which in turn has a significant impact on the individual. Architecture acts as a mirror of collective self-awareness, conveying society's ideas

about beauty and harmony. In feature films, space, presented through the subject-spatial environment, forms a unique visual language of the film, conveying emotional states and deep meanings. Thus, art and architecture not only respond to social changes, but are also capable of shaping worldviews and values, influencing the perception of reality. The interaction between architecture and cinema in Kazakhstan occurs within the framework of their mutual influence, which is reflected in the dynamics of public consciousness and the broader cultural context (fig.2).

The development of cinematography and architecture in Kazakhstan is a process closely linked to historical, social and cultural changes in society. Cinematography began to develop in parallel with architecture, adapting to the current stylistic and thematic demands of the time. Modern directors and architects strive for individual solutions, experimenting with form, space and color palette, which allows them to create works with deep meaning and emotional impact. The interaction of architecture and cinematography in Kazakhstan occurs in the context of their mutual influence, which is reflected in the dynamics of public consciousness and cultural context.

5 CONCLUSIONS

Modern film directing has made significant advancements in the visualization of in-frame composition compared to its early stages. Particular attention is given to camera work, which captures the final composition—its angle becoming an integral element of the director's vision. Large planes with distinct shapes and multiple guiding lines that divide the space play a crucial role in shaping the visual narrative. The material and spatial environment transforms into an active participant in storytelling, functioning as a full-fledged narrator rather than merely a compositional element.

The language of contemporary Kazakhstani cinema is in a constant state of evolution. Building on the principles of frame composition, directors incorporate innovative solutions that blend traditional approaches with modern trends. This synthesis allows them to meet current aesthetic demands and respond to the evolving social expectations of society.

Contemporary social sentiments are inevitably reflected in art, which, in turn, exerts a profound influence on the individual. Architecture serves as a mirror of collective self-awareness, conveying society's perceptions of beauty and harmony. In narrative cinema, space—presented through the material and spatial environment—shapes the film's unique visual language, conveying emotional states and deeper meanings. Thus, both art and architecture not only respond to societal changes but also have the capacity to shape worldviews and values, influencing the perception of reality.

The development of cinema and architecture in Kazakhstan is a process closely intertwined with the historical, social, and cultural transformations of society. Cinema began to take shape alongside architecture, adapting to the stylistic and thematic demands of its time. Contemporary filmmakers and architects strive for individualized approaches, experimenting with form, space, and color palettes, allowing them to create works with profound meaning and emotional impact.

REFERENCES

1. **Donchenko S., Samoilov K.** (2020). Architecture of three historically formed cities - the table of Kazakhstan [Arkhitktura trekh istoricheskikh sloviishikh gorodov - stolits Kazakhstan]. Translation from Russia. Moscow: Science and education today. (in Russ). 50-51 p.
2. **Abdrassilova G., Danibekova E., Tuyakayeva A., Syzdykova A.** (2024). Architecture of almaty in the 20th century: in search of cultural identity [Arkhitktura Almaty XX veka: v poiskakh kulturnoy identichnosti]. Translation from Russia. Almaty: Vestnik KazGASA. 13 p. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.4-01>

3. **Masurenkov D.I.** (2025). Optical Equipment as an Instrument for Creative Interpretation of the Filmed Reality [Optika kak instrument tvorcheskoy interpretatsii snimaemoy real'nosti]. Moscow: Vestnik VGIK. 17 (1(63)), 147-159. (in Russ). <https://doi.org/10.69975/2074-0832-2025-63-1-147-159>
4. **Posocco P., Akhmedova A.** (2022). Kazakhstan. Soviet and contemporary architecture [Kazakhstan. Sovetskaya i sovremennaya arkhitektura]. Roma: Sapienza Università Editrice. 242 p. <https://iris.uniroma1.it/handle/11573/1398326>
5. **Aukhadiyeva L.M., Abdrassilova G.S.** (2024). Priority directions for the development of regional architecture in Kazakhstan in the 21st century [Prioritetnye napravleniya razvitiya regional'noy arkhitektury Kazahstanav XXI veke]. Almaty: Vestnik KazGASA. 12 p. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.3-01>
6. **Akhmedova A., Shotanova A., Karatseyeva T.** (2022). Transformation of the concept of comfort of the residential and urban environment in the modern conditions of the Almaty City. Innovaciencia, 10(1), 1–8. <https://doi.org/10.15649/2346075X.2974>
7. **Kisselyova T., Shlyakhtich Y., Baidrakhmanova M.G.** (2024). Compositional and planning component of the uniqueness of the architectural space of the environment [Kompozitsionno-planirovochnaya sostavlyayushchaya unikal'nosti arkhitekturnogo prostranstva sredy]. Almaty: Vestnik KazGASA. 35 p. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2024.1-02>
8. **Rustembekov A., Kapanov A.** (2005). Pressing problems of architecture and urban development in the republic of Kazakhstan [Nasushchnye problemy arkhitektury i gradostroitel'stva v Respublike Kazakhstan]. Translation from Russia. Moscow: Architecture. Construction. Design. (in Russ). 28-30 p.
9. **Truspekova K., Sharipova D.** (2022). Architecture of Post-Soviet Kazakhstan: Key Stylistic References in Public Facilities [Arkitektura postsovetskogo Kazakhstana: stilisticheskie ssylki v obshchestvennom sodeystvii]. Civil Engineering and Architecture.
10. **Ippolitov S.** (2023). Cinema of the Republic of Kazakhstan: Cinema as a National Idea [Kinematograf respubliki Kazakhstan: kino kak natsional'naya ideya]. Translation from Russia. Moscow: Russian Research Institute of Cultural and Natural Heritage named after D.S. Likhachev. 52 p.
11. **Kracauer Z.** (2024). Film's theory [Teoria kino]. Translation from Russia. Moscow: Ad Marginem. (in Russ). 107 p.
12. **Taylor R.** (1979). Film Propaganda: Soviet Russia and Nazi Germany. London: Croom Helm Ltd. 30-31 p.
13. **Eisenstein S.M.** (2000). Montage [Montage]. Translation from Russia. Moscow: Cinema Museum. (in Russ). 592 p.
14. **Soshnikov V.D.** (2017). Montage. Historical aspect. [Montage. Istoricheskiy aspekt]. Translation from Russia. Ekaterinburg: International scientific research journal. (in Russ). 106-108 p.
15. **Aleksandrov G.V.** (1976). Era and Cinema [Epoha i kino]. Translation from Russia. Moscow: Publishing House of Political Literature. (in Russ). 288 p.
16. **Wilinsky B.** (2001). The Image of Culture: Art Houses and Film Exhibition. Minneapolis: University of Minnesota Press. 288 p.
17. **Kurtz P.** (1968). American Philosophy in the Twentieth Century. The Macmillan Company. New York. 573 p.
18. **Samoilov K. I.** (2004). Architecture of Kazakhstan in the 20th century (development of architectural and artistic forms) [Arkitektura Kazahstana XX veka (razvitie arkhitekturno-khudozhestvennykh form)]. Translation from Russia. Moscow; Almaty: M-AR design. (in Russ). 930 p.

THE PROCESS OF ARTISTIC STRUCTURE AND FORMATION OF EXHIBITION EQUIPMENT IN MUSEUMS

K.O. Zhedelov¹ , Б.М. Kenesov² , T.K. Uzakbayev^{1*} 

¹International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

²Kazakh National Academy of Arts named after. T.Zhurganova, 05000, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *At the present stage, there are very complex modern requirements for the architectural and artistic structure of the museum, concerning the implementation of educational and educational functions through the improvement of museum exhibitions. A new approach to the solution of the exposition of museum exhibition equipment is based on the creation of a single emotional and imaginative artistic ensemble, which is considered as an artistic work in the field of exposition design. Conducting research on the artistic and compositional foundations of museum exhibition equipment, the lack of a holistic scientific theory of exposure, the lack of research on the art history and theory of the museum exposition as a whole, the lack of fundamentals of the artistic structure of the exposition in its current state, which significantly complicates the work on studying the multifunctional aspects of museum equipment. In this regard, the research work was based on direct questions of attitude to common equipment from the problems of the exposition. Many aspects that perform a direct and additional structural function of museum equipment are considered, the basics of the relationship between the exposition and architecture and equipment are determined, and the main features of the tasks of the exposition equipment as a system-forming and constructive component influencing the formation of the socio-cultural environment in local history museums are determined. In this scientific work, in addition to identifying the main problems of the artistic structure and the process of forming exhibition equipment in museums, the design solution and architectural structure are also determined. The study and presentation of these issues in scientific circulation is currently becoming increasingly relevant.*

Keywords: *museum, artistic structure, design, exhibition, architecture, exposition, composition.*

***Corresponding author**

Turar Uzakbayev, e-mail: turaruzak@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-02>

Received 10 November 2024; Revised 27 December 2024; Accepted 06 February 2025

МҰРАЖАЙЛАРДАҒЫ КӨРМЕ ЖАБДЫҚТАРЫНЫҢ КӨРКЕМДІК ҚҰРЫЛЫМЫ МЕН ҚАЛЫПТАСУ ҮДЕРІСІ

К.О. Жеделов¹ , Б.М. Кенесов² , Т.К. Узакбаев^{1*} 

¹ Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

² Т. Жүргенов атындағы ҚазҰӨА, Алматы, 050000, Қазақстан

Андатпа. Қазіргі кезеңде мұражай экспозицияларын жетілдіру арқылы білім беру және тәрбие функцияларын жүзеге асыруға қатысты, мұражайдың сәулеттік-көркемдік құрылымына қойылатын заманауи өте күрделі талаптар туындауда. Мұражай көрме жабдықтарының экспозициясын шешудің жаңа тәсілі біртұтас эмоциялық-бейнелі көркем ансамбльді құруға негізделеді, ол экспозициялық дизайн саласындағы көркем туынды ретінде қарастырылады. Мұражай көрме жабдықтарының көркемдік-композициялық негіздері туралы зерттеуді жүргізуге, экспонаттаудың тұтас ғылыми теориясының жоқтығы, жалпы мұражай экспозициясының көркемдік тарихы мен теориясы бойынша зерттеулердің аздығы, экспозицияның көркемдік құрылымының қазіргі жай-күйінде негіздерінің болмауы, музей жабдығының көпфункционалды аспектілерін зерттеу жөніндегі жұмысты барынша қиындатады. Осыған байланысты экспозицияның проблемаларынан жалпы жабдыққа қатынасты тікелей мәселелері зерттеу жұмысында негізге алынды. Мұражай жабдықтарына тікелей және қосымша құрылымдық қызмет атқаратын көптеген аспектілер қарастырылып, экспозиция мен сәулет және жабдықтардың өзара байланысының негіздері және тарихи-өлкетану музейлеріндегі әлеуметтік-мәдени ортасының қалыптасуына әсер ететін жүйе құраушы және конструктивті компонент ретіндегі экспозициялық жабдықтың атқаратын міндеттерінің негізгі белгілері айқындалды. Бұл ғылыми жұмыста мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісінің негізгі мәселелерін анықтаумен қатар, дизайндық шешімі мен сәулеттік құрылымы да айқындалады. Аталған мәселелерді зерттеп, ғылыми айналымға ұсыну қазіргі таңда өзектілігін арттыра түседі.

Түйін сөздер: мұражай, көркемдік құрылым, дизайн, көрме, сәулет өнері, экспозиция, композиция.

*Автор-корреспондент

Турар Узакбаев, e-mail: turaruzak@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-02>

Алынды 10 қараша 2024; Қайта қаралды 27 желтоқсан 2024; Қабылданды 06 ақпан 2025

ХУДОЖЕСТВЕННАЯ СТРУКТУРА И ПРОЦЕСС ФОРМИРОВАНИЯ ВЫСТАВОЧНОГО ОБОРУДОВАНИЯ В МУЗЕЯХ

К.О. Жеделов¹ , Б.М. Кенесов² , Т.К. Узакбаев^{1,*} 

¹ Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

² Казахская национальная академия искусств им. Т.Жургенова, Алматы, 050000, Казахстан

Аннотация. На современном этапе возникают очень сложные современные требования к архитектурно-художественной структуре музея, касающиеся реализации образовательных и воспитательных функций посредством совершенствования музейных экспозиций. Новый подход к решению экспозиции музейного выставочного оборудования основывается на создании единого эмоционально-образного художественного ансамбля, который рассматривается как художественное произведение в области экспозиционного дизайна. Проведение исследований художественно-композиционных основ музейного выставочного оборудования, отсутствие целостной научной теории экспонирования, отсутствие исследований по художественной истории и теории музейной экспозиции в целом, отсутствие основ художественной структуры экспозиции в ее современном состоянии, что значительно усложняет работу по изучению многофункциональных аспектов музейного оборудования. В связи с этим в исследовательской работе были взяты за основу прямые вопросы отношения к общему оборудованию из проблем экспозиции. Рассмотрены многие аспекты, выполняющие непосредственную и дополнительную структурную функцию музейного оборудования, определены основы взаимосвязи экспозиции и архитектуры и оборудования и основные черты задач экспозиционного оборудования как системообразующего и конструктивного компонента, влияющего на формирование социокультурной среды в историко-краеведческих музеях. В данной научной работе, помимо выявления основных проблем художественного строения и процесса формирования выставочного оборудования в музеях, определяются также проектное решение и архитектурная структура. Изучение и представление данных вопросов в научный оборот в настоящее время приобретает все большую актуальность.

Ключевые слова: музей, художественная структура, дизайн, выставка, архитектура, экспозиция, композиция.

*Автор-корреспондент

Турар Узакбаев, e-mail: turaruzak@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-02>

Поступило 10 ноября 2024; Пересмотрено 27 декабря 2024; Принято 06 февраля 2025

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ / ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 КІРІСПЕ

Жалпы музейтануда қалыптасқан ғылыми тұжырымдарға сүйенсек, атқаратын қоғамдық функцияларына қарай музей, әлеуметтік институт ретінде – әлеуметтік-мәдени ортаның қалыптасуына әсер ететін жүйе құраушы және конструктивті компонент ретінде қарастырылады. Әлеуметтік-саяси және экономикалық факторлар мұражайларға қолданыстағы тұжырымдамаларды қайта қарау және қызметтің барлық жүйесін өзгерту, жаңа идеяларды, білім мен технологияларды қалыптастыру қажеттілігін туындатады. Мұражайдың көрме қызметі бұл жағдайда мұражайдың экономикалық тиімділігі мен оның ұзақ мерзімді дамуын қамтамасыз ететін барлық мұражай функцияларын жүзеге асыруға ықпал ететін жұмыстың маңызды бағыты болып табылады. Көрмелер арқылы мұражайлар ақпараттық-коммуникациялық жүйе ретінде мұражайдың тұрақтылығын сақтай отырып, әлеуметтік тапсырысқа жедел жауап бере алады.

Қазіргі заманғы көрмелерде мұражай коллекцияларын жариялаумен шектелмейді, сонымен қатар қаланың, аймақтың, елдің мәдени мұрасының барлық спектрін ұсынады. Мұражайдың көрме кеңістігі өңірдің коммуникативтік алаңы, өңірлік бірегейлікті қалыптастыру және мәдени дәстүрлерді қалпына келтіру құралы ретінде әрекет етеді. Мұражай көрмесі көрмеге қою шекарасынан өтіп, концептуалды идеяларды, көркемдік инновацияларды, әлеуметтік маңызы бар акцияларды, білім беру және ойын-сауық іс-шараларын үйлестіре отырып, әлеуметтік-мәдени жоба ретінде пайда болады. Көрме жұмысының негізгі бағыты музей қор коллекциясындағы материалдық және рухани мәдениет заттарын экспозициялауға бағытталған.

Мұражай экспозициясын зерттеуші Т.П. Калугина экспозицияны құрудың келесі түрлерін үш топқа бөледі: «Проблемалық топтау», «Академиялық қатар» және «Фокустағы экспонат» деп қарастырады ([Kalugina, 1989](#)).

–«Проблемалық топтау» - деп жеке көрме өткізілсе, автордың жұмысы визуалды дизайнның бір түрі ретінде көрініс табады. Оның көркем тілінің белгілі бір аспектілерін қызықтыратын: техникалық көзқарастың әртүрлілігі, түстік шешім, көркемдік стильдеу принципі, сурет эволюциясы қарастырылады.

–«Академиялық қатар» - деп қарастырылуы қойылым ретінде көрменің дәстүрлі түрі ұзақ көркем сахналық хронологияның дәйектілігін ашады. Мұндай процесте қарқынды кәсіби өсуді байқауға болады.

–«Фокустағы экспонат» - экспозицияны қалыптастырудың ерекше қағидаты. Бұл жағдайда мұражай кеңістігін қалыптастыру объектілердің бір немесе бірнеше тобына бағытталады.

Зерттеуде біз мұражайдағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісін, оның экспозицияның конструктивті-кеңістіктік ұйымдастыруды жүзеге асыруын, экспонаттың сақталуын және бекітілуін қамтамасыз ететін құрылымдық элементтер мен жабдықтардың кешенін қарастырдық.

Біз экспозицияны көпфункционалды және алуан түрлі кешен ретінде қарастырамыз, оның негізгі қағидаларының бірі экспонаттардың көрнекі өзара байланысын, яғни оны қалыптастыратын және өзінің жеке бейнесіне ие болатын экспозициялық контекстті құру болып табылады.

Жұмыста экспонаттау тарихы мен мұражайтану теориясы, мұражай экспозициялары мен сәулетін ұйымдастыру туралы мәліметтер келтірілген - бұл өнер экспозициялары жабдықтарының қалыптасуына тікелей әсер етеді.

Алайда, мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісі жұмысының көлеміне байланысты бұл проблемалар зерттеудің негізгі объектісі - мұражай жабдығын анықтап түсіндіру және сипаттауға қажетті гипотезасы болып қаралады.

Бұл, зерттеуде ең алдымен, мұражайдың білім және тәрбие беру функцияларын жүзеге асыратын экспозицияларын жетілдіруге қатысты мақсат, міндеттер қарастырылған; - мұражай жабдығындағы музей экспозициясының дамуы мен қалыптасуының қысқаша тарихына, - өнер

туындыларын көрмеге қоюдың теориясы мен практикасына, - экспозициялық жабдықтарына, үлгілеріне, жалпы экспозиция кешеніндегі мәртебесіне, - музей ғимараттарының экспозициялау тәсілдерімен және сәулеттің өзара байланысына барынша екпін бере отырып талдау жасалып қарастырылды.

2 МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Ғылыми жұмыстың алға қойылған мақсаттары мен міндеттеріне қол жеткізу үшін біз тарихи-өлкетану музейлеріндегі әлеуметтік-мәдени ортасының қалыптасуына әсер ететін жүйе құраушы және конструктивті компонент ретіндегі экспозициялық жабдықтың атқаратын көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісінде экспозицияның атқаратын рөлін қарастырдық. «Экспозиция» термині латынша «expositio» (көрсету), кең мағынада кез-келген заттар жиынтығын арнайы көрсету ұғымын береді. Бүгінгі күні музейтану ғылымында қолданылып жүрген экспозицияның қарапайым анықтамасы: музей жинағының көрсетуге арналған бөлігі. Бүгінгі музей экспозициясы деп музей заттары мен басқа да экспозициялық материалдарының тұжырымды (ғылыми және көркемдік) ойлау тұрғысында біріктірілуінің біртұтас заттық-кеңістіктік жүйесі деп түсінуге болады» (Ibraeva, 2013). Жалпы мұражайлардағы көрме ұйымдастыру мәдениетін қарастыру барысында мұражай тәрбие ошағы, тарихи-мәдени орта екені айқындалды. Аталған тақырып аясында ақпаратты іздеу және жинау әдістерін тарихи шолу, салыстырмалы-сипаттау әдістері көптеген ғалымдардың еңбектері негізделіп жүргізілді. Сонымен қатар, мұражайлардағы экспозициялар мен жабдықтарды ұйымдастыруға сәулет дизайнының әсері, өнер коллекцияларын ғылыми зерттеуі, оларды жүйелеу және талдау, заманауи мұражай мен экспозицияның үйлесімді ортасын құру туралы ғалымдардың жазған тұжырымдамалары қарастырылып салыстырмалы анықтамалар беріледі.

3 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУ

Жалпы мұражайлар – мәдени, тарихи және ғылыми құндылықтарды, мыңдаған коллекциялар мен шынайы тарихты сақтаушы орта болып табылады. Оның ерекшелігі музейлік заттар арқылы мәліметтерді жинақтап таратуына байланысты елдегі ұлттық рухани өмірді жаңғырту, ұрпаққа ата-бабамыздан қалған мұралар жөнінде тәлім-тәрбие беретін орталық және объективті таратуға ықпал етеді. Халықтың тарихи санасын нығайта отырып, дүниетанымының дамуына ықпал етуге арналған тарихи қалыптасқан көп қырлы әлеуметтік ақпараттар ордасы немесе мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісінің институты десе болады.

Бүгінгі таңда музей және мұражайлардың көрме жабдықтарының көркемдік және құрылымдық ерекшеліктерінің көрінісі өнер зерттеушілерінің басты назарында. Себебі, қазіргі өнер түрлерінің көрме залдарында ұсынылуы, оның көркемдік және құрылымдық ерекшелігінің эстетикалық, көркем экспрессивтілігі, функционалды технологиялылығы мәселесі өзекті бола түсуде. Осыған байланысты көрме жұмысының негізгі бағыты музей қор коллекциясындағы материалдық және рухани мәдениет заттарын экспозициялауға бағытталған. Музей қорында сақтаулы экспонаттардың барлығын музей залдарына экспозицияға қоюға орын болмайтындығы белгілі. Осыған орай, музей саласында уақытша экспозиция құру яғни көрме құру тәжірибесі қалыптасқан.

Иә, мұражайлардың уақытша экспозиция құру яғни көрме құруда атқаратын рөлін құрылымдық ерекшеліктерін талдауға үлкен мүмкіндіктер ашады деп есептейміз. Оны заманауи көрме мәдениеті жағдайында зерттеу қажеттілігі туындайды. Негізінде мұражай ұжымының көрме залын жабдықтауларына қарап, заттардың, витриналардың және шкафтардың ретсіз жинақталуынан экспозициялық көрсетудің қандай да бір логикасын анықтау барысында қойылған заттар арқылы мұражай ұжымының эстетикалық түсінігінің жалпы деңгейін көруге болады. Ал, XX ғасырдың басында бүкілресейлік конференцияда

мұражайдағы көрме қызметінің келешегіндегі зор проблеманы бір сөзбен атап көрсеткен: мұражайлар бөлімінің меңгерушісі П.П. Мұратов «Музей көрмесі қарапайым мәселе емес. Бұл, ғалым мен суретші арасындағы бірлескен ізденісті, еңбекті қажет етеді» деген болатын ([Polyakov, 2018](#)). Музейді дамыту әрбір мегаполис стратегиясының міндетті шарты деуге болады. Осы тұрғыда көрмелердің дизайны бірыңғай, құрылыс принципі автоматизмге жеткізілді. Бірнеше күнде немесе сағатта кез - келген экспозиция модульдік жүйелерден жиналады. Лаконизм, рационализм, техникалық ақпараттың көптігі, сандық технологияларды қолдану бір жағынан, ойын-сауық және білім беру элементтерінің және өнеркәсіптік экспозицияны құру тұжырымдамасы екінші жағынан, аяқталған дизайн жобасы көрмелерді қарапайым келушілер ғана емес, мамандар үшін де қызықты ететіндігін көптеген зерттеушілер сипатына қарай көрмелерге анықтама берген.

Музейтанушы Т.Ю. Юрневаның жоғарғы оқу орындарына арналған оқулығы бойынша «Музейде өткізілетін көрмелер сипатына қарай келесідегідей түрлерге бөлінеді: – тақырыбына, сондай-ақ экспозициялық материалдардың мазмұны мен сипатына қарай – мерейтойлық, мемориалдық, жеке, халықаралық, тұсаукесер көрмелер, фотокөрмелер, тарихи, көркемөнерлік, жеке бір затқа арналған көрмелер, көрме-жәрмеңкелер, балалар шығармашылығының көрмелері; – орналасуына қарай – музейден тыс, жылжымалы және көшпелі көрмелер және музейде экспозициялық-көрме жұмысының екі үлкен саласы – уақытша көрмелер және тұрақты экспозиция құру жұмыстары алдын ала белгіленген жоспар бойынша жабдықталып жүргізіледі» деп жазылған ([Yureneva, 2004](#)). Негізгі мұражайда экспозициялық-көрме бейнелі-сюжеттік әдіс бойынша орындалып, көрмелер жүйелі негізде ұйымдастырылады. Көрмелер құру кезінде «биеннале» заманауи дизайн әдістерін қолдану барысында тақырыптық көрме негізінде орындалған жүйелі экспозицияға көркем мұражайларға проблемалық басымдылық береді. Мультимедиялық дәстүрлі музыка орталығының ғылыми қызметкері Н. Досымбетов өзінің «Тақырыптық көрмелерді құрудың әдіс-тәсілдері» атты зерттеу мақаласында «Сәулеттік-көркемдік тұжырымдама ғылыми тұжырымдама негізінде жасалып, онда көркемдік идея, көркемдік бейне туындап, экспозицияны құру кеңістігі, негізгі жарық шешімі, жәдігерлер, сұлба-макеттерді орналастыру қағидаттары қарастырылады. Келесі кезеңде музейдің ғылыми қызметкерлері экспозицияның «кеңейтілген тақырыптық құрылымын», суретшілер «экспозициялық жобасын жасайды» деген анықтамасын электрондық сайттан да оқуға болады ([Dosymbetov, 2019](#)).

Осы бір айтылған суретшілер «экспозициялық жобасын жасайды» деген анықтамасына көңіл бөлсек, әлемдік музей практикасында болып жатқан интеграциялық процестерді ескере отырып, Қазақстан музейлерінің қызметін түбегейлі қайта қарап зерттеу, жинақтау және ғылыми-ақпараттық жұмыс саласында бірлескен жобаларды әзірлеу және жүзеге асыру, мұражайлардың халықаралық форумдарына қатысу, жақын және алыс шет елдердің жетекші мұражайларымен алмасу көрмелерін ұйымдастыру, мамандардың тағылымдамасы мен алмасуы, республикамыздағы мұражайлар әлемдік мәдениет жетістіктеріне қарай жылжуын тездетеді.

Музей – жалпы адамзат баласының өмірінде заттық және рухани мәдениетті танытуда, зерттеу мен насихаттауда үлкен рөл атқаратындығын мәлімдеген А.М. Разгон өзінің «Музейтану. Тарихи мұражайлар» атты оқу құралында «экспозицияға» келесі анықтамасын береді: «Негізгі форма білім беру және тәрбие мақсаттары ұйымдастырылған мұражай заттарын көрсету арқылы жүзеге асырылады, ғылыми мұражайға сәйкес әзірленіп түсіндірілген және орналастырылған сәулеттік-көркемдік шешімдер тұжырымдамасын құрайды» деп жазған ([Razgon, 1961](#)). Бұл, анықтамада тақырыптық көрме құру экспозицияның өзіндік ерекшелігімен қатар сәулеттік-көркемдік тұжырымдама ғылыми тұжырымдама негізінде жасалып және дизайнына баса назар аударуды қарастырады. Мұражайларда ұсынылған экспозиция құрылымы жағынан толықтай үйлесімділікте болуы қажет деп есептейді.

Мұражай экспозициясы әлеуметтік және идеологиялық өзгерістердің үйлесімдігі мен қоғамның көркемдік жаңалықтары мен ғылыми-техникалық жетістіктерін көрсетеді.

Экспозиция құрылымының дизайны мұражай қызметінің бағыты ретінде мұражай саласында ғана емес, сонымен бірге мұражай аймағында да болып жатқан жалпы қоғамдық өзгерістерге жауап береді. Әрбір уақытқа сәйкес келетін өзіндік стилистикалық инновациялық, өнімді тәсілдер, сондықтан үнемі болып жатқан жағдайларға байланысты жетілдіру-бұл ең жаңа технологиялық әзірлемелер немесе жаңа визуализация әдістері және оларды экспозицияға қосу мүмкіндігі, кеңістікті зерттеу сұрақтары және ең қызықты және дизайндағы заманауи үрдістер әрқашан өзекті болады.

Т. Мальдонадо тұжырымдамасы бойынша «Мұражай кеңістігінде дизайндық шешімнің маңызы зор. «дизайн философиясы – бұл әртүрлі өрнектің көрінісі, әлемге жеке көзқарас. Сондай-ақ, біз әлемді дизайнсыз қалай түсінеміз» деуінің өзі үлкен ой тудырады (**Maldonado, 1964**).

Иә, «Дизайн» ұғымы қазіргі заманғы технология, озық материалдар, жаңа ағымдық ұғымдармен байланысты. Дизайн көрмелердің маңызды функцияларының бірі – мұражайдың негізгі экспозициясын жаңғырту мұражай көрмелерін әртүрлі композициялық шешімдегі көріністер арқылы көруге мүмкіндік береді. Ал, көрме жүйесінің қабілетті жұмыс істеуі, мұражай экспозициясының ерекше формаға айналу негізіне байланысты. Мұражайдағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісі қоғам үшін, қазіргі заманғы мұражай көрнісі мен көрмесінің тартымды болуы керектігіне жауапты. Осыған байланысты ерекше көрмелердің функциясының маңызы мұражайға келушілерді тарту, олардың құрамын және ортасын кеңейту.

«Кез-келген мұражай экспозициясының семиотикалық сипаты келесі комбинацияда көрінеді: табиғат құбылыстары туралы түсініктермен түсіндіргенде, қазіргі заманғы мұражай алаңдары тек пассивті ғана емес нысандарды шолу, сонымен қатар келушілердің танымдық белсенділік көрінісін арттыру. Мұражай экспозициясы – бұл ғылыми негізделген мұражай жиынтығы, ғылыми-түсіндірме жазбалармен байланысты көзбен көру үшін қойылған және белгілі бір тақырыпты ашуға бағытталған мәтіннің дизайны.

Экспозицияның барлық бөліктері бір-бірімен байланысты және оларды тақырыптық құрылым құрайды. Ал, «тақырыптық көрмелерді құруда музей қызметкерлері белгілі бір принципке сүйенеді. Музейтану саласында қалыптасқан тұрақты экспозиция және көрме құрудың бірнеше басты принциптері бар. Ең басты принцип ретінде – ғылыми принцип алынады. Ол әрбір музей экспонатының экспозицияға қойылғанға дейінгі ғылыми өңдеуден өтуі назарға алынады» деп өз зерттеулерінде нақтылайды (**Kaulen, 2010**). Мысалы, интерьер дизайнына экспонаттар және олардың коллекциялары, мұражай заттарын (көшірмелерін) көбейту, ғылыми-көмекші материалдар, көрме өнерінің арнайы жасалған объектілері, мәтіндер, ақпараттық технологиялар және тағы басқада кіреді.

Жүргізілген зерттеу жұмыстары бойынша қорытынды жасау арқылы қарастырсақ:

«Қалыптасқан әлеуметтік және әлеуметтік көзқарастар мен мәдениеттің құндылық бағдарларының өзгеруіне байланысты мұражайдың тарихи-мәдени құбылыс ретінде дамуы мен қалыптасуының ұзақ және күрделі процесте жүретіндігін көруге болады.

Автор, Н.М. Дружинин «Прамұзей» деп аталатыннан - салттық заттардың қоймасы - дамудың ұзақ жолында мұражай өзіне тән даму заңдылықтары, қазіргі қоғамның мәдени және идеологиялық өміріндегі өзіндік рөлі бар көп функциялы институтқа айналады» деп жазады (**Druzhinin, 1931**). Өнер туындылары, кунсткамер, сарай коллекцияларының қоймасындағы көркем мұражайлар кең ауқымды қызмет бағдарламасы бар заманауи ірі орталықтар мен кешендерге айналууда.

Көркем мұражайлардың экспозициялық ортасын қалыптастыру мен ұйымдастырудың сәулеттік-көркемдік аспектілерін дамыту процесінде ғимарат сәулетінің өзгеретін арақатынасы айқын көрінеді.

Коллекциялар (экспонаттау) және мұражай жабдықтарын орналастыру. Біздің ойымызша, өнер мұражайларының дамуындағы ең маңыздысы-олардың сәулеттік және көркемдік құрылысының үш негізгі кезеңі **Кесте 1**.

Кесте 1

Сәулеттік және көркемдік құрылысының негізгі кезеңі (авторлық материал)

Кезең	Сипаттама
I кезең	Экспозициялар мен жабдықтарды ұйымдастыруға сәулеттік әсерімен сипатталатындығы. Өнер коллекциялары айқын сәндік мақсатқа ие және залдардың сәулетіне сәйкес орналастырылып басты белгілері-көркем туындылар декорацияның атрибуттары ретінде қызмет ететін «сәулет-сәндік» экспонаттау түрі бар интерьерге, сәулет өнеріне толық бағынатын үйлесімді көрме ансамблін құру болып табылады.
II кезең	Өнер коллекцияларын ғылыми зерттеудің басталуы, оларды жүйелеу және танымал ету мұражайды қоршаған ортаны «бейтараптандыруға» ұмтылған кезде экспонаттың экспозициядағы рөлін үстемдік ету тенденциясына әкеледі. Осы кезеңдерде экспозицияның сәулеті мен жабдықтары экспонатқа үстем жағдайды ұсына отырып, айтарлықтай артта қалады. «Академиялық» және «экспонаттық» типтегі экспозициялық принциптер мен тәсілдерде. Экспозициялар таусылған қараңғылық пен аскетизммен сипатталатыны қарастырылған.
III кезең	Қазіргі кезең мұражай мен экспозицияның үйлесімді ортасының құрылуымен, мұражай экспозициясының ерекше өнер жанрының дамуына сәйкес, жетекші рөл негізінде – экспонат - өнер туындысының түпнұсқасы, экспозицияның барлық компоненттерінің қатысуымен сипатталса ал, мұражайдың қазіргі заманғы экспозициясы экспонаттың табиғаты мен ерекшелігін, сәулеттік жағдайды және экспозицияны жасаушылардың шығармашылық ниеттерін жүзеге асыруды ескере отырып, семантикалық тұжырымдамалық сәулет-көркемдік шешімнің бірлігінде ұйымдастыру қарастырылған.

Қазіргі заманғы мұражайлардың жабдықтары әртүрлілікке, даралыққа және бірегейлікке деген барлық ұмтылысымен заманауи материалдардан жасалған және өнеркәсіптік өндіріс негізінде, экспозицияның жалпы сәулет-көркемдік ниетімен контексте жасалған біртұтас, модульдік икемді жүйелерді экспозиция шекарасында құру тенденциясына бағынады. Сонымен қатар, музей дизайнерлеріне, экспоненттер мен суретшілерге, сонымен қатар университетте оқитын бакалавриат пен магистранттарға арналған Т.П. Поляковтың ұсынған монографиясы да негізгі көрме әдістері мен қолданылатын технологияларды талдауға, жіктеуге және даму тарихына арналған. Ол, «Ресейлік мұражайлардың қазіргі тәжірибесінде жүріп жатқан ғылыми-зерттеу, жобалау және оқытушылық қызметі, оның бұрынғы ғылыми мақалалар мен кітаптарда жасаған бірқатар теориялық және практикалық тұжырымдарын жинақтап, жаңарту және мұражайдың коммуникациялық мүмкіндіктерін көрсету басты міндет болып табылатындығы ал, мұражай көрмелері – түпнұсқа ретінде «сөздіктер» пәнінен және ғылыми-көпшіліктен шыққан мәтіндер түпнұсқа өнер туындылары, иллюстрациялар, мұражайлық экспозициялар мен көрмелер жобаларын мәдениеттің нақты тілі ретінде қарастырады» (Polyakov, 2018). Жазылған ғылыми жұмыстарды зерттеу барысында мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісі мұражай экспозициясы көркем шығармашылықтың дербес жанрларды құрастыру (синтетикалық жанр) ретінде бекітілгендігін түсіндік.

Сонымен қатар, қазіргі заманғы көрмелер құрылысының тенденциялары өнер тарихы негізінде теориялық түсінікте қарастырылатыны туралы, көрменің жетекші суретшілерінің бірі ресейлік, К.И.Рожественскийдің өз тәжірибесінен дизайн өнері туралы берген мәлімдемесі қызықтырады: «Теориялық және ғылыми ой-пікірлер әлі күнге дейін көркемдеуші дизайн өнерін өз проблемаларының қатарына қосқан жоқ, бұл мәселелерді шешуді кейінге қалдыруға болмайды. Ал қазіргі заманғы мұражай көрмелерін құру кезінде туындайтын негізгі мәселелердің бірі көрме ортасын сәулеттік-көркемдік ұйымдастыру және оның негізгі құрамдас бөліктерінің бірі – оның көп функционалды құрылымының барлық алуан түрлілігінде қарастырылатын көрме жабдықтарының рөлін анықтау мәселесі болып табылады» деп айтып отыр (Maistrovskaya, 1987).

Ф.М.Достоевский атындағы Омбы мемлекеттік университетінің этнология, антропология, археология және мұражайтану кафедрасының аспиранты Сатубалдин Абай Кәрімтайұлының «Қазақстан мұражай әлемі: қызметінің негізгі бағыттары» атты мақаласында Қазақстанның мұражайлары еліміздің тарихи, мәдени және табиғи мұрасын жинақтауға, зерттеуге, сақтауға және насихаттауға арналған негізгі әлеуметтік-мәдени институттар туралы айтылған. Осыған байланысты музей ісінің қазіргі даму жағдайын зерделеу және Қазақстан мұражайлары қызметінің негізгі бағыттарын талдау мәселелері өзекті болып табылатындығын көрсеткен. Қазақстан Республикасындағы мұражай ісінің қалыптасуы мен дамуының кейбір мәселелерін бұрын жекелеген қазақстандық және шетелдік ғалымдар қарастырғаны. Жалпы, Қазақстандағы мұражай ісінің қазіргі жағдайын білім деңгейінің жеткіліксіздігімен сипаттауға болады» делінген ([Satubaldin, 2020](#)).

Өкінішке орай, бүгінгі күні есеп беру көрсеткіштері қазіргі заманғы мұражай әдістері мен технологияларының әлеуметтік тиімділігіне байланысты. Оны ашатын мұражайдың тұрақты көрмесінің әсері қайталанбас нысандардың, өзіндік сәулеттік-көркемдік құралдардың үйлесімді бірлігі арқылы белгілі бір жердің (қаланың, облыстың) негізгі тақырыбы немесе бренді және заманауи интерактивті технологияларды арттыру. Көрме жобаларының авторларының қабілеті аймақтық (жергілікті, қалалық, облыстық) брендті «ілгерілету» ғана емес, сонымен бірге оны өзгерту, келушілердің назарын жаңа кейіпкерлерге немесе жаңа өзекті тақырыптарға аудару.

Бұл мақаланың мақсаты – посткеңестік кезеңдегі Қазақстан мұражайларының қазіргі кездегі қызметінің негізгі бағыттарын анықтау және сипаттау. Осы мақаланы жазуда автор қолданған әдістер сауалнама және алынған нәтижелерді талдау болды. Зерттеу нәтижесінде республикалық, облыстық және аудандық деңгейдегі музейлердің қызметіне талдау жасаған. Жұмыста Қазақстандағы мұражайлардың қоры, ғылыми-танымдық, көрмелік және экскурсиялық қызметі сипатталған. Қазақстандағы мұражайлар қызметінің негізгі бағыттары да айқындалған.

Алайда, Ресейлік көрме суретшісі К.И.Рожественскийдің көтеріп отырған мәселесі айтылмайды, мұражай жабдығын анықтау және сипаттау үшін қажетті аспектілерде ғана қозғалады және Қазақстандағы мұражай ісінің қазіргі жағдайын білім деңгейінің жеткіліксіздігімен сипаттай отырып теориялық және ғылыми ой-пікірлер әлі күнге дейін музей көрме жабдықтарының көркемдік-композициялық деңгейін шешу үшін дизайн мәселелері туралы зерттеулерде айтылмайды.

Негізінен зерттеу материалдарында музейтану теориясы мен практикасының жалпы дамуы және көркемдік үдерістегі негізгі стилистикалық өзгерістер контекстінде көркемдік бейіндегі музей экспозициясының дамуы мен қалыптасуының қысқаша тарихы оның түрлерінің экспозициялық жабдықтарының үлгілеріне, жалпы экспозиция кешеніндегі мәртебесіне, сондай-ақ музей ғимараттарының экспозициялау тәсілдерімен және сәулетімен өзара байланысына барынша екіпін бере отырып және талдау жасап, дизайн мәселесіне байланысты көптеген сұрақтар туындайтыны мәлім.

Музей мекемелерінде көрмелерді, онкүндіктерді, мәдениет күндерін, фестивальдерді, байқауларды және шығармашылық іс-шаралардың, жұмыстар мен қызметтердің басқа да түрлерін өткізуге әлеуметтік-шығармашылық тапсырыстарды конкурстық негізде орналастыру практикасы суретші-дизайнерлердің жобасымен қолданылуы тиіс. Мұражай кешендерін жобалау және салу кезінде оларда келушілердің демалыс аймақтарын, кино көрсету және концерттер, кештер мен кездесулер ұйымдастыру үшін залдарды қарастыру қажет. Бұл ретте мұражайларды мүгедектер арбасындағы адамдар үшін арнайы кіреберістермен, өту жолдары пандустармен және лифтілермен жабдықтау туралы айтылып отыр. Сонымен қатар Қазақстан Республикасының музей қоры мен музейлерді сақтау және дамыту жөніндегі мемлекеттік органы республикада музей ісін жетілдіру мақсатында музей мамандарын даярлау, қайта даярлау және олардың біліктілігін арттыру жүйесін, тарих және мәдениет ескерткіштерін қалпына келтіру орталықтарын құру мәселелерін шешу басты мәселе ретінде қарастыру керектігін, жалпы қоғамда болып жатқан әлеуметтік және идеологиялық

өзгерістерді, көркемдік жаңалықтар мен ғылыми-техникалық жетістіктерге, музей саласында да болып жатқан өзгерістерге көркемдеуші дизайн өнері де жауап беретіндігін естен шығармаған дұрыс.

Мысалы, қазіргі уақытта еліміздегі «Ақылды үй», бағдарламасы сәулет-құрылыс саласында сәулетші дизайнерлер орындап жатқан жобалар павильондар, мәдени орындарға алдыңғы қатарлы технологияларды қолданып заманауи ғылыми инженерлік және конструкторлық әдістерді іздестіру арқылы жалғасын тауып жатқаны белгілі. Қазақстанда да қазіргі салынып жатқан мәдени және бизнес-орталықтар мен бизнес-парктердің дамуын жоспарлау және қалыптандыру ерекшеліктеріне баса назар аударып заманауи үрдісте бизнес-орталықтарды толыққанды дамыту үшін қажетті функцияларды қарастырып зерттеп жобалар жасап жатқан жұмыстардың барлығы. Осы мақаладағы басты мақсат – сәулетші дизайнер студенттерге заманауи ғимараттарды жобалау әдістемесінде қаралатын басты қажеттілік теориялық тұжырымдамалар мен идеяларды зерттеуде диалектикалық және жүйелі талдау, абстракциялау және салыстыру әдістеріне және статистикалық талдау әдісі сияқты әртүрлі зерттеу әдістерін игерте отырып мамандыққа бейімдеп таныту керектігін түсінесің ([Uzakbayev et al., 2023](#)).

Қазіргі заманғы мұражай сәулеті қоғам үшін тартымды және Қазақстан Республикасының музей қоры мен музейлердің ісін жетілдіру мақсатында музей мамандарын даярлау, қайта даярлау және олардың біліктілігін арттыру жүйесін, тарих және мәдениет ескерткіштерін қалпына келтіріп бір орталықтарын құру мәселелерін шешу басты мәселе ретінде қарастыру керектігін, жалпы қоғамда болып жатқан әлеуметтік және идеологиялық өзгерістерді, көркемдік жаңалықтар мен ғылыми-техникалық жетістіктерге, музей саласында да болып жатқан өзгерістерге экспозицияның дизайны да жауап беретін болу керектігі. Осыған байланысты мұражай сәулеті мен оның визуалды дизайны және көрмелердің функциясы мұражайға келушілерді тарту, оларды құрамын көбейту басты мәселе екендігін түсінуі.

Мұражайдағы көрмелердің маңызды функцияларының бірі – мұражайдың негізгі экспозициясын жаңғыртып жаңарту арқылы мұражайға табыс көзін әкелуге музей ісін жетілдіру мақсатында музей мамандарын даярлау, қайта даярлау және олардың көрме дизайны туралы біліктілігін арттырып мүмкіндік бергізу. Мұражай тұжырымдамасының, маңызды мәселелерінің бірі, болашақ тұрақты экспозицияның дизайнын ойластыру.

«Мұражай тілі» көрмелерді байытуға және әртараптандыруға келушілермен диалог жүргізуге мүмкіндік береді. Көбінесе мұражайдағы көрмелер контрастқа сәйкес орындалады негізгі экспозицияға қатысты әдіс: мұражайда, оның негізгі экспозициясы бейнелі-сюжеттік әдіс бойынша орындалған, көрмелер жүйелі негізде ұйымдастырылады. Тақырыптық көрме негізінде салынған кешендер жүйелі экспозицияға көркем мұражайларға проблемалық басымдылық береді. Көрмелер құру кезінде «биеннале» заманауи дизайн әдістерін қолдануды қарастыру басты бағыт екендігін түсіну керектігі.

Мұражай экспозициясын құру – ғылыми қызметкерлер мен суретшілердің дизайнерлер мен инженерлердің ортақ күшімен жасалатын күрделі зерттеу, шығармашылық және өндірісті-техникалық үрдісті қажет етеді. Мұражай экспозициясын құру алдын-ала оның жүйеге түсірілген ғылыми мазмұнынан және сәулеттік-көркемдік шешімі мен техникалық жабдықтаудан басталады. Мұражай дизайны туралы қазіргі уақытта түсінік біртіндеп дамуда. Сәулеттік ғимараттарды және мұражайды ұйымдастыруға арналған дизайнерлік жобалар мен шешімдер, қоршаған ортаны, мұражай мен оның коллекциясын көрерменге ұсыну негізгі мақсат болып табылады. Айта кету керек, мұражай дизайны-бұл кең ұғым, әр түрлі қызмет түрлерінің жиынтығы болып табылатын мұражайдың стилистикалық тұтас құрылым ретіндегі бейнесін қалыптастырады. Соның ішінде «экспозиция дизайны» ұғымы қазіргі музейтанушылықта пайда болды. Экспозиция функционалдық, сондай-ақ эстетикалық сипаттамалардың жиынтығы, тұтас кеңістік-заттық экспозициялық орта. Ол кеңістік-сәулеттік орналасу ретінде қосу экспозициялық материалдар, сондай-ақ құрылымдық құрылыс, сондай-ақ кескінді қалыптастыру, түс және жарық шешімін қарастырады. Суретшінің мұражай экспозициясын орындауға белсенді қатысуы бірте-бірте қалыптасты. Экспозициялық дизайн

бойынша жұмыстағы ең бастысы – сурет көрмелер: мұражай үшін экспозиция мәдениеті бос мәселе емес» (**Zaks, 1987**). Бұл жұмыс істейтін ұжымның кәсіби деңгейінің көрсеткіші. Қазіргі уақыт аралығында мұражайлар көркемдігін жобалау практикасы экспозициялық көрме қызметінің жаңа қағидаттарын әзірлеу бұрынғыдан да аса қажеттігі туындады.

Мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісі көрмелердің көркемдік және құрылымдық ерекшеліктері мұражай кеңістігін, қолданыстағы интерьерлерді, декор элементтерін қамтиды. Зерттеу барысында экспозиция дизайнының ерекшеліктеріне назар аударыңыз, көрме экспозициялары - мұражайларды жобалауға деген көзқарастардың айырмашылығын атап өткен жөн. Бірде-бір мұражай онсыз бола алмайды. Тұрақты экспозиция, бұл «тұрақты» сөзі және тағы бір термин, музеологтар қолданатын «стационарлық», яғни дизайн әзірлеу.

Қазіргі заманғы экспозиция - әрқашан болашаққа бағытталған. Мұражайлық жобалар 10-30 жыл бойы өзекті болып қалуы керек, олар дәстүрлі біріктіруді дұрыс үйлестіре отырып, болашақ өзгерістерді ескере отырып жасалған классикалық тәсілдер және жаңа трендтер болу керек.

Көрме жабдықтарының көркемдік құрылымын ұйымдастыру дизайнерлер үшін маңызды жұмыс. Мұражай – экспозициялар мен кәдесый өнімдерін безендіруден бастап визиткаларға дейін, карточкалар мен кіру билеттері, сондай-ақ көрме жабдықтарын дұрыс құрастыру.

Музей аралық коммуникация және тәжірибе алмасу тақырыбын дамыта отырып, бізге көрменің жаңа формасын атап өту маңызды. Ең алдымен, биеннале көрмесін мұражайда ұйымдастырумен байланысты жаңа идеяларды жариялау міндеті және кеңістік-тұрақты экспозициялардан уақытша көрмелерге дейін. Биенналі көрмесінің мәні жаңа білімді жинақтап, коммуникативті болады. Тәжірибе алмасу үшін мамандарды жинайтын мұражай дизайны саласындағы жаңа жетістіктерді көрсету болып табылады. Соңғы он жылдықтарда экспозиция өнері қызметінің негізгі және көрінетін мұражай жұмысының бір бөлігінің тәуелсіз түрі ретінде берік орнықты. Экспозицияны құру әдістемесі – қарқынды дамып келе жатқан әдіс қазіргі музеология саласы. Ағымдағы көрме жобалары, мағыналар мен түсіндірулердің өзгергіштігіндегі ашықтық, олар шығармашылық және көбінесе көрерменді белсенді позицияға итермелейді. Көргендеріне қатысты, оны шығармашылық процеске қосады, шақырады. Дегенмен, жаңа ашылымдар, тәжірибелер мен эксперименттер заманауи экспозицияларды жасау теориялық әзірлемелерге және уақыт өте келе бекітілген жобалау принциптеріне ықпал етеді. Мұражай экспозициясы әлеуметтік және идеологиялық өзгерістерді көрсетеді. Мұражай саласында ғана емес, сонымен бірге мұражай аймағында да болып жатқан өзгерістерге жауап береді.

Қазіргі уақытта мұражайлар мен көрме залдарының экспозициялық және көрме қызметінің белсенді дамуын атап өтуге болады. Экспозиция сияқты мәдени құбылыс қазіргі адамның өмірінде маңызды рөл атқарады. Ол білім көзі, эстетикалық канондардың аудармашысы, әлеуметтік коммуникация.

Бұл анықтама экспозицияның өзіндік ерекшелігінен бұрын сәулеттік көркемдік ерекшелікке, дизайнға баса назар аударады. Сондықтан, мұражайларда ұсынылған экспозиция, құрылымы жағынан толықтай үйлесімділікте болуы қажет. Ондағы өнер туындылары немесе экспонаттар, орналасу ерекшелігі, сәулеттік дизайндық құрылымы жағынан бір-бірімен толықтай үйлесім тапқанда ғана композициялық құрылымы көрініс табады. Осыған қатысты О. И. Матющенко мұражайлық коммуникацияның маңыздылығы жайында пікір білдіріп, оны «көрермендердің белгілі бір кеңістікте орналасқан экспозициялық материалдарды көрнекі қабылдауы арқылы жүзеге асырылады» деп сипаттаған (**Matyushenko, 2018**).

Экспозицияларды құруда жалпы экспозициялық шеберлікті қалыптастыру барысында әзірленген теориялық негіздер мен қағидаттар іске асырылады. Бейнелі-тақырыптық композициялық құрылымды шешу тәсілдерінде, экспозициялық ортаны архитектуралық-кеңістіктік ұйымдастырудың әртүрлі әдістерінде және экспозициялық дизайнның сапалы деңгейін арттыруда заманауи көзқарастар басым болуы шарт. Қазақстандық мұражайлардағы

жабдықтардың көркемдік құрылымына байланысты отандық ғалымдардың ішінде К.К. Арыновтың «Астана қаласының мұражайлары мен көрме кешендерінің сәулеті» және Б.К. Кожахметовтың «XXI ғасырдағы Қазақстан мұражайлары. Жағдайды талдау» атты еңбектерін зерделеп көрелік. Мәселен, К.К. Арынов соңғы жылдары еліміздің түрлі мұражайларында, соның ішінде Астанада жасалған мұражай экспозициялары сәулет және дизайн шешімдерінің кең спектрін қамтыған деген тұжырым шығаруда. Әлбетте, ірі мегаполистерде орналасқан орталық мұражайлар жоғары өлшемшарттарға сай келеді. Оның үстіне К.К. Арыновтың жұмысындағы зерттеу объектісіне айналған Қазақстан Республикасының Орталық мұражайы архитектура мен дизайнның соңғы жетістіктерін қолданып тұрғызылған ғимараттармен жабдыктала бастады.

Шетелдік мұражайларда көрме кеңістігін қалыптастыру мәселесі Ю.С.Ризеннің «Көрме жабдықтарын жобалауға қойылатын талаптар», А.С.Дегтяревтің «Қазіргі заманғы өнер мұражайларындағы көрме кеңістігін жарықтандырудың негізгі принциптері», К.С. Корнилованың «Маркетингтік коммуникациялар жүйесіндегі мұражай-көрме қызметі», Ци Худың «Мұражайдың сандық көрмелік кеңістігінің дизайн шешімін зерттеу», және басқа авторлар жұмыстарында мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісі көтерілді.

Отандық және шетелдік мұражайлардың бүгінгі күні мен болашағын зерделеу барысында мұражайдағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісін зерттеуден жинақталған тәжірибені қолдану негізінде мұражайлық экспозициялардың тартымдылығын арттырып, көрермендер санын ұлғайтуға септігін тигізетін өлшемшарттарды әзірлеу ғылыми жұмыстың түйіні.

Мысалы, Тұран университетінің хабаршы журналында «Заманауи технологиялардың мұражайлар қызметіне әсері» ([Yeshenkulova et al., 2021](#)) атты мақаласында музейлердің бұрынғы қызметінің жай-күйі зерттеліп, елдегі бір реттік іс-шаралардың келушілер санына әсері сипатталады.

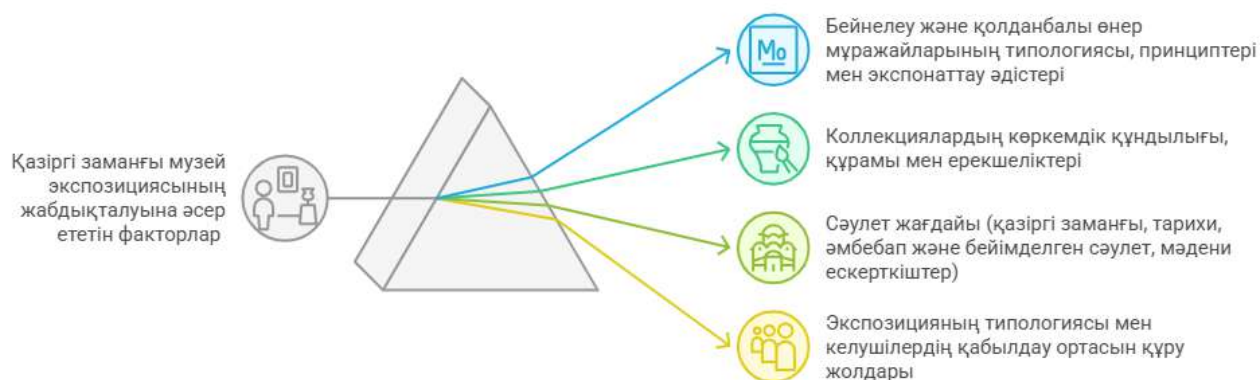
Сонымен қатар қызметке жаңа технологияларды енгізіп пайдаланудың маңыздылығын айту мен қатар әлемдегі әйгілі 10 үздік заманауи мұражайлардың қатарына кіретінін жариялайды. Заманауи технологияларды және кеңейтілген виртуалды шындықты пайдалана отырып, бірнеше шетелдік және отандық мұражайлар мен көрмелерге 3D форматындағы виртуалды турлар мұражайға келушілердің онлайн және офлайн режимінде артып келе жатқанын көрсетеді. Еліміздегі жағдай мұражайға келушілер санын көбейту үшін, атап айтқанда, жаңа технологияларды, жақсы жарнаманы, түрлі дүниелерді қолдану арқылы байыпты жұмыс жасау керектігін көрсетіп отырғандығын жариялайды.

Жалпы болашақта бұл саланы дамыту қажет екенін көрсететіні, бұрын мәдени орындарға баруға мүмкіндігі жоқ адамдарға өнерді көрсетудің үлкен мүмкінділігі ашылатынын жазады. Саяхаттап, атақты мұражайларды аралау мүмкіндігі болмағандар әлемнің түкпір-түкпіріндегі мұражайлардағы үздік коллекцияларға онлайн қолжетімді болатындығын, музейлердегі виртуалды турларды тыңдайтын адамдардың белсенділігін арттыратындығын, мұны олар мұражайшылардың өзі келушілерін офлайн желісімен жылдам қызмет көрсету ісімен де байланыстырады.

Ғылыми зерттеу барысында мұражай экспозициясы көркем шығармашылықтың дербес синтетикалық жанры ретінде бекітілгендігін түсіндік. Қазіргі заманғы музей экспозициясының қалыптасуына әсер ететін факторлар кешенін қарастыра отырып, олардың негізгілері анықталғандығын байқадық [Сурет 1](#).

Қазіргі уақытта заманауи мұражайлар мен көрмелер экспозицияларының сәулет-көркемдік мәселелеріне арналған бірқатар теориялық жұмыстар бар. Алайда, музейтануда экспозициялар мен безендіру өнерінің сәулеттік-көркемдік шешімдері саласында теориялық кең көлемді арнайы зерттеулер жоқ. Теориялық зерттеулерден мұражай экспозициясының өнер саласына арналған жабдықтау сұрақтары да өз орнын таба алмады. Мұражай жабдықтарын, атап айтқанда экспозициялық жабдықтарды құру мәселелері аз зерттелуде. Жабдықтың көрме

тақырыбымен, экспонаттың сипаты мен түрімен байланысы, интерьермен стилистикалық байланыс және көркемдік объект ретінде жұмыс істеу мәселелері жеткіліксіз.



Сурет 1 – Музей экспозициясын қалыптастыру факторлары (авторлық материал)

Бірақ, 2024 жылдың 30 желтоқсаны күні Мәдениет және ақпарат министрлігі жыл қорытындысын шығару барысында 2025 жылы Қазақстанда мұражайлардың виртуалды желісі іске қосылатындығы туралы «Profit.kz» сайтынан хабардар етумен қатар, 2024 жыл мәдени мұраға қолжетімділікті кеңейтуді жалғастыратын қазақ елінің мұражайларының дамуының маңызды кезеңі болғанын және Қазақстанда 275 мұражай табысты жұмыс істейтіндігі, оның ішінде республикалық және облыстық мұражайлар, сондай-ақ 12 республикалық мұражай-қорық, 200-ден астам республикалық маңызы бар тарихи және мәдениет ескерткіштер қорғалуда деп санмен көрсетілген. Сонымен қатар, «Отырар, Ұлытау, Таңбалы, Сарайшық сияқты мұражайлар инфрақұрылымды заманауи белсенді келушілер орталықтарын құра отырып, дамытып жатыр. Есік, Ордабасы, Сауран, Гауһар-ана, Бозақ сияқты тағы бес визиттік орталықтың құрылысы жүріп жатыр. Музей-қорықтар заманауи құрал-жабдықтармен – аудиогидтермен және сенсорлық экрандармен жабдықталған, кейбір келушілер орталықтарында университеттердің оқу филиалдары ашылғандығы айтылады» ([Profit.kz, 2024](#)).

Әбілхан Қастеев атындағы мемлекеттік өнер мұражайы, мемлекеттік орталық мұражайға және ұлттық музейге «Ұлттық» мәртебе беру жоспарланғаны» туралы да хабарланған.

2025 жылы Қазақстан Республикасының Ұлттық музейінде еліміздегі барлық мұражайлар туралы ақпаратқа қолжетімділікті қамтамасыз ететін «Қазақстан мұражайларының виртуалды желісі» бірыңғай порталы іске қосылатыны туралы да жазылған. Пайдаланушылар Мемлекеттік каталогқа енгізілген ұлттық мәдени мұра нысандарымен танысып, 3D форматындағы бірегей артефактілерді көре алады. Бұл бастамалар мәдени мұраны сақтауға және Қазақстанның халықаралық аренадағы туристік тартымдылығын арттыруға бағытталатындығы туралы хабарлама берілген.

Мұражайлардағы көрме жабдықтарының құрылымы мен қалыптасу үдерісінде негізгі сипаттамаларға модульділік, эргономика, шағын өлшемді экспонаттарға әмбебаптық жатады. Заманауи шетелдік мұражай жабдықтары заманауи дизайн, материалдар және экспозицияның ішкі көрінісіне сәйкес ойластырылған құрылымдармен ерекшеленеді.

Ал, отандық мұражайлар көбіне ескірген дизайнды витриналармен, дәстүрлі материалдардан жасалған сөрелермен, мұражайдың интерьері мен экспозициясына сирек сәйкес келетін стандартталған жабдықтарымен және ұсынылған экспозицияға сәйкес келе бермейтін дизайнмен ерекшеленеді. Әсіресе, кезінде өткен ғасырда өмір сүрген, қиындық және қуғын көрген тұлғалардың тұтынған бұйымдарының сақталмауы бүгінде мемориалдық көрмелерді құруда қиындық тудыратындығы. Отандық мұражайлардағы көрме жабдықтарын виртуалды желісі арқылы, оларға қойылған экспозициялардың көрермен үшін қызығушылығын танытпайтындығы белгілі. Мұражай заманауи үдерістен қалыспау үшін жоғарыда аталған критерийлерге сәйкес келуі тиіс. Қойылған экспозициялар көрерменнің қызығушылығын

арттыруы үшін көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісін құрудағы тағы бір қойылатын талап – объективтілік немесе шынайылық деуге болады. Көрме экспозициясын құру барысында музей мамандары экспонаттардың берілу тәсіліне өзінің идеясын қоса алады, бірақ тарихи шындықты бұрмалауға қақысы жоқтығы айтылады. Көрме экспозициясын құру барысында шынайылық заттық принциптің басты қағидасы түпнұсқа заттарға сүйену туралы айтылады. Зерттеуші ғалымдардың анықтамасына сүйенсек «мүмкіндігінше түпнұсқалық заттар беретін ақпаратқа нұқсан келтірмеу, әсірелемеу, ғылыми объективтілік принципін сақтау болып табылады. Соңғы кездерде көп қолданыла бастаған инсталляция, муляж, коллаж, композиция сияқты экспозициялаудың түрлері экспонат жетіспеушілігінен туындаған әрекеттер болып табылады» делінген (Kauman, 2001).

Бүгінгі таңда мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымын қалыптасу үдерісінен мұражайлардың - өнер орталықтары ретіндегі қоғам өміріндегі рөлін қайта қарастыру қажеттілігі туындап, елдің түпкір-түпкіріндегі мұражайлардың экспозициялық алаңдарын жаңарту үшін инновациялық жобаларды қалыптастыру мәселесі бірінші орынға шығып отыр. Заманауи жабдықтармен қамтамасыз етілген мұражай экспозициялары әдеттегі қабылдаудың тар шеңберінен шығып, туындыға жаңа көзқараспен қарау мүмкіндігін қалыптастыру күшіне ие. Ол үшін мұражай көрме жабдықтары дизайн мен эргономика, қолданылатын технология бойынша заманауи тенденцияларға сәйкес келуі тиіс. Көрме де мұражай жабдықтарын жобалау кезінде көптеген факторларды ескеру қажет. Мұражайлардың көрме жабдықтарының дизайнындағы жаңа тенденцияларды анықтаудың өзектілігі мұражайлардың өз дәуірінен қалыспай заманауи және озық мәдени орталыққа айналу ұмтылысынан туындайды.

Заманауи көрме жабдықтары экспозициядағы туынды мәнінің өзгергіштігімен ерекшеленеді. Олар креативті бола тұра, көрермендердің шығармашылық дарының оятады, бейтарап күйден белсенді күйге көшуге шақырады. Сондықтан, ғылыми жұмыс алдында мұражай жабдықтарына қойылатын өлшемшарттарды қайта анықтап, көрме жабдықтарына қойылатын талаптарға сәйкес қабылданған дизайн шешімдерін қолдана отырып, көрме кеңістігін кешенді жобалау міндеті тұр.

Экспозиция көпфункционалды және алуан түрлі кешен болғандықтан, экспонаттардың көрнекі байланысын және өз бейнесіне ие экспозициялық контекстті құру маңызды. Қазіргі заманғы мұражайлар заманауи материалдардан жасалған, өнеркәсіптік өндіріс негізіндегі, модульдік икемді жүйелерді қолданады, олар экспозицияның архитектуралық және көркемдік ниетімен үйлеседі.

Мұражай экспозициясы барлық талаптар мен ережелерге сәйкес келуі үшін ол ғылыми қызметкерлердің, суретшілердің, сәулетшілердің, дизайнерлердің, инженерлердің шығармашылық бірлестігінде қалыптастырылады. Отандық және шетелдік мұражайлар экспозицияларын зерделеу барысында мұражай жабдықтарына қойылатын келесі талаптар анықталды **Сурет 2**.

Бұл талаптардың қатаң сақталуы мұражай жұмысын алдағы онжылдыққа жоспарлауға, ондағы экспонаттардың тартымдылығын арттыруға, көрермендерді тарихи және мәдени жәдігерлермен таныстыру арқылы рухани мәдениетін байытуға мүмкіндіктер ашады. Мұражай танымалдылығын көтеру жолында ондағы жабдықтардың көркемдік құрылымы мен заманауи технологиялармен үйлесімділікте орындалуы маңызды орын алады.



Сурет 2 – Мұражай жабдықтарына қойылатын талаптар (авторлық материал)

4 ҚОРЫТЫНДЫЛАР

Қазіргі заманғы мұражайлардың жабдықтары әртүрлілікке, даралыққа және бірегейлікке деген барлық ұмтылысымен заманауи материалдардан жасалған және өнеркәсіптік өндіріс негізінде, экспозицияның жалпы сәулет-көркемдік ниетімен контексте жасалған біртұтас, модульдік икемді жүйелерді құру тенденциясына бағынады (экспозиция шекарасында).

Заманауи музей ғимараттарының архитектурасында көрініс табатын жалпы үрдістерге сәйкес экспозициялық жабдық:

а) экспозицияның жалпы шешімі контекстінде олардың ерекшелігін ескере отырып, нақты коллекциялар үшін құрылған бірегей, арнайы жабдық жүйелері;

б) музей орталықтары мен көрме аймақтарына арналған экспозициялық жабдықтың әмбебап, біріздендірілген икемді жүйелері;

в) кең әзірленген номенклатуралық бағдарламалар негізінде индустриялық дайындалған үлгілік дайын жабдық болып бөлінеді.

Қазіргі кезеңде мұражай экспозициясы көркем шығармашылықтың дербес синтетикалық жанры ретінде бекітілді. Қазіргі заманғы музей экспозициясының қалыптасуына әсер ететін факторлар кешенін қарастыра отырып, олардың негізгілері анықталды:

а) мұражайларының типологиялық сипаттамалары, олардың принциптері, міндеттері мен экспонаттау тәсілдері;

б) коллекциялардың көркемдік маңыздылығы, құрамы мен ерекше ерекшеліктері;

в) сәулет жағдайы (қазіргі заманғы музей ғимараты, тарихи қалыптасқан, әмбебап, бейімделген сәулет, тарих және мәдениет ескерткіші), олардың стилистикалық, функционалдық және көлемдік - кеңістіктік сипаттамалары;

г) экспозицияның типологиялық сипаттамалары, келушілердің әртүрлі топтарына есептелген экспозиция, сондай - ақ тұрақты, тұрақты және уақытша (көрме) және т.б., келушілердің экспозицияны қабылдау принциптері-қабылдаудың жайлы ортасын құру.

Сонымен қатар, мұражайлардағы көрме жабдықтарының көркемдік құрылымы мен қалыптасу үдерісіне шет елдік және отандық бірнеше мұражайлар мен көрмелердің 3D форматтағы виртуалды желінің технологияларын қолдану арқылы, мұражайға онлайн да, оффлайнда келушілер санын арттыруды қарастыру.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. **Kalugina, T. P.** (1989). The origins of the Art Museum's exposition and its cultural and communicative function [Istoki ekspozitsii hudojestvennogo muzeya i ego kulturno-kommunikativnaya funktsiya]. Proceedings of the international conference «Problems of cultural communication in Museum activities» 68-83. (In Russ.).

2. **Ibraeva, A.** (2013). Museum studies: a textbook for history students [Muzeitanu: tarih mamandyqtaryna arnalğan oqulyq]. National University named after L.N. Gumilev: Astana. (In Kaz.).
3. **Polyakov, T. P.** (2018). P54 Museum exhibition: methods and technologies for updating cultural heritage [P54 Muzeinaya ekspozitsiya: metody i tehnologii aktualizatsii kul'turnogo naslediya]. M.: Heritage Institute. (In Russ.).
4. **Yureneva, T.** (2004). Museology [Muzevedeniya]. Textbook for higher school. - 2nd ed. - M.: Academic Project. (In Russ.).
5. **Kazmuseum.kz** (2019). Methods of creating thematic exhibitions [Taqyryptyq körmelerdi qūrudyñ ädis-täsilderi]. Retrieved from <https://kazmuseum.kz/ekspozitsiya/item/1841-taqyryptyk-kormelerdi-k-rudy-adis-tasilderi> (In Kaz.).
6. **Razgon, A. M.** (1961). Essays on the history of museum affairs [Ocherki istorii muzeinogo dela]. M.: Sov.Russia, 190-230. (In Russ.).
7. **Maoldonado, T.** (1964). Current design issues [Aktual'nye problemy dizaina]. M.: Decorative art of the USSR, 19-20. (In Russ.).
8. **Kaulen, M. E.** (2010). Museum affairs in Russia [Muzeinoe delo Rossii]. – M.: Publishing house "VK", 307-364. (In Russ.).
9. **Druzhinin, N. M.** (1931). Review of the book by F.I.Shmit «Museum Studies: Issues of Exhibition». «Soviet Museum» [Recenziya na knigu F.I.SHmita «Muzeinoe delo: voprosy ekspozitsii». «Sovetskikh muzei»], № 4, 124-127. (In Russ.).
10. **Polyakov, T. P.** (2018). P54 Museum exhibition: methods and technologies for updating cultural heritage [P54 Muzeinaya ekspozitsiya: metody i tehnologii aktualizatsii kul'turnogo naslediya]. M.: Heritage Institute. (In Russ.).
11. **Maistrovskaya, M.T.** (1987). Artistic and compositional foundations and trends in the formation of exhibition equipment in museums of fine and applied arts: experience in substantiating the concept [Khudozhestvenno-kompozitsionnyye osnovy i tendentsii formirovaniya oborudovaniya ekspozitsiy muzeyev izobrazitel'nykh i prikladnykh iskusstv: opyt obosnovaniya kontseptsii], Abstract of the dissertation for the degree of Candidate of Art History, 17.00.05, Moscow. [PDF file]. Retrieved from: <https://www.dissercat.com/content/khudozhestvenno-kompozitsionnyye-osnovy-i-tendentsii-formirovaniya-oborudovaniya-ekspozitsii> (In Russ.).
12. **Satubaldin, A.K.** (2020). Museum world of Kazakhstan: main activities. Bulletin of Kemerovo State University of Culture and Arts, 52/2020, 120 [Muzeynyy mir Kazakhstana: osnovnyye napravleniya deyatelnosti. Vestnik Kemerovskogo gosudarstvennogo universiteta kul'tury i iskusstv] <https://vestnik.kemgik.ru/upload/iblock/319/319232184ebb807a9e35e8272b760654.pdf> (In Russ.).
13. **Uzakbayev T., Nurkusheva L., Iskhojanova G., Imanbayeva Zh., Chiknoverova K.** (2023). Evolutionary and Integrated Features for Designing Business Centers in Kazakhstan. ISVS e-journal, 10(4), 247-259. https://isvshome.com/pdf/ISVS_10-4/ISVSej_10.4.18.pdf
14. **Zaks, A. B.** (1987). From the history of exhibition thought at the State Historical Museum. Problems of exhibition and collection work [Iz istorii ekspozitsionnoi mysli GIM. Problemy ekspozitsionnoi i fondovoi raboty]. - M. 41-56. (In Russ.).
15. **Matyushenko, O. I.** (2018). Development of a scientific exhibition project [Razrabotka nauchnogo proyekta ekspozitsii]. Teaching aid. – Tomsk: Publishing House of Tomsk State University. (In Russ.).
16. **Yeshenkulova, G.I., Agybetova R.Ye., Galiakbarov Y.E., Gizzatzhanova A.G.** (2021). The impact of modern technology on the activities of museums [Vliyaniye sovremennykh tekhnologiy na deyatelnost' muzeyev]. Bulletin of "Turan" University.; 1, 145-151. <https://doi.org/10.46914/1562-2959-2021-1-1-145-151> (In Russ.).

17. **Profit.kz** (2024). The virtual network of museums in Kazakhstan will be launched in 2025 [Virtual'nuyu set' muzeyev Kazakhstana zapustyat v 2025 godu]. Retrieved from: <https://profit.kz/news/68667/Virtualnuu-set-muzeev-Kazahstana-zapustyat-v-2025-godu/>. (In Russ.).
18. **Kauman, M.E.** (2001). Exposure and exposure maker. Lecture notes [Ekspoziciya i ekspozicioner. Konspekt lekci], 2nd edition, rev. And extra. – M.: APRIKT. (In Russ.).

LIVING ENVIRONMENTS: FROM XXTH CENTURY THEORY TO XXIST CENTURY PRACTICE

T. Y. Karatseyeva^{1,*} , S.V. Ilvitskaya² , A. T. Akhmedova¹ 

¹International Educational Corporation, 050043, Almaty, Kazakhstan

² State University of Land Use Planning, 103064, Moscow, Russia

Abstract. *Identifying the main environmental problems and the need to adapt housing to the conditions of the urban lifestyle, is an urgent task for the theorists, architects and urbanists. The desire to combine comfortable spaces for life and the advantages of a large city was reflected in the attempts of researchers of the city dwelling of the twentieth century to «look into the future» and present the world with the most optimal habitat for the life of an urban person. The main aim of this review is to analyse theoretical studies of urban housing and the residential environment of the twentieth century, to identify perspective areas that now, in the 21st century, have become relevant trends in design and have found a practical objectification in the organization of spaces of modern multifunctional residential complexes. Based on the analysis of the study of theoretical works and Internet resources in the form of conference materials, interviews with architects and urbanists on the research topic, problems of the residential environment of cities of the XX-XXI centuries were identified. Special attention was paid to the generalization and synthesis of sources, which is reflected in the identification of the characteristics of the residential architecture of cities in particular, the citizens' needs, and also in determining modern trends in the organization of a residential environment focused on improving the comfort of living.*

Keywords: *comfortable living environment; cities of the future; modern trends; multifunctional residential complex.*

***Corresponding author**

Tatsiana Karatseyeva, e-mail: ta29ko@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-03>

Received 03 February 2025; Revised 24 February 2025; Accepted 20 March 2025

ТҰРҒЫН ОРТА: XX ҒАСЫРДЫҢ ТЕОРИЯСЫНАН XXI ҒАСЫРДЫҢ ПРАКТИКАСЫНА

Т. Ю. Коротева^{1,*} , С.В. Ильвицкая² , А.Т. Ахмедова¹ 

¹ Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050043, Қазақстан

² Мемлекеттік жерге орналастыру университеті, Мәскеу, 103064, Ресей

Аңдатпа. Экологиялық мәселелерді анықтау және тұрғын үйді қалалық өмір сүру жағдайларына бейімдеу қажеттілігі теорияшылар, архитекторлар және урбанистер үшін өзекті міндет болып табылады. Тұрғындарға қолайлы өмір сүру кеңістіктерін және үлкен қаланың артықшылықтарын біріктіруге ұмтылыс XX ғасырдағы қалалық тұрғын үй зерттеушілерінің «болашаққа көз жүгірту» әрекеттерінде көрініс тапты, олар қала адамының өмір сүруі үшін ең оңтайлы орта ұсынуға тырысты. Бұл шолудың негізгі мақсаты XX ғасырдағы қалалық тұрғын үй мен тұрғын ортаға қатысты теориялық зерттеулерді талдау, XXI ғасырда өзекті трендтерге айналған перспективалық бағыттарды анықтау, сондай-ақ қазіргі заманғы көпфункционалды тұрғын кешендердің кеңістіктерін ұйымдастырудағы практикалық жүзеге асуын зерттеу болып табылады. Теориялық жұмыстар мен интернет-ресурстарды, конференция материалдарын, архитекторлар мен урбанистермен жүргізілген сұхбаттарды талдау негізінде XX-XXI ғасырлардағы қалалардың тұрғын ортасына қатысты мәселелер анықталды. Тұрғын архитектурасының ерекшеліктерін, қала тұрғындарының қажеттіліктерін және тұрғын ортаны ұйымдастырудағы қазіргі заманғы трендтерді анықтауға ерекше назар аударылды, бұл тұрғындардың өмір сүру комфортын арттыруға бағытталған.

Түйін сөздер: қолайлы тұрғын орта, болашақ қалалары, қазіргі заманғы трендтер, көпфункционалды тұрғын кешен.

***Автор-корреспондент**

Татьяна Коротева, e-mail: ta29ko@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-03>

Алынды 03 ақпан 2025; Қайта қаралды 24 ақпан 2025; Қабылданды 20 наурыз 2025

ЖИЛАЯ СРЕДА: ОТ ТЕОРИИ XX ВЕКА К ПРАКТИКЕ XXI ВЕКА

Т. Ю. Коротеева^{1,*} , С.В. Ильвицкая² , А.Т. Ахмедова¹ 

¹ Международная образовательная корпорация, Алматы, 050043, Казахстан

² Государственный университет по землеустройству, Москва, 103064, Россия

Аннотация. *Выявление основных экологических проблем и необходимость адаптации жилья к условиям городского образа жизни является актуальной задачей для теоретиков, архитекторов и урбанистов. Стремление совместить комфортные для жизни пространства и преимущества большого города нашло отражение в попытках исследователей городского жилища XX века «заглянуть в будущее» и представить миру наиболее оптимальную среду обитания для жизни городского человека. Основной целью данного обзора является анализ теоретических исследований городского жилья и жилой среды XX века, выявление перспективных направлений, которые сейчас, в XXI веке, стали актуальными тенденциями в дизайне и нашли практическое воплощение в организации пространств современных многофункциональных жилых комплексов. На основе анализа изучения теоретических работ и интернет-ресурсов в виде материалов конференций, интервью с архитекторами и урбанистами по теме исследования были выявлены проблемы жилой среды городов XX-XXI веков. Особое внимание было уделено обобщению и синтезированию источников, что нашло отражение в выявлении особенностей жилой архитектуры городов в частности, потребностей горожан, а также в определении современных тенденций в организации жилой среды, ориентированной на повышение комфорта проживания.*

Ключевые слова: *комфортная жилая среда; города будущего; современные тенденции; многофункциональный жилой комплекс.*

***Автор-корреспондент**

Татьяна Коротеева, e-mail: ta29ko@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-03>

Поступило 3 февраля 2025; Пересмотрено 24 февраля 2025; Принято 20 марта 2025

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ / ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

The prediction of the living environment for the future is the «answer» to those prerequisites and problems that were characteristic of a particular urban environment at a certain historical stage. Perhaps the most complete human requirements and preferences can be traced to the transformation of the living environment, according to the results and ways of decisions, including the example of futurological predictions of architects and urbanists of the world.

