



Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
Санкт-Петербургский горный университет

Кафедра философии

Реферат по дисциплине: «История и философия науки»  
на тему «Научные принципы обоснования причин аварий сооружений  
при освоении и использовании подземного пространства мегаполисов»

**Выполнил:**

аспирант кафедры

Гидрогеологии и инженерной геологии, 1-й год, дневная форма обучения  
25.00.08 «Инженерная геология, мерзлотоведение и грунтоведение»

Земсков А.И.

(подпись)

**Научный руководитель:**

профессор кафедры

гидрогеологии и инженерной геологии

Дашко Р.Э.

(подпись)

**Проверил:**

профессор кафедры философии

Микешин М.И.

(подпись)

Санкт-Петербург  
2017

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	3
ГЛАВА 1. ФИЛОСОФИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА .....	5
ГЛАВА 2. ИСТОРИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОСВОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА .....	10
ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ АВАРИЙНОСТИ СООРУЖЕНИЙ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРИЧИН АВАРИЙ СООРУЖЕНИЙ .....	18
ГЛАВА 4. МИНИМИЗАЦИЯ АВАРИЙНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ .....	24
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ .....	27

## ВВЕДЕНИЕ

Каждый город, будь то небольшой областной центр или мегаполис, растет и увеличивает свою площадь, создавая невероятно большую концентрацию населения, предоставляя человеку возможность реализовывать свои потребности. Одновременно с этим меняется уровень жизни и благосостояния населения. Различные здания и инфраструктура со временем начинают не соответствовать быстро растущим запросам и потребностям города и человека. Рост численности населения требует все новых площадей для новых зданий, дорог, обслуживающих сооружений и всего того, что необходимо человеку для жизни. Со временем город становится экономически неэффективным. И в развитии любого города однажды наступает этап, когда дальнейший его рост требует радикального пересмотра концепции использования городского пространства, когда строительство идет не только ввысь, но и вглубь, затрагивая подземное пространство. Освоение подземного пространства позволяет решать многие социальные и технологические задачи, в том числе, вопросы экономии площади поверхности городской среды при высокой стоимости земель в настоящее время, транспортные и производственные вопросы и т.д.

За тысячелетия развития, человечество накопило богатый опыт освоения и использования подземного пространства. Еще в древних городах, ограниченных по площади крепостными стенами, начали строить многоэтажные здания (Шибам, Йемен, 1600 год н.э.) [2]. Одновременно, для различных целей использовали и объем подземного пространства (г. Петра, о. Мальта, Египет, Рим, и т.д.).

Комплексное освоение и использование подземного пространства выдвигает целый ряд требований, которые необходимо учитывать при планировании, проектировании и строительстве, так как строящиеся и эксплуатируемые наземные и особенно подземные сооружения являются зонами повышенного риска, и в случае возникновения аварии, представляют серьезную опасность как для людей, так и для экосистемы в целом.

В данном реферате рассмотрены вопросы философии развития города (философия урбанизма) в хронологии времени, приведена краткая историческая справка о возникновении первых городов и освоению и использованию подземного пространства. Кроме того, рассмотрены основные причины аварийности различных сооружений и существующие подходы к оценке причин аварий, а также даны некоторые рекомендации по снижению аварийности и повышению длительной устойчивости сооружений различного назначения.

## **ГЛАВА 1. ФИЛОСОФИЯ РАЗВИТИЯ ГОРОДА: ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА**

Философия развития города или «философия урбанизма» - направление, занимающееся проблемами урбанизма и влияния города как социально-культурного феномена на мышление, представляет собой достаточно новое явление в Русской философии и тесно связано с философией архитектуры, которая подразумевает, что развитие архитектурных решений является не просто сменой строительных стилей и инженерных конструкций, но воплощением духа, отражением мировоззренческой эпохи, зримой философией своего времени [9]. Получается, что архитектура, в какой-то степени и есть философия города. Архитектура, будучи материальной субстанцией в сфере градостроения, выступает в качестве имматериальной метафоры в сфере философии, составляя каркас классического философского дискурса. Иными словами, через архитектурные и урбанистические метафоры, философы имели образец геометрической упорядоченности, к которому стремились в мышлении. Мысль развивается подобно зданию, и, если это необходимо, утверждает себя, уничтожая целые города или их старейшие здания, или основывает новый город, как это предполагает Р. Декарт в своем «Рассуждении о методе» [12].

Проблематикой развития городов, тем не менее, философия занималась издревле. Таким образом, складывается ситуация, когда термин «философия урбанизма» значительно моложе самого явления и имеет богатую предысторию. Уже Платон (427-348 г. до н.э.) занимался философией города, изучая проблему идеального государства или полиса. Полис для античного грека считался одновременно и городом и государством. Кроме того, среди идей, используемых философией города в качестве базы, присутствуют концепции платонической теологии, такие как «Град божий и Град мирской» Блаженного Августина и, особенно современное экзистенциальное развитие этой системы Х.Коксом в книге «Мирской град». К примеру, именно на

Августина ссылается С.А. Смирнов в своей работе «Антропология города» [11].

