

**СЕМИНАР 18
ДОКЛАД НА СИМПОЗИУМЕ "НЕДЕЛЯ ГОРНЯКА –
2000"**

МОСКВА, МГТУ, 31 января – 4 февраля 2000 года

**✂ В.Г. Лернер, Е.В. Петренко,
И.Е. Петренко, 2000**

УДК 69(24)

В.Г. Лернер, Е.В. Петренко, И.Е. Петренко

**ОСВОЕНИЕ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА
БОЛЬШИХ ГОРОДОВ**

О

собенности освоения подземного пространства

Освоение подземного пространства в планировке и застройке крупных городов приобретает огромное значение из-за дефицита городских территорий, постоянного роста населения, и резкого увеличения загазованности, и транспортных потоков на улицах, и недостаточного развития городской инфраструктуры.

Почти во всех крупных городах мира идёт процесс активного освоения подземного пространства для размещения транспортных и инженерных систем, объектов торговли и бытового обслуживания, складов и автостоянок, решения различных вопросов multifunctionality мегаполисов.

По сути дела, образуется новая подземная инфраструктура крупных городов – мегаполисов, в ходе которой необходимо учитывать ряд обстоятельств и прежде всего – влияние техногенных процессов на экологию подземного пространства, на состояние гидрогеологической среды, а также архитектурно художественное оформление сооружаемых функциональных подземных центров и объектов. При освоении подземного пространства используются практически все направления современного подземного строительства, менеджмента и контрактинговой практики. Комплексное освоение подземного пространства является одним из наиболее эффективных путей решения, территориальных, транспортных и экологических проблем крупных городов, развивающихся как культурно-исторические и торгово-промышленные

центры. При этом наиболее полно сохраняется окружающая среда для размещения парков и рекреационных зон и значительно уменьшается загрязнение от автомобильного движения.

Процесс организации освоения городского подземного пространства характеризуется следующими особенностями:

- внутренней упорядоченностью, согласованностью, взаимодействием различных подсистем подземной инфраструктуры, обусловленных строением городского подземного пространства;
- совокупностью процессов проектирования, менеджмента, технологий строительства подземных сооружений, ведущих к образованию и совершенствованию подсистем городского подземного пространства и взаимосвязей между ними;
- методическими подходами, принципами и методами освоения подземного пространства;
- широким набором применяемых технологий подземного строительства;
- современными формами и методами организации строительства подземных сооружений и их функционирования для решения задач удовлетворения общественных потребностей и получения прибыли в условиях рыночных отношений;
- совершенствованием организационно - технологических схем, архитектурных и объемно – планировочных решений;
- методологией проектирования подземных сооружений нового поколения на основе нетрадиционных решений, использования закономерностей освоения недр, высоких технологий, достижений строительной гео-

технологии с учетом горногеологических условий строительства.

Современные тенденции освоения подземного пространства

В 21 веке роль комплексного освоения подземного пространства больших городов будет направлена на изменение жизни к лучшему.

Интенсивное освоение подземного пространства будет основной тенденцией в 21 столетии из-за того, что не хватает места для жизни людей, а также из-за необходимости создания новой среды обитания людей посредством расширения их возможностей и улучшения инфраструктуры.

Основные тенденции и направления современного освоения подземного пространства заключаются в комплексном освоении подземного пространства (прежде всего мегаполисов) посредством:

- создания крупных подземных инфраструктур и подземных сооружений, как градообразующих и интегрирующих больших сложных геосистем со встроенными инвариантными техническими и архитектурными решениями;
- строительства подземных сооружений нового поколения с использованием высоких технологий и новых объемно-планировочных и архитектурных решений;
- более широкого использования свойств массива горных пород и управления свойствами подземных сооружений;
- использования достижений менеджмента в подземном строительстве;
- подбора экономически эффективных схем инвестирования строительства подземных объектов и внедрения новых методов финансирования;
- внедрения новых акцентов, аспектов и достижений в подземном строительстве;
- поиска новых видов геосистем;
- повышения безопасности в подземном строительстве, в том числе предотвращения просадок поверхности;
- внедрения геомониторинга и геомеханических исследований структуры и свойств вмещающих горных пород;
- повышения качества подземных сооружений и улучшения жизни людей;
- внедрения новых механизированных комплексов, комбайнов и новоав-

стрийского способа проходки тоннелей НАТМ;

- выбора обоснованной стратегии освоения подземного пространства.

Гибкость технологий проходки тоннелей, оборудования и средств механизации их проходки становится важным критерием приемлемости и прогрессивности технологий в современных условиях подземного строительства.

Геомеханические исследования массива горных пород и мониторинг системы «крепь – массив вмещающих пород» стали неотъемлемой составной частью и основой принципов управления технологией строительства подземных сооружений, обеспечивающих безопасность работ и устойчивость подземных горных выработок.