The analysis of the urban environment is distinguished by multifaceted research: an apartment, a building, a group of buildings and the external and internal spaces that unite them. The living environment is directly related to the person, their lifestyle and behavior, including the social aspect and its subjective perception. The interaction between the architectural and spatial components of the living environment and the subjective sensations of a person is conditional. Along with this, each element of the habitat acquires a specific emotional significance for an individual person, and can «be somehow lived in by someone» (Kaganov, 1984). Therefore, the whole spectrum of environmental properties is important to consider, and is most fully reflected in the multilateral study and prognostic studies of the living environment of the future in the theoretical works of the twentieth century.

In this review, a residential complex was chosen as the architectural object, as the most perspective form of organizing the residential space of a modern city dweller. The emergence of a residential complex at the beginning of the twentieth century aimed to provide residents with the necessary services and spaces for more comfortable living. The modern multifunctional residential complex is a complex urban planning facility, which includes various groups of premises with different but complimentary purposes and functions: residential, public and administrative institutions, garages and parking lots, united by a single composition and planning scheme. The role of a multifunctional residential complex in the rational organization of spaces is to improve the life of a modern person and the most complete realization of the necessary needs for housing, work, relaxation, communication.

The purpose of the study: A review of theoretical studies regarding the organization of the residential environment of the cities of the future and an analysis of modern trends in the organization of multifunctional residential complexes, as a reflection in the modern practices of prediction of the twentieth century.

2 LITERATURE REVIEW

The appearance in scientific areas in the late 1960s of the concept of the «living environment», «space» and «image of the city», determined the main elements of the medium approach, arose in attempts to solve the problems of our cities in the process of rapid technical development and social transformations of the twentieth century.

The main trends in the organization of the urban living environment from the 1960s to the 2000s are presented in Table 1.

Table 1

Main tendencies of XX century in residential environment design (author's material).

Complex	Building	Yard and territory	Appartment
Homogeneity of the external image	Limit of included public spaces (shop, lounge, post office, library on the first floors of residential buildings)	Transit yard and availability of “common” spaces Presence of house territory	The impossibility of transformation in time and space

The tendencies in the organization of the residential environment (especially in the Soviet Union: homogeneity of the external image, limit of included public spaces, transit yard and availability of «common» spaces, the impossibility of transformation in time and space) were not

diverse. In the design process, there was a restriction on sanitary standards, the need to create standard solutions taking into account the method of standardization and industrialization, and a «state» order when the design was completely regulated by the authorities. Over time, the trends began to be perceived as tasks, demanding to solve the issues which were becoming increasingly reflected in urban theoretical studies and futurological predictions.

Conditionally all representations can be divided according to the following criteria:

- Synthesis of housing and public spaces and premises. Researchers saw this kind of combination of functions in a residential building by the wide introduction of public spaces: a) for more active communication: for example, architectural theorist Ikonnikov notes that the unification of people into collectives, who are not related, to working in a residential environment will be reflected in the development of multifunctional public spaces that will ensure the possibility of communication between people (Ikonnikov, 1983); 2) Glazychev determines the importance of collective service spaces for saving the territory of the city: «The most promising search direction - is the formation of «residential structures» of variable storeys, which easily allow you to integrate those public premises which today» eat «huge areas in the centre of the micro district» (Glazychev, 1987).

- Synthesis of architecture and design. The authors of the mid-XX century emphasized the unity of architecture and design in future project work. By the techniques and means of design as the creativity of the future, the use of new technologies, and the introduction of scientific developments, the creative capabilities of designers will expand (Khan-Magomedov, 1985). According to Ryabushin – «all structural and functionally significant elements of the dwelling will merge into a holistic object-spatial unity» (Ryabushin, 1973).

- «Green» architecture. The call of the «Green Guru»: American architect B. Fuller stressed to architects and colleagues at the 1961 World Congress of Architects the need to take into account the natural component in the design; he was supported by the architectural community (Konferentsiya DLD, 2007). The newly designed living environment became a response to the environmental problems of cities. Among Soviet architects, Ikonnikov, Gutnov, Glazychev and others paid attention to the ecopolis as a city of the future through the pages of their works. They represented the ecopolis as a holistic city, with a densely developed space, all underground, intended for engineering systems, transport, communications, and terrestrial, given entirely not only for the life of people, but also for plants and animals too (Ikonnikov, 1983). At the same time, «a subtle transition from the cultured nature in the interior to the naturalness of the external environment will be created in the dwelling» (Perspektivy, 1975). A change in the attitude towards nature in the future should entail «its inclusion in the dwelling, its reflection in architecture and display in art» (Perspektivy, 1975), which will help the emergence of as yet unknown architectural images and forms

The team of authors the monographs «Perspectives for the development of house,» written about the research of the Central Research Institute of Housing (1975 and 1981) focusing on the following *aesthetic aspects of the residential environment*:

- creation of ensemble development: «The principle of the ensemble will be the guiding aesthetic feature» (Perspektivy, 1981), in which the residential building will be designed, not as an isolated object, but as an artistic element of a group complex development;

- a) variety of architectural images: the limitation of the standard solution of facades will disappear, in which «the plane and the right angle will no longer be the only elements of architectural formation» (Perspektivy, 1975). The spatial solution of residential complexes will also be enriched, causing «complex structures with developed plastic volumes to be used more widely» (Perspektivy, 1975); b) individuality of the house: «The dwelling will regain the previously lost art of aesthetic expression», but already at a new level «as the art of self-expression of a single social collective» (Perspektivy, 1975), by establishing a connection between the artistic decision of the house as a social order of society and the individual features that residents will bring to its image.

Taking into account the aesthetic characteristics as listed above will strengthen the social significance of the house so its sphere will cover not only purely utilitarian needs, due to a harmonious combination of internal and external spaces of the living environment.

- *To human scale*. Ikonnikov, determines that a person's environment should be large-scale to them: «A person in the future should remain a «measure of all things» «that he creates as a shell for his life» (Ikonnikov, 1983). Such a principle will require more technical equipment, but it should become a promising focus in the design of a residential environment. «Giant multi-storey buildings» (Gutnov & Glazychev, 1990) cannot in the future be a promising direction in the construction of residential buildings, which was associated mainly with the psychological problems of the city dweller, such as the «separation» of a person from the natural environment, «skyscraper disease», difficulty in orientation in space, and the implementation of territory control.

- *The ability of the living environment to be transformed according to human needs*. The living environment of cities of the future in the representations of architects of the West (Candilis, Friedman) define a common feature expressed in the concept of «functional» mobility (Yargina, 1968). This concept means the need to search for answers by means of architecture to changes that are characteristic of a person, family and society in the process of life, communication or from the side of psychology. The search is reflected in the concepts in the creation of a flexible «mobile solution of any room and structure related to the stay of a person «that fully meets their rapidly changing needs and tastes (Yargina, 1968). According to Candilis: «There will be a day when there will be no more traditional apartments. They will be replaced by life-supporting spaces in which residents themselves will be given the opportunity to equip them to their liking, taking into account their personal preferences» (Kandilis, 1979).

Soviet architects also paid attention to issues of dynamic space. For example, Ryabushin, Bogdanov and Paperny based analysis of the existing model of the apartment environment and determined its failure in designing in the future. The authors saw an important feature of the housing model of the future in the possibility of reusing space. For this, the dwelling in the future will have to be dynamic and adaptable to transformations, where functional zones will be characterized by alternation and deployment «in time», due to «the technization of the house and the development of built-in and transformable equipment» (Ryabushin et al, 1972).

- *The importance of the dialogue between the architect and the inhabitants*. Summing up the «final line» under the comparative analysis of the cities of the future in the concepts of architects and urbanists, the authors Gutnov and Glazychev focus on their differences in spatial, planning solutions and ideas about a high-quality residential environment. A common feature of these theories is the absence of the right of the citizens themselves in the decision to organize their future place of residence: «the idea of dialogue with the citizens did not even occur to those who overcame the stereotypes of the past and found a bright image of the future» (Gutnov & Glazychev, 1990).

The change in the situation can be traced back to 1960-70. Perhaps the most significant and well-known work is the book by American J. Jacobs «The Death and Life of Great American Cities» (Dzhekobs, 2011). The author of the publication, from the position of an ordinary citizen, revealed to the world the problems that are characteristic of the urban residential environment are evident in her hometown. Her work raised the questions of huge empty and unsafe spaces between residential buildings, in which «own» and «not own» territory cannot be distinguished. There are also issues of loss of communication between neighbours as a characteristic of old city streets. «Boredom and stagnation» in the organization of residential territory are the precursors of slums. J. Jacobs tried to pay attention to simple and familiar things and circumstances that play a significant role in the formation of the residential environment.

It can be noted that architects and urbanists of the XX century were concerned not only with the organization of the space of the living environment (Ryabushin, 1986), but also with environmental, visual and aesthetic aspects: the influence of the living environment on a person, the perception of comfort conditions, its psychological and emotional impression. Designers increasingly have chosen an approach, where the implemented project most fully corresponds to the needs of the urban community.

3 MATERIALS AND METHODS

By determining that the «environment is richer than architecture», Kiyanenko notes that the environment has the ability to accumulate socially significant meanings, preserve them in time and broadcast them through «special qualities of architecture as the most stable durable element» (Kiyanenko, 2015). The prediction of the living environment for the future is the «answer» to those prerequisites and problems that were characteristic of a particular urban environment at a certain historical stage. For example, the living environment of the «Radiant City», Le Corbusier provided each citizen with an equal amount of light, air and greenery in the vertical «garden city» and had to take into account the role of road transport. The approach and introduction of the service sector into urban housing was defended by Soviet constructivists, which was a reflection of ideological prerequisites in the form of generalization of life and the introduction of collective use spaces into the housing structure; the ideas of P. and A. Smithsons were aimed, in addition to creating comfortable conditions for housing elements, at communication expressed in the projects of residential complexes with «streets in the sky». Many of the ideas remained as utopian ideals. Perhaps the most complete human requirements and preferences can be traced to the transformation of the living environment, according to the results and ways of decisions, including the example of futurological predictions of architects and urbanists of the world, where «the environment closest to the ideal is real experience gained at different times» (Glazychev, 2011).

The article can be divided into two main but interrelated parts. The first part examined mainly the literary works of Soviet and foreign authors - researchers of the urban living environment and architects - of the past, XX century, from the perspective of futuristic forecasts concerning the architecture of housing, its spatial planning solutions, and technical content. The methods of analysis, synthesis and generalization of the considered works made it possible to identify a number of criteria in the organization of the residential environment of the future, which became the main directions of the second part of the article.

In the second part of the article, based on the analysis of the study of theoretical works and Internet resources in the form of conference materials, interviews with architects and urbanists on the research topic, trends of the residential environment of cities of the XXI century were identified. Special attention was paid to the generalization and synthesis of the considered sources, which is reflected in the identification of the characteristics of the residential architecture of cities in particular, the citizens' needs, and also in determining modern trends in the organization of a residential environment focused on improving the comfort of living.

As a result, the assumption was confirmed that a comfortable living environment as seen in the representations of the past is a reflection in modern trends of the design of a multifunctional residential complex, which today is a kind of standard of quality of life for the urban population, where «Although fantasy, a dream is a special form of awareness of an overdue or brewing need, and sooner or later, in one form or another, it will become a reality» (Perspektivy, 1975). Confirmation of this thesis can be traced to the example of the process of introducing functional spaces and zones for communication, service institutions and the need to create dynamic spaces that can change over time in accordance with the needs and interests of society (Akhmedova, 2016).

4 RESULTS AND DISCUSSION

In the modern world, the attitude towards the quality of the living environment is changing. Decent infrastructure and improvement of the residential complex are also profitable and demanded by residents. Architect Poroshkin believes: «People evaluate many considerations while buying the house: parking facilities, local educational and preschool institutions, a yard with or without cars, parking typology, infrastructure, recreational areas, distance from harmful industries» (archi.ru, 2019). It is worth noting that new trends are not limited only to just one segment of a house, according to architect D. Baker, who specializes in the construction of residential buildings by social order: «Today, market housing has become competitive, since developers of elite housing have realized that

people want to live in beautiful buildings with a full range of services» (Mikhaylova, 2016). So, the theoretical forecasts of the last century are gradually being implemented and, as they adapt to the modern conditions of urban life and the real needs of society, they become relevant directions in design.

An integrated approach. It is worth mentioning the trend of an integrated approach in the design and organization of the space of a residential complex, in which design becomes one of the main conditions for project activity. «An integrated approach is a design that begins with the design of a «door» in the courtyard», from private spaces to public spaces, where «the environment is the fabric that connects everything into a single residential complex» (Furman, 2021). It becomes more difficult to determine «where the architecture ends and the design begins that creates the aura of the inhabited space» (Aronov, 2009). Dense, but at the same time large-scale residential development allows for the optimal use of the space of the site, freeing up the maximum amount of the land for recreation and leisure. The condition for an integrated approach is the «ensemble» of development and the uniqueness of the appearance of residential buildings, where each house has «its own face, its own image».

The integrated approach takes into account the combination of integrating the requirements of functional, urban planning, and stylistic parameters, requirements for the comfort of the living environment and the improvement of the territory of the residential complex, which is shown in Figure 1.

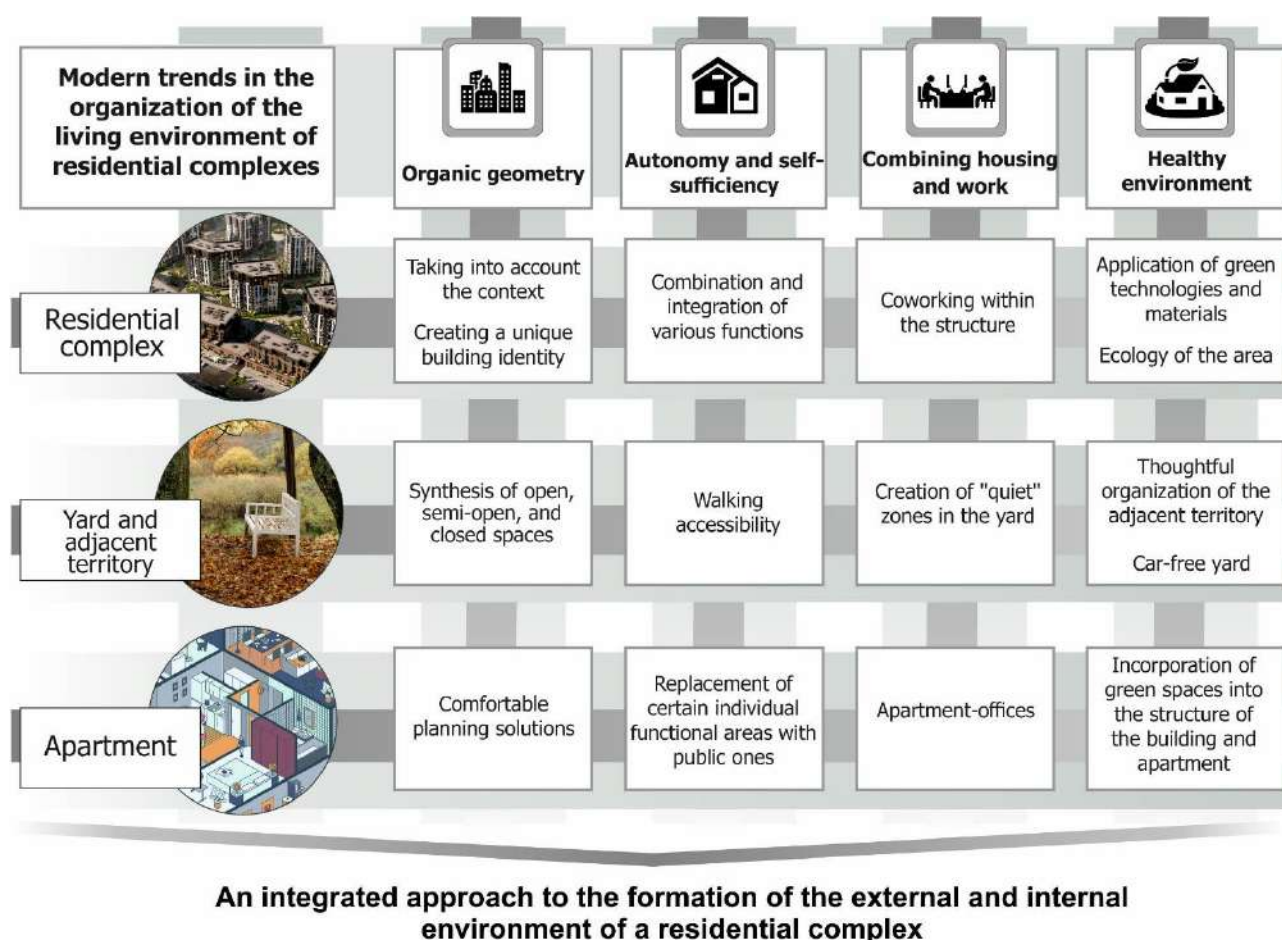


Figure 1 – Modern trends in the organization of the living environment in residential complexes [author's material].

Inclusion of third places and services. Walking accessibility, maximum proximity of workplaces, areas for training, recreation and green spaces are a priority in modern planning. Changing the labour processes and lifestyle of modern citizens entails the need to design and include in the residential environment the so-called «third places» (Ol'denburg, 2014), that is, such public

places that contribute to the unification, communication and creative interaction of people. The diversity of public spaces affects the «multifunctionality» of the complex and is undoubtedly associated with the ideas and ideals of modern society. Considering the public spaces of the city and dwellings, Gale (Geyl, 2012) determines that the most comfortable public space is a space with integrable functions, corresponding to the lifestyle of various categories of people, accommodated functional zones characteristic of a particular «house» (communication and hobbies) and large-scale for a person.

An important point in the research is the need to adapt housing to the pandemic and its consequences, which requires some adjustments to the relevance and demand for residential spaces: «the issue of urbanization of large areas and overpopulation, public transport, cramped apartments, remote work, equipment of working areas in a house... It is likely that there will be a need to live in a community, in a commune, because together it is easier to cope with such crises» (Eymar, 2020).

Combining housing and work. Social and labour relations in a modern large city are becoming more flexible. This is due to the development of the Internet and increased mobility of the population, which allows people to become less attached to a certain place of residence, find like-minded people faster, communicate and work without paying attention to territorial borders (Karatsyeva & Akhmedova, 2022). This space rightfully encourages coworking. Despite the fact that home and work are not included in the concept of the «third place», coworking is a modern trend, increasingly included by architects in residential complexes: places where you can negotiate and discuss things, essentially remaining a «step away from home».

The following example is related not so much to a public place as to the combination of housing and work, directly in a residential cell. «The emergence of office apartments is a reflection of the tendencies of the modern economy: the state relies on small and medium-sized businesses, more freelancers are appearing, and now, during the pandemic period, even those who are usually tied to the office are working at home» (Sinarevskaya, 2020). A feature of apartment-offices is the division of internal space into residential and working areas, accommodation on the first floor of a residential building, a separate entrance from the street.

Places for sports. The introduction within the structure of the residential complex of sports premises and spaces, is more associated with the «cult of a healthy lifestyle». Such spaces include sports and fitness halls, open areas with simulators and cycle ways.

Inclusion of parking spaces. The increase in the number of cars and the need for parking spaces affects the creation of a cosy courtyard of a residential complex (Haikal et al, 2024). According to the accepted standards, the design of parking lots in the structure of the residential complex today is a prerequisite.

Environmental direction of design. This trend can be traced to the inclusion in the residential complex, on the one hand, of the natural component. Green areas located in the structure of a modern multi-storey building can have different functions. They can be intended for the personal use of apartment owners, for example, as their own mini-garden on a balcony or terrace, or have a public purpose, in the form of places for meetings, communication, games and sports, or perhaps simply serve as places of passive recreation and the love of wildlife. The second aspect of environmental greening may be the conscious preference of modern citizens in choosing a house built using environmentally friendly materials or with the introduction of alternative energy sources.

The introduction of green zones in the structure of the dwelling allows you to visually «erase the border» between the first and last floors, in some cases between the city and the village, allowing a person to enjoy greenery, living high above the ground, in a cleaner air environment enriched with oxygen (Karatsyeva & Akhmedov, 2021).

The inclusion of nature in the structure is a peculiarity of the modern residential environment as it is trendy to have access to such features. Thus, green areas can be private when placed on a personal balcony or terrace, semi-private or semi-public when intended for the use of residents of a section or complex (in the form of a winter garden or a playground), as well as public, for residents of the city.

In a multifunctional residential complex, according to Danilidi, all elements of the residential environment «work for each other»: housing, office spaces, kindergartens and schools, household infrastructure, sports facilities and recreation spaces, create different types of life activity (MUF, 2019), where «multifunctionality helps people unite and turn houses from a «place to sleep «into a space for establishing relationships between neighbours» (Bushukhin, 2018). The introduction of additional public spaces and functions in a residential building contributes to the development of social ties and the harmonious development of the territory.

Creating a residential environment taking into account the physical and psychological characteristics of a person (Figure 2):

Creation of universal (Stepanov & Starikov, 2012) and gender-sensitive (Dolgaya, 2019) environments, which implies a comfortable stay of citizens, needs to consider people's physical health and age. It is worth noting that the design of a universal environment is aimed mainly at taking into account ergonomic indicators, and gender-sensitive is more related to social aspects which includes safety (both physical and psychological). The design of such environments includes the consideration as consumers of all segments of the population, for example, a small population of elderly people who are difficult to move due to age or young parents with a wheelchair. The answer could be to create ramps and lifts with entrances to the building and directly to the apartment from the «zero floor mark», designing a safe «viewed space», creating places that can be called «theirs» by various categories of residents, regardless of age, aimed at a comfortable stay, safe movement and communication.

The maximum orientation of the living environment needs to align to the perception of the users, that is, the design of an environment where the quality characteristics of the area will be available, if not to everyone, then to the maximum number of residents of the complex. This takes into account not only the unique characteristics of the terrain, but also the «user's point of view» from the position of movement as they approach the building, etc. (Furman, 2021);

The application of innovation and technology to housing. The ubiquitous penetration of modern technologies can no longer be avoided as they allow the user to be, constantly online, and to keep the dwelling under control at any time of the day and from a great distance. Today, «digitalization is an important aspect that connects layers of architecture. This is the idea of integrating time and the user of the modern world», said O. Hauser (BMW MINI LIVING) (MUF2019 Mini, 2019);

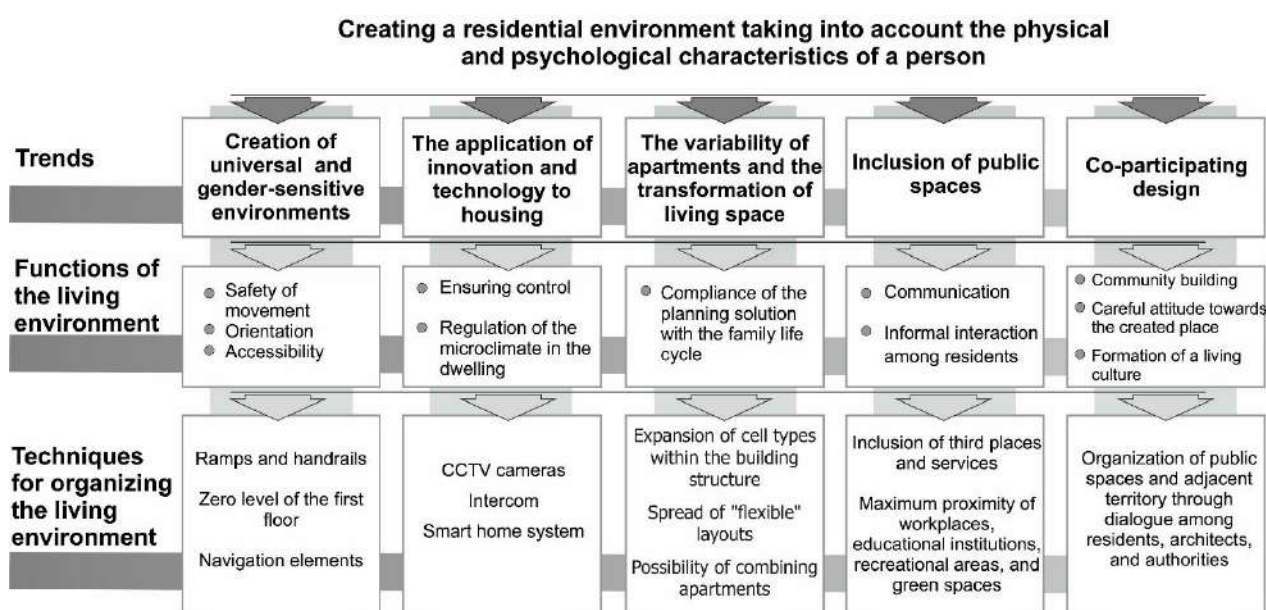


Figure 2 – Trends, functions, and techniques of organizing the living environment, taking into account the physical and psychological characteristics of a person and computer technologies (author's material).

The variability of apartments and the transformation of living space. In order to adapt to the changing needs of residents, this trend can most clearly be traced to the distribution of «free-planning apartments» and the design of apartments in which the function of redevelopment of living space is originally laid down (through the separation of any part of the space (Sylejmani, 2020; Kemper & Lohrberg, 2024). «Each apartment should meet the requirements of residents, create different layouts, lead to heterogeneity of buildings and neighbourhoods and contribute to the development of close relations between people and their own home» (Bushukhin, 2018). So, a residential cell will be convenient for living only when it will be considered in conjunction with the organization of a housing estate and a favourable environment: public spaces, infrastructure and objects of a residential quarter as a whole (MUF, 2012; Falagan, 2012).

Ideas about a comfortable living environment are associated also with the provision of the opportunity to manage or make joint decisions with the civil community at the stage of the project and improvement of the territory, called «co-participating design». Sanoff sees the main advantage of *co-participating design* «in its potential to overcome the usual boundaries between different professions and cultures» (Sanoff, 2015), and compares it with the «key» necessary to form communities aware of their rights and opportunities. He calls it democratic, since the approach takes into account the interests of all groups of citizens and urban institutions and defines the co-participating design as one of the main areas of social sustainability. The society of people gradually, in making decisions on the organization of the residential environment, becomes a community for which the created territory acquires some value. It is this territory that residents identify with themselves, with their lifestyle and can fully call «ours», or «theirs», as «the spirit of property affects morality» (Sanoff, 2018).

The above trends reflect the ability of the living environment to evolve with residents by adapting to often changing living conditions, developing with a person, taking into account their lifestyle and responding to changes. Asadov singled out «seven basic principles of modern architecture: 1) maximum autonomy, 2) self-sufficiency; 3) organic geometry; 4) intermediate spaces; 5) figurative beginning; 6) flexibility and 7) transformation. This should result in a healthy environment and an integration with nature» (Zmeul, 2020). Designed in accordance with these principles, the development enriches the environment and helps the development of a person's personality, and is therefore «living and developing» (Zmeul, 2020).

5 CONCLUSIONS

Comparing the futurological predictions of architects and urbanists of the XX century with modern tendencies in the design of the living environment, it can be seen that most of the forecasts are reflected in the architectural and spatial mode of multifunctional residential complexes, which every year can be more and more called modern eco-policies, that is, places «where the spiritual potential of the human community can be revealed with the greatest completeness» (Gutnov & Glazychev, 1990). Similar features include the relative autonomy of the complex from the city - a kind of city in the city; extensive use of underground space, while above-ground space is organically inscribed in the natural environment, on a scale and safe for humans; inclusion of a natural component intended for comfortable living not only for humans, but also for preservation of the natural environment and biodiversity. From year to year, the «modern standard of a house» (MUF, 2012), coming «from the consumer», expressed in the convenient location of the residential building, in combination and integration of various public functions, as well as made in interesting architectural solutions with the inclusion of green and landscape components, is increasingly reflected in the design of modern urban housing on a global scale. We can only hope that modern trends will be developed in the future, despite all the urban problems, political and economic changes, and the standards of modern housing become accepted around the world.

REFERENCES

1. **Kaganov, G.Z.** (1984) Consumer perceptions of typologically different environments [Predstavleniya potrebiteley o tipologicheskii razlichnykh sredakh.]. VNIITE: Moscow, Russia. (in Russ.).
2. **Ikonnikov, A.** (1983). Architecture of the future trends and forecasts. Architecture and materials of the future [Arkhitektura budushchego tendentsii i prognozy. Arkhitektura i materialy budushchego]. (pp. 44-52). Moscow, Russia. (in Russ.).
3. **Glazyshev, V.L.** (1987). About our home [O nashem zhilishche]. Moscow: Stroyizdat.
4. **Khan-Magomedov, S.O.** (1985). On the question of the specifics of the art form in design [K postanovke voprosa o spetsifike khudozhestvennoy formy v dizayne]. (pp. 14-25). VNIITE: Moscow, Russia. (in Russ.).
5. **Ryabushin, A.** (1973). Futurology of housing abroad. 60-70s [Futurologiya zhilishcha za rubezhom 60-70gg.]. VNIITE: Moscow, Russia. (in Russ.).
6. **Konferentsiya DLD** (2007). Norman Foster and his green agenda [Norman Foster i yego zelenaya povestka dnya]. Retrieved from https://www.ted.com/talks/norman_foster_my_green_agenda_for_architecture?language=ru#t-223491
7. **Prospects for the development of housing in the USSR** (1975). [Perspektivy razvitiya zhilishcha v SSSR]. Stroyizdat: Moscow, Russia. (in Russ.).
8. **Prospects for the development of housing in the USSR** (1981). [Perspektivy razvitiya zhilishcha v SSSR]. Stroyizdat: Moscow, Russia. (in Russ.).
9. **Yargina, Z.N.** (1968). City of the future [Gorod budushchego]. Znaniye: Moscow, Russia. (in Russ.).
10. **Kandilis, Zh.** (1979). Become an architect [Stat' arkhitektorom]. Stroyizdat: Moscow, Russia. (in Russ.).
11. **Ryabushin A., Bogdanov Ye., Papernyy V.** (1972). Living environment as an object of forecasting [Zhilaya sreda kak ob'yekt prognozirovaniya]. Materialy k eksperimental'nomu proyektirovaniyu oborudovaniya zhilishcha, Moscow: VNIITE. (in Russ.).
12. **Gutnov, A.E., & Glazyshev, V.L.** (1990). The world of architecture [Mir arkhitektury]. Molodaya gvardiya: Moscow, Russia. (in Russ.).
13. **Dzhekobs, D.** (2011). The Death and Life of Great American Cities [Smert' i zhizn' bol'shikh amerikanskikh gorodov]. Novoye izdatel'stvo: Moscow, Russia. (in Russ.).
14. **Ryabushin, A.V.** (1986). The humanism of Soviet architecture [Gumanizm sovetskoy arkhitektury]. Moscow: Stroyizdat. (in Russ.).
15. **Kiyanenko, K.V.** (2015). Society, environment, architecture: social foundations of the architectural formation of the residential environment [Obshchestvo, sreda, arkhitektura: sotsial'nyye osnovy arkhitekturnogo formirovaniya zhiloy sredy]. VSU: Vologda, Russia. (in Russ.).
16. **Akhmedova, A.** (2016). Conceptions about the comfortable components of dwellings in Kazakhstan. 3rd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM, Book 4, Vol.2, P. 189-196. -DOI: 10.5593 / SGEMSOCIAL2016 / HB42 / S07.024. (in Eng.).
17. **Glazyshev, V.L.** (2011). City without borders [Gorod bez granits]. Territoriya budushchego: , Russia. (in Russ.).
18. **Archi.ru** (2019): 2019: what the architects say. We are seeing off the old year with memories from professionals, heads of architectural bureaus [2019: chto govoryat arkhitektory.

- Provozhayem staryy god vospominaniyami ot professionalov, glav arkhitekturnykh byuro]. Retrieved from <https://archi.ru/russia/85321/-chto-govoryat-arkhitektory>
19. **Mikhaylova, Y.** (2016). David Baker: «Architecture of social housing can communicate respect and caring» [Devid Beyker: Arkhitektura sotsial'nogo zhil'ya mozhet vyrazhat' uvazheniye i zabotu ob obitatel'nykh domakh]. Retrieved from <https://archi.ru/world/70189/devid-beiker-arkhitektura-socialnogo-zhilya-mozhet-vyrazhat-uvazhenie-i-zabotu-ob-obitatel'nykh-domakh> (in Russ.).
20. **Furman, N., & Sokolova, K.** (2021). Lecture by N. Furman and K. Sokolov: Swedish design: from idea to sustainable architecture [Shvedskiy dizayn: ot idei k ustoychivoy arkhitekture]. Retrieved from https://architime.ru/video/swedish_design.htm (in Russ.).
21. **Aronov, V.R.** (2009). Modern Design Theory. Design problems. [Sovremennaya teoriya dizayna. Problemy dizayna.]. (pp. 7-25). Artproyekt: Moscow, Russia. (in Russ.).
22. **Ol'denburg, R.** (2014). Third place: cafes, coffee shops, bookstores, bars, beauty salons and other places of "hangouts" as the foundation of the community [Tret'ye mesto: kafe, kofeyni, knizhnyye magaziny, bary, salony krasoty i drugiye mesta «tusovok» kak fundament soobshchestva]. Novoye literaturnoye obozreniye: Moscow, Russia. (in Russ.).
23. **Geyl, Ya.** (2012). Life among buildings: the use of public spaces [Zhizn' sredi zdaniy: ispol'zovaniye obshchestvennykh prostranstv]. Al'pina Publisher: Moscow, Russia. (in Russ.).
24. **Eymar, S.** (2020): what awaits the world of architecture after the pandemic? [Sebastian Eymar: chto ozhidayet mir arkhitektury posle pandemii?]. Arkh Moskva. Retrieved from <http://www.archmoscow.ru/novosti/sebastyan-eymar:-chto-ozhidaet-mir-arxitekturyi-posle-pandemii-.html>
25. **Karatseyeva, T., & Akhmedova, A.** (2022). Modern tendency of development of architectural typology on the example of micro-apartment for Almaty city, Engineering, Construction and Architectural Management, Vol. ahead-of-print No. ahead-of-print. <https://doi.org/10.1108/ECAM-01-2022-0080>
26. **Sinarevskaya, A.** (2020). The concept solves: the main trends in the architecture of modern residential complexes [Kontseptsiya reshayet: osnovnyye tendentsii v arkhitekture sovremennykh zhilykh kompleksov]. [PDF file]. Retrieved from: <https://www.domostroyenn.ru/statyi/oni-stroyat-gorod/koncepciya-reshaet-osnovnye-tendencii-v-arhitekture-sovremennykh-zhilykh-kompleksov> (in Russ.).
27. **Haikal A. N., Ardianti A., Ohan F., Hariani M. L.** (2024). Integrated Parking Spaces Arrangement in Commercial Areas (Case Study: Cirebon City). Jurnal Sosial Teknologi 4(7): 485-500. DOI: [10.59188/jurnalsostech.v4i7.1306](https://doi.org/10.59188/jurnalsostech.v4i7.1306)
28. **Karatseyeva, T.Y., & Akhmedov, A.T.** (2021). Green zones in structure of modern urban dwelling [Zelenyye zony v strukture sovremennogo gorodskogo zhilishcha]. Chelyabinsk. Retrieved from <http://www.aud-journal.com/images/AGD28/AGD28.pdf> (in Russ.).
29. **MUF 2019: Mixed Use.** Mixed-use neighborhoods as a recipe for a sustainable city [Kvartaly smeshannogo ispol'zovaniya kak retsept ustoychivogo goroda y], MUF 2019. Retrieved from <https://stroimsk.ru/news/kapitalizatsiya-kvartir-v-kvartalakh-rienovatsii-vyrastiet-na-21-kuznietsov>
30. **Bushukhin, I.** (2018). «Place to sleep»: what foreign architects say about Russian housing [«Mesto dlya sna»: chto govoryat o rossiyskom zhil'ye inostrannyye arkhitektory ing]. <https://realty.rbc.ru/news/5b5ea0109a7947bc1f00856c>
31. **Stepanov, V.K., & Starikov, A.S.** (2012). Universal habitat. Basic principles. Vestnik MGSU, Moscow: MGSU, pp. 39-42. [Universal'naya sreda obitaniya. Osnovnyye printsipy]. (in Russ.).
32. **Dolgaya, Ye.** (2019). Cities will be more sustainable if adapted for women [Goroda stanut ustoychiveye, yesli adaptirovat' ikh dlya zhenshchin]. Retrieved from

- <https://greenbelarus.info/articles/04-12-2019/goroda-stanut-ustoychivee-esli-sdelat-ih-genderno-chuvstvitelnymi> (in Russ.).
33. **MUF2019:** Mini housing - trend or necessity? Presentation of solutions from BMW Mini Living [MUF2019: Mini zhil'yo – trend ili neobkhodimost'? Prezentatsiya resheniy ot BMW Mini Living]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=D17Sis-qfrU>
34. **Sylejmani, M.** (2020). Transformation of living spaces – Changes in functional aspect. Pollack Periodica Vol.15(1):241-247. DOI: [10.1556/606.2020.15.1.23](https://doi.org/10.1556/606.2020.15.1.23)
35. **Kemper, F., & Lohrberg, F.** (2024). Transformation of the Built and Lived Environment. In: Letmathe, P., *et al.* Transformation Towards Sustainability. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-031-54700-3_13
36. **MUF 2012** (2012): Day 2. Modern housing standard for the city. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=KRWHDv7oa8U>
37. **Falagan, D.E.** (2012). MUF: The modern housing standard for the city [Sovremennyy standart zhil'ya dlya goroda]. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=KRWHDv7oa8U>
38. **Sanoff, G.** (2015). Participatory design. Practices of public participation in shaping the environment of large and small cities [Souchastvuyushcheye proyektirovaniye. Praktiki obshchestvennogo uchastiya v formirovaniy sredy bol'shikh i malykh gorodov]. Vologda: Projektnaya gruppa 8. (in Russ.).
39. **Sanoff, G.** (2018). Lecture «Participatory design: finding the best solutions from the bottom up» [Lektsiya «Souchastvuyushcheye proyektirovaniye: poisk luchshikh resheniy snizu vverkh»]. Urban Forum Kazakhstan. Retrieved from https://urbanforum.kz/henry_sanoff
40. **Zmeul, A.** (2020). Andrey Asadov. Principles of living architecture [Andrey Asadov. Printsipy zhivoy arkhitektury], Archspace, Media pro sovremennuyu arkhitekturu i tekhn, kto yeye sozdayet, Retrieved from <https://archspace.info/article/andrej-asadov-printsipy-zhivoj-arhitektury> (In Russ.).

THE FLOODED TERRITORIES OF THE NURA DISTRICT IN ASTANA CITY URBAN DEVELOPMENT PROSPECTS

V.A. Mussabayeva¹ , O.N. Priemets^{2*} , B.U. Kuspangaliyev¹ ,
K.I. Samoilov¹ , G.K. Sadvokasova² 

¹The Institute of Architecture and Construction named after T.K.Basenov, Satbayev
University, Almaty, 050000, Kazakhstan

²International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *Urban construction in flooding areas has a centuries-old history. Of the various flood protection systems used, the canal system proved to be the most effective. In most cases, the channels allow solving some problems in the field of passenger and freight transportation, complementing or duplicating land transportation by waterways. The best examples from world practice show the possibility of organizing commercially attractive spaces in areas where there are automobile and water-channel communications. The intensive growth of the city of Astana has led to the development of the left bank of the Yesil River, which has many water bodies and a high groundwater level. This, combined with flood waters and precipitation, periodically leads to flooding of vast territories. Sporadically carried out measures to drain overflowing reservoirs, build wells and drainage outlets only partially solve the annually escalating problem. In these circumstances, it seems advisable to use the experience of the United States, where a developed canal system has been formed in the city of Miami. The proposed canal system for the Nura district of Astana has a spiral-arc configuration. This is due to the peculiarities of the terrain and the location of existing water bodies. The canals connect to the riverbed of the Yesil River and ensure the diversion of excess water outside the city. As a result, there are areas with convenient street-road and water-channel connections to the existing urban transport infrastructure. This makes them suitable for active urban development.*

Keywords: *urban development, architectural organization of landscapes, flooded areas, wetlands, water transport, integrated transport*

***Corresponding author**
Oksana Priemets, e-mail: oksana22.01.1973@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-04>

Received 17 October 2024; Revised 10 December 2024; Accepted 23 January 2025

АСТАНАДАҒЫ НҰРА АУДАНЫНЫҢ СУ БАСАТЫН АУМАҚТАРЫНЫҢ ҚАЛА ҚҰРЫЛЫСЫ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

В.А. Мусабаева¹ , О.Н. Приемец^{2*} , Б.У. Құспанғалиев¹ ,
К.И.Самойлов¹ , Г.К. Садвокасова² 

¹Т.Қ.Бәсенов атындағы сәулет және құрылыс институты, Сәтбаев Университеті, Алматы, 050000, Қазақстан

² Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

Аңдатпа. Су басқан жерлерде қала құрылысы ғасырлар бойы қалыптасқан. Су тасқынынан қорғаудың әртүрлі қолданылған жүйелерінің ішіндегі ең тиімдісі арналар жүйесі болды. Көп жағдайда арналар жолаушылар мен жүк тасымалы саласындағы кейбір мәселелерді су жолдарымен құрлықтағы тасымалдарды толықтыру немесе қайталау арқылы шешуге мүмкіндік береді. Әлемдік тәжірибенің ең жақсы мысалдары автомобиль және су-канал коммуникациялары бар учаскелерде коммерциялық тартымды кеңістіктерді ұйымдастыру мүмкіндігін көрсетеді. Астана қаласының қарқынды өсуі Есіл өзенінің сол жағалауының құрылысына алып келді, онда су объектілері көп және жер асты суларының деңгейі жоғары. Бұл тасқын сулармен және жауын-шашынмен бірге мезгіл-мезгіл кең аумақтарды су басуға әкеледі. Толып жатқан су айдындарын ағызу, ұңғымалар мен дренаждық шығарындылар салу бойынша мезгіл-мезгіл өткізілетін іс-шаралар жыл сайын шиеленісіп келе жатқан проблеманы ішінара шешеді. Бұл жағдайда Майами қаласында Дамыған арналар жүйесі қалыптасқан АҚШ тәжірибесін пайдалану орынды болып көрінеді. Астана қаласының Нұра ауданы үшін ұсынылып отырған арналар жүйесі спиральді-доғалы конфигурацияға ие. Бұл жер бедерінің ерекшеліктеріне және қолданыстағы су объектілерінің орналасуына байланысты. Каналдар Есіл өзенінің арнасымен байланысады және артық судың қаладан тыс ағуын қамтамасыз етеді. Нәтижесінде қолданыстағы қалалық көлік инфрақұрылымы бар ыңғайлы көше-жол және су-канал қосылыстары бар учаскелер пайда болады. Бұл оларды белсенді қала құрылысын дамытуға жарамды етуге мүмкіндік береді.

Түйін сөздер: қала құрылысы, ландшафттарды сәулеттік ұйымдастыру, су басқан аумақтар, сулы-батпақты жерлер, су көлігі, интеграцияланған көлік

*Автор-корреспондент

Оксана Приемец, e-mail: oksana22.01.1973@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-04>

Алынды 17 қазан 2024; Қайта қаралды 10 желтоқсан 2024; Қабылданды 23 қаңтар 2025

ГРАДОСТРОИТЕЛЬНЫЕ ПЕРСПЕКТИВЫ ПОДТОПЛЯЕМЫХ ТЕРРИТОРИЙ РАЙОНА НУРА В АСТАНЕ

В.А. Мусабаева¹ , О.Н. Приемец^{2*} , Б.У. Куспангалиев¹ ,
К.И. Самойлов¹ , Г.К. Садвокасова² 

¹Институт архитектуры и строительства им. Т.К.Басенова, Satbayev University, 050000,
Алматы, Казахстан

² Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

Аннотация. Городское строительство на подтопляемых территориях имеет многовековую историю. Из различных применявшихся систем защиты от подтопления наиболее эффективной оказалась система каналов. В большинстве случаев каналы позволяют решить некоторые проблемы в области пассажирских и грузовых перевозок, дополняя или дублируя сухопутные перевозки водными путями. Лучшие примеры из мировой практики показывают возможность организации коммерчески привлекательных пространств на участках, где есть автомобильные и водо-канальные коммуникации. Интенсивный рост города Астана привёл к застройке левого берега реки Есиль, в котором много водных объектов и высокий уровень грунтовых вод. Это в сочетании с паводковыми водами и атмосферными осадками периодически приводит к затоплению обширных территорий. Эпизодически проводимые мероприятия по осушению переполненных водоёмов, строительству колодцев и дренажных выпусков лишь частично решают ежегодно обостряющуюся проблему. В этих условиях представляется целесообразным использовать опыт США, где в городе Майами сформирована развитая система каналов. Предлагаемая система каналов для района Нура города Астаны имеет спирально-дуговую конфигурацию. Это обусловлено особенностями рельефа и расположением существующих водных объектов. Каналы связываются с руслом реки Есиль и обеспечивает отвод избыточной воды за пределы города. В результате появляются участки с удобными улично-дорожными и водо-канальными соединениями с существующей городской транспортной инфраструктурой. Это позволяет сделать их пригодными для активного градостроительного освоения.

Ключевые слова: городская застройка, архитектурная организация ландшафтов, подтопляемые территории, водно-болотные угодья, водный транспорт, интегрированный транспорт..

*Автор-корреспондент

Оксана Приемец, e-mail: oksana22.01.1973@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-04>

Поступила 17 октября 2024; Пересмотрено 10 декабря 2024; Принято 23 января 2025

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The authors express their gratitude to: the National Library of the Republic of Kazakhstan, the Library of Congress of the United States, the British Library, the “dissertationCat” Scientific Electronic Library of Dissertations and Abstracts, whose funds were used to select literature; the “Google” Internet resource used to search for texts and images; reviewers who reviewed our work and recommended the article for publication.

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Авторлар: Қазақстан Республикасының Ұлттық кітапханасына, АҚШ Конгресс кітапханасына, Британ кітапханасына, “dissertationCat” диссертациялар мен авторефераттардың ғылыми электрондық кітапханасына, қорлары әдебиеттерді іріктеу үшін пайдаланылған; мәтіндер мен суреттерді іздеу үшін пайдаланылған “Google” Интернет-ресурсына; біздің жұмысымызды қараған және мақаланы жариялауға ұсынған рецензенттерге алғыстарын білдіреді.

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін қолдана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Авторы выражают благодарность: Национальной библиотеке Республики Казахстан, Библиотеке Конгресса США, Британской библиотеке, Научной электронной библиотеке диссертаций и авторефератов «*dissertationCat*», чьи фонды были использованы для подбора литературы; Интернет-ресурсу «Google», использованному для поиска текстов и изображений; рецензентам, которые рассмотрели нашу работу и рекомендовали статью к публикации.

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 КІРІСПЕ

Астана қаласының табысты жұмыс істеуі мен тұрақты дамуын қамтамасыз ету бірқатар табиғи және антропогендік проблемаларды барабар өтеуге тұрақты назар аударуды анықтайды. Олардың ішінде жер асты суларының жоғары деңгейі (оның ішінде жер бетіне шығу мүмкіндігі бар), су басқан және сулы-батпақты жерлер де бар. Қалалық аумақтарды су басу құрылыс кезінде қиындықтар туғызады, сонымен қатар Астана қаласының экологиялық жағдайының нашарлауына әкеп соқтырады. Сонымен қатар, аяздың көтерілуімен сипатталатын топырақтың маусымдық қатуы жағдайында іргетастарды салу мәселелері өзекті болып табылады. Көктемде қар еріген немесе жаңбыр басталған кезде топырақтың әрекетіне ерекше назар аударылады, өйткені бұл уақытта топырақ ылғалдың көп мөлшерін алады, бұл іргетастардың пайдалану сипаттамаларына жақсы әсер етпеуі мүмкін. Сонымен қатар, жер асты сулары (химиялық құрамына байланысты) металл және бетон конструкцияларының коррозиясын тудырады. Қаладағы қолданыстағы нөсерлі кәріз жүйесі бар мәселені толық шеше алмайды. Кейбір аймақтарды жер асты сулары да, тасқын сулары да мезгіл-мезгіл басып тұрады. Астананы су тасқынынан қорғау – қаланы одан әрі дамытудың ең маңызды міндеті. Жер үсті суларын дренаждар арқылы ағызу тәжірибесі жеткіліксіз тиімді болып шықты. Бар мәселені шешудің жаңа шешімдері, жаңа жолдары аса қажет.

Шет елдердің тәжірибесі көрсеткендей, батпақты және су басқан аймақтарды игеру (Астана қаласының аумағына ұқсас) әлемнің көптеген қалаларында жүргізілуде. Мұндай аумақтардағы қалалар ғасырлар бойы сәтті өмір сүрді. Мұндай қалалардағы мәселелерді шешу канал жүйелерін енгізу арқылы іске асырылды. Бұл технология ғасырлар бойы қолданылып келеді және де өзекті болып қала береді. Арналардың болуы жолаушы және жүк тасымалы жүйесіндегі кейбір мәселелерді шешуге мүмкіндік береді. Жалпы, су тасқыны аймағында орналасқан қалалар мен аудандардың жобалық ерекшеліктерін зерттеген авторлардың тізімі айтарлықтай көп. Дегенмен, бұл мәселенің қазақстандық ғылым мен тәжірибеде жаңалық екенін атап өткен жөн, өйткені Қазақстанның табиғи-климаттық ерекшеліктері мәселенің туындауына негізінен бейім емес, бұл жағдайда Астана қаласында. Ал бұл құбылыс бұрын Қазақстанда соншалықты терең зерттелмеген.

2 ӘДЕБИЕТКЕ ШОЛУ

Қаланы су басу мәселесі үнемі әртүрлі елдердің мамандарының назарында. Бұл мәселені К.П. Конрад (**Konrad, C.P., 2016**) және А.Кокорник-Мина, Т.К.Дж.Макдермотт, Г.Майклз, Ф.Паух (**Kocornik-Mina, A., McDermott, Th. K.J., Michaels, G., Паух, Ф., 2020**) қарастырған. Неаполь мысалында қалалардың су тасқынына төзімділігін К. Витале, С. Мейеринк және Ф.Д.Мочча (**Vitale, C., Meijerink, S., Moccia, F. D., 2023**) зерттеген. Орталық Еуропадағы 2021 жылғы су тасқынының салдарын Ф.Лемкуль, Х.Шюттруп, Дж.Шварцбауэр, К.Брюл, М.Дитце, П.Летмат, К.Фолкер және Х.Холлерт (Лемкуль, Ф., Шюттрупф) қорытындылады, (**H., Schwarzbauer, J., Brüll, C., Dietze, M., Letmathe, P., Völker, C., Hollert, H., 2022**). Л. Юнгер, С. Хохенсиннер, К. Шролл, К. Вагнер және В. Зехер (**Junger, L., Hohensinner, S., Schroll, K., Wagner, K., Seher, W., 2022**) ерекшеліктерін Аустрия мысалында мерзімді су тасқыны аймағында жерді пайдалану арқылы қарастырды. Жаңбыр суларының ерекшеліктерін Л.Цзоу, З. Ванг, К. Лу, С. Ву, Л. Чен, З. Цинь (**Zou, L., Wang, Z., Lu, Q., Wu, S., Chen, L., Qin, Z., 2022**) талдаған. Бұл тұрғыдан су тасқынының жол инфрақұрылымына әсерін зерттеу маңызды деп санағандар: Папиллоуд, Т., Ротлисбергер, В., Лорети, С., Кейлер (**Papilloud, T., Röthlisberger, V., Loreti, S., Keiler, M., 2020**).

Су тасқынын зерттеудегі прогресті К.Агонафир, Т.Лакханкар, Р. Ханбилварди, Н.Кракауэр, Д.Раделл және Н.Девинени (**Agonafir, C., Lakhankar, T., Khanbilvardi, R., Krakauer, N., Radell, D., Devineni, N., 2023**) қорытындылады.

Бірқатар зерттеулер су тасқыны қаупін бағалау мен басқаруға арналған, мысалы, И.Эскудер-Буэно, Дж.Т.Кастильо-Родригес, С.Цехнер, К.Джобстле, С.Пералес-Момпарлер, Г.Петачча ([Escuder-Bueno, I., Castillo-Rodríguez, J. T., Zechner, S., Jöbstl, C., Perales-Momparler, S., Petaccia, G., 2012](#)), Ф. Клийн, П. Самуэлс, А. В. Ос ([Klijn, F., Samuels, P., Os, A.V., 2008](#)).

Тәуекелді бағалау негізінде Канада мен Словакия аумақтарын су тасқынынан қорғау шаралары Е.А. Богдан, М.А. Бекки, К.Дж. Кейн ([Bogdan, E.A., Beckie, M.A., Caine, K.J., 2022](#)) және Л. Солин ([Solín L., 2015](#)) өз еңбектерінде қараған.

Бұл мәселе климаттың өзгеруі жағдайында маңызды және бұны Д.-Х.Кан, Д.-Х.Нам, С.-Дж.Чжун, Б.С.Ким ([Kang, D.-H., Nam, D.-H., Jeung, S.-J., Kim, B.-S., 2021](#)) ерекше атап өткен. Территорияларды батпақтану мәселесінің әртүрлі аспектілерін С. Алихани, П. Нумми, А. Ожала ([Alikhani, S., Nummi, P., Ojala, A., 2021](#)), Ф. Лиу, Х. Лю, Т.Сю, Г.Ян, Ю.Чжао ([Liu, F., Liu, X., Xu, T., Yang, G., Zhao, Y., 2021](#)), Р. Цюань, М.Лю, М. Лу, Л. Чжан, Дж. Ван, С. Сю (Цюань, Р., Лю, М., Лу, М., Чжан, Л., Ван, Дж., Сю, С., 2010) өз еңбектерінде қарастырған.

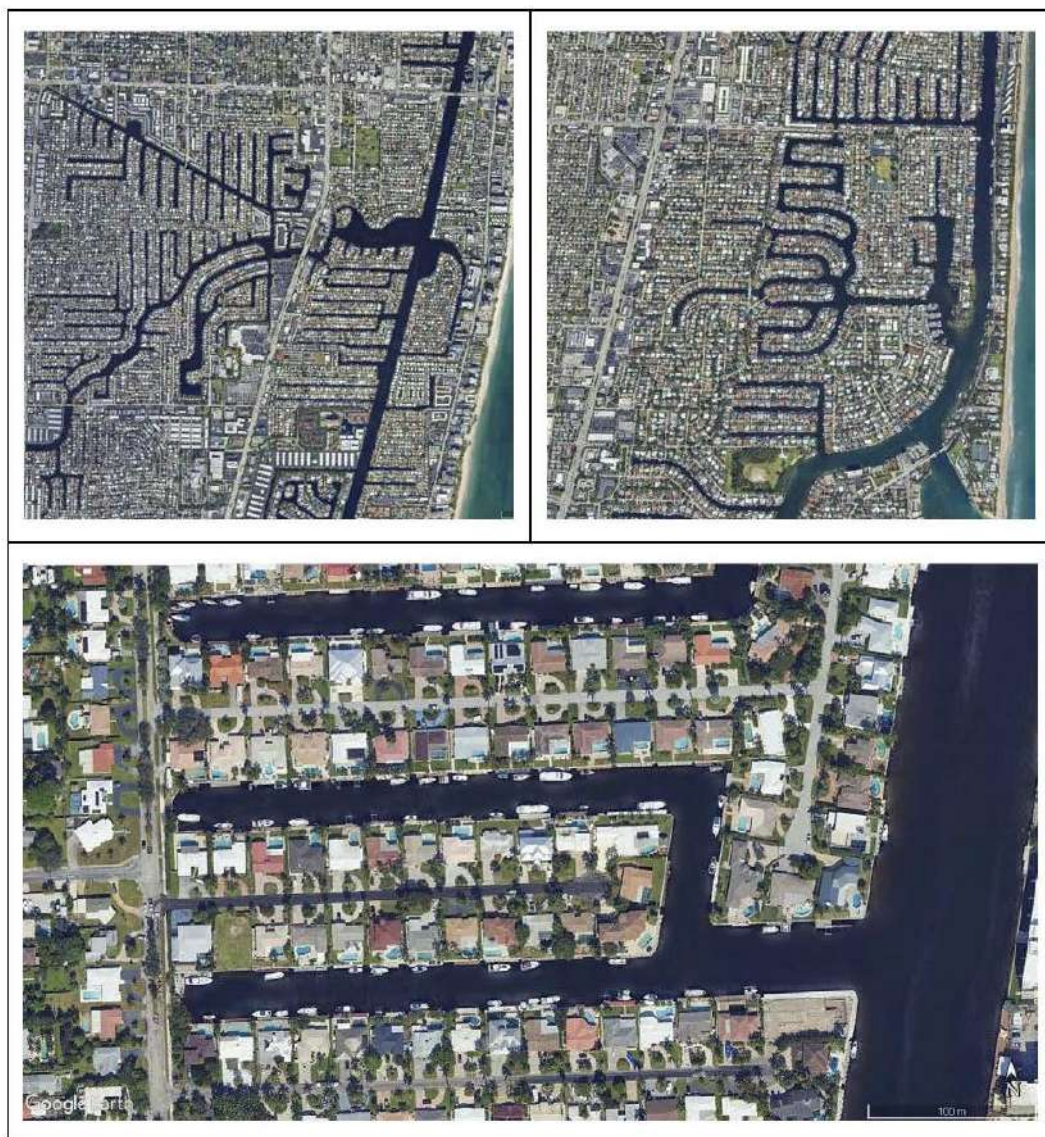
Мәселенің қызықты ерекшелігі – батпақтану мүмкіндігінің қала ландшафтының құрылымына тәуелділігі – Дж.Бу, В.Ша, П.Чжан, З.Ван (Бу, Дж., Ша, В., Чжан, П., Ванг, З., 2020). Мақалада қарастырылатын мәселе мәнмәтінінде қалалық жолаушылар және жүк су көлігінің ерекшеліктерін зерделеу қызығушылық тудырады: жүйе ретінде (Х.Чимакурти, М.Танко, К.Гарме ([Cheemakurthy, H., Tanko, M., Garme, K., 2017](#)), орнықты даму саласында (З.Азиз, И.Рэй, С.Пол (Aziz, Z., Ray, I., Paul, S., 2018), Б.С.Хойл (Hoyle, B.S., 1993) және логистика (Э.Дивьесо, О.Фонтес Лима Джуниор, Х.К. де Оливейра) (Divieso, E., Fontes Lima Junior, O., de Oliveira, H.C., 2021), П.Ямтракул, И.Раунгратана Ампортн, Дж.Клейли ([Iamtrakul, P., Raungratanaamporn, I., Klaylee, J., 2018](#)), М.Джаневич, А.Б.Ндиайе ([Janjevic, M., Ndiaye, A.B., 2014](#)), Д.М.Утомо, И.Матео-Бабиано ([Utomo, D.M., Mateo-Babiano, I., 2015](#)), Р.Вернани ([Vernani, R., 2022](#)) және басқалар. Автокөлік және су көлік жүйелерінің ішінара өзара іс-қимылы Майами және Дубай С.Е.Сәлімбаеваның ([Salimbayeva, S.E., 2017](#)) мысалында қаралды.

Бұл зерттеулер Астана қаласындағы проблемалық жағдайды бағалауға және оны шешуге инновациялық тәсіл ұсынуға мүмкіндік береді.

3 МАТЕРИАЛДАР МЕН ӘДІСТЕР

Зерттеу әдіснамасы нақты материалдарды жинаудың, ағымдағы жағдайды талдаудың, негізгі проблемаларды анықтаудың, осындай мәселелерді шешудің әлемдік тәжірибесін ескере отырып, оларды шешу жолдарын айқындаудың кең таралған әдісіне негізделген. Осыған сәйкес Астана қаласының дамуы туралы ауқымды материалдар жиналып, талданды. Қала ішіндегі ауқымды аумақтардың белсенді қалалық дамуын шектейтін аумақтарды маусымдық су басумен байланысты мәселелер анықталды. Сондай-ақ, көлік инфрақұрылымының даму деңгейінің жеткіліксіздігіне назар аударылды. Бұл көлік ағынының едәуір баяулауына, логистика саласындағы тиісті ысыраптарға және әуе бассейнінің едәуір ластануына алып келеді. Су басқан аудандарда құрылыстың әлемдік тәжірибесін зерделеу және аралас су-арна және көше-жол көлік желісін қалыптастыру негізінде Астана қаласының ерекшелігіне сәйкес келетін ұсыныс жасалды. Астана қаласындағы ағымдағы жағдайды зерделеу және су басқан аумақтардың қазіргі мәселелерін шешудің ықтимал жолдарын анықтау үшін баламаларды іріктеудің, жобалық және іске асырылып жатқан іс-шараларды талдаудың және ағымдағы жағдайға барабар шешімдерді таңдаудың кең таралған жалпы ғылыми әдісі пайдаланылды. Жер асты суларынан қорғаудың көптеген әдістері бар, олар дренаж жүйелерін, түсіру экрандарын және басқа да көптеген нұсқаларды қамтиды. Құдықтары мен дренаж құбырлары бар дренаж жүйелері лайланады және мерзімді технологиялық күрделі тазалауды талап етеді. Су бұру экрандары шағын

аумақтар үшін ғана тиімді. Алайда, егер сулы-батпақты жерлердің жанынан өзен, көл немесе теңіз ағатын болса, арналар үлкен аумақтар үшін неғұрлым тиімді шешім болып табылады.



1-сурет – Майами қаласының (Флорида, АҚШ) су-арна жүйесімен құрылыс фрагменттері, 2024

Амстердам, Бангкок, Санкт-Петербург қалалары каналдық жүйе әдісі ғасырлар бойы жұмыс істеп келе жатқанының жарқын мысалы болып табылады. Алайда еуропалық қалаларда жол-көлік инфрақұрылымы жағалау бойында, шын мәнінде, арналарды қайталай отырып ұйымдастырылған. Тиісінше, мысалы, тұрғын үй кешендерінің су жолдарына жеке қолжетімділігі жоқ. Бангкокта арналардың дербес көліктік мәні бар. Бастапқыда олар жаңа көлік бағыттарын құру мақсатында салынды, ал пайдалану процесінде бірте-бірте жағалау бойымен салынатын болды. Алайда, қазіргі уақытта қаланы кесіп өтетін каналдардың көпшілігі автомагистральдар салу үшін жабылған. 1928 жылы Гонолулуға салынған Ала-Вай каналы батпақты жойып, бірнеше өзеннің ағысын реттеп, оларды тікелей мұхитқа бағыттады. Бұл Вайкикидің ірі туристік орталығына айналған перспективалы қала құрылысы үшін құрғақ аумақтарды алуға мүмкіндік берді. Арнаның өзін жергілікті тұрғындар мен туристер ыңғайлы ескек қайықтарды тасымалдау үшін жиі пайдаланады. Дубайдың бірнеше перспективалы аудандарында қала құрылысы үшін өткен ғасырдың аяғында түрлі себептерге байланысты жер асты суларының деңгейі едәуір өсті. Бұл мәселе бірте-бірте осы кешендердің ішінде (мысалы, Джумейра Аль Каср, Эмирейтс Хиллз және Джумейра Айлендс

аудандары) қозғалуға қосымша мүмкіндіктер беретін арналы типтегі оқшауланған су қоймалары бар тұрғын үй және қоғамдық кешендердің құрылысы арқылы шешілді. Бұл мәселе 2010 жылдары Дубай су арнасының құрылысымен толығымен шешілді. Майами қаласы оған іргелес елді мекендермен ірі агломерацияны құрайды. Аудандардың көпшілігі батпақты және жиі су басатын жерлерде орналасқан. Өткен ғасырдың басында бірнеше арналар салу аумақты онтайлы қала құрылыстық дамыту мәселелерін шеше бастады (**1-сурет**). Бұл шешім көшелер мен су арқылы қалалық тартудың негізгі нүктелеріне қолжетімділігі бар өте ыңғайлы екі компонентті тәуелсіз көлік инфрақұрылымын құруға мүмкіндік берді. Оның үстіне, көптеген аудандарда «су жолдары» жүйесін пайдалана отырып, көше-жол желісіне қарағанда, қала орталығына немесе қалалық жағажайларға тез жету мүмкін болады. Сонымен қатар, жеке тұрғын үйлердің сыртқы шекараларында қоршаулар салу қажеттілігі іс жүзінде жойылғандықтан, жаяу жүргіншілердің жеке жер иелену аймақтарына рұқсатсыз кіруін шектеу мәселесі шешілді. Ғимарат инвестициялық тартымдылығы тұрғысынан перспективалы сыртқы келбетке ие болды. Әр учаскеде су жолдарына шығу жолы бар. Бұдан басқа, су бассейнінің жай-күйі тұрғын ауданның тікелей жанында жеке немесе топтық су ойын-сауығын ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Ұсынылған жұмыстың мақсаты Нұра ауданының аумағын қаланы белсенді дамыту перспективалары тұрғысынан абаттандыру жөніндегі ұсыныс болып табылады. Бұл аудан жер асты суларының жоғары деңгейімен ерекшеленеді және мерзімді маусымдық су басуға ұшырайды. Арналар жүйесін қалыптастыру ретсіз табиғи ағынды реттеуге мүмкіндік береді. Сонымен қатар, бұл осы аудан мен Астана қаласының орталық бөлігі арасындағы жолаушылар мен жүк тасымалы жүйесін жақсартады.

4 НӘТИЖЕЛЕР ЖӘНЕ ТАЛҚЫЛАУЛАР

Астана қаласы дала жазықтығында орналасқан, ол алып отырған аумақтың бедері Есіл өзенінің биік емес жайылмалы террасаларынан тұрады. Қаланың қазіргі аумағы қала зираты мен Пантеонға бөлінген жеке оқшауланған учаскелері бар жабық айналма жолдың ішінде орналасқан. Жаңа Бас жоспардың негізгі сәулет және қала құрылысы идеясы Еуразия құрлығы елдері арасындағы ынтымақтастық және өзара іс-қимыл орталықтарының бірі, өмір сүруге жайлы қала ретінде Астананың мәнерлі бейнесін қалыптастыру болып табылады (**General'ny'j plan goroda Astany do 2035 goda, 2023**). Қаланың белсенді дамып келе жатқан бөліктерінің бірі күрделі гидрологиялық жағдайларға байланысты белсенді қалалық құрылыс аймағына айналмаған Нұра ауданы болып табылады (**2-сурет**).

Астана қаласындағы су объектілерінің қазіргі заманғы кешені табиғи және жасанды жолмен шығарылған тұрақты, уақытша су ағындары мен су қоймаларынан тұрады: Есіл, Нұра, Қарасу, Қозықош, Сарқырама өзендері; Ақбұлақ, Сарыбұлақ бұлақтары; Майбалық, Бұзықты, Құшағын, Талдыкөл көлдері; Талдыкөл бес кішігірім көлінен тұратын топ; Нұра-Есіл каналы; Астана су қоймасы; дренаждық резервуарлар – жаңбыр суы. Қала ішіндегі акваториялардың жалпы ауданы 5808,6 га құрайды (2035 жылға қарай 5512,2 га дейін қысқарту перспективасымен (**General'ny'j plan goroda Astany do 2035 goda. (2023(a))**). Астана қаласында жер асты суларының орналасу деңгейіне байланысты аумақтың үш типі бар: жер бетінен екі метрге дейінгі жер асты суларының деңгейі бар су басатын аумақ (қаланың құрылыс салынған аумағының 75%); батпақты аумақ (су басқан аумақтың 10%); жер бетінен 2,0 м астам жер асты сулары деңгейіндегі аумақ. Жер асты суларының пайда болуы негізінен қысқы-көктемгі жауын-шашынды сүзу есебінен және ішінара уақытша ағындардың жер бетіндегі ағындарының инфильтрациясы есебінен болады.

Есіл өзенінің алқабында аллювиальды төменгі ширек-заманауи шөгінділердің сулы қабаты кең таралған. Оның үстіне, сол жағалауда Нұра мен Есіл өзендерінің аралығын алып жатыр. Оң жағалауда ол анағұрлым аз таралған және Есіл өзенінің жағалауында ені 0,5-1,0 км жолақпен байқалады. Көктемгі су тасқыны кезінде жер үсті суларының деңгейі күрт көтеріледі, бұл жер асты суларының аллювиалды сулы көкжиекке түсуіне байланысты

олардың деңгейінің көтерілуіне әкеледі. Бұл ретте іргелес жатқан жазық учаскелерді су басады. Қаладағы жер асты суларының негізгі коллекторлары: Есіл өзені аңғарының дифференциацияланбаған аллювиалды құм-қиыршықтас ширек шөгінділеріндегі сулы көкжиек; ордовик жыныстарының сулы қабатының сыну аймағы. Қала гидрографиясының ерекше ерекшелігі қар көктемде еріген кезде ғана қолданылатын уақытша су ағындарының салыстырмалы түрде көп болуы болып табылады. Өзен ағыны негізінен булануға, аллювиалды шөгінділерді қанықтыруға және көлдер қорын ішінара толықтыруға жұмсалады.

Қала аумағындағы гидрологиялық жағдай Есіл өзенінің су режимімен анықталады, ол көбінесе қардың еруіне және Нұра өзенімен қосылуға байланысты, одан жерасты (арналық) сулары екіге бөлініп, Есіл өзенінің жайылмасына түседі.



2-сурет – Астана қаласының құрамындағы Нұра ауданы (*General'ny'j plan goroda Astany do 2035 goda, 2023*).

Есіл өзені қалаға оның шығыс бөлігінде құяды, барлық аудандар мен қаланың орталығы арқылы ағады, солтүстік-батыс бөлігінде ағады. Өзеннің әкімшілік шекарасындағы ұзындығы 59158 м құрайды. Орташа тереңдігі – 3,0 м. Қала шегінде өзен жасанды қалыптасқан арнаның учаскелерімен төмен сулылықпен сипатталады, оның ағысы жыл бойы, көктемгі су тасқыны кезеңін қоспағанда, Астана су қоймасынан су жіберу есебінен ұсталады. Қаланың батыс ауданында өзеннің ені (80,0-ден 150,0 м-ге дейін) мен қалалықтардың қала ішінде демалуы үшін қажетті тереңдігін ұстап тұратын тірек гидротехникалық құрылыс

салынды. Нұра өзені үлкен маңызға ие, өйткені Есіл өзенімен қосылатын ауданда су Есіл өзенінің үстіңгі бетімен (су тасқынында) және ежелгі арналармен (жылдың басқа кезеңдерінде) ағады. Құмды шөгінділердің сулы горизонты бойында саздақтардың астында Нұра өзенінің қысымды суларын ағызу және көлдер қорын толықтыру жүріп жатыр.

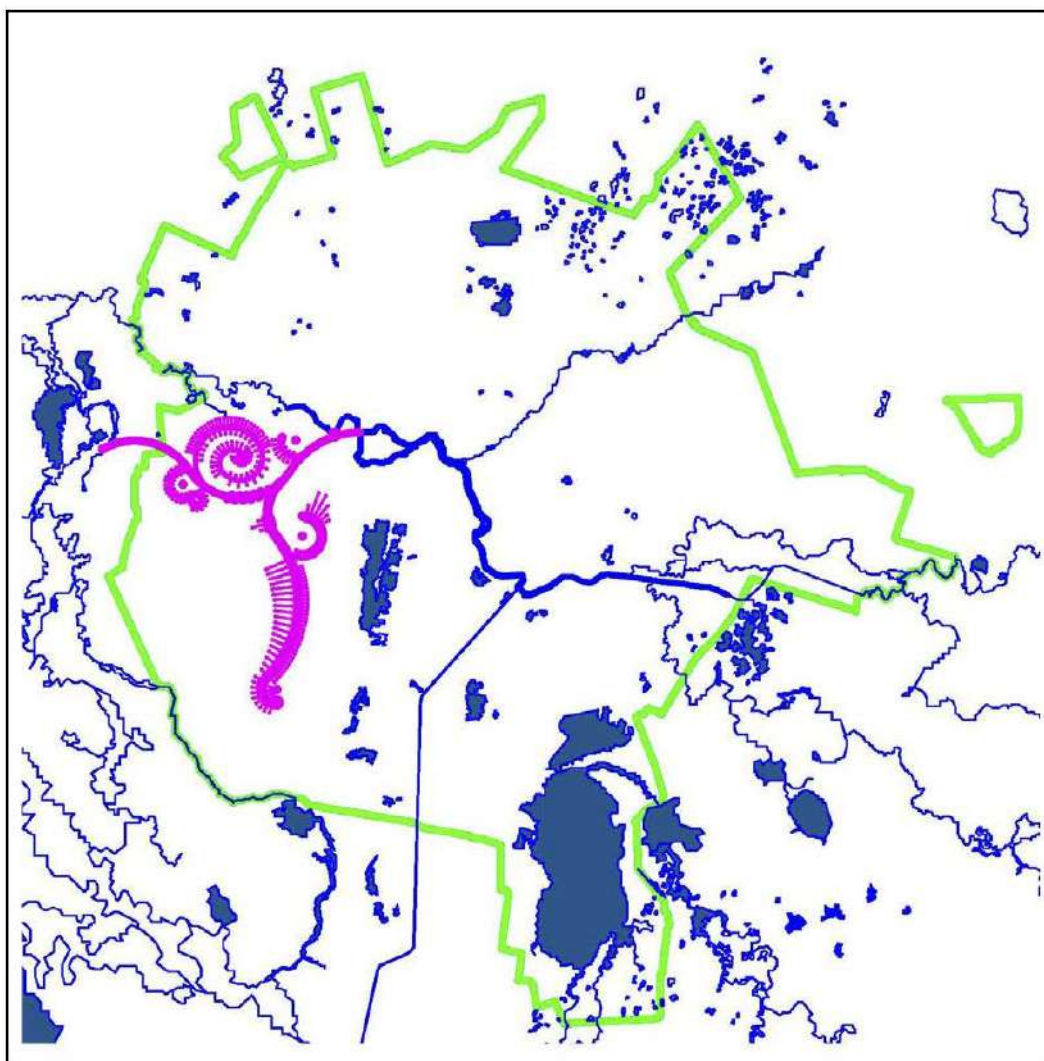
2018 жылға дейін Талдыкөл көлі қаланың сарқынды суларының резервуары ретінде пайдаланылды. Тазарту құрылыстарын қайта құруы аяқталғаннан кейін тазартылған сарқынды сулар Есіл өзеніне қайта бағытталды. Көлді қоршаған жер көптеген көл-батпақ ойпаттары бар көл-аллювиалды жазықты білдіреді. Қазіргі уақытта рельефтің төмен учаскелері батпақты. Талдыкөл су қоймасы орналасқан Есіл өзенінің жайылмасында жер асты суларының деңгейінің көтерілуін тудыратын табиғи фактор Нұра өзенінен Есіл өзеніне жер асты және жер үсті суларының ағуы болып табылады, өйткені Нұра өзенінің шетіндегі бедердің абсолюттік белгісі Есіл өзеніндегі су деңгейінен 10-14 м жоғары. Алайда, қазіргі уақытта 2023-2024 жылдары қыста жауын-шашынның көп болуына байланысты бұрын құрғатылған су қоймаларына жер үсті және жер асты сулары қайта толтырылып жатыр. Тұтастай алғанда, Астана қаласының және әсіресе Нұра ауданының гидрографиялық және гидрологиялық жағдайлары қала құрылысы жұмыстары мен көгалдандыруды жүргізу кезінде түбегейлі теңгерімді тәсілді талап етеді. Мысалы, қаланы дамыту бойынша жоспарлар шамамен жиырма мың гектар алаңда жер асты суларының деңгейін төмендету бойынша түрлі іс-шараларды болжайды. Жиырма бес мыңнан астам гектарды су басудан қорғау көзделіп отыр. Қорғаныс құрылыстарының ұзындығы 64,1 км құрайды. Бас жоспардың жобасында **(General'ny'j plan goroda Astany do 2035 goda. (2023(a))** мынадай жұмыстарды дәйекті орындау жолымен жерасты суларының деңгейін төмендету және мониторингін ұйымдастыру көзделген: эксперименттік сору арқылы инженерлік-геологиялық ұңғымаларды бұрғылау жолымен Нұра-Есіл өзенаралық су тұтқыш қабатының құмдарына гидрогеологиялық зерттеу жүргізу; су төмендететін ұңғымаларды бұрғылау; сулы горизонттардың қиылысына дренаждық орларды қазу және ежелгі каналдар бойымен дренаждық орларды қазу; мониторингтік ұңғымаларды бұрғылау. Сорылатын су жасыл желектерді суару және Есіл өзеніне бұру үшін пайдаланылатын болады. Суды үнемі сору, лайланған дренаждық құбырларды мезгіл-мезгіл тазарту – осы іс-шаралардың барлығы қарастырылып отырған аумақтың инженерлік-геологиялық және гидрологиялық мәселелерінің кешенін шешпейді.

Жер асты суларынан пайда болған көлдердің негізгі мәселесі, егер бұл көлдерді топырақпен жабу арқылы, сол жағалаудағы қысымды жер асты суларының деңгейі көтеріле бастаса, бұл одан да үлкен аумақты су басуына алып келеді. Астана қаласының Нұра ауданындағы ағымдағы жағдайды талдауға сүйене отырып, жер бетіне шығатын жер үсті суларынан, сондай-ақ атмосфералық жауын-шашыннан пайда болған барлық қолданыстағы су қоймалары мен бұлақтардан су алуды қамтамасыз ететін тармақтары бар арна салу орынды болып табылады. Ұсынылып отырған арнаның доға тәрізді конфигурациясы қолданыстағы бедерге байланысты және сонымен бірге белгілі бір эстетикалық мәнге ие. Арнаның түзу сызықты конфигурациясы жер бедерінің ерекшеліктеріне және түрлі көлемдегі көптеген су қоймаларының өзара орналасуына байланысты мәселені шешуге мүмкіндік бермеді. Графикалық талдау каналдың тік сызықты конфигурациясы мәселені барабар шешпейтінін көрсетті, өйткені тік сызықты арналардың ұзындығы бір жарым-екі есе көп болады. Бұдан басқа, қолданыстағы жер бедерін өзгерту жөніндегі жұмыстардың едәуір үлкен көлемі талап етіледі. Арна қаланың батыс бөлігіндегі көлдер ауданына жер үсті атмосфералық және жер асты суларының реттеліп ағуын қамтамасыз етеді. Атмосфералық және жер асты суларының басым бөлігі осы көлдерге түседі. Бұл көлдер табиғи түрде Есіл өзеніне құйылады. Тиісінше, қаладағы және қала маңындағы қолданыстағы көл-өзен жүйесінің су балансы бұзылмайды.