Среди классических зарубежных авторов работ о социально-философском осмыслении города, следует отметить работы Ж. Бодрийара, М. Вебера, Г.Зиммеля, В. Зомбарта, А. Тойнби, О. Шпенглера, а также современных отечественных авторов таких, как В. Ванчугов, С.Б. Веселова, С.А. Смирнов, Л.Е. Трушина.

Обращаясь к философии города, необходимо использовать принципы исторического подхода, т.к. город, как всякое социокультурное явление, меняет свое лицо и свою природу по мере исторической трансформации человеческой деятельности. Исторический подход раскрывает себя в идее развития [11,3].

Современной науке, в том числе и геотехнике и инженерной геологии, интерес к городу и его развитию актуален для философского знания, поскольку через призму исследования городского пространства возможно изучение различных вопросов, в том числе и вопросов безопасности и длительной устойчивости различных наземных и подземных сооружений.

Город – это, прежде всего, целый комплекс зданий и сооружений, социальная и инженерная инфраструктура которого, должна обеспечивать комфортность и безопасность проживания, поэтому изучение города как единого градостроительного комплекса является приоритетным в проведении философского анализа городского пространства.

В основе философско-исторического анализа лежит явление *урбанизации* – исторического процесса повышения роли городов в развитии общества, вызывающего изменения в социально-профессиональной и демографической структуре населения, оказывающего влияние на его культуру, образ жизни, психологию, архитектурный облик и т.д. [9].

Первые поселения городского типа возникли в 3-1 тысячелетии до н.э. в Месопотамии, Египте, Сирии, Индии, Малой Азии, Китае. Они возникали как центры ремесел и торговли, опорные пункты обороны от внешних

врагов, центры власти и управления, обслуживания и культуры. Почти все древние города возникали на месте мелких поселений в долинах рек, что создавало благоприятные условия для развития торговых и культурных связей.

Наибольшего расцвета древние города достигли в эпоху Римской империи. Здесь они строились и расширялись от Британии до современного Ирака, в них сооружались величественные общественные здания и усовершенствованные системы водоснабжения и канализации. *И, несомненно, все это проходило с необходимостью изучения геологических условий для строительства.* К 100 г. н.э. население Рима, судя по всему, достигало 1 млн. человек. Девятью веками позже самым крупным городом Европы становится Константинополь (Стамбул), население которого в то время составляло около 500 тыс. человек, примерно тогда же в китайском городе Сиань, вероятно, проживало около 1 млн. человек. Города оказывали большое воздействие на жизнь общества, стимулируя создание централизованных государств и развитию товарно-денежных отношений. С течением времени, первенство по численности населения в Европе перешло к Парижу, где в середине XIV в. насчитывалось порядка 300 тыс. жителей. В 16-17 вв. многие крупные города первоначально основывались как порты: Бостон, Кейптаун, Бомбей, Рио-де-Жанейро, Нью-Йорк. Они служили центральными пунктами для распределения товаров и становились центрами колониального управления [8,9].

Огромное влияние на развитие городов оказал процесс индустриализации. Бурный темп развития промышленности в ходе промышленной революции и тенденция ее концентрации в городах способствовали (и по сей день способствуют) миграции большого числа сельских жителей в городские центры в поисках более высокооплачиваемой работы. С того времени наблюдается практически непрерывный рост городов и *объемов строительства.* В качестве классического примера городов, развитие которых обусловил рост промышленности, можно привести три

британских города – Манчестер, Лидс и Бирмингем. Население этих трех городов увеличилось за одно десятилетие до 50%.

Усиление процесса урбанизации привело в 19 веке к так называемой городской революции, повышению концентрации значительной части населения в городах, что стало возможным благодаря развитию промышленности, транспорта и средств связи, интенсификации сельскохозяйственного производства, совершенствованию знаний в области медицины, науки и т.д. Доля городского населения в мире за период с 1800 по 1990 гг. увеличилась с 5,1 до 41,3%.

Урбанизация была обусловлена необходимостью пространственной концентрации и интеграции разнообразных форм и видов духовной и материальной деятельности человека, усилением связей между различными сферами производства, науки и культуры, что в свою очередь стимулировало интенсификацию различных социальных процессов. Процесс урбанизации имеет две фазы. В первой фазе происходит концентрация и накопление культурного и экономического потенциала общества в крупных городах, а затем, во второй фазе, образцы материальной и духовной деятельности городских центров осваиваются другими нецентральными городами и сельскими поселениями, что дает импульс для дальнейшего развития главных центров. Развитие процесса урбанизации создало условия для появления так называемого городского сознания, воспитание которого стало неотъемлемой частью развития личности. В процессе урбанизации формируется городской образ жизни, одним из признаков которого является психологическая мобильность человека, которая в условиях города проявляется как стремление к постоянному обновлению.

Усиление урбанизации и развитие городов привело к возникновению серьезных социальных и экологических проблем, таких, как загрязнение воздуха, почвы и грунтов, воды (в том числе и подземной), уплотненность и качество застройки, транспортные и энергетические проблемы, вредное воздействие шума, неравномерность развития центральных и периферийных



городов и т.д. Новая тенденция современной урбанизации – строительство внутри города жилых домов улучшенного качества для семей с высоким уровнем доходов [9,10,12].

