

N1, 1999

Опыт применения инъекционных геотехнологий в Санкт-Петербурге

Богов С.Г., Алексеев С.И

Освоение подземного пространства Санкт-Петербурга до сих пор остается привлекательной, но трудно выполнимой задачей. Развитие инфраструктуры города связано со строительством метро, подземных гаражей, транспортных и инженерных коммуникаций, пешеходных переходов и требует от строителей внедрения новых технологий, обеспечивающих надежность и качество выполнения работ в грунте с минимальными рисками. Особую сложность представляют задачи по освоению подземного пространства с существующими зданиями и под ними.

Традиционные технологии, такие как методы закрепления грунтов, силикатизацией или цементацией методом пропитки, устройство буроинъекционных свай усиления применяемые для усиления фундаментов зданий, расположенных в непосредственной близости от строящихся подземных объемов, позволили решить лишь ограниченный круг вопросов. Применение для этой цели современных инъекционных технологий, в том числе такой эффективной разновидности как манжетная существенно снизило вредные динамические воздействия на конструкции здания, а также на грунты основания. Эти технологии в некоторых случаях позволяет обойтись без неоправданно дорогостоящего усиления фундаментов буроинъекционными сваями с передачей нагрузки на прочные грунты, залегающие на глубинах 15-20м.

Для укрепления грунтов традиционным методом проникающей инъекции используются цементные или силикатные растворы на основе жидкого стекла. В зависимости от требуемой прочности и водонепроницаемости укрепляемого грунта в качестве отвердителя применяются: хлористый кальций, кремнефтористоводородная кислота. Инъекционное закрепление глинистых грунтов этим методом осложнено и инъекция раствора возможна посредством методом гидроразрыва, что не всегда безопасно для конструкций усиливаемого зданий. Имеется лишь приближенное представление о характере распространения инъекционных растворов при гидроразрывах и характере взаимодействия инжецируемого материала с грунтовой средой. К неясным относятся также вопросы, связанные с влиянием окружающего грунта на свойства раствора в процессе его твердения, а также прочностные и деформационные характеристики укрепленного глинистого грунта.

Анализ современных инъекционных геотехнологий позволил установить, что практически все они привязаны к весьма узкому спектру по гранулометрическому составу грунтов (Рис.1). Цементация эффективна для гравелистых и крупных песков, обладающих выраженным поровым пространством, электрохимическое закрепление применимо в связных грунтах, химическое в несвязных (от мелкозернистых до крупных). По диапазону возможного применения бесспорным лидером является струйная технология. Струйная технология открывает также широкий спектр возможностей для ведения реконструкционных работ.

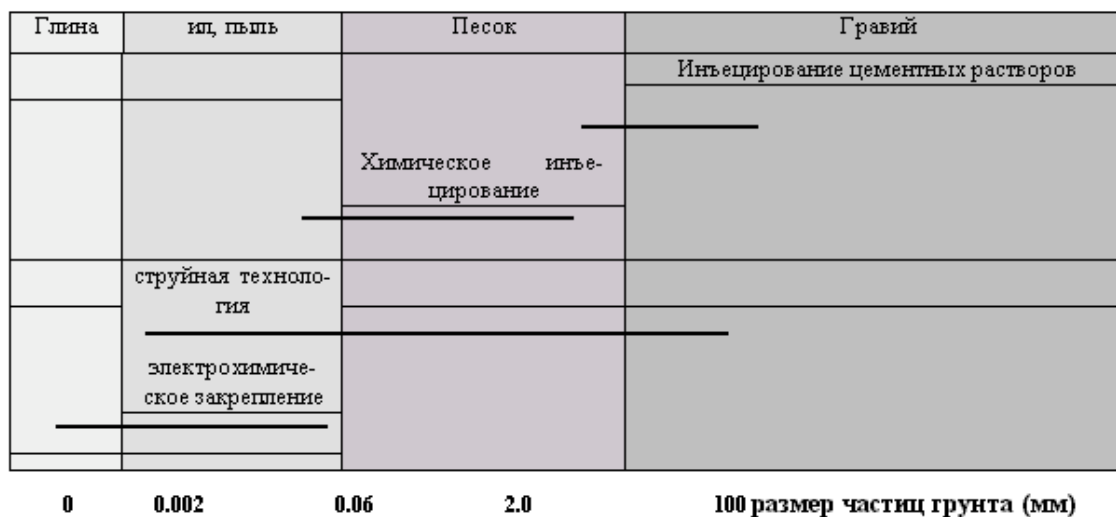


Рис.1 Пределы применения инъекционных геотехнологий.