Астана қаласының аумағындағы су объектілерінің контекстінде Нұра ауданындағы жобаланатын арна **3-суретте** көрсетілген. Нұра ауданының шығыс бөлігінде орналасқан Кіші Талдыкөл көлдерінің тобы ұсынылып отырған арналар жүйесінің бөлігі болып табылмайды. Қоғамдық талқылаулар, Қазақстан Республикасы Басшылығы мен Астана қаласы

Әкімшілігінің тиісті шешімдері негізінде Кіші Талдықөл көлдері тобы өздерінің табиғи шекараларында сақталған. Аумақты су басу мүмкіндігін болдырмау, биологиялық әртүрлілікті сақтау және экологиялық маңызы бар ландшафтты сақтау үшін Талдықөл шағын көлдерінің ашық су бетінің жалпы ауданы 130 гектар деңгейінде ұсталады. Осы су қоймасының айналасында саябақ аймағы қалыптасады. Қаланың оңтүстік-шығыс бөлігінде орналасқан Нұра – Есіл каналы да қалалық жеке, қоғамдық және жүк көлігі жүйесіне қосылуы мүмкін.

Канал сағасы Астананың оңтүстік-шығыс бөлігіндегі Есіл өзенінің сол жағалауында орналасқан. Қала ішінде ұзындығы он шақырымға жуық. Алайда ол үшін автомагистральдармен қиылыстағы көпірлерді қайта жасау қажет болады (мұндай бес орын). Қолданыстағы көпірлердің биіктігі жеңіл моторлы қайықтарда да олардың астынан жүзуге мүмкіндік бермейді.



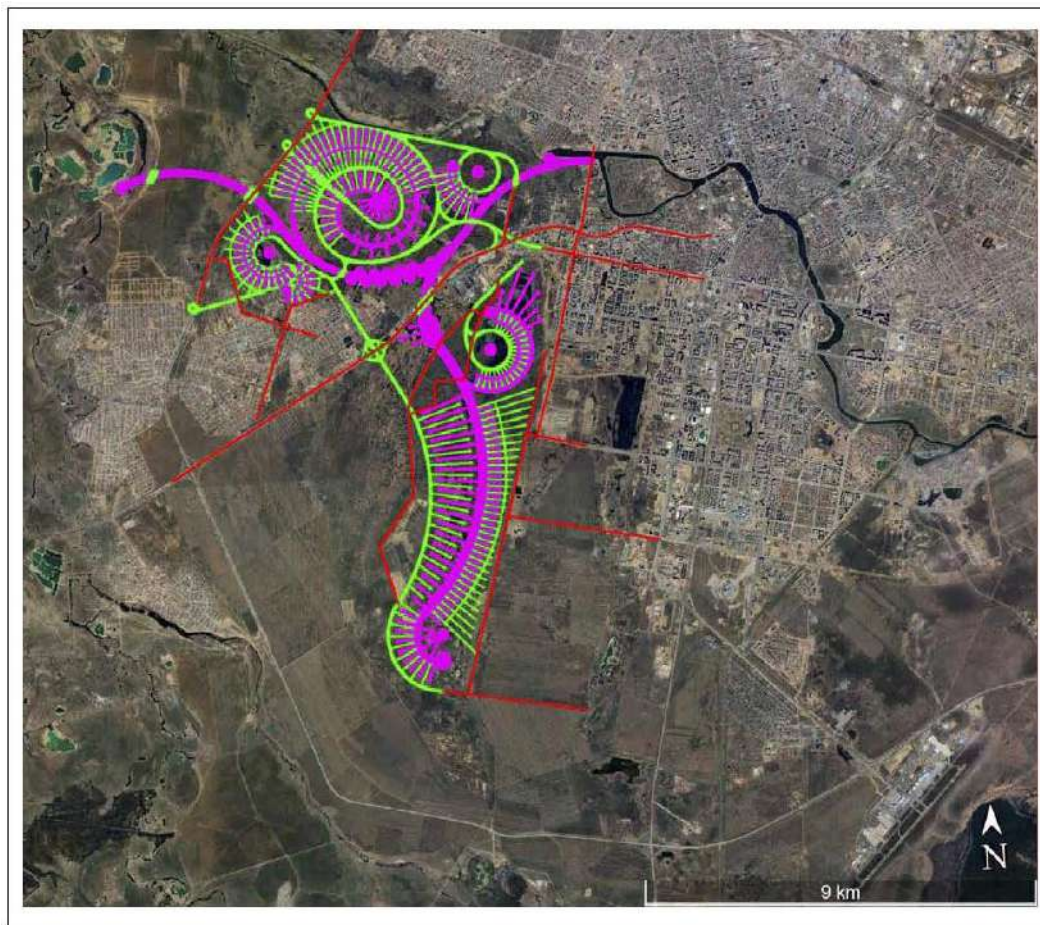
3-сурет – Астана қаласының аумағындағы су объектілері (көк контур) контексіндегі Нұра ауданындағы жобаланатын арна (күлгін контур) (жасыл контур – қала шекарасы) (**авторлар материалдары**).

Ұсынылып отырған жаңа каналдың негізгі бөлігі бөгет ауданындағы Есіл өзенінің арнасына жалғасады. Бұл Астана қаласының көше-жол желісіне көлік жүктемесін едәуір төмендете отырып, қала бойынша жеке және қоғамдық жолаушылар мен жүк су көлігінің қозғалысын ұйымдастыруға мүмкіндік береді. Астана қаласын дамыту жобасы (**General'ny'j plan goroda Astany do 2035 goda, 2023; General'ny'j plan goroda Astany do 2035 goda. (2023(a))**) өзендердегі кеме қатынасы учаскелерінің ұзақтығын қазіргі 6,0 км-ден 19,5 км-ге дейін ұлғайтуды көздейді. Ұсынылатын арна бұл параметрді айтарлықтай жақсартады.

Жекелеген секцияларда да, қала бойынша да су-моторлы спорт түрлері мен есу бойынша жарыстар өткізілуі мүмкін.

Тармақтары бар ұсынылып отырған арна өзен арнасының өткізу қабілетін ұлғайту және жағалауларды қорғаныш бөгеттерімен нығайту жөніндегі жобаның бір бөлігі болуы мүмкін. Өзен арнасын түзету арқылы айтарлықтай жақсарту қамтамасыз етіледі. Бұл аумақты су басу қаупін айтарлықтай төмендетеді. Енді су басуға ұшырамайтын аумақтар белсенді қалалық даму үшін – әртүрлі тұрғын үй және қоғамдық ғимараттар салу, белсенді және белсенді емес демалыс үшін саябақтар мен рекреациялық аймақтар қалыптастыру үшін жарамды болады.

Нұра ауданының тиісті жаңа көше-жол желісі Астана қаласының іргелес аудандарының қолданыстағы көше-жол желісімен бірлесе отырып, оның жалғасы және дамуы болып табылады (4-сурет).



4-сурет – Нұра ауданының жаңа көше-жол (жасыл контур) және су-арна (күлгін контур) желісі Астана қаласының іргелес аудандарының қолданыстағы көше-жол желісімен (қызыл контур) бірлесе отырып, оның жалғасы және дамуы болып табылады ([Google Earth Pro, 2024](#)).

Болжамды арна бойындағы аумақты жоспарлау және құрылыс салу (жалпы ұзындығы 29,0 км) тұйықталған жолдарды біріктіру жолымен тұрғындардың жеке және қоғамдық автокөлік және су көліктеріне еркін қол жеткізуін қамтамасыз етуді көздейді Бас көшеден (ені 10,0 м) бұрылыс сақиналары бар (диаметрі 45,0 м) (ені 45,0 м) және айналма шеңберлері бар тұйық су тармақтары (ені 38,0 м) (диаметрі 60,0 м), негізгі арнамен қосылған (ені 60,0-80,0 м). Орналасқан жеріне қарай канал мен магистральдық көшелерден тарайтын тармақтар әртүрлі ұзындықтарға ие (100,0-ден 1100,0 м-ге дейін). Секциялардың жалпы саны – 231. Канал жағалары мен тармақтары габиондардан жасалған. Бұл дизайн табиғи топырақ жағдайын сақтауға және жер асты суларын каналға кедергісіз сүзуге мүмкіндік береді.

Қолданыстағы қала құрылысы нормаларын ескере отырып, құрылыс желісі канал мен тармақтардың жағалауларынан 35,0 м және одан да көп қашықтықта орналасқан. Негізгі арнадан су тармақтарының өлшемдері қайықтар үшін жағалаулар бойында айлақтарды қалыптастыру және тармақ осі бойынша еркін екі жақты қозғалыс мүмкіндігін ескере отырып алынады. Аналог ретінде Майамиде жүзеге асырылған шешім қолданылады (1-сурет).

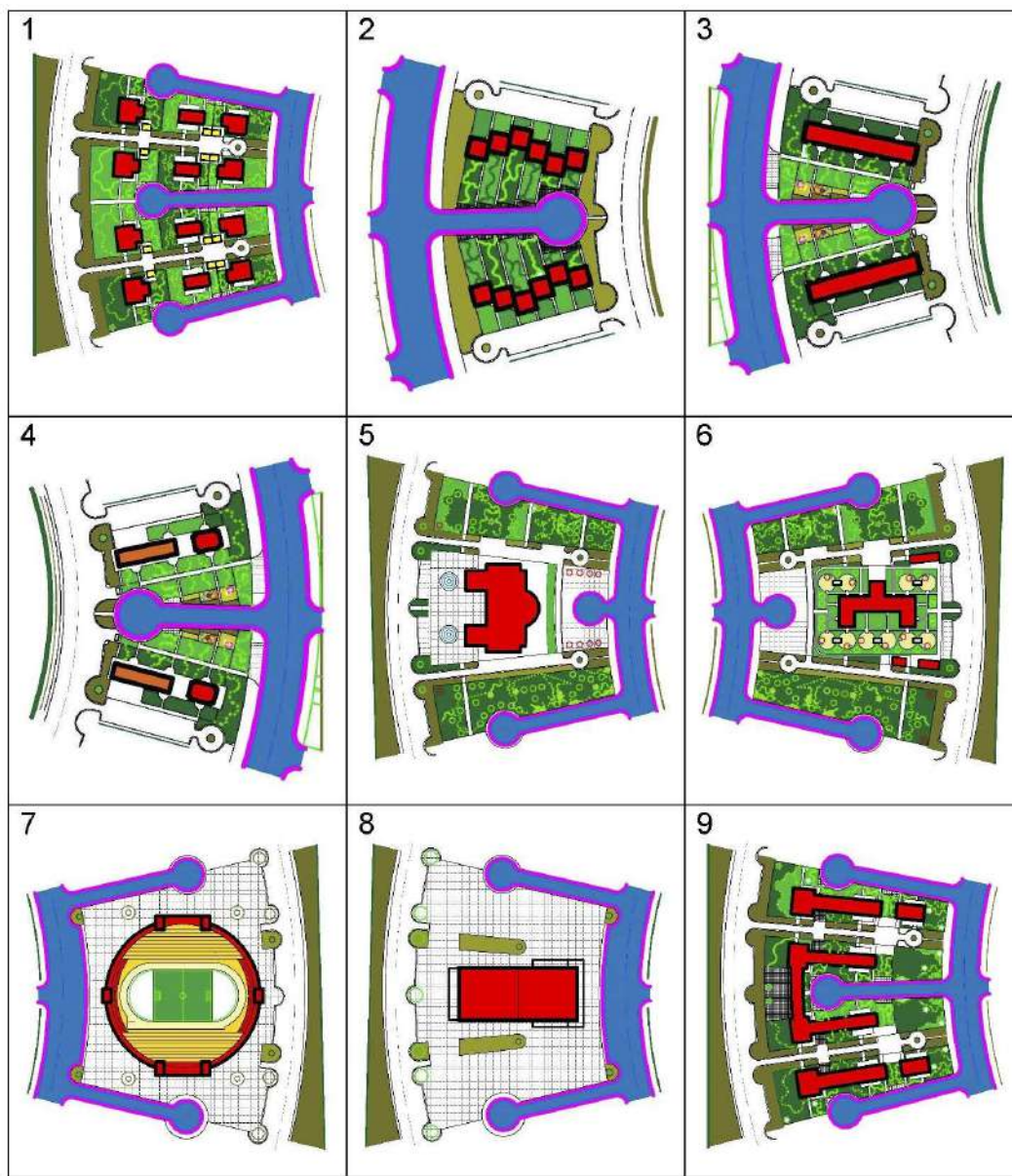
Қосымша ретінде әр тармақтың соңында қайықтар үшін бұрылыс жасау ұсынылады (5-сурет).



5-сурет – Нұра ауданында құрылып жатқан жол, су және кәріз желілеріне арналған шешімнің фрагменті (авторлар материалдары).

Жеке тұрғын үй құрылысы аймақтарында әр учаскеде өткелдің жағында гараж және өзен жағасында жеке шағын қайықтарға арналған жеке айлақ қарастырылған. Сонымен қатар, магистральдық каналда жолаушылар круиздік кемелеріне арналған айлақтар бар. Көше бойында тұрақ қалталары мен қоғамдық көлік аялдамалары бар. Сәйкесінше, өткелдің соңынан магистральдық каналдың жағалауына жаяу жүргіншілер өткелі, ал өзеннің соңынан бас көше бойымен жаяу жүргіншілер жолы қарастырылған. Шешім блокталған тұрғын үйлер (таунхаустары) бар құрылыс алаңдары үшін ұқсас болып табылады. Көппәтерлі, көпқабатты

сызықты және мұнаралы тұрғын үйлердің учаскелерінде өту жолдары, әр учаскеге өту жолынан кіру және іргелес аумаққа шығу өзен бойындағы жеке шағын көлемді кемелерге арналған жеке аймақтарға және жолаушылар круиздік кемелерінің ортақ айлағына дейін магистральдық каналдың бойында.



6-сурет – Су және автокөлік көлігін пайдаланатын азаматтардың қолжетімділігін қамтамасыз ететін Астана қаласындағы жаңа арнаның бойында тұрғын және қоғамдық ғимараттарды орналастыру мысалдары:
 1 – жеке тұрғын үйлер; 2 – блокталған тұрғын үйлер; 3 – көп пәтерлі тұрғын үйлер; 4 – мұнаралы тұрғын үйлер;
 5 – аудандық әкімшілік ғимараты; 6 – мектепке дейінгі балалар мекемесі; 7 – стадион;
 8 – сауда орталығы; 9 – жоғары оқу орны (**авторлар материалдары**).

Кірме жолдың екі жағында да тұрақ орындары бар. Тұрақ қалталары мен қоғамдық көлік аялдамалары басты көшенің бойында орналасқан. Сәйкесінше, бас каналдың жағалауына өтпе жолдың соңынан жаяу жүргіншілер өткелі қарастырылған, ал басты көшенің бойындағы тротуарға өтпе жол шығанақ соңынан қарастырылған. Тұрғын үйдің ішкі ауласы бас каналдың тармағы жағынан қарастырылған. Оған абаттандыру элементтерінің стандартты жиынтығы: демалыс аймақтары, балалардың ойын алаңдары, спорттық және гимнастикалық алаңдар, қосалқы үй-жайлар кіреді. Тұрмыстық қалдықтарды жинауға арналған алаңдар қоқысты автокөлік көлігімен де, су көлігімен де шығаруға болатындай етіп орналасқан. Жоғары қабатты мұнаралы үйлер салынған кезде кешенге бас көше жағынан

орналасқан көп деңгейлі паркингтердің блоктары кіреді. Тұрғын үйлері бар учаскелерде құрылыс салу схемасы **6-суретте** (1-4-схемалар) көрсетілген. Өртүрлі функционалдық мақсаттағы және типтегі қоғамдық ғимараттар автокөлік және су көлігін пайдалана отырып, еркін кіру мүмкіндігін ескере отырып орналасқан (**6-сурет**, 5-9-схемалар). Мысалы, аудан әкімшілігінің ғимараты ұштары қосылған екі кірме жолдың арасындағы учаскеде орналасқан. Шағын парк аймақтары осы кірме жолдарды бас каналдан бөліп тұрады. Су көлігін пайдаланатын азаматтардың негізгі кіруі тікелей бас арна мен айналма шығанық аймақтардан жүзеге асырылады. Автокөлікті пайдаланатын азаматтар ғимарат алдындағы алаңға бас көшенің бойында орналасқан қоғамдық көлік тұрақтары мен аялдамаларынан кіреді. Осындай жолмен ересектердің балаларды мектепке дейінгі мекемеге алып бару туралы мәселесі өз шешімін тапты. Бұл мекеменің кешені қосылатын кірме жолдар арасындағы оқшауланған қоршалған аумақта орналасқан. Бұл кешен әрбір балалар тобы үшін жеке кіретін есігі бар мекеме ғимаратын, әрбір топ үшін шағын павильондары бар ашық ойын алаңдарын, қосалқы және шаруашылық құрылыстарды қамтиды. Ас үй мен ас блогынан негізгі ғимаратқа жеке кіру есігі қарастырылған. Іс жүзінде стадион толық ашық аумақта орналасқан, бұл спорт аренасының жабық мінбелеріне кіретін алты есіктің әрқайсысына еркін кіруді қамтамасыз етеді. Аренанда жеңіл атлетикадан футбол матчтары мен жарыстар өткізу мүмкіндігі қарастырылған. Аренаның дөңгелек пішіні трибуналардың оңтайлы орналасуын және алаңның кез келген кеңістіктік жағдайында еркін кіруді бақылауға мүмкіндік береді. Бас каналдың бойымен алаңның барлық ұзындығы бойынша су көлігімен жанкүйерлердің жаппай келуі мен жөнелтілуі кезінде пирсті ыңғайлы пайдалануды қамтамасыз ететін жергілікті кеңейту көзделген. Көлік құралдарына арналған тұрақ орындары бас көшенің бойында тиісті қалталарда орналасқан. Сондай-ақ, толығымен дерлік ашық алаңда сауда орталығының ғимараты орналасқан. Бас каналдың бойымен учаскенің барлық ұзындығына су көлігімен сатып алушылардың жаппай келуі мен жөнелтілуі кезінде аймақты ыңғайлы пайдалануды қамтамасыз ететін жергілікті жаппай құрылыс көзделген. Автокөліктерге арналған тұрақ орындары бас көшенің бойындағы тиісті аймақтарда орналасқан. Ғимараттың бүйірлерінде қосымша тұрақ орындары қарастырылған. Бас кіру бас көшеден жүзеге асырылады. Тауарларды тиеуге және қоқысты шығаруға арналған платформалар аймақтардың бүйірінде орналасқан, бірақ оларға жүк автокөліктері үшін де еркін кіру мүмкіндігі бар.

Басқа қоғамдық ғимараттарды (әкімшілік және мемориалдық ғимараттарды, мектептер мен балалардың демалыс орталықтарын, емханалар мен ауруханаларды, ойын-сауық және бақ-саябақ кешендерін және т.б.) орналастыру туралы шешім бұрын қаралған мысалдар негізінде қабылдануы мүмкін.

5 ҚОРЫТЫНДЫ

Жер асты суларының жер бетіне шығуының деңгейі жоғары аумақтар және өзендер мен көлдердің дүркін-дүркін су басу аймақтары қарқынды қала құрылысы аудандарында кең таралған құбылыс болып табылады. Су басу мәселесін шешудің кең таралған әдістері су деңгейін төмендету және бөгеттер салу болып табылады. Майами қаласы елді мекенді қалыптастыруға барабар қала құрылыстық тәсілдің сирек мысалдарының бірі болып табылады, ол жоспарлау және инфрақұрылым тұжырымдамаларын ескереді және өңірдің табиғи-климаттық жағдайларына бейімдейді, сондай-ақ қазіргі инженерлік-геологиялық қиындықтарды орнықты дамуды көп аспектілі негізделген қамтамасыз ету факторына, неғұрлым жетілдірілген қалалық жоспарлау жүйесіне айналдырады. Нәтижесінде көше бойынша және бір арналы желіде қайта бөлінетін көлік ағыны өмір сүрудің жоғары жайлы жағдайларын сақтай отырып, қоршаған ортаға ластаушы заттар шығарындыларының едәуір аз көлемін қалыптастырады. Майами-Ситидің тәжірибесін пайдалана отырып, Астана қаласы жағдайында әр түрлі көлемдегі үнемі бейтарап қалыптасатын су айдындарын инфрақұрылымдық және көліктік мәселелерді шешу және қалалық абаттандыру туралы

деңгейді арттыру үшін мақсатты қалыптасатын арналарға айналдыру жолымен қала аумақтарының ерекшеліктерін барабар сәулеттік, ландшафтық, техникалық және технологиялық пайдалану мүмкіндігі пайда болады. Бұл әзірлену тұрғысынан перспективалы, құпиялылық тұрғысынан ыңғайлы қосымша 200 алаңды алуға мүмкіндік береді. Су көлігі интеграцияланған қалалық көлік жүйесінің бір бөлігіне айналады. Ұсынылып отырған шешім қала тұрғындарының өмірін жақсарту, қала аумағының гидрологиясы және маңызды экологиялық аспектілер саласындағы кешенді міндеттерді шешуге мүмкіндік береді. Автокөлік жолдары мен су арналарының үйлесімінен құрылған көлік инфрақұрылымы Астана қаласы бойынша қозғалыс саласында балама қалыптастырады, бұл нақты жағдайда қоғамдық немесе жеке көліктің ыңғайлы түрін таңдауға мүмкіндік береді. Астана қаласында автокөліктендірудің жоғары деңгейі және ең жоғары кезеңде жол-көлік инфрақұрылымының жеткіліксіз дамуы нәтижесінде көше-жол желісінде айтарлықтай жүктеме қалыптасады, бұл көлік ағынының орташа жылдамдығын сағатына 10 км дейін төмендетуге алып келеді. Осыған байланысты су жолдарын қоса алғанда, Астана қаласының көлік қаңқасын қалыптастыру елорда жолдарында көліктік коллапс ықтималдығын болдырмауға мүмкіндік береді және тұрғын үй кешендері мен әлеуметтік объектілердің көліктік қолжетімділігін қамтамасыз етеді. Трафиктің бір бөлігін су арналарына ауыстыру арқылы жолаушылар мен жүк көлік ағындарын қайта бөлу қаланың жол желісіне түсетін жүктемені азайтады. Бұл Астана қаласында көшелерде үнемі пайда болатын көлік кептелістерінің едәуір қысқаруына әкеледі. Соның салдарынан қала бойынша жол жүру уақытының айтарлықтай қысқаруы және автокөліктерде іштен жану қозғалтқыштарының жұмысы кезінде зиянды қалдықтардың азаюы орын алуда. Ұсынылып отырған арналар жүйесі судың қозғалысын тендестіруге және Нұра ауданындағы көптеген су айдындарында оның көлемін ұлғайтуға мүмкіндік береді. Бұл аумақты маусымдық су басу және еріген судың хаотикалық қозғалысынан су қоймаларының ластануына байланысты қиын жағдайлардың туындауына жол бермейді.

Болашақта қала шегінде орналасқан Нұра – Есіл каналының он километрлік учаскесі де Астананың су көлігі жүйесіне енгізілуі мүмкін. Бірақ ол үшін бұл арна автомагистральдармен қиылысатын бес нүктедегі көпір құрылыстарын ішінара қайта салу қажет болады. Есіл өзенінің арнасын түзету, жағалауларды нығайту, дренаж жүйесін дамыту (бұл Астана қаласын дамытудың бас жоспарында көзделген) және арналар жүйесін дамыту (мақаланың авторлары ұсынған) жолымен аумақты маусымдық су басу қаупін жою жөніндегі міндеттерді кешенді шешу аумақты тұрақты дамыту мәселелерін шешуге оң әсер етеді.

ӘДЕБИЕТТЕР

1. **Konrad, C.P.** (2016). Effects of Urban Development on Floods, U.S. GEOLOGICAL SURVEY Fact Sheet 076-03, USGS Publishing Network. Tuesday, November 29. <https://pubs.usgs.gov/fs/fs07603/>
2. **Kocornik-Mina, A., McDermott, Th.K.J., Michaels, G., Rauch, F.** (2020). Flooded Cities, American Economic Journal: Applied Economics, vol. 12, no. 2, pp. 35-66. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.2006156>
3. **Vitale, C., Meijerink, S., Moccia, F.D.** (2023). Urban flood resilience, a multi-level institutional analysis of planning practices in the Metropolitan City of Naples, Journal of Environmental Planning and Management, vol. 66, no. 4, pp. 813-835. <https://doi.org/10.1080/09640568.2021.2006156>
4. **Lehmkuhl, F., Schüttrumpf, H., Schwarzbauer, J., Brüll, C., Dietze, M., Letmathe, P., Völker, C., Hollert, H.** (2022). Assessment of the 2021 summer flood in Central Europe, Environmental Sciences Europe, vol. 34, 107 <https://doi.org/10.1186/s12302-022-00685-1>
5. **Junger, L., Hohensinner, S., Schroll, K., Wagner, K., Seher, W.** (2022). Land Use in Flood-Prone Areas and Its Significance for Flood Risk Management – A Case Study of Alpine Regions in Austria, Land, vol. 11, no. 3, 392. <https://doi.org/10.3390/land11030392>

6. **Zou, L., Wang, Z., Lu, Q., Wu, S., Chen, L., Qin, Z.** (2022). The Rain-Induced Urban Waterlogging Risk and Its Evaluation: A Case Study in the Central City of Shanghai, *Water*, vol. 14, 3780. <https://doi.org/10.3390/w14223780>
7. **Papilloud, T., Röthlisberger, V., Loreti, S., Keiler, M.** (2020). Flood exposure analysis of road infrastructure – Comparison of different methods at national level, *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 47, 101548. <https://doi.org/10.1016/j.ijdrr.2020.101548>
8. **Agonafir, C., Lakhankar, T., Khanbilvardi, R., Krakauer, N., Radell, D., Devineni, N.** (2023). A review of recent advances in urban flood research, *Water Security*, Vol. 19, August, 100141. <https://doi.org/10.1016/j.wasec.2023.100141>
9. **Escuder-Bueno, I., Castillo-Rodríguez, J. T., Zechner, S., Jöbstl, C., Perales-Momparler, S., Petaccia, G.** (2012). A quantitative flood risk analysis methodology for urban areas with integration of social research data, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, vol. 12, pp. 2843-2863. <https://doi.org/10.5194/nhess-12-2843-2012>
10. **Klijn, F., Samuels, P., Os, A.V.** (2008). Towards flood risk management in the EU: State of affairs with examples from various European countries, *International Journal of River Basin Management*, vol. 6, no. 4, pp. 307-321. <https://doi.org/10.1080/15715124.2008.9635358>
11. **Bogdan, E.A., Beckie, M.A., Caine, K.J.** (2022). Making room for nature? Applying the Dutch Room for the River approach to flood risk management in Alberta, Canada, *International Journal of River Basin Management*, vol. 20, no. 2, pp. 153-165. <https://doi.org/10.1080/15715124.2020.1723604>
12. **Solín L.** (2015). Recent Slovak flood protection relative to integrated flood risk management, *International Journal of River Basin Management*, vol. 13, no. 4, pp. 463-473. <https://doi.org/10.1080/15715124.2015.1022868>
13. **Kang, D.-H., Nam, D.-H., Jeung, S.-J., Kim, B.-S.** (2021). Impact Assessment of Flood Damage in Urban Areas Using RCP 8.5 Climate Change Scenarios and Building Inventory, *Water*, vol. 13, 756. <https://doi.org/10.3390/w13060756>
14. **Alikhani, S., Nummi, P., Ojala, A.** (2021). Urban Wetlands: A Review on Ecological and Cultural Values, *Water*, vol. 13, 3301. <https://doi.org/10.3390/w13223301>
15. **Liu, F., Liu, X., Xu, T., Yang, G., Zhao, Y.** (2021). Driving Factors and Risk Assessment of Rainstorm Waterlogging in Urban Agglomeration Areas: A Case Study of the Guangdong-Hong Kong-Macao Greater Bay Area, China, *Water*, vol. 13, 770. <https://doi.org/10.3390/w13060770>
16. **Quan, R., Liu, M., Lu, M., Zhang, L., Wang, J., Xu, S.** (2010). Waterlogging Risk Assessment Based on Land Use/Cover Change: A Case Study in Pudong New Area, Shanghai, *Environ. Earth Sci.*, vol. 61, pp. 1113-1121. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0431-8>
17. **Wu, J., Sha, W., Zhang, P., Wang, Z.** (2020). The spatial non-stationary effect of urban landscape pattern on urban waterlogging: a case study of Shenzhen City, *Sci Rep*, vol. 10, 7369. <https://doi.org/10.1038/s41598-020-64113-1>
18. **Cheemakurthy, H., Tanko, M., Garme, K.** (2017). Urban waterborne public transport systems: An overview of existing operations in world cities, KTH Royal Institute of Technology. School of Engineering Sciences. Department of Aeronautical and Vehicle Engineering Centre for Naval Architecture. TRITA-AVE 92, pp.1-79. <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1168873/FULLTEXT01.pdf>
19. **Aziz, Z., Ray, I., Paul, S.** (2018). The role of waterways in promoting urban resilience: The case of Kochi City, Working Paper, No. 359, Indian Council for Research on International Economic Relations (ICRIER), New Delhi, pp.1-24. <https://www.econstor.eu/bitstream/10419/203693/1/1022275739.pdf>
20. **Hoyle, B.S.** (1993). Water transport and urban development: Some geographical perspectives and propositions, *GeoJournal*, vol. 31, pp. 439–448. <https://doi.org/10.1007/BF00812798>
21. **Divieso, E., Fontes Lima Junior, O., de Oliveira, H.C.** (2021). The use of waterways for urban logistics: the case of Brazil, *Theoretical and Empirical Researches in Urban*

- Management, vol. 16, no. 1, Feb., pp. 62+.
<https://go.gale.com/ps/i.do?id=GALE%7CA652701574&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=20653913&p=AONE&sw=w>
22. **Iamtrakul, P., Raungratanaamporn, I., Klaylee, J.** (2018). Contribution on water transportation for resilient and sustainable lowland cities, Lowland Technology International (International Association of Lowland Technology, IALT), vol. 20, no. 3, pp. 341-350.
https://cot.unhas.ac.id/journals/index.php/ialt_lti/article/download/545/431
23. **Janjevic, M., Ndiaye, A.B.** (2014). Inland waterways transport for city logistics: a review of experiences and the role of local public authorities, WIT Transactions on the Built Environment, Vol 138, Urban Transport XX, pp. 279-290.
<https://www.witpress.com/Secure/elibrary/papers/UT14/UT14024FU1.pdf>
24. **Utomo, D.M., Mateo-Babiano, I.** (2015). Exploring Indigeneity of Inland Waterway Transport (IWT) in Asia: Case studies of Thailand, Vietnam, the Philippines, and Indonesia, Journal of the Eastern Asia Society for Transportation Studies, vol. 11, pp. 2316-2332.
<https://doi.org/10.11175/easts.11.2316>
25. **Vergnani, R.** (2022). POLIS Network, Waterways and urban logistics: how can regulations better interconnect the modes? Interreg, North-West Europe, ST4W, Bruxelles, 4 July, pp. 1-144. <https://vb.nweurope.eu/media/18077/all-st4w-workshop-presentations.pdf>
26. **Salimbayeva, S.E.** (2017). Gradostroitel'nye komplekсы vdol' poberezh'ya g. Dubaj (OAEH) kak primer sochetaniya kanal'noj i dorozhnoj transportnykh infrastruktur [Urban development complexes along the coast of Dubai (UAE) as an example of a combination of canal and road transport infrastructures], Science and Education today, № 5 (16), pp. 102-105.
<https://publikacija.ru/images/PDF/2017/16/Science-and-education-today-5-16.pdf> (In Russ.).
27. **Samoilov, K.I., Salimbayeva, S.E.** (2017). Gradostroitel'nye komplekсы v g. Majami (SSHA) kak primer optimal'nogo stroitel'stva na podtoplyaemykh territoriyakh [Urban development complexes in Miami (USA) as an example of optimal construction in flooded areas], Science and Education today, № 4 (15), pp. 100-104.
<https://publikacija.ru/images/PDF/2017/15/Science-and-education-today-4-15.pdf> (In Russ.).
28. **General'ny'j plan goroda Astany do 2035 goda.** (2023). Kratkaya poyasnitel'naya zapiska. Osnovny'e polozheniya [The General plan of the city of Astana until 2035. A brief explanatory note. The main provisions], State Institution "Department of Architecture, Urban Planning and Land Relations of Astana city", LLP "Scientific Research Design Institute "Astanagenplan", Astana.
<https://www.gov.kz/memleket/entities/ecogeo/documents/details/487827?lang=ru> (In Russ.).
29. **General'ny'j plan goroda Astany do 2035 goda.** (2023(a)). Bazovy'j scenarij sostoyaniya okruzhayushhej sredy v gorode Astane i prognoz ee izmeneniya do 2035 goda [The General plan of the city of Astana until 2035. The basic scenario of the state of the environment in Astana city and the forecast of its changes until 2035], State Institution "Department of Architecture, Urban Planning and Land Relations of Astana city", LLP "Scientific Research Design Institute "Astanagenplan", Astana.
https://www.gov.kz/uploads/2023/7/12/a53115e1f430a2848a7561cdfcd91428_original.8299984.pdf (In Russ.).

INNOVATIVE APPROACHES AND ARCHITECTURE OF MODERN RESIDENTIAL COMPLEXES, THE CITY OF BAKU

K.Y. Tabynbayeva^{1,*} , F.V. Mustafayeva² 

¹International educational Corporation, 050043, Almaty, Kazakhstan

²Azerbaijan University of Architecture and Construction (AzUAC), Baku, Azerbaijan

Abstract. *The article discusses the features of the formation of Baku city housing architecture. During the study, the influence of new socio-economic and technological factors on the residential architecture of the capital of Azerbaijan was determined. The objective of this article is to examine the architecture of Transcaucasia's largest residential complex, "Port Baku Residence," to identify current trends in the construction of modern housing in Baku, and to evaluate future directions for their growth. The phenomena of multifunctionality in housing, its origins, evolution, current state, sources of formation, and benefits are discussed. It compares the concepts and substance of multifunctional residential formations in Azerbaijan with advanced foreign housing theory and practice. The quickly developing capital, in keeping with the times, has proven that the architecture of the house is a response to the socioeconomic and aesthetic needs of the inhabitants, and it sets relatively high standards for planning, novel technology incorporated, and building quality. The example of the Port Baku Residence residential complex shows the architectural and planning features of a modern luxury dwelling in the rapidly developing largest city of Transcaucasia.*

Keywords: *luxury residential complex, architecture of a modern dwelling, modern technologies, architecture of Baku city, dwelling.*

***Corresponding author**

Karlygash Tabynbayeva, e-mail: tabynbaeva.k@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-05>

Received 05 October 2024; Revised 25 November 2024; Accepted 27 February 2025

ИННОВАЦИЯЛЫҚ ТӘСІЛДЕР ЖӘНЕ БАКУ ҚАЛАСЫНЫҢ ЗАМАНАУИ ТҰРҒЫН ҮЙ КЕШЕНДЕРІНІҢ СӘУЛЕТІ

Қ.Е. Табынбаева^{1,*} , Ф. В. Мустафаева² 

¹Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, Қазақстан

²Әзірбайжан сәулет және құрылыс университеті (ӘЗСҚУ), Баку, Әзірбайжан

Андатпа. Мақалада Баку қаласының тұрғын үй архитектурасының қалыптасу ерекшеліктері қарастырылған. Зерттеу барысында Әзірбайжан астанасының тұрғын үй архитектурасына жаңа әлеуметтік-экономикалық және технологиялық факторлардың әсері анықталды. Мақсаты - Закавказьедегі ең ірі «Port Baku Residence» тұрғын үй кешенінің архитектурасын қарастыру, Бакудегі заманауи тұрғын үй құрылысының ағымдағы тенденцияларын анықтау және олардың дамуының перспективалық бағыттарын бағалау. Тұрғын үйдің көп функционалдылық құбылысы, оның шығу тегі, эволюциясы, қазіргі жағдайы, қалыптасу көздері мен артықшылықтары қарастырылады. Әзірбайжандағы көпфункционалды тұрғын үй құрылымдарының тұжырымдамалары мен мазмұны тұрғын үй құрылысының озық шетелдік теориясымен және тәжірибесімен салыстырылады. Қарқынды дамып келе жатқан астана заман ағымына ілесе отырып, үй сәулеті тұрғындардың әлеуметтік-экономикалық және эстетикалық қажеттіліктеріне жауап екенін дәлелдеп, жоспарлаудың, жаңа технологияларды енгізудің және құрылыс сапасының айтарлықтай жоғары стандарттарын белгіледі. Порт Баку резиденциясы тұрғын үй кешенінің мысалында Закавказьедегі қарқынды дамып келе жатқан ірі қаласындағы заманауи сәнді тұрғын үйлердің сәулеттік және жоспарлау ерекшеліктері көрсетілген.

Түйін сөздер: люкс тұрғын үй кешені, заманауи тұрғын үй сәулеті, заманауи технологиялар, Баку қаласының сәулеті, тұрғын үй.

***Corresponding author**

Табынбаева Карлыгаш, e-mail: tabynbaeva.k@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-05>

Алынды 05 қазан 2024; Қайта қаралды 25 қараша 2024; Қабылданды 27 ақпан 2025

ИННОВАЦИОННЫЕ ПОДХОДЫ И АРХИТЕКТУРА СОВРЕМЕННЫХ ЖИЛЫХ КОМПЛЕКСОВ, ГОРОДА БАКУ

К.Е. Табынбаева^{1,*} , Ф.В. Мустафаева² 

¹Международная образовательная корпорация, 050043, Алматы, Казахстан

²Азербайджанский архитектурно-строительный университет (АзАСУ) Баку, Азербайджан

Аннотация. В статье рассматриваются особенности формирования жилой архитектуры города Баку. В ходе исследования определено влияние новых социально-экономических и технологических факторов на жилую архитектуру столицы Азербайджана. Цель данной статьи - рассмотреть архитектуру крупнейшего в Закавказье жилого комплекса «Port Baku Residence», выявить актуальные тенденции в строительстве современного жилья в Баку и оценить перспективные направления их развития. Рассматривается феномен многофункциональности жилья, его истоки, эволюция, современное состояние, источники формирования и преимущества. Проводится сравнение концепций и содержания многофункциональных жилых образований в Азербайджане с передовой зарубежной теорией и практикой жилищного строительства. Быстро развивающаяся столица, идя в ногу со временем, доказала, что архитектура дома является ответом на социально-экономические и эстетические потребности жителей, и задает достаточно высокие стандарты планирования, внедрения новых технологий и качества строительства. На примере жилого комплекса Port Baku Residence показаны архитектурно-планировочные особенности современного элитного жилья в быстро развивающемся крупнейшем городе Закавказья.

Ключевые слова: жилой комплекс класса люкс, архитектура современного жилища, современные технологии, архитектура г. Баку, жилище.

***Corresponding author**

Табынбаева Карлыгаш, e-mail: tabynbaeva.k@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-05>

Поступило 05 октября 2024; Пересмотрено 25 ноября 2024; Принято 27 февраля 2025

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ / ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

New socio-economic and technological conditions contribute to the development of Azerbaijan's housing architecture in a new way. The existing functions of the political, industrial and cultural capital provoked a powerful migration of the young population, as well as specialists and foreign companies. 40% of the country's population lives in the city of Baku and its suburbs, making the capital the largest city in the Caucasus, which owes its prosperity over the past ten years to the development of oil and gas resources. In this connection, a rapid expansion of the housing stock began in Baku. The quantitative growth of the population is accompanied by changes in the qualitative structure of the population of the capital. The changed qualitative composition of the residents affected the supply and demand in the housing market: from standard apartments to high comfort class ([Berna Yaylali Yildiz, Fatma Ipek EK, Işın Can, 2018](#)).

The rapidly developing capital, keeping up with the times, has shown that the architecture of the dwelling is a response to the socio-economic and aesthetic needs of the population and forms quite high requirements for planning, innovative technologies introduced and the quality of construction.

Also the primary goal of architecture is to organize living spaces for individuals, irrespective of their citizenship, social rank, age or physical ability. The quality of settlements' architectural and spatial environments is determined by variety of factors one of which is the need to consider the interests of specific groups of the population and seek architectural and planning solutions that ensure accessibility (safety and convenience) for immobile groups of the population, including senior citizens and parents with children in a pushchair ([Abdrassilova G., Murzagaliyeva E., 2020](#)).

The purpose of the article is to analyze the architecture of the largest residential complex in Transcaucasia - "Port Baku Residence", to identify current trends in the construction of modern housing in Baku and to determine the directions for their further development. The phenomenon of multifunctionality in housing, its origins, evolution, current state, factors of formation and advantages is considered. It compares the concepts of multifunctional residential formations and their content in Russian and advanced foreign housing theory and practice. The link between the forms of multifunctionality and market prerequisites forming them (supply and demand) is established ([Kiyanenko, K., 2018](#)).

2 MATERIALS AND METHODS

In the process of studying the features of the modern architecture of Baku residential complexes, based on the study of statistical data, field survey materials and design and graphic materials, we analyzed the architectural, planning, structural and technical characteristics of the Port Baku Residence residential complex built in the capital of Azerbaijan ([Abdrassilova G., Tabyrbayeva K., 2022](#)).

3 RESULTS AND DISCUSSION

The idea of combining different functions in a residential environment has its roots in the traditional structure of cities, where housing, trade, crafts and social life existed in close interrelation. In eastern cities, including Baku, this was expressed in the organization of mahallas - compact residential formations with shops, baths, mosques and workshops within walking distance ([Baku Urban Development Plan 2020-2040](#)).

In contrast, XXth century modernist architecture sought functional zoning, separating housing, work and leisure ([Koolhaas, 2014](#)). However, as cities grew and became more complex, there was a renewed need for integrated residential formats.

The second half of the twentieth and early twenty-first century saw a shift from mono-functional housing to mixed-use complexes in response to changes in lifestyles, urbanization and societal needs. The evolution has gone through several stages:

1. The first mixed-use projects in the US and Europe (1970-90s) with the integration of housing and offices.
2. Integration of commerce and leisure (2000s), especially in Asian megacities.
3. New post-COVID formats: flexible spaces, home offices, shared services ([European Commission, 2021](#)).

Today, multifunctionality of housing is perceived as a key to sustainable and flexible urban development. In Baku, this is facilitated by ‘city within a city’ developments, where residents have access to all major services within one complex, from shops and gyms to kindergartens and cafes ([Pasha Construction, 2022](#)).

Mixed-use projects are becoming particularly relevant in the context of high density, land scarcity and the desire to reduce transport dependency ([Gehl, 2011](#)).

The phenomenon of multifunctionality is shaped by many factors: economic - optimization of development, increasing the profitability of facilities ([UN-Habitat, 2020](#)); social - changing habits (flexible schedules, remote working, and demand for ‘everything nearby’); technological - introduction of BIM, digital services and smart infrastructure; cultural - return to the traditional urban structure with rich local life ([Bartenev, 2018](#)).

The advantages of multifunctional housing are:

1. Saving time and resources: residents get access to basic functions within one environment.
2. Livable urban environment: activity during the day, development of public spaces.
3. Environmentally friendly: reduced need for transport, compact land use.
4. Social sustainability: building of communities, reduced isolation.
5. Architectural expressiveness: the diversity of functions requires a thoughtful architectural approach.

One of the key trends of recent years in Baku is the active densification of the city centre districts and the formation of new high-rise residential complexes. This is caused by population growth, expansion of the megacity and limited land in historical zones ([Baku City Development Plan 2020-2040](#)).

High-rise buildings and multi-storey complexes allow efficient use of the territory, but require new approaches to transport accessibility and infrastructure.

New-generation housing is increasingly being designed according to the principle of multifunctionality: residential, commercial, public and recreational functions are combined in one complex. The Port Baku Residence, White City, Neftchilar Towers and other projects are prime examples. ([Pasha Construction, 2022](#)). This approach not only increases the level of comfort, but also contributes to the formation of an urban environment with round-the-clock activity ([Gehl, 2011](#)). Modern residential buildings in Baku are increasingly being equipped with smart home systems, digital security systems, automated parking and climate control systems ([European Commission, 2021](#)). This improves energy efficiency, safety and living comfort.

There is a trend towards sustainable building solutions - thermal insulation, solar panels, rainwater harvesting systems and green roofs ([UN-Habitat, 2020](#)). Although this is still predominantly in the luxury housing segment, interest in sustainable construction is growing.

Modern construction in Baku seeks to combine international architectural trends with elements of national identity. The use of traditional ornaments, forms and materials becomes an important part of the architectural concept ([Domus, 2022](#)). This emphasises the uniqueness of the Baku residential landscape.

Comparing the concepts and content of multifunctional residential formations in Azerbaijan with advanced foreign theory and practice, it was revealed that:

The architectural and planning concepts of Azerbaijan are designed according to the principle of ‘vertical city’: the lower floors are allocated for trade, public services and offices, the upper floors - for residential flats. The architecture emphasises prestige and visual expressiveness ([Pasha Construction, 2022](#)).

Overseas practice in developed countries, especially in Scandinavia, Japan and the Netherlands, actively applies horizontal mixing of functions - residential clusters integrated into the urban fabric with a priority on pedestrian accessibility and small-scale architecture ([Gehl, 2011](#); [European Commission, 2021](#)). The principles of the ‘15-minute city’ are utilised, where all necessary functions are available within walking distance.

The social orientation and accessibility of residential complexes in Azerbaijan and its multifunctionality is characteristic mainly of premium segment properties. Affordable housing, as a rule, is designed according to traditional schemes without integration of additional functions ([Ministry of Urban Development of Azerbaijan, 2020](#)).

Whereas foreign practice shows that multifunctional approaches applied in social housing allow for the creation of balanced neighbourhoods in terms of functions and population ([UN-Habitat, 2020](#)).

The use and integration of technologies in housing construction in Azerbaijan occurs mainly within the framework of premium complexes (smart home systems, digital access control, video surveillance) ([Pasha Construction, 2022](#)).

Foreign practice shows that BIM modelling, digital design, automated building management, applications for tenants, digital platforms for the management of housing and communal services even in budget construction allow for much more efficient management and provision of quality housing operation, and this works in the long term. ([UN-Habitat, 2020](#)).

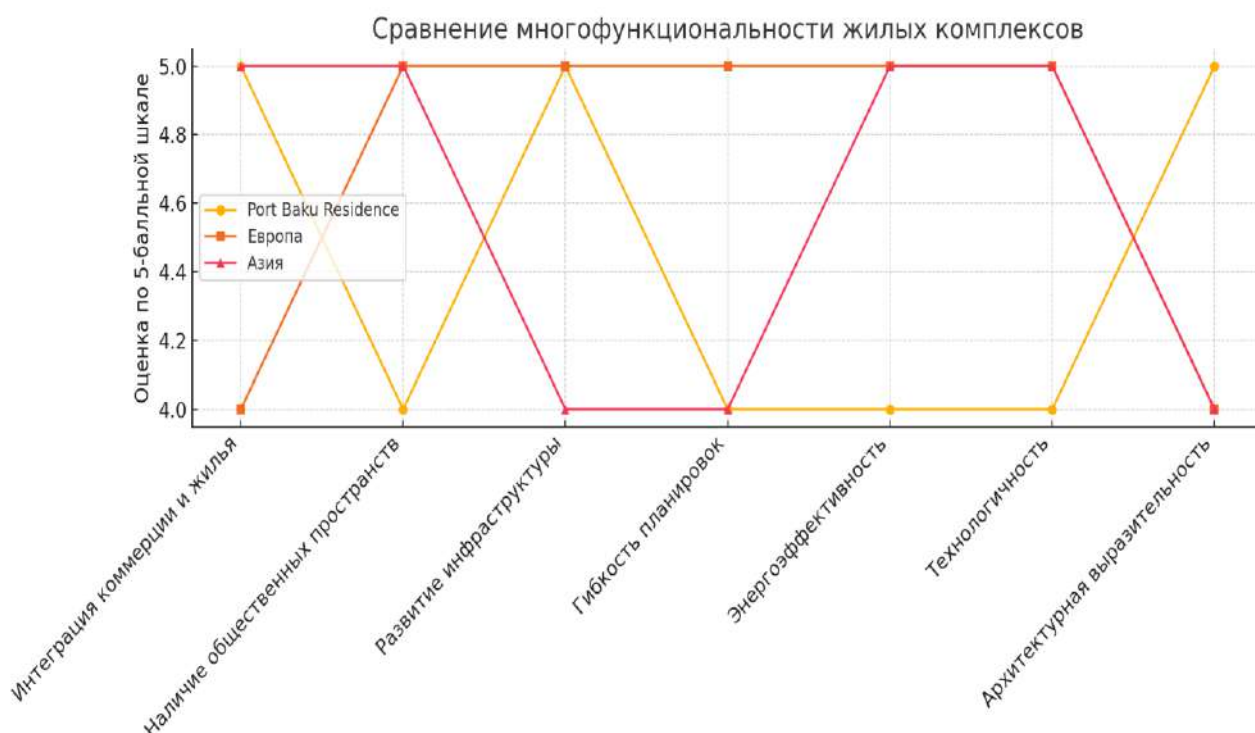


Figure 1 – Comparison of the level of multifunctionality.

Table 1

A comparison of the characteristics of mixed-use housing (explanation of the graph1)

Parameters	Port Baku Residence (Azerbaijan)	Medium level (Europe)	Middle level (Asia)
Integration of commercial and residential	5	4	5
Availability of public spaces	4	5	5
Infrastructure development	5	5	4
Flexible layouts	4	5	4
Energy efficiency	4	5	5
manufacturability	4	5	5
Architectural expression	5	4	4

Table 2

Comparison of concepts and content of multifunctional residential formations in Azerbaijan with advanced foreign theory and practice

Parameters	Azerbaijan	Best foreign practices
Approach to zoning	Vertical	Horizontal, 15-minute city
Spread	In premium segment	In all segments
Eco-friendliness	Basic solutions	Systemic green standards
Technological efficiency	Implemented in luxury housing	Implemented in all –types of housing
Integration into urban environment	With some limitations	Organic
Social inclusiveness	Medium	High

Baku is the capital of the Republic of Azerbaijan, the largest industrial, economic, scientific and technical center of the Transcaucasus, as well as the largest port on the Caspian Sea and the largest city in the Caucasus.

The housing sector of Azerbaijan is one of the sectors of the economy, the main and general purpose of which is to provide living space for the citizens of the Republic of Azerbaijan. This branch of the economy is closely connected with the construction sector of the country.

Azerbaijan's construction sector is experiencing significant growth, both through the opening of new industrial and service facilities and through the renovation of the housing stock, being the second largest investment after the oil sector. The increase in the housing stock is one of the main indicators of the socio-economic development of the country. In 2019, the volume of new housing commissioned amounted to 2.230.784 sq.m. Also, for the first six months of 2020, the figure has already amounted to 2.586.000 sq.m., of which 1.228.778 sq.m. goes to housing.

The architectural and construction experience of the capital has become a leading element in the development of Azerbaijan: socio-economic transformations, the implementation of the Decree of the President of Azerbaijan Ilham Aliyev on simplifying the issuance of permits for the commissioning of a number of multi-apartment buildings dated February 19, 2019. The introduction of new international standards in design and construction have made numerous adjustments and affected the quality of architecture in all regions of the country ([Abdrassilova G., Kozbagarova N., Tuyakaeva A., 2017](#)).

Requirements and demand in the housing market determine the introduction of the latest technologies in construction, which is what the largest commercial and state developers offer in various projects of the now popular multi-storey residential complexes.

According to the current world trends of housing development, the following points of prospective development directions could significantly improve and accelerate the development and achievement of clear progress in the housing sector of Azerbaijan.

1. Expansion of affordable mixed-use housing: introduction of principles multifunctionality in economy and comfort class projects.
2. Sustainable design at all levels: environmental standards, certification of buildings according to international systems (LEED, BREEAM).

3. Development of the micro-district approach: creation of autonomous residential clusters with kindergartens, schools, offices and public spaces.
4. Digitalization of residential building management: housing management systems, digital document management, applications for tenants.
5. Regeneration of old housing stock: modernization of Soviet quarters using modern architectural and technical solutions (Ministry of Urban Development of Azerbaijan, 2020).
6. Developing standards for flexible layouts.
7. Using BIM for design.
8. Development of public spaces in existing residential areas.
9. Formation of functional neighborhoods rather than individual buildings.

The luxury residential complex "Port Baku Residence", from the leading developer engaged in the construction of commercial and residential buildings of international class in Azerbaijan - the construction company Pasha Inshaat. The company has completed a number of exceptional projects with a prestigious location, which are distinguished by excellent architecture and quality of construction. Pasha Inshaat designed and built such facilities as «Dinamo» hotel, «Boulevard Hotel», «Four Seasons», «JW Marriott Absheron» hotel, «Ganjlik» shopping malls, «Port Baku Mall», «Caspian Waterfront», residential complexes "Knightsbridge", "Nizami Residence", "Absheron Apartments", sports and recreation centers, restaurants and business centers (**Griz, C.; Amorim, L., 2015**).

The unique prestigious multifunctional residential complex "Port Baku Residence", which offers a beautiful view of the Caspian Sea and the seaside boulevard, is located on Neftchilar Avenue, in an area with excellent infrastructure (**Figure 2**).



Figure 2 – Port Baku Residence multifunctional residential complex.
(Electronic resource: <http://www.portbaku.az>)

The complex has become a symbol of the new urban vector of the capital of Azerbaijan, where housing is considered not only as a place of residence, but also as an element of the urban ecosystem (**Bartenev, 2018**). In Azerbaijan, there is a close interaction of the residential function with prestigious retail and office formats, which forms high standards of comfortable living for certain segments of the population.

One of the challenges is the insufficient prevalence of such solutions in the segment of affordable housing. In this aspect, international practice, in particular the Scandinavian model of mixed-use development, can serve as an example of a more socially oriented approach ([UN-Habitat, 2020](#)).

The residential complex features such indicators as: closed territory with controlled access; high density of building with preservation of visual space due to the vertical structure; developed system of parking and services; as well as the use of advanced engineering solutions and sustainable technologies.

In the immediate vicinity there is a large business center with restaurants, supermarkets, hospitals, a gymnasium, a secondary school and a kindergarten, branches of various banks, development and educational centers for children.

Located within the business part of the city, a residential complex with a total area of 382,300 sq.m. consists of 3 floors of commercial premises, including a sports and recreation complex, multifunctional halls for events, various shops and offices. Green podium with an area of 15,000 sq.m. with recreational areas, gazebos, playgrounds, as well as a vast walking area is located on the 3rd floor, where families can spend their free time and relax in the shade of gardens with modern landscape design ([Hermoso, V., Morán-Ordóñez, A., Lanzas, M., & Brotons, L., 2020](#)). ([Figure 3](#)).



Figure 3 – «Port Baku Residence» multifunctional residential complex.
(Electronic resource: [http: www.portbaku.az](http://www.portbaku.az))

The living spaces consist of three buildings, the number of storeys of which decreases from twenty-eight to nine storeys towards the sea. The complex has a monolithic frame structure, has good seismic resistance and high energy efficiency. During the construction of the facility, environmentally friendly materials were used, innovative technologies were introduced, thanks to which the dwelling has high ergonomics and comfort.

Additional functions of the residential complex are guest parking; underground parking for residents, designed for more than 2000 parking spaces [11].

From the side of Uzeyir Gadzhibekov Street, the buildings of the complex are surrounded by shops, cafes, restaurants, offices, a private club with a cinema and other infrastructure facilities. There are numerous bus routes around the complex. The metro station is within walking distance from the complex ([Sakharova A., 2019](#)).

The three residential towers of the complex house 800 apartments and luxury penthouses, with different planning structures and area from 83 sq.m. up to 259 sq.m., designed in accordance with strict international standards ([Figure 4 \(a, b, c, d\)](#)).



Figure 4 – (a) «Port Baku Residence» multifunctional residential complex. Apartment plans. (Electronic resource: [http: www.portbaku.az](http://www.portbaku.az)); (b) Plan of the penthouse of the residential complex «Port Baku Residence» [Electronic resource: [http: www.portbaku.az](http://www.portbaku.az)]; (c) «Port Baku Residence», terrace. [Electronic resource: [http: www.portbaku.az](http://www.portbaku.az)]; (d) «Port Baku Residence» multifunctional residential complex. Residential floor plan (Electronic resource: [http: www.portbaku.az](http://www.portbaku.az))

The residential complex with a great location includes not only a club for residents of the complex, but also an atrium for receiving guests, designed by the world famous interior designer David Collins (**Figure 5**)

For the first time in the real estate market of Azerbaijan, modern approaches of Western management in housing construction were introduced: apartments appeared, completely ready for living, which included designer renovation; smart home system; built-in and controlled air purification equipment, 2.92 m high ceilings; installed and configured mechanical, electrical and plumbing equipment.

All apartments are provided with satellite TV, ADSL connection and wireless broadband internet.



Figure 5 – «Port Baku Residence» multifunctional residential complex. Interiors of public spaces of the residential complex. (Electronic resource: [http: www.portbaku.az](http://www.portbaku.az))

The residential complex has an extensive security system: video surveillance in elevators, playgrounds, access control system for cars, emergency call buttons, modern intercoms with digital locks, etc. The engineering equipment of the residential complex includes advanced technological developments in the field of ensuring the comfort and safety of residents. Thus, the residential complex "Port Baku Residence" demonstrates a qualitative breakthrough in architecture, based on new technologies for understanding the internal and external environment of the home (**Khalid, R., & Sunikka-Blank, M., 2020**).

The complex is located next to the largest recreational area in the central part of Baku, the seaside boulevard. For the large-scale development of luxury residential complexes, it is necessary to pay attention to the details of the design of recreational areas in the structure of the city.

To ensure the process of sustainable development of the recreational areas of the city of Baku, which includes the ancient architectural heritage and modern architectural criteria that currently attract the attention of tourists from all over the world, it is necessary to pay special attention to planning issues. These recreational zones will enrich not only the architectural and compositional solution and environmental indicators of the given territory, but also the architectural, planning and urban planning solution of the city as a whole. At the same time, one should take into account the statistics of population growth in megacities and take into account proposals aimed at dynamic development for the sustainable development of these recreational areas (**Mustafayeva F.V., 2020**).

5 CONCLUSIONS

An analysis of multifunctional residential developments in Azerbaijan compared to leading international theories and practices indicates that the architectural and planning strategies in Azerbaijan follow the 'vertical city' concept. The social accessibility and multifunctional nature of residential complexes in Azerbaijan are primarily evident in higher-end properties. Typically, affordable housing is developed using conventional designs without the incorporation of additional features. The application and combination of technologies in residential construction in Azerbaijan are predominantly found in premium complexes, which include smart home technologies, digital access systems, and video surveillance.

However, the study of the modern residential complex of Baku "Port Baku Residence" shows that the architecture of the dwelling is a response to the socio-economic and aesthetic needs of the population and forms quite high requirements for planning and quality of construction. The architecture of the considered residential complex is distinguished by a high level of technological

solutions, the use of innovative elements in providing an accessible, safe environment, and the environmental friendliness of building materials and systems.

Innovative technologies have become widely used in the practice of housing construction (the "smart house" system, video surveillance of the adjacent territory, air purification system and other automated systems and technologies.) (Zu Ermgassen, S.O.S.E., Drewniok, M.P., Bull, J.W., Corlet Walker, C.M., Mancini, M., Ryan-Collins, J., & Serrenho, A.C., 2022).

The design and high-quality construction of new residential complexes in the capital of Azerbaijan are focused on the introduction of environmentally friendly and energy-saving principles (air purification control system, energy saving, water collection and reuse).

REFERENCES

1. **Fatma İpek, E.K., Berna, Y., Işın, C-T.** (2018). Transformation in a housing-design story: Reading the spatial typologies of apartment projects in Hatay-Izmir, ITU A|Z. 15(3), 123-137, <https://doi.org/10.5505/itujfa.2018.26566>
2. **Abdrassilova, G., Murzagaliyeva E.** (2020). Accessibility as a criterion of quality in an architectural spatial environment (on the example of the city of Almaty), BoZPE, 9(1), 39-46, <https://doi.org/10.17512/bozpe.2020.1.04>
3. **Kiyanenko, K.** (2018). Conglomerates, complexes, hybrids: patterns of multifunctionality in housing, Russian Journal of Housing Research. 2, 119-136, <https://doi.org/10.18334/zhs.5.2.39249>
4. **Abdrassilova G., Tabynbayeva K.** (2022). Innovative approaches in development architecture of modern residential complexes (on the example of Nur-Sultan city), Bulletin of Kazakh Leading Academy of Architecture and Construction, 83(1), 76-82. <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2022.1-06>
5. **Baku 2023. The capital of Azerbaijan.** (Retrieved from: <https://wikiway.com/azerbaijan/baku/> (date of access: 11/14/2022).
6. **Housing in Azerbaijan.** (Retrieved from: <https://www.hisour.com/ru/housing-in-azerbaijan-37382/> (date of access: 11/14/2022).
7. **Construction sector of Azerbaijan.** (Retrieved from: <https://bakubuild.az/ru-opennews/6437.41.html> (date of access: 11/14/2022).
8. **Abdrassilova, G., Kozbagarova N., Tuyakaeva A.** (2018). Architecture of high-rise buildings as a brand of the modern Kazakhstan., High-Rise Construction 2017 (HRC 2017). E3S Web Conf. 33, 010009 eISSN: 2267-1242. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/20183301009>
9. **Residential complex "Port Baku Residence".** (Retrieved from: <https://www.pashaconstruction.com/RU/properties/port-baku-residence-ru/> (date of access: 12.11.2022).
10. **Griz, C., Amorim, L.** (2015). Luxury is Necessary: Apartment Projects in Recife-Brazil. Paper presented at the meeting of the 10th International Space Syntax Symposium, London, England.
11. **Hermoso, V., Morán-Ordóñez, A., Lanzas, M., & Brotons, L.** (2020). Designing a network of green infrastructure for the EU. Landscape and Urban Planning, 196, 103732. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2019.103732>
12. **Luxurious apartments in Port Baku Residence** (Retrieved from: https://www.portbaku.az/port_baku_residential.aspx (date of access: 12.11.2022).
13. **Sakharova, A.** Baku. Guide, Moscow: Eksmo, 2019. 128s.
14. **Khalid, R., & Sunikka-Blank, M.** (2020). Housing and household practices: Practice-based sustainability interventions for low-energy houses in Lahore, Pakistan. Energy for Sustainable Development, 54, 148-163. <https://doi.org/10.1016/j.esd.2019.11.005>
15. **Mustafayeva, F.V.** (2020). Modern criteria in the planning process of Baku recreation zones. "Scientific works" №2, Baku: "AzMIU N.-P.", 23-27.

16. **Zu Ermgassen, S.O.S.E., Drewniok, M.P., Bull, J.W., Corlet Walker, C.M., Mancini, M., Ryan-Collins, J., Serrenho, A.C.** (2022). A home for all within planetary boundaries: Pathways for meeting England's housing needs without transgressing national climate and biodiversity goals. *Ecological Economics*, 201, 107562. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2022.107562>
17. **Gehl, J.** (2011). *Cities for People*. Island Press.
18. **Koolhaas, R.** (2014). *Delirious New York: A Retroactive Manifesto for Manhattan*. The Monacelli Press.
19. **Bartenev, I.A.** (2018). *Modern trends in the architecture of residential buildings*. Moscow: Arkhitektura-S.
20. **Baku city development plan 2020-2040**. Ministry of urban development of Azerbaijan.
21. **UN-Habitat.** (2020). *World Cities Report: The Value of Sustainable Urbanisation*.
22. **Domus. Architecture and Urbanism. Issue 02**, 2022. "Multifunctional residential formats: trends and practices".
23. **European Commission** (2021). *New European Bauhaus initiative: Towards more sustainable, inclusive and beautiful living spaces*.

ARCHITECTURAL ENVIRONMENT AS A FACTOR OF COMFORTABLE LIVING BY THE EXAMPLE OF ASTANA CITY

S.I. Chaly 

S.Seifullin Kazakh Agro Technical Research University, 010011, Astana, Kazakhstan

Abstract. *The presented article discusses the problems of the architectural environment of residential buildings in the city of Astana. Currently, the city of Astana is being intensively built up. The construction is based on preferential mortgage lending programs that stimulate the growth of housing construction throughout the country, including in the northern cities of the country. At the same time, problems arise in optimizing the design and shaping the architectural environment, which entails difficulties in the improvement of the city. The current architectural environment of Astana is focused on serving the population primarily traveling by private vehicle. These factors lead to problems with pedestrian movement within the city. When designing the architectural environment, the climatic conditions of Northern Kazakhstan are not sufficiently considered, which leads to problems with the movement of pedestrians. The main emphasis of the organization of the architectural environment is on movement in personal vehicles. A large amount of space in adjacent spaces is allocated to parking spaces. The purpose of the work is to determine the optimal conditions for the formation of the architectural environment of residential formations, in the natural conditions of Northern Kazakhstan, to identify the relationship between climatic conditions and the formation of the architectural environment, as well as to determine the vector of development of architectural formations towards walking and a barrier-free environment. In the process of conducting the research, the following work was carried out: a retrospective analysis of the architectural environment of residential neighborhoods built in the 20th century was carried out, an analysis of the architectural environment of the adjacent spaces of residential complexes built in the 21st century in the city of Astana was carried out. Climatic conditions affecting the architectural environment of residential structures have been identified. Based on an analysis of the architectural environment of the city, recommendations were formulated for the formation of a comfortable architectural environment of residential buildings, considering the climatic conditions of Northern Kazakhstan.*

Keywords: *climatic conditions, architectural environment, factor, residential formations, landscaping, architecture, comfortable conditions.*

***Corresponding author**

Sultan Chaly, e-mail: sultan.chaly@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-06>

Received 07 May 2024; Revised 17 October 2025; Accepted 02 January 2025

АСТАНА ҚАЛАСЫ ҮЛГІСІНДЕГІ СӘУЛЕТТІК ОРТА – ЖАЙЛЫ ӨМІР СҮРУДІҢ ФАКТОРЫ

S.I. Chaly 

Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті, Астана, 010011, Қазақстан

Аңдатпа. Ұсынылған мақалада Астана қаласындағы тұрғын үйлердің сәулеттік ортасының проблемалары талқыланады. Қазіргі таңда Астана қаласы қарқынды түрде салынып жатыр. Құрылыс республика бойынша, оның ішінде елдің солтүстік қалаларында тұрғын үй құрылысының өсуін ынталандыратын жеңілдетілген ипотекалық несиелеу бағдарламаларына негізделген. Сонымен қатар дизайнды оңтайландыру мен сәулеттік ортаны қалыптастыруда мәселелер туындайды, бұл қаланы абаттандыруда қиындықтар туғызады. Астананың қазіргі сәулеттік ортасы негізінен жеке көлікпен жүретін халыққа қызмет көрсетуге бағытталған. Бұл факторлар қала ішінде жаяу жүргіншілер қозғалысын қиындатады. Архитектуралық ортаны жобалау кезінде Солтүстік Қазақстанның климаттық жағдайлары жеткілікті түрде ескерілмейді, бұл жаяу жүргіншілер қозғалысына байланысты мәселерге әкеледі. Сәулеттік ортаны ұйымдастырудың негізгі екіні жеке көліктердегі қозғалысқа арналған. Іргелес кеңістіктердегі үлкен көлемді орын автотұрақтарға бөлінген. Жұмыстың мақсаты Солтүстік Қазақстанның табиғи жағдайында тұрғын үй құрылымдарының сәулеттік ортасын қалыптастырудың оңтайлы шарттарын анықтау, климаттық жағдайлар мен сәулеттік ортаның қалыптасуы арасындағы байланысты анықтау, сонымен қатар сәулет құрылымдарының серуенге және кедергісіз ортаға даму векторы. Зерттеуді жүргізу барысында келесі жұмыстар жүргізілді: 20 ғасырда салынған тұрғын үй кварталдарының сәулеттік ортасына ретроспективті талдау жасалды, 20-шы ғасырда салынған тұрғын үй кешендерінің іргелес кеңістіктерінің сәулеттік ортасына талдау жасалды. 21 ғасыр Астана қаласында жүзеге асырылды. Тұрғын үй құрылыстарының сәулеттік ортасына әсер ететін климаттық жағдайлар анықталды. Қаланың сәулеттік ортасын талдау негізінде Солтүстік Қазақстанның климаттық жағдайларын ескере отырып, тұрғын үйлердің жайлы сәулеттік ортасын қалыптастыру бойынша ұсыныстар тұжырымдалды.

Түйін сөздер: климаттық жағдайлар, архитектуралық орта, фактор, тұрғын формациялар, ландшафттық дизайн, сәулет, қолайлы жағдайлар.

*Автор-корреспондент

Султан Чалы, e-mail: sultan.chaly@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-06>

Алынды 07 мамыр 2024; Қайта қаралды 17 қазан 2025; Қабылданды 02 ақпан 2025

АРХИТЕКТУРНАЯ СРЕДА, КАК ФАКТОР КОМФОРТНОСТИ ПРОЖИВАНИЯ НА ПРИМЕРЕ ГОРОДА АСТАНЫ

S.I. Chaly 

Казахский агротехнический исследовательский университет имени С.Сейфуллина, Астана,
010011, Казахстан

Аннотация. В представленной статье рассматриваются проблемы архитектурной среды жилых образований города Астана. В настоящее время город Астана интенсивно застраивается. В основе строительства лежат льготные ипотечные программы кредитования, стимулирующие рост строительства жилья по всей стране, в том числе и в северных городах страны. При этом возникают проблемы в оптимизации проектирования и формировании архитектурной среды, что влечет за собой трудности в благоустройстве города. Нынешняя архитектурная среда г. Астана ориентирована на обслуживание населения преимущественно, передвигающемся на личном автотранспорте. Данные факторы приводят к проблемам пешеходного передвижения в черте города. При проектировании архитектурной среды климатические условия Северного Казахстана недостаточно учтены, что ведет к проблемам передвижения пешеходов. Основной упор организации архитектурной среды сделан на передвижение в личном автотранспорте. Большое количество площади в придомовых пространствах выделяется на парковочные места. Цель работы – определение оптимальных условий при формировании архитектурной среды жилых образований, в природных условиях Северного Казахстана, выявление взаимосвязи между климатическими условиями и формированием архитектурной среды, а также определение вектора развития архитектурных образований в сторону пешеходного передвижения и безбарьерной среды. В процессе проведения исследования была проведена следующая работа: проведен ретроспективный анализ архитектурной среды жилых микрорайонов, построенных в 20 веке, проведен анализ архитектурной среды придомовых пространств жилых комплексов, построенных в 21 веке на территории города Астана. Выявлены климатические условия, влияющие на архитектурную среду жилых образований. На основе анализа архитектурной среды города, были сформулированы рекомендации для формирования комфортной архитектурной среды жилых образований, с учетом климатических условий Северного Казахстана.

Ключевые слова: климатические условия, архитектурная среда, фактор, жилые образования, озеленение, архитектура, комфортные условия .

*Автор-корреспондент

Султан Чалы, e-mail: sultan.chaly@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-06>

Поступило 07 мая 2024; Пересмотрено 17 октября 2024; Принято 02 января 2025

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ / ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 ВВЕДЕНИЕ

Генеральный план города Астаны развивался и формировался на протяжении 19-21 вв. в дореволюционный период это был небольшой городок, застроенный типовыми для того времени двухэтажными домами. Город развивался по генеральному плану и строго с утвержденным проектом. В советский период город имел преимущественно прямоугольную сетку улиц, сформировавшуюся в годы экономического развития в период первой и второй сталинских пятилеток.

Освоение целинных земель вызвало размах жилищно-бытового строительства и благоустройства в городе. В 1957 году институтом «Казгипросельстрой» был разработан проект планировки и застройки города с расчетным сроком до 1980 года и населением в 160 тысяч человек. По проекту жилая часть города заняла наиболее живописные территории и была ориентирована в сторону реки и парка. В основу планировочной структуры города было заложено стремление к улучшению жилых кварталов, точному определению характерных магистралей, создание городского центра и связей между отдаленными частями города.

Следующим толчком в развитии города был перенос столицы РК. Исследовательская группа японского агентства, по международному сотрудничеству «ЯАМС», в феврале 2000 года начала работу по генеральному плану г. Астана. Возглавил группу «ЯАМС» Кишо Курокава. Было предусмотрено строительство новой столицы на берегу (правого и левого) реки Ишим, протекающий через весь город. Современное направление в развитии генерального плана г. Астана, определено заключением международной экспертной комиссией от 12 сентября 2007 года. Была определена концепция развития генерального плана до 2030 года. При этом были решены градостроительные проблемы 21 века.

На современном этапе для композиции города, характерны разнообразные по масштабу пространства с разной степенью открытости по отношению к окружающей среде, использование контраста и нюанса при формировании архитектурных ансамблей и городской среды в целом.

Однако с течением времени город разделился на две части – старая часть (правобережье) и новая часть (левобережье). В настоящее время активное строительство (в основном жилые массивы) ведется вдоль берегов реки Ишим, а также в правой части города. На правом берегу располагается преимущественно микрорайонная застройка с типовыми домами советского периода, на левом берегу располагаются новейшие жилые комплексы с различными видами застройки.

Микрорайонная застройка представлена крупными образованиями – микрорайонами: «Молодежный», «Восточный» и «Целинный». При их строительстве были учтены все требования СНиПов того времени и на территории располагались: школы, детские сады, комбинаты бытового обслуживания, универмаги, и поликлиники, оборудованные детские и спортивные площадки в шаговой доступности. В настоящее время на территории данных микрорайонов, прослеживается моральное устаревание домов, при этом придомовые пространства в большинстве случаев реконструированы. Добавлены современные малые архитектурные формы и спортивные площадки. Однако в жилых домах проводится только косметический ремонт, что влечет за собой ухудшение уровня жизни граждан, проживающих в правобережной части города. При этом необходимо подчеркнуть отсутствие безбарьерной среды передвижения, что влияет на комфортное нахождение в придомовых и уличных

пространствах города. На **Рисунке 1** запечатлено дворовое пространство на правом берегу города.



Рисунок 1 – дворовое пространство в старом жилом фонде (фото автора)

Жилая застройка левого берега Астаны представлена крупными районами: Есиль и Нура. Застройка города состоит из: квартальной и смешанной планировки. В архитектурной среде нового города прослеживаются множество проблем: масштабность городских улиц и тротуаров не соответствуют комфортной среде проживания человека, самые крупные улицы города – проспект Тауелсиздик и улица Сарайшык имеют по 10 и 8 полос движения, что затрудняет перемещение пешехода вдоль данных оживленных улиц **Рисунок 2**.



Рисунок 2 – улица Сарайшык и проспект Тауелсиздик (фото автора)

Гигантские немасштабные пешеходные пространства, не имеющие озеленения, что плохо влияет на ветровые и газо-шумовые условия. В редких случаях по периметру дорог располагаются хвойные насаждения, которые не справляются с газовым и шумовым загрязнением. Тротуары перед оживленными фасадами зданий усеяны проездами машин и парковочными местами, тем самым мешая комфортным прогулкам пешеходов. Архитектурная среда жилых образований левого берега г. Астана не приспособлена к климатическим условиям Северного Казахстана, большой уклон сделан на развитие парковочных пространств и удобных проездов для автомобилей, пешеходная среда придомовых пространств весьма скудная и не соответствует параметрам климатических условий региона. Экологические нормы и правила игнорируются застройщиками. На **Рисунке 3** показана дворовая архитектурная среда жилого комплекса на левом берегу города.



Рисунок 3 – благоустройство ЖК «Багыстан» на левом берегу города. (фото автора)

Вместо лиственных деревьев, поглощающих пыль и шум, высаживают скудные хвойные насаждения, которые не способны фильтровать воздух и в следствии погибают от загазованности крупных улиц. Так на примере озера Малый Талдыколь, которое было засыпано и осушено для строительства жилых комплексов, можно отметить что первозданный ландшафт не используется в качестве рекреационного пространства, а напротив уничтожается ради коммерческой выгоды.

В процессе проведенного исследования бы проанализирован иностранный опыт городов, расположенных в идентичных резко-континентальных климатических условиях. На пример города Канады, Финляндии, Швеции, США (штат Миннесота). Проектирование архитектурной среды городов в данных регионах ведется с учетом климатических особенностей, а также с поддержкой политики нулевого выброса. Города трансформируются в дружелюбную среду для пешеходов и более нетерпимую к личному автомобильному транспорту. Этому способствует развитие комфортного общественного транспорта, безбарьерной пешеходной среды, а также адаптации пешеходных улиц к суровому климату.

Анализ отечественного и зарубежного опыта, а также анализ литературных источников и натурное исследование, позволили сформулировать ведущую гипотезу – комфортность проживания населения достигается за счет целеобразующего формирования архитектурной среды и учета региональных особенностей.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

На данный момент в мировой литературе накоплен огромный объем знаний и информации в области проектирования комфортной городской среды.

Теоретические аспекты образования архитектурной среды были раскрыты в работах исследователей: Иконников А.В. ([Ikonnikov, 2004](#)), Ефимов А.В. ([Efimov, 1990](#)), Сапрыкина Н.А. ([Saprykina, 2018](#)) и др., анализируют архитектурную среду в различных ее проявлениях.

Иконников А.В. ([Ikonnikov, 2004](#)) рассматривает утопическое мышление в архитектуре и анализировал архитектурную среду с прогностическими тенденциями, связывая ее с новым устройством общества. Каждая утопическая идея была связана с определенным стилем архитектуры, который в свою очередь предлагал новейшие концепции комфорта в архитектурной среде города.

Ефимов А.В. ([Efimov, 1990](#)) в своих трудах изучал влияние света и цвета на организацию архитектурной среды города. Связывая комфорт жителей с психологическим состоянием, который напрямую связан со свето-шумовыми загрязнениями в городской среде. Предложены концепты по организации света и цвета в архитектурной среде.

Юдин А.И. ([Yudin, 2013](#)) в своем труде раскрывает исторические предпосылки развития ландшафтного дизайна, предлагает действенные пути для развития городского ландшафта. Тюльпин В.Ф. ([Tyulpin, 2011](#)) в исследовании раскрывает проблемы урбанизации и экологической системы города. Предложены пути решения экологических катастроф с помощью прогнозирования и использования устойчивых технологий.

По адаптации архитектурной среды к резко-континентальным климатическим условиям Северного Казахстана можно отметить труды ученых: Корниловой А.А., Мамедова С.Э.О., Карабаева Г.А., Хороветской Е.М. Шляхтич Е.В. ([Kornilova et.al,2023](#)) в данной статье затрагиваются проблемы сурового климата Северного Казахстана и адаптации архитектурной среды с помощью возведения пространственных, которые противостоят осадкам, ветровым нагрузкам и чрезмерной солнечной радиации.

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В связи с поставленной целью и выдвинутой гипотезой, в процессе проведения работы по данной теме, применялись различные методы исследования, которые основываются на всестороннем и детальном рассмотрении поставленной проблемы, изучении объектов и их особенностей в многообразии взаимосвязей и относительной самостоятельности.

Методологической основой является комплексное изучение развития архитектурно-планировочной структуры г. Астана. Комплексное изучение основано на таких принципах, как социально-экономическая обусловленность, последовательность исторической взаимосвязи между различными этапами развития генерального плана и архитектурной среды, национальные традиции и поступательное развитие.

Комплексный характер исследования также характеризуется поэтапностью проведения работы: сбор и изучение исторических материалов, натурное исследование (обмеры, зарисовки, фотофиксация, документирование), систематизация и обобщение собранных материалов, проведение историко-теоретического анализа, формирование теоретических положений и выводов.

