Светлой памяти
моего отца — Шилина Александра Андреевича,
моих учителей — Ржевского Владимира Васильевича,
Покровского Николая Михайловича,
других специалистов,
отдавших все свои силы
развитию горно-добывающей отрасли
нашей Родины

А.А. Шилин, доктор технических наук, профессор кафедры «Строительство подземных сооружений и шахт» Московского государственного горного университета, член-корреспондент РАЕН, генеральный директор ЗАО «Триада-Холдинг».

Автор имеет 32-летний опыт научной и преподавательской работы в вузе, 20-летний производственный стаж, связанный с обследованием, проектированием, ремонтом, реконструкцией и реставрацией более 1000 заглубленных и подземных сооружений различного назначения, а также памятников истории и архитектуры.

А.А. Шилин

ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА

(зарождение и развитие)

Допущено Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела в качестве учебного пособия для студентов вузов, обучающихся по основным образовательным программам магистров 550605 «Строительство шахт и подземных сооружений» и 550611 «Сооружение подземного пространства городов» направления подготовки бакалавров и магистров 550600 «Горное дело»

Высшее горное образование

МОСКВА
ИЗДАТЕЛЬСТВО МОСКОВСКОГО
ГОСУДАРСТВЕННОГО ГОРНОГО УНИВЕРСИТЕТА
2005

УДК 622.016
ББК 33.15
Ш 57

Федеральная целевая программа «Культура России»,
подпрограмма «Поддержка полиграфии и книгоиздания России»

Экспертиза проведена Учебно-методическим объединением вузов Российской Федерации по образованию в области горного дела (письмо № 51-120/6 от 02.12.2004 г.)

Книга соответствует «Гигиеническим требованиям к изданиям книжным для взрослых. СанПиН 1.2.1253—03», утвержденным Главным государственным санитарным врачом России 30 марта 2003 г.

Рецензенты:

- зав. кафедрой «Мосты и транспортные тоннели», проф. *Л.В. Маковский* (Московский автомобильно-дорожный институт (Государственный технический университет)),
- ведущий научн. сотр., д-р архитектуры, проф. *И.Н. Слюнькова* (НИИ теории и истории изобразительных искусств)

Шилин А.А.

Ш 57 Освоение подземного пространства (зарождение и развитие): Учебное пособие для вузов. — М.: Издательство Московского государственного горного университета, 2005. — 305 с.: ил.

ISBN 5-7418-0391-1 (пер.)

В краткой форме рассмотрены история создания подземных и заглубленных объектов различного назначения, особенности конструкций и опыт производства работ, приобретенный человечеством на пути своего доиндустриального развития. Уделено большое внимание формированию гражданской и культовой архитектуры различных стран и регионов, объемно-планировочным решениям и конструкциям, условиям и технологии строительства, а также эксплуатации сооружений, общим подходам, выработанным производителями работ при освоении подземного пространства. Изложены общие концепции возведения и использования сооружений, становления и развития их архитектурных форм. Приведены факторы, оказавшие наибольшее влияние на долговечность проектных и строительных работ. Даны различные архитектурные и строительные решения, описаны их особенности и общие черты.

Книга написана популярным языком, насыщена примерами и фактами, богато иллюстрирована. В ней имеется 143 рисунка и 14 фотографий.

Для студентов вузов, обучающихся по основным образовательным программам магистров «Строительство шахт и подземных сооружений» и «Сооружение подземного пространства городов» направления подготовки бакалавров и магистров «Горное дело». Может быть интересна и полезна широкому кругу читателей.

УДК 622.016
ББК 33.15

ISBN 5-7418-0391-1

© А.А. Шилин, 2005
© Издательство МГГУ, 2005
© Дизайн книги. Издательство МГГУ, 2005
© С. Ларионцев, чертежи и схемы, 2005
© Д. Чернов, карандаш, цветной карандаш, 2005
© С. Лифатов, акварель, 2005
© Александр Шилин (мл.), Алексей Шилин (мл.), фотографии, 2005

Введение

> Специально архитектура состоит из ординации, то есть проектирования..., из диспозиции, то есть планировки, из соблюдения гармонии, соразмеренности и благочинности, наконец, из дистрибуции – распределения ресурсов...
>
> *Марк Витрувий Полион. Об архитектуре*

Строительство неотрывно от человеческой культуры. С самого начала своего развития человек старался найти или обустроить укрытие от непогоды, диких животных и врагов. После смерти созданное им жилище часто становилось местом его погребения. Постепенно появилась необходимость строительства культовых сооружений, в которых люди имели возможность удовлетворять свои духовные потребности. Затратив труд на создание укрытий и сооружений, которое требовало значительных усилий и времени, строители не могли относиться к ним безразлично, как к какому-то абстрактному предмету.

Естественно, во все время существования человека и объектов его строительной деятельности между ними складывались определенные отношения. Жилище давало ему чувство покоя и уверенности. Хранилище запасов труда обеспечивало планирование физических потребностей. Захоронения родственников и культовые объекты развивали понимание своего места в мироздании. Однако все сооружения старятся. Как любой человек в различное время своей жизни отличается теми или другими свойствами тела и души, так и сооружения на протяжении всего своего существования имеют различные физические и моральные особенности.

Под воздействием окружающей среды изменяются прочностные характеристики материалов, из которых созданы постройки, появляются дефекты, в результате чего имеет место проникновение воды, происходит разрушение и старение конструкций; постепенно, в определенный период времени сооружение перестает отвечать духовным и физическим потребностям развития общества. Приходит время, и постройка разрушается, а на ее месте может возводиться новая, отвечающая более современным требованиям. Человек всегда старался сделать объекты своей строительной деятельности прочными и долговечными, но одни из них разрушались намного быстрее, чем другие, которые сохранялись очень долго. Это было

связано с их назначением, условиями строительства и эксплуатации, качеством материалов, выбранной формой и конструкцией, квалификацией строителей и т.п. Сооружения старились, разрушались, требовали замены, ремонта или реконструкции. Нужно было принимать решение: использовать постройку полностью, частично или отказаться от ее эксплуатации. Требовалось оценить, имеется ли необходимость в ремонте или нет. Но как лечение людей немыслимо без изучения строения их тела, истории болезни, изучения среды обитания и наследственности, наблюдения за состоянием их после воздействия лекарств, так и ремонт, реставрация, реконструкция или ликвидация сооружений нецелесообразны без изучения их состояния, основ проектирования, строительства, эксплуатации, возможных последствий ремонтных или реставрационных работ. Конечно, все это сложно осуществить без знания конструктивных и эксплуатационных особенностей построек, их долговечности, изучения технологии и истории их создания.

Архитектура как искусство возведения сооружений по законам красоты, формируя их пространство для обеспечения требуемого уровня жизнедеятельности людей, создавалась и совершенствовалась с развитием человеческого общества. Она также была подвержена эволюционным процессам, как и человек, который ее создал.

Приспособить для проживания пещеру, соорудить себе жилище в слабых, неустойчивых или крепких и устойчивых горных породах, разделить его на помещения разной величины сообразно численности или занятиям обитателей, оставить или установить опоры для поддержания перекрытия, оформить наверху уширение этих опор для безопасного распределения нагрузки на несущие ее опорные части, затем постепенно украсить стены и опоры, вырубленные в массиве, рисунками, знаками, имеющими назначение увековечить различные события: войну, охоту, сбор урожая, рождение ребенка, смерть близких, — это было уже искусство [5].

