

УДК 711.417:005.936.2(574)

<https://doi.org/10.51488/1680-080X/2020.4-08>

**Н.Ж. Козбагарова¹, К.Т. Ибрагимова², Ж.А. Айтлеу³,
М.А. Срайл⁴, Ш.А. Сулайманова⁵**

^{1,3,4,5}Международная образовательная корпорация (КазГАСА),

²НИИ Алматыгенплан, г. Алматы, Республика Казахстан

МИРОВОЙ ОПЫТ ОСВОЕНИЯ ГОРОДСКИХ ПОДЗЕМНЫХ ОБЩЕСТВЕННЫХ ПРОСТРАНСТВ

Аннотация. В данной статье раскрываются основные проблемы крупных городов: социальные, транспортные, экологические. Обобщается новейший зарубежный опыт освоения подземного общественного пространства крупных городов от локальных архитектурных объектов до генеральных планов подземных пространств. На примерах мирового опыта отдельно рассматривается сфера ландшафтного дизайна и агроландшафта в подземной урбанистике.

Ключевые слова: подземная урбанистика, подземный город, транспортно-пересадочные узлы, флорариумы, жизнедеятельность растений, продуктивный ландшафт.

Подземная урбанистика является актуальным направлением в мировой и отечественной проектной и исследовательской сферах. Основная цель исследований – пути решения современных проблем крупных городов посредством освоения подземного пространства.

Неуклонный рост численности населения мегаполисов ставит проблему территориального дефицита в развитии городов, что неизбежно приводит к повышению плотности застройки. В данном направлении с большим историческим периодом развивается высотное строительство [1].

Повышение уровня автомобилизации, которое приводит к нарушению безопасности и качества городской среды, также является еще одной сложной проблемой. Это усугубляется и нарастанием экологических проблем – загрязнением атмосферы и водных ресурсов городской среды.

Социальные проблемы городов связаны, во-первых, с устойчивой отрицательной тенденцией сокращения открытых общественных пространств и озелененных территорий, в связи с необходимостью увеличения парковочных мест для автотранспорта. Во-вторых, с доступностью объектов социально-культурного назначения. В-третьих, актуальными являются проблемы интенсификации использования общественных пространств центров городов, повышения их функциональной плотности и сохранения исторически сложившейся городской среды. В решении этой проблемы традиционные приемы наземного развития связаны с системой ограничений. Одним из путей решения перечисленных проблем крупных городов является освоение подземного пространства города.

Независимо от того, как по вертикали развиваются отдельные городские объекты (высотная застройка с активным освоением плюсовых отметок –

объекты преимущественно горизонтального освоения по поверхности земли – подземное развитие пространства), требования к их комфортности едины при всех видах освоения. Каждый объект должен быть безопасен, функционально оправдан и эстетичен. На иерархическом уровне города основными параметрами в архитектурно-градостроительном проектировании также являются критерии качества формируемой городской среды.

Проведенный авторами статьи анализ развития подземной урбанистики базировался на новейшем зарубежном опыте. Наибольшего развития освоение подземных пространств с общественными функциями получило в Канаде, скандинавских странах, США и Франции. Например, с 2014 г. в историческом районе Нью-Йорка функционирует архитектурная достопримечательность – транспортно-пересадочный узел (ТПУ) Фултон-центр, ожививший обстановку в Нижнем Манхэттене и объединивший 12 линий метрополитена. Проект Фултон-центра разработан Николасом Гримшоу в сотрудничестве с компанией Arup. Проектирование данного объекта потребовало учета контекста места через реконструкцию исторического восьмиэтажного особняка Корбина. Еще одной важной задачей являлось устройство 105-метрового подземного перехода под Дей-стрит, который соединил Бродвей на востоке с Черч-стрит на западе и с вокзалом пригородной электрички. Уникальным элементом Фултон-центра явился купол над атриумом, 952 алюминиевые панели которого отражают около 95% падающего света и снабжают дневным светом два нижних этажа. В купол поднимается горячий воздух от поездов метро, тем самым снижая потребность в кондиционировании (рис. 1) [2].