Она позволяет например обеспечить надежное закрепление грунтов дна при отрывке котлованов открытым способом, предлагать новые способы и конструкции усиления фундаментов зданий, решать другие геотехнические задачи применительно к слабым водонасыщенным грунтам.

Нами предложен и запатентован способ устройства заглубленных помещений в реконструируемых бесподвальных зданиях с использованием струйной технологии. Способ предусматривает устройство конструкции временного усиления фундаментов здания буроинъекционными сваями с передачей всей нагрузки от здания на сваи. Причем после сооружения этой временной конструкции под зданием осуществляется сооружение несущих и ограждающих конструкций - стен и полов заглубленного помещения по струйной технологии. В качестве примера может быть приведен проект устройства подвала в бесподвальном здании Архангельского музея изобразительных искусств (Рис.2).

Весьма эффективным применение струйной технологии оказалось при реализации широкомасштабного плана ремонта и прокладки инженерных сетей в Санкт-Петербурге. Эта проблема является одной из наиболее острых для города, стоки которого до настоящего времени частично сбрасываются без очистки, а существующие канализационные коммуникации имеют высокую степень физического износа. Повреждение канализационных сетей способствует развитию процессов механической суффозии, приводящей в ряде случаев к деформациям зданий. Реконструкция сетей в городе осуществляется по двум перспективным направлениям: ремонт существующих сетей путем размещения в них пластмассовой трубы и прокладка новых методом микротоннелирования. В обоих случаях требуется устройство сухих технологических котлованов и камер. При высоком уровне подземных вод, характерном для Санкт-Петербурга, откопка котлованов и траншей для прокладки проблемной даже в шпунтовом ограждении. Короткий шпунт не обеспечивает водонепроницаемости дна, а доведение его до водоупора не всегда представляется возможным.

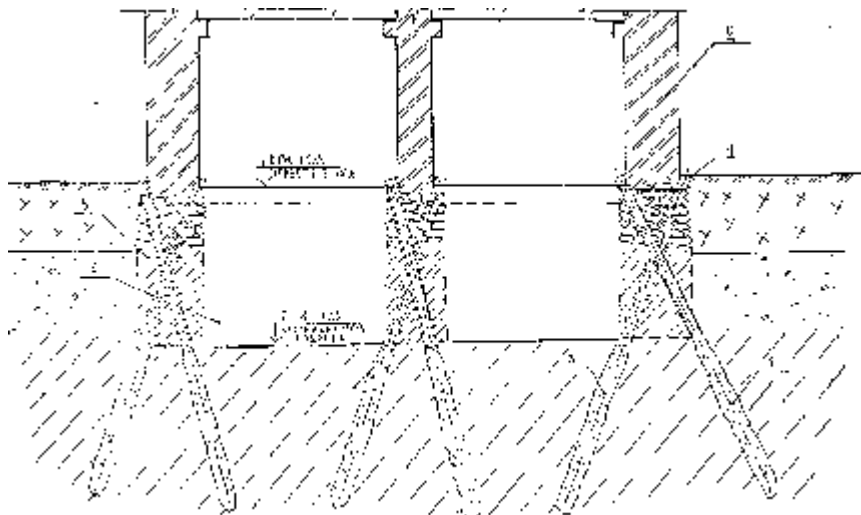


Рис. 2

Поэтому крайне важным является вопрос надежного противодиффузионного закрепления грунтов дна траншей и котлованов до начала производства земляных работ. Подобные технологии могут быть широко использованы при устройстве подземных переходов в условиях плотной городской застройки.

Нами рассматривались различные технологические способы решения этой задачи: одно-двухрастворная силикатизация, электросиликатизация, цементация, струйное закрепление. Неотъемлемой частью данных работ является проведение геотехнического мониторинга за состоянием окружающих зданий при погружении, извлечении шпунтового ограждения и при откопке котлованов.

Примерами успешного устройства “сухих” рабочих котлованов при ремонте канализационных коллекторов в грунтах Санкт-Петербурга являются объекты: на Кондратьевском пр., ул. Учительской, наб. реки Карповки.

Первый рабочий котлован находился в непосредственной близости от дома № 1 по Кондратьевскому пр. Уровень подземных вод на момент производства работ находился на глубине 2,0 м от дневной поверхности. Для безопасного ведения работ по устройству рабочего котлована проектом было предусмотрено устройство противодиффузионных горизонтальной и вертикальных завес котлована в шпунтовом ограждении. Работы производились без переноса трамвайных путей и без остановки движения.