Внедрение мировых тенденций и достижения тоннелестроения в отечественную практику освоения подземного пространства позволит существенно повысить качество подземных сооружений и улучшить жизнь людей.

Большое внимание необходимо уделять поддержанию уровня грунтовых вод, охране окружающей среды, защите археологически ценных грунтов, сохранению существующих архитектурных памятников, сооружений и геологических условий для устойчивого состояния подземного пространства.

Использование подземного пространства для публичных мероприятий требует обеспечения безопасных выходов и привлечения архитекторов для работы над всеми проектами подземных сооружений.

Освоение подземного пространства Москвы

Активно осваивается подземное пространство столицы путем строительства многоцелевых подземных комплексов, транспортных и коллекторных тоннелей, гаражей и складов, других объектов. Построен первый в России подземный торгово-рекреационный комплекс «Охотный ряд» на Манежной площади.

Большое внимание уделяется развитию инфраструктуры города. В этом ряду строительство 3-го транспортного кольца. Сооружена одна из крупнейших в мире «стена в грунте», ограждающая котлован на строительстве делового центра «Москва-Сити», протяженность стены 1768 м, с заглублением на 10 м ниже уровня ря-

дом с котлованом протекающей Москвы-реки.

В сфере строительства городских подземных сооружений применяются различные технологии воздействия траншейных стен в сочетании с другими строительными технологиями. Совершенствование технологий исследовано на отдельных конкретных примерах строительства подземных сооружений.

Сооружение «стены в грунте» на строительстве торгово-рекреационного комплекса на Манежной площади было выполнено впервые в практике московского строительства способом фрезерования грунта. Впервые также была разработана и применена бетонная смесь марки 700 водонепроницаемостью не ниже 16 ед. с применением микрокремнеземной добавки. Кроме того были выполнены защитные мероприятия по ограждению зданий и действующих линий метрополитена путём устройства более 2000 буронабивных свай. Для повышения надёжности и долговечности подземного сооружения в арматурный каркас «стены в грунте» была включена металлоизоляция, а раздробленные породы дна были укреплены по технологии «jet-grouting».

Стены глубокой части котлована выполнены способом «стены в грунте» с устройством буросекущихся свай. С целью защиты от подземных вод все наружные стены ТРК снабжены внутренней металлоизоляцией. Под фундаментом мелкозаглублённого пространства устроен пластовый дренаж с выводом в контурный дренаж. Для усовершенствования схемы работы «стены в грунте» было принято решение объединить её с рядами защитных свай фундаментом плитой мелкозаглублённости части ТРК на отметки 130 м. На строительной площадке осуществлялся мониторинг.

Одной из важнейших задач, от решения которой зависит эффективность использования способа «стена в грунте», является правильный выбор технологии разработки грунтового ядра при строительстве подземного сооружения. АО «Мос-инжстрой» с МГТУ внедрена новая технология, сущность которой заключается в том, что вначале разрабатывается центральная часть породного массива внутри сооружения на глубину одного яруса. При этом рядом с вертикаль-

ными несущими конструкциями остаются неразработанные участки породы. Это повышает несущую способность породного массива. Под защитой оставленных породных участков монтируются распорные конструкции, после завершения монтажа которых разрабатываются оставленные рядом с вертикальными несущими конструкциями участки породы, и цикл повторяется на следующей заходке.

При реконструкции Ленинского проспекта и ул. Миклухо-Маклая при строительстве двух транспортных тоннелей предусмотрена технология устройства стен методом буросекущихся свай диаметром 1,0 м с последующей разработкой грунта до отметки свода тоннеля и бетонированием перекрытий с применением бетона класса В 30, W 12. Последующая разработка грунта ведётся под защитой готового перекрытия с восстановлением движения наземного транспорта.

На строительстве подземной автостоянки на площади Революции применена новая технология выполнения «стены в грунте» в отдельных захватках длиной 2,2 м с межосевым шагом 4,1 м. В захватках устанавливались пространственные арматурные каркасы сечением 0,47-1,8 м. После бетонирования опережающих панелей производилась разработка соединительных захваток длиной 2,2 м со срезкой бетона толщиной 0,15 м с торцевых кромок опережающих панелей с последующей установкой каркасов и бетонированием. Такая технология обеспечивала монолитность «стены в грунте» и отсутствие холодных и грязевых швов в стыках панелей.

Разработка грунтового ядра в котловане производилась в два этапа. Использовалось максимальное совмещение работ по монтажу каркасов, опалубки, возведению гидроизоляции и бетонированию за счет производства этих работ, одновременно в нескольких уровнях. Применение инвентарной опалубки с фанерным настилом в сочетании с челночной технологией позволило сократить сроки возведения строительных конструкций подземной автостоянки почти в два раза против проектных. На этой стройке применено оригинальное соединение плоского перекрытия каждого яруса со стенами.