Новейшие зарубежные проектные разработки ТПУ (бюро Mecapoo) распространяются и в Азию. Например, в г. Гаосюн, Тайвань (срок реализации 2024 г.) при реконструкции крупного транспортного узла на площади в 8,5 га продолжается общемировая тенденция активного заглубления железнодорожных путей и станций (из 7 станций) в многокилометровый подземный тоннель. Современный ТПУ объединяет железнодорожное сообщение, метро, систему внутренних и междугородние автобусов, такси и инфраструктуру для велосипедистов. На первом уровне формируется площадь-зал, вокруг которой сосредоточена вся транспортная инфраструктура.

Как и в случае с многофункциональным Форумом Ле-Аль в Париже (1989г.), отличающегося сложным объемно-пространственным решением наземной части комплекса, авторы крупного транспортного узла в Гаосюне также подошли через сложную систему композиционных решений всего наземно-подземного комплекса.

Пейзажная направленность ландшафтной архитектуры Дальнего Востока в дизайне оформления интерьера «вытекает» живописными приемами озеленения полого площадью 35 000 кв.м навстречу поверхности земли и пластичными органичными формами объединяет все здания комплекса. При этом, следуя мировой тенденции, многоярусная структура предоставляет

пространства для различных функций: фермерский рынок и second hand, площадки для традиционных оперных спектаклей и передвижной библиотеки [3].

Новейший пример российского опыта с подземным освоением представляет реализованный ТПУ на станции Нижегородская в г. Москве.

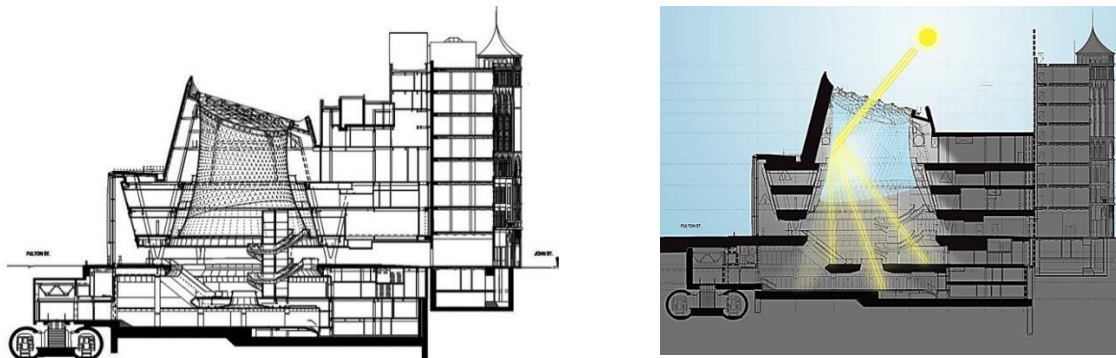


Рис. 1 – Фултон-центр – разрез и схема отражения солнечного света от алюминиевых панелей

На данном примере проектное бюро АБТБ, рук. Башкаев Т., решило локальную транспортную проблему г. Москвы через современный общественно-транспортный комплекс с неглубоким подземным заложением [4].

РАТН (Р – красный; А – оранжевый, Т – синий, Н – желтый цвета кодировки карты подземного пространства), г. Торонто, Канада – отапливаемый подземный город (для формирования комфортных условий в среде подземных пространств при достаточно низких зимних температурах), являющийся, согласно Guinness World Records, крупнейшим подземным торговым комплексом пассажиров. Объект имеет 371 600 кв. м торговых площадей, заключенных в двух крупных универмагах, торговых центрах, мелких магазинах, предприятиях малого бизнеса [5, 6]. Участок подземного города имеет прямоугольную форму и разделен десятками кварталов. С трех сторон РАТН ограничен линией метрополитена, станции которого связаны с подземным городом.

В начале XXI века в российские ученые впервые обозначили научно-теоретические и практические предпосылки и ограничения активного, комплексного освоения подземного пространства, в первую очередь, крупных и крупнейших городов. В труде Голубева Г.Е. рассматриваются градостроительные, архитектурно-пространственные и инженерные аспекты подземной урбанистики [7]. Михайловой Е.В. (2012 г.) в рамках диссертационного исследования «Архитектурная среда общественно-торговых комплексов с многоуровневыми подземными структурами» разрабатывается концептуальное направление наземно-подземного формирования подобных комплексов с частичным и полным заглублением объектов [8]. Начались более системные разработки подземного освоения

