

# ИННОВАЦИИ В ОБЛАСТИ АРХИТЕКТУРЫ И СТРОИТЕЛЬСТВА

УДК 69.035.4

## АРХИТЕКТУРНАЯ СРЕДА ЗДАНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ПОДЗЕМНЫХ ПРОСТРАНСТВ

*С. П. Кудрявцева, М. В. Макаренко*

*Астраханский государственный архитектурно-строительный университет*

Развитие городов наравне с рядом преимуществ создает определенные проблемы, связанные с увеличением численности населения, интенсивностью и количеством транспорта на городских магистралях. Решением таких проблем может стать использование подземных пространств. В статье рассмотрены основные предпосылки и история возникновения подземного строительства в России и за рубежом, а также факторы, влияющие на развитие освоения подземных пространств. Кроме того, произведен анализ архитектурно-планировочных и конструктивных решений при подземном строительстве.

**Ключевые слова:** архитектура, градостроительство, подземный паркинг, подземное строительство.

## ARCHITECTURAL ENVIRONMENT AND THE USE OF UNDERGROUND SPACES

*S. P. Kudryavtseva, M. V. Makarenko*

*Astrakhan State University of Architecture and Civil Engineering*

The development of cities creates some problems related to population growth, the intensity and the amount of transport on the city highways. An important solution to such problems can be the use of underground spaces. The article considers the basic prerequisites and history of the emergence of underground construction in Russia and abroad and factors affecting the development of underground spaces. In addition, the article analyzes architectural-planning and constructive solutions for underground construction.

**Keywords:** architecture, urban planning, underground parking, underground construction.

В последнее столетие в России заметно возросло количество городов, повысился уровень их благоустройства, значительное развитие получили объекты инфраструктуры. Увеличилось и число городских жителей. По состоянию на 2016 г. городское население России составляет 74,15 %.

Увеличение размеров городов приводит к появлению определенных проблем, связанных прежде всего с ростом численности населения и, как следствие, повышением плотности населения и уплотнением территорий городов.

Мировая практика градостроительства показывает, что наиболее эффективным решением этих проблем является комплексное освоение подземного пространства. Такое решение позволит существенно сэкономить территорию города, создать новые общественные центры либо усовершенствовать уже существующие [1].

Кроме того, подземные части здания требуют меньше затрат на внешнюю отделку, а также подвергаются меньшему уровню механических воздействий, таких как шум и вибрация.

История освоения подземных пространств берет свое начало за сотни лет до нашей эры. Одними из первых известных подземных сооружений Древнего мира являются несложные по устройству могильные холмы древних египтян. Более совершенные гробницы возникли в Древней Греции во времена Микенской цивилизации.

На территории современной России одними из самых древних подземных сооружений являются многоярусные вертикальные гробницы, построенные около 2000 г. до н. э. на востоке Уральских гор.

В Римской империи для доставки воды в города возводились акведуки. Для обеспечения защиты акведуков от природных воздействий, таких как дождь и ветер, они, помимо наземной части, могли иметь в своей конструкции подземные тоннели (рис. 1).

Символ Римской империи Колизей, рассчитанный на 50 000 зрителей, имел внушительные размеры. Но от других амфитеатров того времени его отличают скорее не размеры, а инженерные решения. Наземная часть Колизея состоит из четырех горизонтальных галерей, однако амфитеатр имеет и подземную часть. Подземелья Колизея состоят из подсобных помещений, комнат для содержания людей и диких животных, а также различных механизмов.

В Анатолии и Каппадокии (ныне средняя часть территории Турции) известны подземные города, такие как Деринкуйю, Касери, Ургюб (рис. 2). Некоторые из них представляют собой многоуровневые жилые комплексы с широко развитой сетью вспомогательных и хозяйственных помещений, другие – монастырские формирования.

После падения Римской империи подземное строительство несколько веков практически не развивалось.