Но если индивидуальные особенности одного или нескольких людей могли способствовать созданию уникальной постройки, то ее капитальный ремонт, реконструкция, ликвидация после многих лет эксплуатации или сохранение во времени возможны только при общем человеческом понимании необходимости этого.

Конечно, невозможно сохранить все, даже неординарные сооружения, созданные человечеством, многое разрушается по различным причинам, а многое целенаправленно сносится для нового строительства. Но для сохранения оставшихся зданий, которые по истечении времени могут стать памятниками истории и культуры, а также для совершенствования нового строительства

необходимо оценивать состояние и изменение свойств конструкций во времени; выяснять причины долговечности или разрушения и пользоваться полученными знаниями во благо дальнейшего развития профессиональных навыков.

Строительные объекты, которые человечество возводило и использовало за период своего развития, расположены на поверхности или ниже уровня земли.

Подземное зодчество является неотъемлемой частью архитектуры. Оно появилось на заре развития общества и было обусловлено условиями существования людей. Влияние форм, размеров, расположения в пространстве сооружений на надежность конструкций и сроки службы; национальные и региональные особенности проектирования, строительства и эксплуатации; изменение во времени реальных стоимостных показателей; старые технологии производства работ сегодня, с позиции инженера-технолога, изучены неполно. В результате отсутствует связь между опытом, накопленным на протяжении многих тысячелетий, и современными решениями, которые часто не выдерживают никакой критики с точки зрения нормального логического мышления, основанного на многочисленном историческом материале.

Автор, много лет занимающийся ремонтом и реконструкцией различных сооружений, в том числе подземных, не получил архитектурного образования. Программой обучения горных инженеров-строителей этот предмет не предусмотрен. Однако жизненный опыт показывает, что отсутствие знаний об истории архитектуры и ее основах у специалистов, работающих над созданием и эксплуатацией различных типов современных подземных и заглубленных сооружений, приводит к совершению ими элементарных ошибок, простить которые можно только людям каменного века.

Оценка опыта развития человечества, накопленного в результате возведения и использования различных построек, чрезвычайно полезна для современных инженеров не только при строительстве новых, но и при ремонте, а тем более при реконструкции и реставрации старых.

Являясь специалистом в области проектирования, строительства и эксплуатации сооружений, автор, занимающийся реставрацией памятников культуры и много лет читающий лекции по ремонту и реконструкции, попытался собрать, изучить и проанализировать историю создания подземных и заглубленных объектов различного назначения, особенности конструкций и опыт производства работ, приобретенный человечеством на пути своего доиндустриального развития. По его мнению, это полезно для

понимания основ и различий подземной архитектуры регионов, выяснения причин долговечности одних и разрушения других сооружений, разработки новых решений по их созданию и нормальному функционированию. Это тем более важно, что человечество «обречено» на рациональное освоение подземного пространства в настоящем и будущем.

По ряду причин в работе практически не рассматривалась история развития горного дела, хотя, безусловно, она тесным образом связана с подземными строительными работами, но представляет чрезвычайно важное и интересное самостоятельное направление.

Автор выражает глубокую признательность М.О. Дадашевой за ее долготерпение при напечатании рукописи.

1 ЗАРОЖДЕНИЕ И РАЗВИТИЕ СТРОИТЕЛЬСТВА

Но как без страха сходишь ты во тьму
Земного недра, алча вновь подняться к
Высокому простору твоему?

Данте Алигьери. Божественная комедия

Становление архитектуры началось с использования подземных полостей естественного происхождения. Это направление в архитектуре начало формироваться уже на заре развития человечества.

Там, где было возможно, человек использовал природный рельеф и выбирал естественные укрытия: расщелины, пещеры и гроты. Где было невозможно, он начал приспосабливать укрытия для своих интересов или сооружать их сам. Пещерами являются подземные полости, сообщающиеся с поверхностью земли одним или несколькими отверстиями; гротом может быть неглубокая пещера со сводчатым потолком и широким входом или расширение в пещере после узкого прохода.

Человек учился и перенимал умение строить примитивные подземные сооружения у зверей, а при определенных условиях занимал их и благоустраивал. Однако даже самые простые постройки людей, в отличие от убежища зверей, являлись отражением не только физических, но и духовных потребностей. Стены и пол жилищ целенаправленно выравнивались, потолку придавалась определенная форма, осмысленно оформлялись входы, увеличивались или уменьшались объемы различных помещений, появлялись элементы декора и пр. [18].

Совершенствование первобытного зодчества, принимавшего в течение значительного периода времени самые разнообразные формы, зависело от природных и исторических условий, требований культуры и материального благосостояния жителей. Уже в древние времена произошло разделение архитектуры на гражданскую и культовую (религиозную).

Техническая и художественная стороны гражданской архитектуры определялись социальным статусом владельца. Учитывались удобство расположения сооружения, его безопасность, соблюдение гигиенических требований по освещенности, вентиляции, теплу, прочность, стоимость и пр.

Постепенно произошло разделение объектов гражданской архитектуры на три группы, каждая из которых имела в своем составе подземные или заглубленные сооружения или отдельные подземные объемы:

1) частные жилища: дворцы, дома, хозяйственные постройки и пр.;

2) общественные здания: помещения для собраний, театры, цирки, библиотеки, бани, больницы, государственные учреждения и пр.;

3) промышленные и инженерные постройки: дороги, порты, каналы, тоннели, очистные сооружения, хранилища, каменоломни, рудники, водопроводы, акведуки, колодцы и пр.

Декоративное убранство гражданских сооружений зависело от их назначения, вкусов одного или нескольких человек, материалов, применяемых при строительстве. Оно было направлено на создание удобств и подчеркивало выразительность конструктивных решений.

Развитие художественных склонностей людей привело к украшению гражданских построек и предметов обихода, что способствовало совершенствованию эстетики и ремесел.

Культовая (религиозная) архитектура в большой степени основывалась на духовных стремлениях человека. Удобство расположения той или другой постройки определялось ее назначением. Она могла считаться жилищем божества, местом размещения его изображения, помещением для праха и души умершего или жильем служителей культа.

Религиозные сооружения можно разделить на три группы:

1) гробницы — разнообразные постройки, предназначенные служению культу смерти, переходу души из одной жизни в другую. В большинстве своем они состоят из погребальной камеры или склепа и часовни для совершения обрядов;

2) храмы — строительные объекты, предназначенные для совершения богослужений и всевозможных религиозных обрядов. Форма их во все времена видоизменялась в зависимости от развития вероучений и религиозных воззрений человечества. Они включают алтарь и место для нахождения верующих;

3) монастыри — жилища служителей культа и верующих, расположенные в комплексе с храмами или отдельно от них.

Декоративное убранство культовых построек зависело от развития гражданского зодчества и смешивалось с символическими изображениями божеств и таинственных сил. Таким образом, убранство гражданских построек можно назвать художественно-конструктивным, а культовых — художественно-символическим.

Конечно, подземная архитектура гражданских и культовых сооружений самым тесным образом связана со строительством на поверхности. Обе эти ветви архитектуры переплетены. Развитие и в том, и в другом случае происходило от простого к сложному, от некачественного к высококачественному.

