

## К ВОПРОСУ ОСВОЕНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА Г. ДНЕПР НА ОСНОВЕ ГЕОЛОГИЧЕСКОГО СТРОЕНИЯ ТЕРРИТОРИИ

*Э.А. Максимова, Государственное высшее учебное заведение «Национальный горный университет», Украина*

*И.В. Шумельчик, Частное предприятие «АТЛ-ДП», Украина*

Выполнено исследование и приведена характеристика геолого-гидрогеологической обстановки, с точки зрения возможности и целесообразности подземного гражданского строительства в г. Днепр. Предложен принципиально новый подход к освоению подземного пространства, на основе анализа конкретных геоморфологических зон. Разработана классификация подземных городских сооружений на основе глубин их заложения, с учетом геолого-гидрогеологических условий территорий.

Освоение подземного пространства интенсивно развивается во всем мире. Доля подземных сооружений, составляющая порядка 25-30 % от общей площади застройки, гармонично обеспечивает комфортное проживание населения в современных европейских мегаполисах. В Украине и странах бывшего СНГ, эта доля едва достигает 5 % в крупных городах. Очевидно, что без подземных сооружений в виде метро, тоннелей с подземными автомагистралями, коллекторов, переходов, магистральных развязок и иных видов инженерной инфраструктуры, а также гаражей и различных многофункциональных торгово-развлекательных комплексов, современные города не получают должного развития. Развитая подземная инфраструктура повышает комфорт перемещения, как например в Торонто, где под землей объединены подъезды к домам, офисным зданиям, паркингам, станциям метро и торговым центрам. Интенсивность освоения подземного пространства зависит от многих факторов, где основным из решающих, является характер ландшафта и геолого- гидрогеологические условия территорий. Обоснование необходимости подземного строительства для каждого конкретного участка должно быть обусловлено реальными возможностями и потребностью в нем в данном месте, а не принципами менталитета прошлых лет. При этом, следует учитывать тот факт, что стоимость земли во многих крупных городах Украины, за последние два десятка лет возросла в несколько раз. Таким образом, в условиях плотной городской застройки и дефицита свободных земельных участков, особую актуальность приобретает подземное гражданское строительство.

Таким образом, целью данной статьи явилась необходимость показать основные принципиальные направления и реальные возможности освоения подземного пространства г. Днепр на основе особенностей его геоморфологии и геолого- гидрогеологических условий.

Проблемам освоения подземного пространства одного из крупнейших городов Украины, такого как г. Днепр, следует уделить особое внимание и решение следующих основных задач, позволит освободить территорию для парков, скверов и обычных пешеходных зон, что особенно важно как с экологической точки зрения, так и в зонах исторических застроек.

В первую очередь, при интенсивном транспортном потоке, пробках на основных магистралях и небольших старинных улочках, загрязнении атмосферы города выхлопными газами, при отсутствии окружных трасс для транзитного транспорта, особую актуальность приобретает подземное *транспортное строительство*.

В этом случае, помимо необходимости вывода транзитного транспорта на окружные трассы, назрела необходимость строительства развязок в разных уровнях и, в том числе, подземных транспортных тоннелей и путепроводов. При этом, современная тенденция уничтожения парковых зон и хвойных насаждений 30-40 летнего возраста, для производства строительно-дорожных работ, является недопустимой при цивилизованном градостроении.

В таких случаях, возможно, существует необходимость корректировки проектов 20-ти летней давности, с учетом появления современных технологий и изменившихся условий целесообразности нового строительства в том или ином историческом месте.

Немаловажным фактором является то, что для исторической застройки сегодня необходимы новейшие строительные технологии, постоянный мониторинг и предотвращение процессов сдвигов и деформаций земной поверхности, поскольку существует опасность разрушения оснований фундаментов, большинство которых благополучно сохранилось на протяжении последних 150 лет.

Также, в городе Днепр, как и других крупных городах, малые архитектурные формы, парковки на поверхности, а именно на тротуарах и в зеленых зонах, сегодня слишком большая роскошь. Стоимость земли в таких местах в десятки раз превышает ценность этих сооружений, совместно с прибылью от их функционирования.