В работе использовались: системный подход, аналитический метод, метод временного и экспертного прогнозирования, метод архитектурного проектирования, а также методы экономико-математического и абстрактно-логического моделирования.

Все аналитические выводы базируются на сборе архивных и исторических материалов, а также на изучении существующих решений. Архивные исследования проводились в музеях РК.

Методы архитектурного проектирования применялись при формировании и реконструкции архитектурной среды жилых образований г. Астана, с учетом национально-исторических особенностей в соответствии с пожеланиями населения и экономической целесообразностью и с учетом результатов технологического скаутинга. Абстрактно-логические методы и расчетно-вариативные использовались на протяжении всей работы.

Методы исследования базируются на натурных исследованиях города Астана, анализе градостроительной ситуации и отдельных районов города, были изучены микрорайоны старого города, а также новые районы левого берега. В ходе исследования были проанализированы придомовые пространства новых жилых комплексов, а также дворы и парковочные зоны старого города. Была произведена фотофиксация более 20 объектов жилых комплексов и старого жилищного фонда города.

Также были проанализированы документы и сведения о генплане г. Астана Советского периода, была изучена застройка и рекреационные зоны города, которые впоследствии были застроены.

Транспортная ситуация города была детально изучена, а также было проанализировано: более 5 крупных проспектов города Астана в том числе проспект Тауелсиздик и улица Сарайшык. Данные натурного исследования были запечатлены с помощью фотофиксации.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

По итогам проведенного исследования г. Астана и натурного анализа нынешнего состояния архитектурной среды жилых образований, предложены следующие рекомендации по решению выявленных проблем:

1. Развивать архитектурную среду города жилых образований с учетом климатических условий Северного Казахстана, проектировать придомовые и дворовые пространства с учетом высоких и низких температур воздуха с ярко выраженными ветровыми нагрузками.

2. Увеличить процент озеленения в жилых образованиях, используя исключительно лиственные породы деревьев, также располагать зеленые насаждения вдоль крупных проспектов и улиц, тем самым снижая шумовые и выхлопные загрязнения города. В исследовании (Yudin, 2013) анализирована ландшафтная составляющая городов, которая основана на лиственных породах деревьев. Зеленые насаждения активно используются в проектировании городского ландшафта для обеспечения комфорта жителей, что показано в примерах озеленения зарубежных восточных городов.

3. Направить вектор развития архитектурной среды на пешеходную составляющую города и придомовых пространств, развивая пешеходные улицы, велосипедные дорожки и безбарьерную среду для маломобильных граждан города, нужно создать комфортную среду для проживания человека, проектировать дома исключительно с закрытыми дворовыми пространствами, обеспечивая отдых детей и взрослых. Так в научных трудах (Ikonnikov, 2004) были анализированы концепты футуристических городов, в которых обязательным условием является обеспечение стабильного сосуществования в городских условиях всех слоев населения.

4. Архитектурная среда жилых образований должна трансформироваться в полузакрытые пространства с искусственным микроклиматом, который в свою очередь поможет повысить температуру воздуха в холодное время суток и снизить температуру воздуха в жаркое время года. Также предусматривать организацию теплых пешеходных дорожек, которые бы сделали ходьбу зимой более комфортной и безопасной. В научной статье (Kornilova et.al., 2023) присутствуют предпосылки к созданию крытой архитектурной среды с помощью пространственных конструкций, которая поможет смягчить суровые климатические условия Северного Казахстана.

5. Жилую застройку предусматривать более компактной с тем, чтобы микроклимат дворовых пространств не подвергался прямым ветровым потокам. Предусматривая плотную квартальную застройку, которая способствует сохранению тепла в холодное время года, создавать закрытые дворовые пространства с навесами и полузакрытыми куполами для защиты от перегрева, холода и ветрового режима. На Рисунке 3 изображена концепция для проектирования архитектурной среды.



Рисунок 3 – Модель формирования комфортной архитектурной среды (материал автора)

5 ВЫВОДЫ

В процессе исследовательской работы были изучены основные проблемные зоны города в сфере организации архитектурной среды. При помощи натурных исследований, социологического опроса и изучения современной литературы в области организации комфортной архитектурной среды были определены основные вопросы исследования. Предложены пути решения проблем в сфере организации архитектурной среды города.

Разработана модель комфортной архитектурной среды на уровне организации городского пространства. Выявлены оптимальные условия, которые способствуют улучшению благосостояния общества. Использование разработанных концепций на практике поможет добиться успеха в организации городских пространств в местных региональных условиях города Астана.

По результатам проведенных исследований заключен вывод о том, что архитектурная среда города Астана не создана для климатических условий резко-континентального климата. Следует пересмотреть методы проектирования архитектурной среды и сделать уклон в сторону создания комфортных условий для населения.

При этом требуется модернизировать общественный транспорт, сделать его более комфортным и актуальным для использования. Это поможет в разгрузке городских дорог и уменьшении выхлопных газов. Норма площади озеленения городов, установленная Всемирной организацией здравоохранения равняется 50 м² на одного жителя города, тем не менее в г. Астана озеленение на одного жителя составляет 17,9 м² по результатам анализа 2020 года.

Продолжение исследования архитектурной среды города поможет в мельчайших подробностях изучить синергию человека и окружающего его пространства, синтезировать новые направления в области архитектурной среды жилых образований в региональных условиях Северного Казахстана.

Создание комфортной архитектурной среды города в суровых условиях Северного Казахстана в дальнейшей перспективе должно развиваться с помощью современных концептуальных проектов, которые могут быть внедрены в проектные и строительные организации.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Ikonnikov A.V.** (2004). Utopian thinking and architecture [Utopicheskoye myshleniye i arkhitektura] Architecture-S (In Russ.).
2. **Efimov A.V.** (1990). Colors of the city [Koloristika goroda] Stroyizdat (In Russ.).
3. **Saprykina N.A.** (2018). Fundamentals of dynamic shape formation in architecture [Osnovy dinamicheskogo formoobrazovaniya v arkhitekture] Architecture-S (In Russ.).
4. **Yudin A.I.** (2013). Landscape architecture: history, theory, practice. [Landshaftnaya arkhitektura: istoriya. teoriya. praktika.] Architecture-S (In Russ.).
5. **Tyulpin V.F.** (2011). Urban ecology [Gradostroitel'naya ekologiya] Delo (In Russ.).
6. **Kornilova A.A., Mamedov S.E.O., Karabayev G.A., Khorovetskaya, Y.M. Shlyakhtich Y.V.** (2023). Organization of an Architectural Environment Based on Spatial and Constructive Modules in Severely Continental Climate. Civil Engineering and Architecture, 11(2), 733-740. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110215>
7. **White E., Robertson B.** (2005). Architecture of forms, forms, details. [Arkitektura formy. konstruktiv. detali.] AST Astrel (In Russ.).
8. **Ikonnikov A.V.** (1973) General history of architecture. Volume XI. Architecture capitalist countries of the XX century. [Vseobshchaya istoriya arkitektury. Tom XI. Arkitektura kapitalisticheskikh stran XX veka.] Stroyizdat (In Russ.).
9. **Denisov V.V., Gutenev V.V., Kulakova E.S.** (2015.) Ecology of the city. [Ekologiya goroda.] Phoenix (In Russ.).

10. **Kalachev V.V.** (2012) Urban landscape: theory and practice. [Gorodskoy peyzazh: teoriya i praktika.] Eksmo (In Russ.).
11. **Kozlova E.V.** (2012) Architectural image of the city. [Arkhitekturnyy obraz goroda.] Crystal (In Russ.).
12. **Rykova M.M.** (2014) Urban landscape and ecology. [Gorodskoy peyzazh i ekologiya.] Stroyizdat (In Russ.).
13. **Ellard C.** (2016) Habitat: How architecture affects our behavior and well-being [Sreda obitaniya: Kak arkhitektura vliyayet na nashe povedeniye i samochuvstviye] alpina-publishers (In Russ.).
14. **Hollis L.** (2016) Cities are good for you [Goroda vam na polzu] Strelka Press (In Russ.).
15. **Gropius W.** (2017) Circle of total architecture [Krug totalnoy arkhitektury] Ad Marginem Press (In Russ.).

PECULIARITIES OF THE INTRODUCTION OF ADDITIVE TECHNOLOGIES IN THE EDUCATIONAL DESIGN PROGRAMME

K.O. Yun ¹ , L.T. Nurkusheva ^{2*} 

¹International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

²Azerbaijan University of Architecture and Construction, 1148, Baku, Azerbaijan

Abstract. *The introduction of additive technologies into the educational process of design opens up new horizons for improving the training of new specialists after graduation. Technologies such as 3D printing and modeling can significantly expand the opportunities for training young specialists in the field of industrial design. The article discusses the key aspects of integrating additive technologies into design curricula, including technical and methodological approaches. Particular attention is paid to practical classes that help develop students' design thinking, design and prototyping skills. The advantages of additive technologies, such as waste reduction, the ability to create complex geometries and resource savings, are considered. Examples of the successful use of 3D printing in educational institutions, such as the laboratory at KazGASA, are given and real projects made using this technology are demonstrated, which confirms its effectiveness in industrial design, and the benefits associated with their use in the educational environment are analyzed. In conclusion, it is concluded that additive technologies not only enrich the educational process, but also prepare students for the modern requirements of the labor market, where the skills of working with the latest technologies are becoming increasingly in demand. In conclusion, the article highlights the need for further research and integration of additive technologies into educational programs to prepare highly qualified specialists capable of solving problems corresponding to the challenges of the future.*

Keywords: *additive technologies, 3D modeling, 3D printing, practical classes, education, impact on learning.*

***Corresponding author**

Lyazzat Nurkusheva, e-mail: l.nurkusheva2013@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-07>

Received 20 December 2024; Revised 20 January 2025; Accepted 13 March 2025

БІЛІМ БЕРУ ДИЗАЙН БАҒДАРЛАМАСЫНА АДДИТИВТІ ТЕХНОЛОГИЯЛАРДЫ ЕНГІЗУ ЕРЕКШЕЛІКТЕРІ

К.О. Юн¹ , Л.Т. Нуркушева^{2*} 

¹«Даму» кәсіпкерлікті дамыту қоры» АҚ, Алматы, Қазақстан

²Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

Аннотация. Дизайнның білім беру процесіне аддитивті технологияларды енгізу бітіргеннен кейін жаңа мамандарды даярлауды жақсарту үшін жаңа көкжиектер ашады. 3D басып шығару және модельдеу сияқты технологиялар өнеркәсіптік дизайн саласындағы жас мамандарды даярлау мүмкіндіктерін едәуір кеңейтуге мүмкіндік береді. Мақалада техникалық және әдістемелік тәсілдерді қоса алғанда, аддитивті технологияларды дизайнерлік оқу бағдарламаларына біріктірудің негізгі аспектілері қарастырылады. Студенттердің дизайнерлік ойлау, жобалау және прототиптеу дағдыларын дамытуға ықпал ететін практикалық сабақтарға ерекше назар аударылады. Қалдықтарды азайту, күрделі Геометрияларды құру мүмкіндігі және ресурстарды үнемдеу сияқты аддитивті технологиялардың артықшылықтары қарастырылады. ҚазБСҚА жанындағы зертхана сияқты білім беру мекемелерінде 3D-басып шығаруды табысты пайдалану мысалдары келтіріледі және осы технологияны пайдалана отырып орындалған нақты жобалар көрсетіледі, бұл оның өнеркәсіптік дизайндағы тиімділігін растайды, сондай-ақ оларды білім беру ортасында қолдануға байланысты артықшылықтар талданады. Қорытындылай келе, аддитивті технологиялар оқу процесін байытып қана қоймайды, сонымен қатар студенттерді жаңа технологиялармен жұмыс істеу дағдылары барған сайын сұранысқа ие болатын еңбек нарығының заманауи талаптарына дайындайды деген қорытындыға келеді. Қорытындылай келе, мақала болашақтың сын-қатерлеріне сәйкес келетін міндеттерді шеше алатын жоғары білікті мамандарды даярлау үшін қосымша технологияларды одан әрі зерттеу және білім беру бағдарламаларына біріктіру қажеттілігін көрсетеді.

Түйін сөздер: аддитивті технологиялар, 3D модельдеу, 3D басып шығару, практикалық сабақтар, білім беру, оқытуға әсер ету.

*Автор-корреспондент

Ляззат Нуркушева, e-mail: l.nurkusheva2013@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-07>

Алынды 20 желтоқсан 2024; Қайта қаралды 20 қаңтар 2025; Қабылданды 13 наурыз 2025

ОСОБЕННОСТИ ВНЕДРЕНИЯ АДДИТИВНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В ОБРАЗОВАТЕЛЬНУЮ ДИЗАЙН-ПРОГРАММУ

А.А. Корнилова¹ , С.Е. Мамедов^{2*} 

¹ АО «Фонд развития предпринимательства «Даму», Алматы, Казахстан

² Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

Аннотация. Внедрение аддитивных технологий в образовательный процесс дизайна открывает новые горизонты для улучшения подготовки новых специалистов после выпуска. Такие технологии, как 3D-печать и моделирование, позволяют значительно расширить возможности для подготовки молодых специалистов в области промышленного дизайна. В статье рассматриваются ключевые аспекты интеграции аддитивных технологий в учебные программы по дизайну, включая технические и методологические подходы. Особое внимание уделяется практическим занятиям, которые способствуют развитию у студентов навыков дизайн-мышления, проектирования и прототипирования. Рассматриваются преимущества аддитивных технологий, таких как снижение отходов, возможность создания сложных геометрий и экономия ресурсов. Приводятся примеры успешного использования 3D-печати в образовательных учреждениях, таких как лаборатория при КазГАСА, и демонстрируются реальные проекты, выполненные с использованием данной технологии, что подтверждает её эффективность в промышленном дизайне, а также анализируются преимущества, связанные с их применением в образовательной среде. В заключение делается вывод о том, что аддитивные технологии не только обогащают учебный процесс, но и готовят студентов к современным требованиям рынка труда, где навыки работы с новейшими технологиями становятся все более востребованными. В заключении, статья подчеркивает необходимость дальнейшего исследования и интеграции аддитивных технологий в образовательные программы для подготовки высококвалифицированных специалистов, способных решать задачи, соответствующие вызовам будущего.

Ключевые слова: аддитивные технологии, 3D-моделирование, 3D-печать, практические занятия, образование, влияние на обучение.

*Автор-корреспондент

Ляззат Нуркушева, e-mail: l.nurkusheva2013@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-07>

Поступило 20 декабря 2024; Пересмотрено 20 января 2025; Принято 13 марта 2025

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

Modern tasks that appear in the market of consumption and production require more and more technically complex objects in a short time. In order to be in a leading position in the world, it is necessary to introduce new ideas for the world of design and production as quickly as possible. Such needs are caused by reforms in the educational system in the training of specialists for new working conditions and the development of innovative design thinking. One of these emerging technologies is additive manufacturing, which is one of the best solutions for the speedy implementation of new ideas.

Today, additive technologies are often used in various spheres of our life, such as: medicine, construction, outer space, renewable energy sources, in the food industry and others ([Armashova-Telnik et al., 2020](#)). They help in the creation of three-dimensional objects, models, and various prototypes. Its principle of operation is based on the use of layer-by-layer superimposition of material, such as: metal, plastic, ceramics, paper, composites, polymer.

2 LITERATURE REVIEW

Usually, the manufacture of one complex part may require a lengthy technological process that includes many stages. Often, it requires a number of certain equipment, labor costs, time and finances. Thus, additive technologies make it possible to replace not only an entire production line with a single unit, significantly reducing the time for manufacturing complex parts, but also to save resources, especially metal.

M.A. Zlenko, A.A. Popovich and I.N. Mutylna in their work "Additive Technologies in Mechanical Engineering" consider various aspects of the additive technologies application in this industry. They analyze the advantages and disadvantages of these technologies, as well as their impact on production processes and end products. Thus, by describing a simple sequence of additive manufacturing ([Figure 1](#)).

This methodology ensures that students not only grasp theoretical concepts but also acquire practical expertise, making them industry-ready upon graduation. In the work of M.A. Litvinova, there is an emphasis on the use of additive technologies in the learning process. Research is being carried out within the framework of the specialty in engineering graphics, which ultimately confirms the effectiveness of using 3D printers. According to the experiment, these technologies increase motivation to study, improve academic performance and develop artistic and design thinking ([Litvinova, 2023](#)). Similarly, [Vishnevskaya et al. \(2019\)](#) explore the environmental benefits of 3D printing, noting its potential to minimize production waste and support sustainable design practices.

The literature emphasizes the need for structural integration of additive technologies into design curricula. While numerous studies highlight its benefits, there is a research gap regarding optimal learning strategies that would maximize its educational impact.

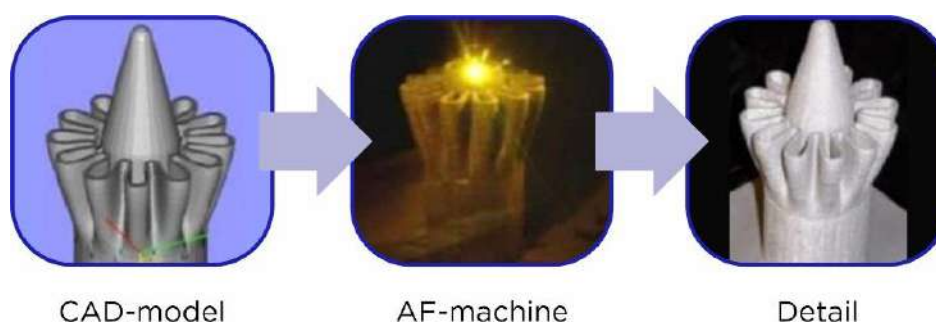


Figure 1 – General diagram of the process of creating a 3D model

The popularization of 3D printers began relatively recently, 17 years ago, after the global financial crisis in 2008. After the economic recovery, entrepreneurs began to actively increase the purchase of 3D machines, thereby reducing the cost of equipment. Because they understood that the future belongs to additive technologies (Makarov, 2018). Thus, over the past decade, 3D printing has begun to be actively implemented in various spheres of life. At present, they are actively used in industrial design. They allow you to create complex and unique projects that contribute to prompt work in design. The integration of such technologies into the educational process in the field of industrial design will contribute to the opening of new opportunities for students and teachers, developing their creative and practical skills. If earlier 3D printers were bulky and expensive machines that were available only to large enterprises, now they have significantly decreased in size and price. Modern printers are able to fit on a desktop, and their cost has become several times cheaper, which has expanded the range of potential users, especially for the education sector.

There are many types of 3D printers that work on different technologies, use different printing methods, and use a variety of materials. The most common type of printer is Fused deposition modeling (FDM) (Figure 2).

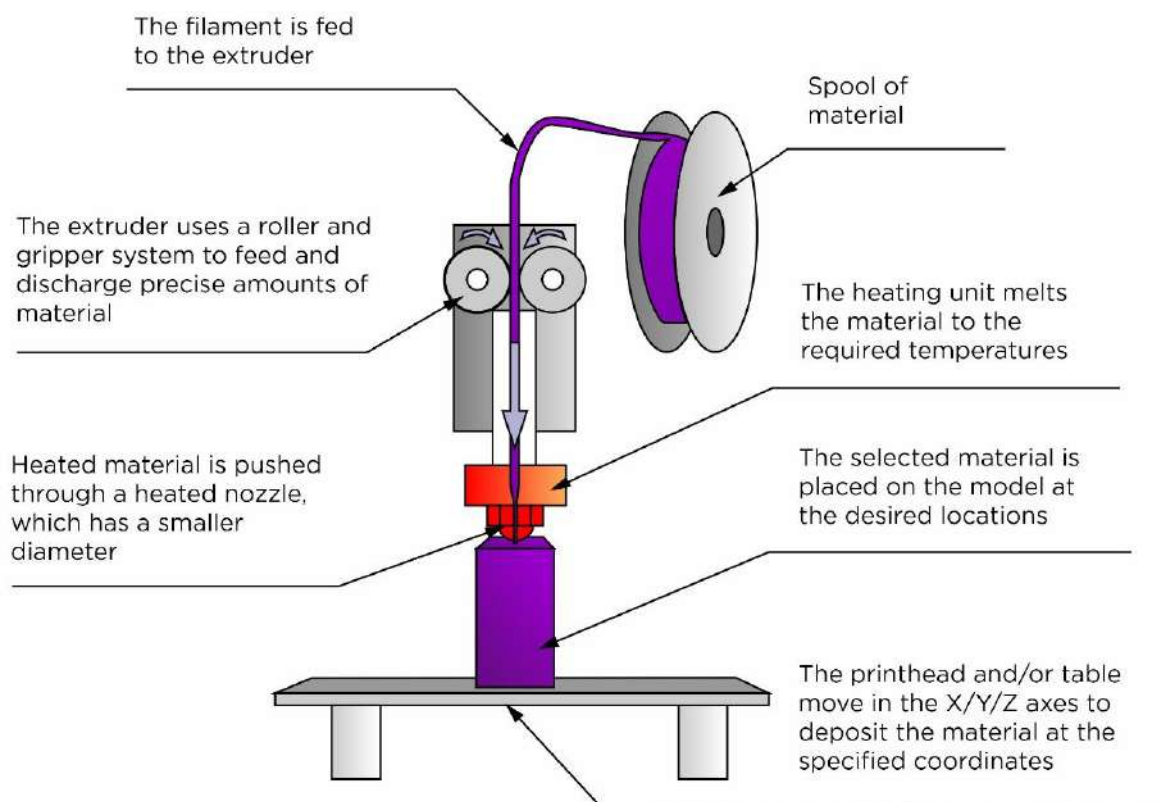


Figure 2 - Fused deposition modeling (FDM) method

The principle of the technology is that when the extrusion nozzle and the plastic filament on the spool are heated, the filament is melted, after which it goes in a given sequential trajectory to the surface of the platform in the form of thin filaments, creating a three-dimensional object (Figure 3) (Yakushev, 2018). The extruder has a 3-axis system that can be moved in the direction of X, Y, Z. When the layer is complete, the platform is lowered down (or, in some printer models, the extruder is lifted up) and a new layer is applied to the already hardened one. This process, based on deposition deposition technology, is repeated until the model is fully printed (FDM technology. How it works, 2019). The layer-by-layer deposition process begins with the creation of a 3D computer model. The software downloads the model in STL format, then analyzes it across all cross-sections and calculates the layer-by-layer

deposition algorithm (Yakushev, 2018).

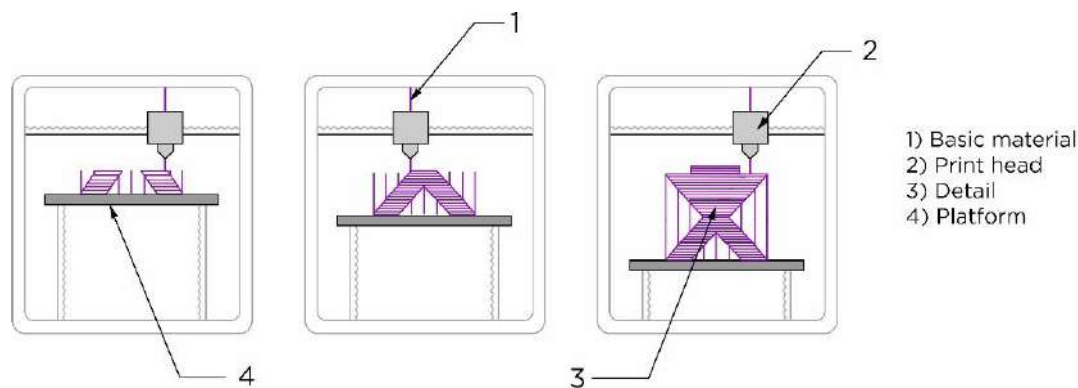


Figure 3 – Diagram of the FDM printing process

Additive technologies have a number of advantages:

- The predominance of digital production over traditional production. Since additive manufacturing minimizes the human factor for errors, allows you to create an innovative and unique product, and has a relatively low cost of finished products. The difference between traditional and additive manufacturing can be seen in the diagram (Figure 4).

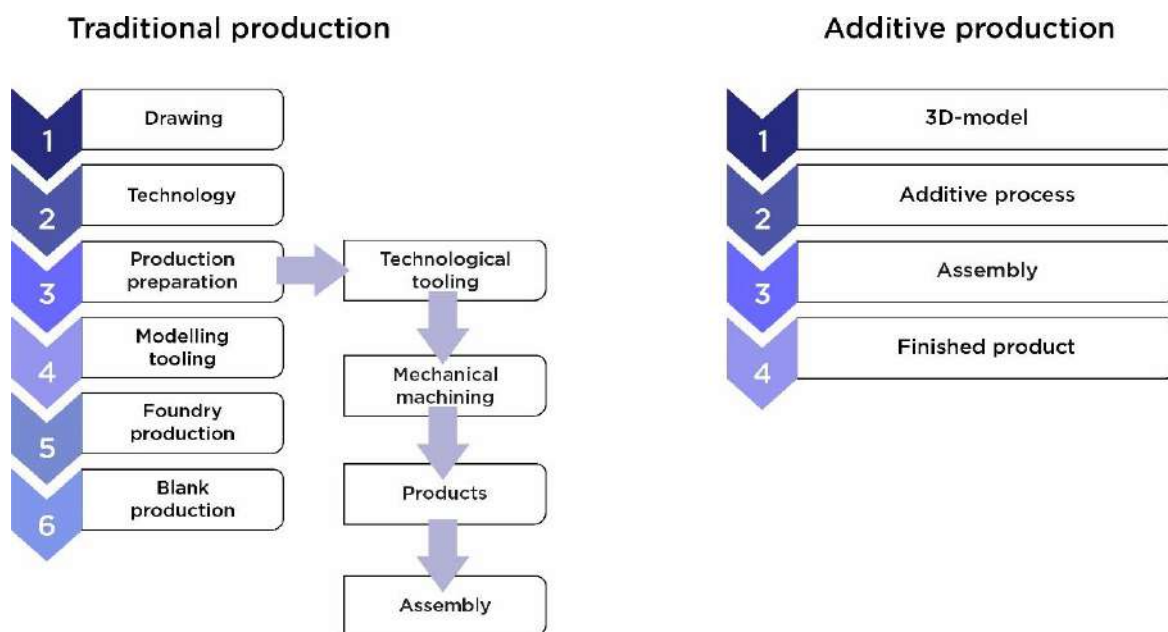


Figure 4 – Schematic difference between traditional and additive design

- Reducing waste. Since the material is added only where it is needed, additive technologies significantly reduce the amount of waste compared to the traditional approach, where excess material is often removed and discarded. For the environmental situation in the world, this point is of great importance. Production processes and their material surpluses have a detrimental effect on all aspects of human life, and the reduction of this waste has a positive effect on nature. Environmental issues contribute to the development of sustainable design, which is implemented not only in all workshops, but also in social and political processes (Vishnevskaya et al., 2018).

- Ability to create complex geometries. Unlike traditional manufacturing methods such as casting or milling, additive manufacturing creates objects by adding material layer by layer. This

allows for the creation of complex geometries that are impossible or difficult to produce by other methods.

- Flexibility in design. Additive manufacturing gives designers and engineers a lot of freedom to create unique and complex designs. This is especially useful in fields such as architecture, medicine, and jewelry.

- Rapid prototyping. Additive technologies allow for rapid prototyping and testing, which speeds up the process of developing and introducing new products. This is especially important in competitive industries where speed to market is critical (Kolesnikov et al., 2017). One of the most successful areas of application of additive technologies is medicine. In particular, it is actively used in the training of neurosurgeons, traumatologists and orthopedists, where it is necessary to hone the skills of manual therapy. The development of 3D technologies allows doctors to reduce the time of surgery, tissue structures, surgical instruments and create high-precision implants suitable for each patient. In neurosurgery, the technology is more often used to treat patients with skull defects and various spinal pathologies. In 2021, I. S. Brattsev and his colleagues studied the results of the treatment of skull defects, which involved 50 patients. They compared the two approaches, dividing the patients into two groups: the first was 3D printing individual mock-ups and the second was traditional modeling. As a result of the treatment, the first group had less time to operate, the implants were more accurate, and the risk of complications was reduced. The active use of these technologies proves their effectiveness and the further development of innovative approaches in medicine (Yarikov et al., 2022).

- Personalization and customization. The ability to create custom products makes additive manufacturing ideal for the production of medical implants, prostheses, and other personalized products. These methods are particularly suitable for optics design, where personalization for the selection of glasses is the main aspect. Compared to traditional eyewear manufacturing, 3D modeling and 3D printing allow the model to be adapted to individual human parameters (width, thickness, weight, position of the frame and nose pads). It also helps to optimize the operation of optical products in production and introduce new capabilities of microelectronics and microoptics (Ivanov, 2023).

- Cost-effectiveness for small batches. For the production of small batches of products, additive technologies can be more cost-effective than traditional methods, since they do not require the creation of expensive molds and tooling (Yuliya, 2022). In recent years, higher education institutions have been experiencing changes in approaches to the evaluation of term papers and theses in the field of industrial design. Traditional design includes manual production of models, which is the basis for the professional training of future specialists. Prototyping is studied from the first lessons and throughout almost all years of study (Knizhnyak & Pilyugin, 2019). However, thanks to the introduction of new technologies, the layouts can be improved, and students will receive a ready-made, or maybe working product, which can be promoted on the market in the future.

A big plus is that students can easily transfer electronic files with 3D models on the university's educational portal and conduct discussions remotely. This technology can be used not only by students, but also by teachers, thereby improving their qualifications and teaching methods (Kolpakova, 2024).

3 MATERIALS AND METHODS

To successfully implement additive technologies in design education, a structured approach to practical learning is needed. The organization of practical classes plays a key role in the integration of additive technologies (Table 1). They allow students to receive not only new theoretical

knowledge, but also to apply it in practice. Such methods make it possible to improve the quality of training and the level of training of specialists.

Modern education is increasingly focusing on practical learning, and this is no coincidence. Theoretical knowledge is the foundation, but it is practical training that turns it into a solid and reliable building, ready to withstand the trials of the real world. Let's figure out why practical classes are not just an addition to the educational process, but its integral and, perhaps, the most important part ([Dresvyannikov et al., 2018](#)).

Table 1

Example of the organization of practical classes

	Stages and content of lessons	Practical task
1	<i>Introduction to 3D Printing</i> Introduction to Design Principles.	-
2	<i>Theoretical foundations.</i> The first classes can be devoted to familiarizing students with the theoretical foundations of 3D modeling and printing. In the introductory lesson, students learn about different types of 3D printers, what programs are best used to work with for prototyping a model, and what materials can be used for printing.	Students must complete several versions of sketches.
3	<i>Design and modeling.</i> At this stage, students learn more about the design process. They learn techniques for creating complex shapes and functional design objects in a variety of object modeling software. Here they will study the construction of three-dimensional models on a PC, work in 3D programs (Blender, 3DsMax, Sketch Up, Shapr, etc.) and visualization of the idea.	In the practical task, the result is the creation of a simple 3D model and the creation of a visualization in the selected program.
4	<i>Preparation for 3D printing.</i> Students learn how to work in special programs and adjust print settings. Choosing the right material for your project.	Self-preparation of the model for printing.
5	<i>Printing process.</i> Students learn to create prototypes of their own projects and test them for compliance with specified requirements.	Monitor the printing process and solve problems.
6	<i>Post-processing of the product.</i> At this stage, having received the finished product, the student proceeds to its post-processing (sanding, painting, etc.).	Testing the object for use in finalizing your layout.
7	<i>Analysis and evaluation.</i> Evaluate print quality and its effectiveness in creating a layout.	Presentation of finished projects and discussion of their application

This methodology ensures that students not only grasp theoretical concepts but also acquire practical expertise, making them industry-ready upon graduation.

First and foremost, students develop their design and prototyping skills. They gain practical experience that allows them to better understand the process of manufacturing products and conduct an analytical analysis of their product.

Development of design and prototyping skills: from an abstract idea to a real product. Theory explains principles, but practice forms the ability to apply them. Practical classes allow students to go through the entire cycle of creating a product - from the idea to the finished prototype. This is not just assembling a model according to the instructions; This is immersion in the design process, taking into account technical limitations, finding optimal solutions, dealing with unforeseen difficulties and, finally, the satisfaction of creating something with your own hands. In the process of work, students master various software tools (3DsMax, SolidWorks, Blender and others, depending on the specialty), learn to work with various materials, analyze the results and make adjustments to the project. This forms critical thinking, the ability to make decisions in conditions of uncertainty and, importantly, develops teamwork skills, especially when implementing group projects ([Zhuykova & Akhmedzyanov, 2019](#)).

Increasing motivation: interest as an engine of progress. Passive perception of information often leads to a decrease in motivation. Practical classes, on the contrary, turn learning into an

exciting process. Students see the results of their work, receive immediate feedback, and feel involved in creating something new. This evokes positive emotions, builds self-confidence and stimulates further study of the subject. The student's interest directly affects the depth of mastering the material, so practical classes contribute not only to the development of skills, but also to a deeper understanding of the theoretical foundations.

Touching upon the issue of improving the effectiveness of learning, we can give an example of the experience of 2nd year students of the Pedagogical Institute of VI GU. As part of the discipline "3D modeling in technical creativity", students performed the task of creating a map-layout "Hero Cities of the Great Patriotic War", studying and applying 3D technologies. During the implementation of this project task, students mastered the skills of 3D graphics, learned how to create three-dimensional models and work in specialized programs for 3D printing (Khrustaleva et al., 2022).

Preparation for real working conditions: a bridge between the university and the professional environment. The modern labor market places high demands on specialists. Knowledge of theory is only part of success. Employers value candidates who have practical experience, are able to work with modern technologies and quickly adapt to new conditions. Practical classes significantly increase the competitiveness of graduates. They learn to work in a team, solve problems in a short time, present the results of their work and interact effectively with managers. This experience is invaluable and greatly facilitates the process of adaptation to a new workplace.

Practical classes are not just an additional activity, but an integral part of quality education, providing not only the development of practical skills, but also an increase in motivation, preparation for real working conditions and, ultimately, a successful career of graduates. Investing in practical training is an investment in the future, an investment in high-class professionals.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The examples of successful use of 3D printing: 3D printing activities are beginning to gain momentum in the educational system. In particular, we can mention the laboratory at KazGASA University, which was opened in 2023 (Figure 5). It contains laser, milling, vacuum machines, 3D-Scanner, FDM 3D printer and other working tools. The lab has been successfully favoured by architecture students and industrial designers.



Figure 5 – Laboratory at KazGASA (academic pedagogical internship, photo by the author)

This workshop is an integral element of the technological support of the process of training designers. In the workshop, students acquire skills of layout modelling and plastic work on surfaces (plastic, metal, wood). The application of modern technologies in practice plays an important role in the professional status of graduates not only in domestic universities, but also abroad. A large room on the basement floor of the university has been allocated for the layout workshop, which can be accessed by pre-arranging a visit with the head of the laboratory, who helps students in realising their ideas for course projects. The University's Layout Workshop assists in organising the university events, exhibitions and project presentations, as well as enhancing the teaching facilities.

Such modern approaches to teaching visually demonstrate to students the phenomena and objects studied, which will help them in the future to work with the production process.

The next example is the work of Aziz Abdulmazhitov, a graduate of the International Education Corporation KazGASA, the founder of the company ART GUILD. This company was founded in 2012, which develops and produces non-standard products from metal, wood, plastic for interiors and public spaces. One of his works is the production of cachepots for Mega centre (**Figure 6**). The main body is made of steel and the white flower-lights are 3D-printed. To be more efficient, the framework of the lights was printed simultaneously on 8 printers, as each flower takes about 15 hours to print. This work clearly demonstrates the effectiveness of 3D technology. It made it possible to eliminate human errors and optimise the production process for the delivery of the object.

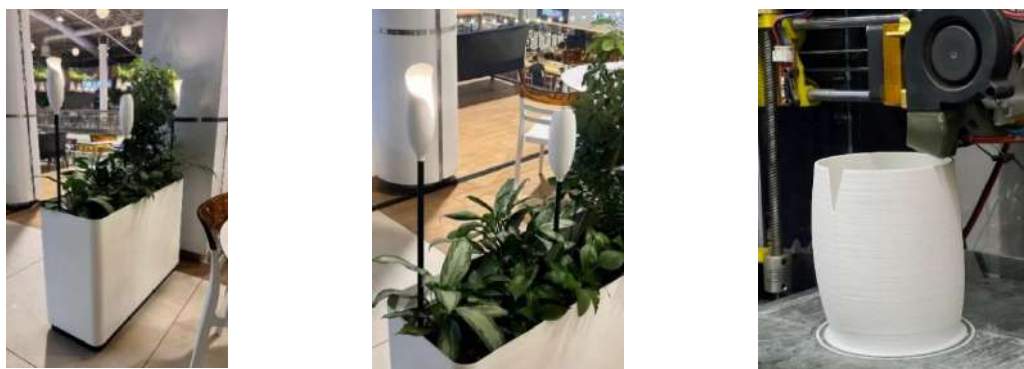


Figure 6 – Part of the project using a 3D printer by ART GUILD founder A. Aziz, a graduate of International Education Corporation KazGASA. Source: <https://goo-gl.com/yzm>

Another striking example is Sofia Mun, a graduate of KazGASA, specialising in Industrial Design. She is one of the best students of the university and an example for many of her fellow students. Her work has always been characterised by quality elaboration of all details and creation of working prototypes and models for coursework. After completing her Master's degree at La Sapienza University of Rome, she started her own production of lighting fixtures under the name 'Lumi Lampa' (**Figure 7**).

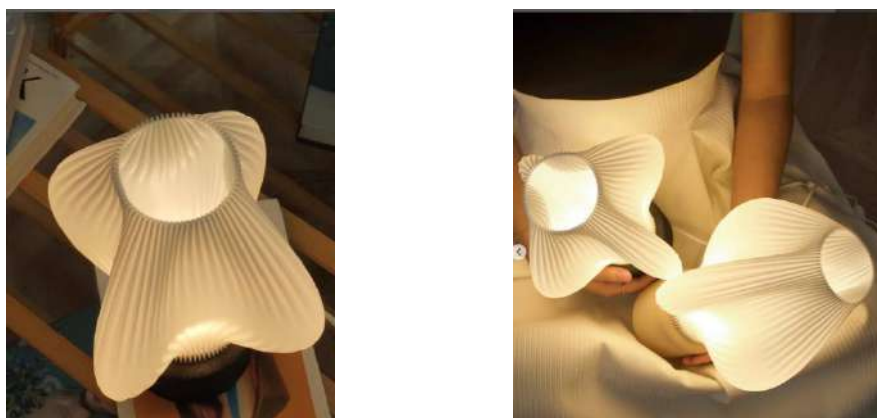


Figure 7 – author-developed lamps “Tulip”; additively created by Sofia Mun, a graduate of the educational program “Industrial Design”, International Education Corporation KazGASA). Source: <http://surl.li/qhktsi>

These successful graduate projects highlight the transformative impact of 3D printing on career development. The integration of 3D printed components in Aziz's projects into large-scale interior design projects and Sofia's application in customized lighting solutions serve as examples of how design students can use these technologies to succeed in entrepreneurship.

5 CONCLUSIONS

During the research, it can be found that the use of 3D technology in the educational process for designers has significant advantages such as: improving the perception of information, stimulating creativity and developing visualisation skills. Also, we have clearly seen how 3D printing is already applied in real production. The increase in innovative tools is directly related to design education. The study of 3D design is especially important for industrial design professionals. Since they create a product directly for people and prototyping is the most important step before production. However, their effectiveness in the educational process is still under investigation and requires continuous research in this matter.

It is becoming obvious that such a rapid pace of additive technologies development inevitably requires their integration into educational programmes in design. By providing students the opportunity to work with modern equipment, the university prepares a new generation of innovators and creators capable of solving complex technology problems (Lipnitsky & Pilgun, 2018).

In general, 3D-technologies can be effectively used in the educational process for designers under certain conditions and recommendations. It is advisable to apply them in the practical part, regardless of the classes, in competitive events and so on. Therefore, the introduction of 3D-technologies into educational programmes contributes to the training of highly qualified specialists ready for the challenges and opportunities of the future.

REFERENCES

1. **Armashova-Telnik G. S., Sokolova P. N., Degterev D. V.** (2020), Additive technologies: innovative effect in industry. Bulletin of Voronezh State University of Engineering Technologies, 4 (82). pp. 348-350. [Additivnye tekhnologii: inovatsionniy effect v promyshlennosti. Izvestiya Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy. Vestnik Voronezhskogo gosudarstvennogo universiteta inzhenernykh tekhnologiy]. <https://doi.org/10.20914/2310-1202-2020-4-347-353> (In Russ.).
2. **Zlenko, M. A., Popovich, A. A., Mutylina, I. N.** (2013). Additive technologies in mechanical engineering. Polytechnic University Publishing, St. Petersburg. 222 p. [Additivnye tekhnologii v mashinostroenii. Izdatel'stvo Politekhnikeskogo Universiteta, Sankt-Peterburg]. (In Russ.).
3. **Litvinova M.A.** (2023). The use of additive technologies in the process of teaching engineering graphics. Journal of Pedagogical Research, 5. pp. 176-180. [Ispolzovanie additivnykh tekhnologii v protsesse obucheniya inzhenernoy grafike. Zhurnal pedagogicheskikh issledovaniy]. <https://doi.org/10.12737/2500-3305-2023-8-5-176-180> (In Russ.).
4. **Makarov, M.** (2018). Industrial 3D printers – expensive toys or realistic means to modernize the engineering industry in Russia. Photonics, 12 (2). pp. 222-238. [Promyshlennyye 3D-printery – dorigie igryshki ili realisticheskie sredstva dlya modernizatsii mashinostroitelnoy otrasli v Rossii. Fotonika]. <https://doi.org/10.22184/1993-7296.2018.70.2.222.238> (In Russ.).
5. **Yakushev, V. V.** (2018). Development of hardware and software for a 3D printing machine [Razrabotka apparatnoy i programmnoy chasti stanka dlya 3D-pechaty]. Retrieved from: <https://inlnk.ru/845gy9> (In Russ.).
6. **FDM technology. How it works.** (2019). [EDM tekhnologiya. Kak eto rabotaet]. Retrieved from: <https://inlnk.ru/agXo3j> (In Russ.).
7. **Vishnevskaya, E. V., Tolyubekova, G. A., Nurkusheva, L. T.** (2019). Global and regional aspects of sustainable design in the frame of innovative technologies. IOP Conference Series: Materials Science and Engineering, 698(3), 033009. <http://dx.doi.org/10.1088/1757-899X/698/3/033009> (In Eng.).
8. **Yarikov A. V., Shpagin M. V., Gorbatov R. O., Sosnin A. G., Perlmutter O. A., Fraerman A. P., Sinegub A. V., Iskrovskii S. V., Stolyarov I. I., Tsybusov S. N., Presnov D. V.** (2022). Application of 3D laser printing methods in neurosurgery. Bulletin of Science and Practice. Vol.

- 8, No. 3. pp. 174-190. [Primenenie lazernykh metodov 3d-pechati v neirokhirurgii. Byulleten' nauki i praktiki]. <https://doi.org/10.33619/2414-2948/76/19> (In Russ.).
9. **Ivanov, A. A.** (2023). Additive technologies and 3d modeling. How the development of additive technologies will change optics design. International Journal of Humanities and Natural Sciences. 12-1 (87). pp. 22-27. [Additivnye tekhnologii i 3D-modelirovanie. Kak razvitie additivnykh tekhnologii izmenit dizayn optiki. Mezhdunarodnyy zhurnal gumanitarnykh i estestvennykh nauk]. <https://doi.org/10.24412/2500-1000-2023-12-1-25-27> (In Russ.).
10. **Yuliya, T.** (2022). Additive technologies and their possibilities [Additivnye tekhnologii i ikh vozmozhnosti]. Retrieved from: <https://676.su/Ct2H>.
11. **Khizhnyak, E. A., Pilyugin, R. V.** (2019). Additive technologies in professional training of designers. Problems of modern pedagogical education, 62-2. pp. 363-367. [Additivnye tekhnologii v professionalnoy podgotovke dizaynerov. Problemy sovremennogo pedagogicheskogo obrazovaniya].
12. **Kolpakova T. Yu.** (2024). The use of additive technologies in students' project activities in studying biology. Modern problems of science and education, 5. [Ispolzovanie vozmozhnostei additivnykh tekhnologii v proektnoi deyatel'nosti studentov pri izuchenii biologii. Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya]. <https://doi.org/10.17513/spno.33687> (In Russ.).
13. **Khrustaleva, N. V., Loginov, A. N., Loginova, D. N.** (2022). Application of Additive Technologies in the Project Activities of Pedagogical University Students. Pedagogy. Theory and Practice Issues, Vol. 7, Issue 8. pp. 871–877. [Primenenie additivnykh tekhnologii v proektnoy deyatel'nosti studentov pedagogicheskikh vuzov. Pedagogika. Voprosy teorii i praktiki]. <https://doi.org/10.30853/ped20220133> (In Eng.).
14. **Dresvyannikov, V. A., Strakhov, E. P., Dorofeev, V. D.** (2018). Structurisation of directions of additive technologies development directions. The concept of approach to creation the integrated environment of additive technologies development on the basis of the university. University proceedings. Volga regiono. Social Sciences. 2 (46). pp. 164-174. [Strukturizatsia napravleniy napravleniy osvoeniya additivnykh tekhnologiy. Kontseptsiya podkhoda k sozdaniyu integrirovannoy sredy osvoeniya additivnykh tekhnologiy na baze universiteta. Izvestiya vysshikh obrazovatelnykh uchrezhdeniy. Povolzhsky region. Obshchestvenniye nauki]. <https://doi.org/10.21685/2072-3016-2019-1-17> (In Russ.).
15. **Lipnitsky, L. A., Pilgun, T. V.** (2018). Additive technologies and their prospects in the educational process. Systems analysis and applied computer science, 3. pp. 76-82. [Additivnye tekhnologii i ikh perspektivy v obrazovatel'nom protsesse. Sistemniy analiz I prikladnaya informatika].
16. **Zhuykova O. V., Akhmedzyanov E. R.** (2019). Additive technologies as a means of improving the efficiency of educational process for architecture and construction students. Bulletin of South Ural State University. Series "Construction and Architecture", 19 (3). pp. 55–60. [Additivnye tekhnologii kak sredstvo povysheniya effektivnosti obrazovatel'nogo protsessa dlya studentov arkhitektury i stroitel'stva. Vestnik YuUrGU. Seriya "Stroitel'stvo i arkhitektura"]. <https://doi.org/10.14529/build190308> (In Russ.).
17. **Kolesnikov L. A., Manzhula G. P., Sheleg V. K., Yakimovich A. M.** (2013). State and prospects of development of rapid prototyping technologies in industry. Science and technology, 5. pp. 3-9. [Sostoyanie i perspektivy razvitiya tekhnologiy bystrogo prototipirovaniya v promyshlennosti. Nauka i tekhnologiya].

DESIGN OF A SLAB FOUNDATION WITH VERTICALLY REINFORCING ELEMENTS

K.T. Alenov¹ , E.T. Bessimbayev² , A.S. Shadkam² , S.E. Niyetbay^{2,3,*} 

¹Korkyt Ata Kyzylorda University, 120000, Kyzylorda, Kazakhstan

²Satbayev University, 050013, Almaty, Kazakhstan

³International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *This article addresses the construction of high-rise buildings on loess collapsible soils stabilized with reinforcing elements. The primary objective of this study is the scientific and methodological justification of the effectiveness of reinforcing the base of a slab foundation for a multi-story building with vertical elements. The novelty of this research lies in the enhancement of the subgrade reaction coefficient through the design of the reinforcement grid parameters and the reinforcement length within the soil mass to ensure load-bearing capacity and reduce the settlement of the slab foundation. The design methodology is based on the requirements of Eurocode 7. Numerical simulations were performed using the finite element method (FEM) in the PLAXIS 3 software, employing the Hardening Soil model to simulate soil strengthening. As a result of increasing the subgrade reaction coefficient by incorporating rigid vertical reinforcing elements, the load-bearing capacity of the foundation was doubled. The findings substantiate the efficiency and reliability of the vertical reinforcement method for creating artificial foundations, significantly reducing both construction time and costs.*

Keywords: *slab foundation, vertical reinforcement, loess collapsible soils, finite element method (FEM), PLAXIS 3, subgrade reaction coefficient, Eurocode 7*

***Corresponding author**

Sayat Niyetbay, e-mail: sayat_90@inbox.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-08>

Received 06 October 2024; Revised 17 November 2025; Accepted 25 January 2025

ТІК КҮРДЕЛІ ЭЛЕМЕНТТЕРМЕН КҮШЕЙТІЛГЕН ПЛИТАЛЫ НЕГІЗДІ ЖОСПАРЛАУ

К.Т. Аленов¹ , Е.Т.Бесимбаев²  А.С.Шадкам²  С.Е. Ниегбай^{2,3*} 

¹Қорқыт Ата Қызылорда университеті, 120000, Қызылорда, Қазақстан

²Сәтпаев университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

³Халықаралық білім беру корпорациясы, 050028, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Бұл мақала арматуралық элементтермен бекітілген лессалық шөгінді топырақтарда биік ғимараттарды салу мәселесін қарастырады. Зерттеудің басты мақсаты – тік элементтерді пайдалана отырып, көпқабатты ғимараттардың плиталы іргетасының негізін күшейтудің ғылыми-әдістемелік негіздемесін жасау. Жұмыстың жаңалығы арматуралық тор параметрлерін және топырақ массасындағы арматуралық элементтердің ұзындығын жобалау арқылы негіздің серпімділік коэффициентін арттыруда жатыр. Бұл әдіс іргетастың жүк көтеру қабілетін қамтамасыз етіп, оның шөгуін азайтуға бағытталған. Жобалау әдістемесі Eurocode 7 талаптарына негізделген. PLAXIS 3 бағдарламалық жасақтамасында ақырлы элементтер әдісі (FEM) қолданылып, Hardening Soil моделі бойынша топырақты нығайту процесі модельденді. Тік қатты арматуралық элементтерді енгізу арқылы іргетастың жүк көтеру қабілеті екі есеге артты. Алынған нәтижелер жасанды негіздерді жасау үшін тік арматуралау әдісінің тиімділігі мен сенімділігін дәлелдейді, сонымен қатар құрылыс уақыты мен шығындарын едәуір азайтады.

Түйін сөздер: плиталы іргетас, тік арматуралау, лессалық шөгінді топырақтар, ақырлы элементтер әдісі (FEM), PLAXIS 3, негіздің серпімділік коэффициенті, Eurocode 7.

*Автор-корреспондент

Саят Ниегбай, e-mail: sayat_90@inbox.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-08>

Алынды 06 қазан 2024; Қайта қаралды 17 қараша 2025; Қабылданды 25 қаңтар 2025

УДК 699.841
МРНТИ 67.11.03
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛИТНОГО ФУНДАМЕНТА С ВЕРТИКАЛЬНО АРМИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

К.Т. Аленов¹ , Е.Т.Бесимбаев²  А.С.Шадкам²  С.Е. Ниетбай^{2,3*} 

¹Кызылординский университет имени Коркыт Ата, 120000, Кызылорда, Казахстан

²Университет Сатпаева, 050013, Алматы, Казахстан

³Международная образовательная корпорация, 050028, Алматы, Казахстан

Аннотация. В данной статье рассматривается строительство высотных зданий на лессовых просадочных грунтах, укрепленных арматурными элементами. Основной целью исследования является научное и методологическое обоснование эффективности армирования основания плитного фундамента многоэтажного здания вертикальными элементами. Новизна работы заключается в повышении коэффициента постели за счет проектирования параметров арматурной сетки и длины армирования в массиве грунта, что способствует увеличению несущей способности и снижению осадки плитного фундамента. Методика проектирования основана на требованиях Eurocode 7. Численные расчеты выполнены методом конечных элементов (FEM) в программе PLAXIS 3, используя модель упрочняющегося грунта (Hardening Soil). В результате увеличения коэффициента постели путем включения жестких вертикальных арматурных элементов несущая способность фундамента возросла в два раза. Полученные результаты подтверждают эффективность и надежность метода вертикального армирования при создании искусственных оснований, что значительно сокращает время строительства и затраты.

Ключевые слова: плитный фундамент, вертикальное армирование, лессовые просадочные грунты, метод конечных элементов (FEM), PLAXIS 3, коэффициент постели, Eurocode 7.

*Автор-корреспондент

Саят Ниетбай, e-mail: sayat_90@inbox.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-08>

Поступило 06 октября 2024; Пересмотрено 17 ноября 2025; Принято 25 января 2025

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

The study was conducted by the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan through private sources of research funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігі Ғылым Зерттеу жеке қаржыландыру көздері есебінен жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ / ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось Министерством науки и высшего образования Республики Казахстан за счет частных источников финансирования научных исследований.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

The In civil engineering, an increasing number of high-rise buildings are being constructed on previously undesirable sites, such as loess collapsible soils and reclaimed land. The construction of such structures poses complex geotechnical challenges related to the stress-strain state of superstructures interacting with the soil foundation. One of the alternative solutions for constructing high-rise buildings on loess collapsible soils is the vertical reinforcement of the foundation soil (Usmanov, 2014), which aims to enhance load-bearing capacity and reduce foundation settlement (Popov, 2015).

The regulatory document NTP RK 07-01.3-2011 on the design and implementation of foundation reinforcement with vertical reinforcing elements, adapted to Eurocodes (SP RK EN 1997-2:2007), recommends the use of vertically deployed reinforcing elements to improve the engineering properties of foundation soils (NTP RK 07-01.3-2011). An important advantage of improving the physical and mechanical characteristics of the foundation soil with reinforcing elements is the increase in compressive and tensile stresses within the foundation or geomass. Such reinforced soil can withstand differential deformations of buildings and structures under complex geotechnical conditions. Additionally, this method reduces the labor intensity associated with soil compaction or replacement, enhances structural safety, and shortens construction timelines (Simões, 2020).

A distinctive feature of vertical bar reinforcement, compared to conventional pile foundations, is the load transfer mechanism: loads from the superstructure are transmitted through the soil cushion onto the vertical reinforcement elements and the surrounding soil via frictional forces. In this case, the performance of the reinforcing element within the soil is ensured through lateral confinement and frictional resistance. The reinforcement element absorbs the load through its upper part at the contact surface with the soil or foundation and transfers it to the underlying layers via its lower section and lateral friction forces.

Experimental and theoretical studies have demonstrated that the stress-strain state of a slab foundation reinforced with vertical elements depends on the adopted soil model (Marinichev, 2016), the structural configuration of the reinforced foundation (Makovetsky, 2021), and various other influencing factors.

2 LITERATURE REVIEW

Computational and experimental studies on geotechnical structures are commonly conducted using two well-established elastoplastic models: the Mohr-Coulomb model (Popov, 2015) and the Hardening Soil model (Semet, 2023). Numerical simulations using PLAXIS have allowed for a comparative assessment of these models, guiding design objectives and recommendations (Arjun, 2017). The Hardening Soil model is preferred for analyzing the stress-strain state of geotechnical structures under construction (Lina, 2018), while the Mohr-Coulomb model is typically used for evaluating ultimate stress states (Amjad, 2019).

Modern software packages enable the consideration of nonlinear soil properties when solving geotechnical problems (Golubev, 2010). Advanced computational tools such as MIDAS GTX, Plaxis 3D, and others facilitate comprehensive analysis of slab foundations in complex geological conditions (Samorodov, 2016). These tools not only account for foundation deformations but also assess the overall stress-strain behavior of the entire structural system supported by the slab foundation. Additionally (Gilemhanov, 2016.), they provide solutions for spatial interaction between superstructures and three-dimensional soil mass models (Botalov, 2019).

Despite the availability of regulatory guidelines for designing reinforced foundations, numerous challenges persist in engineering practice. These include accounting for soil heterogeneity over time, determining the stress-strain state of reinforcing elements and the spaces between them, optimizing the quantity and dimensions of reinforcing elements, assessing their optimal placement, predicting load-bearing capacity and deformability, and selecting cost-effective (Ter-Martirosyan, 2010), reliable, and environmentally sustainable construction methods (Mirsayapov, 2005).

The objective of this study is to provide a scientific and methodological justification for the effectiveness of reinforcing slab foundation bases of high-rise buildings with vertical elements, using a real-world construction project as a case study.

3 MATERIALS AND METHODS

The reinforced geomass as a whole represents a composite system, which is characterized by the equivalent properties of the geomass—namely, the deformation modulus (E_2) and the design resistance (R_2). In this model, the load from the building is redistributed across the entire stabilized soil mass, thereby preventing the formation of localized stress concentration zones.

A key advantage of this method lies in the fact that the engineer essentially designs the foundation, creating the required physical and mechanical properties tailored to address specific practical challenges.

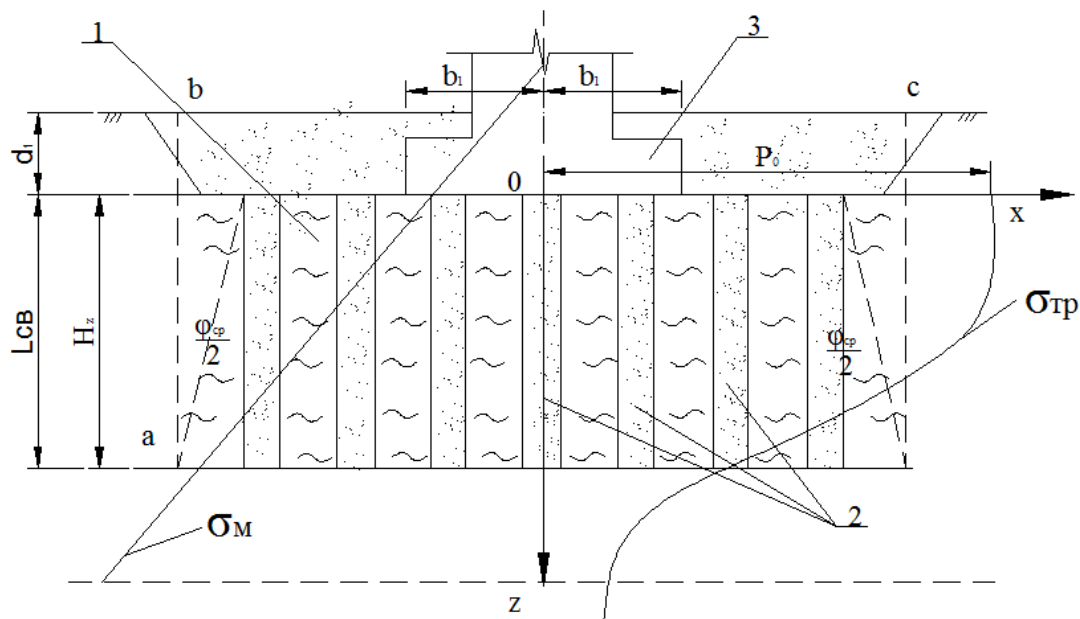


Figure 1 – Diagram for the calculation of a foundation reinforced with vertical elements.

Design standards recommend considering the reinforced foundation as a transversely isotropic medium and performing calculations based on ultimate limit states, including both critical failure conditions and serviceability criteria. In this approach, foundation calculations are conducted by assessing whether the ultimate state is reached due to failure or excessive deformations (GEO) under the given conditions.

$$\alpha R_2 + (1 - \alpha) R_1 \geq P \quad (1)$$

$$S_{ap} \geq S_u \quad (2)$$

where

$\alpha = V_{ar}/V_{gr}$ — coefficient characterizing the proportion of reinforcing elements within the volume of the stabilized soil (V_{ar} — volume of reinforcing elements, V_{gr} — volume of soil);

R_1 — design resistance of the unreinforced soil beneath the foundation base, kPa;

R_2 — design resistance of the reinforcing material, assuming the replacement of natural soil with reinforcement, kPa;

P — average pressure beneath the foundation base, kPa;

S_{ar} — settlement of the reinforced foundation section;

S_u — ultimate allowable deformation of the foundation-structure system.

The settlement of the reinforced foundation section (S_{ar}) is calculated using the layered summation method according to the following formula:

$$S_{ap} = \sum_{i=1}^n \frac{\sigma_{zp,i} h_i}{E_3} \quad (3)$$

where

h_i — calculated thickness of the i -th soil layer within the compression zone of the reinforced foundation, determined by the condition $0.2i h = b$ (b — foundation width), m;

n — number of layers into which the compressible thickness of the reinforced soil is divided;

$\sigma_{zp,i}$ — average additional vertical stress in the i -th reinforced layer, equal to the arithmetic mean of the stresses at the upper (Z_{i-1}) and lower (Z_i) boundaries of the layer along the vertical axis passing through the center of the foundation base, kPa;

E_3 — deformation modulus of the reinforced soil in the direction perpendicular to the soil surface, kPa.

The deformation characteristics (E , E_3) should be determined experimentally, and in the absence of test data, they can be estimated using approximate formulas:

$$N_d / n = F_d / \gamma_d \quad (4)$$

where

N_d — design load, kN;

n — number of reinforcing elements (vertical reinforcing elements);

γ_d — safety factor for soil;

F_d — load-bearing capacity of the reinforcing elements (vertical reinforcing elements) based on soil (material), kN.

3.1 PROBLEM STATEMENT

The analysis considers the interaction between the foundation, the slab, and the superstructure under the assumption that the building and the foundation undergo identical displacements only in the vertical direction. The slab thickness is considered constant, and friction forces between the slab and the foundation are neglected. The soil foundation beneath the slab is characterized by a stiffness coefficient.

When designing a reinforced foundation, it is necessary to determine the required length of the reinforcing elements to ensure the load-bearing capacity of the deformable geomass. Another important aspect is defining the optimal spacing between reinforcing elements to minimize slab foundation deformations, as well as assessing the influence of the reinforcement percentage on the foundation stiffness coefficient.

Engineering practice suggests that a gravel cushion (buffer layer) with a thickness of 50 cm, compacted in layers, is commonly used to ensure an even distribution of loads on the reinforced soil foundation. The installation of vertically reinforcing elements is recommended using the borehole rolling technology, as it is considered a more efficient and practical method for improving foundation stability.

The settlement calculation of the reinforced foundation is performed using the PLAXIS 2D software package, which is based on the finite element method and employs the traditional Mohr-Coulomb soil model.

As the computational model, a nine-story residential building with a monolithic structure is used. The building has a rectangular shape in plan with overall dimensions of 29.6 m × 16.4 m, as shown in Figure 2.

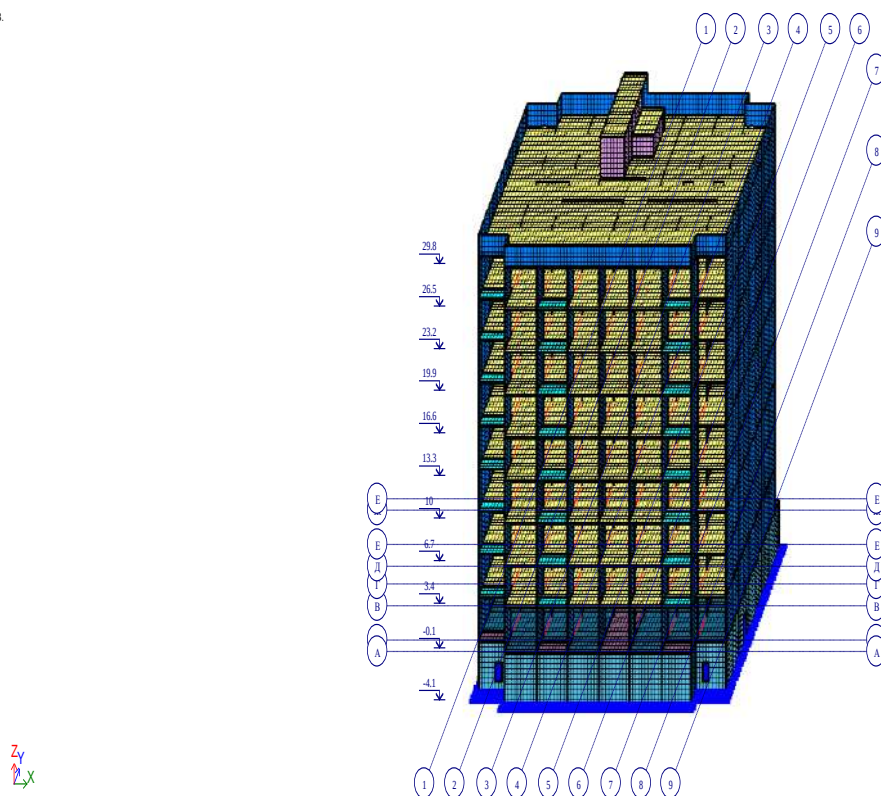


Figure 2 – Structural Scheme of the Residential Building.

The foundation is a monolithic slab with a thickness of 80 cm, resting on a 50 cm thick gravel cushion.

The primary output parameters of the calculation, based on the finite element method, include displacements and internal forces at the nodal points of the foundation and the slab foundation.

The soil characteristics according to engineering-geological elements (EGE) are presented in table 1.

Table 1

Physical and Mechanical Properties of Soils

Soil Type	Main Soil Characteristics	Additional Parameters for the HSS Model
EGE-1 Silty sandy loam, gray, with plant remains and sand interlayers, fluid consistency	$\gamma = 18.8 \text{ kN/m}^3$, $\nu = 0.35$, $c = 7 \text{ kPa}$, $\phi = 21^\circ$, $E = 5400 \text{ kPa}$	$E_{50} = 5400 \text{ kPa}$, $E_{oed} = 5400 \text{ kPa}$, $E_{ur} = 16200 \text{ kPa}$, $K_{0K_0K0} = 0.642$
EGE-2 Silty clay loam, gray, faintly layered, with plant remains, fluid consistency	$\gamma = 18.9 \text{ kN/m}^3$, $\nu = 0.35$, $c = 4 \text{ kPa}$, $\phi = 17^\circ$, $E = 5000 \text{ kPa}$	$E_{50} = 5000 \text{ kPa}$, $E_{oed} = 5000 \text{ kPa}$, $E_{ur} = 15000 \text{ kPa}$, $K_{0K_0K0} = 0.708$
EGE-3 Silty sandy loam, gray, with gravel, pebbles, and clay loam interlayers, plastic consistency	$\gamma = 21.4 \text{ kN/m}^3$, $\nu = 0.35$, $c = 20 \text{ kPa}$, $\phi = 21^\circ$, $E = 12000 \text{ kPa}$	$E_{50} = 12000 \text{ kPa}$, $E_{oed} = 12000 \text{ kPa}$, $E_{ur} = 36000 \text{ kPa}$, $K_{0K_0K0} = 0.642$
EGE-4 Silty sandy loam, gray, with gravel, boulders, and clay loam interlayers, stiff consistency	$\gamma = 21.8 \text{ kN/m}^3$, $\nu = 0.35$, $c = 21 \text{ kPa}$, $\phi = 30^\circ$, $E = 16000 \text{ kPa}$	$E_{50} = 16000 \text{ kPa}$, $E_{oed} = 16000 \text{ kPa}$, $E_{ur} = 48000 \text{ kPa}$, $K_{0K_0K0} = 0.5$

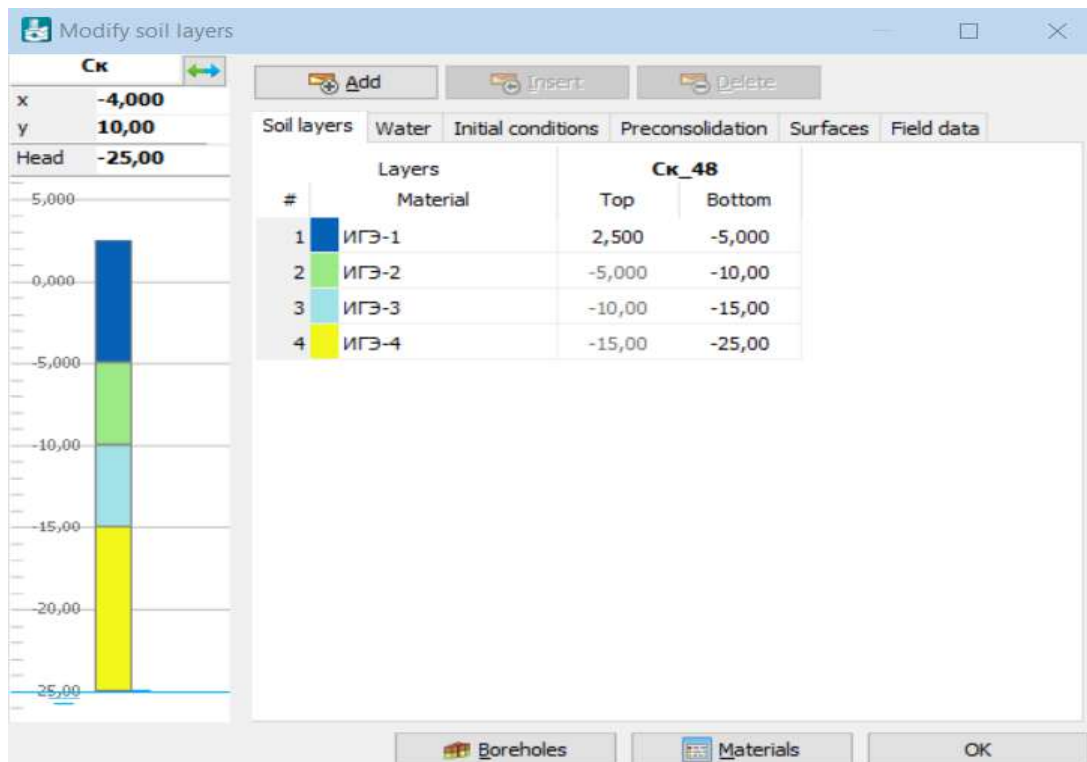


Figure 3 – Geological model in PLAXIS software.

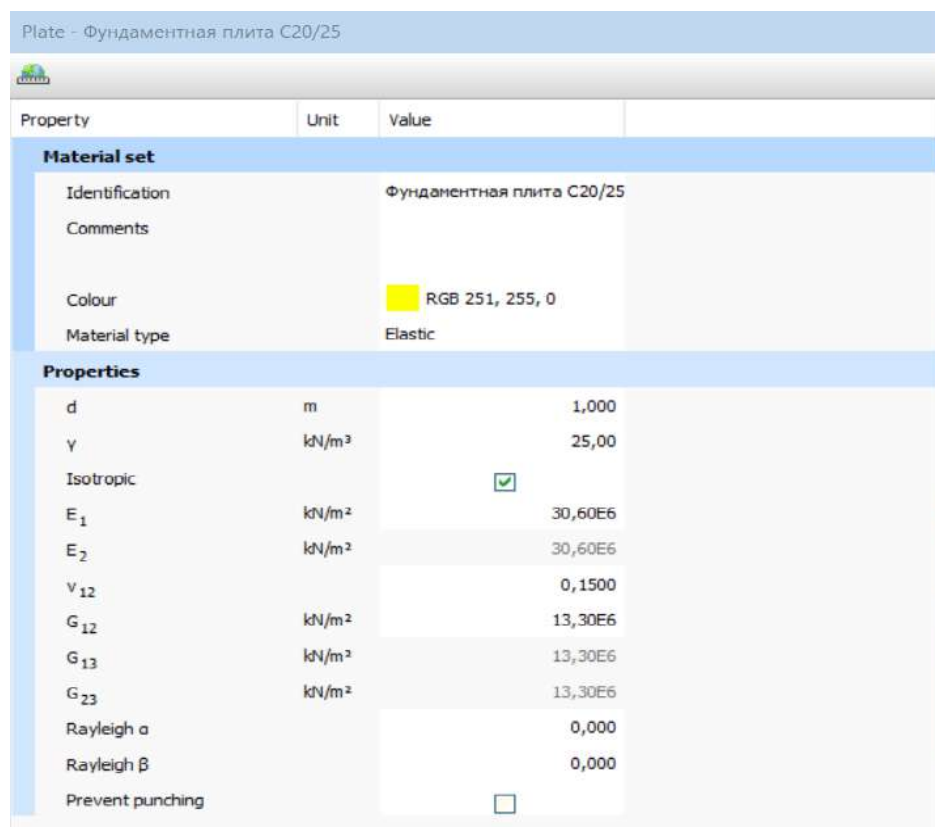


Figure 4 – Foundation slab with a thickness of 1.0 m (Concrete B25).

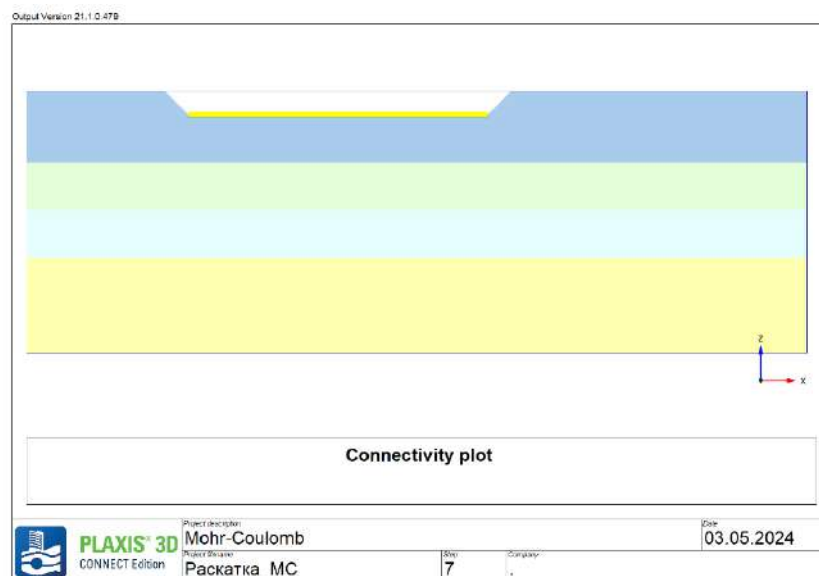


Figure 5 – Foundation cross-section.

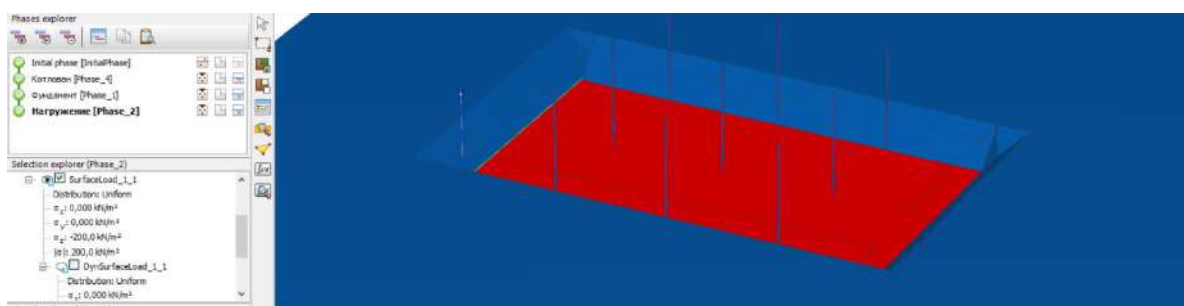


Figure 6 – Average pressure of 20.0 t/m².

4 RESULTS AND DISCUSSION

During the step-by-step loading process of the foundation with the weight of the foundation slab and the superstructure, the deformation pattern of the geomass was obtained (Fig. 7) along with the settlement diagram (Fig. 8), indicating a settlement of 97.8 mm.

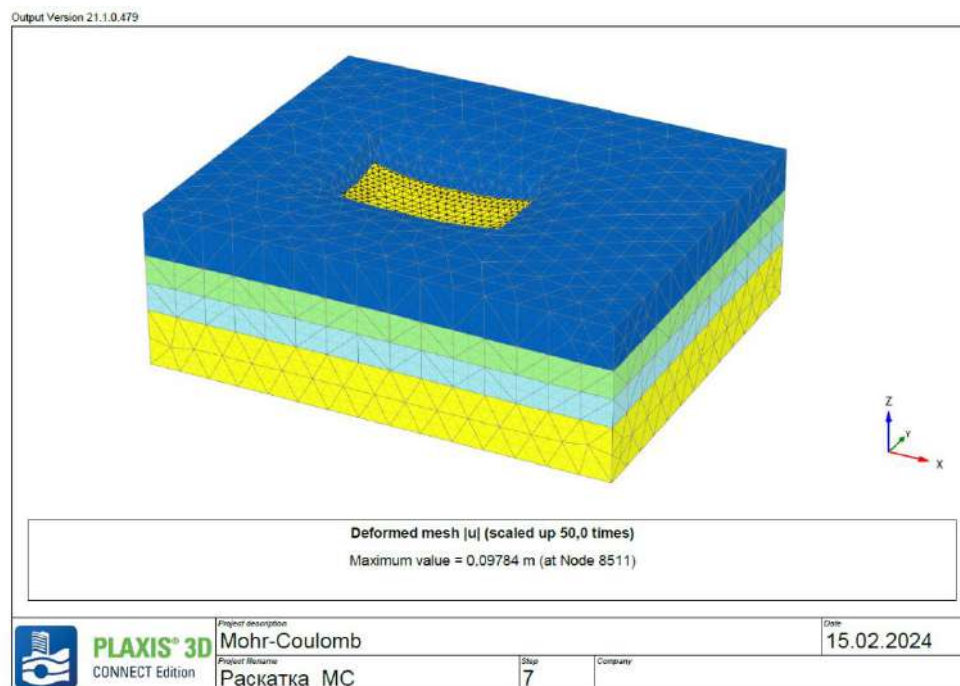


Figure 7 – Deformation pattern (Mohr-Coulomb model).

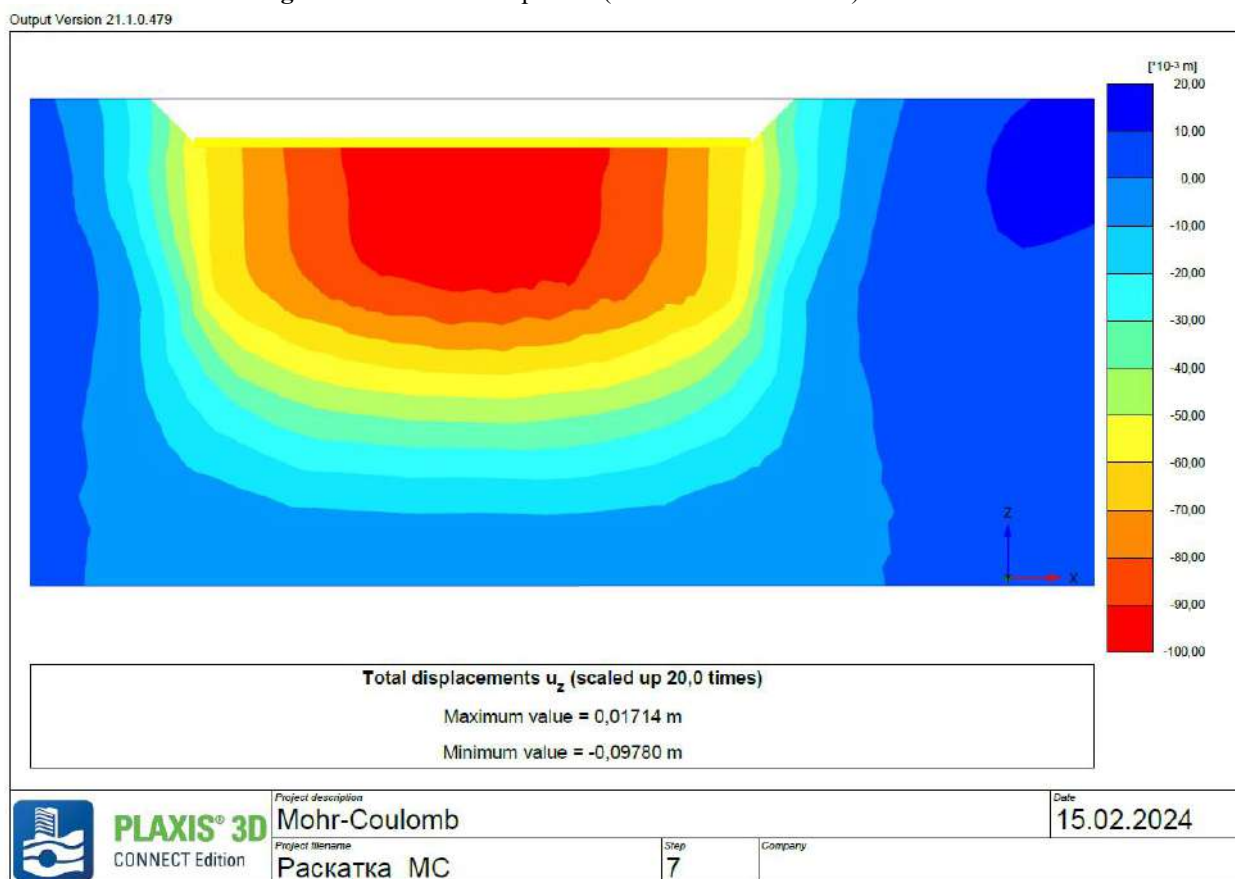


Figure 8 – Settlement according to the Mohr-Coulomb model without foundation reinforcement (max 97.7 mm).

