

Развитие архитектурной среды подземных структур общественно-торговых комплексов, реконструкция площади Павелецкого вокзала

Елена Владимировна Михайлова, Екатерина Константиновна Калиниченко,
Маргарита Олеговна Белова

*Национальный исследовательский Московский государственный строительный
университет (НИУ МГСУ); г. Москва, Россия*

АННОТАЦИЯ

Введение. Актуальность изучения развития подземных многоуровневых структур общественно-торговых комплексов (ОТК) определена необходимостью активного освоения подземного пространства в крупных и крупнейших городах в соответствии со Стратегией пространственного развития России. Формированию на базе VR/AR-технологий иммерсивной среды в комплексах способствовали социально-экономические условия, связанные с реализацией федерального проекта «Цифровые технологии». Активная интеграция элементов ландшафта в структуру центров вызвана потребностью экологической реабилитации городских территорий в соответствии со Стратегией экологической безопасности РФ. Цель исследования — выявление особенностей развития в 2020-х гг. архитектурной среды многоуровневых подземных структур общественно-торговых комплексов в условиях реконструкции центральных районов крупных и крупнейших городов на участках, включающих крупную городскую площадь, на примере подземного многофункционального центра «Павелецкая плаза». Задачей анализа является в современных социально-экономических, градостроительных, экологических условиях крупных и крупнейших городов определить новые тенденции в развитии архитектурной среды ОТК, отвечающих их требованиям.

Материалы и методы. Выполнено изучение литературных источников, научных публикаций, интернет-ресурсов, а также проведены натурные обследования комплексов. Разработаны схематические пространственные модели комплексов на основе выявленных современных тенденций их архитектурно-планировочной организации.

Результаты. Выявлена необходимость доработки существующей классификации ОТК на участках, включающих крупную городскую площадь.

Выводы. Омниканальность поведения покупателей требует развития архитектурной среды центров на базе расширения объема и состава общественной функции, выработки приемов создания иммерсивной среды, а также устройства ландшафта на надплатформенных уровнях.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: многоуровневый общественно-торговый комплекс, подземное пространство, архитектурная среда, реконструкция, крупные и крупнейшие города, городская среда, архитектурная среда комплексов

ДЛЯ ЦИТИРОВАНИЯ: Михайлова Е.В., Калиниченко Е.К., Белова М.О. Развитие архитектурной среды подземных структур общественно-торговых комплексов, реконструкция площади Павелецкого вокзала // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. Вып. 1. С. 36–44. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.1.36-44

Автор, ответственный за переписку: Елена Владимировна Михайлова, MikhaylovaEV@inbox.ru.

Development of architectural environment of underground structures of public and trading complexes on the example of reconstruction of Paveletsky station square

Elena V. Mikhaylova, Ekaterina K. Kalinichenko, Margarita O. Belova

*Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);
Moscow, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. The relevance of studying the development of underground multi-level structures of public and trade complexes (PTC) is determined by the need for active development of underground space in large and major cities in accordance with the Strategy of Spatial Development of Russia until 2025. The formation of immersive environment in the complexes based on VR/AR technologies was facilitated by socio-economic conditions associated with the implementation of the federal project "Digital Technologies" until 2024. Active integration of landscape elements into the structure of the centres is caused by the need for environmental rehabilitation of urban areas in accordance with the Environmental Safety Strategy of the Russian Federation until 2025. The aim of the research is to identify the peculiarities of the development in the 2020s of the architectural environment of multi-level underground structures of public and trade complexes in the context of reconstruction of the central districts of large and major cities in

areas that include a large urban square, using the example of the “Paveetskaya Plaza” underground multifunctional centre. The task of the analysis is to determine new trends in the development of the architectural environment of the PTC in the modern socio-economic, urban planning, environmental conditions of large and major cities that meet their requirements.

Materials and methods. The study of literary sources, scientific publications, Internet resources, as well as field surveys of the complexes. Development of schematic spatial models of the complexes based on the identified modern trends of their architectural and planning organization.

Results. The necessity to refine the existing PTC classification in the sites that include a large urban area has been identified.

Conclusions. The omnichannel behavior of buyers requires development of architectural environment of the centres based on the expansion of volume and composition of public function, development of techniques of immersive environment creation, as well as the formation of a landscape at above-platform levels.

KEYWORDS: multi-level public and trade complex, underground space, architectural environment, reconstruction, large and major cities, urban environment, architectural environment of the complexes

FOR CITATION: Mikhaylova E.V., Kalinichenko E.K., Belova M.O. Development of architectural environment of underground structures of public and trading complexes on the example of reconstruction of Paveletsky station square. *Vestnik MGSU* [Monthly Journal on Construction and Architecture]. 2024; 19(1):36-44. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.1.36-44 (rus.).