В последние годы город Днепр украшает множество высотных зданий, причем в них практически отсутствуют подземные этажи. А там, где имеются лишь подземные паркинги, существует проблема их периодического обводнения. Причем обводнение зачастую происходит не за счет грунтовых вод, а из-за несовершенства систем водоотведения поверхностного стока и потерь из водопроводных и канализационных сетей.

По мнению авторов, инвесторы в силу как объективных, так и субъективных причин, не имеют компетентной информации о геолого-гидрогеологических условиях своих объектов и, как следствие – либо не запроектированы должным образом системы водоотведения, либо специалисты подрядных организаций недостатки, допущенные в период проектирования или строительства, списывают на сложные геолого-гидрогеологические условия. Существует стереотип об опасности близкого залегания уровня подземных вод и катастрофических последствиях расположения города на просадочных грунтах. В этом случае хочется отметить, что общемировая практика подземного строительства доказывает обратное.

Из научной литературы прошлых лет [1, 2] известно, что около 35 % площади европейской части бывшего СССР, сложены глинистыми грунтами. Они представлены как микропористыми, так и макропористыми грунтами эолового происхождения - а именно лессами и лессовидными суглинками. Для них характерно основное отличительное свойство - сохранять высочайшие вертикальные откосы в сухом состоянии, а при насыщении влагой резко проседать и приносить катастрофические разрушения возведенным на них сооружениям.

Как известно, городу Днепр более 200 лет, а последние 100 лет он интенсивно застраивался на этих просадочных грунтах. Провалы, обвалы склонов балок и трещины фундаментов участились по мере выхода из строя годами не ремонтирующихся коммуникаций. Принимая во внимание требования современного строительства, просто необходимо придерживаться Правил застройки на просадочных грунтах, применять новейшие технологии и заказывать выполнение проектов профессионалам. Безусловно, освоение современными методами освоения подземного пространства весьма дорогостоящее дело, но при достижении цели, экономический эффект трудно переоценить.

На кафедре строительства, геотехники и геомеханики ГВУЗ «Национальный горный университет» на протяжении более 60 лет работают известные ученые в области подземного строительства, готовят высококвалифицированных специалистов такого профиля, которые трудятся по всему миру. Авторы выражают глубокую признательность коллегам за их постоянную помощь и поддержку.

В настоящее время необходимо уделять больше внимания подготовке специалистов в области подземного строительства, а особенно — проектирования подземных сооружений. В этих условиях также весьма важны современные технологии освоения подземного пространства, которых довольно много и которые широко используются во всем мире, а у нас они практически отсутствуют.

Для достижения поставленной цели, необходимо начать рассмотрение тесно взаимосвязанных основополагающих факторов, а именно природные геомеханические процессы в городе и геолого - гидрогеологические условия застроенных территорий.

Прежде чем приступить к изложению сути проведенных исследований, рассмотрим краткую геолого-географическую справку относительно особенностей расположения города

Днепр, которые и определяют впоследствии условия освоения подземного пространства.

Территория города (405 кв. км) приурочена к долинам рек Днепр и Самара, которые пересекают город на три крупные части (левобережье, правобережье, Приднепровск и Игрень). Днепр, шириной от одного до трёх километров, протекает через город с запада на восток и делает поворот на юго-восток и юг. Река Самара впадает в Днепр в восточной части города.

По данным наших исследований из 31 900 кв. км площади Днепропетровской области – 145 кв. км заняты оползнями и 1 660,0 кв. км подтоплены. Если 20 лет назад в пределах города Днепропетровска наблюдалось 15 оползневых участков, то сегодня насчитывается более 100 оползнеопасных зон, общей площадью около 6 кв. км., из которых 26 устоявшихся и 74 активных.

Левобережная часть - пологая равнина, которая спускается к Днепру. Породы залегают практически горизонтально, сложены супесями и песками, в районе проспекта Воронцова граниты встречены на глубине 11-12 м, а начиная от г. Подгородное граниты Украинского кристаллического щита уходят вглубь и скважинами, глубиной 50 м не встречены. В этой части города, подземное строительство на сегодняшний день не слишком актуально, требует больших капиталовложений, поскольку его необходимо вести со строительным водопонижением, т.к. в песках повсеместно распространены подземные воды.