О бурном развитии современных городов легко судить по огромному объему строительства, которое ведется повсеместно. Современные города по своим масштабам уже являются мегаполисами – сложной динамической многокомпонентной системой тесно связанных между собой элементов, включая подземное пространство и слагающие его грунты.

Улучшение и развитие городской инфраструктуры заключается в комплексном освоении и использовании подземного пространства, что позволяет решать различные вопросы многофункциональности города такие, как, размещение транспортных и инженерных систем, объектов торговли и бытового обслуживания, гражданских и административных комплексов, складов, подземных автостоянок, инженерных сооружений глубокого заложения и др.

Кроме того, в связи с нарастающим темпом урбанизации последних десятилетий, увеличением численности городского населения, дороговизной земель и существенным дефицитом территорий под строительство, активно идет процесс возведения высотных сооружений по всему миру с обязательным освоением подземного пространства под ними. И Санкт-Петербург не является исключением.

Можно сказать, что создается новая наземная и подземная инфраструктура городов-мегаполисов, в ходе строительства которой необходимо учитывать целый ряд обстоятельств. В этих условиях рациональное планирование, экономическое и безопасное строительство и эксплуатация сооружений немыслима без точного знания геологических, гидрогеологических, инженерно-геологических, гидрогеохимических, биогеохимических условий подземного пространства районов будущих построек.

В будущем же, темпы урбанизации и глобализации будут лишь нарастать и городская жизнь вместе с архитектурным обликом и темпами строительства, безусловно, будет все больше и больше усложняться, что повлечет за собой необходимость решения многочисленных проблем и пороков современных городов, требуя постоянного совершенствования механизмов управления этим процессом.

В связи со стремительным ростом числа больших и малых городов, необходимостью реконструкции их исторической части, решением проблем освоения и использования подземного пространства, вопросов обеспечения безопасности и длительной устойчивости наземных и подземных сооружений, очевидна важная роль инженерной геологии в решении данных вопросов. Инженерная геология относится к числу междисциплинарных наук и находится в тесной связи с науками о Земле, фундаментальными науками, а также со строительным искусством. Синтез между инженерной геологией, гидрогеологией и механикой грунтов и горных пород предполагает развитие нового направления – гидрогеомеханики.

## **ГЛАВА 2. ИСТОРИКО-ГЕОЛОГИЧЕСКИЙ АСПЕКТ ОСВОЕНИЯ И ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОДЗЕМНОГО ПРОСТРАНСТВА**

В свете различных проблем, стоящих перед современными градостроителями и инженерами, изучающими подземное пространство, небесполезно заглянуть в прошлое.

Как правило, древние города возводили на месте небольших поселений, располагавшихся близ рек или бухт в устьях рек, или участков побережья, где береговая линия создавала надежное убежище от штормов. Немаловажную роль в возникновении древних поселений играла также близость и доступность строительных материалов. Появление первых каменоломен было вызвано строительными нуждами. Здесь не бесосновательно можно утверждать, что предпосылками для основания поселений всегда служили естественные геологические условия [8].

Практически все первобытные поселения и большинство древних городов располагались в соответствии с простейшими геологическими и гидрогеологическими суждениями. Термин «геология» стал общеупотребительным лишь с конца XVIII в., однако незнание его (термина) ничуть не мешало нашим предкам выбирать места для поселения, исходя из житейского опыта и здравого суждения о местности.

Освоение и использование подземного пространства уходит своими корнями далеко во времена каменного века и первых поселений. Человек издавна использовал «дыры» в земле для жилья, погребения или в качестве убежища. Сквиллы и нимфы из римской мифологии населяли пещеры. Греческие оракулы в Дельфах, Коринфе и на горе Киффрон также приспособляли для своих религиозных целей большие природные пещеры [8]. В доисторические времена и на заре цивилизации человек обычно жил в пещерах, которые образовывались в известняках за счет медленного, но непрерывного растворения карбоната кальция природными водами. Именно эти простые геологические факторы определили места некоторых самых ранних поселений. Пещерный этап – период доисторического развития человека не только в Европе, но и в Америке, Австралии и Центральной Африке.

Эти короткие заметки, относящиеся к ранней истории человечества, служат введением к главе, в которой рассматривается, как современный (и не очень) человек обживает «дыры» в земле.

Все более широкое использование в городах и их окрестностях глубоких горных выработок (будь то глубокие фундаменты зданий с подземными этажами, шахты, тоннели или винные погреба и соленые пещеры) не является чем-то совершенно новым. Это лишь возвращение к практике доисторических эпох. Хотя, разумеется, примитивное логово пещерного человека очень отдаленно напоминает большие подземные комплексы, создаваемые ныне во многих странах для их эксплуатации по специальному назначению.