Corresponding author: Elena V. Mikhaylova, MikhaylovaEV@inbox.ru.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность исследования формирования архитектурной среды подземных многоуровневых структур общественно-торговых комплексов (ОТК) связана с необходимостью активного освоения подземного пространства в крупных и крупнейших городах в соответствии со Стратегией пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года¹. Многоярусное развитие городов за счет использования подземного пространства вызвано интенсивным ростом численности населения и нехваткой территорий под строительство, ухудшением экологической ситуации и необходимостью сбережения энергетических ресурсов, потребностью интеграции в урбанизированную среду «зеленых» урболандшафтов (УЛ) [1–3].

Значительное влияние на проектирование, строительство и эксплуатацию ОТК оказывают экономические, социальные, градостроительные и экологические факторы. В условиях реализации федерального проекта «Цифровые технологии» с формированием е-коммерции в крупных и крупнейших городах остро возникла потребность в изучении новых тенденций в формировании архитектурной среды комплексов² [4]. Массовый уход покупателей в сектор е-коммерции требует сокращения торговых площадей в архитектурно-планировочных решениях центров в категории потребительских товаров наряду с поиском других «магнитов притяжения» [5, 6].

Ярко выражено несоответствие существующей городской общественно-торговой инфраструктуры изменившимся потребностям омниканальных

посетителей ОТК. Архитектурная среда комплексов становится иммерсивной на основе внедрения AR-навигации, AR-мероприятий и проектов AR-геймификации [7]. Избыточные затраты времени на покупки горожанами в центрах требуют совершенствования в крупных и крупнейших городах системы транспортного обслуживания. Выявление новых приемов формирования центров — необходимое условие для создания эффективно функционирующих ОТК, которые будут соответствовать потребностям и ожиданиям горожан [8–12].

Актуальность интенсификации использования территории крупных и крупнейших городов в соответствии с Градостроительным кодексом Российской Федерации от 29.12.2004 № 190-ФЗ в условиях реконструкции исторической застройки с освоением неудобных территорий требует совершенствования архитектурных многоуровневых решений комплексов [13]. Реконструкция в центральных и срединных зонах крупных и крупнейших городов определяет потребность в сохранении их исторического облика за счет введения ограничений в пространственном развитии надплатформенного уровня центров. Восстребованным направлением развития в градостроительстве является формирование общественных городских пространств. Для их создания используются не только традиционные (улицы, площади, парки), но и альтернативные элементы (террасы, малые архитектурные формы, зоны отдыха) с устройством на надплатформенном уровне ОТК [14].

Экологический кризис в крупных и крупнейших городах требует активной реабилитации городских территорий в соответствии со Стратегией экологической безопасности Российской Федерации до 2025 года³. Активная интеграция ландшафтных

¹ Стратегия пространственного развития Российской Федерации на период до 2025 года : Распоряжение Правительства Российской Федерации от 13.02.2019 № 207-р. URL: <http://static.government.ru/media/files/UVAIqUtT08o60RktoOXI22JjAe7irNxc.pdf>

² Цифровые технологии. URL: <https://digital.gov.ru/ru/activity/directions/878/>

³ О Стратегии экологической безопасности Российской Федерации на период до 2025 года : Указ Президента Российской Федерации от 19.04.2017 № 176. URL: <http://government.ru/docs/all/111285/>

элементов в городскую среду обеспечит улучшение ее экологического состояния за счет внедрения УЛ в многоуровневые структуры комплексов [15–17]. Комплексный анализ стратегии озеленения городских УЛ позволит выработать наиболее рациональное направление развития плана озеленения для каждого центра в конкретной городской среде [18]. Необходимость разработки концепции благоустройства для создания общественных «зеленых» городских пространств в исторической застройке крупных и крупнейших городов требует развития на надплатформенных уровнях в ОТК благоустроенных «зеленых» урболандшафтов.

Таким образом, выявлена актуальность исследования архитектурной среды современных комплексов с дальнейшей разработкой эффективных архитектурно-планировочных моделей, которые станут основой для рационального проектирования центров в условиях глобальной цифровизации мировой экономики.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В рамках исследовательской работы использована информационная база, включающая изучение открытых источников информации, таких как: нормативно-правовая база, статьи, научные публикации, интернет-ресурсы. Для получения более полной картины проведены натурные обследования комплексов, что позволило выявить современные принципы их архитектурно-планировочной организации. На базе полученных данных разработаны схематические пространственные модели комплексов, которые дали возможность более точно определить основные тенденции их современного развития. Проведенные работы были выполнены в рамках повседневной практики и имеют практическую значимость для архитектурного проектирования и строительства ОТК в крупных и крупнейших городах.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Выявлены основные особенности развития в 2020-х гг. архитектурной среды ОТК на основе сравнительного анализа между сформированными в 2010-е гг. классификациями, приемами и принци-

пами проектирования, строительства и эксплуатации комплексов в крупных и крупнейших городах с современными методами на примере подземного многофункционального центра «Павелецкая плаза»^{4,5,6} [19].