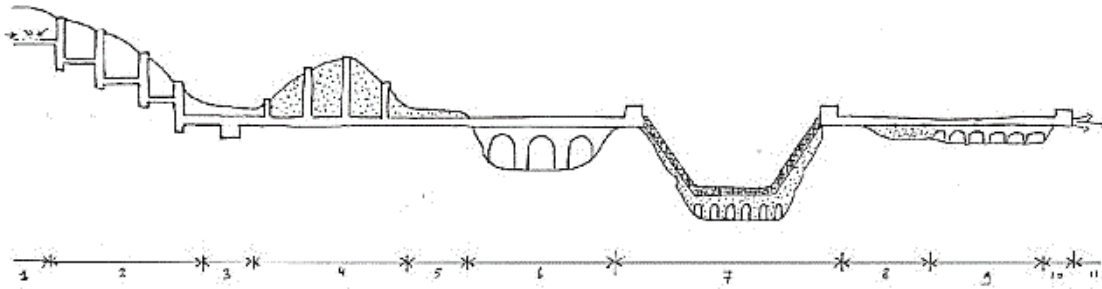


Рис. 1. Схема акведука

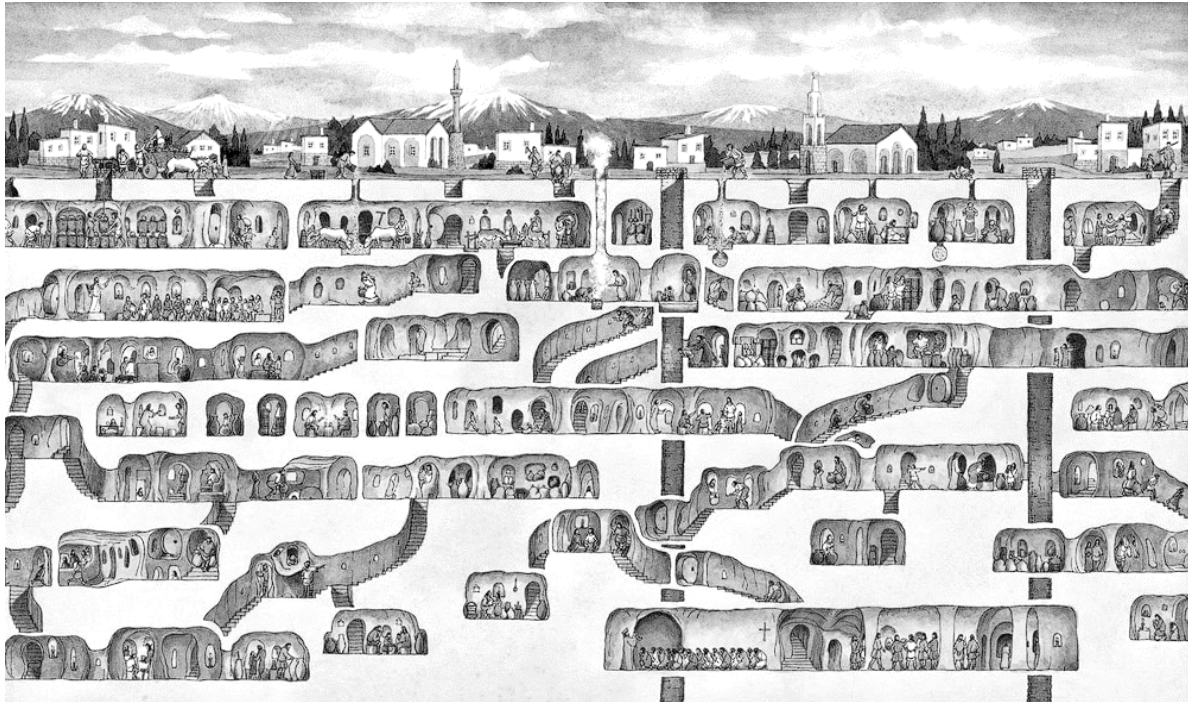


Рис. 2. Схема подземного города Деринкуйю

Средние века характеризуются феодальной раздробленностью Европы, большим количеством войн, нашествиями арабов и турок. Для защиты от врагов возводились крепости и замки. Они не только использовались для оборонительных целей, но и были безопасным жилищем собственников, а также жилищем феодалов. Подземные ходы служили связями между частями крепости, а также употреблялись для организации водоснабжения. Также в это время в городах получают распространение подземные подвалы.

В XII в. в Грузии на берегу реки Куры началось строительство комплекса Вардзия, представлявшего собой подземную крепость, в состав которой входили военный лагерь, система пещер, казармы, залы собраний. Все помещения делились на основные (залы, спальни), подсобные (склады, конюшни) и оборонительные (убежища, тайники). Всего в подземном городе насчитывалось около 650 пещер [2, с. 15].

