

Градостроительство, планировка сельских населенных пунктов

Urban and rural settlement planning

Научная статья

УДК 711.5

DOI: 10.14529/build250401

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПОДЗЕМНОЙ УРБАНИСТИКИ

О.В. Финаева[✉], Е.А. Алогова

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

[✉] finaevaov@susu.ru

Аннотация. В статье рассмотрены ключевые направления и инновации в подземной архитектуре, проанализированы современные тенденции в развитии подземных пространств, такие как глобальный контекст, инновационность проектов, экологическая устойчивость, безопасность и комфорт. Рассмотрены преимущества подземной урбанизации: оптимальное использование наземного пространства, сохранение экологического баланса, снижение нагрузки на технологические системы зданий, в первую очередь отопление, возможность минимизации углеродного следа за счёт энергоэффективных решений. Выявлены недостатки и проблемы, связанные с освоением подземного пространства: высокая стоимость внедрения экологичных технологий и возможное нарушение гидрологических процессов в местах строительства. Обращается внимание на необходимость учёта локальных особенностей при проектировании экологичных решений, использования местных материалов, экологически чистых и перерабатываемых материалов с низким углеродным следом, что способствует снижению воздействия на окружающую среду. Приведены примеры проектов в различных направлениях архитектуры: транспортно-пешеходные и технические коммуникации, жилые, общественные и коммерческие проекты, крупные multifunctional пространства как реализованные, так и только разрабатываемые. Подведены итоги, которые позволяют сделать вывод о том, что подземная урбанистика – востребованное и успешно развивающееся направление в современной архитектуре.

Ключевые слова: подземная урбанистика, подземная архитектура, экологическое проектирование, городское пространство, комплексное проектирование

Для цитирования. Финаева О.В., Алогова Е.А. Современные тенденции подземной урбанистики // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2025. Т. 25, № 4. С. 5–13. DOI: 10.14529/build250401

Original article

DOI: 10.14529/build250401

CONTEMPORARY TRENDS IN UNDERGROUND URBANISM

O.V. Finaeva[✉], E.A. Alogova

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

[✉] finaevaov@susu.ru

Abstract. The article considers key trends and innovations in underground architecture, analyzes modern trends in underground spaces development, such as the global context, innovative projects, environmental sustainability, safety and comfort. The advantages of underground urbanization are considered: optimal use of above-ground space, maintaining the ecological balance, reducing the load on technological systems of buildings, primarily heating, the possibility of minimizing the carbon footprint due to energy-efficient solutions. The disadvantages and problems associated with the development of underground space are identified: the high cost of implementing environmentally friendly technologies and possible disruption of hydrological processes at construction sites. The article states the necessity of considering local characteristics in environmentally friendly designing solutions, the use of local materials, environmentally friendly and recyclable materials with a low carbon footprint, which helps to reduce the impact on the environment. Examples of projects in various areas of architecture are given: transport, pedestrian and technical communications, residential, public and commercial projects, large multifunctional spaces, both implemented and under development. The results allow us to conclude that underground urbanism is a popular and successfully developing modern architectural trend.

Keywords: underground urbanism, underground architecture, ecological design, urban space, integrated design

For citation. Finaeva O.V., Alogova E.A. Contemporary trends in underground urbanism. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2025;25(4):5–13. (in Russ.). DOI: 10.14529/build250401

Введение

Подземная урбанистика, также известная как подземный урбанизм или подземная урбанизация (underground urbanistics), представляет собой область архитектуры и градостроительства, связанную с комплексным использованием подземного пространства городов и других населённых пунктов. Эта область архитектуры должна соответствовать не только нормативным требованиям, но и удовлетворять социальным потребностям общества, а также отвечать условиям технико-экономической целесообразности.

Использование подземного пространства для утилитарных целей является традиционной практикой градостроительства [1–3]. И хотя в современном мире объёмы использования подземного пространства намного меньше, чем в наземных сооружениях, история их развития насчитывает не одно столетие [4, 5].