1. В практике прошлых лет градостроительное положение «Павелецкой плазы» соответствует специализированному приему размещения ОТК в центральных районах крупных и крупнейших городов на участках, включающих крупную городскую площадь. Данные участки характеризовались как активным развитием транспортной зоны городского значения на территории самих комплексов, так и в меньшей степени «островным» положением участков центров. В результате установлена необходимость доработки классификации с разделением участков ОТК, включающих крупную городскую площадь, на такие, как участки, включающие городскую транспортную площадь, а также «островные» участки, включающие городскую площадь (рис. 1). Таким образом, в настоящее время активное развитие получило размещение комплексов на «островных» участках, включающих городскую площадь.

2. Объемно-планировочный прием организации многоярусной структуры «Павелецкой плазы» относится к интегрированному приему многоуровневого взаимодействия ОТК с окружающей застройкой в виде протяженного подземного объема. Определена необходимость доработки данной графической схемы, которая не отражает в полной мере тенденции как прошлых лет, так и современности, связанной с освоением надплатформенного уровня комплексов одноуровневыми объемами-павильонами (рис. 2). Следовательно, характерной особенностью формирования центров в виде протяженного подземного объема является организация на надплатформенном уровне одноуровневых объемов.

3. Функционально-планировочное зонирование «Павелецкой плазы» направлено на увеличение зоны зрелищных и культурно-развлекательных учреждений для привлечения омниканальных посетителей

⁴ Павелецкая плаза. URL: <https://pavplaza.ru/about/center/>
⁵ Paveletskaya plaza. URL: <https://www.5plusdesign.com/architecture/paveletskaya-plaza>
⁶ Apex project bureau. URL: <https://apex-project.ru/projects/paveletskiy>



Рис. 1. Специализированные приемы взаимодействия центров с транспортом

Fig. 1. Specialized techniques of interaction between centres and transport

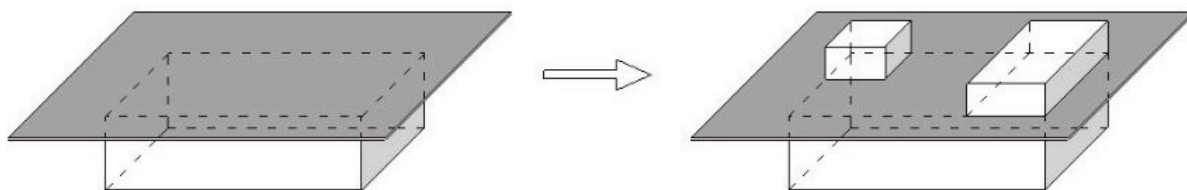


Рис. 2. Интегрированный прием многоуровневого формирования ОТК протяженным подземным объемом

Fig. 2. An integrated technique of multi-level formation of PTC by an extended underground volume

за счет активного развития надплатформенного уровня комплекса, а также сокращения торговых площадей центра (рис. 3). Функциональное зонирование ОТК в условиях е-коммерции впервые имеет обратную тенденцию, ведущую к сокращению торговой зоны комплексов почти на треть, наряду с заменой ее на функцию зрелищных и культурно-развлекательных учреждений. Наблюдается расширение функционального состава ОТК посредством включения учреждений быта. Соответственно, определена тенденция увеличения зрелищной и культурно-развлекательной функции комплексов за счет использования надплатформенного уровня, а также сокращения их торговой зоны. Учреждения быта стали включать в центры для обслуживания как мобильных посетителей, так и местных жителей.

4. Функциональное решение торгово-пешеходной зоны «Павелецкой плазы» соответствует блочно-секционной планировке, что характеризует возврат к достаточно редко применяемому в прошлые годы планировочному решению комплексов. Современное развитие данного приема предполагает укрупнение «островов» рядовых магазинов центров до полифункциональных «якорей тяготения», а также возврат к устройству в крупных многоярусных торговых предприятиях дублирующих внутренних вертикальных коммуникаций. Наряду с этим изме-

нения коснулись размещения в ОТК разгрузочно-складской зоны, теперь она организуется на нижнем подземном уровне, а не только на верхнем подземном ярусе. При этом транспортный тоннель в комплексах характеризуется как тупиковой, так и сквозной планировками. Таким образом, актуальность получила блочно-секционная планировка центров с полифункциональными «островами» рядовых магазинов, а также с дублирующими внутренними вертикальными торгово-пешеходными коммуникациями. Ведется активное освоение подземного пространства ярусов ОТК путем размещения разгрузочно-складской зоны на нижнем подземном уровне, а также усложнения пространственного решения транспортного тоннеля в виде сквозной планировки.