Первоначально появились простые, чисто конструктивные элементы, вытекающие из самой сущности постройки. К ним можно отнести различные по форме и размерам полости, вентиляционные каналы, углубления для сбора воды, опоры и стойки, которые подпирали искусственный навес над углублением в земле или перед входом в пещеру, а в отдельных случаях могли поддерживать и ее свод. Сначала для несущих элементов использовалось дерево. Почти у всех народов с древних времен существовала деревянная архитектура, как наиболее доступная и удобная. Шаг за шагом развивались отдельные элементы построек. Деревянные конструкции, как наиболее легкие, могли создавать архитектуру с большими пролетами на поверхности, но с малыми пролетами под землей. При замене дерева камнем многие несущие нагрузку части сооружений становились массивными. Пролеты на поверхности уменьшались, а под землей увеличивались. Деревянные части внутри и снаружи капитальных подземных построек из-за малого их срока службы стали постепенно заменяться каменными. Это делалось даже вопреки трудности обработки камня. Долговечности и прочности строительного материала отдавалось предпочтение. Но многовековое наследие деревянной архитектуры, особенно ее легкость и возможность декоративной обработки, продолжало оказывать большое влияние на строительство и обустройство сооружений.

В районах, где ощущался недостаток в дереве, применялись глина и алебастр. Из глины делали глинобитные конструкции как на земле, так и под землей, при обустройстве пещер, или глину превращали в кирпич-сырец. Так как такой материал был абсолютно не пригоден для создания плоских перекрытий, то для образования потолков стали возводить конусные или эллиптические кровли, которые послужили прототипом для сводов из клинчатых кирпичей или камней. Эти конструкции затем нашли широкое распространение и развитие в архитектуре.

Прочность и структура материалов, в которых и из которых изготовлялись сооружения, особенно сказывались на их форме, конструкции и содержании декоративного убранства.

Развитие зодчества одного региона также оказывало влияние на характер производства строительных работ в других местах. Спокойное и постепенное совершенствование архитектуры в одном районе происходит до того времени, пока на него не начинают оказывать влияние конструктивные и декоративные формы из других областей, которые развиваются при наличии иных материалов и технических приемов выполнения работ. Тогда происходит смешивание разнородных форм, первоначально плохо гармонирующих друг с другом. Постепенно, приспосабливаясь к

новым условиям, смешанные формы совершенствуются как в конструктивном, так и в художественном отношении. Лучшие из них находят широкое применение в строительстве и становятся общепринятыми нормами.

Это доказывает то, что архитектурные формы и их элементы чаще всего не изобретались одним человеком, а постепенно трансформировались под воздействием различных факторов, удовлетворяя требованиям долговечности, удобства и красоты.

Имевшиеся горно-геологические условия и применявшиеся в регионе материалы оказывали большое влияние и на совершенствование объемно-планировочных решений сооружений.

В районах, где естественные пещеры находились в прочных скальных породах, таких, как гранит, усовершенствования были минимальны. Там, где пещеры располагались в глинистых грунтах, слабых, но устойчивых породах, таких, как лессы, мел, туф, известняк средней прочности, усовершенствования происходили в значительных объемах.

Если развитие форм сооружений и конструкций, а также их декоративное убранство в большинстве своем зависели от природных условий страны, то развитие архитектуры и объемы строительных работ были тесно связаны с благосостоянием и количеством населения в регионе.

Эволюция архитектуры привела к формированию различных архитектурных стилей, т.е. к исторически сложившейся устойчивой общности системы образов, средств и приемов художественной выразительности, которые обусловлены единством идейного общественно-исторического содержания. Архитектурные художественные стили и направления имеют определенный объем общих характерных черт (египетский, индийский, романский, готика, барокко, классицизм, модерн и т.п.) [18].

Вид построенной композиции, гармоничное сочетание различных частей сооружений в едином функциональном или художественном целом, нашли отражение в архитектурных ордерах. Они представляют собой совокупность всех отличительных признаков того или иного архитектурного стиля и определяются в основном составом элементов, их взаимным расположением, художественной обработкой конструкций и их пропорциями [13].

В классической архитектуре различают греческие ордера: дорический, ионический, коринфский и их модификации — тосканский и композитный.

Ордерами называют также художественные системы Древнего Египта, Крита и других стран. Основными элементами таких

архитектурных форм, как ордера, являются колонны, антаблемент[1], стены, перекрытия и сопутствующие им детали, которые зародились в древности и развивались как в подземном, так и в наземном пространстве.

Развитие архитектурных форм, как правило, было обусловлено тремя факторами:

1) долговечностью, которая определялась устойчивостью к воздействию окружающей среды, прочностью, а также стоимостью работ;

2) целесообразностью, которая основывалась на приспособлении элементов сооружения к условиям окружающей среды и потребностям человека;

3) эстетикой, которая базировалась на характере размещения сооружения в пространстве и его назначении.

Совершенствование архитектурных форм зданий на поверхности началось только после того, как человек заселил и благоустроил естественные пещерные жилища, построил простые подземные и заглубленные полости.

При освоении и строительстве этих сооружений люди, создавая новые конструкции, предусматривали взаимное расположение отдельных элементов, способ их соединения для обеспечения прочности, устойчивости и долговечности, использовали новые вспомогательные материалы, улучшали гидроизоляцию, вентиляцию, дренаж, теплоизоляцию и т.п. Постепенно возникали понятия о специфике поведения конструкций в процессе эксплуатации и возможности использования для выполнения работ различных материалов. При развитии производственных навыков и появлении новых инструментов начали появляться более сложные конструктивные элементы и декоративные детали, украшающие облик сооружения. Но в большинстве случаев в подземном строительстве, в отличие от поверхностного, в меньшей степени уделялось внимание декоративной отделке. Исключение составляло художественное убранство таких культовых сооружений, как монастыри и храмы, вырубленные в скалах. В подземных сооружениях в основном происходило усовершенствование объемно-пространственных решений, усложнение планов и т.д.

Исходя из анализа технологии строительства и эксплуатации, подземные сооружения можно подразделить:

- на естественные, приспособленные для обитания человека и обеспечения его потребностей;
- искусственные:

а) специально построенные для определенных целей;

---

[1]Антаблемент — верхняя горизонтальная часть сооружения, опирающаяся на колонны. Состоит из архитрава, фриза и карниза.

б) приспособленные под новый эксплуатационный процесс после выполнения своего первоначального назначения (каменоломни, рудники, шахты по добыче соли и пр.);

- скульптурные, высеченные из горных пород как изнутри, так и снаружи (храмы);
- встроенные (условно подземные)[1], размещенные в массивных сооружениях (пирамидах, плотинах, стенах);
- засыпные (заглубленные), построенные на поверхности, частично или полностью в земле и засыпанные после возведения (подкурганные захоронения, землянки, полуземлянки, тоннельные ходы, кладовые и ямы хозяйственного назначения).

Существование человека в подземных условиях чаще всего было связано с отсутствием комфортных условий (повышенная влажность, недостаток света и тепла, возможность затопления, необходимость проветривания, опасность обрушения породы и грунта, потеря скрытности и т.п.).

Постепенно эти трудности, а также уменьшение объемов подходящих горно-геологических условий в определенных регионах приводили к тому, что человек развивал и в большей степени использовал возможности строительства на поверхности. Но освоение подземного пространства для различных целей всегда в той или иной степени оставалось актуальным. Сегодня при росте цен на землю, увеличении потоков транспорта и т.д. необходимость освоения подземного пространства становится одной из основных задач строительной отрасли. Но решение этой задачи непосредственным образом связано с затратами на эксплуатацию сооружений, величина которых растет и в большей степени определяется рациональным проектированием, качеством строительства, оптимальным режимом эксплуатации и пр.