пространства для крупных городов, в конце второго десятилетия в ГУП «НИиПИ Генплана Москвы» на примере г. Москвы были проведены научно-практические разработки, которые легли в основу монографии Глозман О.С. «Градостроительные основы формирования подземных пространств: Методика выявления зон размещения объектов многофункционального общественного подземного пространства» [9, 10]. Барышева А.С. в своей статье указывает на то, что и для г. Санкт-Петербург в 2004 г. также проводились исследования на уровне города по освоению подземного пространства. Был разработан научно-технический отчет «Основные направления концепции освоения подземного пространства г. Санкт-Петербурга на 2010-2025 гг.». Подготовлены предложения по включению в состав градостроительной документации специального раздела «Комплексное освоение подземного пространства», но из-за прекращения финансирования эта работа осталась не завершенной и не реализованной [11].

В г. Хельсинки разведано более 10 миллионов кубических метров подземного пространства, функционирует 400 подземных сооружений и еще 200 проектов на очереди, проложено 220 км технических тоннелей, 2,4 км водных тоннелей и 60 км единых сервисных туннелей. На каждые 100 м² поверхностной площади приходится 1 кв.м. подземного пространства [12, 13]. Главным фактором бурного освоения подземного уровня в Финляндии является легализованная возможность оформления объектов подземного строительства в собственность, что определило темп подземного строительства в 4 км/год.

После резкого увеличения спроса на подземное строительство в особенности в центре столицы появилась необходимость государственного контроля. В этой стране в состав градостроительной документации по генеральному плану города был введен «Подземный градостроительный план», в котором представлены кроме освоенных и крупные резервные участки подземного пространства под общественные функции. По государственному регламенту резервные участки запрещается выделять под строительство для частного застройщика. Согласно данному плану в г. Хельсинки выделено около 1400 га для формирования подземных сооружений (6,4% от наземной территории). Освоенные и резервные пространства поделены на 5 категорий: службы и администрация, транспортная инфраструктура, склады и хранилища, общие технические системы, а также пространственный резерв в скальном грунте. Эти участки были отобраны на основе изучения их доступности, транспортных связей и прав [12, 13].

Проблематичными в освоении подземного пространства для общественных целей являются психологические проблемы присутствия человека в замкнутом помещении. Решению данной проблемы способствует использование инновационных технологий. Для этих целей в подземном пространстве, например, Парижа, созданы флорариумы (изолированные от внешней среды замкнутое визуально открытое пространство, в которых поддерживается постоянный микроклимат для флористических композиций)

между входами в метро и кинотеатр [14]. Архитекторы идут по пути поиска имитационных приемов формирования интерьеров городской пешеходной улицы, площади.

Один из крупнейших городов Азии – г. Сингапур стал мировым лидером в движении подземного урбанизма. Местные власти принимают решение по перемещению под землю отдельных элементов транспортной инфраструктуры. Помимо очевидных фактов, как система метро, которые градостроители переместили под землю, в последние годы подземные пространства включают крупнейшую в мире систему охлаждения района, систему рекуперации воды, она сохраняет каждую каплю, и даже боеприпасы для Вооруженных сил Сингапура [15]. В Сингапуре городское управление инвестировало 188 млн долларов в подземные технологические исследования и разработки, а также провело реформы земельного законодательства. Согласно этим изменениям, домовладельцы владеют только подземным пространством до своего подвала. Это позволяет правительству использовать более глубокие земли, не сталкиваясь с проблемами частной собственности. На данный момент для города разрабатывается генеральный план подземного пространства, где учитываются интересы жителей города и экологические вопросы создания «живой» ландшафтной среды под землей, то есть использование ландшафтных элементов в подземном пространстве.

Освоение свободного подземного пространства станции Сеула Чонгака под сад стало возможным благодаря использованию солнечных батарей. Основным объектом этого проекта является система солнечного освещения, которая проводит солнечный свет под землю для жизнедеятельности растений. Естественный свет проникает через восемь систем освещения в потолке, чтобы создать атмосферу, похожую на пространство атриума [16].

В ночные часы, в дождливые или туманные дни, когда мало солнечного света, система солнечного освещения автоматически переключится на светодиодное освещение, чтобы обеспечить регулярное освещение независимо от погоды на улице. Навесы, которые отражают и усиливают свет, будут установлены на потолке, а свет и растения будут отражаться на куполе, чтобы создать атмосферу, подобную ботаническому саду с тропической светолюбивой и теневыносливой растительностью. Сад площадью в 145 кв. м будет занимать 1/6 часть площади подземного пространства.