5. Внешние пешеходно-транспортные связи «Павелецкой плазы» с окружающей застройкой взаимодействуют по принципу совмещенных периферийных пешеходных потоков. Выявлена необходимость дополнения приемов пешеходно-транспортного зонирования комплексов схемой с совмещенными периферийными пешеходными потоками на «островных» участках, включающих городскую площадь (рис. 4). Внутренние пешеходно-транспортные связи центра характеризуются изолированностью от системы метрополитена, а также железнодорожного транспорта Павелецкого

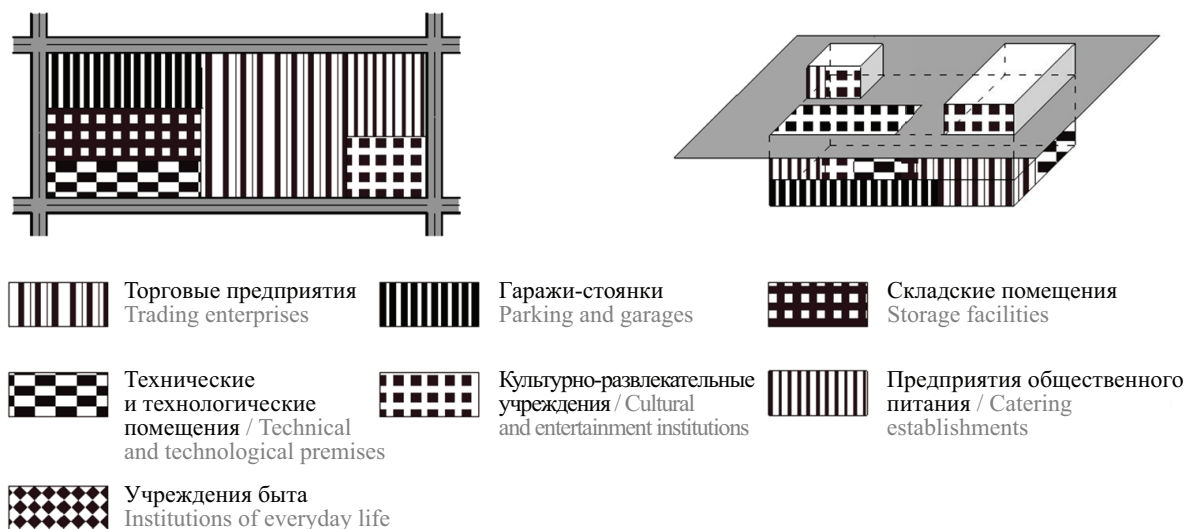


Рис. 3. Схема горизонтального функционального зонирования ОТК и прием пространственного зонирования центров

Fig. 3. Scheme of horizontal functional zoning of PTC and the technique of spatial zoning of centres

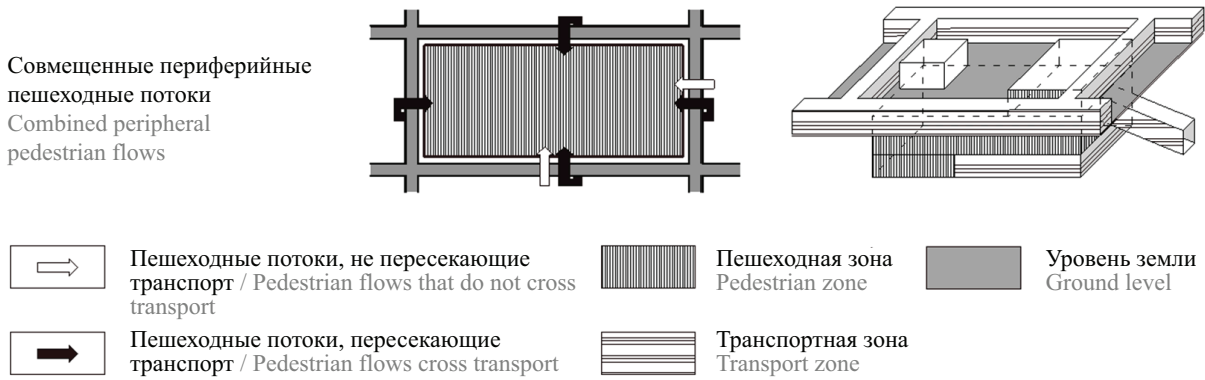


Рис. 4. Схема пешеходно-транспортных потоков комплексов и прием пешеходно-транспортного зонирования центров
Fig. 4. Scheme of pedestrian and transport flows of complexes and reception of pedestrian and traffic zoning of centres