Одним из ярких примеров освоения и использования подземного пространства в давние времена является древний город Петра (в 480 км от Каира в пустынной части Иордании). Петра – преимущественно подземный город, его храмы и залы вырублены в толще

красного песчаника. Город расположен во впадине большой рифтовой долины, простирающейся от долины Иордана к заливу Акаба. Петра – не единственный пример такого рода. Долина Нила долгое время считалась одной из колыбелей цивилизации (храмы Абу-Симбелл, в 280 км вверх по течению от новой высотной Асуанской плотины, как пример очень древнего использования человеком подземных сооружений) [8,2].

Естественным развитием применения пещер для жилья и убежища была постройка тоннелей. Искусство прокладки тоннельных сооружений было известно в Древней Греции, Египте, Ассирии, Риме, на острове Мальта и др. За 3600 лет до н.э. древние Египтяне вели подземные работы при устройстве храмов и гробниц и в каменоломнях. Различного вида тоннельные выработки обнаружены также в Индии, где часто создавали подземные ходы к храмам и гробницам. В Турции много столетий назад был сооружен тоннель у города Селенции. Большое поперечное сечение этого тоннеля, шириной 71 м и высотой 7 м, использовалось для судоходства и подачи воды. Превосходными строителями тоннелей были римляне. Они использовали тоннели для дренажа, дорог и водоснабжения. Подземные лабиринты и катакомбы Древнего Рима представляют собой большие подземные каменоломни, где добывались известняк и туф. Имеются и примеры использования древних водопроводных (акведуки) и канализационных (клоака Мákсима) тоннелей и в настоящее время. Среди них также можно назвать тоннель вблизи Неаполя, имеющий поперечное сечение 8x9 м и длину 1200 м. В средние века строительство тоннелей практически

прекратилось и использовалось главным образом для проникновения в замки через потайные ходы. С началом промышленной революции и появлением новых транспортных средств снова возникла потребность в сооружении крупных тоннелей. Расцвет тоннельного строительства наступил с появлением железнодорожного транспорта.

В 1657 году смоленский розмысл Василий Азначеев попытался построить подводный тоннель под р. Москвой, но из-за большого поступления воды попытка осталась незавершенной. Следует отметить, что первый подводный тоннель под р. Темзой в Лондоне был начат строительством в 1807 году, т.е. 150 лет спустя после попытки В.Азначеева [4]. Это был первый тоннель, построенный в сложных геологических условиях (в мягких грунтах с плавунными свойствами). Проходка тоннеля давалась тяжело. Часто происходили прорывы вод Темзы в тоннель, строительство которого не обходилось без жертв. Первоначально предполагалось, что по тоннелю будут передвигаться конные экипажи, однако это так и не было реализовано.

Среди первых в мире транспортных тоннелей-каналов заслуживают внимания, построенные во Франции, тоннель Мальпас на Лангедокском и тоннель на Сен-Кентенском каналах. Тоннель Мальпас длиной 157м был построен в течение 1679—1681 гг. в твердой скале, выработка которой была осуществлена с использованием механических паровых ударников. Тоннель Транкуа, расположенный на расстоянии около 130 км к северо-востоку от Парижа, был проложен в XVIII в. в слабых песчаных грунтах, причем здесь впервые применялась деревянная арочная инструкция для поддержания потолка выработки при проходке. При постройке метрополитена в Москве обнаружен ряд подземных сооружений, имевших, очевидно, оборонное значение. Такие же подземные сооружения найдены при раскопках в Новгороде и других городах.

Развитие транспортной сети в XVIII и XIX вв. привело к дальнейшему развитию тоннельного строительства. Из построенных в XIX и начале XX вв.

значительных тоннелей можно отметить: тоннель Мон-Сени в Альпах протяжением 12,8 км (1857-1871), Сен-Готардский тоннель протяжением 14,98 км (1872-1881). Симплонский железнодорожный тоннель через Альпы протяжением 19,73 км (1895-1906). Первыми железнодорожными тоннелями, построенными в России, были два тоннеля на Варшавской железной дороге (1859-1862). В 1890 г. был построен Сурамский тоннель на Кавказе протяжением 4 км, принадлежащий к числу крупнейших тоннелей России. Наряду с сооружением горных железнодорожных тоннелей широко развивалось строительство тоннелей специального назначения, как, например, судоходных, коммунальных и т.п. [4].

Освоение подземного пространства в СССР началось с заметным отставанием от мирового опыта и фактически, началось со строительства Московского метрополитена. Основным методом работы в отечественном тоннелестроении являлся щитовой метод проходки, заключающийся в разработке грунта под защитой мощной стальной крепи – так называемого проходческого щита. В настоящее время наиболее распространенным закрытым методом проходки является новый австрийский метод с устройством податливого свода (NATM). Среди открытых способов, часто встречается в практике метод “cut-and-cover”.

Строительство метрополитена в СССР характеризовалось широким использованием новейших (для того времени) достижений советской техники, что обеспечивало непрерывный рост и совершенствование производства в области подземного строительства. Так, например, применение искусственного замораживания грунтов позволяло вести работы в самых сложных геологических условиях. Однако практика использования данного метода, особенно в условиях наличия в геологическом разрезе мощных водонасыщенных толщ (песков, обладающих пльвинными свойствами), показала его ненадежность. Примером тому может служить катастрофическая авария 1974 и 1995 годов на перегоне между станциями Лесная - Площадь Мужества в Санкт-Петербурге.