---

[1]Автор считает, что по характеру эксплуатации эти сооружения можно условно отнести к подземным: технология их поддержания в нормальном состоянии практически совпадает с технологией эксплуатации аналогичных подземных сооружений.

2 ИСТОРИЯ РАЗВИТИЯ ПОДЗЕМНОЙ АРХИТЕКТУРЫ

— Подумайте, ваша милость, сеньор, что вы делаете; смотрите, не хороните себя заживо и не уподобляйтесь бутыли, которую спускают в колодец для охлаждения. Не ваше это дело и не ваша работа, ваша милость, исследовать пещеру, которая, наверное, окажется похуже басурманского подземелья.

Сервантес. Дон-Кихот

Изучение наследия архитектуры вообще и подземной архитектуры в частности не только обогащает духовный мир современного человека, способствует формированию его художественного вкуса, воспитывает бережное отношение к памятникам и уважение к труду людей, но и учит не повторять чужих ошибок, а, наоборот, использовать все лучшее, что было создано и показало свою жизнеспособность на протяжении многих сотен и тысяч лет, оценивать надежность принятых решений и возрождать забытые технологии и приемы.

2.1. Архитектура первобытного общества

Женщина живо сыскала ему для жилья уютную Пещеру, потому что спать в Пещере было куда лучше, чем валяться под открытым небом на куче сырой листвы. Она посыпала пол чистым песком и развела в Пещере отличный костер. Потом она повесила у входа в Пещеру шкуру Дикой Лошади хвостом вниз и сказала Мужчине:
— Вытирай, милый, ноги перед тем как войти: ведь теперь у нас хозяйство.

Редьярд Киплинг.
Кошка, которая гуляла сама по себе

Изучение архитектуры первобытного общества было бы невозможно без знания истории, геологии, палеонтологии, археологии, антропологии, этнологии и других наук, которые определили, систематизировали и обобщили множество данных о развитии человечества.

Если рассматривать историю первобытного человека с точки зрения развития его жилья и различных сооружений, то ее можно разделить на три периода: *пещерный*, *мегалитический*, *металлический*. В эти периоды человек освоил естественные и создал искусственные подземные сооружения, заложив и развив основы их проектирования, строительства и эксплуатации. Постепенно был выработан подход к возведению построек по законам красоты, с учетом формирования их пространства для необходимых целей.

2.1.1. Пещерный период

> Эти юноши спрятались в пещеру и сказали: «Господи наш, пошли нам от Себя милость и покажи правоту нашу в нашем деле!»
>
> *Коран, глава 18.9(10)*

В пещерный период человек укрывался от опасности и непогоды в естественных полостях. Если и существовали другие места обитания, то они носили временный характер и были примитивными укрытиями. Жизнедеятельность человека этого времени характеризуется использованием каменных орудий труда. В эпоху распространения и использования этих орудий (каменный век) пещеры служили человеку то жилищем, то крепостью, то загоном для скота, то кладовой или мастерской, а в конце жизни — кладбищем. Каменный век подразделяется на несколько периодов:

- *палеолит* (свыше 2 млн лет назад — до 10 тысячелетия до н.э.); наличие останков вымерших видов животных (мамонта, пещерного медведя, льва, носорога и т.п.). Каменные орудия этого времени имеют примитивный вид. Их получали путем отбивки краев одного камня другим. Следует отметить, что большинство людей сегодня не смогут создать подобные орудия труда, которые, будучи примитивными, тем не менее успешно могли бы резать, чистить, строгать, колоть и сейчас;
- *мезолит* (10—5 тыс. лет до н.э.); наличие останков таких животных, как северный олень, серны, антилопы и пр. В это время была приручена собака. Каменные орудия становятся более совершенными. В методах их обработки наблюдается постепенный переход от отбивки до шлифовки и заточки. Появляются лук и стрелы;
- *неолит* (8—3 тыс. лет до н.э.); отличается от предыдущих наличием останков уже существующих видов животных. В это время произошел переход от собирательства и охоты к земледелию

и скотоводству. Изготавливаемые каменные орудия имеют рабочие поверхности, полученные шлифованием и полировкой. Они совершенствуются по номенклатуре и конструкции. На них могут иметься изображения зверей, искусственные отверстия для рукоятей и т.п. В конце неолита появляются глиняная посуда и первые металлические орудия труда.

Естественные подземные жилые комплексы, освоенные первобытными людьми, известны во всех регионах мира — от Гималаев до Анд, от Урала до Скалистых гор — везде, где имеются соответствующие горно-геологические условия.

Древнейшими из открытых стоянок первобытного человека являются пещеры, где жили синантропы. Малая и большая пещеры Чжоукоудянь в Северном Китае были обитаемы 250 тыс. лет назад.

Другими примерами использования созданных природой подземных полостей могут служить пещеры Киик-Коба и Кош-Коба в Крыму, Мустье во Франции [70].

Иногда люди выбирали для жилищ укрытия, находившиеся в труднодоступных местах или на значительной высоте. Например, еще в раннем неолите были обитаемы пещеры на Памире, расположенные на высоте около 4,2 км над уровнем моря [36].

Впервые останки первобытного человека были обнаружены в Европе в долине Неандерталь (Германия). Затем последовали открытия на территории Бельгии, Испании, Италии, Югославии, Франции и в России, в Крыму. В основном эти останки находили в пещерах, которые и служили главным местом проживания первобытного человека. Часто при этом отмечается намеренное захоронение умерших, а в некоторых местах оно производилось неоднократно. В большинстве случаев тело помещали в готовые естественные углубления. Иногда для этих целей рыли специальные ямы, даже значительных размеров. Следовательно, на начальной стадии развития человека формировался культ души и загробной жизни, который впоследствии оказал влияние на архитектуру вообще и подземную в частности, так как способствовал возникновению и строительству культовых сооружений. То есть культура захоронения с использованием различных полостей, засыпаемых после погребения, существовала с древнейших времен. Быть может, с устройства могил и началось активное освоение подземного пространства, а первым подземным строителем стал человек, создавший первое подобное подземное или засыпное захоронение.

Наличие в жилой пещере погребений вынуждало людей, по вполне понятным причинам, расширять и благоустраивать свое убежище.

Захоронения в пещерах как естественного, так и искусственного происхождения стали устраивать в отдалении от жилого поме-

щения, в нишах, впоследствии получивших название аркосольных[1]. Такие конструкции известны в Азии, Америке, Европе. Встречаются многоярусные некрополи, расположенные друг над другом в стенах, и такие, в которых использовался принцип наслаивания одного сооружения над другим. Естественно, что такое было возможно только при определенных горно-геологических условиях. В начале своего развития внутренние объемы и убранство погребальных камер и склепов в пещерах мало различались по конструктивному исполнению и архитектурным особенностям. Они различались только формой и размерами.

Обычно эти объекты представляли собой незначительные строительные объемы, выполненные в породе или в грунте, стены которых были выровнены, а впоследствии и укреплены. Перекрытия или перегородки, закрывающие вход, изготавливались в виде плоских каменных плит различной конфигурации, получаемых из слоистых горных пород.

Развитие строительства и обустройство подземных сооружений в определенной степени было связано и с тем, что многие народы поклонялись культу подземных богов в местах их предполагаемого обитания.

Для создания подземных храмов вначале использовались естественные природные полости и пещеры, которые постепенно благоустраивались, а затем начали возводить для культовых целей подземные помещения. Подземное пространство, как нечто неизведанное, имело значительное влияние на представление людей об окружающем мире, отражаясь в религии, сказаниях, легендах, мифах.