Правобережная часть города (около 180 кв. км) – Приднепровская возвышенность, приурочена к Украинскому кристаллическому щиту, обнажения которого мы видим в парке им. Т.Г. Шевченко. Здесь территория изрезана густой овражно-балочной сетью. Более десятка балок очень крупные, в целом, балки занимают значительную его часть. Их верховья и тальвеги застроены. Не застроенные участки варварски засыпаны твердыми бытовыми отходами и строительным мусором. В результате такой засыпки, перекрыта возможность естественного дренирования подземных вод и поверхностного стока в овражно-балочную сеть, что привело к подпору в сторону застроенных территорий и подтоплению значительной части жилого фонда по всем основным балкам города – Евпаторийской (ж/м «Сокол»), Встречной (ж/м «Тополь»), Красноповстанческой (пересекает город от Запорожского шоссе, вдоль пр. Богдана Хмельницкого и улицы Саксаганского, затем - улицы Святослава Храброго, Патержинского и вдоль улиц Южная и Исполкомовская уходит под асфальтовое покрытие до Екатеринославского бульвара, где замуравывается в коллекторы и выходит к Днепру под землей через центр города), Рыбальской (пересекает город от ул. Титова и вдоль пр. Александра Поля проходит до ул. Ульянова), Аптекарской (проходит вдоль улицы Рабочей), Диёвской (Новокодакский район). Как следствие этого процесса, на некоторых участках склонов произошли оползневые явления, на некоторых идёт процесс их формирования. Именно в правобережной части города ярко выражены суффозионные и просадочные процессы, обвалы, провалы, подтопления и оползни. Более 90 % этих геомеханических процессов вызвано хозяйственной деятельностью человека и лишь 10 % образовались под влиянием природных факторов. Из-за потерь из систем водоснабжения и канализации, происходит постоянный подъём уровня подземных вод, который приводит к активизации подтопления и обвально-оползневых процессов.

В городе Днепропетровске подтоплено 63 кв.км. В эту зону попали 62 промпредприятия и 7510 жилых дома. Следует отметить, что важнейшей предпосылкой оползнеобразования, является геолого-гидрогеологическое строение рельефообразующих отложений.

Имеются в виду мощные эолово-делювиальные накопления лёссовых пород со специфическими свойствами. Как показывает опыт, оползневые процессы и провалы в городах Украины происходят именно по причине хозяйственной деятельности. В работе рассматривается принципиальный подход к освоению подземного пространства г. Днепр на основе комплексной оценки целесообразности (социально-экономическая необходимость) такого строительства, геоморфологии района и его геолого - гидрогеологического строения.

Работа выполнена по результатам инженерно-геологической разведки на примере “входа” в подземную среду в исторической части города, на пересечении весьма оживленных автомагистралей, вблизи железной дороги и набережной - а именно, в Соборном районе со

стороны улицы Мандрыковская в районе памятника “Слава” или Крестьянского спуска, либо на территории, прилегающей к ж/д станции “Перспективная”.

По результатам инженерно-геологических изысканий установлено что, например, в районе памятника “Слава”, место сочленения террасы реки Днепр с водоразделом сложено связными глинистыми лессовыми супесями и суглинками от высоко- и низкопористых до твердых, с прослоями песков до глубин 30,0 - 35,5 м, после чего, ниже глубины 35,5 м, в интервале 40,0 - 50,0 м - кварцевыми песками и каолинами, переслаивающимися красно-бурыми твердыми глинами, залегающими на дисперсной зоне дробления, каолинизации и милонизации коры выветривания скальных пород украинского кристаллического щита (УКЩ). Начиная в среднем, с глубин 45,0 - 55,0 м залегают сильно трещиноватые розовато-серые граниты массивной текстуры, с развитием по трещинам хлоритов и лимонитов (рис. 1).