Современные города сталкиваются с такими вызовами, как рост населения, нехватка территорий для строительства, ухудшение экологической обстановки и увеличение нагрузки на транспортную инфраструктуру.

Подземная архитектура предлагает решения для оптимального использования пространства, сохраняя при этом экологический баланс. Благодаря размещению объектов под землёй освобождаются наземные участки, что способствует созданию парков, рекреационных зон и зелёных территорий.

Примеры подземной архитектуры можно найти в крупнейших городах мира. Например, Монреаль и Торонто демонстрируют успешное использование подземных пространств для общественных объектов и транспортных узлов [6, 7]. В России проекты, такие как «Охотный ряд» и музей в парке «Зарядье», иллюстрируют функциональность подземных пространств в городской среде [8–10]. Цель данной статьи – изучить современные тенденции подземной архитектуры, выявить основные проблемы и направления её развития.

Научные исследования по данной теме отражают преимущества и недостатки использования подземного городского пространства [6, 11, 12], принципы проектирования и перспективы развития подземной урбанистики [10, 13]. Также предоставляется обзор инновационных экологических технологий, таких как системы световодов, и их влияние на устойчивость подземной архитектуры и необходимость интеграции природосберегающих технологий в проектирование, а также анализ успешного внедрения энергоэффективных решений в реальных проектах, таких как музей в парке «Зарядье» [9].

Материалы и методы

Подземная архитектура, долгое время оставшаяся в тени более традиционных наземных сооружений, в последние годы привлекает все большее внимание архитекторов, урбанистов и экологов. В условиях глобальной урбанизации, нехватки свободных территорий и необходимости сохранения экологического баланса подземная архитектура приобретает всё большую значимость. Современные тенденции в этой области отражают стремление к устойчивому развитию, эффективному использованию пространства и созданию комфортных условий для жизни и работы. Сравнительный анализ теоретических исследований и проектных предложений позволяет сделать вывод, что основные тенденции подземной архитектуры – это глобальный контекст; экологическая устойчивость, безопасность и комфорт; инновационность проектов. Наиболее широко подземное пространство используется при создании транспортных и технологических коммуникаций, складских и технологических зон [14], однако в последнее время круг вопросов, решаемых в подземном пространстве, существенно расширился [15, 16]. Подземная архитектура решает широкий спектр задач, включая транспортные, культурные и коммерческие [17–20].

Примером служит сеть RESO в Монреале, охватывающая более 32 км и соединяющая коммерческие и офисные зоны. Это особенно полезно в условиях сурового климата. Сеть RESO – ключевой пример успешной интеграции подземных пространств в северных климатических условиях, играющая значимую роль в улучшении городского опыта. В Торонто функционирует сеть PATH длиной более 30 км, представляющая собой один из самых больших пешеходных подземных комплексов в мире, что делает его важным для анализа масштабных решений, включая пешеходные маршруты, магазины и транспортные узлы. Подземные проекты в Москве показывают, как подземные пространства можно использовать для сохранения исторического облика города и повышения его функциональности [7, 21, 22]. В Саппоро подземная улица, соединяющая главный транспортный узел Sapporo Station с развлекательным районом Susukino, является значимым элементом городской инфраструктуры [23]. Проект по созданию музея архитектуры и урбанизма в городе Сеуле направлен на использование пространства нефункционирующей подземной парковки между парадной частью святилища Чонмё и площадью Севун в качестве площадки для музея, где горожане как субъекты культуры смогут знакомиться с городски-

ми изменениями, участвовать в них и «общаться» с ними [24].

Среди плюсов подземной урбанистики можно отметить уменьшение нагрузки на наземные экосистемы и возможность минимизации углеродного следа за счёт энергоэффективных решений. Однако существуют и минусы, такие как высокие затраты на внедрение экологически чистых технологий, возможное нарушение гидрологических процессов в местах строительства [15] и трудности в обеспечении долгосрочной устойчивости таких решений.