Дальнейшее развитие тоннельной техники, основанной на практике последних десятилетий, богатой внедрением новых систем и передовых методов производства подземных работ, идет по пути возведения самых разнообразных подземных сооружений.

В последние десятилетия в мире непрерывно возрастают масштабы подземного строительства и использования подземного пространства для различных производственных и хозяйственных целей.

Намечаются изменения в общей стратегии градостроительства. Если ранее застройка с наивысшей плотностью (как на поверхности, так и под землей) размещалась в центре городской агломерации, то в перспективе основную часть объема многоэтажного наземного строительства (при относительно менее плотном подземном освоении) предполагается рассредоточить в пригороде. Это позволит сохранить центральную зону с развитой подземной инфраструктурой как культурно-историческую. Разрастание инфраструктуры города приводит к увеличению протяженности транспортных магистралей, их перегруженности, сложности организации развязок. Массовая автомобилизация способствует тому, что население отдает предпочтение укрупненным торгово-бытовым предприятиям, расположенным у крупных городских магистралей.

Проблему дефицита городских земель и повышения эффективности их использования, особенно в центральных частях мегаполисов, во многом могут решить уже внедряемые многоуровневые системы с освоением подземного пространства. Ниже уровня земли размещают различного рода коммуникации, помещения и устройства транспортного назначения, предприятия общественно-торгового и культурно-бытового обслуживания.

В отечественной и зарубежной практике прослеживается тенденция к объединению торгово-бытовых предприятий, зрелищных, культурно-просветительных, административных и спортивных учреждений, транспортных сооружений в крупные комплексы с подземной частью. Особо

следует отметить создание подземных общественно-торговых комплексов на базе исторически сложившихся общественно-торговых зон мегаполисов.

Из числа построенных в Париже общественно-торговых комплексов можно назвать: подземный центр с торговыми рядами под площадью Этуаль, который включает пересечения линий метро и подземных переходов; подземный торговый центр «Форум де Ле Алль» на месте бывшего Центрального рынка, где совмещены пересадочные станции автобуса и метро; 11-уровневую систему различных сооружений под площадью Дефанс. Во многих городах Японии в подземных центрах располагается более 300 магазинов, построен целый подземный проспект Новая Гинза. Метро, торговые центры, административно-офисные здания, развлекательные центры и другие интересные для горожан места объединены в целый подземный город в Монреале и Торонто (Канада). Свыше 50 тысяч м<sup>2</sup> занимают сооружения подземного комплекса под площадью Штахус в Мюнхене. На верхних этажах расположены магазины, пешеходные переходы. Уровнем ниже размещены обслуживающие помещения, службы и кассы городской железной дороги, еще ниже - городской вокзал, гаражи для легковых автомобилей, станция метро [4].

Современная практика проектирования и строительства общественно-торговых комплексов широко развивается и в России и странах СНГ. В качестве примеров можно привести реконструкцию Нового Арбата в Москве с устройством бульвара, подземных автостоянок и тоннельного проезда; строительство МФК в Москве, в который включен библиотечно-информационный центр на базе ЦГПБ им. Н.А. Некрасова с подземными этажами для архивов и т.д. Продолжается строительство ММДЦ «Москва-Сити» с активным использованием подземного пространства.





*Москва-Сити (слева); Лахта-центр (справа)*

В Санкт-Петербурге в сложнейших инженерно-геологических и гидрогеологических условиях активно проводится освоение и использование подземного пространства (Лахта Центр, расширение сети метрополитена, новые торговые комплексы и высотные здания с подземными этажами и паркингами и т.д.). Также рассматривается экспериментальное предложение по строительству подземного коммерческого комплекса под пл. Восстания.

Рациональное использование подземного пространства подразумевает, прежде всего, создание наиболее благоприятной среды для жизнедеятельности человека. Однако при этом неизбежно возникают различного рода трудности при освоении и использовании подземного пространства и связанные с ним опасности. Ошибки при строительстве подземных сооружений значительно труднее исправить, а последствия могут носить катастрофический характер. Следует учитывать, что в каждом конкретном случае освоение подземного пространства ведется с учетом конкретных геологических, инженерно-геологических, гидрогеологических и геоэкологических условий.

Комплексное освоение и использование подземного пространства выдвигает целый ряд требований, которые необходимо учитывать при планировании, проектировании и строительстве, так как строящиеся и эксплуатируемые наземные и особенно подземные сооружения являются зонами повышенного риска, и в случае возникновения аварии, представляют серьезную опасность как для людей, так и для экосистемы в целом.