После изобретения динамита в 1867 г. стало активно развиваться транспортное туннелестроение. В 1898 г. начались работы по прокладке железнодорожного туннеля в Альпах. При его строительстве применялись самые новые технологии того времени.

Первый автомобильный туннель длиной 2,7 км был построен в США в 1927 г. Он связал штаты Нью-Йорк и Нью-Джерси.

Вторая мировая война порождает целое направление подземного строительства, появляются подземные заводы, сети туннелей, многоуровневые убежища и другие подземные сооружения стратегического назначения.

В последние десятилетия XX в. строительство туннелей стало вестись не только в целях обеспечения единственно возможной связи, но и для сокращения пути между пунктами с уже существующей транспортной связью. Развивые технологии в области подземного строительства позволяют не только обеспечивать

транспортные потоки многомиллионных городов, но и прокладывать автомобильные и железнодорожные пути между странами, разделенными водными пространствами. Примером может служить туннель, открытый в 1994 г. под проливом Ла-Манш и соединяющий Англию и Францию. Его длина немного превышает 50 км, 38 из которых проложено под толщей воды.

Новые технологии и ухудшающаяся транспортная обстановка в мире привели к появлению и развитию еще одного направления в подземном строительстве. Со второй половины XX в. началось строительство парковок, а позже и торговых центров под землей.

Считается, что в 1939 г. в американском городе Кафрдифор был построен первый подземный гараж, размещенный под одной из площадей города. [3, с. 12]. В Европе строительство подземных паркингов ведется с середины XX в. Первым европейским подземным паркингом считается подземный гараж в Швейцарии, построенный в начале 60-х гг. под руслом реки Роны.

В настоящее время подземное строительство активно развивается, а также разрабатываются новые технологии в этой области.

На территории Астрахани и области существует 15 подземных резервуаров в каменной соли, благодаря которым был своевременно запущен в эксплуатацию крупнейший в Европе газоперерабатывающий завод. В стадии строительства находится Комплекс подземного хранения для Астраханского ГКМ.

Изучив историю, можно сделать вывод, что интенсивность освоения подземного простран-

ства зависит от многих факторов и условий. Среди них можно выделить природно-климатические, социально-экономические и градостроительные факторы.

Климатические условия района строительства оказывают влияние на архитектурно-планировочные решения сооружений, в том числе и на подземные части здания.

Увеличение численности населения и различные демографические изменения, техногенные изменения окружающей среды, а также необходимость сохранения земельных фондов – все это способствует развитию освоения подземных пространств.

Срок службы подземных сооружений значительно выше, чем у наземных. Например, период эксплуатации зданий – около 100 лет, тогда как для тоннелей эта норма составляет 500 лет.

В городской среде основным направлением подземного строительства является строительство паркингов. Стабильная социально-экономическая обстановка в стране ведет к росту благосостояния горожан, а это неизбежно влечет за собой увеличение парка личных автомобилей. Эту проблему возможно решить строительством жилых и торговых комплексов, на территории которых предусмотрено устройство подземных паркингов, а также внедрением подземных паркингов в уже сложившуюся среду.

Как и наземные сооружения, подземные классифицируются по функциональному назначению, по происхождению и по способу возведения (рис. 3) [4].



Рис. 3. Классификация подземных сооружений

Различают подземные сооружения, возводимые открытым и закрытым способом.

На выбор технологии возводимого открытым способом подземного сооружения большое значение оказывают такие факторы, как, например, размеры сооружения в плане, его месторасположение, инженерно-геологические условия участка строительства, а также экономические соображения.

Существует несколько методов возведения подземных сооружений открытым способом: метод опускного колодца, способ «сверху вниз» и «вверх-вниз» (рис. 4.), способ «стена в грунте» (рис. 5), кессонный метод. Подземные сооруже-

ния открытого типа возводят в предварительно отрытом на всю глубину котловане, стенки которого имеют откосы.

При работе методами «сверху вниз» и «вверх-вниз» возможно отказаться от крепления котлована анкерными креплениями или временными распорными конструкциями, поскольку для ограждения котлована межэтажные перекрытия используются в качестве распорной системы.

К методам возведения закрытым способом относят: горный способ, щитовой способ, метод продавливания пешеходных и коммуникационных туннелей небольшого диаметра и др. (рис. 6).