Результаты и обсуждение

Одной из главных тенденций в подземной архитектуре является акцент на устойчивое развитие и экологичность. Подземная архитектура предлагает экологически чистые решения, включая системы энергоэффективного освещения и вентиляции [10, 15, 25]. Например, фиброоптические системы доставляют естественный свет в подземные пространства, что уменьшает энергозатраты и улучшает комфорт.

Экологические риски, связанные с подземной архитектурой, включают потенциальные нарушения гидрологического баланса, особенно при строительстве в зонах с высоким уровнем грунтовых вод. Такие изменения могут существенно повлиять на экосистему региона, приводя к осушению или затоплению близлежащих территорий. Подземные сооружения, проектируемые без учёта природных особенностей региона, могут необратимо повлиять на качество почвы и воды. Для минимизации экологических рисков необходимо обязательное проведение комплексных экологических экспертиз, а также использование технологий, снижающих воздействие подземного строительства на природную среду.

Современные подземные сооружения часто проектируются с использованием энергоэффективных технологий, таких как геотермальное

отопление и охлаждение, солнечные панели и системы рекуперации тепла. Например, проект Lowline в Нью-Йорке предусматривает использование солнечной энергии для освещения подземного парка, созданного в заброшенном туннеле (рис. 1) [24, 26].

Использование экологически чистых и перерабатываемых материалов также становится все более популярным. Архитекторы все чаще выбирают местные материалы и материалы с низким углеродным следом, что способствует снижению воздействия на окружающую среду. Примером может служить проект Earthship в Нью-Мексико, где используются переработанные материалы для строительства автономных домов (рис. 2) [27].

Интеграция подземных сооружений в природную среду является еще одной важной тенденцией. Зеленые крыши и ландшафтный дизайн играют ключевую роль в этом процессе. Зеленые крыши не только улучшают эстетику, но и способствуют улучшению экологической обстановки, уменьшению теплового острова и созданию дополнительных зон отдыха.

Примерами могут служить Malator House, Уэльс – частично заглубленный в грунт дом, продольная сторона которого обращена к заливу и имеет панорамное остекление, жилой дом Гари Невилла, Болтон, Великобритания, архитектурное бюро Make Architect с шестью внутренними дворами в форме лепестков, Holiday Villa в Вальсе, Швейцария, с входной группой в виде заглубленного скошенного цилиндра, которая обеспечивает освещение верхних этажей и создает уютную террасу перед входом [25, 28].

Архитекторы стремятся минимизировать визуальное воздействие подземных сооружений на окружающий ландшафт, создавая гармоничные пространства. В проекте Under в Норвегии подводный ресторан органично вписывается в природный ландшафт и предлагает уникальный опыт погружения в подводный мир (рис. 3) [29].



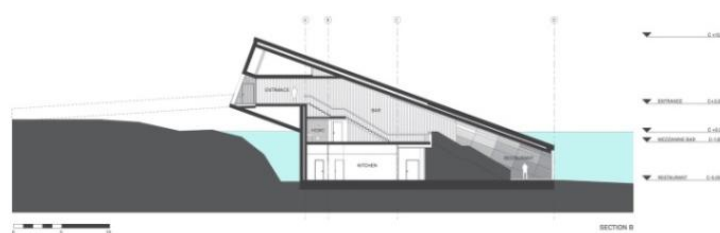
Рис. 1. Подземный парк Lowline, Нью-Йорк, США



Рис. 2. Проект Earthship в Нью-Мехико



а)



б)

Рис. 3. Подводный ресторан Under, Норвегия: а – общий вид; б – разрез

Технологические инновации играют важную роль в развитии подземной архитектуры. Внедрение умных систем управления освещением, вентиляцией и климат-контролем позволяет оптимизировать использование ресурсов и повысить комфорт для пользователей. Виртуальная и дополненная реальности используются для проектирования и визуализации подземных пространств, что позволяет более точно планировать и реализовывать сложные проекты, такие как проект The Line в Саудовской Аравии: умный линейный город, который включает подземные уровни с инфраструктурой и транспортными системами, управляемыми с помощью искусственного интеллекта (рис. 4) [30].