вокзала. Вместе с тем в практике прошлых лет велась активная интеграция ОТК с метрополитеном, а с вокзалами даже соседство негативно сказывалось на статусе комплекса. Изоляция «Павелецкой плазы» от городской транспортной инфраструктуры позволила свести к минимуму негативные влияния от соседства с железнодорожным вокзалом. Следовательно, эффективное развитие получил принцип совмещенных периферийных пешеходных потоков в центрах. Рационально минимизированы недостатки размещения ОТК в непосредственной близости с крупным ж/д вокзалом путем ограничения внешних транспортных связей.

6. Композиционный прием архитектурно-планировочной организации «Павелецкой плазы» относится к протяженной композиции. Вместе с тем анализ выявил необходимость расширения классификации архитектурно-композиционных приемов организации протяженных ОТК. Следует включить дополнительно прием в виде подземных пешеходных улиц, сходящихся на площади (рис. 5). Соответственно, на современном этапе активное формирование в протяженных комплексах получила рациональная схема в виде подземных пешеходных улиц, сходящихся на площади.

7. Архитектурно-художественные решения внутреннего пространства «Павелецкой плазы» направлены на социокультурную адаптацию омниканальных посетителей к использованию VR/AR-контента в ОТК крупных и крупнейших городов [20–22]. Иммерсивная среда комплекса создает устойчи-

вый коммуникационный канал с посетителями на основе внедрения AR-навигации: интернет-сайт, интерактивные карты, цифровые вывески [23]. Таким образом, приоритетным направлением архитектурно-художественного развития внутреннего пространства центров является создание эффективной иммерсивной архитектурной среды на базе VR/AR-контента.

8. Архитектурно-пространственное решение «Павелецкой плазы» характеризуется активным развитием урболандшафта на надплатформенном уровне ОТК. В сложной экологической ситуации при реконструкции в крупных и крупнейших городах рационально отводить под озеленение надплатформенный ярус комплексов. Развитая «зеленая» городская зона отдыха на надплатформенном уровне центров формирует востребованное общественное пространство, ориентированное как на местных жителей, так и на мобильных горожан и туристов [24]. Следовательно, в условиях реконструкции крупных и крупнейших городов широкое распространение получило формирование на надплатформенных ярусах ОТК общественных пространств с «зелеными» УЛ.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ И ОБСУЖДЕНИЕ

На основании проведенного исследования многоуровневых структур комплексов с использованием подземного пространства в условиях реконструкции крупных и крупнейших городов выявлено, что активное развитие получил прием их размещения на «островных» участках, включающих городскую

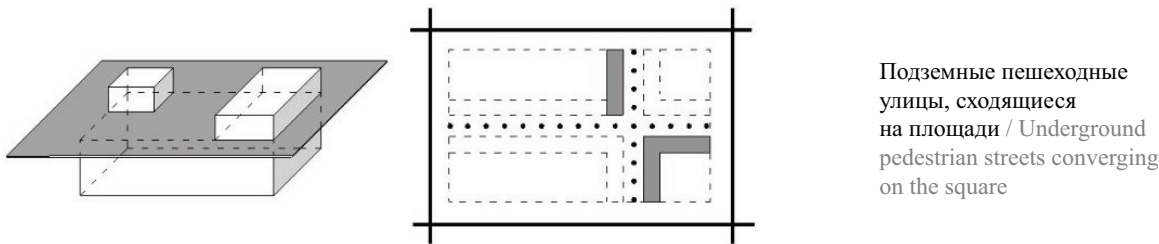


Рис. 5. Архитектурно-композиционный прием организации протяженных центров
Fig. 5. Architectural and compositional technique of organizing extended centres

площадь. Уточнен принцип формирования центров протяженного подземного объема с одноярусными объемами на надплатформенном уровне. Омниканальность поведения покупателей задала тенденцию к расширению зрелищной и культурно-развлекательной функции ОТК за счет использования надплатформенного яруса, а также сокращения торговой зоны комплексов. Учреждения быта стали неотъемлемой составляющей центров. Стала вновь востребованной блочно-секционная планировка ОТК. Наряду с этим в комплексах развитие получили полифункциональные «острова» рядовых магазинов, а также дублирующие внутренние вертикальные торговые пешеходные связи. Подземные уровни центров развиваются за счет размещения разгрузочно-складской