In this case, the subgrade reaction coefficient (sometimes denoted as C), determined using Equation (1), is 205 t/m^3 .

$$K = P/s, \quad (5)$$

where:

P — pressure applied to the soil surface;

s — settlement at the point of pressure application;

K — subgrade reaction coefficient (sometimes denoted as C).

The foundation settlement results under the applied load, as shown in Fig. 7, indicate that the deformation of the foundation slab is at the limit of allowable values (65–100 mm). In design practice, an increase in the subgrade reaction coefficient is considered in such cases by utilizing the characteristics of a reinforced geomass, strengthened with Deep Soil Mixing (DSM) concrete reinforcing elements made of B12.5 concrete.

The preliminary spacing of the reinforcing elements is assigned within a range of 7 to 11d, where d is the diameter of the reinforcing element. This spacing is determined based on the deformation modulus of the surrounding soil or the requirement for ensuring the composite behavior of the reinforced soil mass, as well as achieving the necessary load-bearing capacity of the compacted foundation.

In this case, the spacing between the centers of the boreholes is determined using the following formula:

$$i_{ck} = 0,95d \sqrt{\frac{\rho_{dc}}{(\rho_{dc} - \rho_d)}} \quad (6)$$

where:

ρ_d — dry density of the natural soil, t/m^3 ;

ρ_{ds} — average dry density of the compacted soil mass, t/m^3 .

During the borehole drilling process using a rolling compactor, the soil surrounding the borehole is compacted to a certain diameter.

For preliminary calculations, the diameter of the compacted zone (d_s), which can be achieved after the rolling process, is determined using the following formula:

$$d_s = \gamma_c d \sqrt{\frac{\rho_{dc}}{(\rho_{dc} - \rho_d)}} \quad (7)$$

where:

d — diameter of the rolling compactor (RC), m;

ρ_{ds} — dry density of the compacted soil, t/m^3 ;

ρ_d — dry density of the natural soil, t/m^3 ;

γ_c — soil working condition coefficient, assumed to be greater than 1.

The reinforcement of the geomass with DSM concrete column elements is simulated using Plaxis 3D software. According to structural calculations, the diameter of the vertically reinforcing element is Ø100 mm, with a length of $L = 9.5$ m and a grid spacing of 3×3 m between axes.

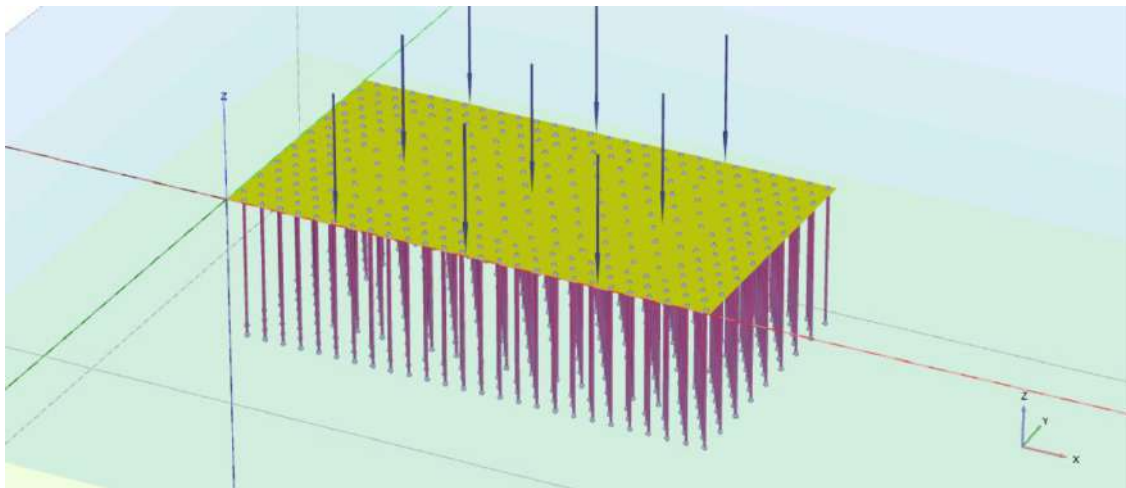


Figure 9 – Spatial model of the reinforced geomass.

In this case, when reinforcement is applied beneath the slab foundation, the load from the superstructure is transferred to the soil mass through the reinforcing elements via frictional forces. In the presented computational model (Fig. 8), the performance of the reinforcing element within the soil is ensured by lateral confinement and frictional forces. The reinforcing element, through its contact surface with the soil or the slab foundation, absorbs the load at its upper section and transfers it to the underlying layers through its lower section. Here, the vertical concrete reinforcing elements serve to withstand compressive stresses (Fig. 9).

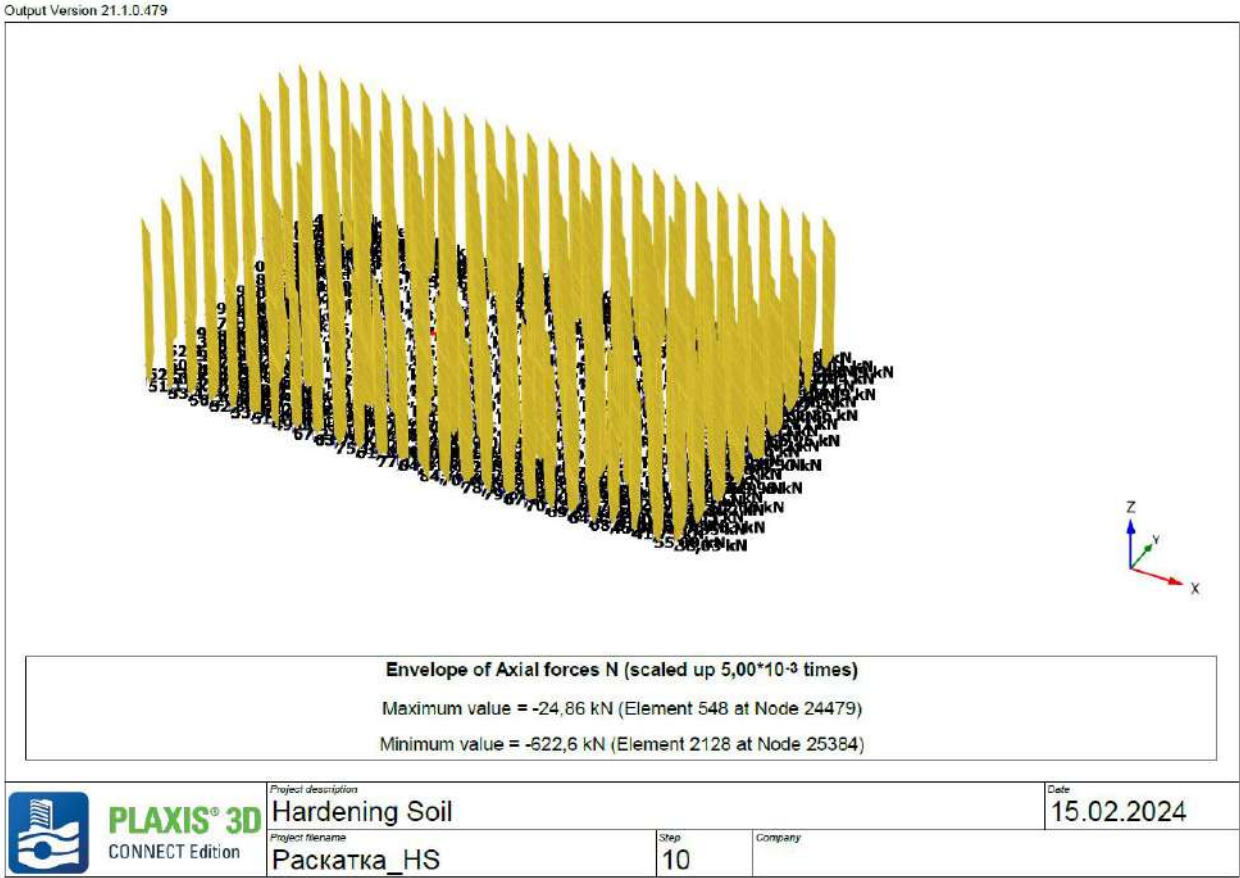


Figure 10 – Axial force N, Hardening Soil model (max 622.6 kN).

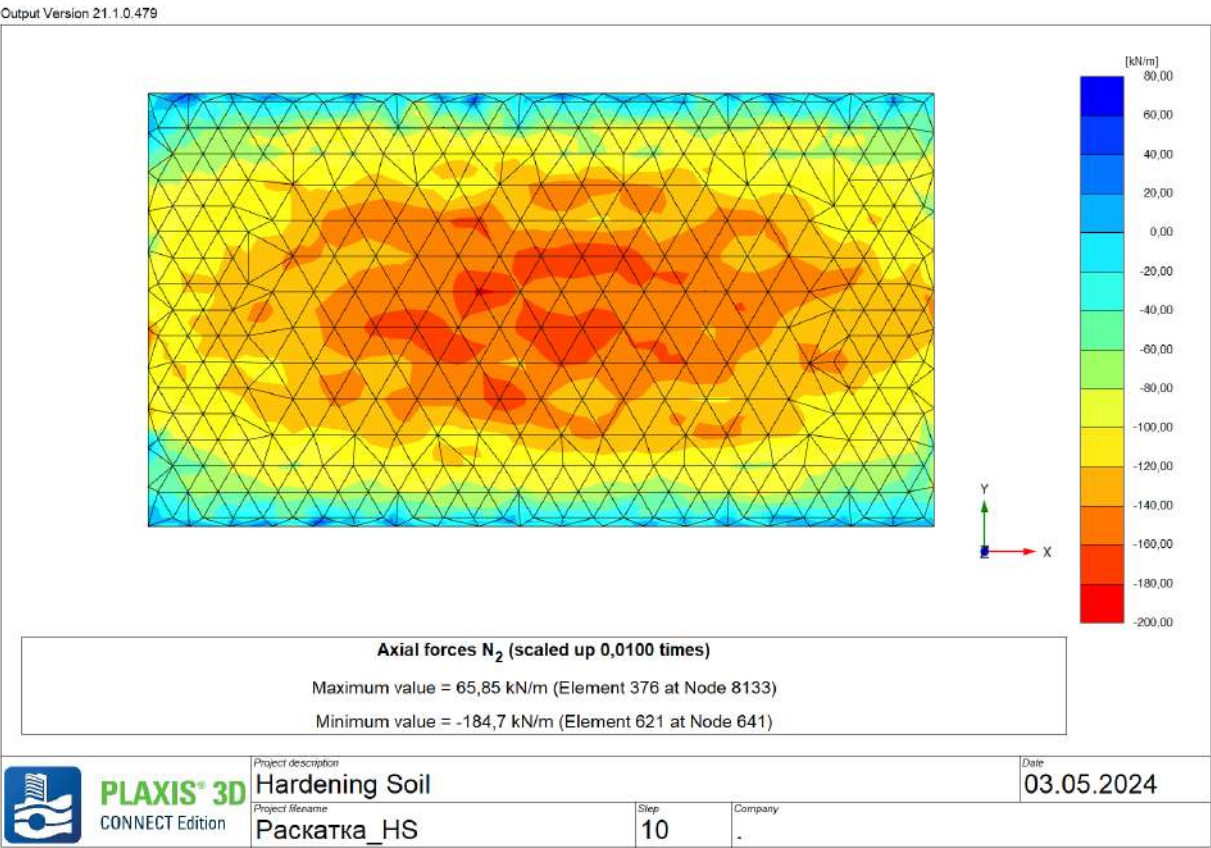


Figure 11 – Foundation. Axial force N, Hardening Soil model (max 184.7 kN/m).

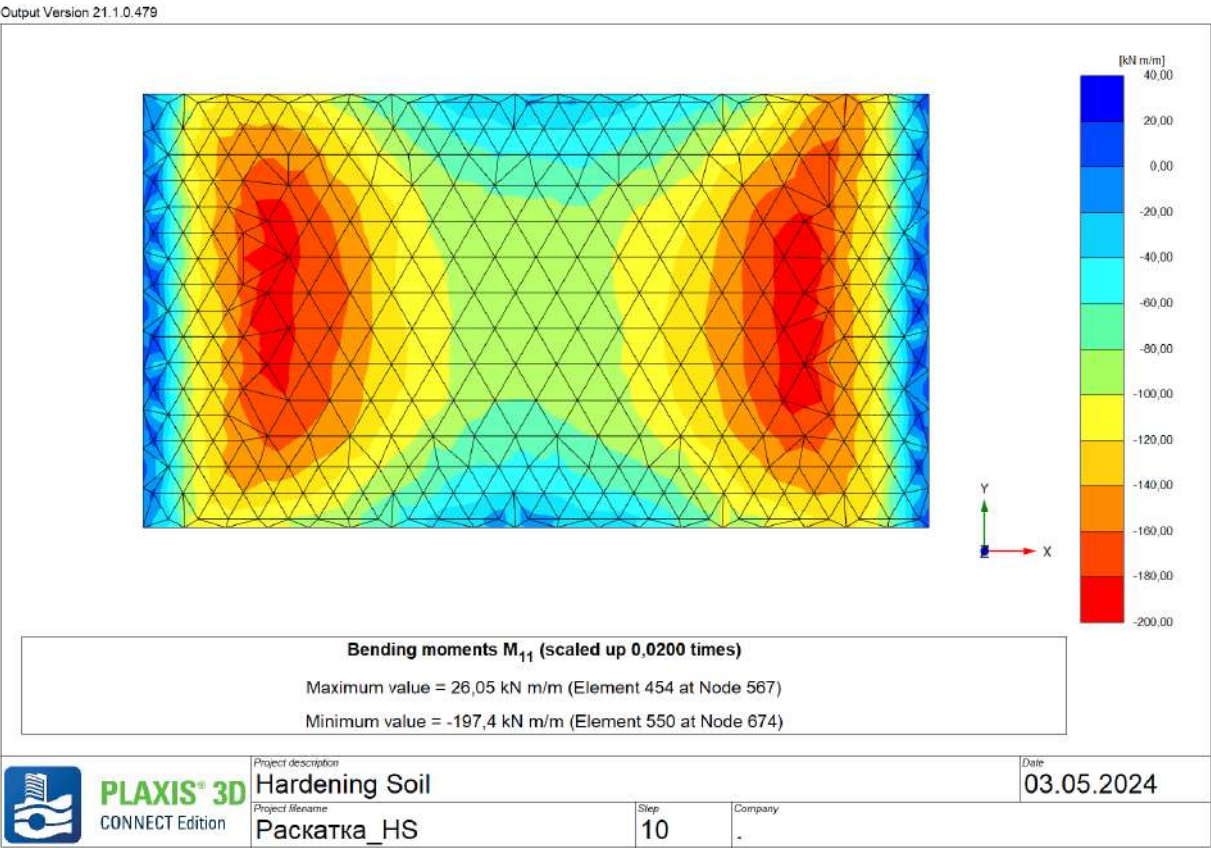
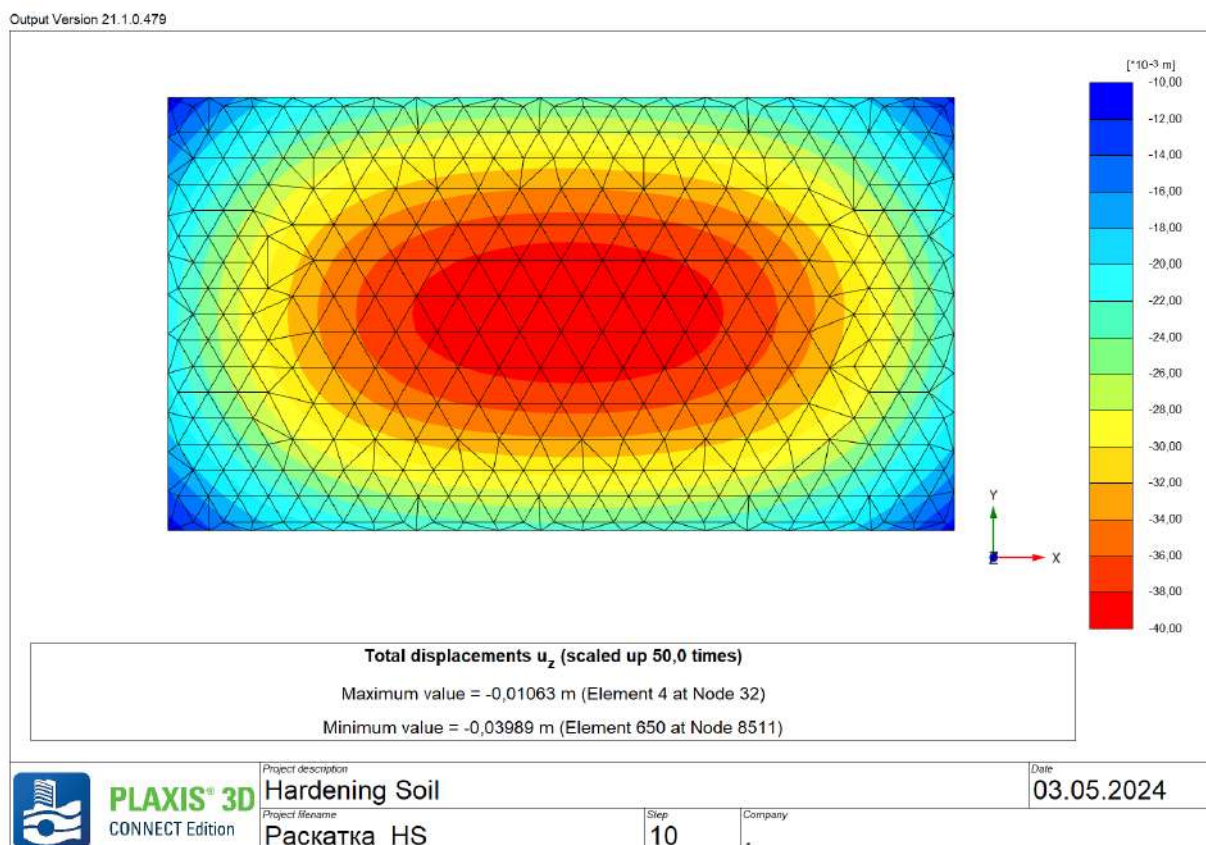


Figure 12 – Foundation. Bending moment M, Hardening Soil model (max 197.4 kN·m/m).



As a result, the structural solution for the vertically reinforced foundation of the slab foundation of a high-rise building includes reinforcing element spacing of 3×3 m, length of 9.5 m, diameter of 100 mm, and material—B12.5 concrete. Under these conditions, the maximum calculated settlement of the slab foundation is $S = 3.99$ cm. Consequently, the subgrade reaction coefficient has doubled, reaching $K = 501$ t/m³.

The increase in the load-bearing capacity of the foundation is also attributed to the borehole formation process, which involves drilling with a special rolling drill bit. This method ensures soil compaction around the borehole walls during drilling. A key factor is the doubling of soil density around the borehole wall, which significantly enhances pile shaft resistance due to lateral friction. Additionally, it is important to account for the elimination of the technological gap that may arise during the pile installation process.

5 CONCLUSIONS

1. Numerical modeling performed in PLAXIS 3 has demonstrated the effectiveness of reinforced foundations on highly compressible soils. The study confirmed that the implementation of rigid reinforcing elements with predefined geometric dimensions and physical-mechanical and deformation characteristics significantly enhances the foundation's load-bearing capacity. The numerical analysis allowed for an in-depth assessment of stress distribution, settlement reduction, and structural stability improvements in reinforced foundation systems.

2. The results indicate that the subgrade reaction coefficient is highly dependent on the structural configuration of the vertically reinforced foundation beneath the slab. Variations in reinforcement spacing, length, and material properties directly influence the stiffness and settlement behavior of the foundation. An optimized reinforcement design leads to a more uniform load distribution, reducing the risk of excessive differential settlements and enhancing the overall stability of the foundation system.

3. The length and spacing of vertical reinforcing elements were found to be critical parameters in improving the load-bearing capacity of the foundation. The optimized arrangement of reinforcement elements led to a threefold reduction in foundation deformability, significantly enhancing structural performance. This, in turn, results in substantial reductions in construction time and cost by minimizing the need for extensive soil stabilization measures and expediting the process of creating artificially reinforced foundations for high-rise buildings.

REFERENCES

1. **Usmanov, R., Mrdak, I., Vatin, N., & Murgul, V.** (2014). Reinforced soil beds on weak soils. *Applied Mechanics and Materials*, September 2014. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/AMM.633-634.932>
2. **Popov, A. O.** (2015). Calculation of final settlement of clay foundations reinforced with vertical elements. *Magazine of Civil Engineering*, (4). <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-konechnoy-osadki-glinistyh-osnovaniy-armirovannyh-vertikalnymi-elementami>
3. Republic of Kazakhstan Code of Practice. (2011). SP RK EN 1997-2:2007/2011. Geotechnical design. Part 2: Soil investigations and testing. https://new-shop.ksm.kz/catalog/SPRK_EN_1997-2_2007_2011/
4. Republic of Kazakhstan Normative Technical Document. (2015). NTP RK 07-01.3-2011. Design and construction of foundation strengthening with vertical reinforcing elements. https://online.zakon.kz/Document/?doc_id=37129987
5. **Simões, J. T., Neves, L. C., Antão, A. N., & Guerra, N. M. C.** (2020). Reliability assessment of shallow foundations on undrained soils considering soil spatial variability. *Computers and Geotechnics*, 119, 103369. <https://doi.org/10.1016/j.compgeo.2019.103369>
6. **Marinichev, M. B., & Tkachev, I. G.** (2016). Development of a structural solution for a vertically reinforced foundation of a slab foundation in a seismic zone. *Construction and Architecture*, 4(1), 37–44. <https://doi.org/10.12737/10952>
7. **Makovetsky, O.** (2021). Calculation and design of artificial foundations: "Structural Geotechnical Mass". Doctoral Dissertation in Geotechnics. <https://www.dissercat.com/content/raschet-i-konstruirovanie-iskusstvennogo-osnovaniya-strukturnyi-geotekhnicheskii-massiv>
8. **Popov, A. O.** (2015). Calculation of final settlement of clay foundations reinforced with vertical elements. *Magazine of Civil Engineering*, (4). <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-konechnoy-osadki-glinistyh-osnovaniy-armirovannyh-vertikalnymi-elementami>
9. **Semet, C.** (2023). Comparison of Mohr-Coulomb and Hardening Soil models: Numerical estimation of ground surface settlement caused by tunneling. SpringerLink. <https://doi.org/10.1007/s41939-023-00243-z>
10. **Arjun, G., & Ankit, S.** (2017). Comparison of different soil models for excavation using retaining walls. *SSRG International Journal of Civil Engineering*, 4(3). <https://www.internationaljournalssrg.org/IJCE/2017/Volume4-Issue3/IJCE-V4I3P110.pdf>
11. **Lina, J., Yehya, T., Fadi, H. C., & Yasser, E.** (2018). Effect of soil-structure interaction constitutive models on the dynamic response of multi-story buildings. <https://www.researchgate.net/publication/328044167>
12. **Amjad, H. B., Shahnawaz, Z., Ghulam, S. B., Muhammad, A. Z., Riaz, B., Bashir, A. M., & Muhammad, M. B.** (2019). Mohr-Coulomb and Hardening Soil model comparison of the settlement of an embankment dam. <https://www.researchgate.net/publication/345940231>
13. **Golubev, A. I., & Seletsky, A. V.** (2010). Selection of soil models and their parameters in geotechnical object calculations. *Proceedings of the International Geotechnical Conference "Geotechnical Problems of Megacities" (GEOMOS 2010), Moscow, 1727–1732.* http://geo-bookstore.ru/files/2010-Msk_Volume-5.pdf
14. **Samorodov, A. V., Nikulkin, V. B., Krotov, O. V., & Khrapatova, I. V.** (2016). Stress-strain analysis of pile-slab foundations of high-rise buildings using SOFiSTiK software. Kharkiv

- National University of Construction and Architecture, Ukraine. https://pssbim.ru/files/lists/News/759_UseFiles_1476358999_Analiz-NDS-svayno-plitnogo-fundamenta-mnogoetazhnogo-zdaniya-s-pomoschyu-PK-SOFiSTiKdoc.pdf
15. **Gilemhanov, R. A., & Alisher, A.** (2016). Evaluation of the stress-strain state of a foundation slab considering karst failures using SCAD Office. [https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/4\(43\)/2_gilemhanov_43.pdf](https://unistroy.spbstu.ru/userfiles/files/2016/4(43)/2_gilemhanov_43.pdf)
 16. **Botalov, S. N., Kulikov, R. G., & Salmin, I. A.** (2019). Determination of foundation slab settlement using GeoPlate Pro. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2019-11-3-10>
 17. **Ponomarev, A. B., & Sychkina, E. N.** (2015). Results of modeling the stress-strain state of an adjustable foundation and soil base in ANSYS Workbench. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2015.4.06>
 18. **Ter-Martirosyan, Z. G., & Strunin, P. V.** (2010). Strengthening weak soils under foundation slabs using jet grouting technology. Bulletin of Moscow State University of Civil Engineering, (4), 310–315. <https://cyberleninka.ru/article/n/usilenie-slabyh-gruntov-v-osnovanii-fundamentnyh-plit-s-ispolzovaniem-tehnologii-struynoy-tsementatsii-gruntov>
 19. **Mirsayapov, I. T., & Mustakimov, V. R.** (2005). Study of strength and deformability of collapsible soil foundations reinforced with vertical elements. Proceedings of the International Conference on Geotechnics "Interaction of Structures and Foundations: Calculation Methods and Engineering Practice", Vol. 2, 40–45. <https://cyberleninka.ru/article/n/raschet-prosadochnyh-gruntovyh-massivov-armirovannyh-vertikalnymi-elementami>

DEVELOPMENT OF TECHNOLOGICAL SCHEMES OF WATER SUPPLY FOR SMALL SETTLEMENTS

B. Khalkabay¹, M.M. Baiarystanov^{2,*} , D. A. Tlesh³

Satbayev University, 050013, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *This study examines the challenges associated with water supply in small settlements, using the village of Shatyrbai in the Zhetysu region of the Republic of Kazakhstan as a case study. Particular attention is given to the transition from surface water sources to groundwater, which generally exhibits a more stable chemical composition and lower susceptibility to contamination. The research focuses on assessing the benefits and limitations of groundwater use for drinking water supply and the necessity of employing advanced purification technologies. The methodological approach includes an analysis of the initial water quality, the selection of an appropriate technological scheme for water treatment, and an evaluation of the purification efficiency of a block-modular water treatment system (BMWTS). The proposed system integrates sequential treatment stages, including coarse (mechanical) filtration, aeration, clarification, fine filtration, demineralization, and ultraviolet disinfection. The findings indicate that groundwater in Shatyrbai contains elevated concentrations of iron, nitrates, and other contaminants, necessitating a multi-stage purification process. The implementation of the BMWTS system effectively reduces turbidity, removes excess salts and organic compounds, and ensures compliance with sanitary standards for potable water. The discussion evaluates the effectiveness of various water treatment methods and their adaptation for small settlements. Additionally, the study explores the technological and economic feasibility of BMWTS implementation and its role in ensuring a sustainable regional water supply. The conclusions emphasize that transitioning to groundwater, in conjunction with block-modular purification technologies, represents a viable strategy for providing high-quality drinking water in small settlements.*

Keywords: *small settlements, drinking water supply, groundwater, water purification, block-modular water treatment system*

***Corresponding author**

Baiarystanov Madiyar, e-mail: bayaristanov@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-09>

Received 27 November 2024; Revised 28 February 2025; Accepted 05 March 2025

ШАҒЫН ЕЛДІ МЕКЕНДЕРДІ СУМЕН ЖАБДЫҚТАУДЫҢ ТЕХНОЛОГИЯЛЫҚ СХЕМАЛАРЫН ӘЗІРЛЕУ

Б. Халхабай¹, М.М. Байарыстанов^{2,*} , Д.Ә.Тлеш³

Сәтбаев Университеті, 050013, Алматы

Аңдатпа. Мақалада Қазақстан Республикасының Жетісу облысында орналасқан Шатырбай ауылының негізінде шағын елді мекендерді ауыз сумен қамтамасыз ету мәселелері қарастырылады. Жерүсті су көздерін пайдаланудан, әдетте, тұрақты химиялық құрамы бар және ластануға аз ұшырайтын жерасты көздеріне көшу ерекше назар аударылады. Зерттеу ауыз сумен жабдықтау мақсатында жерасты суларын пайдаланудың артықшылықтары мен шектеулерін талдауға, сондай-ақ заманауи тазарту технологияларын қолдану қажеттілігін негіздеуге бағытталған. Әдіснамалық тәсілдеме судың бастапқы сапасын жан-жақты бағалауды, суды дайындаудың оңтайлы технологиялық схемасын таңдауды және блокты-модульдік су дайындау жүйесін (БМСДЖ) пайдалана отырып, тазалау тиімділігін талдауды қамтиды. Бұл жүйе өрескел (механикалық) тазалауды, аэрацияны, мөлдірлеуді, сүзуді, минералсыздандыруды және ультракүлгін сәулемен зарарсыздандыруды қамтитын суды көп сатылы өңдеуді қарастырады. Зерттеу нәтижелері Шатырбай ауылындағы жерасты көздерінен алынған судың құрамында темірдің, нитраттардың және басқа да ластаушы заттардың жоғары мөлшерін көрсетеді, бұл көп сатылы тазартуды қажет етеді. БМСДЖ қолдану лайлануды айтарлықтай төмендетуге, артық тұздар мен органикалық қосылыстарды кетіруге, сондай-ақ судың сапасын белгіленген санитарлық-гигиеналық стандарттарға жеткізуге мүмкіндік береді. Талқылау аясында суды тазартудың әртүрлі әдістерінің тиімділігі, оларды шағын елді мекендердің жағдайына бейімдеу, сондай-ақ суды дайындаудың блокты-модульдік жүйелерін енгізудің технологиялық және экономикалық орындылығы қарастырылады. Сонымен қатар, бұл технологиялардың аймақты тұрақты сумен қамтамасыз етуге ықпалы талданады. Қорытындыда блокты-модульдік тазарту технологияларын қолданумен ұштастыра отырып, жерасты суларын пайдалануға көшу шағын елді мекендерді заманауи санитарлық талаптарға сәйкес келетін сапалы ауыз сумен қамтамасыз ету мәселесінің перспективалық шешімі болып табылатыны атап көрсетілген.

Түйін сөздер: шағын елді мекендер, ауыз сумен жабдықтау, жерасты сулары, суды тазарту, суды дайындаудың блокты-модульдік жүйесі

*Автор-корреспондент

Байарыстанов Мадияр, e-mail: bayaristanov@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-09>

Алынды 27 қараша 2024; Қайта қаралды 28 ақпан 2025; Қабылданды 05 наурыз 2025

РАЗРАБОТКА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СХЕМ ВОДОСНАБЖЕНИЯ ДЛЯ МАЛЫХ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ

Б. Халхабай¹, М.М. Байарыстанов^{2,*} , Д.Ә.Тлеш³

Сатбаев Университет, 050013, Алматы

Аннотация. В статье рассматриваются вопросы обеспечения питьевой водой малых населённых пунктов на примере села Шатырбай, расположенного в Жетысуской области Республики Казахстан. Особое внимание уделяется переходу от использования поверхностных водных источников к подземным, обладающим, как правило, более стабильным химическим составом и меньшей подверженностью загрязнению. Исследование направлено на анализ преимуществ и ограничений использования подземных вод для целей питьевого водоснабжения, а также на обоснование необходимости применения современных технологий очистки. Методологический подход включает всестороннюю оценку исходного качества воды, выбор оптимальной технологической схемы водоподготовки и анализ эффективности очистки с использованием блочно-модульной системы водоподготовки (БМСВ). Данная система предусматривает многоступенчатую обработку воды, включающую механическую очистку, аэрацию, осветление, фильтрацию, деминерализацию и ультрафиолетовое обеззараживание. Результаты исследования свидетельствуют о повышенном содержании в подземных водах села Шатырбай железа, нитратов и других загрязняющих веществ, что обуславливает необходимость комплексного подхода к очистке. Применение БМСВ позволяет эффективно снижать мутность воды, удалять избыточные соли и органические соединения, а также доводить её качество до установленных санитарно-гигиенических нормативов. В рамках обсуждения рассматривается эффективность различных методов очистки воды, их адаптация к условиям малых населённых пунктов, а также технологическая и экономическая целесообразность внедрения блочно-модульных систем водоподготовки. Кроме того, анализируется влияние данных технологий на обеспечение устойчивого водоснабжения региона. В заключении подчёркивается, что переход на использование подземных вод в сочетании с применением блочно-модульных технологий очистки представляет собой перспективное решение задачи обеспечения малых населённых пунктов качественной питьевой водой, соответствующей современным санитарным требованиям.

Ключевые слова: малые населенные пункты, питьевое водоснабжение, подземные воды, очистка воды, блочно-модульная система водоподготовки

*Автор-корреспондент

Байарыстанов Мадияр, e-mail: bayaristanov@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-09>

Поступила 28 ноября 2024; Пересмотрено 28 февраля 2025; Принято 5 марта 2025

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private funding sources.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ / ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

Water is an essential resource for life and plays a crucial role in the development of humanity. For centuries, people have settled near water sources, which have consistently remained fundamental to life and well-being, often venerating them as sacred sources of sustenance.

At present, due to rapid population growth, economic expansion, environmental challenges, and other factors impacting natural resources, the issue of ensuring access to high-quality drinking water has become one of the most urgent global concerns. Goal 6 of the UN's "17 Goals for Sustainable Development" aims to provide safe drinking water to all people and, recognizing the significance of a favorable environment, places particular emphasis on the sustainable management of water resources, wastewater, and ecosystems.

The issue of supplying the population with environmentally safe drinking water is also pressing in our country. The primary water resources in the Republic consist of surface water, with an average annual volume of 101 km³. Of this volume, 56% is generated domestically, while the remaining 44% originates from transboundary rivers flowing from China, Uzbekistan, Russia, and Kyrgyzstan (**National report, 2022**).

According to data from the Bureau of National Statistics of the Republic of Kazakhstan (**Monitoring of Sustainable Development Goals. Goal 6.**), over the past five years, the proportion of the population utilizing organized water supply services that comply with safety standards has gradually increased. However, the issue of ensuring a reliable supply of high-quality water to small settlements remains unresolved: out of the 7.5 million people residing in rural areas, approximately 450,000 face shortages of clean water. The primary causes of this issue include the absence of water sources in small settlements or their contamination, deterioration of sanitary and epidemiological conditions, and the unsatisfactory technical state of water supply infrastructure. In nearly all small settlements, surface water sources serve as the primary means of meeting the population's needs. However, the quality of these waters remains suboptimal, particularly in the context of anthropogenic influences and climate change.

Given the challenges associated with the depletion and contamination of surface water, numerous experts advocate for transitioning to the use of groundwater, which is classified as a renewable mineral resource and exhibits relatively stable quality. Groundwater is less susceptible to seasonal fluctuations and anthropogenic impacts than surface water sources, and natural filtration through soil layers significantly reduces contamination levels.

Currently, more than four thousand artesian water sources have been studied in Kazakhstan. Experts estimate that the volume of available groundwater in the country exceeds 15.7 km³. To facilitate the study and efficient utilization of this natural resource, a specialized service has been established under the Ministry of Water Resources and Irrigation of the Republic of Kazakhstan, tasked with overseeing hydrogeological research, as well as monitoring and analyzing the condition of groundwater.

The purpose of this research article is to substantiate the transition to the use of groundwater to ensure the supply of high-quality drinking water to small settlements, such as the village of Shatyrbay. Groundwater is characterized by stable quality indicators and lower levels of contamination compared to surface sources, which is particularly significant in the context of environmental instability and increasing river pollution.

The study involves an analysis of the physical and chemical properties of groundwater in the village of Shatyrbay, with the identification of key pollutants that exceed the maximum permissible concentration (MPC). It also provides a rationale for the implementation of a block-modular water treatment system (BMWTS) as an effective method for purifying groundwater to meet sanitary standards. The research describes the stages of the water treatment process, including mechanical filtration, aeration, clarification, demineralization, and sterilization, and evaluates their effectiveness in reducing pollutant concentrations. Additionally, an assessment of the economic feasibility of utilizing a block-modular system in remote settlements is conducted, highlighting its potential for ensuring a sustainable water supply.

2 LITERATURE REVIEW

There is no clear and universal definition of the concept of a "small settlement", as its meaning may vary depending on the context and country. Common characteristics that allow distinguishing small settlements include population size, economic structure, functional characteristics, infrastructure, and type of settlement.

The law «On the Administrative-Territorial Structure of the Republic of Kazakhstan» states: «A settlement is a part of the territory of the Republic of Kazakhstan with a population of at least 50 people, formed as a result of economic and other public activities of citizens, registered in accordance with the procedure established by the laws of the Republic of Kazakhstan, and managed by local representative and executive bodies. Settlements are divided into urban and rural» (**Law of the Republic of Kazakhstan, 1993**).

By comparing other definitions specified in this document, the category of «small settlement» includes a city of district significance and a village. Therefore, the settlement of Shatyrbay in the Zhetysay district, which is being considered in this study, is classified as a village, as according to the aforementioned document: «A village is a settlement with a population of at least 50 people. »

The population of Shatyrbay village is 520 people. The village has a secondary school with a capacity of 620 students, where 96 students are currently enrolled, as well as one post office, one medical center, one cultural center, and more than 20 economic entities operating within the village.

Characterizing a small settlement based on the aforementioned common features, Shatyrbay village is a regional rural settlement with a small population, an economy primarily based on agriculture and small businesses, specialized functions in a specific sector, and a low level of infrastructure development.

In any locality, several key factors contribute to the safety, comfort, health, and development of human life:

1) Physical safety – the absence of threats to human life and health from external factors (crime, natural disasters) and the social environment.

2) Sanitary and epidemiological safety – environmental cleanliness, access to water supply systems, compliance with hygiene and sanitation standards.

3) Provision of clean and high-quality drinking water.

4) Food security – access to food that ensures proper nutrition and satisfies the body's need for essential nutrients.

5) High-quality and safe housing – availability of necessary living conditions (water, heating, electricity).

6) Environmental well-being – air, water, and soil quality.

7) Educational and cultural development – access to educational institutions, sports, and recreational facilities that foster intellectual and cultural growth.

8) Access to medical care – availability of hospitals, clinics, pharmacies, and other healthcare facilities.

9) Economic stability and employment – access to jobs that fulfill economic needs and provide material well-being.

10) Social integration and support – availability of social benefits (pensions, allowances, assistance centers) to aid people in difficult circumstances and opportunities to participate in public life.

11) Infrastructure – roads, public transportation, utilities (electricity, gas, sewerage), internet access, and other facilities necessary for the normal functioning of the settlement.

An analysis of these factors reveals that more than half of them are directly linked to water. The quality of drinking water is determined based on a comprehensive evaluation of physical, chemical, biological, and microbiological parameters, which assess its suitability for human consumption. These parameters are established by sanitary standards and are regulated by both international and national regulations.

Currently, many countries adhere to international guidelines established by the World Health Organization (WHO), such as SanPiN 2.1.4.1074-01, when determining drinking water quality standards. Additionally, in Kazakhstan, the quality control of drinking water in terms of sanitary and epidemiological well-being is conducted in accordance with the «Sanitary and Epidemiological Requirements for Water Sources, Catchment Areas for Economic and Drinking Purposes, Economic and Drinking Water Supply, and Cultural and Domestic Use of Water and Safety of Water Bodies», as approved by Order No. 26 of the Ministry of Health of the Republic of Kazakhstan, dated February 20, 2023 ([Sanitary rules, 2023](#)).

The hygienic requirements and quality standards for drinking water outlined in these documents are presented in Table 1.

Table 1

Requirements for controlled indicators of drinking water

Indicator	Unit of measurement	Standards (MPC), no more
Organoleptic indications		
Taste	score	2
Smell	score	2
Color	degrees	20
Turbidity	mg/dm ³ (on kaolin)	1,5
Chemical indicators		
Hydrogen index (pH)	-	6-9
Total mineralization (dry residue)	mg / l	1000 (1500)
Total hardness	mg-eq/l	7,0 (10)
Permanganate oxidation capacity	mg / l	5
Petroleum products, total	mg / l	0,1
Surface-active substances (EPZ, anionic)	mg / l	0,5
Chlorides	mg / l	350
Sulfates	mg / l	500
Total iron	mg / l	0,3
Manganese	mg / l	0,1
Fluorine	mg / l	1,5
Aluminum	mg / l	0,5
Copper	mg / l	1
Zinc	mg / l	5
Nitrates (by NO ₃)	mg / l	45
Nitrites (by NO ₂)	mg / l	3

As shown in [Table 1](#), organoleptic indicators such as odor and taste of drinking water should not exceed 2 points, turbidity should not exceed 2 mg/L, and hardness should be within the range of 7-100 mmol. A low concentration of calcium and magnesium salts, which determine the hardness of drinking water, can lead to increased bone fragility in humans. Therefore, according to sanitary standards and regulations, drinking water should be chemically safe. Additionally, the quantity of reagents used for disinfection and the concentration of natural substances that pollute water must comply with established standards.

To address the challenges of water resource conservation and rational utilization for ensuring access to high-quality drinking water, the «Concept for the Development of the Water Resources Management System of the Republic of Kazakhstan for 2024-2030» was adopted. Based on a

comprehensive analysis of the current state of water resources and international best practices, the document outlines seven key strategies for effectively tackling these issues. It emphasizes that «The study, protection, and sustainable use of groundwater are essential for adapting to climate change and meeting the needs of a growing population» (**Concept, 2024**).

The challenges associated with groundwater use for industrial purposes and public water supply have been extensively examined by scientists and hydrogeologists. **Giordano (2009)** provides a comprehensive analysis of global groundwater issues and solutions, exploring the formation, movement, and utilization of groundwater for various purposes. His research highlights the fundamental role of groundwater in ensuring a sustainable water supply, particularly in regions experiencing surface water shortages. Furthermore, Giordano discusses management strategies aimed at optimizing groundwater use while mitigating the risks of overextraction and contamination. His findings remain highly relevant today and continue to be refined through ongoing advancements in hydrogeology and water resource management.

Foster, Chilton, Nijsten, and Richts (2013) emphasize the necessity of transitioning from surface water sources to groundwater, highlighting its strategic significance for water security. The authors argue that groundwater serves as a vital local resource with global implications, providing a more stable and resilient supply compared to surface water, which is highly susceptible to seasonal fluctuations and anthropogenic influences. Their study underscores the importance of sustainable groundwater management, particularly in regions where surface water sources are unreliable or insufficient. Moreover, they present case studies demonstrating that groundwater utilization has proven to be an effective long-term solution for addressing water supply challenges in both rural and urban areas.

Dillon (2005) investigates advanced groundwater treatment methods, including aquifer recharge, aeration, and biochemical filtration, as approaches to improving water quality. His research demonstrates that these techniques significantly reduce the concentration of contaminants in groundwater, ensuring compliance with sanitary drinking water standards. Furthermore, the author highlights that managed aquifer recharge can serve as an effective tool for enhancing groundwater sustainability.

Carrard, Foster, and Willetts (2019) conducted a multi-country analysis on the use of groundwater as a drinking water source in Southeast Asia and the Pacific, emphasizing the necessity of a comprehensive approach to resource management. The authors highlight that excessive groundwater extraction and pollution pose significant threats to water security, reinforcing the need for robust management and regulatory frameworks to ensure the long-term sustainability of these resources.

Howard (2015) examines the governance challenges associated with groundwater and its role in ensuring sustainable urban and rural water supply. His research highlights the significance of decentralized water supply systems, particularly in small settlements, where modular treatment facilities offer an efficient solution for improving groundwater access. The author also emphasizes the necessity of well-developed infrastructure and continuous monitoring of well conditions to maintain water quality and reduce operational costs. His findings suggest that well-managed groundwater resources can enhance water security and serve as a cost-effective solution for remote communities, aligning with modern principles of sustainable water management.

The issue of groundwater availability and its sustainable use has been widely studied in the context of climatic and geographical challenges. **Famiglietti (2014)** highlights the global groundwater crisis, focusing on the depletion of groundwater reserves due to overextraction and inefficient management practices. His research emphasizes regional disparities in groundwater availability and the necessity of adaptive strategies to ensure long-term sustainability. Additionally, Famiglietti underscores the importance of scientific assessments of slightly mineralized groundwater reserves, particularly in arid and semi-arid regions, where groundwater serves as a crucial resource for drinking water supply. His findings provide valuable insights into the rational use of groundwater and the development of policies aimed at improving water security in vulnerable regions.

Ensuring access to safe drinking water in rural areas remains a critical challenge, necessitating effective management of local groundwater resources. **Wada, Van Beek, and Bierkens (2012)** examine the challenges associated with groundwater use in agricultural and rural regions, emphasizing the risks of unsustainable extraction and its long-term consequences. Their research highlights the importance of localized water management strategies, particularly in areas where groundwater salinity poses difficulties for drinking water supply. The authors explore modern desalination techniques, such as electrodialysis, as viable solutions for improving groundwater quality in remote and water-scarce regions. Their findings suggest that integrated water resource management approaches can significantly enhance the sustainability of groundwater use, ensuring a stable and reliable drinking water supply for rural populations.

Based on an analysis of studies focused on the use of groundwater as a drinking water source, several key advantages of its use as an alternative for providing the population with high-quality water have been identified. Groundwater naturally undergoes filtration as it percolates through layers of soil, sand, and clay, which serve as natural purification barriers. These layers remove suspended particles and numerous contaminants, making groundwater often cleaner than surface water from rivers and lakes. Unlike surface water, groundwater is less exposed to anthropogenic pollution, such as industrial emissions, sewage, and agricultural runoff, thereby reducing the risks associated with chemical pollutants, including pesticides and heavy metals.

In remote and arid regions, groundwater frequently represents the only permanent water source, particularly in areas where precipitation levels are insufficient to sustain surface water bodies. Unlike rivers and lakes, which are subject to seasonal fluctuations, underground aquifers provide a consistent water supply, making them a more reliable resource. Additionally, geological formations surrounding deep aquifers protect groundwater from most pollutants present at the surface, reducing the risk of contamination by microorganisms, chemicals, and heavy metals. These natural protective mechanisms make groundwater less vulnerable to climate-related threats such as droughts and floods, ensuring long-term water security.

Groundwater often requires minimal treatment compared to surface water, making it a cost-effective solution for many rural communities. In most cases, simple purification methods such as disinfection, aeration, or sedimentation are sufficient to meet sanitary standards, reducing the need for complex and expensive treatment technologies. With proper management, groundwater reserves can provide a stable and sustainable water supply, as aquifer recharge, though slow, ensures long-term availability. The use of groundwater also minimizes environmental impact on surface ecosystems, as it does not require modifications to natural rivers and lakes, thereby preserving biodiversity and ecological balance.

Despite its numerous advantages, groundwater use is associated with certain risks, including aquifer depletion, ecosystem degradation, and landscape alterations. Addressing these challenges requires the development of efficient water use systems and monitoring programs to track groundwater levels and quality. For the present study, particular attention is given to the challenges associated with the purification of groundwater with high mineralization and the presence of natural pollutants.

In recent years, block-modular water treatment technology has emerged as a promising solution for improving water supply in remote and sparsely populated areas where centralized water distribution is impractical. This modern approach is based on modular blocks, each designed to perform specific purification functions, ranging from coarse mechanical filtration and aeration to advanced filtration and disinfection. The modular nature of this system allows for adaptability to different water sources, ease of transportation, installation, and maintenance, making it particularly suitable for use in rural and hard-to-reach regions.

Block-modular treatment systems provide flexible and efficient solutions for both surface and groundwater purification. Their scalability, ease of operation, and adaptability to local conditions make them an optimal choice for ensuring safe drinking water access in rural settlements such as Shatyrbay. The ability to implement such systems with minimal infrastructure investment further

supports their potential for addressing water supply challenges in remote areas, reinforcing the viability of groundwater as a sustainable source of high-quality drinking water.

3 MATERIALS AND METHODS

On the first task of the study, first of all, we conducted a survey among the population of the village of Shatyrbay. The questionnaire lists the main conditions that ensure the health and safety of a person, comfort of life, and it is proposed to assess their level established in the village as «high», «medium», «low». As a result, out of 200 people who participated in the empirical study, 141 (70,5%) rated «low» on the indicator of «clean and high-quality drinking water». Then, through an interview, we tried to find out the reasons for this situation. The results of a survey of rural residents are shown in [Figure 2](#).

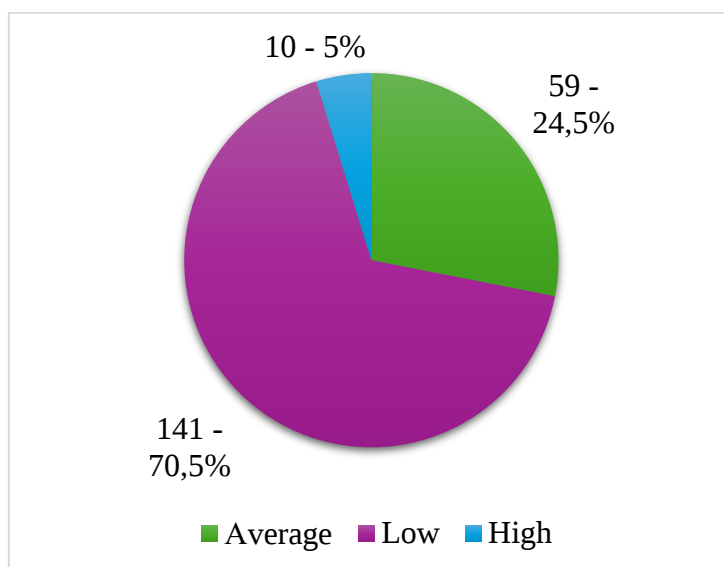


Figure 1 – The results of a survey of rural residents

The analysis of the responses of the villagers made it possible to draw the following conclusions: the Terekty River is used as a source of water supply in the village; although the village is provided with centralized water supply, the water quality is low in terms of visible physical indicators (transparency, smell, taste, temperature). «ALIMA AGRO» LLP, a large enterprise engaged in mixed agriculture in the village, uses groundwater to meet its needs.

Comparative indicators obtained as a result of laboratory analysis of samples from the two listed types of water used as drinking water are shown in [Table 2](#).

Table 2

Comparative indicators of surface and underground water

№ s/n	Indications	Unit of measurement	MPC	Determined concentration	Type of water
1	Turbidity	mg/l	1,5 (2,0)	2,5 – MPC 1,67 times more	surface
				1,78 – MPC 1,2 times more	underground
2	Nitrate nitrogen	mg/l	45	75,5 – MPC 1,68 times more	surface
				69,65 – MPC 1,55 times more	underground
3	Total hardness	mg-eq/l	7 (10)	12 – MPC 1,2 times more	surface
				33 – MPC 4,7 times more	underground

4	Dry residue	mg/l	1000 (1500)	4100– MPC ,1 times more	surface
				3870 – MPC 3,87 times more	underground
5	Chlorides	mg/l	350	1400 – MPC 4 times more	surface
				1270 – MPC 3,63 times more	underground
6	Total iron	mg/l	0,3	0,65 – MPC 2,17 times more	surface
				0,45 – MPC 1,5 times more	underground

As can be seen from the table, the main pollutants of surface and underground water exceeding the maximum permissible concentration (MPC) are: water turbidity, hardness, nitrate nitrogen in the water, chlorides, iron, dry waste. A comparative analysis of these indicators showed that the quality of surface water is much lower than that of underground water. This circumstance confirms our assumption about the effectiveness of groundwater use.

However, groundwater also requires purification in terms of its physical and chemical indicators. To bring the water in line with sanitary standards, a block-modular water treatment system was used, the plan of which is presented in [Figure 2](#).

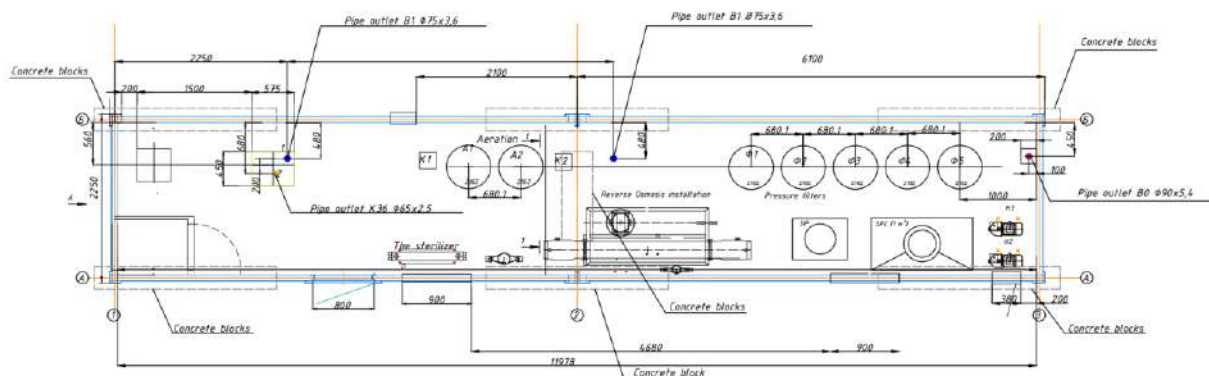


Figure 2 – Plan of a block modular water treatment system

The scheme of water purification in a block-modular system is given in [Figure 3](#).

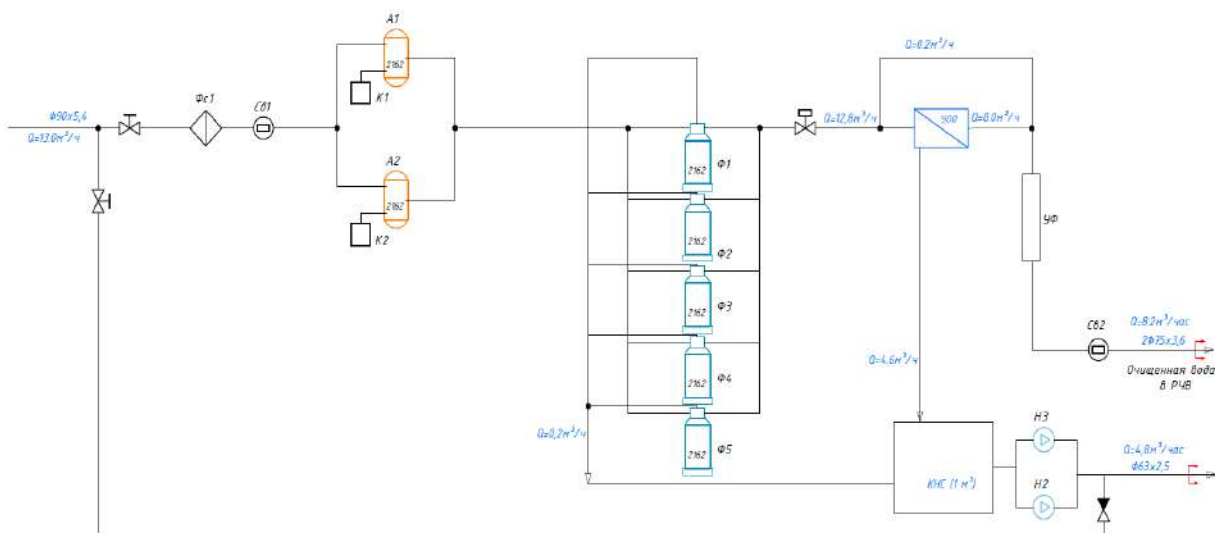


Figure 3 – Scheme of water purification in a block-modular system: **Φс 1**-mechanical (coarse) cleaning filter; **Cб** -water meter flow meter; **A1, A2** – aeration columns; **K1, K2** – compressors; **Φ1-Φ5** – pressure filters; **YФ** – sterilizer; **YOO** – reverse osmosis unit; **KHC** – brine collection tank with pumps.

The water obtained in accordance with the technology was treated with the following stages of water preparation, as shown in **Figure 3**:

1) Coarse (mechanical) cleaning – removal of coarse particles and water surfaces (sand, silt, clay) using a mesh corner filter (Φс 1 in **Figure 3**).

2) Water aeration – the process of oxygenating water to remove hydrogen sulfide, excess carbon dioxide, as well as dissolved metals, such as iron and manganese (A1; A2 in **Figure 3**).

3) Water purification, removal of oxidized precipitates (iron, manganese) in pressure filters. (Φ1-Φ5 in **Figure 3**)

The pressure filter has a three-layer load:

- Filter-AG® top filter load («AG»). Large impurities, oxidized organic impurities precipitate;

- Medium load «Birm». In the chemical analysis of well water, special requirements for determining the exact content of iron and manganese are often not considered. If the iron content is higher than 0.1 mg/L, it negatively affects the operation of reverse osmotic membranes. In this well, the iron content is higher than MPC. Therefore, loading «Birm» is included in the composition of filter fillers;

- lower load (25%) - crushed stone with grain sizes of 3-10 mm.

4) desalination (demineralization) of water, reduction of hardness, removal of excess chlorides in the reverse osmosis unit. (YOO in **Figure 3**).

The essence of the reverse osmosis method is to filter water under the influence of osmotic pressure through semiconductor reverse osmotic membranes created as roller elements. Reverse osmosis is usually purified by homogenized (homogeneous) systems - true solutions, which imposes certain requirements on the quality of water for a reverse osmosis unit.

5) disinfection of purified water. (YΦ in **Figure 3**) disinfection of purified water is carried out with the help of ultraviolet lamps before transferring it to a clean water tank.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The integrated approach to water treatment implemented in the block-modular water treatment system has significantly improved the quality of primary underground water in the village of Shatyrbay. The water quality indicators following all treatment stages within the block-modular system are presented in **Table 3**.

Table 3. Results of underground water purification through a block-modular system

№ s/n	Indications	Unit of measurement	MPC	Initial values	After cleaning
1	Turbidity	mg/l	1,5 (2,0)	1,78	1,0
2	Nitrogen nitrate	mg/l	45	69,65	35
3	Nitrate nitrogen	mg/l	7 (10)	33	5
4	Dry residue	mg/l	1000 (1500)	3870	850
5	Total hardness	mg-eq/l	350	1270	320
6	Total iron	mg/l	0,3	0,45	0,15

The initial and post-treatment data provided in the table demonstrate a substantial improvement in water quality, ensuring compliance with relevant sanitary and epidemiological standards. The effectiveness of the purification process within the block-modular system was confirmed through water quality analyses conducted after each stage of treatment.

Coarse (mechanical) filtration, implemented at the initial stage, effectively removes suspended particles, including sand and floating debris. This preliminary treatment minimizes the pollutant load on subsequent filtration stages, thereby enhancing the overall efficiency of the system and extending the service life of filtration equipment.

Aeration, which involves the addition of oxygen to the water, facilitates the oxidation of dissolved iron and manganese compounds, transforming them into insoluble forms that subsequently precipitate in the filtration units. At this stage, the removal of carbon dioxide and hydrogen sulfide enhances the taste and odor of the water while also protecting reverse osmosis membranes from excessive contamination in the later treatment stages.

Clarification (sedimentation) and pressure filtration, carried out using a three-layer filtration media, ensure the effective removal of oxidized sediments and organic substances. The upper layer of Filter-Ag® captures coarse impurities, while the middle layer of Birm® selectively retains iron and manganese ions. This multi-stage filtration process enhances water transparency and improves organoleptic properties, making it suitable for consumption.

Demineralization via reverse osmosis membranes has proven to be effective in reducing water hardness and overall mineralization, which is particularly critical in regions with elevated levels of dissolved salts. The reverse osmosis process efficiently removes excess chlorides and nitrates, thereby improving overall water quality and ensuring its safety for drinking.

Ultraviolet sterilization provides a high level of bacteriological safety, effectively eliminating the risk of microbiological contamination. As an environmentally friendly disinfection technology, ultraviolet (UV) treatment does not require the addition of chemical reagents, making it particularly advantageous for small settlements where reducing operational costs and minimizing potential side effects is essential.

Thus, the combined application of mechanical filtration, aeration, sedimentation, demineralization, and sterilization has successfully removed the primary pollutants characteristic of groundwater in this region.

The implementation of a block-modular water treatment system for water supply in small settlements, such as Shatyrbay, not only ensures high treatment efficiency but also provides notable economic advantages. A key benefit of this system is its modular structure, which allows adaptation to specific operational requirements and local conditions. This flexibility results in reduced capital expenditures and optimized operational costs, as modules can be added or replaced as needed, facilitating system upgrades with minimal investment.

The system is also characterized by low energy consumption and minimal use of chemical reagents, primarily due to the incorporation of mechanical and physical treatment methods such as aeration and UV sterilization. These factors contribute to environmental sustainability, making the system particularly suitable for application in remote and rural areas.

Additionally, the block-modular system offers operational flexibility and requires minimal maintenance personnel. The ability to adapt treatment modules to local water conditions and to incorporate technological upgrades ensures that this water purification technology remains viable for long-term use. As a result, it provides a reliable and stable water supply, meeting all necessary sanitary and drinking water standards while maintaining cost efficiency and environmental sustainability.

5 CONCLUSIONS

Surface water sources, such as the Terekty River, have historically been utilized for water supply in many rural areas of Kazakhstan. However, research indicates that surface waters are highly vulnerable to contamination due to agricultural runoff, wastewater discharge, and precipitation-related pollutants. For instance, a study conducted by the Kazakh Research Institute of Water Management revealed that river waters contain elevated concentrations of nitrates, iron, and other contaminants, necessitating the use of complex multi-stage treatment systems to ensure water safety.

In contrast, the quality indicators of underground water sources, such as artesian wells, demonstrate greater stability. These sources are significantly less susceptible to biological and organic contamination, thereby reducing the treatment burden on water purification systems. Research in the field of Kazakhstan's hydrogeology, along with numerous studies conducted by domestic and

Thus, based on the comparative analysis of primary and treated water, the implementation of the block-modular water treatment system effectively reduced pollutant concentrations to meet sanitary and epidemiological standards. This purification technology ensures the safety of drinking water and improves water quality for domestic use, making it a suitable and efficient solution for rural water supply systems.

8. **Foster, S.; Chilton, J.; Nijsten, G.; Richts, A.** Groundwater – A global focus on the ‘local resource’. *Curr. Opin. Environ. Sustain.* 2013, 5, 685–695. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.10.010>
9. **Carter RC., Parker A.** (2009) Climate change, population trends and groundwater in Africa. *Hydrol Sci J* 54(4):676–689. <https://doi.org/10.1623/hysj.54.4.676>
10. **Dalin C., Wada Y., Kastner T., Puma M.** (2017) Groundwater depletion embedded in international food trade. *Nature*. doi:[10.1038/nature21403](https://doi.org/10.1038/nature21403)
11. **Damen K., Faaij A., Turkenburg W.** (2006) Health, safety and environmental risks of underground CO₂ storage—overview of mechanisms and current knowledge. *Clim Change* 74(1–3):289–318. <https://doi.org/10.1007/s10584-005-0425-9>
12. **Dillon P.** (2005) Future management of aquifer recharge. *Hydrogeol J* 13(1):313–316. <https://doi.org/10.1007/s10040-004-0413-6>
13. **Domenech L.** (2015) Improving irrigation access to combat food insecurity and undernutrition: a review. *Glob Food Secur* 6:24–33. <https://doi.org/10.1016/j.gfs.2015.09.001>
14. **Eccles JK., Pratson L., Newell RG., Jackson RB.** (2009) Physical and economic potential of geological CO₂ storage in saline aquifers. *Environ Sci Technol* 43(6):1962–1969. <https://doi.org/10.1021/es801572e>
15. **Famiglietti JS.** (2014) The global groundwater crisis. *Nat Publ Group* 4(11):945–948. <https://doi.org/10.1038/nclimate2425>
16. **Ferragina E., Canitano G.** (2014) Water and food security in the Arab countries: national and regional implications. *Glob Environ* 7(2):326–351. <https://doi.org/10.3197/ge.2014.070204>
17. **Fraiture C De, Giordano M., Liao Y.** (2008) Biofuels and implications for agricultural water use: Blue impacts of green energy. *Water Policy* 10(1):67–81. <https://doi.org/10.2166/wp.2008.054>
18. **Fridleifsson IB.** (2001) Geothermal energy for the benefit of the people. *Renew Sustain Energy Rev* 5(3):299–312. [https://doi.org/10.1016/S1364-0321\(01\)00002-8](https://doi.org/10.1016/S1364-0321(01)00002-8)
19. **Gleeson T., Wada Y., Bierkens MF., Van Beek LP.** (2012) Water balance of global aquifers revealed by groundwater footprint. *Nature* 488(7410):197–200. <https://doi.org/10.1038/nature11295>
20. **Green TR., Taniguchi M., Kooi H., Gurdak JJ., Allen DM., Hiscock KM., Treidel H., Aureli A.** (2011) Beneath the surface of global change: Impacts of climate change on groundwater. *J Hydrol* 405(3–4):532–560. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.05.002>
21. **Griggs D., Stafford Smith M., Rockström J., Öhman MC., Gaffney O., Glasser G., Kanie N., Noble I., Steffen W., Shyamsundhar P.** (2014) An integrated framework for sustainable development goals. *Ecol Soc.* <https://doi.org/10.5751/ES-07082-190449>
22. **Gupta J., Pahl-Wostl C., Zondervan R.** (2013) “Glocal” water governance: a multi-level challenge in the anthropocene. *Curr Opin Environ Sustain* 5(6):573–580. <https://doi.org/10.1016/j.cosust.2013.09.003>
23. **Holding S., Allen DM.** (2016) Risk to water security for small islands: an assessment framework and application. *Reg Environ Change* 16(3):827–839. <https://doi.org/10.1007/s10113-015-0794-1>
24. **Hoogesteger J., Wester P.** (2015) Intensive groundwater use and (in) equity: Processes and governance challenges. *Environ Sci Policy* 51(2003):117–124. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2015.04.004>
25. **Howard KWF.** (2015) Sustainable cities and the groundwater governance challenge. *Environ Earth Sci* 73(6):2543–2554. <https://doi.org/10.1007/s12665-014-3370-7>
26. **Kim RE.** (2016) The Nexus between international law and the sustainable development goals. *Rev Eur Commun Int Env Law* 25(1):15–26. <https://doi.org/10.1111/reel.12148>
27. **Kløve B. et al** (2011) Groundwater dependent ecosystems. Part I: hydroecological status and trends. *Environ Sci Policy* 14(7):770–781. <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2011.04.002>
28. **Kløve B. et al** (2014) Climate change impacts on groundwater and dependent ecosystems. *J Hydrol* 518(Part B):250–266. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2013.06.037>

29. **Lapworth DJ. et al** (2012) Emerging organic contaminants in groundwater: a review of sources, fate and occurrence. *Environ Pollut* 163:287–303. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2011.12.034>
30. **Montgomery M., Elimelech M.** (2007) Water and sanitation in developing countries: including health in the equation. *Environ Sci Technol* 41(1):17–24. <https://doi.org/10.1021/es072435t>
31. **Pavelic P. et al** (2012) Balancing-out floods and droughts: Opportunities to utilize floodwater harvesting and groundwater storage for agricultural development in Thailand. *J Hydrol* 470–471:55–64. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2012.08.007>
32. **Rahman MA. et al** (2012) A new spatial multi-criteria decision support tool for site selection for implementation of managed aquifer recharge. *J Environ Manag* 99:61–75. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2012.01.003>
33. **Ranjan P. et al** (2009) Global scale evaluation of coastal fresh groundwater resources. *Ocean Coast Manag* 52(3–4):197–206. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2008.09.006>
34. **Stafford-Smith M. et al** (2016) Integration: the key to implementing the Sustainable Development Goals. *Sustain Sci*. <https://doi.org/10.1007/s11625-016-0383-3>
35. **Vanderzalm JL. et al** (2010) A comparison of the geochemical response to different managed aquifer recharge operations for injection of urban stormwater in a carbonate aquifer. *Appl. Geochem*. 25(9):1350–1360. <https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2010.06.005>
36. **Wada Y., Van Beek LPH, Bierkens MFP** (2012) Nonsustainable groundwater sustaining irrigation: a global assessment. *Water Resour Res*. <https://doi.org/10.1029/2011WR010562>

REVIEW OF MODERN GIS-TECHNOLOGIES FOR WATERLOGGING RISK MANAGEMENT, DEVELOPMENT PROSPECTS

A.T. Mukhamejanova^{1,2} , D. Kazhimkanuly^{1,2*} , Ye.B. Utepov^{1,2} ,
A.S. Tulebekova^{1,2} , S.A. Karaulov¹ 

¹Solid Research Group, LLP, 010000, Astana, Kazakhstan

²L.N. Gumilyov Eurasian National University, 010008, Astana, Kazakhstan

Abstract. *Waterlogging, a consequence of rising groundwater levels exacerbated by climate change and urbanization, poses a mounting challenge. This review provides an in-depth exploration of contemporary waterlogging risk management strategies, spotlighting the pivotal role of geographic information systems (GIS) and associated technologies. The introduction underscores the problem's gravity, citing its intricate nature and adverse effects on urban settings. The article covers diverse risk mitigation approaches like vertical and horizontal drainage, automated monitoring, and artificial surface elevation. The focal point is on GIS's transformative impact, delving into recent research demonstrating its efficacy in hazard mapping, exposure assessment, vulnerability analysis, and crafting risk management plans. Noteworthy is the use of Landsat 8-9 and Sentinel 1 satellite imagery for monitoring and modeling waterlogging effects. Conclusions stress the integration of multi-criteria analysis and GIS for precise risk mapping. The article advocates innovative techniques like three-dimensional visualization in GIS and enhanced forecasting methods. It underscores the importance of technological advancements for bolstering urban resilience against waterlogging in various scenarios. Future directions involve refining forecasting techniques in a changing climate, integrating artificial intelligence and machine learning for more accurate predictions, and leveraging 3D visualization in GIS for detailed representations. The piece also highlights the potential of IoT-based automated monitoring systems in providing real-time information for proactive responses to potential waterlogging threats.*

Keywords: *waterlogging, GIS, risk management, hydrodynamic modeling, spatial analysis.*

***Corresponding author**

Dias Kazhimkanuly, e-mail: dias27049795@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-10>

Received 27 December 2024; Revised 17 January 2025; Accepted 24 February 2025

СУ БАСУ ҚАУПІН БАСҚАРУҒА АРНАЛҒАН ЗАМАНАУИ ГАЖ-ТЕХНОЛОГИЯЛАРЫНА ШОЛУ, ДАМУ ПЕРСПЕКТИВАЛАРЫ

А.Т. Мухамеджанова^{1,2} , Д. Қажимқанұлы^{1,2*} , Е.Б. Утепов^{1,2} ,
А.С. Тулебекова^{1,2} , С.А. Караулов¹ 

¹«Solid Research Group» ЖШС, 010000, Astana, Kazakhstan

²Л.Н.Гумилев атындағы Еуразия ұлттық университеті, 010008, Astana, Kazakhstan

Аңдатпа. Климаттың өзгеруі мен урбанизациядан туындаған жер асты суларының деңгейінің жоғарылауының салдары болып табылатын су тасқыны барған сайын күрделі мәселе болып табылады. Бұл шолуда су басу қаупін басқарудың заманауи стратегиялары егжей-тегжейлі қарастырылады, географиялық ақпараттық жүйелердің (ГАЖ) және олармен байланысты технологиялардың негізгі рөлі көрсетілген. Кіріспе мәселенің ауырлығына баса назар аударады, оның күрделі сипаты мен қалалық ортаға теріс әсерін көрсетеді. Мақалада тік және көлденең дренаж, автоматтандырылған бақылау және жасанды бетті көтеру сияқты тәуекелді азайтудың әртүрлі тәсілдері қарастырылады. ГАЖ-ның трансформациялық әсеріне назар аударылады, қауіптерді картаға түсіру, әсерді бағалау, осалдықты талдау және тәуекелдерді басқару жоспарларын әзірлеу кезінде олардың тиімділігін көрсететін соңғы зерттеулер қарастырылады. Су тасқынының әсерін бақылау және модельдеу үшін Landsat 8-9 және Sentinel 1 спутниктік суреттерін пайдалану назар аударарлық. Нәтижелер тәуекелдерді дәл картаға түсіру үшін көп өлшемді талдау мен ГАЖ біріктіру қажеттілігін көрсетеді. Мақала ГАЖ-да үш өлшемді бейнелеу және жетілдірілген болжау әдістері сияқты инновациялық әдістерді қолдануды қолдайды. Ол әртүрлі сценарийлерде қалалардың су тасқынына төзімділігін арттыру үшін технологиялық жетістіктердің маңыздылығын көрсетеді. Болашақ бағыттарға өзгермелі Климаттық болжау әдістерін жетілдіру, дәлірек болжау үшін жасанды интеллект пен машиналық оқытуды біріктіру және егжей-тегжейлі көріністер алу үшін ГАЖ-да 3D бейнелеуді пайдалану кіреді. Сондай-ақ, мақалада су тасқынының ықтимал қауіптеріне алдын-ала әрекет ету үшін нақты уақыт режимінде ақпарат беруде IoT негізіндегі автоматтандырылған бақылау жүйелерінің әлеуеті көрсетілген.

Түйін сөздер: су басу, ГАЖ, тәуекелдерді басқару, гидродинамикалық модельдеу, кеңістіктік талдау.

*Автор-корреспондент

Диас Қажимқанұлы, e-mail: dias27049795@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-10>

Алынды 27 желтоқсан 2024; Қайта қаралды 17 қаңтар 2025; Қабылданды 24 ақпан 2025

ОБЗОР СОВРЕМЕННЫХ ГИС-ТЕХНОЛОГИЙ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ РИСКАМИ ПОДТОПЛЕНИЯ, ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

А.Т. Мухамеджанова^{1,2} , Д. Қажимқанұлы^{1,2*} , Е.Б. Утепов^{1,2} ,
А.С. Тулебекова^{1,2} , С.А. Караулов¹ 

¹ТОО «Solid Research Group», 010000, Astana, Kazakhstan

²Евразийский национальный университет имени Л.Н. Гумилева, 010008, Astana, Kazakhstan

Аннотация. Подтопление, являющееся следствием повышения уровня грунтовых вод, усугубляемого изменением климата и урбанизацией, представляет собой все более серьезную проблему. В данном обзоре подробно рассматриваются современные стратегии управления рисками подтопления, подчеркивается ключевая роль географических информационных систем (ГИС) и связанных с ними технологий. Во введении подчеркивается серьезность проблемы, указывается на ее сложный характер и негативное влияние на городскую среду. В статье рассматриваются различные подходы к снижению риска, такие как вертикальный и горизонтальный дренаж, автоматизированный мониторинг и искусственное возвышение поверхности. Основное внимание уделяется преобразующему воздействию ГИС, рассматриваются последние исследования, демонстрирующие их эффективность при составлении карт опасностей, оценке воздействия, анализе уязвимости и разработке планов управления рисками. Заслуживает внимания использование спутниковых снимков Landsat 8-9 и Sentinel 1 для мониторинга и моделирования последствий подтопления. В выводах подчеркивается необходимость интеграции многокритериального анализа и ГИС для точного картирования рисков. Статья выступает за использование инновационных методов, таких как трехмерная визуализация в ГИС и усовершенствованные методы прогнозирования. В ней подчеркивается важность технологических достижений для повышения устойчивости городов к подтоплению в различных сценариях. Будущие направления включают совершенствование методов прогнозирования в условиях меняющегося климата, интеграцию искусственного интеллекта и машинного обучения для более точных прогнозов, а также использование 3D-визуализации в ГИС для получения детальных представлений. В статье также подчеркивается потенциал автоматизированных систем мониторинга на базе IoT в предоставлении информации в режиме реального времени для упреждающего реагирования на потенциальные угрозы подтопления.

Ключевые слова: подтопление, ГИС, управление рисками, гидродинамическое моделирование, пространственный анализ.

*Автор-корреспондент

Диас Қажимқанұлы, e-mail: dias27049795@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-10>

Поступило 27 декабря 2024; Пересмотрено 17 января 2025.; Принято 24 февраля 2025

SOURCE OF FUNDING

This research was funded by the Science Committee of the Ministry of Science and Higher Education of the Republic of Kazakhstan (Grant No. AP22785869).

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Бұл зерттеуді Қазақстан Республикасы Ғылым және жоғары білім министрлігінің Ғылым комитеті қаржыландырды (грант № AP22785869).

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Данное исследование было профинансировано Комитетом науки Министерства науки и высшего образования Республики Казахстан (грант № AP22785869).

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 ВВЕДЕНИЕ

Подтопление – это следствие повышения уровня подземных вод, что может привести к различным негативным последствиям для городских территорий. Это явление может вызвать аварийно-катастрофические, антисанитарно-дискомфортные и экономически убыточные состояния зданий, сооружений, коммуникаций и других элементов инфраструктуры города (Hammond et al., 2013).

Под термином «подтопление городских территорий» понимается явление скопления поверхностных вод, обусловленное недостаточной дренажной способностью городских территорий. Это происходит в случае, когда сток не может быть своевременно ликвидирован из-за продолжительных осадков (Zhang et al., 2020; Tang et al., 2018; Zhang et al., 2018). Подтопление, являясь одним из причин городских наводнений (Hammond et al., 2013), представляет собой ситуацию, при которой интенсивные дожди или кратковременные периоды сильных осадков превышают возможности городской системы водоотведения. В результате возникают катастрофические последствия, связанные с поднятием уровня подземных вод (Xue et al., 2016).