На стенах пещер появилась первая ритуальная живопись, изготавливались алтари и жертвенники. Так, в одной из пещер в Северной Испании еще 12 тыс. лет до н.э. было оборудовано святилище, украшенное каменными скульптурами животных, предназначенное для совершения культовых обрядов охотниками [8]. Постепенно древние пещерные святилища стали дополняться техногенными элементами: примитивными лестницами, нишами, колоннами, перегородками и т.п.

Последователи религиозных течений, в которых божеством было солнце, выбирали пещеры для культовых целей с таким расчетом, чтобы его лучами освещалось священное место в помещении.

---

[1] Аркосолий — ниша для установки саркофага в храмах эпохи раннего христианства и позднего Средневековья.

Так как в природе такая ситуация встречалась редко, то люди искусственным путем ее тиражировали. Для освещения алтаря, где это было технически возможно, устраивались специальные световые отверстия, которые пробивались в потолке или стенах. Такие подземные храмы встречаются во многих странах, а приемы освещения храма через небольшие отверстия в стенах и сводах сохранились и до наших дней.

Постепенно храмы, расположенные в естественных подземных полостях, уступали место искусственным культовым сооружениям, возводимым по их подобию. Через некоторое время появилось другое архитектурное течение, когда на поверхности земли стали сооружаться различные культовые постройки, но первоначальный облик пещерной и гротовой архитектуры, тяжелой и таинственной, еще долго доминировал в человеческом воображении.

Примитивными деревянными и каменными орудиями труда сложно было разрушать крепкие горные породы. Поэтому искусственные полости можно было получить в мягких, но устойчивых породах, а также в естественных выходах слабых или разрушенных пород в прочном массиве. Существующими в то время орудиями труда можно было разрабатывать мергели, меловые и некоторые типы известняковых отложений, туфы, выходы глинистых и лессовых грунтов. Сечение выработок, проходимых такими орудиями, было небольшим, планы — простыми, зависимыми от возможностей исполнителей и условий работ.

Вход в сооружение мог иметь различные размеры и конфигурацию, но для большей безопасности человеком, безусловно, осуществлялись попытки закрыть, замаскировать или уменьшить его, что обеспечивалось перемещением и установкой крупных камней, засыпкой грунтом, закладкой ветками, стволами деревьев, камнями в форме плит естественного, а затем искусственного происхождения. С самого древнего времени при выборе пещер и обустройстве входов наличие естественного карниза использовалось для защиты сооружения от воды. Внутреннее благоустройство предусматривало расчистку пола от камней, выравнивание его поверхности, удаление воды за счет создания уклонов и канавок, устройство возвышений, ниш, ям, расширение узких проходов и т.д.

В пространстве больших по размерам пещер человеку по вполне утилитарным причинам приходилось ограничивать жизненное пространство. Для этих целей использовались различные конструкции перегородок и из них постепенно сооружалось нечто наподобие палатки. Использовались легкодоступные материалы: земля, глина, стволы и ветки деревьев, плоские камни, шкуры животных, трава и т.д. Палатки было удобно устраивать в углах и нишах как искусственного, так и естественного происхождения. Постройки

могли иметь различную форму и размеры. На поверхности стен некоторых пещер сохранились изображения круглых в плане палаток, которые служили постоянными и временными убежищами для человека. Такая конструкция затем получила широкое распространение в жизни кочевников. Она уже имела не только внутреннее пространство, характерное для конфигурации конкретной пещеры, но и конкретную пространственную форму.

Это можно наблюдать в пещерах Фурно-дю-Дьябль и Шанелль-о-Сэн во Франции, где были отгорожены камнем жилые помещения и устроено углубление для огня. Площадь ограниченного стенами из известняковых плит жилья составляла 80 м^2. Жилище было перекрыто деревом и засыпано землей [3, 11, 37, 50].

При создании пещер и палаток начали формироваться два противоположных метода *архитектурного мышления.*

Архитектурная форма *пещеры* была основана на отрицательном пространстве, так как пещера получалась путем удаления материала. К сооружениям этого типа относятся естественные и искусственные пещеры, а также внутренние объемы скульптурных объектов. Архитектурная форма *палатки* основывалась на положительном пространстве, так как палатка получалась путем нагромождения материала в пространстве [5, 37].

К сооружениям этого типа относятся все здания, построенные на поверхности земли, а также скульптурные, встроенные и засыпные подземные объекты.

Деревянная подпорка, как наиболее простая в обработке и доступная конструкция, поддерживающая свод в пещере, постепенно приобретает форму и размеры элемента сооружения и берется в основу архитектурных ордеров. Люди научились подбирать ее по толщине, длине и конфигурации. По ряду причин постепенно происходила трансформация деревянной колонны в каменную. На это влияли горно-геологические условия, требования к сооружению, наличие материалов и инструментов, квалификация строителей и пр. В различных условиях этот процесс мог протекать по-разному.

С одной стороны, человек видел натечные образования в пещерах — сталактиты и сталагмиты, которые, срастаясь, образуют колонну (сталагнат), имеющую утолщения сверху (капитель) и снизу (база), а также более тонкую центральную часть, или ствол колонны (рис. 1).

С другой стороны, деревянную стойку для установки в вырубаемой в породе полости (выработке) было сложно точно подобрать по высоте. В этом случае приходилось изготавливать стойку короче, чем требовалось, устанавливать ее на нижнюю опору (базу) из камня или дерева и расклинивать в верхней точке. Клин

мог быть деревянным или каменным (рис. 2). Таким образом производилась установка деревянного крепления в горном деле в древние времена, так она выполняется и сегодня. Причем для обеспечения надежной установки и восприятия нагрузки стойка должна быть сильно расклинена. Стойка при ударе по ней должна звенеть.

При раскреплении деревянной стойки (колонны) в распор почвы и кровли выработки края верхней пластины или клинья под воздействием нагрузки постепенно прогибались вниз и могли послужить прообразом волюты, которая получила впоследствии распространение в ионическом ордере.

Прямая пластина с не опущенными вниз краями могла служить прообразом капители тосканского и дорического ордеров. Кроме этого, если исходить из того, что первые естественные каменные колонны подземных сооружений были цельными, в виде натеков, то, когда человек стал вырубать или выравнивать колонну из породы, по чисто технологическим и техническим причинам сложно было не оставлять утолщения у ее основания и в верхней точке. Отбивать породу внутри углов выработки сложнее и труднее, чем на плоскости. Так постепенно формировалась каменная колонна с базой, капителью и стволом.

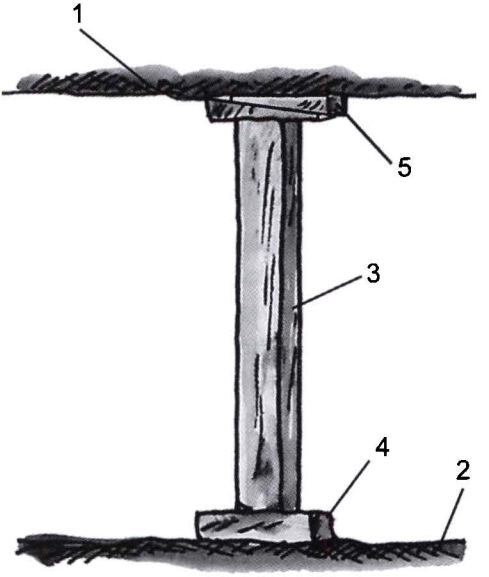

Рис. 1. Естественные натечные образования в пещере (сталагнат)

Рис. 2. Деревянная стойка, установленная в подземных условиях враспор почвы и кровли выработки:

1 — кровля выработки; *2* — почва выработки; *3* — стойка; *4* — подкладка; *5* — два встречных клина

Вероятно, первые колонны и появились в подземных сооружениях в виде подпорок и ограждений для палаток, затем их стали применять на входах в эти сооружения для укрепления карниза, а впоследствии — портика[1], который служил своеобразной защитой от стекающей по косогору воды и камней, падающих сверху. Для этих целей сверху колонн было необходимо укладывать что-то вроде балки и покрытия, т.е. нечто подобное архитраву[2]. Постепенно вход в виде портика приобретал и декоративную форму.