### ГЛАВА 3. ОСНОВНЫЕ ПРИЧИНЫ АВАРИЙНОСТИ СООРУЖЕНИЙ И СУЩЕСТВУЮЩИЕ ПОДХОДЫ К ОЦЕНКЕ ПРИЧИН АВАРИЙ СООРУЖЕНИЙ

*Если строитель построит человеку дом  
и сделает свою работу непрочной, так что  
построенный им дом обвалится и причинит  
смерть хозяину дома, то этого строителя  
должно убить...*

*Если он погубит достояние, то он должен  
возместить все, что погубил; а за то,  
что построил дом непрочной, так что он  
обвалился, должен отстроить обвалившийся  
дом за собственный счет.*

***Законы Хаммурапи, царя Вавилона***

Подобную жестокость по отношению к нерадивым строителям и зодчим в чем-то можно оправдать, если учесть, что законы Хаммурапи были, вероятно, первыми, регулирующими строительство нормами. Данный документ свидетельствует о требованиях, которые предъявлялись строителям в столь древние времена [8]. С высокой ответственностью относились к делу строители огромного города, впоследствии погребенного под песками пустыни. Тем не менее, последнее обстоятельство ничуть не умаляет значение указаний древних на важность хорошего фундамента, на котором они возводили города.

В настоящее время, инженерные изыскания для строительства, как и само строительство, регулируется различными нормативными документами, качество и содержание которых во многих случаях не позволяют достоверно оценить геологические условия площадки строительства.

Частым результатом беспрекословного выполнения норм, предписанных вышеназванными документами, являются неожиданные негативные последствия в период строительства и эксплуатации сооружений различного назначения, что еще раз подтверждает факт их несовершенства и необходимости корректировки научно-методологических подходов.

На сегодняшний день в мире накоплен достаточно большой опыт освоения и использования подземного пространства, как негативного, так и позитивного характера. Одной из причин нежелательных последствий освоения подземного пространства является некорректная оценка влияния особенностей гидрогеологических, инженерно-геологических и геоэкологических условий на условия строительства и эксплуатации различных зданий и инженерных сооружений, влекущая за собой некорректные проектные решения и отсутствие прогнозирования опасных процессов и явлений. Особенно это касается культурно-исторической части городов, в пределах которой старинные здания исчерпали свой эксплуатационный ресурс и любое дополнительное воздействие на них может спровоцировать их переход в аварийное состояние.

Подземное пространство мегаполисов, как многокомпонентная система (фундамент – грунты – подземные воды – микробиота – газовая составляющая), требует комплексного подхода при составлении проектов строительства подземных сооружений на освоенных площадях, в первую очередь в городах и мегаполисах. Именно *односторонний подход* при разработке проектных решений, учитывающих только технологические и технические особенности выполняющих защитные функции подземных конструкций, без учета природных условий (всесторонних инженерно-геологических и гидрогеологических, включая гидродинамические и гидрохимические), отсутствие прогнозирования опасных инженерно-геологических и горно-геологических процессов, которые могут развиваться при проходке котлованов, приводят к возникновению аварийных и предаварийных ситуаций, несущих за собой колоссальные материальные потери, социальную напряженность и иногда – человеческие жертвы [7].

Немаловажным также является и *человеческий фактор*, основывающийся как на недостатке квалификационной и научно-технической составляющей, так и на личностном аспекте, затрагивающим вопросы порядочности и этики инженера или строителя, что, несомненно,

является философским аспектом изучения причин возникновения аварий различных сооружений.

Еще в 1933 г. К. Терцаги, анализируя случаи аварий различных сооружений, подчеркивал, что часто катастрофические разрушения были вызваны недостаточным качеством инженерных изысканий. М.Ю. Абелев (1975) в числе первых причин указывал на ошибки, допущенные в ходе инженерно-геологических изысканий, а также при исследовании свойств грунтов основания и назначении расчетных параметров, что определяется сокращением объемов исследований с целью уменьшения сроков ведения полевых работ и экономии средств. Позднее Н.Н. Ермолаев, В.В. Михеев (1976); В.Б. Швец и др. (1980) в качестве возможных причин сокращения сроков эксплуатации объектов при их переходе в аварийное состояние отмечают, также, недостатки инженерно-геологических исследований, при проведении которых, зачастую, не выявляются опасные геологические процессы. Или же показатели состава, состояния и физико-механических свойств грунтов характеризуются недостоверными значениями. Кроме того отмечают ошибки при проектировании и производстве работ, а также недостатки при эксплуатации зданий и сооружений [7].

На основании анализа многочисленных аварийных ситуаций в процессе строительства и эксплуатации сооружений можно выделить 3 основные группы причин. [7] В нижеследующие группы, по понятным причинам, не включены неконтролируемые геологические процессы, стихийные бедствия. Прогнозируемые и известные геологические процессы, при надлежащем подходе, являются контролируемыми и должны учитываться при постановке и проведении работ.