зоны на нижнем подземном ярусе, транспортные тоннели развиваются до сквозных решений. Совмещение периферийных пешеходных потоков наряду с ограничением внешних транспортных связей позволило снизить недостатки размещения ОТК в непосредственной близости от ж/д вокзалов. Активное внедрение в протяженных комплексах получила рациональная схема в виде подземных пешеходных улиц, сходящихся на площади. Ведущим направлением архитектурно-художественного развития внутреннего пространства центров является создание иммерсивной архитектурной среды на базе VR/AR-контента. Общественные городские пространства интегрируются в надплатформенные уровни ОТК с «зелеными» урболандшафтами.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Калиниченко Е.К., Курочкина В.А., Белова М.О. Качество городской среды и воздействие города на окружающую среду // *Геоэкология: теория и практика* : сб. науч. тр. по мат. Всерос. студ. конф. с междунар. участием. 2022. С. 411–419.
2. Левченко А.Н., Дмитриев А.Н., Корчак А.В., Картозия Б.А., Федунец Б.И. О перспективах разработки системы нормативных документов по освоению городского подземного пространства // *Метро и тоннели*. 2007. № 4. С. 4–6. EDN ULVUHP.
3. Demers C. Over & underground spaces & networks integrations a case study: The international district of Montreal // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 165. Pp. 726–729. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.770
4. Белова М.О., Калиниченко Е.К. Формирование комфортной городской среды в г. Москве: степень удовлетворенности горожан // *Дни студенческой науки* : сб. докл. Науч.-техн. конф. по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и коммуникаций в сфере строительства и недвижимости НИУ МГСУ. 2023. С. 581–584.
5. Михайлова Е.В. Влияние цифровизации экономики на социально-экономические аспекты развития общественно-торговых центров с многоуровневыми подземными структурам в крупных и крупнейших городах // *Инновации и инвестиции*. 2022. № 4. С. 120–124.
6. Chen Y., Chen Z., Guo D., Zhao Z., Lin T., Zhang C. Underground space use of urban built-up areas in the central city of Nanjing: Insight based on a dynamic population distribution // *Underground Space*. 2022. Vol. 7. Issue 5. Pp. 748–766. DOI: 10.1016/j.undsp.2021.12.006
7. Михайлова Е.В. Перспективы внедрения VR/AR-технологий в архитектурную среду общественно-торговых комплексов с подземными ярусами в крупных и крупнейших городах в условиях активного развития иммерсионных пространств // *Инновации и инвестиции*. 2022. № 7. С. 94–97.
8. Li H.-Q., Parriaux A., Thalmann P. The way to plan a sustainable “deep city”: The economic model and strategic framework // *Proceedings of the 13th World Conference of ACUUS: Advances in Underground Space Development*, ACUUS. 2012. DOI: 10.3850/978-981-07-3757-3RP-021-P074
9. Belyaev V. Underground development as part of the strategy for sustainable spatial development of the city of Moscow // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 165. Pp. 277–281. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.701
10. Labbé M. Architecture of underground spaces: From isolated innovations to connected urbanism // *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2016. Vol. 55. Pp. 153–175. DOI: 10.1016/j.tust.2016.01.004
11. Xia H., Lin C., Liu X., Liu Z. Urban underground space capacity demand forecasting based on sustainable concept : a review // *Energy and Buildings*. 2022. Vol. 255. P. 111656. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111656
12. Han G., Leng J. Urban underground space planning based on FPGA and virtual reality system // *Microprocessors and Microsystems*. 2021. Vol. 80. P. 103601. DOI: 10.1016/j.micpro.2020.103601
13. Курочкина В.А., Калиниченко Е.К., Белова М.О. Малые архитектурные формы в структуре открытых общественных пространств города // *Вестник евразийской науки*. 2021. Т. 13. № 5. С. 23. DOI: 10.15862/28NZVN521. EDN CZVMUM.
14. Kurochkina V.A., Klimov V.A., Belova M.O., Kalinichenko E.K. Role of small architectural structures in the organization of urban open public // *European Proceedings of Life Sciences*. 2022. DOI: 10.15405/epl.22011.34
15. Калиниченко Е.К., Курочкина В.А., Белова М.О. Основные принципы и критерии формирования городских общественных пространств: отече-

ственный и зарубежный опыт // геоэкология: теория и практика : сб. науч. тр. по мат. Всерос. студ. конф. с междунар. участием. 2021. С. 141–146.

16. Dong Y.-H., Peng F.-L., Qiao Y.-K., Zhang J.-B., Wu X.-L. Measuring the monetary value of environmental externalities derived from urban underground facilities: Towards a better understanding of sustainable underground spaces // *Energy and Buildings*. 2021. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111313

17. Zhang C., Zhao Z., Guo D., Gong D., Chen Y. Optimization of spatial layouts for deep underground infrastructure in central business districts based on a multi-agent system model // *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2023. Vol. 135. P. 105046. DOI: 10.1016/j.tust.2023.105046

18. Чумаченко С.Г. Совершенствование алгоритма стратегического планирования озеленения урболандшафта крупных городов // *Национальные интересы: приоритеты и безопасность*. 2011. Т. 7. № 100. С. 64–68. EDN NCSUGZ.