Современные подземные сооружения часто проектируются как многофункциональные пространства, которые могут использоваться для различных целей. Это включает в себя жилье, офисы, торговые центры, культурные и развлекательные объекты.

Включение в проекты подземных парковок, транспортных узлов и систем общественного транспорта способствует улучшению городской мобильности и снижению нагрузки на наземную инфраструктуру. Проект Crossrail в Лондоне демонстрирует, как подземные транспортные системы могут значительно улучшить транспортную доступность и связанность города (рис. 5) [31].



Рис. 4. Проект The Line в Саудовской Аравии

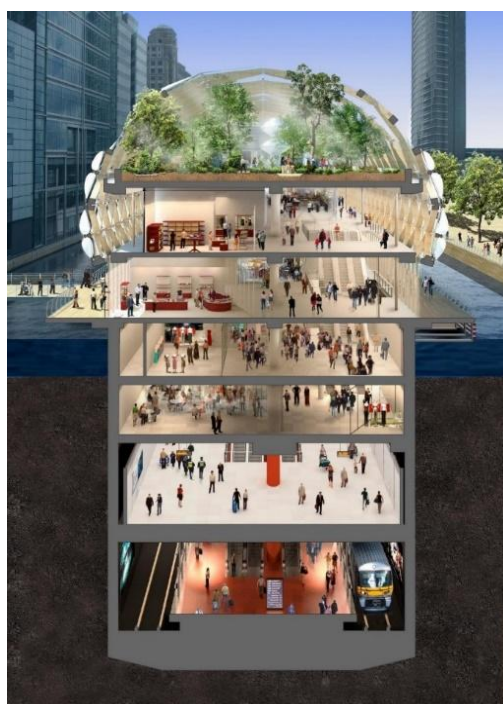


Рис. 5. Проект Crossrail в Лондоне

Новое направление в архитектуре представляют подземные небоскрёбы [1]. Проект в Мехико предполагает создание 65-этажного подземного здания, где будут размещены офисы, жилые помещения и выставочные залы [12]. Это решение позволяет сохранить исторический облик площади Эль Соколо. Проект в Мехико – это пример уникального подхода к градостроительству, ориентированного на сохранение культурного наследия и решение проблем пространственного дефицита.

Основные проблемы включают огромные инвестиции и сложность реализации, а также необходимость проведения глубоких геологических исследований. Среди плюсов можно отметить сохранение исторического и культурного облика городов и оптимизацию использования пространства в центральных районах.

Исходя из исследований, мы считаем, что подземные небоскрёбы – перспективная концепция, которая может изменить подход к градостроительству. Однако для их успешной реализации требуется объединение усилий архитекторов, инженеров и инвесторов. При этом важна адаптация таких проектов к уникальным условиям конкретных мегаполисов.

Безопасность и комфорт являются приоритетами в проектировании современных подземных сооружений. Современные подземные сооружения оснащаются передовыми системами безопасности, включая пожарную безопасность, системы контроля доступа и видеонаблюдения. Особое внимание уделяется созданию комфортных условий для пребывания, включая качественное освещение, вентиляцию и акустическое оформление. Например, проект Jewel

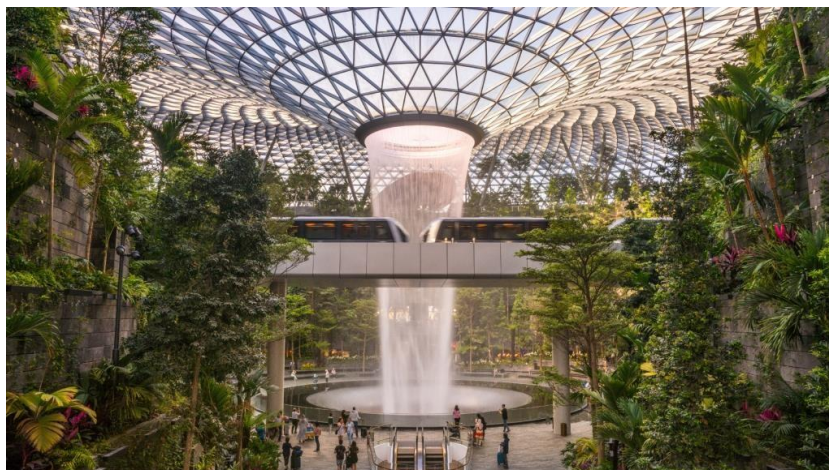


Рис. 6. Проект Jewel Changi Airport в Сингапуре

Changi Airport в Сингапуре включает подземные уровни с комфортными зонами ожидания и передовыми системами безопасности (рис. 6) [17].