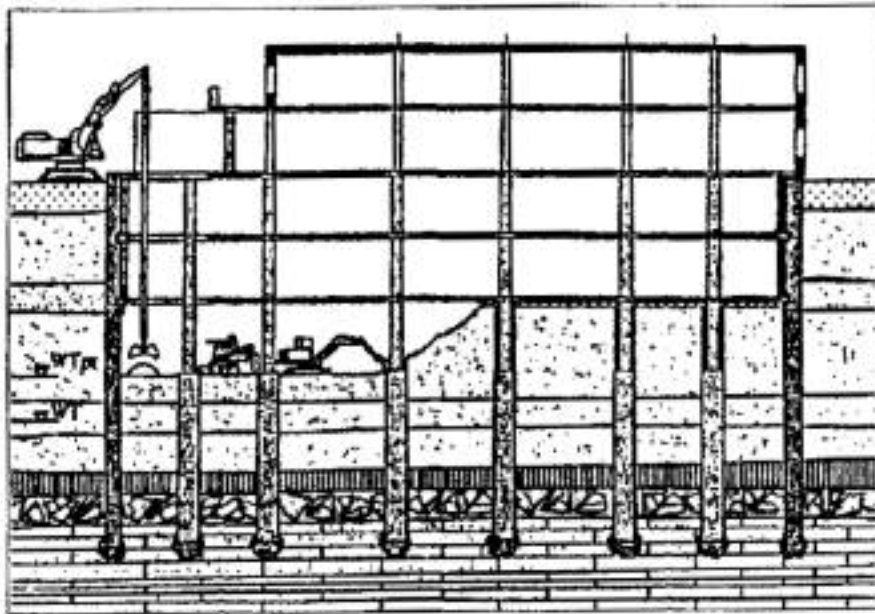


Рис. 4. Строительство подземного сооружения способом «сверху вниз»

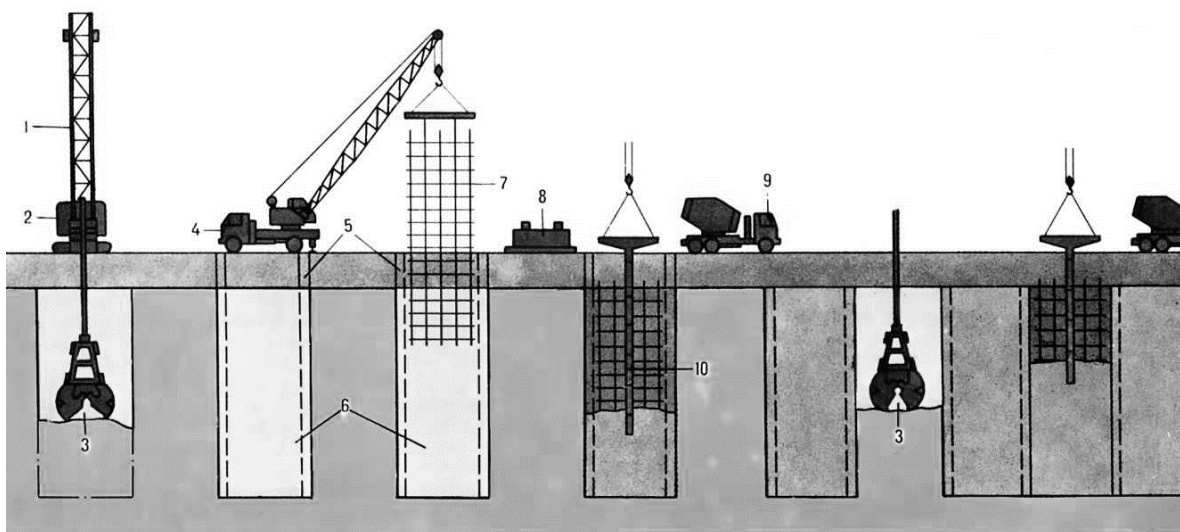


Рис. 5. Технологический процесс устройства конструкции «стена в грунте»:

1 – копровая стойка; 2 – кран-экскаватор; 3 – грейфер; 4 – кран; 5 – ограничители; 6 – глинистый раствор; 7 – армокаркас; 8 – отстойник; 9 – автобетоновоз; 10 – трубы для подачи бетона