<b>Основные группы причин аварийности сооружений</b>		
<b><i>Недостаточный объем информации (на стадии инженерно-геологических исследований)</i></b>	<b><i>Односторонний (узкий) подход при проектировании, строительстве и/или прогнозе эксплуатационной надежности</i></b>	<b><i>Упрощение методики и схем расчетов</i></b>
Недостаточный объем информации для анализа существующей природной обстановки, что связано с использованием малого объема различного вида инженерно-геологических работ, недостаточной глубиной и неверным расположением выработок, узостью поставленных задач, низким качеством выполнения изысканий	Это, в первую очередь, относится к необходимости получения достоверных данных по изменению гидрогеологических условий и гидрохимической обстановки, температурного режима грунтов в основании сооружений, условий тепло- и влагообмена, активизации микробной деятельности.	Результатом является несоответствие полученных расчетов реальным условиям работы системы «сооружение – подземная среда как многокомпонентная система». Обычно является следствием некорректно выполненных прогнозов по влиянию изменения напряженного состояния, а также показателей свойств грунтов основания, используемых в расчетах.
<i>Фактор качества сбора информации и постановки задач.</i>	<i>В большинстве случаев отсутствие комплексного подхода имеет место быть.</i>	<i>Группа одних из основных причин. Встречается наиболее часто.</i>

Часто аварии различных сооружений (в том числе и подземных) происходят на этапе нулевого цикла строительства, что зачастую связано с деятельностью напорных и безнапорных водоносных горизонтов, негативное действие которых в современной практике строительства и эксплуатации сооружений, оценивают по положениям различных нормативных

документов, применяемых при проведении инженерно-геологических изысканий и строительных работ. Здесь следует отметить, что нормами прописаны лишь некоторые общие положения, по которым следует производить анализ гидрогеологической обстановки, а практика изысканий показывает, что должного внимания к изучению гидрогеологического фактора не уделяется.

Влияние гидрогеологических условий площадки предполагаемого строительства на проектируемое сооружение должно оцениваться не только с позиции особенностей режима и агрессивности подземных вод, но и степени ответственности и целевого назначения проектируемого сооружения, спецификой технологического режима его функционирования, что диктует состав стоков и возможность их утечек, глубины заложения фундаментов и способами крепления его стенок, глубины прокладки линейных сооружений (транспортных или инженерных сетей) при обязательном изучении особенностей строения водовмещающей, подстилающей и перекрывающей грунтовой толщи.

Наибольший интерес при производстве работ нулевого цикла строительства представляет воздействие напорных водоносных горизонтов, которое необходимо оценивать с позиции возможности их прорыва при устройстве котлованов и проходке подземных выработок (перегонных тоннелей метрополитена и канализационных коллекторов, и т.д.).

Чаще всего прорывы связаны с давлением напорных подземных вод, залегающих в подошве выработки, которые связаны с действием гидростатического давления, определяемого величиной водного столба, приложенного к подошве слоя водоупора. Устойчивость этого слоя обеспечивается при некоторой величине водного столба - безопасный напор, величина которого зависит от мощности и прочности изолирующей глинистой толщи, а также от формы и размеров выработки. После того, как происходит прорыв, в выработку поступает вода, что сопровождается размывом глинистых грунтов и выносом песка из водоносного горизонта.

При этом разрушенный слой защитного глинистого экрана не может более служить несущим горизонтом [7].

В качестве примера воздействия давления напорных вод, можно привести крупную аварию, произошедшую в 2009 году в Кёльне (Германия), где произошел прорыв пльвунов в нижней части котлована под тоннель станции метро, в результате которого, образовавшийся оползень стал причиной разрушения здания одного из крупнейших Исторических архивов страны, хранившего в своих стенах множество важных исторических документов и реликвий [1,3,7].



***Вид на разрушенное здание архива и наиболее вероятный сценарий разрушения***

Для предупреждения явлений, связанных с прорывом напорных вод, необходимо выполнение количественных прогнозов возможности прорывов подземных вод с целью установления безопасной глубины устройства котлованов. По результатам расчетов прорывов можно выделить зоны безопасного проведения горных работ без устройства дренажных работ, а также разработать рекомендации по предупреждению прорывов в период проходки выработок.

Для оценки безопасного функционирования сооружений на фундаментах неглубокого заложения, в том числе зданий в историческом центре, включая архитектурно-исторические памятники, старой системы водоотведения, проложенную в зоне аэрации, эскалаторных и перегонных тоннелей, а также ограждающих конструкций глубоких котлованов необходимо рассматривать специфику воздействия грунтовых вод, которые,

как известно, при определенных условиях могут являться сильными активаторами коррозионных процессов и процессов растворения (выщелачивания) при непосредственном участии микробиоты, могут замедлять твердение бетонов при устройстве буронабивных свай при определенной окислительно-восстановительной обстановке и низких значениях  $\text{pH} < 5$ .

В настоящее время в мире не существует общего для всех случаев алгоритма и научно-методологических подходов к оценке причин аварий различных сооружений. Однако, выделенные выше основные группы причин аварийности, могут являться основой для проведения анализа каждой конкретной ситуации. Кроме того, комплексный подход к изучению подземного пространства лежит в основе обеспечения безопасности и длительной устойчивости различных сооружений. Анализ и оценка причин аварий сооружений должны основываться на достаточности и достоверности информации с привлечением «экспертного мнения».