Эстетика и дизайн играют важную роль в современной подземной архитектуре. Использование современных материалов и технологий позволяет создавать подземные пространства, которые не уступают по эстетике и функциональности наземным зданиям. Архитекторы все чаще применяют индивидуальный подход к проектированию подземных сооружений, учитывая специфические потребности и особенности каждого проекта.

Выводы

Современные тенденции в подземной архитектуре отражают стремление к созданию пространств, которые не только функциональны и безопасны, но и эстетически привлекательны, экологичны и комфортны для пользователей. Эти направления открывают новые возможности для архитекторов и урбанистов, стремящихся создать устойчивые и гармоничные городские пространства.

Подземная архитектура демонстрирует высокий потенциал для решения проблем урбанизации, включая нехватку территорий и ухудшение экологии.

Её развитие требует комплексного подхода, включающего внедрение инноваций, финансовую поддержку и учёт экологических факторов. Основные проблемы включают высокую стоимость строительства, требующую значительных инвестиций, и сложности интеграции с уже существующей городской инфраструктурой.

Среди плюсов можно отметить улучшение комфорта городской среды за счёт разгрузки наземной инфраструктуры и создание функциональных и климатически адаптированных пространств. Правильно спроектированная подземная инфраструктура способна улучшить городской опыт. Однако для успешной реализации подобных решений необходимы тщательное планирование и финансовая поддержка. Интеграция экологически устойчивых технологий является ключом к долгосрочному успеху подземной архитектуры.

Важно отметить, что успешная реализация подземных проектов требует междисциплинарного подхода, объединяющего знания экологов, геологов, инженеров и архитекторов. Только таким образом можно обеспечить устойчивое развитие и сохранение экосистем в регионах, где планируется строительство подземных сооружений.

Список литературы

1. Подземные небоскребы. 2019. [Электронный ресурс]. URL: https://vk.com/@build_ardz-podzemnye-neboskreby (дата обращения 17.06.2025).
2. Ризабеков Е.Р., Турекулова А.И., Самойлов К.И. Подземные пространства в городах древности и средневековья // Наука и образование сегодня. 2023. № 1 (75). С. 58–61.
3. Задвенюк Л.В. Подземный дом. Взгляд из будущего в прошлое. На примере традиционного жилища Китая Яодун // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2015. Т. 1. С. 101–108.
4. Борисов С.Г., Рагулина А.В. К вопросу об исследовании подземной архитектуры христианства // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2021. № 11. С. 69–77.
5. Шолтышев В.Н. Преимущества и недостатки подземного расположения общественных объектов // Инженерный вестник Дона. 2024. № 1 (109). С. 465–479.