Ввиду глобального изменения климата и быстрого процесса урбанизации, проблема подтопления городских территорий приобретает значительный характер в различных городских регионах мира (Akter et al., 2017; Li, 2012). Этот являющийся следствием сочетания факторов процесс порождает серьезные социально-экологические проблемы, такие как разрушение имущества, ограничение мобильности, загрязнение водных ресурсов и экономические убытки (Quan et al., 2010; Salvadore et al., 2015; Zhang et al., 2016), особенно в стремительно развивающихся странах (Xue et al., 2016).

Причины и источники подтопления на Рисунке 1 подразделяются на естественные и техногенные (антропогенные), которые могут проявляться по отдельности или комплексно, влияя на застройку по-разному (Sologayev, 2020).

Следовательно, разработка эффективных стратегий по преодолению проблемы подтопления городов становится насущной задачей для правительств и управляющих ливневыми водами городов агентств.

Среди существующих решений для защиты территорий от подтопления можно выделить следующие:

- с использованием вертикального дренажного элемента и горизонтального дренажа гравитационного типа с малонаклонным и ненаклонным дренажом (Romashchenko et al., 2022);
- автоматизированное решение (датчик с автоматической системой мониторинга воды WE, который проверяет и фиксирует уровень воды с помощью камеры) (Laxmi et al., 2022);
- метод прогнозирования территорий, которые могут быть подвержены подтоплению в будущем (может помочь в планировании городов и предотвращении риска подтопления) (Lin et al., 2022);
- искусственное повышение поверхности территории до незатопляемых планировочных отметок (например, создание насыпи под защищаемыми сооружениями) (Makarov et al., 2015; Brown et al., 2019);
- обвалование территории (создание дамб, насыпей или других ограждающих конструкций, которые препятствуют распространению воды) (Romashchenko et al., 2022);
- устройство руслорегулирующих сооружений и сооружений по регулированию и отводу поверхностного стока (Shaad, 2018);
- устройство систематических дренажных систем и локальных дренажей для отвода воды (включая мероприятия по водопонижению) (Gormley et al., 2021);
- устройство противофильтрационных завес и экранов (Kalybekova et al., 2023; Razuvaev et al., 2022);
- защита водонесущих инженерных коммуникаций (при техногенных рисках) (Bremer et al., 2021).

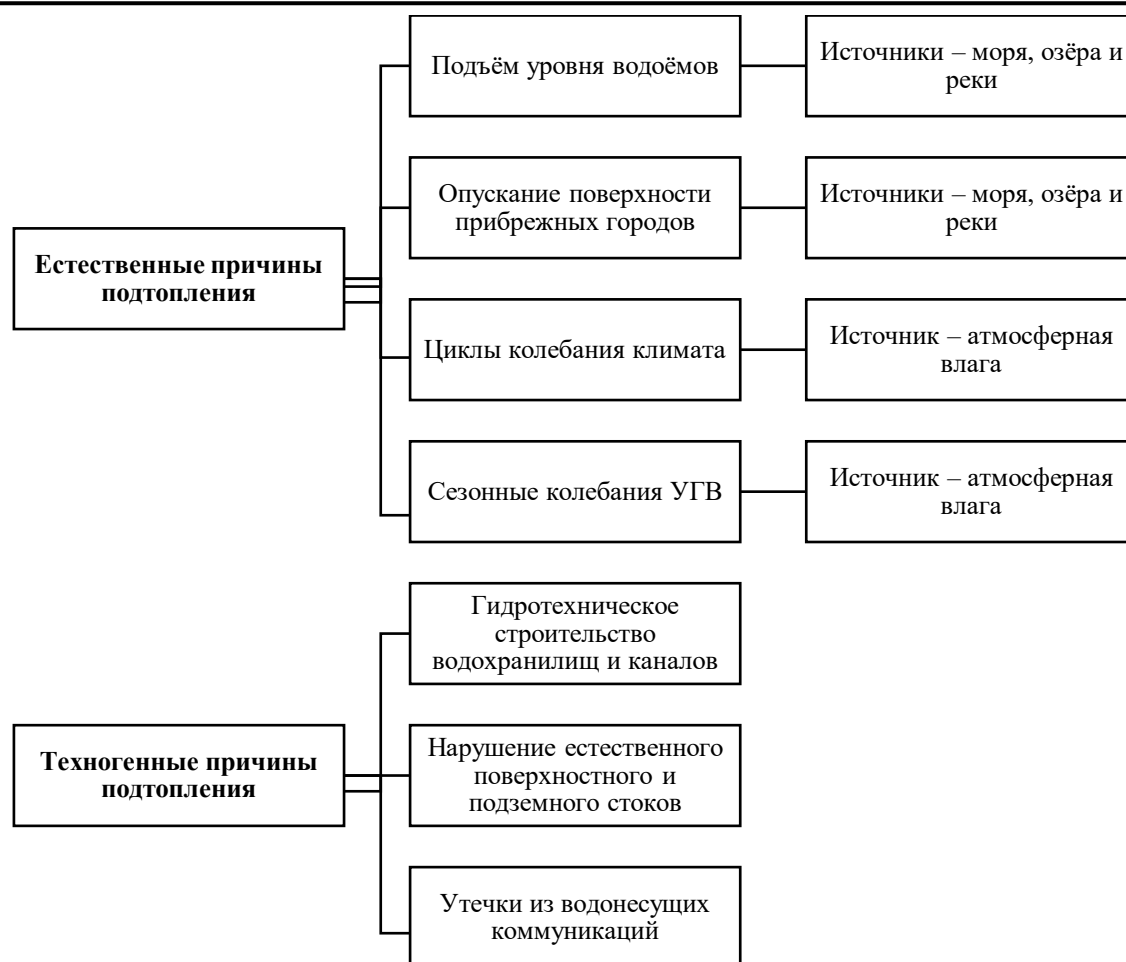


Рисунок 1 – Причины и источники подтопления (Sologayev, 2020)

В последние декады все большее применение обрели Геоинформационные системы (ГИС), способствующие решению различных проблем, имеющих пространственный характер, к которым в том числе относится подтопление. ГИС представляет собой быстрый и эффективный подход к анализу проблем, связанных с подтоплением, а также обеспечивает автоматизацию процедур прогнозирования (Andreev, 2019). Один из способов применения ГИС для предотвращения подтоплений – это использование космических снимков для мониторинга и моделирования уровня паводков вблизи рек, озер, морей, океанов, отслеживание осадков в регионе при помощи специализированных ГИС программ. Основными источниками используемыми спутниковыми снимками для оценки и предотвращения паводковой ситуации могут являться Landsat 8-9 и Sentinel 1, с разрешением от 15 до 30 м/пиксель (Dao & Liou, 2015). Моделирование в специализированной программе дает понимание поведения воды в той или иной местности, также примерного подсчета нанесенного ущерба (Andreev, 2019).

Целью данной работы является раскрытие потенциала применения ГИС в решении проблемы подтопления путем обзора недавних исследований мировой науки и практики. Для обзора подбирались научные статьи экспериментального характера, опубликованные за последние 5 лет в рейтинговых международных журналах.

2 ИНТЕГРИРОВАННЫЕ ГИС ТЕХНОЛОГИИ

В работе (Oumaima et al., 2019) проведено сравнение двух цифровых моделей рельефа (ЦМР): ЦМР ASTER с пространственным разрешением 30 м и ЦМР, полученной на основе стереоскопических снимков Pleiades с разрешением 4 м. С использованием гидравлической

модели (HEC-RAS) и обеих ЦМР были созданы модели и проанализированы зоны затопления для различных периодов возврата. Для оценки обеих ЦМР выбраны различные районы с разными характеристиками: туристические районы с высокой посещаемостью вблизи региональной дороги и сельскохозяйственные районы на аллювиальных террасах, где подвержены воздействию возделываемые поля и инфраструктура. Результаты показывают, что ЦМР с высоким разрешением Pleiades обеспечивает точное картографирование поймы в сложных рельефных условиях, так как она реалистично отображает топографию и позволяет корректно моделировать наблюдаемые уровни воды. Эта работа подчеркивает дополнительную ценность дистанционного зондирования высокого разрешения при моделировании наводнений в регионах с ограниченным объемом данных.

В исследовании (Afifi et al., 2023) применялись методы аналитического иерархического процесса (АИР) и список существенных факторов, влияющих на городские наводнения. Для каждого фактора использовались данные, полученные методами дистанционного зондирования. Количественный анализ с использованием метода АИР был проведен для определения окончательных весов каждого фактора. Пространственный анализ данных при помощи ГИС использовался для выявления различных факторов на карте уязвимости. Результаты показали, что фактор количества осадков имеет наивысшую вероятность наводнения с приоритетным весом 38%, за которым следуют расстояние до ручья (26,3%) и уклон местности (13,4%). Растительный покров-землепользование и высота над уровнем моря оказались менее значимыми с весами 11,5% и 10,8%, соответственно. Разработанная карта уязвимости классифицирует зоны на три уровня риска городских наводнений: высокий, умеренный и низкий. Эта классификация направлена на поддержку принятия решений и подготовку к смягчению последствий наводнений.

В работе (Natsuaki & Nagai, 2020) применение космического радара с синтезированной апертурой (SAR) для обнаружения наводнений оказалось эффективным инструментом в управлении ликвидацией последствий стихийных бедствий. Точность обнаружения повышается при накоплении наблюдений перед наступлением события, однако использование нескольких режимов наблюдения может привести к недостаточному охвату данных в одном режиме с одной и той же орбиты. Последние исследования в области обнаружения наводнений сосредотачиваются на преимуществах обширного набора наблюдений, выполненных с использованием одной орбиты и в одном и том же режиме перед событием. Однако в этих исследованиях не учитывается потенциальное использование нескольких орбит и режимов. Исследование направлено на анализ влияния изменения орбиты или режима наблюдения перед событием на результаты. Экспериментальные данные показали, что в таких неидеальных условиях существует вероятность упущения зон затопления. Однако точность обнаружения может быть восстановлена путем объединения результатов анализа различных наборов данных, что делает ее сопоставимой с идеальными сценариями.

В рамках исследования (Alawadi et al., 2023) для анализа изменений на затопленных территориях и в водохранилищах использовались методы дистанционного зондирования, основанные на спектральных индексах. Для этих целей были применены два спектральных индекса: нормализованный разностный индекс воды (NDWI) и нормализованный разностный индекс влажности (NDMI)., Связанные с наводнениями неизмеренные потоки в болото были также оценены с использованием водного баланса. Проверка точности определения площади водной поверхности, полученной с использованием индексов дистанционного зондирования, продемонстрировала приемлемый уровень точности, что положительно сказалось на расчетах притока воды. Результаты водного баланса показали, что в течение 5 месяцев после наводнения приток воды в болото составил приблизительно 41,2% от общего объема поступившей воды в данное болото.

В исследовании (Yang et al., 2023) проведен комплексный анализ опасностей от внезапных обрушений ледниковых озер (GLOF) с использованием многоисточниковых данных дистанционного зондирования. Разработана модель наводнений, учитывающая различные глубины прорыва и объемы выбросов. С использованием оптических изображений

высокого разрешения была определена площадь и объем расширяющихся ледниковых озер. Используя интерферометрический радар с синтезированной апертурой (SBAS-InSAR), отслеживалась скорость деформации и долгосрочные временные ряды деформации в районе плотины озера. Тенденция истончения ледника была выявлена по разнице в ЦМР. Путем объединения топографического уклона и измеряемой деформации были выделены потенциальные источники лавин. Затем было проведено моделирование наводнений для трех различных сценариев с использованием гидродинамической модели HEC-RAS. Полученные результаты свидетельствуют о том, что во всех сценариях река подвергается высокоинтенсивному воздействию GLOF. Увеличение глубины потока и пикового расхода наблюдается при большей глубине прорыва и объеме сброса. В общем, различные методы дистанционного зондирования могут быть применены к другим ледниковым озерам, а моделирование может служить основой для смягчения последствий GLOF.

В исследовательской работе (Annis et al., 2020) выбрали ЦМР LiDAR в качестве эталона для сравнения характеристик беспилотных летательных аппаратов (БПЛА) с национальной ЦМР высокого разрешения (TINITALY) при моделировании топографии водосборной площади для анализа потенциальных наводнений. Различные ЦМР были обработаны для получения исходных данных, используемых в цепочке гидролого-гидравлического моделирования. Эта цепочка включает в себя систему гидрологического моделирования EBA4SUB (Event-Based Approach for Small and Ungauged Basins), основанную на ЦМР, для оценки расчетного гидрографа в неградуированных водосборах, а также двумерную гидравлическую модель FLO-2D для моделирования маршрута паводковых волн и создания карт опасности. В результате проведенного исследования был выполнен количественный анализ, который подтвердил устойчивые характеристики ЦМР, полученных с использованием БПЛА, и поддержал возможность эффективного дистрибутивного моделирования распространения и глубины наводнений.

В исследовании (Muthusamy et al., 2019) предложен комплексный концептуальный подход, основанный на дистанционном зондировании, для усовершенствования текущей оценки масштабов и ущерба от наводнений. В работе использовали ЦМР с высоким разрешением, созданную на основе цифровой модели поверхности и цифровой модели ландшафта. С этой моделью была разработана 2D модель наводнения в программе HEC-RAS (v5) для изучаемой области, учитывая как речные, так и плювиальные наводнения. Откалиброванные модели затем применялись для сравнения ущерба от речных и комбинированных наводнений на различных типах землепользования. Также были сопоставлены количество пострадавших жилых объектов с использованием результатов моделирования и данные, полученные с помощью БПЛА. Авторы утверждают, что это первый случай, когда объединены данные дистанционного зондирования, гидрологического моделирования и информация об ущербе от наводнений на уровне объекта для анализа масштабов и последствий речных и плювиальных наводнений в одном событии. Результаты подчеркивают важность учета плювиальных наводнений, даже если речные паводки являются основной причиной ущерба. Результаты исследований показали, что плювиальные паводки увеличивают количество пострадавших объектов на 25%, а также углубляют затопленные территории, подчеркивая необходимость учета плювиальных наводнений в стратегиях управления рисками. Большая часть данных для этого исследования была получена с использованием методов дистанционного зондирования, включая БПЛА, что подчеркивает важность развития таких систем для улучшения практик оценки масштабов и ущерба от наводнений.

В исследовании (Albano et al., 2020) предлагается бюджетный метод обширного картографирования непосредственного экономического ущерба от наводнений в условиях ограниченности данных. Методика включает три основных этапа: создание карты глубины воды с применением геоморфологического метода, основанного на контролируемой линейной бинарной классификации; формирование карты землепользования на основе многоспектральных спутниковых изображений Landsat 8 с использованием алгоритма

классификации, основанного на машинном обучении; и проведение оценки ущерба от наводнений с использованием ГИС-инструмента, основанного на методе кривых уязвимости (глубина-ущерб). Предложенный комплексный подход был применен на всей территории Румынии за период 100 лет с разрешением 30 метров на [Рисунке 2](#). Результаты показали, что предложенная экономичная модель может эффективно выполнять обширный анализ в условиях ограниченности данных, что особенно важно для оценки риска наводнений. Такой подход может быть полезен при проведении и обновлении оценок риска и управлении им, учитывая временные и пространственные изменения в опасности, подверженности и уязвимости.

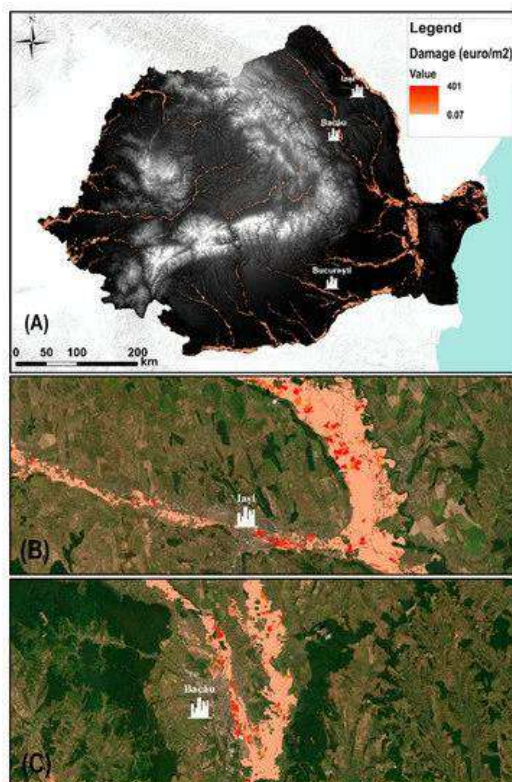


Рисунок 2 – Карта ущерба для (А) Румынии с разрешением 30 м для события со 100-летним периодом возврата и для (В) и (С) двух крупных городов Румынии, пострадавших от прошлых наводнений ([Albano et al., 2020](#))

В исследовании ([Dao & Liou, 2015](#)) представлен объектно-ориентированный подход к картографированию зон наводнений и оценке ущерба. В рамках этого подхода производилась обработка сегментации изображений с оптимальной оценкой масштабных параметров на основе изменений локальных вариаций объектов. Выявление затопленных территорий осуществлялось на основе анализа снимков Landsat 8 с общей точностью более 95% по сравнению с данными, полученными с использованием снимков с более высоким пространственным разрешением. Продукты вегетационного индекса спектро радиометра MODIS использовались для выделения полей на основе сезонных колебаний между вегетацией и водным индексом в период пересадки. Полученные результаты картографирования наводнений и оценки ущерба рисовым полям представили ценную информацию для местных властей, облегчая управление последствиями наводнений, а также обеспечивая основу для компенсаций и восстановительных мероприятий.

В работе ([Muhammad Amin & Othman, 2018](#)) применялось программное обеспечение InfoWorks RS для проведения моделирования. Собранные данные были переданы в соответствующие процедуры моделирования. Полученные результаты свидетельствуют о способности модели с высокой достоверностью имитировать глубину наводнения и создавать карту паводков. Сформированная карта наводнений может быть полезным инструментом для

местных властей и населения при планировании и проектировании, направленных на минимизацию последствий и ущерба от наводнений.

В результате обзора исследований, посвященных моделированию и оценке риска и масштабов наводнений, выявлены ключевые тенденции, подчеркивающие важность интеграции современных технологий. Выявлено, что использование БПЛА и ЦМР с высоким разрешением улучшает точность оценки риска, а комбинированный подход, включающий данные дистанционного зондирования, гидрологического моделирования и информацию об ущербе, позволяет более полно оценить масштабы наводнений. Геоморфологические и методы машинного обучения демонстрируют потенциал для бюджетного картографирования ущерба. В целом, эти исследования подчеркивают необходимость интеграции новейших ГИС технологий в оценку и управлении рисками наводнений, что способствует эффективному планированию и принятию решений для минимизации последствий.

3 СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ

В работе (Luchnikov et al., 2023) был проведен комплекс полевых изысканий с использованием современного геодезического оборудования, включая БПЛА, который применен для создания подробных ЦМР и ортофотопланов населенных пунктов. Полученные данные были использованы в гидродинамическом моделировании процесса половодий с различной степенью обеспеченности. Комбинированные натурные исследования, включая использование БПЛА, обеспечили высококачественные входные данные для разработки и верификации гидродинамической модели участка, а затем для расчета границ зон затопления населенных пунктов. С использованием подробных ортофотопланов были составлены списки жилых объектов, объектов коммунального хозяйства и инфраструктуры, подпадающих под воздействие зон затопления.

(Shugulova et al., 2022) проведено исследование по методике геоинформационного моделирования территорий, подвергающихся периодическим затоплениям в речной долине. Разработана анимационная ГИС-модель затопления объекта исследования, который ежегодно подвергается интенсивным затоплениям. Моделирование сценария проводилось на основе гидрологических данных, информации о поднятии уровня воды в определенный период, а также рельефных данных с использованием инструментов ArcGIS ArcScene на [Рисунке 3](#). Примененные методы включают сравнительно-географический анализ, картографические методы, полевые исследования, и другие ГИС технологии. Исследование включает несколько этапов, в том числе сбор и обобщение аналитических данных о гидрологическом режиме, весеннем половодье, паводковых явлениях, создание ЦМР на основе данных SRTM и разработку прогнозной модели затопления. Полученные результаты могут быть использованы при планировании и реализации мероприятий по предотвращению чрезвычайных ситуаций, связанных с паводковыми явлениями на данной реке.

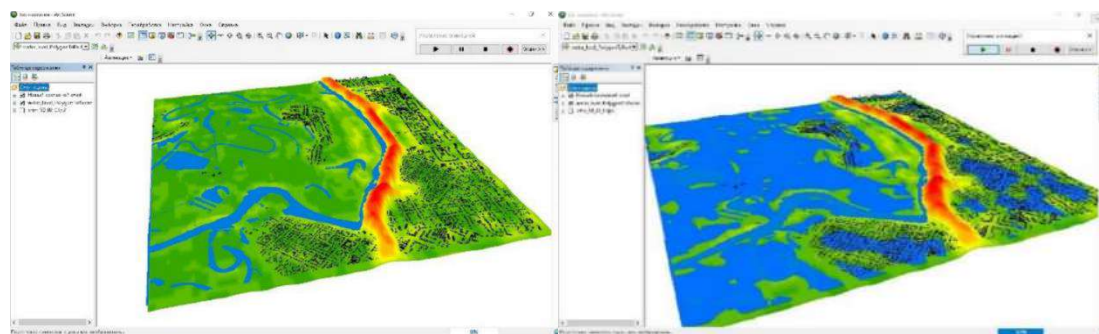


Рисунок 3 – Модель подтопления до и после в ArcScene (Shugulova et al., 2022)

В исследовании (Xie et al., 2022) для определения весов индекса был применен метод взвешенной комплексной оценки (АНР), а диапазон затопления дождевого стока при

различных сценариях ливня был определен с использованием модели формирования стока от Службы охраны почв (SCS) и моделирования пассивного затопления в локальной системе ГИС с равным объемом. Результаты свидетельствуют о том, что при количестве осадков менее 100 мм за 2 часа площадь затопления увеличивается на 3,4 км² за каждые 10 мм, а при количестве осадков, превышающем 100 мм за 2 часа, площадь затопления увеличивается на 18 км² за каждые 10 мм осадков. Общая площадь зон среднего и высокого риска затопления составляет 441,3 км².

В работе (Andreev, 2019) освещается текущее положение и перспективы применения геоинформационных технологий (ГИС-технологии, ГИС-пакеты) с использованием картографического подхода для прогнозирования и моделирования одной из наиболее актуальных проблем в области экологии и чрезвычайных ситуаций. Анализируются текущие масштабы использования ГИС-технологий и этапы разработки единой корпоративной информационной системы для водных объектов и водного хозяйства. Подробно описываются компоненты ГИС-пакета, используемой для прогнозирования наводнений, а также инструменты ГИС-технологий, предназначенные для решения прогностических задач, таких как аппаратно-программные комплексы, обеспечивающие сбор, обработку, отображение и распространение пространственно-координированных данных. Выделены преимущества ГИС-технологий при создании моделей затопленных областей, включая их простоту использования и возможность моделирования движения воды и его последствий в конкретных сценариях (например, в зависимости от погодных условий). Также обсуждается текущий недостаток большинства ГИС-пакетов, такой как ограниченная информативность картографических данных моделирования, представленных в двумерном пространстве. В связи с этим авторами предлагается использование 3D визуализации с применением программных средств ArcGIS для получения более точного и детального представления о затопленных территориях.

Из проведенного обзора исследований в области моделирования с использованием геоинформационных технологий выделяются несколько общих тенденций. Во-первых, использование современных геодезических методов, включая беспилотные летательные аппараты (БПЛА), и создание подробных цифровых моделей рельефа позволяют более точно оценивать гидродинамические процессы и разрабатывать эффективные стратегии управления рисками в зонах затопления. Во-вторых, применение геоинформационного моделирования и анализа данных в сочетании с гидрологическими моделями способствует более точному выявлению уязвимых территорий и предоставляет ценные инструменты для принятия решений в области предотвращения чрезвычайных ситуаций. Наконец, перспективы использования трехмерной визуализации, особенно в контексте программных средств ArcGIS, предоставляют возможность получения более детального представления о затопленных областях. В целом, эти подходы и инструменты могут значительно улучшить эффективность и точность прогнозирования и управления рисками наводнений в различных сценариях.

В работе (Duan et al., 2022) предлагается метод оценки риска подтопления городов, который объединяет многокритериальный анализ решений (МКАР) и ГИС. Система оценки риска подтопления городов включает четыре основных компонента: опасность, подверженность, уязвимость и возможность экстренного реагирования и восстановления. Аналитический процесс иерархии (АНР) представляет собой широко используемый метод МКАР, применяемый для вычисления весов и создания карт результатов опасности, подверженности, уязвимости, а также способности к чрезвычайному реагированию и восстановлению. В соответствии с принципами оценки риска при стихийных бедствиях, в данном исследовании было учтено 18 параметров, включая пространственные и атрибутивные данные. Результаты моделирования были сопоставлены с зарегистрированными точками подтопления, и они указывают на более высокую надежность данной модели.

В работе (Jun, 2019) была разработана модель оценки индекса риска подтопления в городах с использованием пространственного анализа в ArcGIS. При комплексной оценке риска и проведении региональных исследований вес каждого индекса риска определяется с

применением АНР, а нечеткая оценка применяется к растровым данным индекса риска в ГИС. Это позволило эффективно управлять данными индекса риска, объединяя пространственный анализ с визуальным представлением. Полученные результаты классификации и регионализации оценки риска предоставляют техническую поддержку и информацию для принятия решений в предотвращении риска подтопления городов, а также в разработке планов снижения риска стихийных бедствий.

В исследовании (Roy et al., 2021) проведено первоначальное полевое исследование с целью создания инвентаризационной карты зон подтопления. В процессе использовались семнадцать дополнительных параметров, включая пространственные и атрибутивные данные из вторичных источников. Целью было определение уровня опасности подтопления, уязвимости к данному явлению и составление карты рисков с применением интегрированного АНР и методов, представленных ГИС. Результаты тестирования решения выявили, что приблизительно 46% территории исследуемого объекта подпадают под высокий и очень высокий риск подтопления, а 38% территории является очень уязвимым к данному явлению. Составленная карта рисков показывает, что примерно 35% исследуемой территории подвержена угрозе подтопления, преимущественно в центральной части объекта. Достигнутая точность составила 78,2%. Общая стратегия данного исследования может быть применена в планировании и смягчении последствий с целью уменьшения числа случаев подтоплений в будущем в различных регионах мира.

Из представленных исследований в области оценки риска подтопления городов с использованием геоинформационных технологий выделяется тенденция к комбинированию МКАР и ГИС. Применение АНР для расчета весов и создания карт результатов опасности, подверженности, уязвимости, а также способности к чрезвычайному реагированию и восстановлению демонстрирует эффективное использование технологий для оценки рисков стихийных бедствий. Исследования также подчеркивают значимость интеграции пространственного анализа и визуализации данных с целью предоставления более точной и наглядной информации для принятия решений в области управления рисками подтопления городов. Подходы, основанные на интегрированных методах оценки, могут эффективно служить основой для разработки планов снижения рисков и предотвращения чрезвычайных ситуаций в различных городских регионах мира.

5 ВЫВОДЫ

Интеграция передовых геоинформационных технологий, включая беспилотные летательные аппараты и гидродинамические модели, существенно повышает эффективность оценки и управления рисками подтоплений, обеспечивая точные данные для разработки стратегий предотвращения и смягчения их последствий.

Многокритериальный анализ решений (МКАР) в сочетании с геоинформационными системами (ГИС) успешно применяются при оценке риска подтопления городов, позволяя проводить комплексные оценки опасности, подверженности, уязвимости и возможности экстренного реагирования, что повышает точность и достоверность моделей.

Применение методов анализа и оценки риска подтоплений с использованием ГИС-технологий требует интеграции данных о гидродинамике, геодезии и метеорологии, что подчеркивает важность развития комплексных методологий для улучшения стратегий управления и минимизации воздействия стихийных бедствий.

В свете динамичных климатических изменений и увеличивающейся угрозы подтоплений, будущее развитие методов оценки и управления рисками должно активно включать в себя прогностические модели, использующие современные технологии и искусственный интеллект, чтобы эффективно предсказывать и минимизировать последствия наводнений в различных экосистемах и населенных территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Hammond, M. J., Chen, A. S., Djordjević, S., Butler, D., & Mark, O.** (2013). Urban flood impact assessment: A state-of-the-art review. *Urban Water Journal*, 12(1), 14–29. <https://doi.org/10.1080/1573062X.2013.857421>
2. **Zhang, Q., Wu, Z., Zhang, H., Dalla Fontana, G., & Tarolli, P.** (2020). Identifying dominant factors of waterlogging events in metropolitan coastal cities: The case study of Guangzhou, China. *Journal of Environmental Management*, 271, 110951. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110951>
3. **Tang, X., Shu, Y., Lian, Y., Zhao, Y., & Fu, Y.** (2018). A spatial assessment of urban waterlogging risk based on a Weighted Naïve Bayes classifier. *Science of The Total Environment*, 630, 264–274. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.172>
4. **Zhang, H., Cheng, J., Wu, Z., Li, C., Qin, J., & Liu, T.** (2018). Effects of Impervious Surface on the Spatial Distribution of Urban Waterlogging Risk Spots at Multiple Scales in Guangzhou, South China. *Sustainability*, 10(5), 1589. <https://doi.org/10.3390/su10051589>
5. **Xue, F., Huang, M., Wang, W., & Zou, L.** (2016). Numerical Simulation of Urban Waterlogging Based on FloodArea Model. *Advances in Meteorology*, 2016, 1–9. <https://doi.org/10.1155/2016/3940707>
6. **Akter, A., Mohit, S. A., & Chowdhury, M. A. H.** (2017). Predicting urban storm water-logging for Chittagong city in Bangladesh. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 6(1), 238–249. <https://doi.org/10.1016/j.ijsbe.2017.01.005>
7. **Li, C.** (2012). Ecohydrology and good urban design for urban storm water-logging in Beijing, China. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 12(4), 287–300. <https://doi.org/10.2478/v10104-012-0029-8>
8. **Quan, R.-S., Liu, M., Lu, M., Zhang, L.-J., Wang, J.-J., & Xu, S.-Y.** (2010). Waterlogging risk assessment based on land use/cover change: a case study in Pudong New Area, Shanghai. *Environmental Earth Sciences*, 61(6), 1113–1121. <https://doi.org/10.1007/s12665-009-0431-8>
9. **Salvadore, E., Bronders, J., & Batelaan, O.** (2015). Hydrological modelling of urbanized catchments: A review and future directions. *Journal of Hydrology*, 529, 62–81. <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2015.06.028>
10. **Zhang, L., Yang, Z., Voinov, A., & Gao, S.** (2016). Nature-inspired stormwater management practice: The ecological wisdom underlying the Tuanchen drainage system in Beijing, China and its contemporary relevance. *Landscape and Urban Planning*, 155, 11–20. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2016.06.015>
11. **Sologayev, V.** (2020). Protection against waterlogging in urban construction. Training manual. OMSK: SibADI
12. **Romashchenko, M., Savchuk, D., Shevchenko, A., Babitska, O., Kharlamov, O., & Kotykovych, I.** (2022). Protection of territories from waterlogging in the zone of the North Crimean Canal of Kherson region and ways to improve it. *Land Reclamation and Water Management*, (2), 65 - 74. <https://doi.org/10.31073/mivg202202-342>
13. **Laxmi, B. P., Jasmine, R. R., Vignesh, S., Rohith, K., & Bharath, V.** (2022). Automated solution for waterlogging problem. *International Journal of Health Sciences*, 6(S4), 4147–4154. <https://doi.org/10.53730/ijhs.v6nS4.9057>
14. **Lin, J., He, P., Yang, L., He, X., Lu, S., & Liu, D.** (2022). Predicting future urban waterlogging-prone areas by coupling the maximum entropy and FLUS model. *Sustainable Cities and Society*, 80, 103812. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103812>
15. **Makarov, A., Mihailova, A., Arefiev, N., Pavlov, S., Chashchina, T., Terleev, V., & Badenko, V.** (2015). Country Area Territory Protection from Flooding; Construction Conditions, Problem Definition and Solution. *Procedia Engineering*, 117, 225–231. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2015.08.153>
16. **Brown, S., Wadey, M. P., Nicholls, R. J., Shareef, A., Khaleel, Z., Hinkel, J., & McCabe, M. V.** (2019). Land raising as a solution to sea-level rise: An analysis of coastal flooding on an artificial island in the Maldives. *Journal of Flood Risk Management*, 13(S1), e12567.

- <https://doi.org/10.1111/jfr3.12567>
17. **Shaad, K.** (2018). Evolution of river-routing schemes in macro-scale models and their potential for watershed management. *Hydrological Sciences Journal*, 63(7), 1062–1077. <https://doi.org/10.1080/02626667.2018.1473871>
18. **Gormley, M., Kelly, D., Campbell, D., Xue, Y., & Stewart, C.** (2021). Building Drainage System Design for Tall Buildings: Current Limitations and Public Health Implications. *Buildings*, 11(2), 70. <https://doi.org/10.3390/buildings11020070>
19. **Kalybekova, Y., Zhu, K., Nurlan, B., Seytassanov, I., Ishangaliyev, T., Yermek, A., Ismailova, G., Kurmanbek, Z., Issakov, Y., & Dávid, L.D.** (2023). Minimizing seepage in irrigation canals in land reclamation systems via an innovative technology. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 7, 1223645. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2023.1223645>
20. **Razuvaev, D.A., Chakhlov, M.G., Soloviova, V.Y., & Karpachevsky, G.V.** (2022). Injection Compositions for Creating Impervious Screen for Roadbed Foundation. *Transportation Research Procedia*, 61, 621–626. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2022.01.100>
21. **Bremer, L. L., DeMaagd, N., Wada, C. A., & Burnett, K. M.** (2021). Priority watershed management areas for groundwater recharge and drinking water protection: A case study from Hawai'i Island. *Journal of Environmental Management*, 286, 111622. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.111622>
22. **Andreev, D.V.** (2019). Application of GIS technologies to determine flooding in the Republic of Sakha (Yakutia). *Advances in Current Natural Sciences*, 11, 43–47. <https://doi.org/10.17513/use.37238> (In Russ.).
23. **Dao, P., & Liou, Y.-A.** (2015). Object-Based Flood Mapping and Affected Rice Field Estimation with Landsat 8 OLI and MODIS Data. *Remote Sensing*, 7(5), 5077–5097. <https://doi.org/10.3390/rs70505077>
24. **Oumaima, B., Yves, T., El Mehdi, S. M., Simon, G., & Frederic, L.** (2019). Flood Hazard Mapping Using Two Digital Elevation Models: Application in a Semi-Arid Environment of Morocco. *European Scientific Journal*, ESJ, 15(33), 338. <https://doi.org/10.19044/esj.2019.v15n33p338>
25. **Affi, M., Wahaab, R.A., Khalifa, A., Moukhtar, I., & Elalfy, E.** (2023). Assessment of Anticipatory Approach Using the Integration of GIS, and Remote Sensing Techniques for Flood Management in Alexandria City, Egypt. *Civil Engineering and Architecture*, 11(3), 1439–1453. <https://doi.org/10.13189/cea.2023.110326>
26. **Natsuaki, R., Nagai, H.** (2020). Synthetic Aperture Radar Flood Detection under Multiple Modes and Multiple Orbit Conditions: A Case Study in Japan on Typhoon Hagibis, 2019. *Remote Sensing*, 12(6), 903. <https://doi.org/10.3390/rs12060903>
27. **Alawadi, W., Raheem, Z.A., Yaseen, D.A.** (2023). Use of Remote Sensing Techniques to Assess Water Storage Variations and Flood-Related Inflows for the Hawizeh Wetland. <https://doi.org/10.21203/rs.3.rs-2748808/v1>
28. **Yang, L., Lu, Z., Ouyang, C., Zhao, C., Hu, X., & Zhang, Q.** (2023). Glacial Lake Outburst Flood Monitoring and Modeling through Integrating Multiple Remote Sensing Methods and HEC-RAS. *Remote Sensing*, 15(22), 5327. <https://doi.org/10.3390/rs15225327>
29. **Annis, A., Nardi, F., Petroselli, A., Apollonio, C., Arcangeletti, E., Tauro, F., & Grimaldi, S.** (2020). UAV-DEMs for Small-Scale Flood Hazard Mapping. *Water*, 12(6), 1717. <https://doi.org/10.3390/w12061717>
30. **Albano, R., Samela, C., Crăciun, I., Manfreda, S., Adamowski, J., Sole, A., & Ozunu, A.** (2020). Large Scale Flood Risk Mapping in Data Scarce Environments: An Application for Romania. *Water*, 12(6), 1834. <https://doi.org/10.3390/w12061834>
31. **Muthusamy, M., Rivas Casado, M., Salmoral, G., Irvine, T., & Leinster, P.** (2019). A Remote Sensing Based Integrated Approach to Quantify the Impact of Fluvial and Pluvial Flooding in an Urban Catchment. *Remote Sensing*, 11(5), 577. <https://doi.org/10.3390/rs11050577>
32. **Muhammad Amin, N.F., Othman, F.** (2018). Generation of Flood Map Using Infoworks for Sungai Johor. *International Journal of Integrated Engineering*, 10(2), 142–145.

- <https://doi.org/10.30880/ijie.2018.10.02.026>
33. **Luchnikov, A.I., Goldobin, N.A., Lepeshkin, S.A.** (2023). Experience of comprehensive field studies with the use of UAVS in solving tasks for the assessment of flood zones of settlements (on the example of the Pechora River). Water sector of Russia: problems, technologies, management, Water resources, water bodies, 2, 69-89. https://doi.org/10.35567/19994508_2023_2_4 (In Russ.).
 34. **Shugulova, D.K., Mazhitova, G.Z., Dzhanaleeva, K.M.** (2022). Determination of flooded areas using gis modeling of hydrological processes. Bulletin of the L.N. Gumilyov Eurasian National University. Chemistry. Geography. Ecology Series, 139(2), 72-79. <https://doi.org/10.32523/2616-6771-2022-139-2-72-79> (In Russ.).
 35. **Xie, S., Liu, W., Yuan, Z., Zhang, H., Lin, H., & Wang, Y.** (2022). Integrated Risk Assessment of Waterlogging in Guangzhou Based on Runoff Modeling, AHP, GIS and Scenario Analysis. Water, 14(18), 2899. <https://doi.org/10.3390/w14182899>
 36. **Duan, C., Zhang, J., Chen, Y., Lang, Q., Zhang, Y., Wu, C., & Zhang, Z.** (2022). Comprehensive Risk Assessment of Urban Waterlogging Disaster Based on MCDA-GIS Integration: The Case Study of Changchun, China. Remote Sensing, 14(13), 3101. <https://doi.org/10.3390/rs14133101>
 37. **Jun, S.** (2019). Risk Assessment of Urban Waterlogging Based on GIS. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 376, 012034. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/376/1/012034>
 38. **Roy, S., Bose, A., Singha, N., Basak, D., & Chowdhury, I. R.** (2021). Urban waterlogging risk as an undervalued environmental challenge: An Integrated MCDA-GIS based modeling approach. Environmental Challenges, 4, 100194. <https://doi.org/10.1016/j.envc.2021.100194>

MODEL OF THERMAL BALANCE CHANGE IN LARGE CITIES AND SOURCES OF ITS EMERGENCE

A.K. Nurakhova^{1,*} , S.N. Kiyalbay¹ 

¹Kazakh Automobile and Road Institute, 050061, Kazakhstan

Abstract. *The article presents a model for the change in thermal pollution in large cities, caused by the impact of solar radiation and traffic flow. Two main regimes are considered: laminar and turbulent, which characterize different heat exchange conditions in the urban atmosphere. Special attention is given to the analysis of air pollution caused by changes in the thermal balance in the urban environment. Unlike traditional sources of pollution, such as transportation and industry, heat exchange processes occurring in road surface materials have a significant impact on thermal pollution. The model is focused on studying heat and mass exchange processes occurring in the layers of road structures, as well as heat dissipation from these structures into the urban air environment. The key aspects of the study are heat transfer by convection and thermal conductivity of the air medium, which play an important role in the spread of thermal energy and, accordingly, in the formation of thermal pollution. The proposed model allows for a deeper understanding of the mechanisms that influence the temperature regime in cities and assessing their impact on environmental quality. The article discusses both theoretical and practical aspects of thermal processes in the urban atmosphere, opening opportunities for more effective management of thermal pollution and minimizing its impact on the health of city residents.*

Keywords: *thermal balance, convective heat transfer, thermal conductivity, heat dissipation, laminar flow, turbulence, urban asphalt-concrete pavement.*

***Corresponding author**
Nurakhova Akmaral, e-mail: ay_ar77@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-11>

Received 03 December 2024; Revised 21 January 2025; Accepted 20 February 2025

ӘОЖ 525.855:621.1.016.4

ҒТАМР 32.39.01

ҒЫЛЫМИ МАҚАЛА

ҮЛКЕН ҚАЛАЛАРДАҒЫ ЖЫЛУЛЫҚ ТЕҢДЕСТІРУ МОДЕЛІ ЖӘНЕ ОНЫҢ ПАЙДА БОЛУ КӨЗДЕРІ

А.К. Нурахова^{1,*} , С.Н. Киялбай¹ 

¹Қазақ автомобиль-жол институты, Алматы, 050061, Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада ірі қалалардағы жылулық ластанудың өзгеруін күн радиациясының әсері мен көлік қозғалысының әсерінен қалыптасқан модель ұсынылған. Осылайша, мақалада бұл мәселе екі режимде қарастырылады: ламинарлық және турбулентті. Атмосфераның ластануына байланысты жылулық баланс өзгерістерін талдауға егжей-тегжейлі тоқталады. Қалалардағы ластанудың көздері тек көлік немесе өнеркәсіп қана емес, сонымен қатар жол жабындарының материалдарынан жылу алмасу әсері де айтарлықтай әсер етеді. Модельдің негізі жол құрылымдарының қабаттарында жылу мен масса алмасу процестерін зерттеуге және олардан ауаның қалалық ортаға жылу беруін зерттеуге бағытталған. Бұл жерде ауаның жылу өткізгіштігін ескере отырып, жылудың конвекциялық ауысымы кеңінен қарастырылады. Ұсынылған модель қала атмосферасындағы жылу алмасу механизмдерін тереңірек түсінуге және олардың қоршаған ортаға әсерін бағалауға мүмкіндік береді. Мақалада қалалық атмосферадағы жылу-техникалық процестердің теориялық және практикалық аспектілері қарастырылып, жылулық ластануды басқару мен оның қала тұрғындарының денсаулығына әсерін азайту бойынша тиімді шараларды жүзеге асыру мүмкіндіктері талқыланады.

Түйін сөздер: жылулық тепе-теңдік, жылудың конвекциялық таралымы, жылуөткізгіштік, жылу берілу, ламинарлық қозғалыс, турбуленттілік, қалалық асфальт бетоны.

***Автор-корреспондент**

Акмарал Нурахова, e-mail: ay_ar77@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-11>

Алынды 03 желтоқсан 2024; Қайта қаралды 21 қаңтар 2025; Қабылданды 20 ақпан 2025

УДК 525.855:621.1.016.4
МРНТИ 32.39.01
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

МОДЕЛЬ ИЗМЕНЕНИЯ ТЕПЛОВОГО БАЛАНСА В КРУПНЫХ ГОРОДАХ И ИСТОЧНИКИ ИХ ПОЯВЛЕНИЯ

А.К. Нурахова^{1,*} , С.Н. Киялбай¹ 

¹Казахский автомобильно-дорожный институт, Алматы, 050061, Казахстан

Аннотация. В статье представлена модель изменения теплового загрязнения в крупных городах, вызванного воздействием солнечной радиации и движением транспортного потока. Рассматриваются два основных режима: ламинарный и турбулентный, которые характеризуют различные условия теплообмена в городской атмосфере. Особое внимание уделено анализу загрязнения атмосферного воздуха, обусловленного изменениями теплового баланса в городской среде. В отличие от традиционных источников загрязнения, таких как транспорт и промышленность, существенное влияние на тепловое загрязнение оказывают теплообменные процессы, происходящие в материалах дорожных покрытий. Модель ориентирована на изучение тепломассообменных процессов, происходящих в слоях дорожных конструкций, а также теплоотдачи от этих конструкций в воздушную среду города. Ключевыми аспектами исследования являются перенос тепла конвекцией и теплопроводность воздушной среды, которые играют важную роль в распространении тепловой энергии и, соответственно, в формировании теплового загрязнения. Предложенная модель позволяет более глубоко понять механизмы, которые влияют на температурный режим в городах, и оценить их влияние на качество окружающей среды. В статье рассматриваются как теоретические, так и практические аспекты теплотехнических процессов в городской атмосфере, что открывает возможности для более эффективного управления тепловым загрязнением и минимизации его воздействия на здоровье горожан.

Ключевые слова: тепловой баланс, конвекционный перенос тепла, теплопроводность, теплоотдача, ламинарное движение, турбулентность, городское асфальтобетонное покрытие.

***Автор-корреспондент**

Акмарал Нурахова, e-mail: ay_ar77@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-11>

Поступило 03 декабря 2024; Пересмотрено 21 января 2025; Принято 20 февраля 2025

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ / ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

The growth of urban areas has led to their noticeable effect on atmospheric phenomena. The significant density of urban settlements and industrial facilities, as well as the increase in the area of transport highways, led to the appearance of an extensive heat zone within the city.

In rural flat areas, the sun's rays are mainly reflected; in the city, roofs and walls of houses, dark asphalt surfaces of roads and sidewalks absorb solar radiation to a much greater extent than the soil and vegetation outside the city, and then emit it. The increase in air temperature in the city is also due to heat loss by industrial enterprises and thermal power plants.

The increase in the thermal balance of cities is significantly influenced by the conditions of movement of vehicles, the thermo physical properties of road surfaces and squares, as well as their geographical location. Due to the low ventilation, the volume of the aerosol thermal dome over the city increases, which is formed at an altitude of 200-300 m and prevents vertical ventilation. Such phenomena are especially strong in the atmospheric environment of Almaty, Tekeli, Zaisan, Ust-Kamenogorsk, etc., because they are surrounded on all sides by mountains, which contribute to a sharp change in the microclimate of the air environment. For example, Table 1 shows that the microclimate of city streets, measured in Almaty and Ust-Kamenogorsk, differs significantly from the microclimate outside the city. The temperature difference between inside and outside the city in summer is $+5-7^{\circ}\text{C}$, and in winter $-+3-5^{\circ}\text{C}$.

Table 1

Microclimate of the Almaty and Ust-Kamenogorsk road network [15]

Cities	The intersection of streets	Air temperature Temperature difference	
		in summer, $+^{\circ}\text{C}$	in winter, $-^{\circ}\text{C}$
1	2	3	4
Almaty in the region: in summer = $+35^{\circ}\text{C}$ in winter = -2°C	Abay–Dostyk	42/+7	+4/+6
	Abay–Furmanova	41/+6	+4/+6
	Abay–Mate Zalka	41/+6	+3/+5
	Raimbek–Furmanov	42/+7	+3/+5
	Raimbek–Mate Zalka	40/+5	+3/+5
	Tole bi–Furmanova	41/+6	+3/+5
	Tole bi–Saina	40/+5	+4/+6
Усть-Каменогорск in the region: in summer = $+30^{\circ}\text{C}$ in winter = -16°C	Abay–Lenina	34/+4	-10/-6
	Abay–Voroshilova	35/+5	-10/-6
	Abay Bazhova	35/+5	-11/-5
	Karbysheva–Vinogradova	34/+4	-12/-4
	Lenin–Belinsky	34/+4	-12/-4
	Lenin–Metallurgov	35/+5	-13/-3

The mechanism of heat transfer is caused by the movement of microstructural elements of the body (from building materials) and depends on the physical properties of the medium.

In urban air, energy transfer is carried out due to chaotic molecular motion, diffusion of molecules, the intensity of which is proportional to temperature (Sakhin, 2014). Due to the effect of the air flow during the movement of transport, the kinetic energies in the gas (air) atoms increase, which leads to a change in the thermal balance.

2 LITERATURE REVIEW

The issue of changing the heat balance in large cities is relevant in the context of global climate change and urbanization. Thermal pollution in cities is a complex process involving both natural and anthropogenic factors. This review examines key studies on heat balance models in urbanized areas, as well as various sources of heat pollution. [\(Matveev, 2001\)](#).

Models of heat balance in cities: classical and modern approaches

One of the first studies in the field of heat balance in cities is the work of Oke, who introduced the concept of an «Urban Heat Island» (UHI). According to his model, the heat balance in cities is disrupted by the concentration of building materials such as concrete and asphalt, which absorb solar radiation and then release heat into the atmosphere. Oke describes how various components of urban infrastructure (roads, buildings, green spaces) affect the microclimate in the city, creating a temperature difference between the city and its suburbs. [\(Oke, 2002\)](#)

Sailor, D.J. and Amir Baniassadi developed a model of thermal balance. They complement it with an analysis of the impact of climate change on the urban environment. Research shows how an increase in temperature in the urban environment caused by anthropogenic activity enhances the effect of global warming. The models developed by the researchers include not only traditional heat sources (transport, industry), but also the influence of solar radiation and heat exchange processes in road surface materials. [\(Sailor et al., 2019\)](#)

Transport and industry are traditionally considered sources of heat pollution in cities, but recent studies have indicated the need to take into account other factors, such as heat transfer in urban coating materials.

Brian Stone, Jason Vargo, and Dana Habeeb focused on the effect of covering streets and buildings on the heat balance, showing that asphalt and concrete have a high absorption coefficient of solar radiation and slowly release it as heat into the atmosphere, thereby creating elevated temperatures in the city. [\(Stone et al., 2012\)](#) In this context, Lili Somantri¹ and Shafira Himayah proposed a new method for assessing thermal pollution, taking into account changes in the heat capacity and thermal conductivity of various types of coatings. Research also shows that in cities where black coatings are actively used, the effect of the "urban heat island" is particularly pronounced. [\(Lili et al., 2024\)](#)

Modeling of thermal processes in an urban atmosphere

Phelan Patrick and Keil Kalush focused on heat transfer models, including convective heat transfer and thermal conduction processes in the urban atmosphere. Their work has significantly expanded the understanding of the impact of vertical air flows on the distribution of thermal energy in cities, as well as how changes in traffic and energy supply affect the microclimate. Another important point in the research is the influence of turbulent flows in cities, which significantly increases the exchange of heat between different layers of the atmosphere. [\(Phelan et al., 2016\)](#)

Chuhui Shen,, Hao Ho, Yaoyao Zheng, Yuji Murayama, Ruci Wang, Tangao Hu conducted a comprehensive simulation of the heat balance in large metropolitan areas, taking into account both laminar and turbulent heat exchange modes. They showed that in larger cities with high density of buildings and traffic flows, the intensity of turbulent heat exchange increases, which leads to a more uniform temperature distribution, but at the same time increases the local phenomena of thermal pollution. [\(Chuhui et al., 2022\)](#)

Innovations in heat balance models

With the development of computing technologies in recent decades, heat balance models have become more complex and accurate. Qiao X, LiL, Di, Y L Gen, and A Y Hoy proposed new approaches to modeling heat balance using satellite observation data and machine learning algorithms. These models make it possible to more accurately predict temperature changes in cities, taking into account all possible sources of heat pollution and their interaction with climatic conditions. [\(Qiao et al. 2018\)](#)

Rosa Cafaro, Barbara Cardone, Valeria D'Ambrosio, Ferdinando Di Martino, Vittorio Miraglia used methods of geographic information systems (GIS) to model thermal pollution at the level of

individual city blocks. In their study, attention is paid not only to the materials of road surfaces, but also to the nature of urban development, as well as interaction with natural ecosystems. (Rosa et al., 2024)

Forecasting and minimizing the effects of thermal pollution

Amid the growing interest in issues of sustainable development and adaptation to climate change, Shanshan Chen, Dagmar Haase, Salman Qureshi, Mohammad Karimi Firozjaei have proposed new strategies to minimize thermal pollution. Among their proposals are the improvement of thermal insulation of buildings, the introduction of "green roofs", the increase of green areas in cities, as well as the use of innovative materials for covering road and sidewalk surfaces. (Scherer et al., 2020)

Thus, studies of changes in the heat balance in large cities show that thermal pollution is a complex and multifaceted process in which both traditional heat sources (transport, industry) and the materials from which road surfaces and buildings are built are important. Modern heat balance models include integrated approaches using satellite data, GIS, and machine learning methods, which allows for more accurate consideration of all factors affecting the urban microclimate. The topic of thermal pollution requires further research and the development of effective solutions to improve the urban environment and resilience to climate change.

3 MATERIALS AND METHODS

The process of heat exchange in the air environment of large cities is closely related to the air temperature, the total area of urban roads and squares, traffic flow, etc. In the air, the process of substance transfer is carried out by moving microparticles of gas (for example, exhaust gases from vehicle exhaust pipes) and dust from the road surface. This process, which often occurs at intersections of the urban road network, is called convection heat transfer in gases. This process differs from thermal conductivity in that the heat carriers here are the macroscopic elements themselves, whose dimensions are many times greater than the free path of the gas (dust) in the air. Heat transfer by convection is always accompanied by thermal conductivity of the medium. The heat flow in the air is carried out in two modes: laminar and turbulent.

In the laminar regime, all particles of gas (or liquid) move parallel to each other, without mixing along the normal direction of motion. Therefore, heat transfer in this direction is carried out only due to thermal conductivity (λ). Therefore, when calculating heat transfer processes, the Fourier equation is used. (1-2 formula):

$$Q = \int q dF = - \int \gamma \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) dF = - \gamma \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) F, \quad (1)$$

$$q = \frac{dQ_\tau}{dF d\tau} = - \gamma \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) = - \gamma grad \cdot t \quad (2)$$

where Q – the amount of heat, W;

γ – coefficient of thermal conductivity of the medium, W/(mK);

F – surface area, m²;

q – heat flow density, W/m².

Formulas (1) and (2) determine the coefficient of thermal conductivity in pavement materials:

$$\gamma = \frac{[q]}{[grad \cdot t]} = - \frac{Q}{\left[F \cdot \left(\frac{\Delta t}{\Delta n} \right) \right]} \quad (3)$$

As the temperature increases, the heat flow in the urban environment increases. Among them, helium and hydrogen stand out sharply, the thermal conductivity of which is 5-10 times greater due to their low molecular weight and, consequently, a higher rate of molecular diffusion, which contributes to a dramatic change in the microclimate of the city.

Building materials with a porous structure, such as bricks, concrete, curbstones, and others, have low thermal conductivity coefficients (0.02-3.0 W/(mK)), which makes them good thermal insulators. However, this indicator largely depends on the ratio of the mass of the skeleton of the material and the air pores, and therefore on its bulk mass. When using such materials in cities, it is important to take into account that as the temperature rises, their thermal insulation properties deteriorate. In addition, the degree of moisture content of the material significantly affects the thermal conductivity. With increasing moisture in the material, thermal conductivity increases, since the coefficient of thermal conductivity of water is 25 times higher than that of air filling the pores of the material. As a result, when the water in the material is moistened or frozen, its thermal conductivity can increase by almost 100 times, which significantly changes the thermal balance in the urban environment. (Kiyalbai et al, 2022)

A high degree of development and asphaltting (up to 50% in some cities of Kazakhstan) leads to an increase in water runoff, even with light rains. These hydrological changes are caused by changes in the meteorological regime. During the periods between rains in cities, the amount of moisture required for evaporation is lower than in rural areas, which leads to the accumulation of thermal energy in the air, which is usually consumed by the evaporation process (600 calories per 1 g of water).

In areas of heavy traffic, the air is saturated with dust and exhaust fumes. Although dust reflects the sun's rays, it also makes it difficult to transfer heat to the atmosphere, contributing to the accumulation of heat in the city. In addition, in cities, unlike the surrounding areas, there are changes in the aerodynamic regime. This is partly due to the presence of tall buildings that change the vertical profile of air flows, reducing wind speed near the ground, but at the same time accelerate the flow of air along the streets, especially in the surface layer.

If we consider Ust-Kamenogorsk, the main industrial city of Kazakhstan, with a total area of over 203 km², as an example, then industry and warehouse areas occupy about 27 km² (about 13.3%) on its territory. The length of the city's backbone network is 116.6 km within the city limits. The density of streets and roads is 1.84 km per 1 km² of the area. The planning structure of the road network is a mixed type of rectangular and radial layout. The main industrial pollutants of the city's air are TMK, CCS, condenser plant, motor transport enterprises, boiler houses of thermal power plants, etc. They emit about 200 thousand tons of emissions per year into the city's air environment, which is a source of energy pollution of the urban environment. As a result, an artificial stratospheric layer is created over the city, which in turn leads to a significant change in the thermal balance.

The Russian physicist G. Richman was the first to comprehensively analyze the cooling processes of heated objects (for example, cooling road surfaces in the air) and demonstrated that they depend not only on the temperature difference, but also on the surface area and volume of the object. It has been proven that in the process of heat exchange, the amount of heat transferred from or to an object is directly related to the surface area of the body F , the temperature difference between the body and the environment, the characteristics of its movement, as well as the shape of the object and its geometric parameters. (Lazarev, 2005)

For elementary area and elementary time, the process is described by the equation (formula 4):

$$dQ_t = \alpha(t_b - t_{ct})dFd\tau, \quad (4)$$

where $(t_b - t_{ct})$ – temperature pressure;
 α – heat transfer coefficient, $W/(m^2 \cdot K)$.

For a stationary heat exchange process at the UDS of cities at a constant ambient temperature and surface area, the heat flow is equal to:

$$Q = \alpha(t_b - t_{ct})F, \quad (5)$$

and the density of the heat flow:

$$q = \frac{Q}{F} = \alpha(t_b - t_{ct}). \quad (6)$$

From equations (5) and (6) we have:

$$\alpha = \frac{q}{(t_b - t_{ct})}. \quad (7)$$

The heat transfer coefficient determines the degree of intensity of heat transfer between the surface of the body and the environment, taking into account the specific conditions in which this process occurs. Since α depends on the velocity of motion of the medium ω , the shape of the surface of the body F , its linear dimensions, and the temperature pressure $(t_b - t_{ct})$, ambient temperatures t_b and etc. The most significant influence on α is exerted by the thermo physical properties of materials used in the construction of urban roads, territories, buildings and structures: thermal conductivity coefficient λ , specific heat capacity C , density p , dynamic viscosity μ and coefficient of volumetric expansion β . (Kiyalbaev et al., 2004)

Currently, entrepreneurs are carrying out various construction works in order to open retail outlets and other services. For the construction of such structures within the city, they acquire various building materials with different thermophysical properties, for example, for:

reinforced concrete – $\lambda=1,5$ W/(m·K), $C=0,84$ kJ/(kg·K), $p=2,2$ t/m³;

asphalt concrete – $\lambda=0,64-0,72$ W/(m·K), $C=1,7$ kJ/(kg·K), $p=1,2-1,4$ t/m³;

gypsum concrete – $\lambda=0,37-0,56$ W/(m·K), $C=0,80$ kJ/(kg·K), $p=1,0-1,3$ t/m³;

loamy soil – $\lambda=1,49$ W/(m·K), $C=1,15$ kJ/(kg·K), $p=1,96$ t/m³;

silicate bricks – $\lambda=0,81$ W/(m·K), $C=0,84$ kJ/(kg·K), $p=1,9$ t/m³;

quartz sand – $\lambda=0,44-0,81$ W/(m·K), $C=0,75-0,92$ kJ/(kg·K), $p=1,32-1,52$ t/m³,

coarse-grained river sand – $\lambda=0,28-0,51$ W/(m·K), $C=0,80-1,02$ kJ/(kg·K), $p=1,46-1,50$ t/m³,

cinder block – $\lambda=0,67$ W/(m·K), $C=0,75$ kJ/(kg·K), $p=1,5$ t/m³;

rubble stone – $\lambda=1,28$ W/(m·K), $C=0,88$ kJ/(kg·K), $p=2,0$ t/m³ and etc.

However, they do not pay the necessary attention to how heat exchange processes occur in these materials and how they affect the disturbance of the thermal balance in the habitat. (Pshembayev et al., 2023)

In large non-industrial cities (this is especially true in Almaty), the level of heat balance changes significantly depends on the intensity, composition, density and traffic conditions of traffic flows.;

geometric parameters, type of road surfaces, territories of squares, their landscaping and street layout; the quality of the contents and the level of their cleaning;

locations along the transport network of various kinds of industrial, commercial and service points.

4 RESULTS AND DISCUSSION

The results of the theoretical calculation of the thermal effects on changes in the microclimate of the roadside environment will be presented at the next stage of these studies (in 2022), and the methodology for assessing changes in the microclimate of the roadside environment from exposure to thermal (solar) energy is included in the sections.

To measure the temperature in the layers of the pavement, diodes were placed at different depths of the pavement. Measurements were carried out every hour, therefore, with the help of a rheostat, it was necessary to maintain a constant current. Based on the measurement results obtained, a calibration curve (graph of the dependence of voltage variation on temperature) was constructed, which was used in field experiments to determine the temperature of the road surface at different depths and the air temperature above the road surface at different heights using a semiconductor diode. The calibration curve is shown in **Figure 1**.

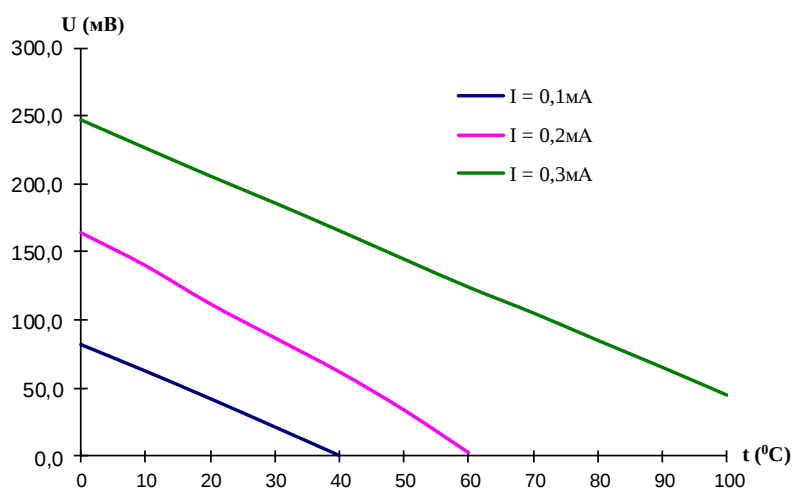


Figure 1. Is a graph of the dependence of the voltage at the ends of the diode on the temperature at a current of 0.1, 0.2 and 0.3 MPa (author's materials).

As can be seen from **Figure 2**, when a 0.1 mA current flows through a semiconductor diode, it can only be used in the temperature range from 0 to 40 °C, at a current of 0.2 mA – up to 60 °C and at a current of 0.3 mA – up to 100 °C. Therefore, when conducting field experiments to determine the temperature in the layers of pavement, it was necessary that a constant current of 0.3 mA pass through the diode.

Based on the overall measurement results, a graph of changes in pavement temperature depending on air temperature is constructed (**Figure 1**) and a map of heating of road surfaces in the hot season by regions of Kazakhstan (**Figure 2**).

The graph shows that as the air temperature increases, the coating temperature increases in direct proportion. This is especially noticeable in the coating body (curve 1). At the same time, the temperature difference ranges from 3.5 °C (at an air temperature of +20 °C) to 22 °C (at an air temperature of +53 °C). There is also a significant increase in the temperature difference on the coating surface (curve 2): from 2 °C to 10.2 °C in the same temperature range.

The heating temperature of the coatings also has a significant effect on the human condition. At an altitude corresponding to the breathing level of the passenger car and truck driver above the pavement, i.e. at an altitude of 1.0 m (curve 3) and 1.5 m (curve 4), the temperature difference is 0.9 and 1.2 °C at an air temperature of +20 °C and 2.3 and 4.1 °C at an air temperature of +53 °C.

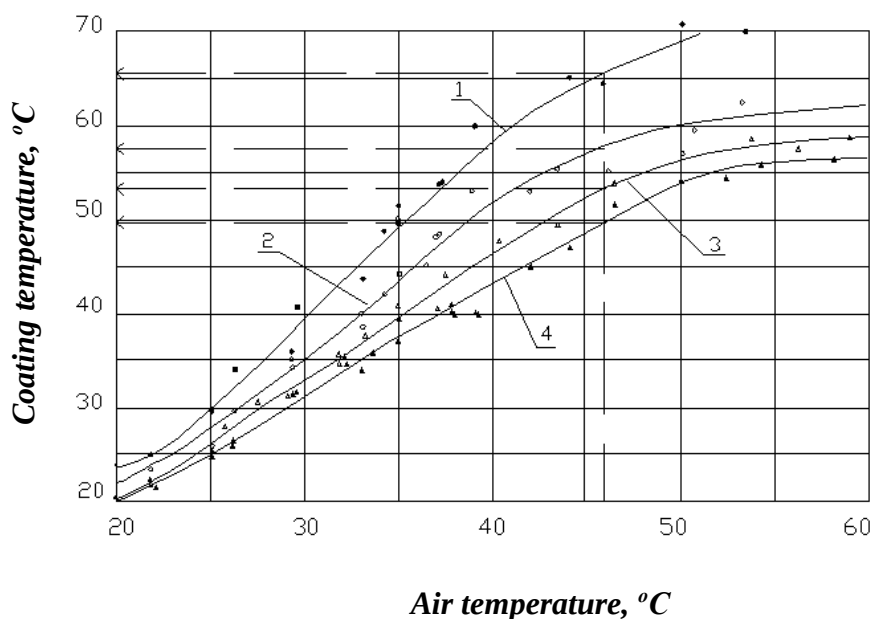


Figure 2 – Temperature change on asphalt concrete pavements depending on the air temperature: 1 – at a depth of 4-5 cm in the coating body; 2 – on the surface of the coating; 3 – at a height of 1.0 m above the coating; 4 – at a height of 1.5 m above the coating ([author's materials](#)).

5 CONCLUSIONS

During the construction of areas and territories, limit the occupied areas covered with materials with a high degree of porosity, such as asphalt concrete, cement concrete, etc.

On sidewalks laid in squares, parks, etc. in cultural and recreational areas, coatings can be laid from fine homogeneous crushed stone, no higher than 3-5 mm in size, or from stone seeding. The heat transfer of such materials is low due to the non-monolithic nature of the product.

It is impractical to locate retail and service outlets in the area of congested intersections. As a result, the mode of movement of vehicles becomes more complicated and the turbulence of the air flow increases dramatically.

During very warm periods of the year, when maintaining roads and streets, the technological operation should not include washing the carriageway and sidewalks with ordinary water. In such cases, it is advisable to spray air 2-3 times during the day on the green areas of the adjacent road area. As a result of such technological operations, the movement of atoms in the gas composition is sharply reduced and heat transfer to the city's air environment is significantly reduced.

REFERENCES

1. **Sakhin, V.** (2014). Convective Heat Transfer in a Homogeneous Medium. [Springerkonvektivnyj teploobmen v odnorodnoj srede] (In Russ.).
2. **Sailor, D. J.** (2019) *The growing threat of heat disasters*. <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ab0bb9>
3. **Oke, T. R.** (2002). *Boundary Layer Climates*. Routledge.
4. **Stone, B., Vargo, J., & Habeeb, D.** (2012). *Managing climate change in cities: Will climate action plans work?: Impacts and Mitigation Strategies*. *Environmental Research Letters*, 5(2). <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2012.05.014>
5. **Lili, S., & Shafira, H.** (2024). *Urban heat island study based on remote sensing and geographic information system: Correlation between land cover and surface temperature*. *International Journal of Climatology*. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202460006001>
6. **Phelan, P., & Kamil, K.** (2016). *Urban Heat Island: Mechanisms, Implications, and Possible Remedies: A Case Study in Complex Urban Environments*. *Urban Climate*, 17, 97–115. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021155>
7. **Chuhui S., Hao H., Yaoyao Zh., Yuji M., Ruci W., Tangao H.** (2022). *Prediction of the future urban heat island intensity and distribution based on landscape composition and configuration: Sustainable Cities and Society*. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103992>
8. **Qiao X., Li L., Li D., Gan L., Hou Y.**(2018). *Application of machine learning in urban greenery land cover extraction*. *Remote Sensing of Environment*. <http://surl.li/semoad>
9. **Rosa C., Barbara C., Valeria D., Ferdinando D., Vittorio M.** (2024). *A New GIS-Based Framework to Detect Urban Heat Islands and Its Application on the City of Naples*. *Urban Climate*, <https://doi.org/10.3390/land13081253>
10. **Shanshan Ch., Dagmar H., Salman Q., Mohammad K.** (2020). *Integrated Land Use and Urban Function Impacts on Land Surface Temperature: Implications on Urban Heat Mitigation in Berlin with Eight-Type Spaces*. *Journal of Environmental Management*, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.103944>
11. **Lazarev P. P.** (2005). *Essays on the history of Russian science*, [Ocherki istorii russkoj nauki] (In Russ.).
12. **Kiyalbai C.N., Sagybekova A.O., Kiyalbayev A., Tursumbekova R.S.** (2022). *Comparison of test results to determine the parameters of soil strength to ensure the stability of earth slopes. “EUREKA: Physics and Engineering”*, <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2022.002691>
13. **Kiyalbaev A.K., Sailaubekova N.S.** (2004). *Heat transfer process in layers of pavement on the roads of large cities*. [Teploobmennyy process v sloyah dorozhnoj odezhdy na dorogah krupnyh gorodov] (In Russ.).
14. **Matveev S.A.** (2001). *Experimental study of temperature effects on structurally anisotropic rigid road pavements*. [Eksperimental'noe issledovanie temperaturnogo vozdejstviya na konstruktivno anizotropnye zhestkie dorozhnye odezhdy.] (In Russ.).
15. **Pshembayev M.K., Kiyalbai C.N., Yessentay D.Ye., Tleulenova G.** (2023). *Regulation of the water-heat regime of the subgrade of cement-concrete road*. *Interntion Jornal of*

IMPROVING METHODS OF GEODETIC MONITORING OF HYDRAULIC STRUCTURES USING THE EXAMPLE OF KAPSHAGAY HPP

M.Nurpeisova^{1,*} , A.Umirbayeva² , B.Myngzhassarov¹ , T. Nurpeisova¹ N. ,
D.Kirgizbayeva¹ , N.Bakyt³, E.Levin⁴ 

¹Satbayev University, 050013, Almaty, Kazakhstan

²International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

³International Information Technology University, 050040, Almaty, Kazakhstan

⁴Michigan Technological University, MI 49931, Houghton, USA

Abstract. *This article provides recommendations for enhancing geodetic monitoring methods for deformation processes at the Kapshagay Hydroelectric Power Station (HPP), a key component of Kazakhstan's energy infrastructure. In this context, improved methodology for geodetic surveys incorporating modern measurement instruments is proposed. The article explores various methods and approaches to geodetic monitoring of hydraulic structures at the HPP, with a particular focus on leveling and cross-section measurements. These techniques are essential for analyzing sedimentation and displacement, ensuring high accuracy in determining changes in plan-height coordinates. The paper details geodetic network utilized, which includes fundamental rock benchmarks, soil marks, and forced centering points, along with the measurement techniques applied. Additionally, key aspects of instrumental surveys - such as ultrasonic testing and ground-penetrating radar - are examined, as these technologies aid in detecting hidden defects and enhancing structural safety. The study confirms that leveling and cross-sectional measurements enable reliable monitoring of both vertical and horizontal deformations. Furthermore, integration of fundamental rock benchmarks, soil marks, and forced centering points ensures a high level of measurement accuracy while minimizing errors. The novelty of the proposed methods and means of monitoring are confirmed by Patents and Author's Certificates of the Republic of Kazakhstan.*

Keywords: *Kapshagay HPP, geodetic monitoring, hydraulic structures, leveling, deformation network, ultrasonic testing, structural safety.*

***Corresponding author**

Matzhan Nurpeisova, e-mail: m.nurpeissova@satbayev.university

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-12>

Received 19 October 2024; Revised 06 December 2025; Accepted 10 February 2025

ҚАПШАҒАЙ СУ ЭЛЕКТР СТАНЦИЯСЫНЫҢ МЫСАЛЫНДА ГИДРОТЕХНИКАЛЫҚ ҚҰРЫЛЫСТАРДЫ ГЕОДЕЗИЯЛЫҚ МОНИТОРИНГТЕУДІҢ ӘДІСТЕРІН ЖЕТІЛДІРУ

М.Б. Нұрпейісова^{1*}, Ә.Б. Өмірбаева², Б. Мыңжасаров¹,
Т.Б. Нұрпейісова¹, Д.М.Киргизбаева¹, Н.Қ. Бақыт³, Е. Левин⁴

¹Сәтбаев Университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

²Халықаралық білім беру корпорациясы, 050028, Алматы, Қазақстан

³Халықаралық ақпараттық технологиялар университеті, 050040, Алматы, Қазақстан

⁴Мичиган технологиялық университеті, MI 49931, Хоутон, АҚШ

Аңдатпа. Мақалада Қашағай СЭС деформациялық процестерінің геодезиялық мониторингі әдістерін жетілдіру бойынша ұсыныстар келтірілген. Қашағай су электр станциясы (СЭС) Қазақстанның энергетикалық инфрақұрылымында маңызды нысан болып табылады. Осыған байланысты геодезиялық жұмыстарды жүргізудің және оларда заманауи өлшеу құралдарын пайдаланудың жетілдірілген әдістемесі ұсынылды. Мақалада су электр станцияларының гидротехникалық құрылыстарының геодезиялық мониторингінің әдістері мен тәсілдері қарастырылады. План-биіктік координаталарындағы өзгерістерді анықтауда жоғары дәлдікті қамтамасыз ететін құрылымның шөгуді мен орнының ауытқуларын талдау үшін нивелирлеу және жармалық өлшеу әдістеріне ерекше назар аударылады. Пайдаланылатын геодезиялық желінің сипаттамасы, оның ішінде іргелі тау жыныстарының эталондары, жер белгілері және мәжбүрлі орталықтандыру нүктелері, сондай-ақ оларды өлшеу әдістері келтірілген. Жасырын ақауларды анықтау және құрылымдардың қауіпсіздігін қамтамасыз ету үшін қолданылатын ультрадыбыстық сынау және жерге енетін радар сияқты аспаптық тексерудің негізгі аспектілері қарастырылады. Нивелирлік және көлденең қималарды өлшеу әдістерін қолдану деформация желісінің тік және көлденең параметрлерінің өзгеруін сенімді бақылауға мүмкіндік беретіні анықталды. Ал іргелі тау жыныстарының эталондарын, топырақ белгілерін және мәжбүрлі орталықтандыру нүктелерін пайдалану өлшеу дәлдігінің жоғары деңгейін және қателерді азайтуды қамтамасыз етеді. Қалыптасқан геодезиялық желі тұрақты бақылаудың сенімді негізін қамтамасыз етеді, ал II дәрежелі дәлдіктегі геометриялық нивелирлеуді қолдану көлденең және тік координаталардағы тіпті ең аз ауытқуларды жедел анықтауға мүмкіндік береді. Ұсынылған мониторингтің әдістері мен жабдықтарының жаңалығы ҚР патенттері және авторлық құқық куәлігімен расталған.

Түйін сөздер: Қашағай ГЭС, геодезиялық мониторинг, гидротехникалық құрылымдар, нивелирлеу, деформациялық торап, ультрадыбыстық бақылау, құрылымдардың қауіпсіздігі.

*Автор-корреспондент

Маржан Нұрпейісова, e-mail: m.nurpeissova@satbayev.university

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-12>

Алынды 19қазан 2024; Қайта қаралды 06 желтоқсан 2025; Қабылданды 10 ақпан 2025

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВЫ ГЕОДЕЗИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА ПРИМЕРЕ КАПШАГАЙСКОЙ ГЭС

М.Б. Нурпеисова^{1*}, А.Б. Умирбаева², Б. Мынжасаров¹,
Т.Б. Нурпеисова¹, Д.М. Киргизбаева¹, Н.К. Бакыт³, Е. Левин⁴

¹Satbayev University, 050013, Алматы, Казахстан

²Международная образовательная корпорация, 050028, Алматы, Казахстан

³Международный университет информационных технологий, 050040, Алматы,
Казахстан

⁴Мичиганский технологический университет, MI 49931, Хоутон, США

Аннотация. В статье приведены рекомендации по совершенствованию методов геодезического мониторинга деформационных процессов Капшагайской ГЭС. Капшагайская гидроэлектростанция (ГЭС) является важным объектом энергетической инфраструктуры Казахстана. В связи с этим предложена совершенствованная методика проведения геодезических работ и использования в них современных средств измерений. Рассмотрены методы и подходы к геодезическому мониторингу гидротехнических сооружений ГЭС. Особое внимание уделено методам нивелирования и створных измерений для анализа осадков и смещений, которые обеспечивают высокую точность определения изменений планово-высотных координат. Приведены описания используемой геодезической сети, включающей фундаментальные скальные реперы, грунтовые марки и пункты принудительного центрирования, а также методов их измерения. Рассмотрены ключевые аспекты инструментального обследования, такие как ультразвуковой контроль и георадиолокация, которые применяются для выявления скрытых дефектов и обеспечения безопасности сооружений. Установлено, что использование методов нивелирования и створных измерений позволяет надежно контролировать изменения как вертикальных, так и горизонтальных параметров деформационной сети. А применение фундаментальных скальных реперов, грунтовых марок и пунктов принудительного центрирования обеспечивает высокий уровень точности измерений и минимизацию погрешностей. Сложившаяся геодезическая сеть предоставляет надежную основу для регулярного мониторинга, а применение геометрического нивелирования II класса точности позволяет оперативно выявлять даже минимальные отклонения в планово-высотных координатах. Новизна предложенных методов и средств мониторинга подтверждены Патентами и авторскими Свидетельствами РК.

Ключевые слова: Капшагайская ГЭС, геодезический мониторинг, гидротехнические сооружения, нивелирование, деформационная сеть, ультразвуковой контроль, безопасность сооружений.

*Автор-корреспондент

Маржан Нурпеисова, e-mail: m.nurpeissova@satbayev.university

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-12>

Поступило 19 октября 2024; Пересмотрено 06 декабря 2025; Принято 10 февраля 2025

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС/ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

The Kapchagay Hydroelectric Power Plant (HPP) plays a crucial role in Kazakhstan's energy infrastructure. Its reliable operation depends on the condition of its hydraulic structures, making regular monitoring essential for ensuring both safety and operational efficiency.

Hydropower plays a key role in Kazakhstan's strategy to diversify its energy sector. In this context, the Kapchagay Hydroelectric Power Station, named after Sh. Chokin, holds particular significance as the only hydroelectric power plant on the Ili River. Construction of the main structures began in 1966, and the station was fully completed by 1980. The Kapchagay HPP was built to supply the growing city of Almaty and its surrounding satellite towns with affordable electricity (**Figure 1**).



Figure 1 - General view of the Kapchagay hydroelectric power station

Today, the Kapchagay Hydroelectric Power Station remains a key factor in the development of the city of Konayev, supporting the growth of its communal, educational, medical, and cultural infrastructure. The city's rapid expansion, marked by changes in urban planning and the emergence of large new structures, alongside the safe operation of strategic engineering facilities like the Kapchagay HPP, is ensured through geodetic monitoring.