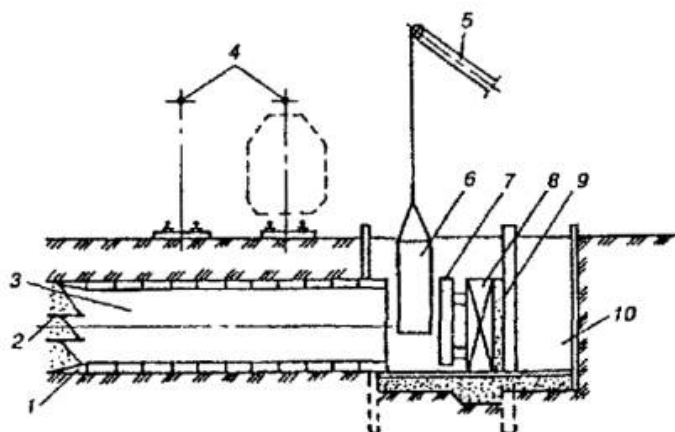


Рис. 6. Схема продавливания пешеходного тоннеля:

1 – ножевая секция; 2 – горизонтальные полки; 3 – продавливаемая обделка; 4 – контактный провод; 5 – кран; 6 – секция обделки; 7 – распределительная рама; 8 – домкратная установка; 9 – опорная стена; 10 – забойный котлован

При проектировании подземных сооружений учитывают такие технические решения, как конструктивные схемы несущих элементов, расположение в плане, тип сечения и др. Конструкции подземных сооружений, как правило, выполняются из железобетона, однако возможно сочетание железобетона с различными материалами (чугун, камень и др.).

Наружные стены подземных сооружений бывают несущими и самонесущими. Несущие стены воспринимают не только горизонтальную нагрузку, но и нагрузку от перекрытий надземной части здания, а самонесущие стены – только горизонтальную нагрузку. Выбор материала для наружных стен зависит прежде всего от определенных условий производства работ. Наружные стены подземных сооружений обычно выполняются из монолитного бетона и железобетона, сборных панелей из железобетона, бетонных блоков и каменной кладки.

Основными направлениями и концепциями современного подземного строительства являются: развитие городского пространства, экономия территории города, концепция вертикальных городов, предполагающая развитие подземную инфраструктуру [5].

В городах потенциальные возможности освоения подземного пространства достаточно велики. Ниже уровня поверхности земли воз-

можно разместить около 70 % от общего объема гаражей, до 80 % складов, до 50 % архивов и хранилищ, до 30 % объектов сферы обслуживания и прочих служб.

В настоящий момент численность населения Астрахани составляет около 533 тыс. человек. При этом общее количество транспорта превышает 380 тыс. Согласно статистике, автомобиль имеет каждый пятый житель города. В ближайшие несколько лет ожидается, что количество автовладельцев возрастет в два раза. Устройство подземных паркингов может стать одним из возможных решений этого вопроса.

Однако проблемой является отсутствие достаточной экономической, геологической, технологической и экологической информации о подземном пространстве города. Еще одной большой проблемой, особенно актуальной для Астрахани, становится отсутствие соответствующего уровня нормативной базы в сфере подземного строительства, недостаточное финансирование и нехватка квалифицированных работников.

Таким образом, подземное строительство является перспективным направлением развития городов, однако здесь имеются некоторые проблемы, связанные прежде всего с финансированием, а также с природно-климатическими и геологическими условиями.

#### Список литературы

1. 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.
2. Конюхов С. Д. Использование подземного пространства : учеб. пособие для вузов. М. : Архитектура-С, 2004. 296 с.
3. Пономарев А. Б., Винников Ю. Л. Подземное строительство : учеб. пособие. Пермь, 2014. 262 с.
4. Руководство по комплексному освоению подземного пространства крупных городов. URL: [http://snipov.net/c\\_4646\\_snip\\_108686.html](http://snipov.net/c_4646_snip_108686.html)
5. Семенова О. С., Коломасова С. А. Методические подходы выявления потребности размещения объектов многофункционального общественного пространства в подземной части современных городов // Современные тенденции в науке и образовании : сборник научных трудов. 2014. Ч. V.

© С. П. Кудрявцева, М. В. Макаренко

#### Ссылка для цитирования:

Кудрявцева С. П., Макаренко М. В. Архитектурная среда зданий с использованием подземных пространств // Инженерно-строительный вестник Прикаспия : научно-технический журнал / Астраханский государственный архитектурно-строительный университет. Астрахань : ГАОУ АО ВО «АГАСУ», 2017. № 2 (20). С. 64–68.