Возможно, только после этого усовершенствованные конструкции опор, балок и покрытий могли получить распространение при строительстве зданий на поверхности.

Наиболее древним жилым подземным искусственным сооружением, особенно на равнинной местности, является спальная яма. Когда над ней устраивался навес, перекрытый ветками, и насыпался грунт, она становилась землянкой. Кроме жилых землянок устраивались и хозяйственные, которые использовались как хранилища. То есть формировалось направление гражданской архитектуры, связанное со строительством хозяйственных построек, которое способствовало появлению и развитию промышленных и инженерных сооружений. Уже на ранней ступени развития человек осознал, что нижнюю границу расположения заглубленного подземного сооружения часто определяют уровень и величина возможного подъема грунтовых вод. Строились и использовались жилища, расположенные на сухой, возвышенной местности. При устройстве землянок значение имели прочность грунта, место расположения постройки и многие другие факторы. Большое значение, в отличие от благоустройства пещер, имела скорость строительства. Поэтому при возведении заглубленных сооружений необходимы были высокая степень технического оснащения и принятие на месте необходимых технологических решений. Для этих целей требовались квалифицированные строители и руководители работ, соответствующий инструмент, материалы для крепления выемки. Если при благоустройстве пещер и создании помещений в породах использовались инструменты, обеспечивающие отбивку камня, то для рытья грунта при строительстве землянок возникала потребность в применении разрыхляющих и копающих инструментов, таких, как кайла, скребки, лопаты, заступы, ломы и пр.

Начиная с каменного века человек осознанно осуществлял разработку грунтов и мягких горных пород с целью строительства

---

[1] Портик — выступающая вперед часть здания, образуемая колоннами или арками, несущими перекрытие.

[2] Архитрав — прямолинейная перекладина между опорами.

жилья, получения различных строительных материалов и полезных ископаемых. В результате этих работ совершенствовались инструменты и технологические приемы. Для получения материалов, применяемых при изготовлении инструментов, от собирательства постепенно переходят к добыче.

В Южной Англии имеются подземные каменоломни, расположенные в меловых отложениях, богатых включениями кремня. Добывая кремень, люди каменного века изготавливали из него необходимые орудия труда. Подобные месторождения осадочных пород широко распространены на земле. Имеются они и под Москвой, где кремнёвые включения встречаются в пластах известняка. Из таких включений выполнен пол в Благовещенском соборе Кремля. При всей скудности используемых для производства орудий труда материалов номенклатура изделий была чрезвычайно широка и обеспечивала разработку как грунтов, так и пород мягкой и средней крепости. После освоения технологии строительства примитивных подземных и заглубленных сооружений, приспособления к жилью полостей, возведения первых простых объектов для захоронения близких и совершения культовых обрядов человек начинает решать более сложные задачи, включающие возведение объектов, обеспечивающих жизнедеятельность, увеличение и усложнение объемов помещений, выполнение в помещениях декоративных деталей и пр. По мере накопления жизненного опыта люди перестали занимать случайные подземные полости, в которых они испытывали определенные неудобства. При выборе места проживания они стали анализировать состояние пещеры, условия ее расположения, наличие подходов, близость воды и т.п. При определении возможного места строительства подземного сооружения учитывались прочностные характеристики пород, наличие грунтовых вод, расположение на местности, возможность выполнения работ и др.

Большого внимания при освоении подземного пространства заслуживали различные факторы, которые обосновывали выбор и использование для различных целей естественных и искусственных полостей.

Чаще всего целесообразность использования подземного пространства определяла гидрогеологическая среда. Порода, в которой возводились искусственные сооружения, должна была быть плотной, прочной, однородной, без трещин и лучше с горизонтальным залеганием пластов, но в то же время она должна была легко обрабатываться простейшим инструментом, обладать хорошей паропроницаемостью, что способствовало возникновению в сооружении благоприятных температурно-влажностных условий. Помещение должно было быть сухим, а приток грунтовых вод — организованным или минимальным.

Теплоизоляционные характеристики пород должны были обеспечивать как экономичное нагревание, так и сохранение прохлады подземного пространства.

К породам, которые обеспечивают благоприятный теплоизоляционный режим, можно отнести туфы, известняки, мергели, доломиты, сланцы, мел, некоторые виды песчаников, лессы и т.д.

Расположение сооружения выбиралось таким образом, чтобы само оно и примыкающий рельеф местности обеспечивали скрытость, защищали от ветра, подтопления и т.д.

Выбору человеком пещеры как места обитания в большой степени способствовали различные благоприятные условия: морфологические (форма входа, объемы, наличие гротов, разветвленность, протяженность и пр.), микроклиматические (температура, влажность воздуха, вентиляция и пр.), гигиенические (отсутствие запахов, грязи, пыли и пр.) [8, 70].

Человек мог укрыться от непогоды в любых подземных полостях, но для постоянного жилья после тщательного анализа выбирал только единичные пещеры, которые оптимально соответствовали его потребностям в конкретной ситуации. Наиболее важным было снабжение водой. Необходимость хранения воды возникла с самых древних времен. Люди выбирали для жилья пещеры с родниками, ручьями или вблизи рек и озер. Однако это было довольно трудно. Сооружения могли находиться в пересеченной местности, и путь к воде, даже расположенной близко, был нелегким, да и опасным. Первоначально в местах выделения воды в пещерах создавались специальные небольшие углубления, а потом — емкости значительных объемов. В более позднее время, при совершенствовании орудий труда и технологии строительных работ, накопив опыт, человек стал строить и благоустраивать под землей полости значительных размеров, которые использовал для хранения обычного и стратегического запаса воды, а затем и продуктов питания.

Тщательность, с которой люди подбирали для себя подземное жилище, указывала на большой опыт и на развитие аналитического мышления. По данным литературы, всего 5,4 % природных пещер были местом постоянного обитания человека, так как они в максимальной степени соответствовали его потребностям. Этот естественный отбор, безусловно, сказался в дальнейшем на создании техногенных сооружений пещерного типа [70].

Необходимость в перемене места жительства, поиски более комфортных условий обитания постепенно заставили людей строить основную массу жилых сооружений на поверхности земли.

Основной толчок к строительству зданий на поверхности дало развитие земледелия, когда возникла необходимость в наличии в определенных местах постоянных жилых и хозяйственных постро-

ек. В это время и начинает господствовать архитектура палатки, основанная на положительном пространстве.

На поверхности начинают в массовом масштабе возводить различные постройки, но пещеры, а затем землянки и полуземлянки, совершенствуясь, продолжают развитие архитектуры подземных сооружений, характерных для пещерного периода жизни человечества. И до сегодняшних дней в мире остаются используемые подземные жилища, которые находятся в благоприятных условиях и обеспечивают требуемый уровень комфорта.