19. Михайлова Е.В. Архитектурная среда общественно-торговых комплексов с многоуровневыми подземными структурами : дис. ... канд. арх. М., 2012. 207 с. EDN OPVDSH.

20. Власенко Л.В., Белова М.О., Калиниченко Е.К. Формирование общественного пространства

как возможность эффективного развития личности // *Наука и образование: актуальные исследования и разработки* : мат. V Всерос. науч.-практ. конф. 2022. С. 129–133.

21. Wang X., Shen L., Shi S. Evaluation of underground space perception: A user-perspective investigation // *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2023. Vol. 131. P. 104822. DOI: 10.1016/j.tust.2022.104822

22. Dong L., He Y., Qi Q., Wang W. Optimization of daylight in atrium in underground commercial spaces: A case study in Chongqing, China // *Energy and Buildings*. 2022. Vol. 256. P. 111739. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111739

23. Yuan H., He Y., Wu Y. A comparative study on urban underground space planning system between China and Japan // *Sustainable Cities and Society*. 2019. Vol. 48. P. 101541. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101541

24. Белова М.О., Калиниченко Е.К. Организация рекреационных пространств в г. Москве (на примере национального парка «Лосиный остров») // *Дни студенческой науки* : сб. докл. науч.-техн. конф. по итогам научно-исследовательских работ студентов института экономики, управления и коммуникаций в сфере строительства и недвижимости НИУ МГСУ. 2022. С. 74–77. EDN MKHMPE.

Поступила в редакцию 15 июня 2023 г.

Принята в доработанном виде 17 июля 2023 г.

Одобрена для публикации 27 ноября 2023 г.

ОБ АВТОРАХ: Елена Владимировна Михайлова — кандидат архитектуры, доцент кафедры основ архитектуры и художественных коммуникаций; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; MikhaylovaEV@inbox.ru;

Екатерина Константиновна Калиниченко — студентка; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; Sokratma@mail.ru;

Маргарита Олеговна Белова — студентка; Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ); 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; m.4rgo@yandex.ru.

Вклад авторов:

Михайлова Е.В. — научное руководство, концепция исследования, написание исходного текста, итоговые выводы.

Калиниченко Е.К. — доработка текста, составление схем и рисунков, итоговые выводы.

Белова М.О. — доработка текста, подбор литературы, итоговые выводы.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

REFERENCES

1. Kalinichenko E.K., Kurochkina V.A., Belova M.O. The quality of the urban environment and the impact of the city on the environment. *Geoecology: theory and practice : a collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian student con-*

ference with international participation. 2022; 411-419. (rus.).

2. Levchenko A.N., Dmitriev A.N., Korchak A.V., Kartoziya B.A., Fedunets B.I. On the prospects for the development of a system of regulatory documents

for the development of urban underground space. *Metro and Tunnels*. 2007; 4:4-6. EDN ULVUHP. (rus.).

3. Demers C. Over & underground spaces & networks integrations a case study: the international district of Montreal. *Procedia Engineering*. 2016; 165:726-729. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.770

4. Belova M.O., Kalinichenko E.K. Formation of a comfortable urban environment in Moscow: the degree of satisfaction of citizens. *Student Science Days : a collection of reports of a scientific and technical conference on the results of research work of students of the Institute of Economics, Management and Communications in the field of construction and real estate of the National Research University MGSU*. 2023; 581-584. (rus.).

5. Mikhaylova E.V. The impact of digitalization of the economy on the socio-economic aspects of the development of public and shopping centers with multi-level underground structures in large and major cities. *Innovations and Investments*. 2022; 4:120-124. (rus.).

6. Chen Y., Chen Z., Guo D., Zhao Z., Lin T., Zhang C. Underground space use of urban built-up areas in the central city of Nanjing: Insight based on a dynamic population distribution. *Underground Space*. 2022; 7(5):748-766. DOI: 10.1016/j.undsp.2021.12.006

7. Mikhaylova E.V. Prospects for the introduction of VR/AR technologies in the architectural environment of public and shopping complexes with underground tiers in large and largest cities in the context of the active development of immersion spaces. *Innovations and Investments*. 2022; 7:94-97. (rus.).