2 LITERATURE REVIEW

Geodetic monitoring of engineering structures, including hydraulic facilities, involves a wide range of measurement methods and tools. GPS technologies, electronic and laser instruments, ground-penetrating radar devices, and various sensors are effectively used to track horizontal displacements (**Genike et al., 2010; Nikonov et al., 2013, Hiller et al., 2015**). Construction of hydroelectric power plants, like any other large structures, requires the establishment of reference geodetic network. This network must be created within a unified coordinate system and ensure high positioning accuracy. Reference points of geodetic network should be strategically placed, considering configuration of observed structures. Crucial aspect of this process is the use of modern instruments and diverse control methods to enhance monitoring accuracy (**Skripnikov, 2010; Salnikov et al., 2018; Nurpeissova et al., 2020**).

According to the rules approved by the order of the Ministry of Agriculture of the Republic of Kazakhstan dated March 31, 2015 №. 19-4/286, hydraulic structures that have been in operation for more than 25 years are subject to mandatory annual multifactorial inspection. These activities are

aimed at identifying potential risks and maintaining safe operation of facilities. The main areas of such inspection include:

1. Detailed assessment is conducted on structural parameters that may affect stability and strength. Key focus areas include changes in loads and external impacts, the occurrence of deformations and displacements, as well as the deterioration of surface layers due to corrosion or cavitation.
2. Evaluation of operability and reliability of mechanical equipment, including valves, gratings, embedded elements, and fittings. Inspection process also includes quality control of welded joints and metal structures of lifting mechanisms.
3. Assessing technical condition of underwater structural components through underwater video filming, which helps identify damage and evaluate the integrity of structural elements.
4. Performing emergency surveys following extreme natural events or accident.

Analysis is also conducted to evaluate adequacy of measures taken by the owner to prevent emergency situations. This enables timely adjustments to facility management strategy and helps prevent the escalation of critical situation.

Hydraulic structures (HS) of the Kapchagay HPP comprise numerous components, the condition and functionality of which are crucial to the overall safety and reliability of station. Since the completion of the HPP in 1980, passage of time has significantly affected condition of these structures (**Order of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan; Kuznetsov, 2007**).

The primary causes of defects and deterioration in structural elements include:

- Physical wear and tear of materials and aging of structures;
- Seasonal temperature fluctuations, which further impact materials;
- Seasonal variations in water levels in the reservoir, leading to changes in load;
- Landslides and avalanches in the reservoir area, resulting from changes in soil strength characteristics;
- Erosion of slope linings and fastenings due to wave action;
- Damage to dam and embankment slopes caused by precipitation;
- Ice load effects on the upper slopes of the dam;
- Damage to concrete structures due to leaching, filtration, and other factors;
- Deterioration of metal and concrete elements due to cavitation and corrosion;

Non-compliance with regulations for the maintenance and operation of hydraulic structures (**Nurpeissova et al., 2023**).

In accordance with regulatory documents and procedures, surveys are conducted at specified intervals to analyze and identify deviations of the structure from its «normal» state. Survey process is carried out in multiple stages, including both visual and instrumental inspections.

Visual inspections help identify external signs of processes that lead to changes in the condition of the objects being studied, which can only be partially monitored through instrumental observations. Due to the precision of visual control, visual inspections remain the most efficient and effective method for assessing the condition of these objects (**Salih et al., 2016; Sholomitsky et al., 2023**).

Visual inspections focus on identifying external signs that indicate changes in the condition of structures and their components. The following activities are performed during these inspections:

- Inspection of the earth dam: condition of the soil is evaluated to detect subsidence, heaving, sinkholes, landslides, gullies, and the effects of rain and meltwater. Additionally, the nature of the vegetation, signs of seepage such as spots, springs, and ice on the downstream slope, as well as the presence of longitudinal and transverse cracks, are also considered.
- Checking control and measuring equipment: inspection of technical devices used to monitor condition of the dam is carried out.
- Examination of the junction zone between the dam, foundation, and side abutments: signs of subsidence, gullies, cracks, seepage, and soil erosion are identified.

- Inspection of adjacent areas from downstream side: particular attention is given to the side abutments to detect landslides, areas of collapse, bulging, erosion, weathering of slopes, waterlogging, the release of muddy seepage water, and other defects that may indicate structural instability.

Instrumental examination methods:

- *Ultrasonic testing* is used to measure the thickness of metal walls of structures such as embedded parts, gratings, water inlets and guide structures. Special ultrasonic devices are used that provide high measurement accuracy. For example, ultrasonic thickness gauges of the «TUZ-5» type allow for detailed analysis even in difficult operating conditions.
- *Methods of georadar and geoacoustic sounding* are based on principles of electromagnetic and acoustic tomography. They are used to study underwater and underground parts of structures, which allows for detection of hidden cavities, cracks and destruction. Instruments such as «OKO-2» provide ability to construct detailed models of internal state of soils and structures.
- *Stress and deformation monitoring systems*. Control and measuring devices are used to continuously monitor changes in the design of dams, locks and other parts of the hydraulic structures. These devices allow critical deviations in parameters to be identified in real time (Penman, 1999; Arvindan et al.; Operational Documentation of the Kapshagai HPP).

3 MATERIALS AND METHODS

Safe operation of such strategic engineering structures is ensured through comprehensive monitoring, utilizing GPS technologies, electronic tacheometers, ground scanning, and automated observation methods, all while adhering to strict operational conditions.

4 RESULTS AND DISCUSSION

Geodetic deformation monitoring is one of the key instrumental methods used to determine settlements and shifts in hydraulic structures. This technique allows for high-precision recording of positional changes at individual points, revealing the dynamics of deformation caused by both external and internal factors (Author's certificate for a scientific work of the Republic of Kazakhstan №. 39036).

At the Kapchagay Hydroelectric Power Station, geodetic monitoring is conducted on the channel and ravine dam, as well as on the station site with the 220 kV outdoor switchgear. Monitoring work on these sites includes leveling of ground and surface points to measure settlements, and cross-section measurements using a tacheometer to determine structural displacement.

Result of these works is determination of changes in planimetric and vertical coordinates of deformation network, which consists of both deep and surface marks. Previously established geodetic network, including forced centering points (FCP) (Figure 2a), points of fundamental rock benchmarks (Figures 2b and 2c), and soil marks (Figures 2d and 2e), serves as a control leveling network for determining vertical deformations. Supporting vertical benchmarks are installed on the rock base, with the center accessible for reference. In contrast, the observed marks are placed within the dam body and are protected by an external pipe. These marks are positioned at a depth of 0.5 meters, making them convenient for staff installation. Measurements are carried out using the geometric leveling method with class II accuracy, between the supporting fundamental benchmarks and the control soil and surface marks. Horizontal displacement is determined through alignment measurements from the base line points.

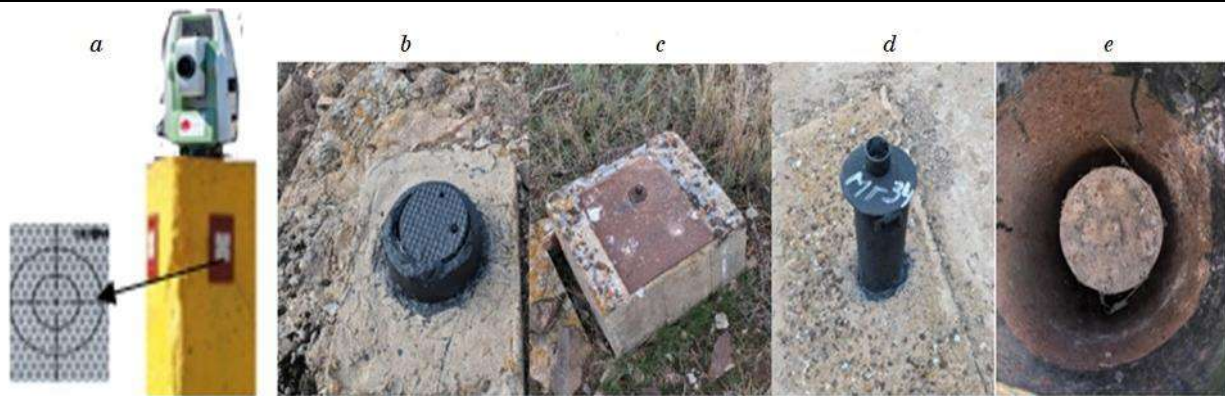


Figure 2 - *a* - FCP, *b* and *c* - reference leveling network points; *d* and *e* - soil marks

To monitor the deformation of the Kapchagay Hydroelectric Power Station, a new geodetic point of forced centering (PPC) was proposed as a permanent reference, in accordance with regulatory standards ([Patent of the Republic of Kazakhstan № 35798](#)). Monitoring was conducted using a GPS system, with results cross-verified by a Leica Geosystems TCR1201 electronic tachometer. The geodetic base coordinates were determined in the local system, while altitude coordinates were referenced to the Baltic system. Benchmark elevations were established using the alignment method. During alignment, the planned positions of control ground and surface benchmarks were monitored. The alignment diagram is shown in [Figure 3](#), and the subsidence graph along alignment line I-I is presented in [Figure 4](#).



Figure 3 - Alignment lines to control horizontal displacement (marked in red).

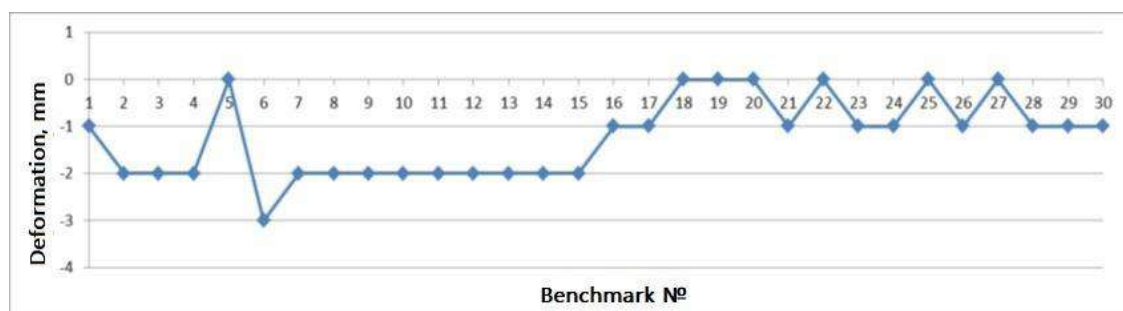


Figure 4 - Graph of benchmark subsidence along the I-I alignment line (observation date /25/042024)

Use of leveling and cross-sectional measurements allows for reliable monitoring of changes in both vertical and horizontal parameters of the deformation network (Nurpeisova et al., 2021; Myngzhasrov et al., 2024).

5 CONCLUSIONS

Geodetic monitoring is essential for ensuring the safety and efficiency of engineering structures. It enables real-time tracking of deformations and movements, allowing for the early detection of potential risks and structural threats. This proactive approach helps prevent emergencies by facilitating timely intervention and maintenance.

Integration of fundamental rock benchmarks, soil marks, and forced centering points ensures high measurement accuracy while minimizing errors. Established geodetic network serves as a reliable foundation for continuous monitoring, while geometric leveling of the II accuracy class enables the prompt detection of even minor deviations in plan-height coordinates.

As a result of the research, geodetic reference point for forced centering was developed and implemented in practice, enhancing both the accuracy and efficiency of observations.

Practical significance of this work lies in its application in master's and doctoral dissertations, as well as in the educational process at the Kazakh National Research Technical University named after K.I. Satpayev and the International Educational Corporation (IEC). Additionally, results can contribute to improving industrial safety at other construction sites.

REFERENCES

1. **Genike A.A., Chernenko V.N.** (2010). Study of deformation processes of Zagorsk pumped storage power plant by satellite methods. *Geodesy and cartography*. 5, 20-25. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.448>
2. **Nikonov A. V.** (2013). Features of application of modern geodetic instruments in monitoring the settlement and deformation of buildings and structures of energy facilities. *Bulletin of the SGGA*. 4 (24), 12-18. <https://doi.org/10.20295/1815-588X-2023-2-492-500>
3. **Hiller B., Sukhov I.V., Li V.T.** (2015). Automated deformation monitoring system (ASDM) at the Sayano-Shushenskaya hydroelectric power station. *Hydrotechnics*. 2, 12-15. <https://doi.org/10.32014/2024.2518-170X.448>
4. **Skripnikov, V.A. Skripnikova, M.A.** (2010). On the issue of designing schemes of planned justification for determining horizontal displacements of hydraulic engineering. *GEO - Siberia*. 1: Geodesy, geoinformatics, cartography, mine surveying. Part 1: collection of materials. VI Int. scientific congress "GEOSiberia-2010", April 19-29, 2010, Novosibirsk. - Novosibirsk: SGGA. 60-62. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2020-25-2>
5. **Salnikov V. G., Skripnikov V. A., Skripnikova M. A., Khlebnikova T. A.** (2018). Application of modern automated geodetic instruments for monitoring hydraulic structures of hydroelectric power plants. *Bulletin of SGUGiT*. 23 (3) 108-124. <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2020-25-3-107-116>

6. **Nurpeissova M.B., Shchults R. Myngzhasarov B.** (2020). Improvement of the methodology for creating a geodetic network during the construction of hydraulic structures. M.: IPKON RAS.125-129. URL: <https://7universum.com/ru/tech/archive/item/17207>
7. **Order of the Minister of Agriculture of the Republic of Kazakhstan** dated March 31, 2015, No. 19-4/286. Registered with the Ministry of Justice of the Republic of Kazakhstan on June 30, 2015, No. 11478.
8. **Kuznetsov, A. N.** (2007). Physical Wear and Aging of Materials in Hydraulic Structures. Journal Hydraulic Structures, 6, 104–110.
9. **Nurpeissova M., Mingzhasarov B., Burkhanov B., D.Kyrgyzbaeva D.** (2023). Influence of meteorological factors on the accuracy of monitoring results. News of the National Academy of Sciences of the Republic of Kazakhstan-Series of Geology and Technical Sciences, 5, 102-108. <https://doi.org/10.32014/2023.2518-170X.292>
10. **Salih A., Ayhan C.** (2016). Displacement response of a concrete arch dam to seasonal temperature fluctuations and reservoir level rise during the first filling period: evidence from geodetic data Geomatics, Natural Hazards and Risk, 7 (4), 1489-1505. <http://dx.doi.org/10.1080/19475705.2015.1047902>
11. **Sholomitsky A.A., Khannanov R.R., Tutanova M.S.** (2023). Methodology of Geodetic Monitoring of Embankment Hydraulic Structures. Bulletin of SGUGiT, Vol. 28, No. 5, 2023, pp. 25–31. UDC 528.48:626, <https://doi.org/10.33764/2411-1759-2023-28-5-25-32>.
12. **Penman A.D.M.** (1999). "Instrumentation, Monitoring, and Observation: Embankment Dams", pp. 47–56. (In English).
13. **Arvindan S., Dhanasingh S.V., Ravindiran M., Parthiban D.** Assessment of Dam Conditions Under Various Environmental Conditions Using Structural Health Monitoring Methods: A Review of the Current State. Research in Sustainability for Environmental Management. Published: October 26
14. Operational Documentation of the Kapshagai HPP.
15. **Author's certificate for a scientific work of the Republic of Kazakhstan №. 39036** on entering information into the state register of rights to objects (work of science). Consideration of meteorological factors during monitoring engineering structures. Nurpeissova M.B., Myngzhasarov B., Kirgizbaeva D.M. dated 14.10.2023
16. **Patent of the Republic of Kazakhstan № 35798** dated 19.08.2022 «Ground-based permanent geodetic point for forced centering of instruments» (authors: Nurpeissova M.B., Rysbekov K.B., Aitkazinova Sh.K., Donenbaeva et al.).
17. **Nurpeissova M., Burkhanov B., Myngzhassarov B., Kulibaba S.** (2021). Monitoring of deformation processes of the earth surface and construction facilities in the territory of oil fields. Eurasian mining. 2, 61–66. <https://doi.org/10.17580/em.2021.02.18>
18. **Myngzhasrov B., Kirgizbaeva D., Ormanbekova A., Nukarbekova Zh.** (2024). Geodetic monitoring of deformation processes of the Kapchagay hydroelectric power station. International scientific and technical conference “Prospects for the application of digital technologies in rational and safe subsoil use”. - Tashkent: TashSTU. 56-60.

RESEARCH ON THE EFFECTIVENESS OF USING THE RUBBER-SOIL METHOD

M.S. Salauat  A.K. Aldigaziyeva , A.A. Bashayeva 

Satbayev university, 050013, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *The main purpose of the article is to study and analyze the seismic insulation of buildings. The effectiveness of reducing seismic impacts transmitted to the building through seismic insulation. During the study, experimental studies were conducted to evaluate the behavior of the rubber-soil mixture under seismic impacts. The method involves mixing recycled rubber with soil to create a cushion that absorbs and dissipates seismic energy. This method not only increases earthquake resistance but also offers an eco-friendly solution by using waste materials such as car tires. The effectiveness of the mixture was tested using standard compaction methods and instruments such as SOYUZDORNY and ZETLAB to measure the difference in accelerations. The results showed a significant reduction in the transmission of seismic waves, while the rubber-soil mixture showed lower acceleration values compared to conventional soil. In addition, this method is cost-effective and affordable, which makes it suitable for use in regions with limited economic opportunities and prone to earthquakes. The method also minimizes the complexity of construction and allows for faster implementation in various soil conditions. Its environmental benefits include reduced waste and minimal environmental impact, which contributes to the achievement of sustainable development goals. The rubber primer method, which reduces seismic impact and uses readily available materials, is a promising alternative to traditional seismic insulation methods. Thus, this approach provides a double advantage - increased safety, environmental friendliness and long-term sustainability of construction projects, providing an innovative solution to modern earthquake-resistant construction challenges.*

Keywords: *Seismic isolation, seismic waves, rubber-soil method, earthquake engineering, sustainable construction, ground vibration, seismic resistance.*

***Corresponding author**

Madina Salauat, e-mail: madina022102@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-13>

Received 07 October 2024; Revised 04 November 2024; Accepted 25 November 2024

РЕЗЕҢКЕ-ТОПЫРАҚ ӘДІСІН ҚОЛДАНУ ТИІМДІЛІГІН ЗЕРТТЕУ

М.С. Салауат  А.Қ. Алдигазинова , А.А. Башаева 

Сәтбаев университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

Аңдатпа. Мақаланың негізгі мақсаты – ғимараттардың сейсмикалық оқшаулануын зерттеу және талдау. Сейсмикалық оқшаулау арқылы ғимаратқа берілетін сейсмикалық әсерлерді азайтудың тиімділігі қарастырылды. Зерттеу барысында резеңке-топырақ қоспасының сейсмикалық әсерлер кезіндегі қасиеттерін бағалау үшін эксперименттік зерттеулер жүргізілді. Бұл әдіс қайталама өңделген резеңкені топырақпен араластырып, сейсмикалық энергияны сіңіріп, таратуға қабілетті жастықша жасауға негізделген. Аталған әдіс жер сілкінісіне төзімділікті арттырумен қатар, автомобиль шиналары сияқты қалдық материалдарды пайдалану арқылы экологиялық жағынан тиімді шешім ұсынады. Қоспаның тиімділігі стандартты тығыздау әдістері және SOYUZDORNY мен ZETLAB сияқты құралдар арқылы үдеулердің айырмасын өлшеу жолымен тексерілді. Нәтижелер сейсмикалық толқындардың берілуі айтарлықтай азайғанын көрсетті, ал резеңке-топырақ қоспасы кәдімгі топыраққа қарағанда төмен үдеу мәндерін көрсетті. Сонымен қатар, бұл әдіс шығын тұрғысынан үнемді әрі қолжетімді, сондықтан экономикалық мүмкіндіктері шектеулі және жер сілкінісіне бейім аймақтарда қолдануға қолайлы. Әдіс құрылыс үдерісін жеңілдетіп, әртүрлі топырақ жағдайларында тезірек іске асыруға мүмкіндік береді. Экологиялық артықшылықтарына қалдықтардың азаюы мен қоршаған ортаға зиянның төмендеуі жатады, бұл тұрақты даму мақсаттарына қол жеткізуге ықпал етеді. Сейсмикалық әсерді азайтып, оңай қолжетімді материалдарды пайдаланатын резеңке негізіндегі әдіс дәстүрлі сейсмикалық оқшаулау тәсілдеріне тиімді балама бола алады. Осылайша, бұл тәсіл қауіпсіздікті арттырумен қатар, экологиялық тазалық пен құрылыс жобаларының ұзақмерзімді тұрақтылығын қамтамасыз етіп, қазіргі заманғы сейсмотұрақты құрылыс міндеттеріне инновациялық шешім ұсынады.

Түйін сөздер: Сейсмикалық оқшаулау, сейсмикалық толқындар, резеңке-топырақ әдісі, жер сілкінісі техникасы, тұрақты құрылыс, жер дірілі, сейсмикалық төзімділік.

*Автор корреспондент

Мадина Салауат, e-mail: madina022102@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-13>

Алынды 07 Қазан 2024; Қайта қаралды 04 Қараша 2024; Қабылданды 25 Қараша 2024

УДК 620.1
МРНТИ 67.07.11
НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

ИССЛЕДОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ РЕЗИНОВО-ПОЧВЕННОГО МЕТОДА

М.С. Салауат  А.К. Алдигазиева , А.А. Башаева 

Сатпаев университет, 050013, Алматы, Казахстан

Аннотация. Основной целью статьи является изучение и анализ сейсмоизоляции зданий. Эффективность снижения сейсмических воздействий, передаваемых на здание с помощью сейсмоизоляции. В ходе исследования были проведены экспериментальные исследования для оценки поведения резиново-грунтовой смеси при сейсмических воздействиях. Метод заключается в смешивании переработанной резины с грунтом для создания подушки, которая поглощает и рассеивает сейсмическую энергию. Этот метод не только повышает сейсмостойкость, но и предлагает экологичное решение за счет использования отходов, таких как автомобильные шины. Эффективность смеси была проверена с использованием стандартных методов уплотнения и приборов, таких как SOYUZDORNY и ZETLAB, для измерения разницы в ускорениях. Результаты показали значительное снижение передачи сейсмических волн, в то время как резиново-грунтовая смесь показала более низкие значения ускорения по сравнению с обычным грунтом. Кроме того, этот метод является экономически эффективным и доступным, что делает его пригодным для использования в регионах с ограниченными экономическими возможностями и подверженных землетрясениям. Этот метод также сводит к минимуму сложность строительства и позволяет быстрее внедрять его в различных почвенных условиях. Его экологические преимущества включают сокращение отходов и минимальное воздействие на окружающую среду, что способствует достижению целей устойчивого развития. Метод резиновой грунтовой смеси, который снижает сейсмическое воздействие и использует легкодоступные материалы, является многообещающей альтернативой традиционным методам сейсмоизоляции. Таким образом, такой подход обеспечивает двойное преимущество - повышенную безопасность, экологичность и долгосрочную устойчивость строительных проектов, обеспечивая инновационное решение задач современного сейсмостойкого строительства.

Ключевые слова: сейсмоизоляция, сейсмические волны, резино-почвенный метод, сейсмостойкое строительство, устойчивое строительство, вибрации грунта, сейсмостойкость

*Автор-корреспондент

Мадина Салауат, e-mail: madina022102@gmail.com

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-13>

Поступило 07 октября 2024; Рассмотрено 04 ноября 2024; Принято 25 ноября 2024

ACKNOWLEDGEMENTS / SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ / ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

Currently, the main issue in construction is enhancing the seismic stability of buildings. Specialists are conducting numerous studies to address this problem. Today, there are several new methods for improving seismic stability. One of these methods is the rubber-soil method for reducing seismic effects. This article aims to understand the effectiveness of the rubber-soil method. During the research, soil was studied both individually and in combination with rubber, leading to conclusions and analyses. The research was conducted using the 'ZETLAB' device and software.

Seismic Waves.

There are two methods to protect buildings from seismic effects and external vibrations:

1. Protecting the structures from the entry of surface waves, which carry the main part of the seismic energy, by using isolation methods.
2. Constructive solutions aimed at creating earthquake-resistant buildings.

As a financially inefficient alternative to many seismic isolation methods, the soil-rubber method can be considered. This approach has been practically implemented in foreign countries, showing good results. For example, according to Zornberg's research, mixing 35-40% rubber with soil increases the strength of the mixture during displacement.

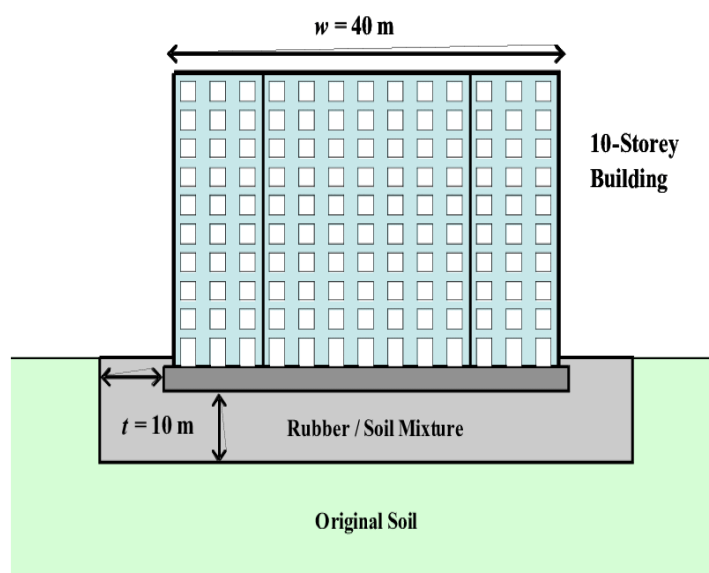


Figure 1 - Schematic drawing of the proposed seismic isolation method using a layer of rubber-soil mixture (RSM)-the cushion.

2 LITERATURE REVIEW

Among the many notable benefits are the capacity to lessen both vertical and horizontal ground vibrations as well as the significant consumption of the massive global stockpile of scrap tires. A number of parametric studies and numerical simulations have been run to show the resilience and efficacy of the suggested approach. It can, on average, reduce ground accelerations by 60–70% in the horizontal direction and 80–90% (**Fundamentals of the Theory of Seismic Stability of Structures**) in the vertical direction.

Five key concerns have been recognized with respect to the idea and practicability of the suggested approach: (1) nonlinear site response; (2) soil resonance effects; (3) liquefaction; (4) ground settlement; and (5) environmental consequences. (**Hing Ho Tsang & Nelson Lam, 2007**).

A inexpensive and easy seismic isolator that can shield low-rise buildings from earthquake disasters is the rubber-sand mixture (RSM) cushion. Examining how isolated systems behave seismically under various site circumstances is crucial. (**Energy dissipation capacity of rubber-soil systems under cyclic loading**) The main purpose of the article is to study and analyze the seismic insulation of buildings. The effectiveness of reducing seismic impacts transmitted to the building by means of seismic insulation. In the course of the study, experimental studies were conducted to evaluate the behavior of the rubber-soil mixture under seismic influences. The method involves mixing recycled rubber with soil to create a cushion that absorbs and dissipates seismic energy. This method not only increases earthquake resistance, but also offers an eco-friendly solution by using waste materials such as car tires. (**Rationing in earthquake-resistant construction**) The effectiveness of the mixture was tested using standard compaction methods and instruments such as SOYUZDORNY and ZETLAB to measure acceleration differences. (**Designing earthquake-resistant structures**) The results showed a significant reduction in the transmission of seismic waves, while the rubber-soil mixture showed lower acceleration values compared to conventional soil. In addition, this method is cost-effective and affordable, which makes it suitable for use in regions with limited economic opportunities and prone to earthquakes. This method also minimizes the complexity of construction and allows for faster implementation in a variety of soil conditions. Its environmental benefits include reduced waste and minimal environmental impact, which contributes to the achievement of sustainable development goals. The rubber primer method, which reduces seismic impact and uses readily available materials, is a promising alternative to traditional seismic insulation methods. Thus, this approach provides a double advantage - increased safety, environmental friendliness and long-term sustainability of construction projects, providing an innovative solution to the challenges of modern earthquake-resistant construction. Site classification by utilizing 195 ground motion records with various response spectrum characteristics, notwithstanding the actual site's complexity. (**Mengtao Wu & Wenhui Tian, 2023**).

This technique is very much cost effective in comparison with other conventional techniques. Besides, the installation process of this technique is also very much easier. So, this technique can be used in economically backward yet earthquake-prone countries. So, using this type of seismic isolation can be very cost effective and a simpler alternative to earthquake hazard mitigation than conventional base isolation techniques. (**Radhikesh P. Nanda & Sayantan Dutta, 2018**).

3 MATERIALS AND METHODS

"The equipment for testing soil using the standard compaction method includes the following components: a device for mechanically or manually compacting the soil, (**Seismic isolation using rubber-soil mixtures: concept and feasibility**) a mold for the soil sample, and a SOYUZDORNIY device. Looking at the images provided, we can observe the differences in acceleration. During the research, clay and rubber were first mixed in a 60/40 ratio and tested. The prepared rubber-soil mixture is compacted using the 'SOYUZDORNIY' device. (**Seismic safety of buildings and structures**) The prepared mixture is placed into the device. The soil sample examination was conducted in the following order:

- The sample was transferred from the desiccator to a metal cup and thoroughly mixed.
- Soil was placed into the mold to a thickness of 50-60 mm, compacted by hand, and excess soil was removed.

- Compaction was carried out by dropping a weight 40 times from heights of 10 cm, 20 cm, and 30 cm onto the soil.

- Each time the weight was dropped from different heights, results were recorded using 'ZETLAB'." (**Seismic performance of rubber-sand mixture cushion under varying site conditions**)

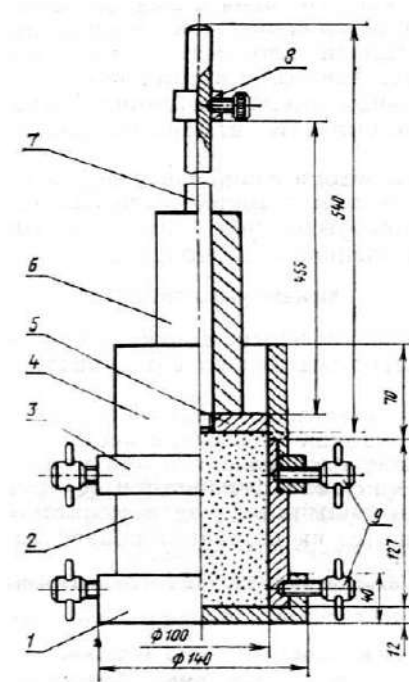


Figure 1 – Device “SOYUZDORNIY”

4 RESULTS AND DISCUSSION

The differences in accelerations within the mixture were identified using the device shown below.



Figure 2 – Device “ZETLAB”

Using the provided device, we determined the effectiveness of the rubber mixture. First, we examined the results by testing only the soil. Then, we conducted research by combining rubber and soil. We noticed the differences between the two. (**Earthquake-resistant structures of buildings**)



Figure 3 – Results of using clay in the ZETLAB

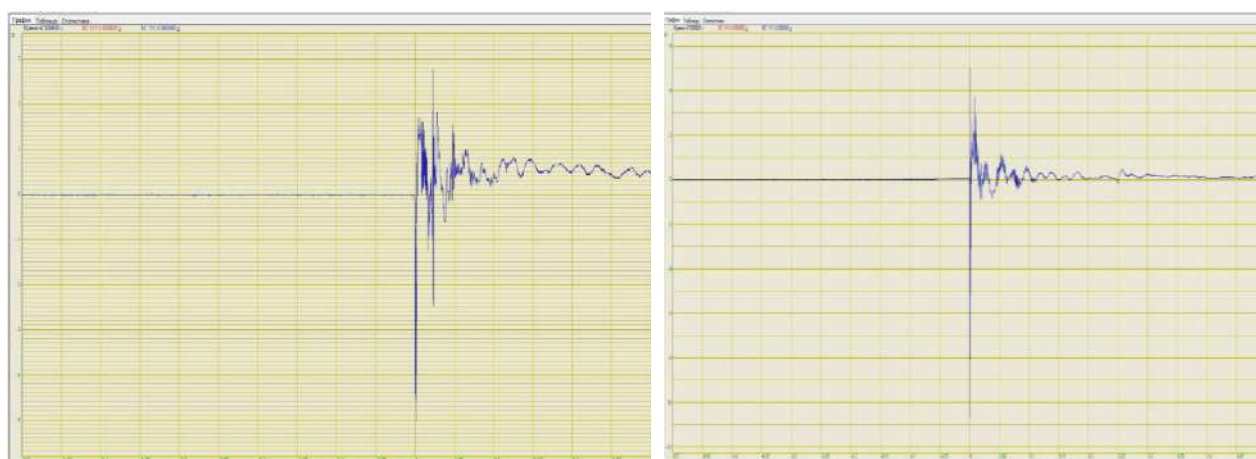


Figure 4 – Results of using the rubber and soil method in the ZETLAB program

In addition to the observed reduction in acceleration values, it was noted that the rubber-soil mixture exhibited enhanced energy absorption characteristics (**GOST 22733-2016**). This indicates that the mixture not only dampens seismic waves but also dissipates a significant portion of the energy, thereby protecting the structure from sudden shocks. The rubber component, due to its elasticity, contributed to reducing both vertical and horizontal ground motion, as confirmed by the data obtained through the ZETLAB system (**Construction in seismic zones**).

Moreover, the stability of the mixture under repeated cyclic loading was tested, simulating aftershocks. The results showed that the rubber-soil mixture maintained its structural integrity without noticeable degradation in damping capacity. This resilience suggests its potential for long-term use in seismic isolation applications, particularly in regions experiencing frequent seismic activity (**Soil behavior during earthquakes**).

Furthermore, field modeling and small-scale structural simulations demonstrated consistent

performance across varying moisture contents in the soil, which is a critical factor in real-world conditions. The mixture's adaptability to different site environments further enhances its practical value (**Dynamic properties of tire-derived aggregates for seismic applications**).

5 CONCLUSIONS

In the last two to three decades, the global scientific community's attention to ensuring the seismic stability of structures using seismic isolation methods has significantly increased. Dozens of articles and reports of both theoretical and practical nature have been published, and international conferences are being held. In the Republic of Kazakhstan, several initiatives have also been established on this topic, and the work of domestic scientists plays an important role in this field; however, the scope of practical application is significantly lower compared to foreign countries.

To summarize the research conducted, we observed differences in the values of accelerations. The results demonstrated the effectiveness of the method of adding rubber to clay. As the acceleration values decreased, the effects of seismic waves also diminished. Therefore, the method of combining clay and rubber is effective in reducing seismic effects and is also economically beneficial.

REFERENCES

1. **Amosov, A.A.** Fundamentals of the Theory of Seismic Stability of Structures. A. A. Amosov, S.B. Synytsyn. 2nd edition, revised and expanded 2023. https://www.researchgate.net/publication/283683594_The_development_of_the_system_for_identification_of_seismic_stability_and_monitoring_of_origin_of_anomalous_seismic_processes
2. **SP RK 2.03–30–2017** «Construction in seismic zones» 4.
3. **Mkrytychev, O.V., Djinchvelashvili, G.A.** (2021). Rationing in earthquake-resistant construction. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2024-4-42-46>
4. **Inshkhara, K.** (2023). Soil behavior during earthquakes - NGO Georeconstruction-Fundamental Project, St. Petersburg. <https://www.geotech.hr/en/the-effect-of-local-soil-and-structure-height-on-seismic-response/>
5. **Fardis, M., Karvalyo, E., Elnashai, A., Fanciolli, E., Pinto, P., Plumer, A.** Designers' Guide to Eurocode 8: Designing earthquake-resistant structures. <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/publications/designers-guide-en-1998-1-and-1998-5-eurocode-8-design-provisions-earthquake-0>
6. **Kurmaev, A.M.** (2022). Earthquake-resistant structures of buildings. Handbook. <http://ndl.ethernet.edu.et/bitstream/123456789/9201/1/Earthquake%20Resistant%20Design%20of%20Structures.pdf>
7. **GOST 22733-2016.** The method of laboratory determination of the maximum density. https://euro-test.ru/Pub.Lib/Normativ_docs/GOST22733.pdf
8. **Savin, S.N.** (2021). Seismic safety of buildings and structures. Training manual for PDF. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2023-8-12-41-53>
9. **Aleksenco, V.N., Zhilenko, O.B.** (2021). Abstract to the book "Design, construction and operation of buildings in seismic areas". https://www.researchgate.net/publication/345331727_Design_construction_and_operation_of_buildings_in_seismic_areas
10. **Zornberg J.G.** (2004). Performance of tire shred–sand mixtures as retaining wall backfill.

Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.

11. **Tsang H.H., Lam N.** (2007). Seismic isolation using rubber-soil mixtures: concept and feasibility. Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering.
12. **Wu M., Tian W.** (2023). Seismic performance of rubber-sand mixture cushion under varying site conditions. Soil Dynamics and Earthquake Engineering.
13. **Nanda R.P., Dutta S.** (2018). Cost-effective seismic isolation techniques for developing countries. Earthquake Engineering Review.
14. **Park J., Kim H.** (2010). Dynamic properties of tire-derived aggregates for seismic applications. Waste Management.
15. **Yoon S., Kang S.** (2019). Energy dissipation capacity of rubber-soil systems under cyclic loading. Soil Mechanics and Foundation Engineering.

ENVIRONMENTALLY FRIENDLY SOUND INSULATION MATERIAL FOR DOOR STRUCTURES

A.K. Sambetbayeva , R.B. Bolatova , E.B. Kurmanbekova , S.T. Shaltabaeva 

International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *In modern conditions, an important requirement for door structures is to ensure high sound insulation characteristics while maintaining the environmental friendliness and lightness of the construction. The problem lies in developing door panels capable of absorbing a wide range of sound waves with minimal weight and the use of environmentally friendly materials. As part of the research, a two-chamber wooden door panel structure with a filling of basalt wool of different densities was developed and tested. Acoustic testing methods were used to determine the effectiveness of sound absorption at different frequencies. Special attention was paid to selecting the density and thickness of basalt wool layers for optimal sound absorption while preserving the lightness of the structure. The experimental results confirmed that basalt wool of varying densities has high efficiency in absorbing sound waves of different frequencies, allowing the door to effectively reduce both medium and high-frequency sounds as well as low-frequency noises. The two-chamber door structure with a combination of basalt wool layers of different densities demonstrated a significant increase in the sound absorption coefficient compared to traditional solutions. The achieved sound absorption and energy efficiency indicators make the developed structure a promising solution for modern construction projects, including administrative, public, and residential buildings. The use of environmentally friendly materials, such as basalt wool, meets modern requirements for sustainability and safety in construction. In addition, this design improves the acoustic environment of indoor spaces, enhancing living comfort and creating favorable conditions for work and relaxation. The use of basalt wool not only helps reduce noise but also ensures the durability and stability of sound insulation properties. The developed two-chamber wooden door with improved sound insulation properties is an innovative and eco-friendly solution for creating comfortable soundproof spaces. Additional benefits include increased energy efficiency by reducing heat loss through door panels, which contributes to lower heating costs and improves the environmental performance of buildings.*

Keywords: *basalt wool, two-chamber construction, door panel, sound absorption, energy efficiency, sound insulation*

***Corresponding author**

Aigul Sambetbayeva, e-mail: aigultdo@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-14>

Received 14 Novemer 2024; Revised 22 December 2024; Accepted 08 February 2025

ЕСІК КОНСТРУКЦИЯЛАРЫНА АРНАЛҒАН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ДЫБЫС ОҚШАУЛАҒЫШ МАТЕРИАЛ

А.К.Самбетбаева , Р.Б.Болатова , Э.Б.Кұрманбекова , С.Т.Шалтабаева 

Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

Андатпа. Қазіргі заманғы жағдайларда есік конструкцияларына қойылатын маңызды талаптардың бірі — экологиялық тазалық пен жеңілдікті сақтай отырып, жоғары дыбыс оқшаулау сипаттамаларын қамтамасыз ету болып табылады. Мәселе әртүрлі дыбыс толқындарын минималды салмақпен және экологиялық таза материалдарды пайдалана отырып сіңіре алатын есік полотноларын әзірлеуде жатыр. Зерттеу аясында әртүрлі тығыздықтағы базальт мақтасынан жасалған толтырғышы бар екі камералы ағаш есік конструкциясы жасалып, сыналды. Дыбысты әртүрлі жиіліктерде сіңіру тиімділігін анықтау үшін акустикалық сынау әдістері қолданылды. Негізгі назар базальт мақтасының дыбыс сіңіру тиімділігін арттырып, конструкцияның жеңілдігін сақтай отырып, оның тығыздығы мен қабат қалыңдығын таңдауға аударылды. Эксперимент нәтижелері әртүрлі тығыздықтағы базальт мақтасы әртүрлі жиіліктегі дыбыс толқындарын сіңіруде жоғары тиімділікке ие екенін, бұл есікке орташа және жоғары жиіліктегі дыбыстармен қатар төмен жиілікті шуды да тиімді төмендетуге мүмкіндік беретінін растады. Әртүрлі тығыздықтағы базальт мақтасы қабаттарынан жасалған екі камералы есік конструкциясы дәстүрлі шешімдермен салыстырғанда дыбыс сіңіру коэффициентінің едәуір ұлғаюын көрсетті. Қол жеткізілген дыбыс сіңіру және энергия тиімділігі көрсеткіштері әзірленген конструкцияны әкімшілік, қоғамдық және тұрғын ғимараттарды қоса алғанда, қазіргі заманғы құрылыс жобалары үшін болашағы бар шешім ретінде қарастыруға мүмкіндік береді. Базальт мақтасы сияқты экологиялық таза материалдарды пайдалану құрылыста экологиялық тазалық пен қауіпсіздікке қойылатын заманауи талаптарға сәйкес келеді. Бұдан басқа, бұл конструкция бөлмелердің акустикалық ортасын жақсартып, тұрғындардың жайлылығын арттырады және жұмыс пен демалуға қолайлы жағдайлар жасайды. Базальт мақтасын пайдалану шуды азайтуға ғана емес, сонымен қатар дыбыс оқшаулау қасиеттерінің беріктігі мен тұрақтылығын қамтамасыз етеді. Жақсартылған дыбыс оқшаулау сипаттамалары бар екі камералы ағаш есік жайлы, дыбыс оқшауланған кеңістіктерді құруға арналған инновациялық және экологиялық шешім болып табылады. Қосымша артықшылықтарға есік полотнолары арқылы жылу шығынын азайту есебінен энергия тиімділігін арттыру кіреді, бұл жылытуға жұмсалатын шығындарды азайтуға және ғимараттардың экологиялық көрсеткіштерін жақсартуға ықпал етеді.

Түйін сөздер: базальт мақта, екі камералы конструкция, есік төсемі, шуды сіңіру, энергия тиімділік, дыбысты оқшаулау

*Автор-корреспондент

Айгуль Самбетбаева, e-mail: aigultdo@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-14>

Алынды 14қараша 2024; Қайта қаралды 22 желтоқсан 2024; Қабылданды 08 ақпан 2025

ЭКОЛОГИЧНЫЙ ЗВУКОИЗОЛЯЦИОННЫЙ МАТЕРИАЛ ДЛЯ ДВЕРНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

А.К.Самбетбаева , Р.Б.Болатова , Э.Б.Күрманбекова , С.Т.Шалтабаева 

Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

Аннотация. В современных условиях важным требованием к дверным конструкциям является обеспечение высоких звукоизоляционных характеристик при сохранении экологичности и лёгкости конструкции. Проблема заключается в разработке дверных полотен, способных поглощать широкий спектр звуковых волн с минимальным весом и использованием экологически чистых материалов. В рамках исследования была разработана и протестирована двухкамерная деревянная конструкция дверного полотна с наполнением из базальтовой ваты разной плотности. Использовались методы акустического тестирования для определения эффективности шумопоглощения на разных частотах. Особое внимание было уделено подбору плотности и толщины слоев базальтовой ваты для оптимального звукопоглощения и сохранения легкости конструкции. Результаты экспериментов подтвердили, что базальтовая вата с различной плотностью обладает высокой эффективностью в поглощении звуковых волн разной частоты, что позволяет двери снижать как средние и высокочастотные, так и низкочастотные шумы. Двухкамерная конструкция двери с комбинацией слоев базальтовой ваты разной плотности показала значительное увеличение коэффициента шумопоглощения по сравнению с традиционными решениями. Достигнутые показатели шумопоглощения и энергоэффективности позволяют рассматривать разработанную конструкцию как перспективное решение для современных строительных проектов, включая административные, общественные и жилые здания. Применение экологически чистых материалов, таких как базальтовая вата, соответствует современным требованиям к экологичности и безопасности в строительстве. Помимо этого, данная конструкция улучшает акустическую среду помещений, повышая комфорт проживания и создавая благоприятные условия для работы и отдыха. Использование базальтовой ваты не только способствует снижению шума, но и обеспечивает долговечность и стабильность звукоизоляционных свойств. Разработанная двухкамерная деревянная дверь с улучшенными звукоизоляционными свойствами представляет собой инновационное и экологичное решение для создания комфортных звукоизолированных пространств. Дополнительные преимущества включают повышение энергоэффективности за счёт уменьшения теплопотерь через дверные полотна, что способствует снижению затрат на отопление и улучшению экологических показателей зданий.

Ключевые слова: базальтовая вата, двухкамерная конструкция, дверное полотно, шумопоглощение, энергоэффективность, звукоизоляция

*Автор-корреспондент

Айгуль Самбетбаева, e-mail: aigultdo@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-14>

Поступило 14 ноября 2024; Пересмотрено 22 декабря 2024; Принято 08 февраля 2025

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС / ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 ВВЕДЕНИЕ

С ростом урбанизации по всему миру важность защиты от звукового загрязнения увеличивается, поскольку шум негативно влияет на здоровье человека. Эффективная звукоизоляция здания требует не только использования акустических материалов для стен, но и тщательного заполнения оконных и дверных проемов как снаружи, так и изнутри ([Basner et al., 2014](#)).

Исследования изолированных конструкций, включая дверные блоки, активно ведутся за рубежом, так как двери часто являются основным источником проникновения шума, несмотря на использование шумопоглощающих материалов в стенах и перегородках. Известные деревянные двери включают три слоя ДСтП (древесно-стружечные плиты), две МДФ (древесноволокнистая плита средней плотности) не считая накладки и фурнитуру, весят в среднем 65–70 кг, что тяжелее металлических.

Модель двухкамерного дверного полотна из тонких МДФ листов напоминает оконный стеклопакет, где камеры заполнены легкими пористыми материалами, такими как пенополистирол, минеральная вата или акустический войлок, используемые в автомобильных дверях.

Существует множество видов конструкций шумопоглощающих и звукоизоляционных дверей. Лучшей конструкцией является металлическая дверь, имеющая в наполнении сочетание множество материалов, с показателем звукоизоляции 32-42 дБ. Но металлическую дверь не эстетично устанавливать внутри здания административных, общественных и учебных корпусов. Для этого принято использовать деревянные двери с показателем звукоизоляции 27 дБ. Недостатком всех существующих звукоизоляционных деревянных дверей является массивность, большой вес и толщина полотна, образуемая из-за наслаивания множества материалов.

Поэтому исследования, посвященные разработке относительно легких и безопасных конструкций дверных полотен с эффективным показателем звукопоглощения, являются актуальными.

2 ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

Американские производители видят в дверной конструкции барьерную технологию, которая должна иметь массу. Целью которого является несколько слоев материалов, расположенных таким образом, чтобы уменьшить вибрацию. Тип материала, способ его сборки и количество используемого материала зависят от частоты и амплитуды ([Rindel, 2010](#)). Древесноволокнистая плита средней плотности МДФ обеспечивает конструкцию массой, необходимой для начала производства дверей. Также считают, что при выборе материала важна не только масса, но и разные материалы с разной плотностью, чтобы замедлять вибрации, проходящие через дверь. Вибрации теряют интенсивность, если им приходится сталкиваться с различными типами материалов с различной плотностью. Если используется МДФ, то можно соединить его с фанерой. Фанера имеет множество слоев, которые соединяются вместе в единый кусок материала. Это пример того, как сочетаются различные материалы с разной плотностью ([Safin, 2024](#)).

Демпфирование массы ограниченного слоя включает соединение разнообразных материалов различной плотности с использованием акустического клея для создания многослойной структуры, которая уменьшает вибрацию, улучшая звукоизоляцию за счёт увеличения количества препятствий звуковых волн. МДФ, фанера и клей – это уже три материала, через которые должна пройти вибрация. Сочетание вышеуказанных материалов, основана на частоте и амплитуде шума, создаваемого внутри комнаты, или шума снаружи комнаты, приходящего внутрь комнаты. Выбор материалов и их расположение в конструкции двери начинается с измерения шума, чтобы квалифицировать и количественно определить частоты и амплитуды шума. Каждая частота и амплитуда шума связаны с типом

материала, количеством и положением этого материала в конструкции дверного барьера (Lukash et al., 2022). Любая структура должна основываться на определенной частоте или амплитуде энергии. Более низкие частоты требуют другой барьерной технологии, чем средние и высокие частоты.

Также, простая звуконепроницаемая дверь может быть изготовлена путем прослаивания тяжелых силикатных плит кальция между гранями фанерного шпона, в котором наносится демпфирующий компаунд, такой как зеленый клей, между слоями, чтобы улучшить потери при передаче. Затем для завершения конструкции могут быть добавлены акустические уплотнения хорошего качества. Характеристики звуконепроницаемых дверей варьируются от 34 дБ до 56 дБ. Толщина дверного полотна варьируется от 55 мм до 95 мм, в зависимости от требуемых характеристик двери. Номинальные значения выше 56 дБ могут быть достигнуты путем установки двух дверей последовательно с подходящим зазором между ними. Чем больше пространство между двумя дверями, тем лучше.

В исследовании (Smith & Jones, 2020) проведен анализ современных звукоизоляционных материалов, их свойств и применимости в конструкциях дверных полотен. Демонстрируется, что применение новых композитных материалов и многослойных структур способствует значительному усилению звукоизоляционных свойств дверей. Тем не менее, вопросы долговечности и стоимости данных материалов, а также сложности их интеграции в традиционные конструкции остаются открытыми. Эти трудности могут быть обусловлены высокими затратами на разработку и тестирование инновационных материалов и необходимостью значительных инвестиций для массового производства, что делает такие исследования экономически нецелесообразными. Один из путей преодоления этих проблем – разработка и использование более доступных альтернативных материалов и упрощение производственных процессов.

В работе (Lee, 2019) представлены данные о последних достижениях в области дизайна дверей с фокусом на звукоизоляционные технологии. Авторы демонстрируют, что применение новаторских материалов и конструкций значительно повышает уровень звукоизоляции, одновременно сохраняя эстетические и функциональные характеристики изделий. Однако, возникшие вопросы о интеграции таких инноваций в массовое производство и влиянии на структурную устойчивость дверей остаются не решенными. Эти проблемы могут быть обусловлены высокими затратами на новые материалы и технологии, а также невозможностью их использования в стандартных размерах дверных полотен, что делает исследования нецелесообразными с экономической точки зрения. В качестве решения предлагается разработка более эффективных и экономически доступных производственных технологий, а также применение модульных дизайнов, позволяющих адаптировать новые материалы и технологии к различным типам дверей. Данный подход был реализован в рамках исследования (Lee, 2019), но вопрос о сравнении долговечности таких конструкций с традиционными дверями требует дальнейшего анализа.

Автор (Patel, 2018) анализирует звукоизоляционные свойства различных материалов, используемых в производстве дверей. Отмечено, что материалы значительно различаются по своей способности к звукоизоляции, что существенно влияет на акустические характеристики конечного изделия. Однако, вопросы оптимального сочетания материалов для достижения идеального баланса между звукоизоляцией, стоимостью и другими эксплуатационными характеристиками, такими как вес и долговечность, остаются открытыми. Проблемы связаны с различиями в физических свойствах материалов, а также необходимостью значительного увеличения затрат и сложности производства для достижения высокого уровня звукоизоляции, делая данные исследования экономически неоправданными в некоторых случаях. В качестве решения этих проблем предложено использование композитных материалов и внедрение новых технологических процессов, которые могут улучшить акустические характеристики, сохраняя при этом другие важные параметры.

В исследованиях, представленных в работе ([Gomez & Fernandez, 2021](#)), освещены вопросы применения экологически чистых звукопоглощающих материалов, а также аспекты дизайна дверных проемов с точки зрения их влияния на акустическую изоляцию. Отмечено, что использование экологически безопасных материалов способствует улучшению акустических свойств помещений, в то время как оптимизированный дизайн проемов может значительно повысить эффективность звукоизоляции. Тем не менее, вопросы долговечности таких материалов и стоимости интеграции инновационных дизайнов в существующие здания остаются актуальными. Основными проблемами являются высокие затраты на адаптацию стандартных проемов и сложности модификации некоторых типов конструкций. Предложено решение в виде разработки универсальных, легко интегрируемых в различные архитектурные и климатические условия конструкций, а также применение модульных и адаптивных дизайнов, которые не требуют значительных изменений в структуре зданий.

В исследовании ([Chen, 2022](#)), посвященном анализу влияния дизайна дверных проемов на акустическую изоляцию, представлены данные о том, как конструктивные изменения, включая выбор материалов и структуру, могут значительно усилить звукоизоляционные свойства. Однако, интеграция таких дизайнов в стандартные строительные практики и оценка их экономической эффективности остаются сложными задачами. Основные препятствия связаны с необходимостью адаптации новшеств к действующим строительным нормам и высокими затратами на модификацию существующих зданий, что с точки зрения финансов делает эти исследования невыгодными. В качестве решения предложено использование модульных и легко адаптируемых конструкций, которые могут быть интегрированы в разнообразные архитектурные стили без существенных изменений. Однако для оптимального использования универсальных звукоизоляционных материалов требуются дополнительные исследования, направленные на адаптацию этих материалов к различным эксплуатационным условиям.

Автор ([Murphy & O'Connell, 2021](#)) изучает использование многослойных структур для улучшения звукоизоляции дверей. Показано, что включение различных комбинаций материалов в многослойные конструкции значительно повышает их звукоизоляционные свойства. Но остались нерешенными вопросы, связанные с оптимизацией толщины и материального состава слоев для различных типов дверей и условий эксплуатации. Трудности могут возникать из-за разных акустических требований в зданиях, невозможности создать универсальный дизайн и высоких затрат на производство специализированных многослойных дверей, делая исследования нецелесообразными для широкого внедрения. Вариантом преодоления соответствующих трудностей может быть разработка модульных систем, которые позволяют настраивать структуру слоев в зависимости от конкретных акустических и эксплуатационных требований.

В работе ([Wang & Liu, 2020](#)) приведены результаты исследований использования гибридных материалов для снижения шума в зданиях. Показано, что комбинирование различных материалов с уникальными звукоизолирующими свойствами может значительно улучшить общую акустическую изоляцию строительных конструкций. Но остались нерешенными вопросы, связанные с экономической эффективностью производства таких материалов и их долговечностью в различных эксплуатационных условиях. Причиной этого могут быть объективные трудности, связанные с высокими затратами на сырье и технологии производства, принципиальная невозможность универсализации этих материалов для всех видов зданий, что делает соответствующие исследования нецелесообразными с точки зрения массового применения.

В исследовании ([Roberts, 2019](#)) представлен анализ современных техник и тенденций в области строительной акустики, демонстрирующий значительное улучшение звукоизоляционных свойств конструкций благодаря новейшим разработкам в материалах и методах. Однако, высокие затраты на внедрение этих технологий и их интеграция в устоявшиеся строительные стандарты остаются проблематичными. Эти трудности обусловлены необходимостью специализированного оборудования и подготовки кадров, а

также экономической нецелесообразностью массового применения некоторых инноваций из-за их высокой стоимости. В работе (Roberts, 2019) предложены методы разработки и внедрения более доступных и упрощенных технологий, а также меры по повышению осведомленности и обучению в индустрии, что может способствовать более широкому распространению новых методов. Такой подход уже нашел применение, однако требует продолжения исследований для улучшения и оптимизации строительных практик в области акустики.

Все это позволяет утверждать, что целесообразным является проведение исследования, направленного на разработку деревянной шумопоглощающей дверной конструкции.

3 МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Для изготовления дверных полотен использовались следующие материалы.

МДФ (древесноволокнистая плита средней плотности) - инженерный материал, созданный методом прессования древесных волокон с добавлением синтетических смол. МДФ широко используется в строительстве и мебельном производстве благодаря своей прочности, универсальности и легкости обработки. Он обеспечивает умеренные звукоизоляционные свойства и структурную стабильность, что делает его популярным для производства дверей, акустических панелей и мебели.

Базальтовая вата - вид минеральной ваты, известный своими отличными изоляционными свойствами. Благодаря пористой и волокнистой структуре, базальтовая вата способна эффективно поглощать звуковые волны, разрушая их и уменьшая отражение и эхо в помещениях. Она особенно полезна для шумопоглощения в студиях, кинотеатрах и офисах.

Пенополистирол (полистирол, пенопласт) - легкий пластичный материал, получаемый в результате полимеризации стирола. Он обладает высокими теплоизоляционными свойствами и также имеет умеренные звукоизоляционные характеристики.

Гофрокартон - упаковочный материал, состоящий из слоев бумаги, в том числе гладких обложек и волнистой бумаги между ними. Воздушные карманы в гофрированном слое позволяют ему улавливать звуковые волны и частично поглощать звук. Однако, гофрокартон менее эффективен как звукоизолирующий материал по сравнению со специализированными акустическими материалами.

Для создания и измерения звукового давления были задействованы следующие приборы: генераторы шума, третьоктавные фильтры и звуковые колонки с рабочим диапазоном частот от 50 до 5000 Гц; микрофоны первого класса, усилители и измерительные устройства, откалиброванные акустическими калибраторами перед началом испытаний, дополнительно использовался шумомер MASTECH MS6701 для точного измерения звукового давления.

Испытания проводились в административном блоке столярного производства и состояли из двух этапов:

Лабораторные испытания: Были выбраны две смежные комнаты с хорошей шумоизоляцией стен, различающиеся по уровню звукового давления. В лабораторных условиях исследовались двери при различных уровнях давления для оценки их звукоизоляционных характеристик.

Испытания в реальных условиях: Для проверки эффективности дверей в условиях внешнего шума была заменена входная дверь на тестируемые дверные блоки. Испытания проводились в условиях естественного шума от промышленных территорий, транспортных магистралей, железнодорожных путей и авиалиний. Каждое дверное полотно было установлено с зазором в 10 мм по периметру, который был заделан вибро-акустическим герметиком. Перед началом измерений двери открывались и закрывались пять раз для проверки работы механизмов и фурнитуры.

Для измерения звукового давления использовались три различных положения микрофонов: Первый метод включал установку микрофонов в трех фиксированных точках,

во втором случае один микрофон попеременно перемещался по заданным точкам, в третьем методе использовался вращающийся микрофон, описывающий окружность вокруг источника звука. Дверные блоки тестировались в двух смежных реверберационных комнатах (с высоким и низким уровнем давления), установленных по стандартам ГОСТ. Объемы комнат различались на 10%, а время реверберации составляло три секунды в каждой третьоктавной полосе. Измерения проводились в частотных полосах от 100 до 3150 Гц с использованием третьоктавных фильтров. Для калибровки всех устройств использовались международные стандарты ([IEC 61672-1:2014](#), [IEC 60942:2003](#) и [ISO 3382-2:2008](#)), что обеспечивало точность и надежность данных. Для оценки фона измерялся уровень фонового шума в каждом испытании, и создавались условия диффузного звукового поля с учетом расположения источника звука и установки диффузоров. Для определения звукоизоляционных характеристик дверных блоков от внешнего шума измерения проводились на фасадной стороне здания, обращенной к оживленной улице. Шумомер был установлен на высоте 1,5 м от пола в трех точках на расстоянии одного метра от стен.

4 РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

4.1. Разработка деревянной двухкамерной конструкции двери

Европейские производители нашли способ создать легкую конструкцию дверей: для улучшения звукоизоляции двери используют опускающиеся пороги и специальный сотовый наполнитель с двойными перегородками, что обеспечивает эффективную звукоизоляцию. По образцу этого наполнения в деревообрабатывающей производственной компании изготовили дверь двухкамерной конструкции ([Рисунок 1](#)). Конструкция подразумевала разнородность материалов нескольких толщин, ячеистость, мембранность, а также эстетичность двери. Эффективность испытали простым методом стука в сравнении с обычной дверью. Стук с обратной стороны простой двери издавал звуки четкого удара, а со стороны двухкамерной двери звук исходил приглушенный.

Изобретение относится к шумопоглощающим деревянным дверным конструкциям, которое относится к дверям специального назначения для внутренней эксплуатации в отелях, гостиницах, школах, больницах. Сочетание листовых материалов разной толщины в многокамерной конструкции и заполнение камер бумажными сотами создает мембранную полость, затухающую звуковые волны за счет разных акустических свойств материалов. Результат шумопоглощения зависит от толщины воздушного пространства внутри камер, чем больше расстояние между наружной накладкой и внутренней перегородкой, тем эффективнее будет результат. Также разницу в несколько дБ оказывает отделка двери. К примеру, накладка, отделанная пористым шпоном или декоративной кожей, может оказать дополнительно положительный результат.

Для проведения испытания было изготовлено 5 дверных полотен разной конструкции: простая, межкомнатная стандартная дверь, двухкамерная конструкция с сотовым наполнением, двухкамерная конструкция с наполнением из пенополистирола, трехкамерная конструкция с сотовым наполнением, двухкамерная конструкция с базальтовым наполнением разной плотности. Образцы дверных полотен приведены в [Таблице 1](#).

Таблица 1
Образцы дверных полотен.

№ образца	Наименование	Толщина, мм
1	Стандартная межкомнатная дверь	42
2	Двухкамерная дверь с сотовым наполнением	50
3	Двухкамерная дверь заполненная пеноплексом (пенополистиролом)	55
4	Трехкамерная дверь с сотовым наполнением	50
5	Двухкамерная дверь заполненная каменной ватой	55

Испытание проводилось в административном блоке столярного производства, где были изготовлены образцы.

Конструкция стандартной межкомнатной двери (**Рисунок 1**). Простая межкомнатная дверь, обычно ее называют пустотелая дверь с сотовым наполнением. Состоит из соснового каркаса и рубашки из МДФ толщиной 6 мм.

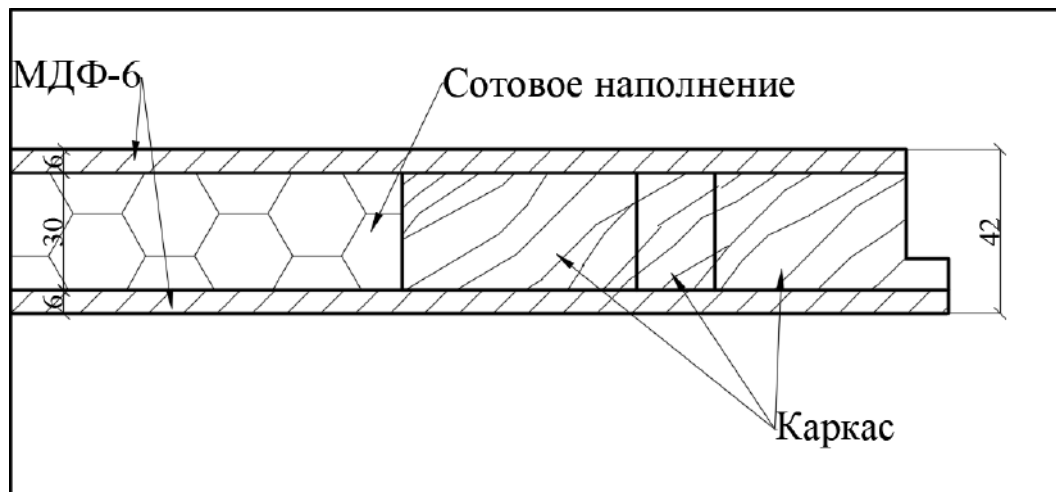


Рисунок 1 – Конструкция стандартной межкомнатной двери.

Двухкамерная конструкция с сотовым наполнением (**Рисунок 2**). Конструкция этой двери была изобретена в 2018 году. Конструкция отличается от обычной двери тем, что внутреннее пространство делится на две камеры перегородкой МДФ толщиной 3 мм. Толщина двери увеличена для создания большого воздушного пространства и заполнена сотами.

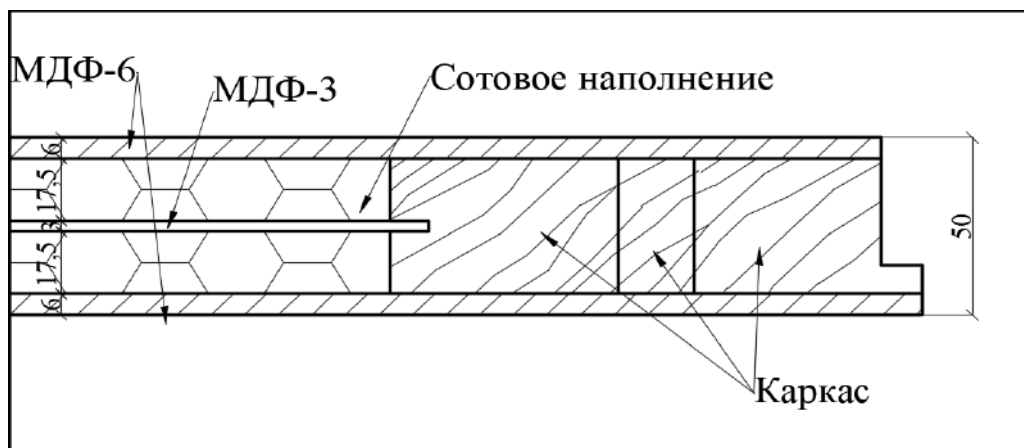


Рисунок 2 – Двухкамерная конструкция с сотовым наполнением.

Двухкамерная конструкция с наполнением из пенополистирола (**Рисунок 3**). Конструкция соответствует образцу, показанному на **Рисунке 2**, но толщина камер увеличена на толщину пеноплекса. Пеноплекс, пористый теплоизолирующий материал, часто ошибочно приписывают свойства звукоизоляции.

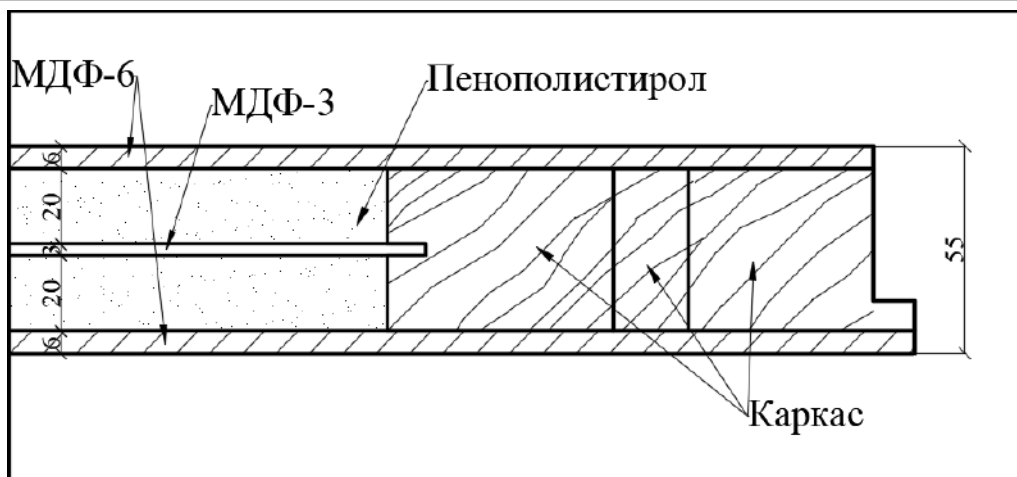


Рисунок 3 – Двухкамерная конструкция с наполнением из пенополистирола.

Трехкамерная конструкция с сотовым наполнением (с гофрокартоном) (**Рисунок 4**). В рамках эксперимента с образцом, показанным на **Рисунке 4**, будет исследовано влияние количества перегородок на звукоизоляционные свойства двери при сохранении её постоянной толщины. Этот подход позволит оценить, насколько эффективность звукоизоляции зависит от количества структурных элементов в дверном полотне, в отличие от качества используемых материалов.

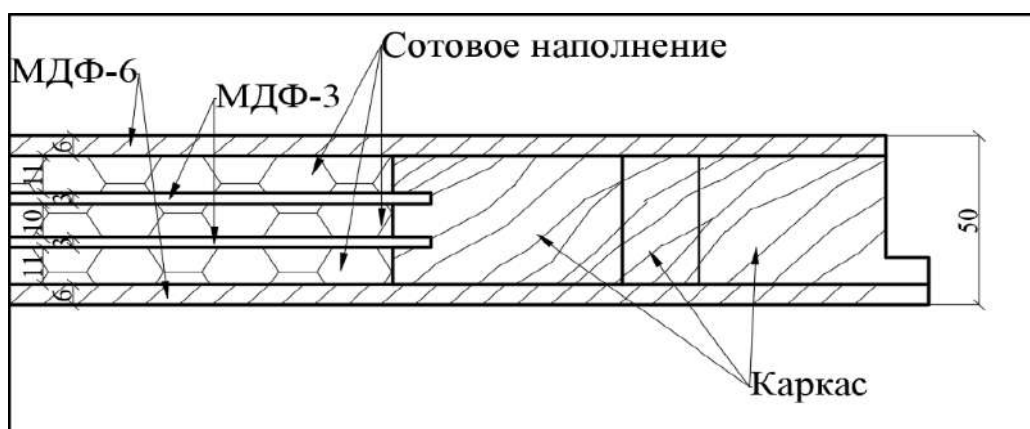


Рисунок 4 – Трехкамерная конструкция с сотовым наполнением (с гофрокартоном).

Двухкамерная конструкция с базальтовым наполнением (**Рисунок 5**) является главным в исследовании, так как свойства каменной ваты при правильном подходе дают хорошие результаты.

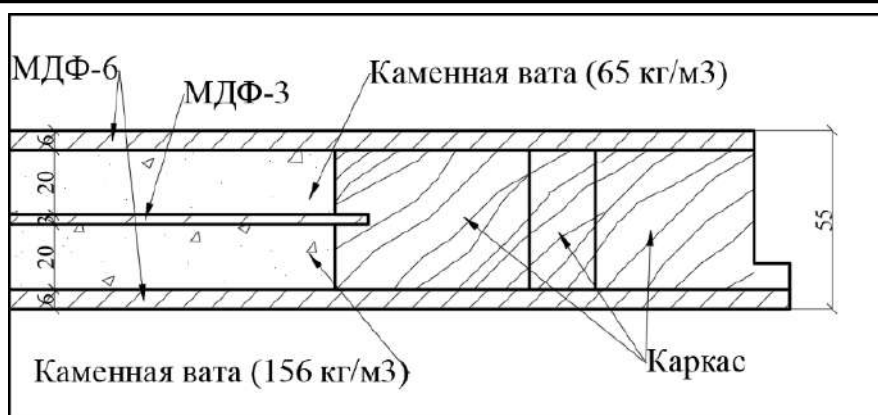


Рисунок 5 – Двухкамерная конструкция с базальтовым наполнением.

В данном образце использовалась базальтовая вата плотностью 65 и 156 кг/м³. С увеличением плотности ваты растет звукопоглощение на низких частотах и падает звукопоглощение на средних и высоких частотах. Одна камера заполнена ватой 65 кг/м³, вторая 156 кг/м³. Для заполнения вата была поделена на толщину камер ([Самбетбаева & Болатова, 2022](#)).

4. 2. Определение звукоизоляции дверных деревянных конструкций

Результаты лабораторного исследования со стороны комнаты высокого уровня представлены в [Таблице 2](#).

Таблица 2

Результаты лабораторного исследования со стороны комнаты высокого уровня.

№ образца	Исходный звук, дБ	Результат испытания в первой точке, дБ	Результат испытания во второй точке, дБ	Результат испытания в третьей точке, дБ	Поглощенный звук (среднее значение), дБ
П1	77	65,5	65,6	65,1	11,6
П2	77	56,3	57	56,9	20,26
П3	77	68,1	67,1	67,7	9,3
П4	77	61,1	61,8	61,1	15,6
П5	77	50,1	50,3	50,1	26,83

Из [Таблицы 2](#) видно, что со стороны комнаты высокого уровня образец П2 имеет разницу почти в два раза в сравнении с обычной дверью (образец П1) и соответственно результаты почти в два раза выше. В образце П3 пеноплекс способствует созданию резонанса внутри камер, из-за чего звукопоглощение снизилось, несмотря на толщину полотна. Результат третьего образца оказался ниже обычной тонкой двери. Образец П4 доказывает эффективность толщины воздушного пространства, чем ближе перегородки, тем ниже показатель звукопоглощения. Звуковая волна свободно переносится из одной камеры в другую с малыми потерями интенсивности. Если бы в образце П4 увеличить толщину полотна, не уменьшая расстояние между перегородками, то результат возможно был бы эффективнее образца П2. Образец П5 показал значительный улучшенный результат. Базальтовая вата оправдывает эффект шумопоглощения.

Результаты лабораторного исследования со стороны комнаты низкого уровня представлены в [Таблице 3](#).

Таблица 3

Результаты лабораторного исследования со стороны комнаты низкого уровня.

№ образца	Исходный звук, дБ	Результат испытания в первой точке, дБ	Результат испытания во второй точке, дБ	Результат испытания в третьей точке, дБ	Поглощенный звук (среднее значение), дБ
П1	77	65,6	65,9	65,1	11,46
П2	77	56,5	57,2	57,1	20,06
П3	77	69,1	68,9	67	8,66
П4	77	61,7	61,9	61,8	15,2
П5	77	50,1	50,5	50,3	26,7

Из данных, представленных в **Таблице 3**, можно сделать вывод о значительных различиях в акустических характеристиках образцов. В частности, образец П2, расположенный со стороны помещения с низким уровнем шума, показал удвоенное снижение звукопроницаемости по сравнению с контрольной дверью (образец П1) в ходе первого тестирования. По результатам испытания образца П3, содержащего пеноплекс, наблюдался значительный резонансный пик, указывающий на увеличение проникновения шума из меньшей по размеру комнаты в большую в сравнении с предыдущими данными. Поведение образца П4 осталось стабильным и не показало заметных отличий от предыдущего испытания, результаты оказались почти идентичными. Аналогичный эффект демонстрировал и последний образец, подтверждая данные предыдущих измерений.

Результаты исследования в натурных условиях со стороны приемной комнаты представлены в **Таблице 4**.

Таблица 4

Результаты исследования в натурных условиях со стороны приемной комнаты.

№ образца	Исходный звук, дБ	Результат испытания в первой точке, дБ	Результат испытания во второй точке, дБ	Результат испытания в третьей точке, дБ	Поглощенный звук (среднее значение), дБ
П3	77	69,01	68,5	67,1	8,79
П4	77	61,9	62,1	61,91	15,03
П5	77	50,2	50,3	50,4	26,7

Из **Таблицы 4** видно, что испытание в натурных условиях проводилось последними тремя образцами, ввиду того что образец П1 комнатная дверь неподлежащая для наружного использования. Образец П2, тоже изначально разрабатывался в качестве внутренней двери.

Сравнительный анализ по итогам трех измерений представлен в **Таблице 5**.

Таблица 5

Сравнительный анализ по итогам трех измерений.

№ образца	Исходный звук, дБ	Среднее значение первого испытания, дБ	Среднее значение второго испытания, дБ	Среднее значение третьего испытания, дБ	Итоговая оценка (среднее значение), дБ
П1	77	11,6	11,46	–	11,53
П2	77	20,26	20,06	–	20,16
П3	77	9,3	8,66	8,79	8,91
П4	77	15,6	15,2	15,03	15,27
П5	77	26,83	26,7	26,7	26,74

Согласно данным, приведённым в **Таблице 5**, было принято решение о проведении экспериментальных испытаний с использованием последних трёх дверных конструкций. Несмотря на то, что данные образцы изначально не предназначались для наружной эксплуатации, и их конструкция не соответствовала этому функциональному назначению,

они были выбраны для оценки их акустических свойств в естественных условиях. Целью испытаний было изучение поведения звукоизоляционных характеристик в контексте как искусственно созданного шума, так и шума, возникающего в реальных условиях эксплуатации. Выбор данных образцов был обусловлен их новизной и конструктивными особенностями, что делает их анализ особенно значимым для определения возможности их применения в условиях внешней среды.

Как показало исследование в натуральных условиях, поведение образцов к воздушному шуму было схожим с первым испытанием, где измерение проводилось со стороны комнаты высокого уровня. Третий образец по-прежнему резонировал и выдавал низкий результат. Результат четвертого незначительно изменил результаты с первым и вторым испытанием. По окончании трех испытательных измерений, результаты были помещены в отдельные таблицы, где результаты усреднялись по значениям. В каждой таблице последняя графа показывает средний результат по трем определяющим точкам. По итогу последняя графа сравнивает средние результаты и выводит показатель эффективности шумопоглощения каждым полотном.

Результаты показали, что образец П2 имеет разницу почти в два раза в сравнении с обычной дверью. В образце П3 пеноплекс способствует созданию резонанса внутри камер, из-за чего звукопоглощение снизилось несмотря на толщину полотна, со стороны малого помещения этот эффект лишь возрастает в отрицательном направлении. Образец П4 еще раз доказал эффективность толщины воздушного пространства, чем ближе перегородки, тем ниже показатель звукопоглощения. Звуковая волна свободно переносится из одной камеры в другую с малыми потерями интенсивности. Если в образце П4 увеличить толщину полотна, не уменьшая расстояние между перегородками, то результат будет эффективнее второго образца. С пятым образцом был достигнут желаемый результат, соответствующий европейскому стандарту относительно внутренних дверей. Конструкция образца П5 имеет относительно легкую и безопасную конструкцию с эффективным показателем звукопоглощения.

Исследования показали, что комбинация материалов с различными акустическими свойствами способствует созданию конструкций с уникальными звукопоглощающими характеристиками. Результаты, представленные в [Таблице 5](#), демонстрируют, что правильное сочетание плотностей базальтовой ваты и двухкамерного разделения внутри дверного полотна существенно улучшает шумоизоляционные показатели. Эти данные коррелируют с теоретическими предположениями, которая описывает зависимость звукопоглощения от плотности и структуры материала ([Beranek, 2012](#)).

Предложенная методика испытаний и результаты заметно отличаются от традиционных подходов, описанных в работе ([Carvalho, M. L. de Ulhôa, 2018](#)). В отличие от рассмотренного исследования, которое фокусируется на однородных материалах, в данной работе используется комбинация нескольких материалов, что позволяет добиться более высокой эффективности шумопоглощения. Также стоит отметить применение двухкамерной структуры, что является новаторским подходом в данной области исследований.

Исследование имеет ряд ограничений, включая ограниченное количество испытанных образцов и специфику условий тестирования, которые могут не полностью соответствовать реальным условиям эксплуатации. Также методика звукоизмерений может быть подвержена влиянию внешних факторов, таких как температурные колебания и влажность, что потребует дополнительной калибровки оборудования в будущих исследованиях.

Одним из недостатков является использование стандартных методов оценки звукопоглощения, которые могут не полностью раскрывать потенциал новых конструктивных решений. В перспективе предлагается разработать более точные методы измерения, возможно, включая компьютерное моделирование, что позволит уточнить реальные акустические свойства материалов в различных условиях.

Дальнейшее развитие исследования предусматривает анализ влияния различных внешних условий на акустические свойства материалов. Основные трудности могут

включать необходимость сложного статистического анализа данных и разработку новых, более сложных экспериментальных установок. Кроме того, потребуется тесное взаимодействие с производителями материалов для испытания новых образцов в различных конфигурациях, что предъявляет высокие требования к точности и воспроизводимости результатов.