Особенно широкое распространение в пещерный период получили землянки и полуземлянки. В отличие от пещер они не требовали особых условий рельефа, а в отличие от палатки обеспечивали лучшую скрытость и долговечность. Наблюдаются ситуации, когда землянки и полуземлянки сооружались рядом с пещерами и палатками.

Влияние пещерной архитектуры хорошо прослеживается на террасном пещерно-земляночном жилище, которое представляет собой землянку, сооруженную на горном террасном склоне. У землянки в этом случае задняя стена бывает глухой или в ней расположен вход в подземное помещение, выполненное в породном массиве.

Террасное пещерно-земляночное жилище широко известно во всех районах земли.

Например, в Киргизии в искусственных террасах с древних времен сооружались землянки размерами в плане 10х10 м. Они перекрывались плоской кровлей на промежуточных деревянных опорах. Стены, расположенные ближе к нагорному склону, имели вход в пещерный объем, который использовался как склад. Подобные жилища сооружались в Кении, Китае, России, Швеции, Японии и других странах [19].

В степных местностях люди, нуждаясь в дереве для постройки жилищ, из-за недостатка лесов отыскивали естественные возвышенности, прорывали ходы и расширяли внутреннее пространство, насколько это допускали природные условия. Сверху же, соединяя вместе стволы деревьев, кости мамонта, ветки кустарника, делали конусообразные крыши, покрывали их тростником, хворостом, шкурами животных и насыпали над жилищами вынутый при строительстве грунт. Эта технология обеспечивала скрытость постройки и минимальный объем земляных работ. Выполненные таким образом сооружения были долговечны, теплы зимой и прохладны летом (рис. 3). Позднее они широко использовались фригийцами [9, 14, 50].

В это время архитектура полуподземных жилищ становится близкой строительству на поверхности. В выемках возводятся каркасы сооружений, назначением которых являлось деление помещения

на части и поддержка перекрытия плоской или шатровой формы. Грунт использовался только для ограждения, обеспечивая защиту от воздействия окружающей среды. Подобная архитектура характерна для всех регионов мира, включая Крайний Север, где в качестве ограждения могла быть насыпь снега или конструкция изо льда.

Палатка и полуземлянка способствовали созданию круглого дома-жилища, широко распространенного на Востоке (Сирия, Персия), в Европе (Англия, Франция), в России, Средней Азии, Африке, Америке и т.д.

На богатой лесом территории Северной и Средней Европы они достаточно быстро превратились в однокомнатный круглый деревянный дом, который по чисто техническим и технологическим причинам трансформировался сначала в многоугольный, а затем — в прямоугольный. Конструкция круглого дома представляла собой врытый вертикально или наклонно внутрь частокол, который перекрывался стволами деревьев, ветками и шкурами животных.

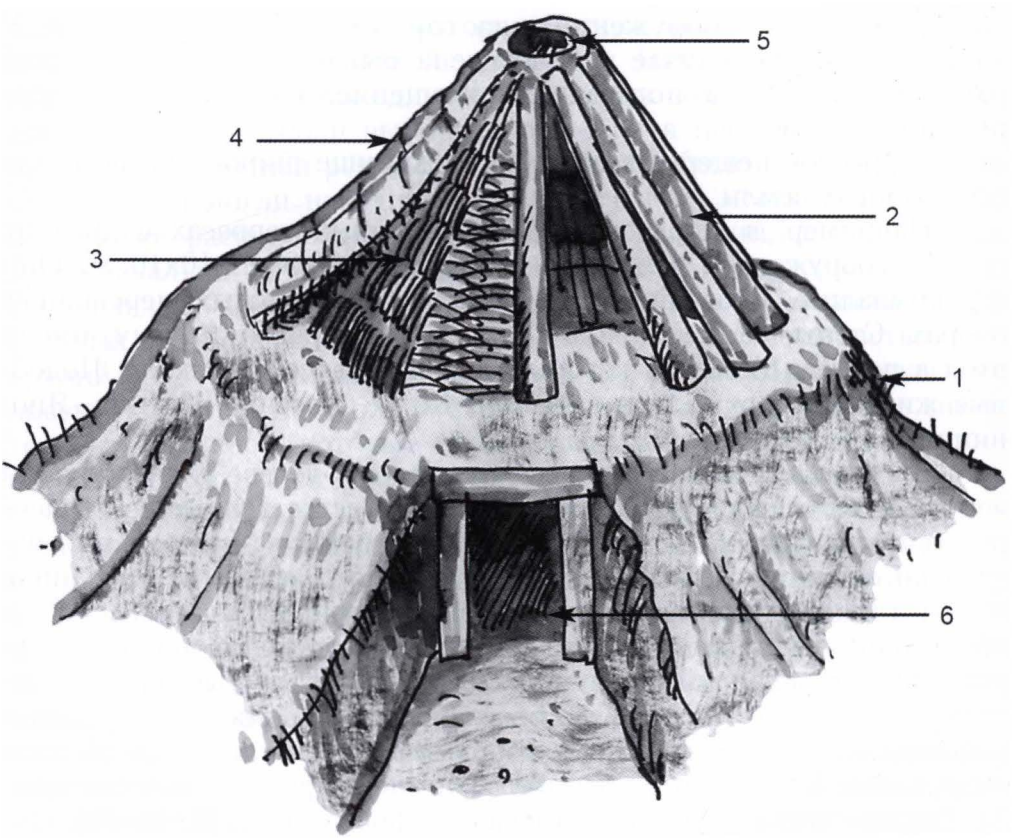

Рис. 3. Устройство землянки в естественных возвышенностях [9, 14]:
1 — холм; *2* — каркас из дерева или других материалов; *3* — обшивка каркаса из прутьев; *4* — грунт; *5* — вентиляционное отверстие; *6* — вход

Много позже, когда человек научился возводить сооружения из горизонтально уложенных стволов деревьев, появилась конструкция деревянного дома, дошедшая до нашего времени.

Землянки и полуземлянки в определенной степени способствовали удовлетворению физических потребностей людей того времени. Однако очень сложно было украшать и оформлять стены этих жилищ различными рисунками. В этих условиях развитие получили всевозможные скульптурные изображения, которые использовались в различных целях. Безусловно, в значительной степени удовлетворению духовных потребностей человека в части развития живописи способствовало освоение естественных подземных убежищ и строительство новых в скальных и полускальных породах. Плотные и гладкие стены таких сооружений, отсутствие фильтрации воды позволяли использовать их поверхность для рисунков, даже раскрашенных, и получения рельефных изображений. Может быть, духовные потребности и возможность самовыражения людей способствовали выбору условий строительства подземных сооружений и приспособления для жилья естественных полостей.

До нас дошло большое количество наскальных рисунков, которые очень хорошо сохранялись в пещерах, где наблюдался устойчивый влажностный и температурный режим (пещера Нио во Франции и др.) [31]. Из пещерных настенных рисунков вышли темперная живопись, графика и другие виды изобразительного искусства.

Постепенно в Европе произошло потепление климата, но люди продолжали осваивать естественные подземные укрытия с благоприятными условиями для проживания. К таким относятся пещеры Мас-д'Азиль (Франция), представляющие собой гигантский тоннель протяженностью около 400 м, полученный размывом пород протекающей рекой Ариз. По сторонам тоннеля имеется большое количество ниш и камер естественного происхождения, которые активно осваивались человеком [5].