Нагрузки от перекрытий и будущие нагрузки от веса автомобилей переносятся на стены не полностью, а частично за счет специальной конструкции арматурных каркасов, входящих своими выступами («пятаями») в ниши стен, выполненных заранее в конструкции «стены в грунте». Остальная нагрузка приходится на замкнутые конструкции дополнительных стен. Подобная конструкция многоуровневой подземной автостоянки и метод ее сооружения могут быть также использованы и для других объектов социального, культурного и технического назначения.

На строительстве фондохранилища Музея А.С. Пушкина применено новое решение разработки котлована глубиной 11 м под защитой одного перекрытия в уровне поверхности земли без всякой дополнительной временной крепи стен, устроенной из буросекущихся свай.

Следует отметить высокие технологические возможности щитов фирмы «Бессак», особенно их способность вести безосадочную проходку в водонасыщенных грунтах. Этот комплекс намечается использовать при строительстве канализационного тоннеля длиной 950 м и диаметром 4,3 м в сочетании с обделкой из высокоточных железобетонных тубингов.

Фирма «Крот и К^о» «Мосинжстрой» внедряет, начиная с 1997 г., щитовую проходку комплексом диаметром 4,0 м с монолитно-прессованной обделкой, что не менее чем на 20% дешевле строительства тоннеля со сборной обделкой. Щит оборудован скользящей опалубкой.

Новые технологии и оборудование для строительства городских тоннелей коммунального назначения с применением механизированных щитов и щитовых комплексов диаметром 2,6-5,6 м, оснащенных экскаваторными рабочими органами, и механизированных самоходных комплексов для бетонирования вторичной обделки тоннелей позволили повысить темпы строительства, улучшить условия труда и его безопасность, обеспечить строительство в Москве более 10

км в год коммуникационных тоннелей.

Современные технологии проведения подземных горных выработок с использованием механизированных щитов, микрощитов, новой тоннелестроительной техники, монолитно-прессованной обделки из бетона, высокоточных тубингов в сочетании с различными техническими и технологическими решениями позволяют активизировать комплексное освоение подземного пространства столицы.

В результате экспериментального использования георадаров созданы приборы, методика и технология зондирования георадарами вмещающих горных пород как составная часть технологии механизированного проведения подземных горных выработок. Использование георадаров позволит предупредить ряд негативных последствий подземного строительства, таких как обрушения и обвалы пород в забоях. Поиск и своевременное обнаружение георадарами подземных пустот и возможных аномалий в массиве вмещающих горных пород позволит предотвратить остановки и аварии во многих случаях проведения коллекторных тоннелей в Москве.

Заключение

Описанные строительные технологии и технические решения позволяют осуществлять строительство в стесненных условиях городской застройки с минимальными объемами разрывов, не препятствуя движению транспорта. В сложных гидрогеологических условиях эти методы применяются в сочетании со специальными видами работ: водопонижением, замораживанием, химическим укреплением грунтов и др. Использование способа «стена в грунте» осуществляется в сочетании с буросекущимися сваями для ограждения котлована, устройством завес и разными технологиями выемки земляного ядра котлована. Набор различных технологий и технических решений позволяет повысить надежность и безопасность строительства конкретных подземных сооружений. Развитие центральных районов во многих больших городах

намечается за счет пропуска общественного пассажирского транспорта и автотранспорта под землей. В будущем необходимо больше уделять внимания изучению инженерно-геологических условий строительства для выбора соответствующих технологий строительства подземных сооружений.

Будущий процесс освоения подземного городского пространства должен происходить с применением новых идей в области подземного строительства в нескольких направлениях, в первую очередь:

- в направлении создания универсальных проходческих комплексов, а также расширения области применения новоавстрийского способа проходки НАТМ;
- схемы финансирования по схеме ВОТ;
- внедрения систем сканирования горных пород с целью обнаружения ослабленных зон как вмещающих пород, так и впереди забоя.
- Шире будут:
- использоваться системы для набрызг-бетона, бурения шпуров и установке анкерного крепления кровли и стен горных выработок;
- новые материалы для гидропригрузки щитовых комплексов;
- полимеры для инъекции укрепляющих растворов;
- материалы для облицовки тоннелей;
- приборы для измерения и контроля разнообразных процессов и операций.

В 21 веке во главе проблемы освоения подземного пространства крупных городов становится человек. При этом процесс освоения следует рассматривать как единое целое, когда все его элементы, человеческие и механические, полностью контролируются и необходимым образом объединяются в общую программу действий. Требуется слаженная работа коллектива, взаимные, очень правильные и четко согласованные действия людей на всех уровнях принятия решений.

КОРОТКО
О АВТОРАХ

Лернер В.Г. – первый заместитель генерального директора, АО «Мосинжстрой».

Петренко Е.В. – доктор технических наук, профессор, Академия горных наук.

Петренко И.Е. – кандидат технических наук, Московский государственный горный университет