Территории по всему саду будут использоваться для семинаров и занятий по выращиванию растений, выступлений, встреч, целительских программ (йога, медитация и тому подобное), а также для рабочих помещений офисных служащих и обслуживающего персонала данного общественного пространства. Лестница на обоих концах подземного пространства будет преобразована в амфитеатральное пространство для слушателей семинаров и зрителей [16].

Архитектурно-ландшафтные приемы, флористические и водные композиции использованы и в подземном торговом центре Тенджин в г. Фукуока, Япония, что также придало объекту своеобразную живописность.

Это самый большой подземный торговый район в Кюсю, построенный под землёй Тенджина. На протяжении 590 метров организовано 12 настоящих проспекта с 150 различными магазинами моды, книг, кафе, ресторанами и другими объектами.

Особый интерес представляют сооружения агроархитектуры, размещенные в подземном пространстве современного города, что стало возможным благодаря развитию новых технологий закрытого грунта. Преимущественно они проектируются, как показал анализ зарубежного опыта, в пристроенных помещениях, подземных паркингах и подземных уровнях крупных торговых центров, заброшенных туннелях. Такой тип объектов легко встраивается в промышленные и коммунальные зоны, что делает их строительство одним из перспективных направлений активизации использования подземного пространства и обеспечения продовольственной безопасности в урбанизированных районах.

Как правило, подземные объекты городского продуктивного ландшафта представлены в виде вертикальных ферм или «заводов растений», с активным использованием таких технологий как: гидропоника (наука о выращивании растений без использования почвы, с подпиткой минеральными питательными солями, растворенными в воде); аквапоника (новое высокотехнологичное производство, сочетающее рыбоводство с овощеводством).

При анализе существующих подземных объектов агроландшафта проекты можно условно дифференцировать по выполняемой функции, типу получаемой продукции и особенностям технологии выращивания и производства продуктивного ландшафта:

1. Проект Growing Underground, подземная городская ферма, расположенная в заброшенном бомбоубежище времен Второй мировой войны в 33 метрах под улицами южного Лондона в Клепхэме, основана предпринимателями Ричардом Баллардом и Стивеном Дрингом в 2014 году [17].

По мере увеличения количества производимой продукции ферма превратилась в линейное сооружение, протянувшееся вдоль существующего туннеля. Бетонная поверхность стен обшита светлыми панелями, а их форма повторяет круглый свод туннеля. Внутреннее пространство разделено на несколько функциональных зон: зона непосредственного выращивания растений, сортировочный и упаковочный цех и прочие обслуживающие помещения. По всей ферме, в стратегически важных местах размещены датчики, измеряющие широкий диапазон данных, включая скорость воздуха и температуру, что позволяет фиксировать различные элементы окружающей среды и корректировать их в режиме реального времени, для обеспечения оптимальных условий роста растений. Расположение объекта под Северной линией метрополитена позволяет разместить продукцию рядом с большим количеством ресторанов, что уменьшает километры, которые «еда» должна пройти, чтобы добраться до стола потребителя.

2. Проект Farm Urban, основателями которого являются Йенс Томас и Пауль Майерс из Университета Ливерпуля, факультет биомедицины, стартовал в 2014 году [18]. Один из последних проектов Farm Urban – подземная технически усовершенствованная закрытая вертикальная ферма в подвале бывшего сахарного завода Тейт и Лайл в Ливерпуле. Так же, как и учебная экспериментальная ферма Ливерпульского университета, главная задача объекта – исследования и разработка наиболее инновационных и устойчивых способов.

3. «La Caveme» – проект от французской компании Cycloponics, основной задачей которого является реновация неиспользуемых подземных городских территории Парижа, в частности подземных автостоянок, для придания им новой функции – выращивания большого количества органических овощей.

В жилом районе Парижа Порт-де-ла-Шапель, на бывшем подземном паркинге они создали городскую ферму площадью 3500 кв. метров, где используются небольшие пакеты водорастворимой, стерилизованной и упакованной соломы, которые подвешиваются к потолку и грибы растут сквозь крошечные отверстия в них. Система климат-контроля, воздух, насыщенный влагой, светодиодные светильники для роста грибов и отдельные помещения для эндемиков, растущих в темноте [19].