6. Денисова Ю.В., Коренькова Н.В. К вопросу необходимости освоения подземного пространства городов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2016. № 11. С. 99–103.
7. Аношкин В.С. Современные аспекты подземной урбанистики // Интеллектуальный потенциал XXI века: ступени познания. 2015. № 30. С. 6–11.
8. Абрамцева Е.А., Копьёва А.В., Масловская О.В. Анализ опыта формирования общественных центров с использованием подземных и полуподземных пространств // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2022. Т. 2. С. 6–12.
9. Миронова И.А., Текина В.И. Подземная урбанистика как аспект формирования архитектурно-градостроительного пространства в исторических мегаполисах и крупнейших городах // Жилищное хозяйство и коммунальная инфраструктура. 2024. № 1 (28). С. 66–77.
10. Организационно-технологические проблемы и перспективы развития подземного строительства / Л.В. Гиря, Р.И. Добровольский, К.О. Бобкина и др. // Инженерный вестник Дона. 2021. № 3 (75). С. 303–310.
11. Шильдт Л.А., Кирайдт Е.П. Интенсивное развитие и факторы городской подземной инфраструктуры // Экономика и современный менеджмент: теория и практика. 2014. № 33. С. 210–215.
12. Шолтышев В.Н. Архитектурно-планировочные принципы проектирования объектов подземной архитектуры // Инженерный вестник Дона. 2024. № 1 (109). С. 433–441.
13. Шолтышев В.Н. Актуальность подземной архитектуры в крупных и крупнейших городах России // Молодой исследователь Дона. 2021. № 2 (29). С. 68–70.
14. Храбатина Н.В., Пусный Л.А., Дубино А.М. Освоение подземного пространства мегаполисов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2018. № 1. С. 61–65.
15. Ризабекова И.Р., Турекулова А.И., Самойлов К.И. Подземные пространства в городах эпохи нового времени // Наука и образование сегодня. 2023. № 1 (75). С. 53–58.
16. Ромашкин И.С., Сидоров А.Д., Урунов Т.Ш. Развитие подземного пространства объектов культурного наследия, приспособляемых для современного использования // Молодой ученый. 2017. № 6 (140). С. 72–75.
17. Crossrail. 2008. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.crossrail.co.uk/> (дата обращения 20.05.2025).
18. Carlsbad Caverns National Park. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.nps.gov/cave/index.htm> (дата обращения 12.02.2025).
19. Jewel Changi Airport. 2019. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.jewelchangiairport.com/> (дата обращения 12.02.2025).
20. Olimpova A.D., Glushenkova O.A., Trofimova N.A. Underground urbanism development in the 20th Century: Russian and foreign experience // В сборнике: Избранные доклады 70-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Материалы конференции. Томск, 2024. С. 746–750.
21. Dikal'chuk I.S., Remarchuk S.M., Gavrilin P.O. The uniqueness of Toronto's underground urbanism in comparison with Moscow // В сборнике: Избранные доклады 70-й Юбилейной университетской научно-технической конференции студентов и молодых ученых. Материалы конференции. Томск, 2024. С. 684–687.
22. Глозман О.С. Международная дискуссия на тему подземной урбанистики // Международный научно-исследовательский журнал. 2016. № 12-3 (54). С. 64–66.
23. Щепкин К.А., Сетогучи Т., Грин И.Ю. Формирование подземного общественного пространства в крупных городах на примере Саппоро, Япония // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2020. Т. 2. С. 409–418.
24. Yoo H.S. A Proposal for a museum of architecture and urbanism by utilising the unused underground space in the city-focused on planning the unused underground parking area between Jongmyo and Sewoon building from the view point of urban hacking // Новые идеи нового века: материалы международной научной конференции ФАД ТОГУ. 2019. Т. 2. С. 295–301.
25. Банникова А.О., Калинкина Н.А. Пассивное использование геотермальной энергии в индивидуальных жилых домах // Градостроительство и архитектура. 2017. Т. 7, № 3 (28). С. 102–105.
26. The Lowline. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.thelowline.org/> (дата обращения 12.02.2025).
27. Шульгин П.Н. История освоения подземного пространства // Вестник науки и образования Северо-Запада России. 2018. Т. 4. № 1. С. 51–60.
28. Колова А.В. Подземное строительство как вектор развития направления «зелёной» архитектуры // В сборнике: СТУДЕНТ ГОДА 2019. Сборник статей Международного научно-исследовательского конкурса. Петрозаводск. 2019. С. 265–275.

29. Under [Электронный ресурс]. URL: <https://www.under.no/> (дата обращения 12.02.2025).
30. The Line. 2021 [Электронный ресурс]. URL: <https://www.neom.com/en-us/regions/theline/> (дата обращения: 12.02.2025).
31. Earthship Bioteecture. 1990. [Электронный ресурс]. URL: <https://www.earthship.com/> (дата обращения: 12.02.2025).