#### **ГЛАВА 4. МИНИМИЗАЦИЯ АВАРИЙНОСТИ И ПОВЫШЕНИЕ ДЛИТЕЛЬНОЙ УСТОЙЧИВОСТИ РАЗЛИЧНЫХ ПОДЗЕМНЫХ СООРУЖЕНИЙ**

Предупреждение возможности развития чрезвычайных ситуаций при освоении и использовании многокомпонентного подземного пространства при строительстве и эксплуатации зданий и сооружений различного уровня ответственности и сложности определяется совокупностью факторов, связанных как с самим сооружением (величиной нагрузок, передаваемых сооружением и их корректным расчетом, абсолютными и относительными осадками зданий, типом их конструктивной схемы, динамики напряженного состояния пород (грунтов), связанного со спецификой функционирования сооружений с гидро- и газодинамическим режимом в основании сооружений, а также технологическим режимом их функционирования, устойчивостью конструкционных материалов в подземной среде и т.д.), так и с



особенностями состава, состояния и свойств основных компонентов подземного пространства (песчано-глинистых грунтов/горных пород, горизонтов напорных и безнапорных вод, газов различного генезиса и микроорганизмов).

Минимизация случаев развития аварийных ситуаций зданий и сооружений, связанная с некорректными данными инженерно-геологических исследований, возможна только путем применения комплексного подхода к подземному пространству и рассмотрения его как многокомпонентной системы, учитывая не только специфику грунтов в разрезе, но также особенности гидродинамического и гидрохимического режимов подземных вод, возможность генерации, накопления и диссипации газов различного генезиса, а также специфики процессов жизнедеятельности подземной микробиоты и продуктов ее метаболизма [7].

При оценке гидрогеологических условий, при решении проблемы повышения безопасности освоения и использования подземного пространства, должна производиться по следующим позициям, которые были выделены руководителем научной школы «Инженерная геология» в Горном университете, Дашко Р.Э.:

1) изменение гидродинамического режима водоносных горизонтов на напряженно-деформированное состояние (НДС) грунтов, служащих основанием и/или вмещающей средой сооружений различного назначения;

2) влияние восходящего или нисходящего перетекания подземных вод напорных водоносных горизонтов на устойчивость несущих конструкций, стенок выработок, а также возможность формирования прорывов таких вод в строительный котлован;

3) прогнозирование развития абсолютных и относительных осадок сооружений, а также земной поверхности за счет изменения НДС при варьировании величины напоров подземных вод, особенно при их понижении;

4) оценка окислительно-восстановительной обстановки подземных вод, которые определяют кислотно-щелочные условия при низких значениях Eh;

5) определение содержания химических элементов и соединений по расширенному списку, с включением в перечень содержания органического вещества по величине перманганатной (легкоокисляемая органика) и бихроматной окисляемости (общее содержание органики), а также БПК<sub>5</sub> (биологического потребления кислорода);

б) следует выделять неустойчивые компоненты подземных вод (значения Eh и pH, аммония, сероводорода, сульфатов) непосредственно *in situ* для повышения уровня достоверности их окислительно-восстановительных и кислотно-щелочных условий, а также количественных характеристик химического состава вод;

7) анализ влияния напорных вод на несущую способность свайных фундаментов за счет снижения трения по боковой поверхности свай при восходящем перетекании подземных вод с обязательным учетом их химического состава.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Haack A. Construction of the North-South-Metro Line in Cologne and the accident on March 3rd, 2009 // Society for Social Management Systems 2010, 4-6 March 2010, Kochi, Japan. Paper №10\_194.
2. Kayvani K. Design of high-rise buildings: past, present and future. 23<sup>rd</sup> Australian conference on the Mechanics of structures and materials, vol. I, Byron Bay, NSW, 9-12 December, Southern Cross University, Lismore, NSW, pp.15-20.
3. Van Baars S. Causes of Major Geotechnical Disasters // ISGSR 2011 - Vogt, Schuppener, Straub & Bräu (eds) – 2011: 685-692.
4. Адигамова З.С., Лихненко Е.В. Освоение подземного пространства как решение проблемы урбанизации. Оренбургский государственный университет. Материалы всероссийской научно-практической конференции, Оренбург, 20-22 мая, ОГУ, 2009, с. 4-12.
5. Веселова С.Б. Город – Архитектура – Философия. Web-кафедра философской антропологии: <http://anthropology.ru>
6. Ванчуков В. Москвософия и петербургология. Философия города, Москва, 1997.
7. Дашко Р.Э.
8. Леггет Р. Города и геология. Изд. «Мир», Москва, 1976, 559 с.
9. Новая философская энциклопедия в 4 томах. Институт философии РАН, Национальный общественно-научный фонд. Том 2., Москва, «Мысль», 2010.
10. Середина М.И. Современные мегаполисы мира и их социальные проблемы. ФГОУВПО «РГУТиС», научный журнал Сервис plus №1, Москва, 2011.
11. Смирнов С.А. Антропология города или о судьбах философии урбанизма в России.
12. Щедровицкий П.Г. Философия развития и проблема города. Статья, 1990, 7 с. <http://www.antropolog.ru/doc/persons/smirnov/smirnovgorod>