4. GroCycle Urban Mushroom Farm – инновационный проект городского сельского хозяйства, базирующийся в городе Эксетер (Великобритания), который действовал в период с 2013 по 2017 год. В 2018 году GroCycle переехал на грибную ферму в сельскую местность недалеко от Тотнса в Девоне, где выращивают грибы для местной продажи и преподают курсы по выращиванию грибов [20].

5. Особую роль в популяризации агроландшафта в общественных подземных пространствах сыграл проект Нью-Йоркской фирмы Kono Designs – городские фермы Пасона и Пасона O2, созданные в офисах японской, токийской рекрутинговой компании Pasona в 2010 и 2016 гг. соответственно. Помещения на ферме Пасона O2 разделены на несколько экспозиционных залов:

- 1) Цветочное поле. Используются белые светодиоды, культивирование растений с помощью RGB LED, металл галогенных прожекторов.
- 2) Поле пряных трав. Используются металл галогенные прожекторы.
- 3) Рисовое поле на полках. Используются металлогалогенные лампы и натриевые лампы высокого давления, что позволяет получать по три урожая в год.
- 4) Фруктовый/овощной участок. Выращивание помидоров с помощью гидропонной технологии, 3 длины волны, 5000 град. К, высокочастотная люминесцентная лампа.
- 5) Овощной участок. Используются металл галогенные прожекторы.
- 6) Саженцы. Латуки выращивают с помощью люминесцентных ламп, на 2x4 ступенчатой клумбе [21].

Выводы

В условиях постоянно продолжающегося роста численности населения крупных городов, уплотнением застройки их центральных частей, нарастания комплекса проблем экологического, функционального, инженерно-транспортного и социально-культурного характера одним из актуальных направлений в целях формирования устойчивого развития городов становится подземная урбанистика.

Экономические аспекты освоения подземного пространства рассматривались исследователями по отдельным функциональным категориям подземных сооружений с определением их экономической эффективности, тогда как социально-экономическая эффективность комплексного освоения подземного городского пространства не исследовалась.

Зарубежный опыт подземной урбанистики носит чаще всего фрагментарный характер, а разработка комплексных планов подземного освоения крупных городов относится к примерам отдельных городов.

Современные технологические решения открывают возможности «тотального озеленения» закрытых пространств. Владение приемами создания культурного ландшафта дает большие возможности для творчества и дополнительные средства для создания уникальных интерьеров подземных общественных пространств.

Вариативность и адаптивность форм агроархитектуры является перспективным инструментом развития общественной среды в жилых районах городов с высокой плотностью застройки, а постоянное совершенствование технологий выращивания продуктивного ландшафта создает всё более комфортные условия для популяризации городского фермерства.

Дополнение. Данная статья основана на результатах первого этапа научно-исследовательского проекта 2020-2022 г. ИРН00016, проводившегося в рамках грантового финансирования и по заказу ГУ Комитета по науке Министерства образования и науки Республики Казахстан.

Литература:

1. *Abdrassilova G., Kozbagarova N, Tuyakaeva A. Architecture of high-rise buildings as a brand of the modern Kazakhstan// High-Rise Construction 2017 (HRC 2017). – E3S Web of Conferences Volume 33 – 06.03.2018. – Samara. – 11 p.*
2. *Дровалева И. Транспортно-пересадочный узел Фултон-центр в Нью-Йорке, США. – [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://undergroundexpert.info/opyt-podzemnogo-stroitelstva/realizovannye-proekty/fulton-center-ny/> - Дата обращения 29.05.2020.*
3. *Старостина А. Ушли под землю. Бюро Месапоо представило проект транспортно-пересадочного узла для Гаосюна, второго по значению города Тайваня. - [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <https://archi.ru/projects/world/9589/transportno-peresadochnyi-uzel-v-gaosyune> - Дата обращения 11.09.2020.*
4. *Тимур Башкаев: пять прогнозов на будущее. - [Электронный ресурс] Режим доступа URL: <http://archspace.info/article/timur-bashkaev-5-prognozov-na-budushee> - Дата обращения 27.11.2020.*
5. *Веретенников Д.Б. Архитектурное проектирование. Подземная урбанистика: учеб. пособие. – М.: ФОРУМ: ИНФРА-М, 2019. – 176 с.*
6. *Чибинев А.И. RATH – «подземный город Торонто». – [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<http://rath-podzemn-y-gorod-Toronto> Чибинев А., рд.И., Чибинева Е.В. - Дата обращения 18.09.2020.*
7. *Голубев Г.Е. Подземная урбанистика и город: учеб. пособие. – М.: ИПЦМИКХиС, 2005. – 124 с.*
8. *Михайлова Е.В. Архитектурная среда общественно-торговых комплексов с многоуровневыми подземными структурами: автореф. ... канд. арх.: 05.23.21. – М.: МАРХИ, 2012. – 25 с.*