References

1. Underground Skyscrapers [Podzemnyye neboskreby]. 2019. [Electronic resource]. (in Russ.) Available at: https://vk.com/@build_ardz-podzemnye-neboskreby (accessed 17 June 2025).
2. Rizabekov Ye.R. [Underground spaces in ancient and medieval cities]. *Nauka i obrazovaniye segodnya* [Science and Education Today], 2023, no. 1 (75), pp. 58–61. (in Russ.)
3. Zadvenyuk L.V. [Underground house. A look from the future into the past. On the example of traditional Chinese dwelling of Yaodong]. *Novyye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU* [New Ideas of the New Century: Proceedings of the International Scientific Conference of the FAD PNU]. Khabarovsk, 2015, vol. 1, pp. 101–108. (in Russ.)
4. Borisov S.G. [On the study of the underground architecture of christianity]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov], 2021, no. 11, pp. 69–77. (in Russ.)
5. Sholtyshev V.N. [Advantages and disadvantages of underground location of public facilities]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2024, no. 1 (109), pp. 465–479. (in Russ.)
6. Denisova Yu.V. [On the need to develop the underground space of cities]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov], 2016, no. 11, pp. 99–103. (in Russ.)
7. Anoshkin V.S. [Modern aspects of underground urbanism]. *Intellektual'nyy potentsial XXI veka: stupeni poznaniya* [Intellectual potential of the 21st century: stages of knowledge], 2015, no. 30, pp. 6–11. (in Russ.)
8. Abramtseva, Ye.A. [Analysis of the experience of forming public centers using underground and semi-underground spaces]. *Novyye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU* [New Ideas of the New Century: Proceedings of the International Scientific Conference of the FAD PNU]. Khabarovsk, 2022, vol. 2, pp. 6–12. (in Russ.)
9. Mironova I.A. [Underground urbanism as an aspect of forming architectural and urban planning space in historical megalopolises and largest cities]. *Zhilishchnoye khozyaystvo i kommunal'naya infrastruktura* [Housing and Communal Infrastructure], 2024, no. 1 (28), pp. 66–77. (in Russ.)
10. Giryа L.V. [Organizational and Technological Problems and Prospects for the Development of Underground Construction]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2021, no. 3 (75), pp. 303–310. (in Russ.)
11. Shil'dt L.A. [Intensive Development and Factors of Urban Underground Infrastructure]. *Ekonomika i sovremennyy menedzhment: teoriya i praktika* [Economics and Modern Management: Theory and Practice], 2014, no. 33, pp. 210–215. (in Russ.)
12. Sholtyshev V.N. [Architectural and planning principles for designing underground architecture objects]. *Inzhenernyy vestnik Dona* [Engineering Journal of Don], 2024, no.1 (109), pp. 433–441. (in Russ.)
13. Sholtyshev V.N. [Relevance of underground architecture in large and largest cities of Russia]. *Molodoy isledovatel' Dona* [Young researcher of the Don], 2021, no. 29, pp. 68–70. (in Russ.)
14. Khrabatina N.V. [Development of underground space of megacities]. *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova* [Bulletin of the Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov], 2018, no. 1, pp. 61–65. (in Russ.)
15. Rizabekova I.R. [Underground spaces in cities of the new era]. *Nauka i obrazovaniye segodnya* [Science and Education Today], 2023, no. 1 (75), pp. 53–58. (in Russ.)
16. Romashkin I.S. [Development of underground space of cultural heritage sites adapted for modern use]. *Molodoy uchenyy* [Young Scientist], 2017, no. 6 (140), pp. 72–75. (in Russ.)
17. Crossrail. 2008. [Electronic resource]. Available at: <https://www.crossrail.co.uk/> (accessed 20 May 2025).
18. Carlsbad Caverns National Park. [Electronic resource]. Available at: <https://www.nps.gov/cave/index.htm> (accessed 12 February 2025).
19. Jewel Changi Airport. 2019. [Electronic resource]. Available at: <https://www.jewelchangiairport.com/> (accessed 12 February 2025).
20. Olimpova A.D. [Underground urbanism development in the 20th century: Russian and foreign experience]. In: *Izbrannyye doklady 70-y Yubileynoy universitetskoй nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh. Materialy konferentsii* [Collection of works: Selected reports of the 70th anniversary university scientific and technical conference of students and young scientists. Conference Proceedings]. Tomsk, 2024, pp. 746–75. (in Russ.)