5 ВЫВОДЫ

1. Для повышения эффективности звукоизоляции была разработана деревянная двухкамерная конструкция двери путем наполнения базальтовой ватой разной плотности. Такая конструкция двери позволила достичь снижения уровня шума на 30%, что делает её пригодной для применения в условиях требующих высокой звукоизоляции.

2. Проведено комплексное изучение звукоизоляционных свойств разработанной конструкции двери посредством лабораторных испытаний. Измерения показали, что базальтовое наполнение с разной плотностью в камерах способствует поглощению звуковой волны на разных частотах и имеет $RW=27$ дБ.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Safin R.G.** (2016). Technology of wood products: a textbook. Kazan: KazNITU. 228. (In Russ.)
2. **Lukash A.A., Glotova T.I., Malysheva N.P., Chernyshev O.N.** (2022). Technology of wood products. Organization and business planning of carpentry and furniture production: a textbook. Moscow, Vologda: Infra-Engineering, 144. (In Russ.)
3. **Smith, J. & Jones, M.** (2020). "Advanced Materials for Sound Insulation". Journal of Acoustic Materials, 34(2), 123-145.
4. **Lee, H.** (2019). "Innovations in Door Design and Soundproofing". Building and Environment, 55, 77-89.
5. **Patel, S. K.** (2018). "Comparative Study of Acoustic Insulation Properties of Different Door Materials". International Journal of Civil Engineering, 46(4), 204-216.
6. **Gomez, C. & Fernandez, P.** (2021). "Eco-Friendly Sound Absorbing Materials". Eco-Building Reviews, 12(1), 50-62.
7. **Chen, Y.** (2022). "The Impact of Doorway Design on Acoustic Isolation". Acoustics Today, 18(3), 158-174.
8. **Murphy, D. & O'Connell, R.** (2021). "Utilizing Multi-layer Structures for Enhanced Sound Isolation in Doors". Journal of Modern Building Materials, 39(6), 237-253.
9. **Wang, F. & Liu, X.** (2020). "Hybrid Materials for Noise Reduction in Buildings". Advanced Material Science, 24(4), 311-328.
10. **Roberts, A.** (2019). "Building Acoustics: Techniques and Trends". Architectural Science Review, 62(2), 130-142.
11. **Sambetbaeva A.K., Bolatova R.B.** (2022). Utility model patent No. 7454. The use of basalt wool as a noise-absorbing environmental door filling. (In Russ.)
12. **Carvalho, M. L. de Ulhôa** (2018). "Analysis of the results of the sound absorption coefficient for low frequencies of laminate bamboo resonant membrane". Proceedings of Euronoise Conference. <https://doi.org/10.1016/j.euronoise.2018.04.001>
13. **Basner, M., Babisch, W., Davis, A., Brink, M., Clark, C., Janssen, S., & Stansfeld, S.** (2014). Auditory and non-auditory effects of noise on health. The Lancet, 383(9925), 1325–1332. [https://doi.org/10.1016/S0140-6736\(13\)61613-X](https://doi.org/10.1016/S0140-6736(13)61613-X)
14. **Rindel, J.H.** (2010). Building acoustic design in Nordic countries – Room acoustics and sound insulation. Applied Acoustics, 71(6), 512–519. <https://doi.org/10.1016/j.apacoust.2010.02.004>
15. **Beranek, L. L.** (2012). Acoustics: Sound Fields and Transducers. Academic Press.

STUDY OF PROPERTIES OF MULTILAYER REFLECTIVE THERMAL INSULATION MATERIALS FOR IMPROVING ENERGY EFFICIENCY OF BUILDINGS

A.Z. Tukhtamisheva¹ , D.A. Adilova^{1,*} 

¹International Educational Corporation, 050028, Almaty, Kazakhstan

Abstract. *The article examines the characteristics of multilayer reflective thermal insulation materials, which are increasingly used in the construction of energy-efficient buildings. These materials include highly reflective layers capable of reflecting up to 97% of thermal radiation and spacer elements that prevent dust accumulation and create stable air gaps, significantly improving their thermal insulation properties. The study investigates their ability to reduce heat transfer through a combination of reflection, convection, and conduction mechanisms, as well as their role in preventing condensation. The production of such materials is described as a technologically complex yet highly efficient process. The article reviews international standards, such as EN ISO 22097, and methods for measuring thermal insulation parameters, including the use of devices like the "guarded hot plate" and "hot box." Practical applications of multilayer materials in construction are analyzed, focusing on their use for insulating roofs, walls, and floors in both new buildings and renovation projects. The findings confirm the high efficiency of multilayer reflective thermal insulation in various climatic conditions. These materials help to reduce building overheating in summer, minimize heat loss in winter, improve indoor thermal comfort, and decrease energy consumption. Their use contributes to achieving the goals of sustainable construction, making them a key component of modern building practices.*

Keywords: *Multilayer reflective insulation, building energy efficiency, heat transfer, thermal conductivity, sustainable construction.*

***Corresponding author**

Dinarr Adilova, e-mail: dadilova65@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-15>

Received 20 December 2024; Revised 20 January 2025; Accepted 05 March 2025

ҒИМАРАТТАРДЫҢ ЭНЕРГИЯ ТИІМДІЛІГІН АРТТЫРУ ҮШІН КӨПҚАБАТТЫ ШАҒЫЛЫСТЫРАТЫН ЖЫЛУ ОҚШАУЛАҒЫШ МАТЕРИАЛДАРДЫҢ ҚАСИЕТТЕРІН ЗЕРТТЕУ

А.З. Тухтамишева¹ , Д.А. Адилова^{1,*} 

¹ Халықаралық білім беру корпорациясы, Алматы, 050028, Қазақстан

Аңдатпа. Мақалада көпқабатты шағылдырғыш жылу оқшаулағыш материалдардың сипаттамалары қарастырылады, олар энергия тиімді ғимараттарды салуда кеңінен қолданылуда. Бұл материалдар жылу сәулеленудің 97%-на дейін шағылыстыратын жоғары шағылдырғыш қабаттарды және шаңның жиналуын болдырмайтын, тұрақты ауа саңылауларын қамтамасыз ететін бөлгіш элементтерді қамтиды, бұл олардың жылу оқшаулау қасиеттерін айтарлықтай жақсартады. Зерттеуде бұл материалдардың шағылдыру, конвекция және өткізгіштік механизмдерінің үйлесімі арқылы жылу өткізуді төмендету қабілеті, сондай-ақ конденсацияның пайда болуын болдырмаудағы рөлі талданады. Мұндай материалдарды өндіру технологиялық тұрғыдан күрделі, бірақ жоғары өнімді процесс ретінде сипатталады. Мақалада EN ISO 22097 сияқты халықаралық стандарттар және жылу оқшаулау параметрлерін өлшеу әдістері, соның ішінде «ыстық плита» және «ыстық қорап» құрылғыларын қолдану қарастырылады. Сондай-ақ, көпқабатты материалдарды құрылыс саласында - жаңа ғимараттарды оқшаулау және қолданыстағы ғимараттарды қайта құру үшін қолданудың практикалық аспектілері талданады. Алынған нәтижелер көпқабатты шағылдырғыш жылу оқшаулағыш материалдардың әртүрлі климаттық жағдайларда жоғары тиімділігін растайды. Бұл материалдар жазда ғимараттардың қызып кетуін азайтуға, қыста жылу шығынын барынша азайтуға, ішкі микроклиматты жақсартуға және энергия шығындарын қысқартуға көмектеседі. Оларды пайдалану тұрақты құрылыс мақсаттарына қол жеткізуге ықпал етеді және оларды заманауи құрылыс индустриясының маңызды элементіне айналдырады.

Түйін сөздер: Көпқабатты шағылдырғыш оқшаулау, ғимараттардың энергия тиімділігі, жылу өткізу, жылу өткізгіштік, тұрақты құрылыс.

*Автор-корреспондент

Динарр Адилова, e-mail: dadilova65@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-15>

Алынды 20 желтоқсан 2024; Қайта қаралды 20 қаңтар 2025; Қабылданды 05 наурыз 2025

ИССЛЕДОВАНИЕ СВОЙСТВ МНОГОСЛОЙНЫХ ОТРАЖАЮЩИХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

А.З. Тухтамишева¹ , Д.А. Адилова^{1,*} 

¹Международная образовательная корпорация, Алматы, 050028, Казахстан

Аннотация. В статье исследуются характеристики многослойных отражающих теплоизоляционных материалов, которые находят все большее применение в строительстве энергоэффективных зданий. Данные материалы включают высокоотражающие слои, отражающие до 97% теплового излучения, и разделительные элементы, предотвращающие скопление пыли и создающие стабильные воздушные зазоры, что значительно улучшает их теплоизоляционные свойства. Исследуется их способность снижать теплопередачу за счет комбинации механизмов отражения, конвекции и проводимости, а также их роль в предотвращении образования конденсата. Производство таких материалов описывается как технологически сложный, но высокопроизводительный процесс. В статье рассматриваются международные стандарты, такие как EN ISO 22097, и методы измерения теплоизоляционных параметров, включая использование устройств «горячая пластина» и «горячая коробка». Также анализируется практическое применение многослойных материалов в строительстве - для теплоизоляции крыш, стен и полов, как в новых зданиях, так и при реконструкции. Полученные результаты подтверждают высокую эффективность многослойной отражающей теплоизоляции в различных климатических условиях. Эти материалы помогают снизить перегрев зданий летом, минимизировать теплопотери зимой, улучшить внутренний микроклимат и сократить энергозатраты. Их применение способствует достижению целей устойчивого строительства, что делает их ключевым элементом современной строительной индустрии.

Ключевые слова: Многослойная отражающая изоляция, энергоэффективность зданий, теплопередача, теплопроводность, устойчивое строительство.

***Автор-корреспондент**

Динарр Адилова, e-mail: dadilova65@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-15>

Поступило 20 декабря 2024; Пересмотрено 20 января 2025; Принято 05 марта 2025

ACKNOWLEDGEMENTS/SOURCE OF FUNDING

The study was conducted using private sources of funding.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС/ҚАРЖЫЛАНДЫРУ КӨЗІ

Зерттеу жеке қаржыландыру көздерін пайдалана отырып жүргізілді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ/ИСТОЧНИК ФИНАНСИРОВАНИЯ

Исследование проводилось с использованием частных источников финансирования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

Improving the energy efficiency of buildings and reducing energy consumption are among the key priorities outlined in Kazakhstan's state programs, such as the «Concept for the transition of the Republic of Kazakhstan to a Green Economy» and the State program for industrial and innovative development. These programs aim to reduce energy costs and promote the adoption of sustainable construction technologies that meet international environmental standards.

One of the effective tools for achieving these goals is the use of innovative thermal insulation materials. In particular, multilayer reflective thermal insulation materials demonstrate significant potential due to their ability to reduce heat loss through the reflection of thermal radiation and minimize heat transfer.

This article examines the characteristics of multilayer reflective thermal insulation materials, their structural features, and methods for their application in construction. The study aims to identify opportunities for improving building energy efficiency through the use of these materials, enhancing thermal protection, reducing energy costs, and lowering the carbon footprint.

Thus, the purpose of this work is to study the properties of multilayer reflective thermal insulation materials and to develop recommendations for their effective use in construction to improve building energy efficiency under the conditions of a sharply continental climate.

2 LITERATURE REVIEW

New thermal insulation materials are continually being developed globally, offering innovative solutions for energy efficiency. While the thermal properties of these new materials are often comparable to conventional ones, advancements focus on optimizing performance. Studies have highlighted that the thermal conductivity of air within the pores, voids, and loops of any material is $0.024 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, with the overall material conductivity slightly higher due to its structural framework. However, materials achieving a thermal conductivity of $0.03 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ are already within reach. Furthermore, incorporating gases with thermal conductivities of $0.012\text{--}0.013 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$ can enable materials to achieve conductivity values as low as $0.026 \text{ W}/(\text{m}\cdot\text{K})$, even if a significant portion of the gas escapes during operation. These materials, often termed "future materials," are at the forefront of thermal insulation innovation, with technologies emerging to reduce thermal conductivity, thickness, and weight (Gailius & Vėjelis, 2012).

Multi-foil thermal insulation stands out as an advanced composite material for building applications. It consists of multiple thin foil layers made of low-emissivity materials, capable of reflecting significant portions of solar radiation. Between these foils, spacer layers of low-conductivity materials prevent dust accumulation and maintain consistent spacing. Common spacer materials include mineral, vegetable, or animal wool; metal-reinforced polyester layers; polyester wool; polyethylene foam; and air bubble films. Reflective layers are typically made from aluminum, capable of reflecting up to 97% of radiant heat due to its low emissivity (0.03–0.05) and high reflectivity (0.95–0.97). These features enable multi-foil insulation to retain heat efficiently by reflecting radiant energy, leading to improved U-values with thinner layers (Pruteanu et al., 2011).

3 MATERIALS AND METHODS

3.1 Material structure analysis

Reflective surfaces play a crucial role in improving the thermal efficiency of insulation products. They work by minimizing heat transfer caused by thermal radiation, particularly in materials that are partially or fully transparent to infrared radiation. Additionally, they help reduce radiant heat transfer across any air gaps present in the system. In some cases, these air gaps are integral to the insulation structure, while in others, the insulation is designed and installed to create deliberate air gaps between the reflective surfaces and the surrounding structure (LST EN ISO 22097, 2023).

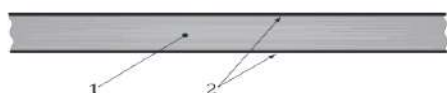
Reflective multi-foil insulation is composed of multiple layers of thin metallic foils or metallized polymer films, each featuring a low emission coefficient for long-wave radiation. These

layers are separated by spacer materials that maintain a consistent gap of 2–8 mm between the foils. Common spacer materials include closed-cell polymer foam, polyester wool, or bubble foil. Additional thin layers of polyethylene film or polyester fleece may also be incorporated to enhance performance. The total thickness of these multi-foil systems typically ranges from 10 to 30 mm. Due to the low emission properties of the reflective foils, the transmission of radiant heat through the material is significantly reduced, allowing for exceptional thermal performance, as claimed by many manufacturers.

Heat-reflective insulation, often a combination of aluminum foil and air bubble layers, creates voids that trap stable, motionless air, maximizing insulation effectiveness. Originally developed by NASA for lightweight, thin thermal systems adapted for astronaut suits, this technology has since found widespread application. Aluminum foil, known for its high heat-reflective properties, is widely used in specialized applications such as firefighter gear and building insulation. In Europe, heat-reflective insulation has been used effectively for over 40 years and accounts for about 8% of the thermal insulation market in France (Tenpierik & Hasselaar, 2013).

Reflective products are classified in 4 types. Examples of reflective insulations materials are given in Figure 1,2.

a) Type 1. It has a regular geometry with parallel faces.

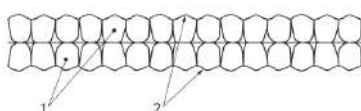


1. insulation core
2. low emissivity surface or surfaces

Insulation material of polymer foam (like PIR or EPS), glass wool (MWG) or rock wool (MWR) with on one or two sides a low-emissivity foil or coating.



b) Type 2. It has a regular geometry with parallel faces.



1. insulation core
2. low emissivity surface or surfaces

This product has a thickness of less than 2 mm and consist typically of a bubble foil with on one or sometimes two sides a metal foil or metallised polymer film with low emissivity, as a result increasing the thermal resistance of the adjoining air spaces; The product itself hardly has any thermal resistance.

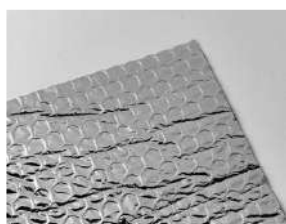
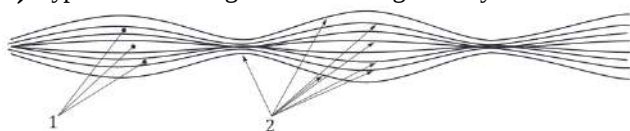


Figure 1 - Different types of reflective insulations a) type 1, b) type 2 (Tenpierik & Hasselaar, 2013).

c) Type 3. It has irregular thickness geometry and does not have flat parallel faces

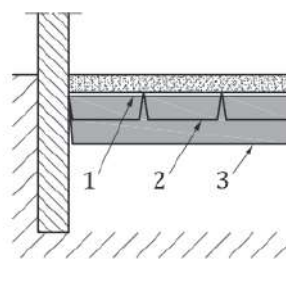
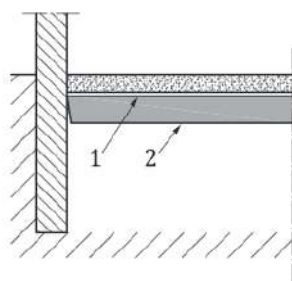


1. insulation core
2. low emissivity surface or surfaces

Multi-foil consisting of layers of metal foil or metallised polymer film, spacer material (for instance PE film of polyester fleece) and closed-cell polymer foam or polyester wool. In practice the number of layers varies between 5 and 20. The first and last layers consist of a (reinforced) coated aluminium foil.



d) Type 4. It is thin film or sheet, less than 2 mm thickness, using single or in multiple layers, which makes use of a low emissivity surface to increase the thermal resistance of adjacent or enclosed air spaces, but which has no significant thermal resistance of its own.



1, 2, 3 foil layers

Reflective foils and thermos cushions consist of air cushions of metallised polymer film; thermos cushions are a foldable insulation material in which one or two air layers are trapped.



Figure 2 - Different types of reflective insulations c) type 3, d) type 4 (Tenpierik & Hasselaar, 2013).



Figure 3 - Manufacturing of multifoil insulation

3.3 Analysis of body transmission through material

Reflective thermal insulation operates based on a fundamentally different physical mechanism compared to conventional thermal insulation. It relies on highly reflective surfaces with low emissivity placed adjacent to air gaps to impede heat transfer into or out of a building. Unlike traditional insulation, where thermal resistance primarily depends on the thickness and thermal conductivity of the material, reflective insulation achieves its performance through the combination of low-emittance materials and airspaces, which play a critical role in its effectiveness (Lee et al., 2016).

Multilayer reflective insulation products are suitable for use in both cold and hot climate zones. In cold climates, these materials significantly reduce heat loss, while in hot climates, they mitigate overheating by reflecting radiant heat. However, the performance of radiant barrier systems varies throughout the year due to differences in climatic conditions and the direction of heat flow. During the summer, the primary mode of heat transfer is radiation from the roof to the conditioned space below. A radiant barrier installed in the attic can effectively block the majority of this radiant heat, which constitutes the largest component of total heat transfer. Conversely, in winter, heat transfer is primarily driven by convection due to buoyancy effects, as warm air rises from the conditioned space. Since radiation accounts for only a small portion of total heat flow in winter, the effectiveness of radiant barriers is reduced. Moreover, radiant barriers block solar heat gain during daytime in winter, which is counterproductive for heating needs, further limiting their performance during the colder season **Figure 4 (SuperFOIL Insulation, 2021)**.

Reflective thermal insulation not only reflects radiant heat but also reduces conduction and convection heat transfer. Materials with low thermal conductivity are incorporated to minimize heat flow between surfaces. Additionally, depending on the specific type and quality, some insulation products address other challenges, such as moisture accumulation, fire hazards, and noise reduction, making them versatile solutions for various building applications.

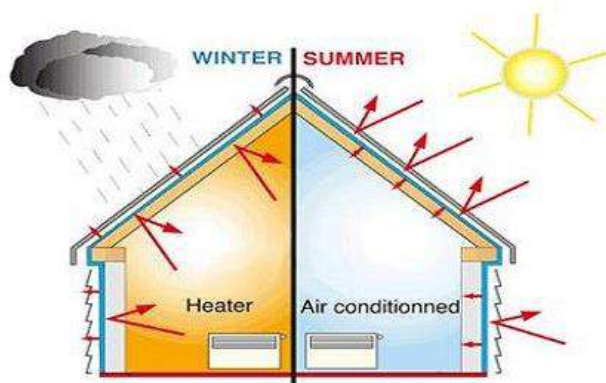


Figure 4 - The impact of reflective thermal insulation on heat loss of the building

3.4 Analysis of standards for determining the thermal properties of materials and practical measurements in the laboratory

The thermal performance of the reflective insulation products are determined according to the standard EN ISO 22097. This standard allows to determine the thermal resistance of reflective insulation products by few methods: guarded hot plate apparatus (Method A) according to the standards ISO 8302, EN 1946-2, EN 12664, EN 12667, heat flow meter apparatus (HFM) (Method B) - according to the standards ISO 8301, EN 1946-3, EN 12664, EN 12667, hot box apparatus (Method C) - according to the standards EN ISO 8990, EN 1946-4, Method D provides for measurement of surface emissivity and calculation of airspace thermal resistance (LST EN ISO 22097, 2023).

M. J. Tenpierik and E. Hasselaar ([Tenpierik & Hasselaar, 2013](#)) made a review of the methods of the determination of the thermal performance of the multilayer reflective insulation products and explained the main reasons for different results between methods: an existence of the air cavities and a ventilation type of them, a direction of the heat flow, a possibility to control environment conditions during the measurement, an air tightness of testing structure, an influence of thermal bridges.

In practice the most often used multilayer reflective insulation (product Type 3 according to EN ISO 22097), is investigated using the hot box apparatus. The hot box is expensive and complex equipment that is usually used by accredited or notified laboratories, or by the scientific institutions. However, the standard EN ISO 22097 does not specify the procedure and requirements for installation and fixing of multilayer reflective insulation products in the opening of the hot box surround panel when measuring their thermal resistance. The standard EN ISO 22097 draws attention on the similarity of emissivity's values of reflective insulation product's surfaces and tape's surfaces, which stuck the thermocouples on the reflective surface. However, there is not clearly identified, how much these values can vary and what influence this difference has for final measurement result of thermal resistance. The difference between emissivity values of the reflective insulation product's surfaces and tape's surfaces can lead to significant impact on the measured thermal resistance of the reflective insulation product, because heat transfer through such insulation products takes place also by convection and radiation, which are dependent on the temperature difference and emissivity of surfaces.

The research on the multilayer reflective insulation products is constantly performed in Building Physics Laboratory of KTU. The long-term measurement practice showed that the quality of specimens' preparation works, the installation procedure of testing specimens into orifice or surround panel of the GHB and the attaching of thermocouples on specimens' surfaces have a significant influence on the final measurement result of specimen's thermal resistance. The measurement practice of the reflective insulation products in the laboratory also revealed a few significant factors, which have influence on the thermal resistance measurement result for these products:

- for maintaining the exact thickness of the specimens, it is necessary to use a frame with known dimensions and materials' thermal properties;
- then should be evaluated the effect of such the frame on the overall measurement result;
- the thermal resistance of air gaps should be calculated according to the standard procedure;
- the influence of difference between emissivity values of reflective insulation product's surface and surface of tapes, which stuck the thermocouples on the reflective surface on accuracy of thermal resistance measurement result should be determined.

Consequently, the design of multilayer reflective products, searching for the best combinations of product dimensions, materials and surface emissions finding the most optimal parameters, manufacturing of the products executing the created design and the procedure of measurement of thermal properties are equally important for the development of multilayer products ([Stonkuvienė et al., 2022](#)).

The hot box method is one of the most reliable ways to determine the thermal properties of building envelopes or fragments under laboratory conditions. The hot box is a laboratory device designed to replicate the normal boundary conditions between a sample and two different environments. This apparatus consists of the hot and cold chambers at different temperatures between which a sample is placed. Scheme of climate chamber „Hot box“ (GHB) is shown in [Figure 5](#).

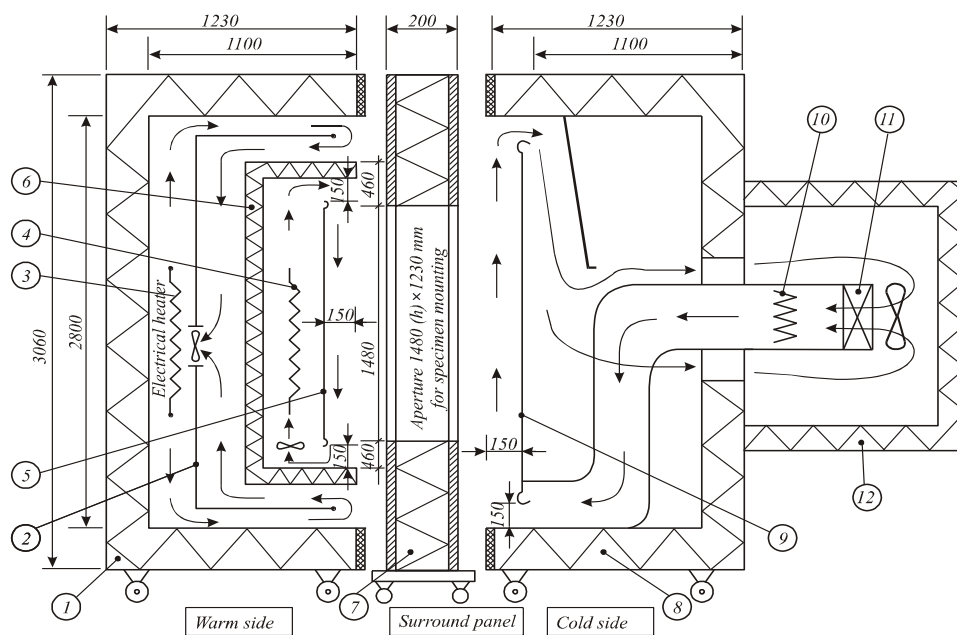


Figure 5 - Scheme of climate chamber Hot box

1. Warm side guard box:
- internal dimensions $2800 \times 2800 \times 1100$ mm;
- wall thickness 130 mm, total thermal resistance about $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.
2. Guard air flows deflecting screen.
3. Electrical heater, power 660 W, controlled according to a set point temperature in metering box(6).
4. Electrical heater of metering box, power control from 13W to 660 W.
5. Warm side baffle (of metering box) with surface and air temperature sensors.
6. Metering box - internal dimensions $2400 \times 2400 \times 360$ mm.
7. Surround panel: 200 mm thick, core material EPS polystyrene (faced with 3 mm thick cellular PVC plastic sheet on either side), thermal resistance about $6 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$, 1484×1234 mm aperture for specimen mounting.
8. Cold side box:
- internal dimensions $2800 \times 2800 \times 1100$ mm;
- wall thickness 130 mm, total thermal resistance about $3 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$.
9. Cold side baffle with surface and air temperature sensors.
10. Cold side box controlled
11. Cold side controlled cooling air unit, max. cooling power up to 3 kW.
12. Cold side air cooling box with 5 speed motor fan. electrical heater, max. power 2 kW (Liu et al., 2023).

3.5 Analysis of the use of materials in building projects

Multifoil insulation effectively reduces heat transfer through all three mechanisms: conduction, convection, and radiation. By utilizing low-emissivity foil layers, the transfer of heat via radiation is minimized. The thermal layers further inhibit conduction, while multifoil insulation acts as an air barrier, controlling air leakage. This air leakage control is crucial for enhancing energy efficiency and mitigating heat transfer caused by convection.

The reflective properties of foil layers make multifoil insulation highly versatile, suitable for use in various building components such as roofs, walls, and floors. It can be applied independently in single or dual configurations or combined with traditional non-reflective insulation materials. This

flexibility allows multifoil insulation to be utilized across diverse construction projects, from new developments to renovations, meeting U-value requirements efficiently.

Multifoil insulation can be installed externally by wrapping it around the building as a protective envelope to block air transfer or internally in applications such as cavity walls, floors, pitched roofs, and angled ceilings. Reflective insulation is most effective when integrated during the construction phase, as retrofitting can be challenging. A minimum air gap of 25 mm between the reflective side and adjacent materials is essential to maintain thermal performance; without this gap, the insulation loses its thermal efficacy. The orientation of the reflective surface is critical: downward for roofs, upward under floors, and inward for walls (Kou et al., 2020).

For roofs, reflective insulation should be installed at a downward angle to minimize dust accumulation, which can diminish its reflective properties. When used under floors or above ceilings and joists, precautions are necessary due to the foil's electrical conductivity, requiring non-conductive fasteners for safe installation.

Foil-faced insulation also provides excellent fire performance. It is fully non-combustible, and the aluminum foil enhances safety by offering additional fire protection, making it a reliable choice for modern construction practices.

4 RESULTS AND DISCUSSION

4.1 Roof/Ceiling

The roof is a critical element of a building's envelope, as it is highly exposed and significantly impacted by solar radiation. It plays a major role in a building's overall thermal performance, accounting for substantial heat gain and loss. With rising energy costs and the increasing demand for energy efficiency, reducing heat gain during hot summers and minimizing heat loss during cold winters has become imperative.

Thermal insulation serves as an effective passive solution to mitigate heat transfer through the roof. Its primary function is to slow or prevent the transfer of heat via convection, conduction, and radiation. The choice of appropriate insulation depends on several factors, including climatic conditions, architectural constraints, cost, durability, ease of installation, material availability, the predominant mode of heat transfer, and the overall performance of the insulation.

An example of roof insulation using reflective materials is illustrated in Figure 6. The R-value for such a roof system, incorporating standard boundary resistances, typically falls within the range of 1.7 to 2.1 m²·K/W.

Given the diverse properties of insulation materials, their selection and installation should adhere strictly to the manufacturer's guidelines to ensure optimal performance.

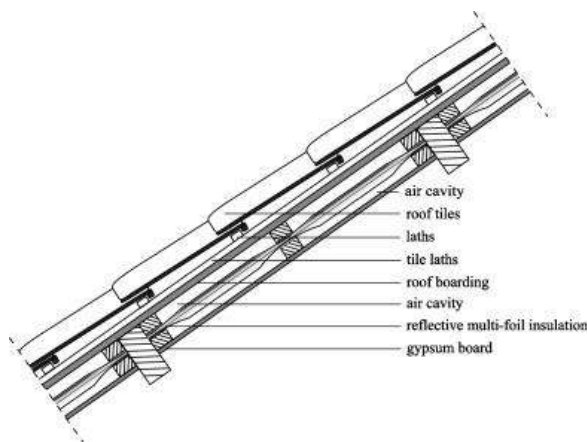


Figure 6 - Example of a roof construction with reflective multi-foil insulation (Tenpierik & Hasselaar, 2013).

4.2 Wall

In existing buildings, the potential to enhance the thermal performance of external walls depends largely on the structural characteristics of the wall. In many cases, the viable options are limited to applying insulation either to the external surface or internally on the inner side of the wall.

The type of construction - whether it involves traditional block or brick, steel, or timber framing - plays a significant role in determining the appropriate insulation approach. External wall insulation is a widely used solution for solid walls and is often the only feasible option when internal insulation would lead to a substantial reduction in usable floor space.

In retrofit scenarios, insulating the external wall is frequently the most practical solution. However, for new constructions, a combination of both external and internal insulation can be effectively implemented to achieve or even exceed the desired thermal performance.

An example, as shown in **Figure 7**, illustrates a timber frame wall incorporating both reflective multi-foil insulation and 60 mm of mineral fiber insulation. The R-value for this wall system, including standard boundary resistances, typically ranges between 3.7 and 4.1 m²·K/W.

Given the varying characteristics of insulation materials, their selection and installation should strictly follow the manufacturer's guidelines to ensure optimal performance and durability (**Zhong & Asad, 2021**).

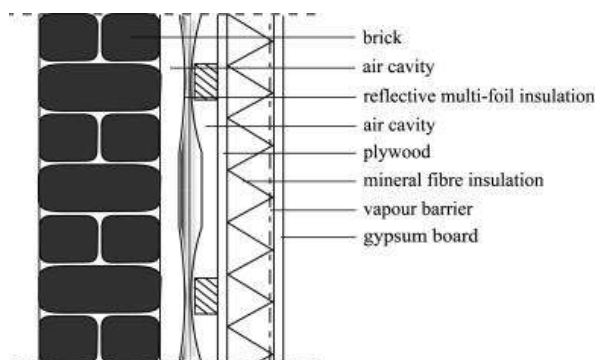


Figure 7 - Example of a timber frame wall with both reflective multi-foil insulation and mineral fibre insulation (**Tenpierik & Hasselaar, 2013**).

4.3 Floors

Insulating solid floors is essential for reducing heat loss and maintaining stable indoor temperatures. However, traditional insulation methods for solid floors often lead to a reduction in usable space due to limitations in floor depth. Adding a vapor-proof membrane can further complicate installation. If the insulation lacks vapor resistance, warm and moist air can degrade its thermal performance over time, potentially causing long-term damage to the building structure. An example of a solid floor insulated with reflective multi-foil materials is shown in **Figure 9**.

Suspended timber floors, common in older houses, consist of timber boards supported by joists just above the building's foundation. These floors are prone to significant heat loss, particularly if there are gaps between floorboards that allow draughts. Insulating suspended timber floors is strongly recommended due to their vulnerability to moisture and air leakage. Effective insulation and draught-proofing of these floors can improve thermal comfort and lead to noticeable reductions in energy costs. An example of a suspended timber floor insulated with reflective multi-foil materials is illustrated in **Figure 8** (**Tape University, 2022**).

Given the diverse properties of insulation materials, their selection and installation should be performed in strict accordance with the manufacturer's guidelines to ensure optimal functionality and durability.



Figure 8 - Example of a suspended timber floors insulation with reflective multi-foil insulation

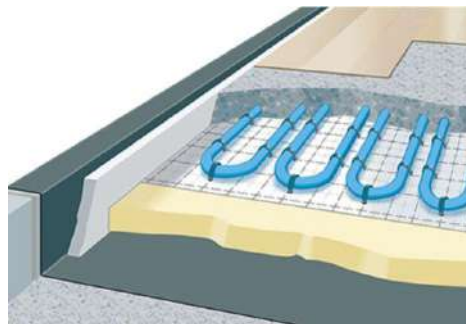


Figure 9 - Example of a solid floors insulation with reflective multi-foil

4.4 HVAC

Reflective foil insulation is also effective for insulating HVAC systems by wrapping ductwork to minimize radiant heat gain and loss. This helps enhance the performance of the HVAC system and improves overall energy efficiency in buildings. By reflecting radiant heat emitted by the ducts back onto their surface, reflective insulation maintains the temperature of the ductwork, thereby preserving the temperature of the air within the system. This improves the system's efficiency, enabling it to maintain the desired indoor temperature for extended periods without additional energy consumption (Kravvaritis, 2011).

One of the primary advantages of reflective insulation is the cost savings it provides through enhanced energy efficiency. By allowing the HVAC system to heat or cool spaces more rapidly and maintain the target temperature, reflective insulation reduces energy usage, resulting in lower utility bills. Homeowners and business owners often report significant energy cost savings, particularly if the HVAC system was older or less efficient prior to the installation of reflective insulation. An example of HVAC system insulation utilizing reflective multi-foil materials is presented in Figure 10.

To ensure reflective insulation performs optimally, proper installation is critical. This includes maintaining air gaps and using specialized HVAC tape designed to withstand year-round unconditioned environments (Insulation Less, 2022).

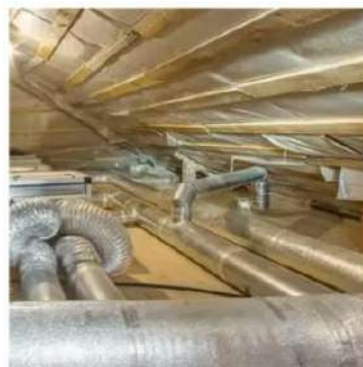


Figure 10 - Example of a HVAC system insulation with reflective multi-foil (Lee et al., 2016).

5 CONCLUSIONS

In summary, it is crucial to remember that foil-faced insulation is one of the most modern forms of home insulation, serving dual functions. Its insulating core protects against cold, while its aluminum foil reflects heat back to its source. This ensures that the insulation is always effective and fulfills its purpose. The aluminum foil on the upper part of the insulation can, under specific conditions, act as a Vapor Control Layer (VCL) and provide additional protection against rodents, for whom the foil may be irritating.

The reflective technology integral to multi-layer insulation can assist in reducing thermal losses from buildings. Given this alternative approach to thermal performance, specifiers now need to consider surface emissivity and thermal resistance when specifying thermal insulation products.

REFERENCES

1. **Gailius, A., & Vėjelis, S.** (2012). *Acoustic and Thermal Insulation Materials*. Vilnius: Technika. eISBN: 978-609-457-395-8. <https://doi.org/10.3846/1427-S> Retrieved from: <https://ru.scribd.com/document/440375946/1427-Gailius-Akustines-WEB>
2. **Pruteanu, M., Radu, A., Ciobanu, A., & Iacob, A.** (2011). A closer examination of the thermal performance of multifoil insulations. *ModTech International Conference - New Face of TMCR*.
3. **Tenpierik, M. J., & Hasselaar, E.** (2013). Reflective multi-foil insulations for buildings: A review. *Energy and Buildings*, 56, 233–243. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.10.003>
4. **LST EN ISO 22097:2023.** Thermal insulation for buildings – Reflective insulation products – Determination of thermal performance [Standard]. Retrieved from: <https://www.iso.org/standard/72538.html>.
5. **TLX Insulation.** (22.12.2020). What is multifoil insulation? Retrieved from: <https://tlxinsulation.co.uk/what-is-multifoil-insulation/>
6. **Lee, S. W., Lim, C. H., & Bin Salleh, E. I.** (2016). Reflective thermal insulation systems in buildings: A review on radiant barrier and reflective insulation. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 65, 643–661. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2016.07.002>
7. **Stonkuvienė, A., Burlingis, A., Ramanauskas, J., & Banionis, K.** (2022). Determination of core thermal resistance errors of reflective multifoil insulation products measured in a hot box depending on evaluation accuracy of its low emissivity surfaces. *Journal of Building Engineering*, 59, 105143. <https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2022.105143>
8. **SuperFOIL Insulation.** (2021). Retrieved from: <https://www.superfoil.co.uk/applications/>
9. **Tape University.** (2022). What are the benefits of reflective insulation for HVAC ductwork? Retrieved from: <https://tapeuniversity.com/industry/hvac-industry/what-are-the-benefits-of-reflective-insulation-for-hvac-ductwork/>.
10. **Insulation Less.** (2022). Reflective insulation. Retrieved from: <https://www.insulation4less.com/reflective-insulation>.
11. **Lee, M., Lee, K., & Seo, W.** (2012). Analyses on performances of heat and multilayer reflection insulators. *Journal of Central South University*, 19(6), 1645–1656. <https://doi.org/10.1007/s11771-012-1188-x>
12. **Kravvaritis, E.** (2011). Testing reflective insulation for improvement of buildings energy efficiency. *Open Engineering*, 1(3), 346–352. <https://doi.org/10.2478/s13531-011-0036-3>
13. **Liu, B., Wang, Y., Rabczuk, T., Olofsson, T., & Lu, W.** (2023). Multi-scale modeling in thermal conductivity of Polyurethane incorporated with Phase Change Materials using Physics-Informed Neural Networks. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2307.16785>
14. **Kou, R., Zhong, Y., Wang, Q., Kim, J., Chen, R., & Qiao, Y.** (2020). Thermal Insulating Polymer-Air Multilayer for Window Energy Efficiency. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2005.14395>
15. **Zhong, Y., & Asad, M. S.** (2021). Transparent planar solar absorber for winter thermal management. Retrieved from: <https://arxiv.org/abs/2106.12008>

CHANGES IN PROPERTIES OF PORTLAND CEMENTS CEM I 32.5 AND CEM I 42.5 WITH THE ADDITION OF FLY ASH)

G.K. Syndarbekova^{1*} , Z.A. Yestemesov² , G.M. Rakhimova¹ , B.U. Yerkebayeva³ 
M.B. Nurpeisova⁴ , E. N. Potapova⁵ 

¹“Abylkas Saginov Karaganda Technical University”, Karaganda, Kazakhstan

²Central Laboratory for Certification Testing of Building Materials, Almaty, Kazakhstan

³Center of Scientific and Technical Engineering Center LLP, Almaty, Kazakhstan

⁴Satbayev University, 050013, Almaty, Kazakhstan

⁵Mendeleev Russian Chemical and Technological University of Russia, Russian Federation

Abstract. *The fly ash derived from Ekibastuz HEPS-2 has a unique combination of physical and chemical properties, making it a highly suitable mineral additive for use in the production of Portland cement CEM II/A-Z. Its specific surface area of 290 m²/kg ensures a high degree of fineness, which is essential for achieving optimal particle packing and promoting efficient hydration reactions when mixed with cement. The true density of 2.1 g/cm³ indicates that the fly ash particles are relatively light yet dense enough to integrate well with cementitious materials. By mechanically blending carefully calculated proportions of Portland cement CEM I 32.5 or CEM I 42.5 with this fly ash, it is possible to achieve significant improvements in the performance and sustainability of the resulting CEM II/A-Z cement. The blending process takes into account the specific chemical properties of the fly ash, such as its pozzolanic activity, which refers to its ability to react with calcium hydroxide to form additional cementitious compounds. This reaction enhances the strength and durability of the cement over time, making it particularly advantageous for long-term applications in construction. Through precise mechanical blending with Portland cement CEM I 32.5 or CEM I 42.5, it is possible to achieve enhanced performance, improved sustainability, and cost efficiency, making it a valuable component in modern cement production.*

Keywords: *fly ash, cement, binder, water requirement, strength.*

***Corresponding author**

Syndarbekova Gulim, e-mail: syndarbekova@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-16>

Received 20 December 2024; Revised 20 January 2025; Accepted 05 March 2025

КҮЛДІ ҚОСУ КЕЗІНДЕ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТ ЦЕМ I 32,5 ЖӘНЕ ЦЕМ I 42,5 ҚАСИЕТТЕРІНІҢ ӨЗГЕРУІ

Сындарбекова Г.Қ.^{1*}, Естемесов З.А.², Рахимова Г.М.¹, Еркебаева Б.У.³,
Нурпеисова М.Б.⁴, Потапова Е.Н.⁵

¹“Әбілқас Сағынов атындағы Қарағанды техникалық университеті”, Қарағанды, Қазақстан

²Құрылыс материалдарын сертификаттау сынауының орталық зертханасы, Алматы,
Қазақстан

³Ғылыми – техникалық инженерлік орталық, Алматы, Қазақстан

⁴Сәтбаев университеті, 050013, Алматы, Қазақстан

⁵Д.И.Менделеев атындағы Ресейлік химиялық және технологиялық университеті, Мәскеу,
Ресей

Аңдатпа. Екібастұз ГРЭС-2-де алынған күлдің физикалық және химиялық қасиеттерінің бірегей үйлесімі бар, бұл оны ЦЕМ II/A-III портландцемент өндірісінде қолдануға өте қолайлы минералды қоспаға айналдырады. Оның 290 м²/кг меншікті бетінің ауданы бөлшектердің оңтайлы орамасына қол жеткізу және цементпен араласқанда тиімді гидратация реакцияларына жәрдемдесу үшін қажет жоғары жұқалықты қамтамасыз етеді. Шынайы тығыздық 2,1 г/см³ болғандықтан күл бөлшектері жеңіл, сол себепті цементті материалдарға қосқанда гидратация реакциясына жақсы әсер етеді. ЦЕМ I 32.5 немесе ЦЕМ I 42.5 портландцементінің мұқият есептелген пропорцияларын күлмен механикалық араластыру нәтижесінде алынған ЦЕМ II/A-III цементінің өнімділігі мен тұрақтылығын айтарлықтай жақсартуға мүмкіндік береді. Араластыру процесі барысында күлдің ерекше химиялық қасиеттері, мысалы, оның пуццоландық белсенділігі ескеріледі, бұл оның қосымша цементті қосылыстар түзу үшін кальций гидроксидімен әрекеттесу қабілетін білдіреді. Бұл реакция уақыт өте келе цементтің беріктігі мен ұзақ мерзімділігін арттырады, бұл оны әсіресе ұзақ мерзімді құрылыс қолданбалары үшін пайдалы етеді. ЦЕМ I 32.5 немесе ЦЕМ I 42.5 портландцементімен механикалық түрде күлді дұрыс араластыру арқылы ол жақсартылған өнімділікке, экологиялық тазалыққа және үнемділікке қол жеткізе алады, бұл оны заманауи цемент өндірісіндегі құнды құрамдас етеді.

Түйін сөздер: күл, цемент, байланыстырғыш, су қажеттілігі, беріктік

*Автор-корреспондент

Гулим Сындарбекова, e-mail: syndarbekova@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-16>

Алынды 20 желтоқсан 2024; Қайта қаралды 20 қаңтар 2025; Қабылданды 05 наурыз 2025

ИЗМЕНЕНИЕ СВОЙСТВ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТОВ ЦЕМ I 32,5 И ЦЕМ I 42,5 ПРИ ДОБАВЛЕНИИ ЗОЛЫ-УНОСА

Г.К. Сындарбекова^{1*} , З.А. Естемесов² , Г.М. Рахимова¹ , Б.У. Еркебаева³ , М.Б. Нурпеисова⁴ , Е. Н. Потапова⁵ 

¹“Карагандинский технический университет имени А.Сагинова”, Караганда, Казахстан

²Центральная Лаборатория сертификационных испытаний строительных материалов,
Алматы, Казахстан

³Научно – технический инженерный центр, Алматы, Казахстан

⁴Сатпаев университет, 050013, Алматы, Казахстан

⁵Российский химико – технологический университет имени Д.И.Менделеева, Москва, РФ

Аннотация. Зола-унос, полученная от Экибастузской ГРЭС-2, обладает уникальным сочетанием физических и химических свойств, что делает её весьма подходящей минеральной добавкой для производства портландцемента марки ЦЕМ II/A-III. Её удельная поверхность составляет 290 м²/кг, что обеспечивает высокую степень тонкости помола — важный фактор для оптимальной упаковки частиц и эффективного протекания гидратационных реакций при смешивании с цементом. Истинная плотность золы, равная 2,1 г/см³, указывает на то, что частицы достаточно лёгкие, но при этом достаточно плотные для хорошей интеграции с цементными материалами. Путём механического смешивания точно рассчитанных пропорций портландцемента ЦЕМ I 32.5 или ЦЕМ I 42.5 с данной золой возможно добиться значительного повышения эксплуатационных характеристик и экологичности получаемого цемента марки ЦЕМ II/A-III. При смешивании учитываются специфические химические свойства золы, в частности пуццолановая активность — способность реагировать с гидроксидом кальция с образованием дополнительных цементирующих соединений. Эта реакция способствует повышению прочности и долговечности цемента с течением времени, что особенно важно для долгосрочных строительных проектов. Точное механическое смешивание с портландцементом ЦЕМ I 32.5 или ЦЕМ I 42.5 позволяет добиться улучшенных эксплуатационных показателей, повышения устойчивости и экономической эффективности, делая золу-унос ценным компонентом современного цементного производства.

Ключевые слова: зола-унос, цемент, вяжущее, водопотребность, прочность.

*Автор-корреспондент

Гулим Сындарбекова, e-mail: syndarbekova@mail.ru

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2025.1-16>

Поступило 20 декабря 2024; Пересмотрено 20 января 2025; Принято 05 марта 2025

ACKNOWLEDGEMENTS

This research was conducted under the supervision of Z.A. Yestemesov in the Central Laboratory for Certification Testing of Building Materials. The authors express their deep gratitude to the university and the laboratory team for their invaluable guidance, facilities, and support throughout the study.

CONFLICT OF INTEREST

The authors state that there is no conflict of interest.

АЛҒЫС

Бұл зерттеу жұмысы З.А. Естемесов Құрылыс материалдарын сертификаттау сынау орталық зертханасында. Авторлар университетке және зертханалық топқа баға жетпес басшылығы, мүмкіндіктері және зерттеу барысында қолдау көрсеткені үшін шексіз алғысын білдіреді.

МҮДДЕЛЕР ҚАҚТЫҒЫСЫ

Авторлар мүдделер қақтығысы жоқ деп мәлімдейді.

БЛАГОДАРНОСТИ

Данное исследование проводилось под руководством З.А. Естемесова в Центральной лаборатории сертификационных испытаний строительных материалов. Авторы выражают глубокую благодарность университету и команде лаборатории за неоценимое руководство, оснащение и поддержку на протяжении всего исследования.

КОНФЛИКТ ИНТЕРЕСОВ

Авторы заявляют, что конфликта интересов нет.

1 INTRODUCTION

One of the major environmental challenges in Kazakhstan is the accumulation of fly ash and ash dumps from thermal power plants (TPPs). These volumes are increasing annually and are expected to reach 1 billion tons in the coming years. Globally, the problem is growing faster, as countries like China and India generate thermal energy by burning coal in TPP boilers ([Kurgankina 2019](#)).

Over 300 technologies for utilizing fly ash can produce various materials such as aluminum, iron, silica, rare metals, white carbon black, and many others. However, the construction and road industries are the largest fly ash consumers, accounting for over 80% of global fly ash usage ([Derepko 2015](#)).

One of the most promising applications of fly ash is as an additive in cement types CEM II and CEM V, where its content can range from 6–35% and 18–49% by mass, respectively, as specified by GOST government standard 31108-2020 "Common Construction Cements. Technical Requirements" ([Government standard 31108-2020](#)). In this context, studying the changes in the properties of Portland cement with fly ash additives is highly relevant.

Purpose and Object of the Study

This study aims to examine the specific effects of fly ash on the properties of Portland cement CEM I 32.5 and CEM I 42.5.

- Object of the study: Fly ash from Ekibastuz HEPS-2.
- Subject of the study: Physicochemical and physico-mechanical properties of CEM I cements with the addition of fly ash.

2 LITERATURE REVIEW

About 5-7 million tons of fly ash waste are generated annually in Kazakhstan. These wastes are mainly formed in the process of coal combustion at TPPs, SDPPs and industrial boilers ([Maikonov 2023](#)). At present 100 million tons of fly ash waste are accumulated in the country, in some estimates one can find figures of several billion tons, if we take into account the accumulated waste for the whole period of operation of coal-fired TPPs ([Zhanikulov 2023](#)). These wastes represent a significant environmental problem, as they occupy large storage areas and can have harmful effects on the environment if not properly disposed of. However, they also represent a valuable raw material that can be utilized for various purposes such as the production of Portland cement, building materials or other industrial additives, thus improving the load resistance as well as solving the disposal problem ([Reis 2021](#)).

The use of fly ash as an additive in the production of Portland cement has several important advantages and can improve the properties of the final product ([Chen 2010](#)). Fly ash is a by-product of coal combustion that often contains calcium, silicon, aluminum, and iron oxides, making it potentially useful in the cement industry ([Klassen 2024](#)).

The chemical composition of fly ash contains oxides of calcium (CaO), silicon (SiO_2), aluminum (Al_2O_3) and other components that are active in reaction with calcium hydroxide (Ca(OH)_2) formed during cement hydration. In particular, silicon and aluminum in fly ash can stimulate the formation of calcium silicates, which are the main components that determine the strength characteristics of cement.

Fly ash can be used as an active additive in the production of Portland cement to improve its hydraulic properties. The active components of fly ash (e.g., SiO_2 and Al_2O_3) react with calcium hydroxide during hydration to improve the strength and durability of the material. This promotes the formation of additional silicate and aluminocalcium phases that improve the mechanical properties of cement ([Taimasov 2015](#)).

Effect on thermodynamic processes. When fly ash is added to the raw mix for Portland cement firing, changes in thermodynamic processes may occur:

- Reduction of firing temperature: Fly ash can reduce the melting point of the mixture and optimize the firing process, improving the energy efficiency of production.
- Formation of new phases: New calcium-silicate and aluminosilicate phases can be formed during the firing process with the addition of fly ash, which improve the durability and strength of cement.

Advantages of using fly ash:

- Improved cement strength: Mixing fly ash promotes the formation of additional active phases such as calcium silicate (C-S-H), which improves the strength characteristics of cement, especially in the later stages of curing.
- Reduced raw material costs: Fly ash is a by-product that can be used instead of some of the traditional input materials (e.g. clay and limestone), thus reducing the cost of cement production.
- Environmental benefits: The use of fly ash promotes the utilization of coal industry waste, which reduces the amount of waste and the negative impact on the environment.
- Reduction in CO₂ emissions: Fly ash can reduce the amount of clinker required for cement production as it can partially replace it in the raw material mix. This helps to reduce the carbon dioxide emissions that are generated during the cement clinker firing process ([Green economy 2013](#)).

Potential problems and limitations:

- Low fly ash activity: Fly ash may not always be active enough to have a significant effect on improving cement properties if it has not been pretreated.
- Change in cement properties: Excessive addition of fly ash can lead to a reduction in early cement strength as it can slow down the hydration process and increase curing time.

The use of fly ash as an additive in Portland cement production has many advantages including improved cement strength, reduced environmental impact and savings on raw materials. However, it is important to properly dose the fly ash into the raw material mixture as excessive amounts can adversely affect the properties of cement ([Zhanikulov 2022](#)).

Thai researchers Panumas Saingam et al. ([Panumas 2024](#)) investigated the production of self-compacting concrete using bulk fly ash and calcined calcium carbonate with Portland cement. Various experimental data such as workability, mechanical properties, durability and microstructural characteristics were obtained. The results of the workability tests showed that all mixtures met satisfactory conditions in terms of flow times ranging from 2.50 to 4.55 seconds and cone settlement values ranging from 650 to 800 mm. The optimum compressive strength is 73.8 MPa at 91 days, which is 7.7% higher than that of the control group. The high replacement ratio, up to 20% fly ash, provided a compressive strength of 58.9 MPa at 91 days. This clearly shows the prospect of significantly reducing cement consumption while maintaining structural integrity. These results indicate the possibility of reducing cement consumption in concrete production, which again defines low carbon emissions and waste management in line with international Sustainable Development Goals.

Belgian scientists Shiju Joseph et al. ([Shiju, 2019](#)) studied Portland cement by blending with large amount of fly ash and using Na₂SO₄. Increasing the rate of replacement of Portland cement clinker with additional cementitious materials such as fly ash, strategies to reduce the environmental impact of cement and concrete industries. Although fly ash is widely available, especially in developing countries where most construction activities are projected to take place in the near future, in practice replacement rates are limited to about 25-30% due to its low reactivity. This paper studies the effect of sodium sulfate on the activation of Portland cement mixed with 50% by weight of class F fly ash. Activation of Na₂SO₄ with fly ash promotes a significant increase in strength at both early and later ages.

Erik Stoltenberg-Hansson ([Erik Stoltenberg-Hansson 2011](#)) was tested with class F fly ash used to produce cement with 20% fly ash. Unground and ground fly ash were mixed with reference Portland cement of high fineness and tested for strength in mortar (ISO/CEN method). The fly ash was also tested for chemical composition, bulk density and specific gravity, fineness (Blaine) and particle size distribution (laser method). There is considerable variation in the specific gravity of the delivered fly ash. It is shown that even a small amount of grinding significantly increases the specific

gravity and improves and homogenizes the particle size distribution, resulting in higher strength. The increase in strength corresponds to a decrease in air void content. Grinding fly ash and clinker together in large scale mills reduces energy consumption, providing the same strength after 28 days as mixed cement with fly ash with higher fineness.

3 MATERIALS AND METHODS

The binders used in this study were Portland cement of grades CEM I 32.5 and CEM I 42.5. A comparative analysis of the physico-mechanical properties and chemical characteristics of these cements was conducted, based on the technical requirements outlined in government standard 31108-2020. The comparison, shown in Tables 2–5, demonstrates that the properties of these cements meet the regulatory standards. Thus, they can be effectively used as a benchmark for evaluating the suitability of fly ash as an additive for cements grade CEM I.

Table 1

Phase Composition of CEM I cement types

Phases	Compositions (%)	
	CEM I 32.5	CEM I 42.5
Alite ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, C_3S)	55.3	63.7
Belite ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2$, C_2S)	18.8	10.4
Aluminate ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$, C_3A)	3.8	5.1
Ferrite ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$, C_4AF)	12.7	11.4
Gypsum ($\text{CaSO}_4\cdot 2\text{H}_2\text{O}$)	6.8	6.2

Table 2

Comparative Data on Physico-Mechanical Properties of Standard Requirements and Cement CEM I 32.5

(Note: If data from Table 1 needs to be included, please provide the table content or structure.)

Indicator Name	Unit of Measurement	Test Method Standard	Standard Requirement	Actual Value	Note
Fineness by passage through the sieve No. 008	%	government standard 30744-2001, Section 5.1	Not standardized	97.0	
Normal consistency	%	government standard 30744-2001, Section 6.2.1	Not standardized	27.5	
Initial setting time	minutes	government standard 30744-2001, Section 6.2.2	Not earlier than 75	210	
Volume stability (expansion)	mm	government standard 30744-2001, Section 7	Not more than 10	No changes	
Compressive strength at 7 days	MPa	government standard 30744-2001, Section 8.2	Not less than 16	17.0	
Compressive strength at 28 days	MPa	government standard 30744-2001, Section 8.2	Minimum value 32.5 Maximum value 52.5	41.0	

Compressive strength after heat treatment	MPa	government standard 30744-2001, Section 8.2	More than 25.5	28.0	Group I effective ness for CEM I
The specific effective activity of natural radionuclides	Bq/kg	government standard 30108-94, Appendix A	Up to 370	103.1	

Table 3

Comparative Data on Chemical Indicators of the Standard Requirement and Cement CEM I 32.5

Determined Characteristics	Units of Measurement	Standard Requirement	Actual Test Values	Test Method Standard	Uncertainty
Loss on ignition	%	Not more than 5.0	2.34	government standard 5382-2019, Section 7	–
Mass fraction of insoluble residue	%	Not more than 5.0	1.96	government standard 5382-2019, Section 8	–
Sulfur (VI) oxide content	%	Not more than 3.5	1.42	government standard 5382-2019, Section 14	–
Mass fraction of magnesium oxide	%	Not more than 5.0	1.14	government standard 5382-2019, Section 10	–
Chloride ion content	%	Not more than 0.10	0.018	government standard 5382-2019, Section 21	–

Table 4

Comparative Data on Physico-Mechanical Properties of the Standard Requirement and Cement CEM I 42.5

Indicator Name	Unit of Measurement	Test Method Standard	Standard Requirement	Actual Value	Note
Fineness by passage through the sieve No. 008	%	government standard 30744-2001, Section 5.1	Not standardized	97.4	
Normal consistency	%	government standard 30744-2001, Section 6.2.1	Not standardized	28.0	
Initial setting time	minutes	government standard 30744-2001, Section 6.2.2	Not earlier than 60	220	
Volume stability (expansion)	mm	government standard 30744-2001, Section 7	Not more than 10	No changes	
Compressive strength at 7 days	MPa	government standard 30744-2001, Section 8.2	Not less than 10	29.7	
Compressive strength at 28 days	MPa	government standard 30744-2001, Section 8.2	Minimum value 42.5 Maximum value 62.5	45.3	
Compressive strength after heat treatment	MPa	government standard 30744-2001, Section 8.2	More than 27.0	29.3	Group I effectiveness for CEM I
The specific effective activity of natural radionuclides	Bq/kg	government standard 30108-94, Appendix A	Up to 370	100.7	

Table 5

Comparative Data on Chemical Indicators of the Standard Requirement and Cement CEM I 42.5

Determined Characteristics	Units of Measurement	Standard Requirement	Actual Test Values	Test Method Standard	Uncertainty
Loss on ignition	%	Not more than 5.0	2.51	government standard 5382-2019, Section 7	–

Mass fraction of insoluble residue	%	Not more than 5.0	1.87	government standard 5382-2019, Section 8	–
Sulfur (VI) oxide content	%	Not more than 3.5	1.85	government standard 5382-2019, Section 14	–
Mass fraction of magnesium oxide	%	Not more than 5.0	1.11	government standard 5382-2019, Section 10	–
Chloride ion content	%	Not more than 0.10	0.035	government standard 5382-2019, Section 21	–

The fly ash from Ekibastuz HEPS-2 was used as a mineral additive with the following chemical and mineralogical characteristics (Tables 6-8).

Table 6

Chemical composition (%)

Component	SiO ₂	Al ₂ O ₃	(Fe ₂ O ₃ +FeO)	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	Unspecified (loss on ignition)
Percentage (%)	56.7	28.6	6.4	1.1	0.35	1.3	0.03	0.52	3.0

Table 7

The phase composition (%; rounded):

Mineral Phase	Mullite (3Al ₂ O ₃ ·SiO ₂)	α-quartz (SiO ₂)	Sillimanite (Al ₂ O ₃ ·SiO ₂)	Hematite (Fe ₂ O ₃)	Glass phase	Unburned carbon
Percentage (%)	38	32	12	5	10	3

Table 8

Grain size distribution of ash particles (%):

Grain Size (mm)	Particles up to 0.5 mm	0.45 mm	0.25 mm	0.1 mm	0.09 mm	0.08 mm	0.06 mm	0.05 mm	0.045 mm	0.04 mm
Distribution (%)	0.14	2.26	3.6	25.8	0.84	12.12	4.5	21.46	21.38	7.9

Unburned carbon is mostly found in larger particles, while the glass phase is in smaller particles. The minerals are evenly distributed across all fractions.

Activity modulus: Basic modulus (CaO+MgO)/(SiO₂+Al₂O₃) $\approx$ 0.02, and the hydraulic activity modulus (CaO+Al₂O₃+MgO)/(SiO₂+ TiO₂) is 0.53. This indicates that the fly ash is highly acidic and thus it has low activity.

Specific surface area – 290 m²/kg;

True density – 2.1 g/cm³;

Bulk density – 780 kg/m³.

As seen from Table 9, fly ash can be used as a mineral additive for CEM I and CEM V cement types, based on its chemical characteristics.

Table 9

Comparative Data of Chemical Indicators of the Standard Requirement and Fly Ash

Indicator Name	Units of Measurement	Testing Standard	Standard Norm according to government standard 31108-2020	Actual Value of Fly Ash
Alkali oxide content (R ₂ O) calculated as Na ₂ O	%	government standard 5382-2019, Section 12	Not more than 2.0	0.54
MgO content	%	government standard 5382-2019, Section 7.3	Not more than 5.0	0.35
Loss of mass upon calcination (ppp)	%	government standard 5382-2019, Section 4	Not more than 5.0	3.0
Volume uniformity (cement expansion with fly ash addition)	mm	government standard 30744-2001, Section 7	Not more than 10	9.0
Reactive SiO ₂ content	%	government standard 5382-2019, Section 6; (X-ray fluorescence analysis)	No less than 25	26

Mass fraction of reactive CaO	%	government standard 5382-2019, Section 7	Not more than 10	0.5
Mass fraction of free calcium oxide CaO	%	government standard 5382-2019, Section 13	Not more than 1	Absent
The specific effective activity of natural radionuclides	Bq/kg	government standard 30108-94	Up to 370	72

The phase composition of cement and fly ash was determined using the modernized DRON-3M diffractometer with CuK α radiation, along with accompanying software. X-ray diffraction patterns were obtained in the 2 θ angle range from 10 to 70°. The chemical composition of the fly ash was determined using the energy-dispersive X-ray fluorescence spectrometer EDX-8000.

The physical-mechanical properties of cement and fly ash were determined by the technical requirements of government standard 30744-2001 (**Government Standard 2001**) and government standard 8736-2014 (**Government Standard 2014**). The specific effective activity of radionuclides was measured following government standard 30108-94 (**Government standard 1994**).

The effect of fly ash contents on the strength of Portland cement CEM I was determined using samples with dimensions of 2x2x2 cm, made from a mixture with normal consistency. The samples were steam-cured at 90°C following a 3+10+3 hour schedule (rise + isotherm + fall).

The strength of the samples was tested after one day of autoclave curing. The strength of the autoclaved samples after water storage was tested in 7, 14, and 28 days. The fly ash content in the binder composition was 5%, 10%, 15%, and 20% by weight.

The compressive strength of the samples was tested using the hydraulic press with software, which allowed the obtained data to indicate their grade strength.

3 RESULTS AND DISCUSSION

Table 10 shows the influence of the fly ash content on the normal consistency and setting times of Portland cement CEM I 42.5, from which the following can be concluded:

- Fly ash increases the water demand for cement, the higher the ash content, the greater the increase in water demand. For example, the normal consistency of pure cement is 28.5%, but adding 5%, 10%, and 15% fly ash rises to 29.5%, 30.5%, and 31.5%, respectively. As a result, under the same conditions, the strength of hardened fly ash-containing cement will be lower during the early setting periods compared to cement without ash. This is because the increased water content raises the porosity of the cement paste, which in this case reduces its density and strength.

- Fly ash delays both the initial and final setting times of cement, and the higher the content, the more the setting times are delayed in the fly ash-cement paste. For example, the initial and final setting times of pure cement paste are 165 and 200 minutes, respectively. While with the addition of 15% ash, they reach 205 and 250 minutes, respectively.

- The fly ash from the Ekibastuz HEPS-2 increases the water demand of Portland cement CEM I 42.5 and delays the setting times of the cement paste.

- Based on this, it can be inferred that ultra-acidic fly ashes, (e.g. fly ashes from Ekibastuz coal), generally possess these properties in the cement-fly ash-ultra-acidic-water system.

Table 10

Influence of fly ash content on normal consistency and setting times of cement paste

Sample No.	Cement CEM I 42.5 N (%)	Fly Ash (%)	Normal Consistency of Cement Paste (%)	Setting Times (hour-minute):	
				start	end
1	100	0	28.5	165	210
2	95	5	29.5	180	230
3	90	10	30.5	190	240
4	85	15	31.5	205	250

The increased water demand for fly ash-containing cement, which also causes a delay in the setting times of the cement, can be attributed to the following factors:

- The presence of unburned carbon (coke) in the fly ash, which has a high-water demand (up to 50%);
- The abundance of hollow particles in the fly ash, which absorb additional water due to their porous structure.

Table 11 provides data on the strength change of autoclaved samples:

- Without the addition of fly ash.
- With fly ash added in the range of 5-20% by mass.
- The strength of cement and fly ash-cement stone after one day of curing under hydrothermal conditions and after 7, 14, and 28 days of further curing in water.

The following can be concluded based on the strength synthesis data of cement and fly ash-cement stone:

- Pure cement stones achieve standard strengths of 45.7 MPa after one day of hydrothermal treatment and 53.3 MPa after 28 days of curing in water. Hydrothermal treatment significantly enhances their strength compared to natural curing conditions.
- Fly ash-cement stones exhibit lower strength than pure cement stones even after undergoing hydrothermal treatment and 28 days of curing.
- Furthermore, as the fly ash content in the binder increases, its negative impact on the strength of the fly ash-cement stone becomes more pronounced.
- However, the rate of strength gain in fly ash-cement stone surpasses that of pure cement stone. For instance, the strength of pure cement stone made from CEM I 42.5 is 46.5 MPa after one day of hydrothermal treatment and increases to 53.3 MPa after 28 days of water curing, showing a gain of 6.8 MPa. In contrast, cement stone with a 5% fly ash addition has strength values of 33.8 MPa and 45.3 MPa, with a gain of 11.5 MPa over the same period. These results suggest that at 90 days and even at 360 days the strength of fly ash-cement stone will likely exceed that of pure cement stone.

Table 11

Influence of fly ash content on the strength of autoclaved cement stone

Binder Composition (%)			Strength of autoclaved samples (MPa)				
Cement		Fly ash	Age of Specimen (days)				The difference in strength between 1 and 28 days of curing
CEM I 32.5	CEM I 42.5		1	7	14	28*	
100	–	–	36,0	42,7	43,4	45,7	9,7
–	100	–	46,5	47,8	49,5	53,3	6,8
95	–	5	33,8	38,3	41,3	45,3	11,5
90	–	10	30,5	35,4	38,9	42,4	11,9
85	–	15	28,7	33,3	37,5	40,8	12,1
80	–	2,0	25,6	29,8	33,8	38,3	12,7
–	95	5	36,7	45,5	47,8	48,7	42,0
–	90	10	33,8	43,7	45,5	46,5	12,7
–	85	15	32,3	40,8	43,8	44,8	12,5
–	80	20	32,0	39,8	41,7	43,5	11,5

Note: Some of the samples will continue curing in a water environment. Testing will be conducted after 90, 180, and 360 days.

This trend, where cement stone with ash shows relatively low strength at early ages but has the potential for greater long-term strength development, has been previously observed by the authors of studies. It can be attributed to the following combined factors:

- The relatively low strength at early ages is primarily attributed to the reduced cement content in the hardening system.
- The prolonged strength development in ash-containing hardened systems is attributed to the active participation of fly ash components in the hydration process. These components include:
- Glass-crystalline particles serve as nuclei for the crystallization of new phases.

- The glass phase possessing pozzolanic and hydraulic properties, interacts with lime, reducing its content in the hardening system and forming additional cementing substances.
- The reactive surface of silica, which reacts with lime and other new aqueous compounds to create a strong contact zone.
- These physicochemical processes collectively enhance the long-term strength of the ash-cement-water system.

4 CONCLUSIONS

According to chemical indicators, the fly ash from Ekibastuz HEPS-2 meets the technical requirements of government standard 25818-2017 and government standard 31108-2020 as a mineral additive for Portland cement CEM II.

Despite its significantly higher growth rate (approximately 11-12 MPa compared to 7-10 MPa for pure cement), the strength of fly ash-cement stone during the early stages of hardening remains lower than that of pure cement stone. This is primarily due to the highly acidic nature of fly ash and its low glass phase content (10%).

The study of Portland cements CEM I 32.5 and CEM I 42.5 with the addition of fly ash has demonstrated significant changes in their physical and mechanical properties. The incorporation of fly ash influences the hydration process, leading to modifications in setting time, compressive strength, and overall durability.

Additional mechanochemical technological treatments are strongly recommended to increase the activity of acidic fly ashes, and the authors of this article are currently working on these methods.

Overall, the use of fly ash as a supplementary cementitious material offers economic and environmental benefits by reducing clinker consumption and lowering CO₂ emissions. The optimal dosage of fly ash should be carefully considered to balance strength development and durability requirements for specific construction applications. Future research should focus on optimizing fly ash content and evaluating its effects under various curing conditions and environmental exposures.

REFERENCES

1. **Kurgankina M. A., Nyashina G. S., and Strizhak P. A.** (2019). Prospects of thermal power plants switching from traditional fuels to coal-water slurries containing petrochemicals. *Science of The Total Environment*, vol. 671, (pp.568-577), Jun. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.03.349>
2. **Derepko S. N., and Nikiforova I. A.** (2015). Model of Integral Evaluation of the Effectiveness of Introducing Ash-Slag Waste from the Coal Industry [Model' integral'noj ocenki effektivnosti vnedreniya zoloshlakovyh othodov ugol'noj promyshlennosti], *Baikal Research Journal (Electronic Scientific Journal of BGU)*, vol. 6, no. 5, (pp.1-7). <https://doi.org/10.51488/1680-080X/2023.4-08> (In Russ.).
3. **Potapov S. O., Sviridova M. N., Tanutrov I. N., and Toloknov D. A.** (2015). Physicochemical Properties of Fly Ash from the Combustion of Ekibastuz Coal [Fiziko-himicheskie svoystva zoly unosa ot szhiganiya ekibastuzskih uglej] *Butlerov Communications*, vol. 45, no. 3, (pp.37-39). <https://butlerov.com/files/reports/2016/vol45/3/36/16-45-3-36-.pdf> (In Russ.).
4. **Zyryanov V. V., and Zyryanov D. V.** (2009). Fly Ash – Technological Raw Material [Letuchaya zola - tekhnologicheskoe syr'e], Moscow: LLC IPC Mask, (p.320). <https://www.scirp.org/journal/paperinformation?paperid=2623> (In Russ.).
5. **Bespalov V. I., Bespalova S. U., and Wagner M. A.** (2010). Environmental Protection Technologies at Thermal Power Plants [Tekhnologii zashchity okruzhayushchej sredy na teplovyh elektrostanciyah], Tomsk: TPU, (p.240). <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1061/1/012064/pdf> (In Russ.).

6. **Akhazhanov S., Tleulenova G., Karaulov S., Zharassov S., and Mukhamejan A.** (2023). Age-dependent trends in compressive strength of concrete incorporating fly ash [Tendencii izmeneniya prochnosti na szhatie betona s dobavleniem letuchej zoly v zavisimosti ot vozrasta] *Technobius*, vol. 3, no. 4, p. 0046, Sep., <https://doi.org/10.54355/tbus/3.4.2023.0046> (In Russ.).
7. Government standard 31108-2020 Common Construction Cements. Technical Requirements [Cementy Obshchestroitel'nye. Tekhnicheskie usloviya] <https://meganorm.ru/Data/738/73873.pdf>
8. **Maikonov A., Abdyrov A.M., Shansharova L.S., Niyazbekova R.K., Aldabergenova S.S., Tlegenov R.** (2023). Study of the chemical composition of fly ash and its effect on the strength of cement stone Bulletin of ENU named after L.N. Gumilev [Issledovanie himicheskogo sostava letuchej zoly i ee vliyaniya na prochnost' cementnogo kamnya Vestnik ENU im. L.N. Gumileva] Series Chemistry. Geography. Ecology. №3(144), (pp.42-50). <http://dx.doi.org/10.32523/2616-6771-2023-144-3-42-50> [In Russ.].
9. **Zhanikulov N., Sapargaliyeva B., Agabekova A., Alfereva Y., Baidibekova A., Syrlybekkyzy S., Nurshakhanova L., Nurbayeva F., Sabyrbaeva G., Zhatkanbayev Y., Kozlov P., Izbassar A., Kolesnikova O.** (2023). Studies of Utilization of Technogenic Raw Materials in the Synthesis of Cement Clinker from It and Further Production of Portland Cement. *Journal of Composites Science*. Vol.7(6), 226 <https://doi.org/10.3390/jcs7060226>
10. **Reis J., Freire F., de Brito J.** (2021). The effect of fly ash on the carbonation resistance of Portland cement based materials. *Magazine of Concrete Research*. Vol. 73, (pp.61-72). <https://doi.org/10.3303/CET24110084>
11. **Chen H.X., Ma X., Dai H.J.** (2010). Reuse of water purification sludge as raw material in cement production. *Cement and Concrete Research*. Vol.32. (pp.436-439). <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2010.02.009>
12. **Klassen, V.K. Taimasov B.T.** (2024). Cementology: structure, properties of cements and optimization of technological processes: textbook [Cementologiya: struktura, svojstva cementov i optimizaciya tekhnologicheskikh processov: Uchebnik] Moscow; Vologda: Infra - Engineering. – (p.264). <https://www.iprbookshop.ru/143432.html> (In Russ.).
13. **Taimasov B.T., Alzhanova A.J.** (2015). Chemical technology of binders [Tutastyrgysh zattardyn chemiyalyk technologyasy]. Almaty. Evero, (p.380) ftp://dl.rii.kz/download/books/e_lib/Taiymasovtytan.pdf (In Kaz.).
14. On the Concept on the transition of the Republic of Kazakhstan to a “green economy” [O Konceptii perekhoda Respubliki Kazahstan k «zelenoj ekonomike»]. Astana, (30.05.2013), <https://adilet.zan.kz/rus/docs/U1300000577> (In Russ.).
15. **Zhanikulov N.N., Kolesnikov A.S., Taimasov B.T., Zhakipbayev B.Y., Shal A.L.** (2022). Influence of industrial waste on the structure of environmentally friendly cement clinker Complex Use of Mineral Resources. №4 (323), (pp.84-91). <https://doi.org/10.31643/2022/6445.44>
16. **Panumas Saingam, Burachat Chatveera, Pongsakon Promsawat, Qudeer Hussain, Adnan Nawaz, Natt Makul, Gritsada Sua-iam.** (2024). Synergizing Portland Cement, high-volume fly ash and calcined calcium carbonate in producing self-compacting concrete: A comprehensive investigation of rheological, mechanical, and microstructural properties Case Studies in Construction Materials. Vol.21, e03832. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03832>.
17. **Shiju Joseph, Ruben Snellings, Ozlem Cizer.** (2019). Activation of Portland cement blended with high volume of fly ash using Na₂SO₄ Cement and Concrete Composites. Vol.104, 103417. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2019.103417>
18. **Erik Stoltenberg-Hansson.** (2011). Fly Ashes Used For Blended Portland Cement: Effect Of Grinding on Cement Quality Materials research society symposia proceedings.(pp.136-175), <https://doi.org/10.1557/PROC-136-175>
19. Government Standard 30744-2001 Cements. Test methods using polyfractional sand [Cementy. Metody ispytaniy s ispol'zovaniem polifrakcionnogo peska] <https://meganorm.ru/Data2/1/4294847/4294847911.pdf> (In Russ.).

20. Government Standard 8736-2014 Sand for construction works. Specifications [Pesok dlya stroitel'nyh materialov. Tekhnicheskie usloviya] <https://meganorm.ru/Data/587/58789.pdf> (In Russ.).
21. Government Standard 30108-94 Building materials and products. Determination of specific effective natural radionuclides [Materialy i izdeliya stroitel'nye. Opredelenie udel'noj effektivnoj aktivnosti estestvennyh radionuklidov]. <https://meganorm.ru/Data2/1/4294853/4294853068.pdf> (In Russ.).
22. Government Standard 25818-2017 (EN 450-1:2012, NEQ) Thermal plant fly-ashes for concretes. Specifications [Zoly-unosa teplovyh elektrostancij dlya betonov. Tekhnicheskie harakteristiki] <https://meganorm.ru/Data/654/65498.pdf> (In Russ.).

ҚазБСҚА ХАБАРШЫСЫ 1(95) 2025

Ғылыми журнал
2001 жылдан шыға бастады.
Қазақстан Республикасының Ақпарат және қоғамдық
келісім министрлігінде тіркеліп,
2000 жылдың 14 тамызында №1438-Ж куәлігі берілген.
2021 жылдан бастап ашық қол жетімді электронды интернет-басылым ретінде
шығарылады (<https://vestnik.mok.kz>)

ВЕСТНИК КазГАСА 1(95) 2025

Научный журнал
Издается с 2001 г.
Зарегистрирован Министерством информации и общественного согласия
Республики Казахстан. Свидетельство №1438-Ж от 14 августа 2000 г.
С 2021 года журнал выходит как электронное онлайн-издание с открытым
доступом (<https://vestnik.mok.kz>).

Материалды компьютерде беттеген/
верстка оригинал-макета – *Ибрашева М.А.*
Редактор – *Есимханова А.Е.*

Басуға 15.03.2025 ж. қол қойылды.
Форматы 70х100/16. Офсет қағазы.
Есептік баспа табағы 31,11. Шартты баспа табағы 34,12.
Таралымы 250 дана.
Бағасы келісім бойынша.

Подписано 15.03.2025 г. в печать.
Формат 70х100/16. Бумага офсетная.
Уч.-изд. л. 31,11. Усл. печ. л. 34,12.
Тираж 250 экз.
Цена договорная.

Халықаралық білім беру корпорациясы, 2023
050043, Алматы қ-сы, Қ. Рысқұлбеков к-сі, 28
«Құрылыс және сәулет» баспасында басылып шықты
050043, Алматы қ-сы, Қ. Рысқұлбеков к-сі, 28

Международная образовательная корпорация, 2023
050043, г. Алматы, ул. К. Рыскулбекова, 28
Отпечатано в Издательстве «Строительство и архитектура»
050043, г. Алматы, ул. К. Рыскулбекова, 28
Тел. 8 (727) 220 81 03
kazgasa@mail.ru, science@kazgasa.kz