Обустройству для жилья подземных и заглубленных сооружений способствовало изобретение и получение обмазочных и глинобитных конструкций. Отрывая убежища в глинах и глинистых породах, человек рано выяснил способность некоторых их сортов создавать с водой смесь, которая могла использоваться для изготовления посуды, обмазки жилищ и формования стен, замазки швов в каменной кладке, устройства емкостей и пр. Способность глины пропускать пары воды, но не пропускать воду помогала создавать конструкции, которые «дышали», но хорошо защищали от статического и временного динамического воздействия воды. Эти материалы широко использовались для усовершенствования помещений внутри и благоустройства входов вне пещер. Постепенно их повсеместно стали применять для гидроизоляционных целей.

Изобретение формования кирпичей из глины и смешанных с глиной травы, соломы, веток привело к созданию сооружений, получаемых путем кладки, что позволило возводить безопасное жилище и вне подземного пространства, строительство которого в данном районе было сложным или невозможным процессом. Это привело к революции в возведении зданий на поверхности.

Уже в эпоху неолита человек научился выделывать сырцовый кирпич и строить из него дома. Одни из первых поселений из кирпича относятся к VI—V тысячелетию до н.э.; они находились в долине крупных рек в Ассирии, Египте, Халдее.

Кроме кирпичных большое распространение находят глинобитные дома и сооружения различной конструкции как для постоянного, так и для временного пребывания людей, хозяйственного и другого назначения. Но и при строительстве из кирпича на поверхности земли широко использовался накопленный человеком опыт возведения подземных сооружений. Сами поверхностные постройки первоначально сильно походили на подземные, они были слабо освещены, тесны, плохо вентилировались и пр. Постепенно их благоустраивали и опыт подземного строительства воплотился в архитектуре кирпичных и глинобитных зданий в части встроенных в них подземных помещений как культового, так и гражданского назначения.

Со временем человек научился разрабатывать в больших объемах горные породы, сначала мягкие (меловые отложения, мергели, туфы, некоторые известняки и т.д.), используя добываемый камень в различных целях, в том числе и в строительстве. Конструкции из этих материалов хорошо обрабатываются и достаточно просто украшаются резьбой. Затем при совершенствовании техники и технологии производства работ в благоприятных горно-геологических условиях начинаются разработки прочных пород, таких, как граниты, габбро, базальты и т.п. Конечно, разрушение человеком крепких пород в пещерный период его развития не носило массового характера, а было случайным, но полученный опыт сказался впоследствии. Совершенствование и необходимость в массовом производстве инструментов, оружия, предметов обихода привели к развитию горного дела, опыт которого оказывал значительное влияние на подземное строительство.

Первоначально форма сечения искусственных подземных сооружений, скорее всего, была сводчатой. Человек производил выемку породы высотой в свой рост в средней части и меньшей по краям — так ему было удобней и выгодней. При незначительных пролетах выработки, проходимой в мягких породах, форма сечения могла выполняться в виде прямоугольника или ее свод имел пологий контур. Большинство ранних и поздних выработок, сооружен-

ных в известняках, песчаниках, мраморах, имели прямоугольное сечение с пологим сводом. В грунтах, таких, как плотные пески, супеси, лессы, при рытье полостей контуры перекрытия могли соответствовать своду естественного равновесия, т.е. такому своду, который получался после обрушения породы в кровле. Высота этого свода зависела от свойств грунтов.

Это явление связано с тем, что если в горных породах проходится выработка, то равновесие пород нарушается. Под влиянием тяжести вышележащих слоев массив, в котором выработка сооружена, будет «выдавливаться» в образовавшееся пространство. Если породы обладают значительной прочностью и упругостью, то они «успокаиваются» и приходят в состояние равновесия. Если же предел упругости пород был превзойден, то они начинают постепенно обрушаться. Это разрушение происходит по криволинейным поверхностям. Природа как бы стремится придать сооружению более долговечную, сводчатую форму. Конечно, и эта полученная конструкция с течением времени выходит из строя, поэтому необходимо было не только придавать полости при сооружении более устойчивую форму, но и увеличивать ее сопротивление обрушению пород. Последнее достигалось закреплением полученных подземных помещений деревом, камнем, кирпичом [51].

Обрушение пород происходило чаще всего при увеличении ширины (пролета) выработки и тогда при строительстве появлялась необходимость устанавливать деревянные или оставлять в породе промежуточные опоры — целики. При невозможности выполнить это стали делать две выработки и соединять их между собой сбойками, оставляя породные целики, которые постепенно превращались в мощные колонны.

При совершенствовании орудий труда получаемое пространство могло приобретать правильную прямоугольную форму даже в крепких породах, таких, как граниты, базальты и пр. Линии сводов выравнивались, появлялись ниши и т.д.

Использование клиньев, которые забивались в трещины для увеличения их раскрытия, и пластин, укладываемых в расширенные трещины для разрушения крепких пород, позволило разрабатывать слоистые и трещиноватые породы, разбивая камень для усовершенствования естественных подземных полостей и входов в них.

В породах устойчивых, мягких и неабразивных можно было использовать и совершенствовать различного типа долота, скарпели, примитивные пилы и с их помощью осуществлять не только работы по благоустройству жилищ, но и добычу материала для строительных целей.

При жизни в пещерах человек использовал огонь как для освещения, так и для согревания и приготовления пищи. Глядя на то,

как пламя костра воздействует на породу, в которой находилась пещера, человек видел, что она становилась хрупкой и разрушалась. Этот процесс ускорялся, если на горячий камень выливали воду.

Наблюдения, полученные первобытным человеком в быту, помогли в дальнейшем при благоустройстве существующих и строительстве новых подземных объектов. С глубокой древности нашел применение «огневой» способ разрушения пород и сооружения выработок, который описан немецким ученым Г. Агриколой. Документально известно, что карфагенский полководец Ганнибал во II в. до н.э. с помощью этого способа осуществил проходку тоннелей в Альпах [9].

Тит Ливий в «Истории от основания Рима» писал об этом: «Обождав затем появления сильного и благоприятного для разведения огня ветра, они зажигают костер, а затем, когда он выгорел, заливают раскаленный камень уксусом, превращая его этим в рыхлую массу. Потом, ломая железными орудиями растрескивающуюся от действия огня скалу, они делают ее проходимой...» [71]. Но наверняка этот способ использовался гораздо раньше, еще, вероятнее всего, при жизни человека под землей при обустройстве пещер. Этот способ применяется и сегодня. В Полинезии, например, таким образом раскалывают блоки кораллового известняка.

Можно утверждать, что именно в пещерный период существования человечества появились зачатки подземной архитектуры, получившей развитие в позднее время. Это прежде всего относится к выбору и оценке возможностей строительства, а также к совершенствованию эксплуатации сооружений, к накоплению и анализу опыта выполнения работ по приведению выбранного помещения в надлежащее состояние.

В этот период впервые появляются различные подземные и заглубленные сооружения, используемые для всевозможных целей. Они начинают приобретать определенную форму и размеры.

2.1.2. Мегалитический период

Там место есть, вдали от Вельзевула,
Насколько стены склепа вдаль ведут;
Оно приметно только из-за гула
Ручья, который вытекает тут.

Данте Алигьери. Божественная комедия

Мегалитический период относится к концу неолита. В истории зодчества в это время наряду с развитием архитектуры простейших конструктивных форм начинается развитие архитектуры монументальной.