9. Голубев Г.Е., Замараев А.В. и др. *Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов.* – М.: РААСН, 2004. – 100 с.
10. Глозман Л.С. *Градостроительные основы формирования подземных пространств: Методика выявления зон размещения объектов многофункционального общественного подземного пространства: монография.* – М.: ФИЛИНЪ, 2017. – 194 с.
11. Барышева А.С. *Создание градостроительной документации для комплексного освоения подземного пространства на этапе территориального планирования* - [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://undergroundexpert.info/issledovaniya-i-tehnologii/nauchnye-stati/osvoenye-podzemnogo-prostranstva-territorialnogo-planirovaniya-spb/> - Дата обращения 29.05.2020.
12. Демидова Е.В. *Опыт подземного строительства в городе Хельсинки*// Академический Вестник УралНИИПРОЕКТ РААСН. – 2015. – №1. – С. 9-14. - [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://cyberleninka.ru/article/n/opyt-podzemnogo-stroitelstva-v-gorode-helsinki/viewer> - Дата обращения 06.06.2020
13. Букреева С. *Финляндия. Мастер-план развития подземного города Хельсинки* - [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://undergroundexpert.info/> - Дата обращения 24.08.2020.
14. Нефедов В.А. *Ландшафтный дизайн и устойчивость городской среды.* – СПб., 2002. – 295 с.
15. Режим доступа URL: <https://interfax.by/> - Дата обращения 1.07.2020.
16. Режим доступа URL: <https://seoul.go.kr/> - Дата обращения 3.07.2020.
17. Anmar Frangoul, *In London, there's an underground farm growing salad without soil* // CNBC, *IOT: Powering the digital economy*, 30.08.2018 // [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://www.cnn.com/2018/08/30/in-london-theres-an-underground-farm-growing-salad-without-soil.html/> - Дата обращения 7.12.2020.
18. *Официальный сайт компании Farm Urban* [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://farmurban.co.uk/about/> - Дата обращения 8.12.2020.
19. Dougal Shaw, *Turning Paris's underground car parks into mushrooms farms* // Section BBC News, Subsection Business, 11.10.2019 // [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://www.bbc.com/news/av/business-49928362> - Дата обращения 7.12.2020.
20. *Официальный сайт компании GroCycle Urban Mushroom Farm* [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://grocycle.com/urban-mushroom-farm/> - Дата обращения 8.12.2020.
21. Lloyd Alter, *Pasona O2: Urban Underground Farming* // Treehugger [Электронный ресурс] Режим доступа URL:<https://www.treehugger.com/pasona-o-urban-underground-farming-4855571> - Дата обращения 10.12.2020.

Бұл мақалада ірі қалалардың негізгі мәселелері көрсетілген: әлеуметтік, көлік, экологиялық. Ірі қалалардың жер асты қоғамдық кеңістігін жергілікті сәулет объектілерінен бастап жер асты кеңістіктерінің бас жоспарларына дейінгі игерудің жаңа шетелдік тәжірибесі жинақталуда. Әлемдік тәжірибе мысалдарымен жер асты урбанистикасындағы ландшафтық дизайн және агроландшафт саласы бөлек қарастырылады.

Түйін сөздер: жер асты урбанистикасы, жер асты қаласы, көлік-ауысып отыру тораптары, флорариумдар, өсімдіктердің тіршілік әрекеті, өнімді ландшафт.

The article reveals the main problems of large cities: social, transport, environmental. The latest foreign experience in the development of the underground public space of large cities from local architectural objects to the general plans of underground spaces is summarized. On the examples of world experience the sphere of landscape design and agrolandscape in underground urbanism is considered separately.

Key words: underground urbanism, underground city, transport hubs, florariums, plant life, productive landscape.