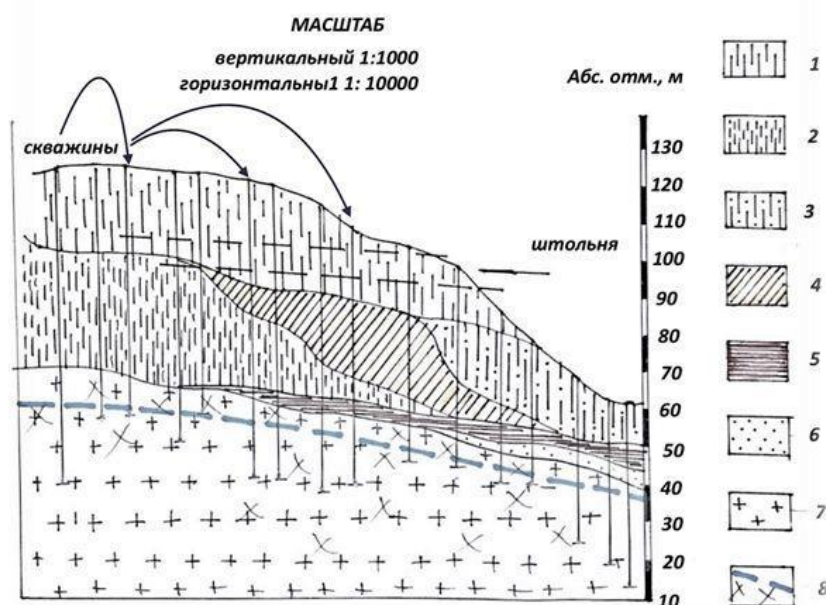


Рис. 1. Схематический инженерно-геологический разрез территории в районе монумента “Слава” (чертеж авторов по результатам бурения)

1 - бурые твердые лессовые макропористые просадочные суглинки; 2 - светло-желтые лессовые микропористые суглинки; 3 - серовато-желтые супеси; 4 - красно-бурые твердые суглинки; 5 - каолины и красно-бурые твердые глины; 6 - мелкозернистые плотные пески; 7 - архей-протерозойские скальные породы- граниты, диориты; 8 - уровень подземных вод в зоне дробления и трещиноватости скальных пород

Необходимо обратить внимание на то, что такие глинистые лессовые супеси и суглинки будут служить идеальной средой для подземных сооружений. Например, жители Китая и Монголии, сооружают себе в лессах очень экологичные и дешевые жилища. Известно, что погреба виноградарей славятся своим стабильным температурным режимом в Австрии (Д. Мушкетов, 1934 г.). Эти материалы, в силу своей естественной микропористости и, как следствие, низкой теплопроводности, прекрасно выдерживают заданный температурный режим, что очень экономично с точки зрения отопления зимой и охлаждения помещений в летний период. Подземные сооружения, заложенные глубже 8 м, практически не потребуют на это затрат. Основное требование к этим породам - исключить их увлажнение.

Водоносный горизонт на рассматриваемой территории, бурением инженерно-

геологических скважин, установлен на отметках 60,0; 56,4; 55,9; 54,0 и 50,0 м, т.е. находится в пределах глубин от 50,0 до 30,0 от земной поверхности, приближаясь таким образом к урезу реки Днепр.

Вышеизложенная геолого-гидрогеологическая оценка, позволяет принять к рассмотрению объекты, которые вполне реально разместить в подземном пространстве этой части города Днепр.

За основу, предлагается принять следующую классификацию подземных сооружений на основе глубин их заложения:

1 -й уровень - на углублении не более 8 м: пешеходные переходы, входы в комплексы многофункционального назначения и связанные с ними лифтами подземные паркинги;

2 -й уровень - до глубины 15 м: паркинги, подсобно-складские помещения для многофункциональных комплексов 1-го уровня и находящихся выше поверхности земли, служебные помещения и коммуникации;

3 -й уровень - до глубины 30 м: транспортные тоннели и развязки для соединения их со станциями метро и паркингами 2 -го уровня.

Таким образом, общепринятое мнение о так называемых “опасных” особенностях грунтов, слагающих город, вуалирует истинную техногенную причину провалов, обвалов и оползней в городе. Детально исследовав геоморфологию правобережной части г. Днепр, предлагается именно такой системный подход к освоению его подземного пространства. Например, на рассматриваемом участке, предлагается вскрывать и входить под землю капитальной горизонтальной горной выработкой в виде штольни, запроектировав ее с возможностью дальнейшей увязки подземного пространства многофункционального назначения с проектом метро.