8. Li H.-Q., Parriaux A., Thalmann P. The way to plan a sustainable “deep city”: The economic model and strategic framework. *Proceedings of the 13th World Conference of ACUUS: Advances in Underground Space Development, ACUUS*. 2012. DOI: 10.3850/978-981-07-3757-3RP-021-P074

9. Belyaev V. Underground development as part of the strategy for sustainable spatial development of the city of Moscow. *Procedia Engineering*. 2016; 165:277-281. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.11.701

10. Labbé M. Architecture of underground spaces: From isolated innovations to connected urbanism. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2016; 55:153-175. DOI: 10.1016/j.tust.2016.01.004

11. Xia H., Lin C., Liu X., Liu Z. Urban underground space capacity demand forecasting based on sustainable concept : a review. *Energy and Buildings*. 2022; 255:111656. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111656

12. Han G., Leng J. Urban underground space planning based on FPGA and virtual reality system. *Microprocessors and Microsystems*. 2021; 80:103601. DOI: 10.1016/j.micpro.2020.103601

13. Kurochkina V.A., Kalinichenko E.K., Belova M.O. Small architectural forms in open public spaces of the city. *The Eurasian Scientific Journal*. 2021; 13(5):23. DOI: 10.15862/28NZVN521. EDN CZVMUM. (rus.).

14. Kurochkina V.A., Klimov V.A., Belova M.O., Kalinichenko E.K. Role of small architectural structures in the organization of urban open public. *European Proceedings of Life Sciences*. 2022. DOI: 10.15405/epl.22011.34

15. Kalinichenko E.K., Kurochkina V.A., Belova M.O. Basic principles and criteria for the formation of urban public spaces: domestic and foreign experience. *Geocology: theory and practice : a collection of scientific papers based on the materials of the All-Russian student conference with international participation*. 2021; 141-146. (rus.).

16. Dong Y.-H., Peng F.-L., Qiao Y.-K., Zhang J.-B., Wu X.-L. Measuring the monetary value of environmental externalities derived from urban underground facilities: Towards a better understanding of sustainable underground spaces. *Energy and Buildings*. 2021. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111313

17. Zhang C., Zhao Z., Guo D., Gong D., Chen Y. Optimization of spatial layouts for deep underground infrastructure in central business districts based on a multi-agent system model. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2023; 135:105046. DOI: 10.1016/j.tust.2023.105046

18. Chumachenko S.G. Improving the algorithm for strategic planning of urban landscape gardening in large cities. *National Interests: Priorities and Security*. 2011; 7(100):64-68. EDN NCSUGZ. (rus.).

19. Mikhaylova E.V. *The architectural environment of public and shopping complexes with multi-level underground structures*. Moscow, 2012; 207. EDN OPVDSH. (rus.).

20. Vlasenko L.V., Belova M.O., Kalinichenko E.K. Formation of public space as an opportunity for effective personal development. *Science and education: current research and development : materials of the V All-Russian scientific and practical conference*. 2022; 129-133. (rus.).

21. Wang X., Shen L., Shi S. Evaluation of underground space perception: A user-perspective investigation. *Tunnelling and Underground Space Technology*. 2023; 131:104822. DOI: 10.1016/j.tust.2022.104822

22. Dong L., He Y., Qi Q., Wang W. Optimization of daylight in atrium in underground commercial spaces: A case study in Chongqing, China. *Energy and Buildings*. 2022; 256:111739. DOI: 10.1016/j.enbuild.2021.111739

23. Yuan H., He Y., Wu Y. A comparative study on urban underground space planning system between China and Japan. *Sustainable Cities and Society*. 2019; 48:101541. DOI: 10.1016/j.scs.2019.101541

24. Belova M.O., Kalinichenko E.K. Organization of recreational spaces in Moscow (using the example of the national park “Losiny Ostrov”). *Student Science Days : a collection of reports of a scientific and technical conference on the results of research work of students of the Institute of Economics, Management and Communications in the field of construction and real estate of the National Research University MGSU*. 2022; 74-77. EDN MKHMPE. (rus.).

Received June 15, 2023.

Adopted in revised form on July 17, 2023.

Approved for publication on November 27, 2023.

B I O N O T E S: **Elena V. Mikhaylova** — Candidate of Architecture, Associate Professor of the Department of Fundamentals of Architecture and Artistic Communications; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; MikhaylovaEV@inbox.ru;

Ekaterina K. Kalinichenko — student; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; Sokratma@mail.ru;

Margarita O. Belova — student; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoe shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; m.4rgo@yandex.ru.

Contribution of the authors:

Elena V. Mikhaylova — scientific guidance, research concept, writing the original text, final conclusions.

Ekaterina K. Kalinichenko — revision of the text, drawing up diagrams and drawings, final conclusions.

Margarita O. Belova — revision of the text, selection of literature, final conclusions.

The authors declare no conflict of interest.