21. Dikal'chuk I.S. [The uniqueness of toronto's underground urbanism in comparison with Moscow]. In: *Izbrannyye doklady 70-y Yubileynoy universitetskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii studentov i molodykh uchenykh. Materialy konferentsii* [Collection of works: Selected reports of the 70th anniversary university scientific and technical conference of students and young scientists. Conference Proceedings]. Tomsk, 2024, pp. 684–687. (in Russ.)
22. Glozman O.S. [International discussion on the topic of underground urbanism]. *Mezhdunarodnyy nauchno-issledovatel'skiy zhurnal* [International Scientific Research Journal], 2016, no. 12-3 (54), pp. 64–66. (in Russ.)
23. Shchepkin K.A. [Formation of underground public space in large cities on the example of Sapporo, Japan]. *Novyye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU* [New Ideas of the New Century: Proceedings of the International Scientific Conference of the FAD PNU]. Khabarovsk, 2020, vol. 2, pp. 409–418 (in Russ.)
24. Yoo H.S. [A Proposal for a museum of architecture and urbanism by utilising the unused underground space in the city-focused on planning the unused underground parking area between Jongmyo and Sewoon building from the view point of urban hacking]. *Novyye idei novogo veka: materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii FAD TOGU* [New Ideas of the New Century: Proceedings of the International Scientific Conference of the FAD PNU]. Khabarovsk, 2019, vol. 2, pp. 295–301.
25. Bannikova A.O. [Passive use of geothermal energy in individual residential buildings]. *Gradostroitel'stvo i arkhitektura* [Urban Development and Architecture], 2017, vol. 7, no. 3 (28), pp. 102–105. (in Russ.)
26. The Lowline. [Electronic resource]. Available at: <https://www.thelowline.org/> (accessed 12 February 2025).
27. Shul'gin P.N. [History of underground space development]. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii* [Bulletin of science and education of the North-West of Russia], 2018, vol. 4, no. 1, pp. 51–60. (in Russ.)
28. Kolova A.V. [Underground construction as a vector of development of the “green” architecture direction]. In: *STUDENT GODA 2019. Sbornik statey Mezhdunarodnogo nauchno-issledovatel'skogo konkursa* [Collection of works: STUDENT OF THE YEAR 2019. Collection of articles of the International Research Competition]. Petrozavodsk, 2019, pp. 265–275. (in Russ.)
29. Under. [Electronic resource]. Available at: <https://www.under.no/> (accessed 12 February 2025).
30. The Line. 2021 [Electronic resource]. Available at: <https://www.neom.com/en-us/regions/theline/> (accessed 12 February 2025).
31. Earthship Biotecture. 1990 [Electronic resource]. Available at: <https://www.earthship.com/> (accessed 12 February 2025).

Информация об авторах:

Финаева Ольга Владимировна, член Союза архитекторов России, доцент кафедры архитектуры, Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; finaevaov@susu.ru

Алогова Евгения Александровна, бакалавр по направлению подготовки «Дизайн архитектурной среды», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; alogovaevgeniya@mail.ru

Information about the authors:

Olga V. Finaeva, member of the Union of Architects of Russia, associate professor of the Department of Architecture, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; finaevaov@susu.ru

Evgeniya A. Alogova, Bachelor's degree in Design of Architectural Environment, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; alogovaevgeniya@mail.ru

Статья поступила в редакцию 10.07.2025, принята к публикации 01.08.2025.

The article was submitted 10.07.2025, approved after reviewing 01.08.2025.