Такой подход в районе исторической застройки позволит сохранить экосистему Соборного района, которая была сформирована десятилетиями, от разрушительной работы наземной строительной грузовой техники, пример работы которой мы сегодня наблюдаем на проспекте Д. Яворницкого напротив Национального горного университета возле законсервированного более 20-ти лет назад ствола метро. Вся строительная тяжелая грузовая техника могла “исчезать” под землю со стороны набережной или ул. Мандрыковской.

Были исследованы свойства семи инженерно-геологических элементов  $n$ , мощностью  $h$ , 35-ти метровой просадочной толщи, залегающей над уровнем подземных вод в которой предлагается пройти штольню. Лабораторным путем получены  $\delta_{пр}$  - значения величины относительной деформации просадочности грунтов каждого слоя при природном давлении  $P$  пр. Были просчитаны величины суммарной просадки подстилающих пород  $S$ , в случае заложения штольни на глубине 20,0 м по формуле [3]:

$$S = \sum_{i=1}^n \delta_{пр} \cdot h_i \cdot k_i, \quad (1)$$

Получена суммарная просадка при природном давлении  $S = 17,0$  см на общую мощность толщи просадочных подстилающих почву штольни грунтов, с учетом нормативного коэффициента условий работы основания  $k_i = 1,25$ , зависящий от давления под подошвой и числа обжимаемых слоев. Установлено, что основным несущим слоем могут служить твердые каолины, залегающие на отметке 70,0 м.

В результате, по вопросу освоения подземного пространства в г. Днепр, на основе геоморфологического, геологического и гидрогеологического строения его территории, можно сделать следующие выводы.

1. Для решения проблем, связанных с интенсивными транспортными потоками, загрязнением атмосферы, сохранением исторической застройки и расширения городской инфраструктуры в самых презентабельных районах города вдоль набережной реки Днепр,

целесообразно осваивать подземное пространство, используя уникальную геоморфологию города, именуемую «город на трех холмах».

2. Строительство осуществлять путем вскрытия пород штольнями со стороны набережной реки Днепр, проходя их практически горизонтально в плотных лессовидных суглинках и глинах мелового периода на отметках 70,0 -80,0 м (глубины 20,0 -30,0 м), выше уровня подземных вод и каймы капиллярного поднятия.

3. Соединив подземные сооружения многофункционального назначения подземными тоннелями, станет возможным осуществить автомобильное движение сегмента от Екатеринославского бульвара, под улицами Шевченко и Паторжинского, разгрузить улицы Олеся Гончара и Чернышевского с выходом транспорта на набережную начиная от улицы Мандрыковской и заканчивая Балашовским либо Лоцманским спуском, разгрузив таким образом, улицу Симферопольскую. Эти тоннели, также, целесообразно увязать со станцией метро «Студенческая». В данном случае не имеют значения конкретные улицы. В работе показана принципиальная возможность положительного решения весьма интересной и прогрессивной задачи для развития города.

4. В работе предложен принципиальный подход и соответствующая классификация подземных сооружений на основе глубин их заложения.

5. Инженерно-геологической разведкой и предварительными испытаниями грунтов и расчетами показано, что геоморфология, геология и гидрогеология рассматриваемой территории, позволяет практически полностью разгрузить историческую, культурную, академическую и студенческую часть города от обилия транспорта с параллельным обеспечением населения Соборного района множеством зеленых зон, детскими площадками, местами проведения культурно-массовых мероприятий, велосипедными и прогулочными дорожками как для многочисленной молодежи, так и для всех горожан и гостей города.

6. Уходя от технических вопросов, хочется обратить внимание городской власти и наших специалистов подземного гражданского строительства, геологов, изыскателей и архитекторов о необходимости разработки единого системного подхода к созданию методологии освоения подземного пространства г. Днепр для размещения в нем объектов различного назначения и развития его инфраструктуры.

#### Список литературы

1. Крашенинников А.В. Микропространства городской среды // Международный электронный научно-образовательный журнал "АМИТ" [Сетевой ресурс]. - URL: <http://marhi.ru/AMIT/2014/4kvart14/krash/abstract.php>

2. Конюхов С.Д. Использование подземного пространства: учеб. пособие для вузов.- М.: Архитектура-С, 2004. - 296 с.

3. Максимов А.П. Горнотехнические здания и сооружения: учебник М., Недра, 1984. - 261 с.