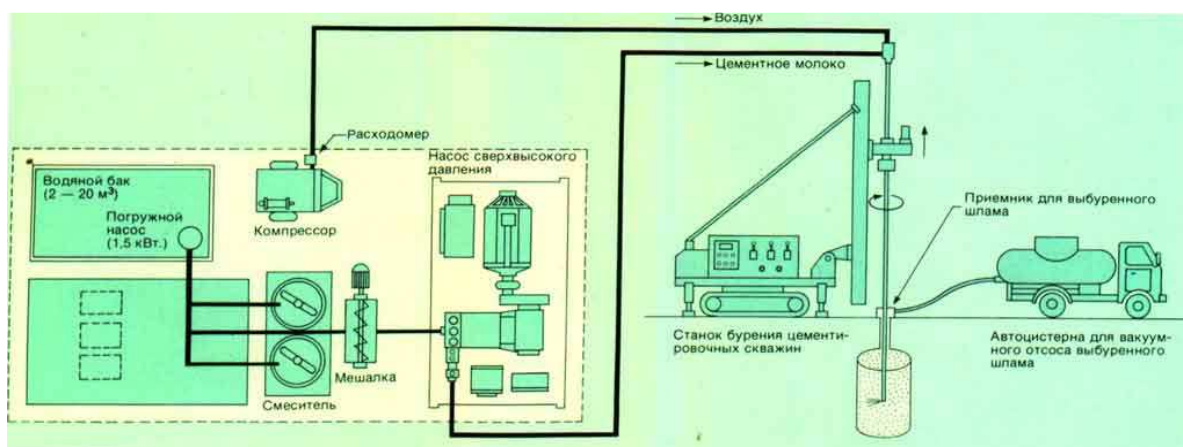
Ремонт канализационного коллектора, устроенного из железобетонных труб с внутренним диаметром 1200 мм проводился в июне-сентябре 1998 г. по ул. Учительская в г. Санкт-Петербурге. Выполнение работ осуществлялось, в основном, бестраншейным способом, методом проталкивания гибкой пластмассовой трубы \varnothing 1000 мм внутрь деформированного железобетонного коллектора. В местах наибольших повреждений (просадок) железобетонных труб устраивались рабочие котлованы, предназначенные для осуществления процесса опускания пластмассовой трубы и ее дальнейшего проталкивания в разгерметизированный канализационный коллектор.

Разработка открытого котлована длиной 24 м и глубиной 5,5 м по ремонту канализационного коллектора по ул. Учительской осуществлялась в 14 м от 9-этажного жилого дома в сложных гидрогеологических условиях, при следующих инженерно – геологических напластованиях:

- насыпной слой с поверхности мощностью до 2,5 м;
- слой мягкопластичной супеси мощностью до 2,0 м;

- слой пылеватого песка мощностью до 5,0 м, переходящий при производстве работ в плавунное состояние.

Уровень подземных вод находился на глубине 2,5 м от поверхности. При производстве работ использовался короткий металлический шпунт для ограждения стенок котлована. Для создания устойчивости и водонепроницаемости основания рабочего котлована использовалась струйная технология закрепления дна котлована - пылеватого водонасыщенного песка в пределах шпунтового ограждения. Закреплению грунта подвергался, согласно выполненным расчетам, слой пылеватого песка под трубой существующего коллектора.



Работы по струйной технологии закрепления грунта осуществлялись с использованием специального оборудования (рис. 3) с поверхности проектируемого котлована после погружения шпунтового ограждения. Подтверждением качества выполненных работ является отсутствие грунтовых вод в котловане.

В результате закрепления днища котлована и боковых стенок в местах пересечения трубы и линии шпунтового ограждения, были созданы условия проведения ремонтно-восстановительных работ без использования водопонижения. Эта технология производства работ оказалась наиболее щадящей для окружающей застройки и позволила выполнить глубокий котлован при высоком УПВ.

При прокладке канализационного коллектора на набережной реки Карповки проектом предусматривалось создание технологической рабочей камеры в шпунтовом ограждении. Для закрепления грунтов основания камеры в данных грунтовых условиях использовался метод электросиликатизации. Подземные воды находились на глубине 3,0 м от дневной поверхности грунта. Работы проводились в непосредственной близости от жилого дома.

Отметка дна камеры составляла $-6,0$ м от уровня дневной поверхности. Методом электросиликатизации было проведено закрепление днища – массива суглинка (мощностью 2,0 м).

Заключение

Подобные работы впервые успешно выполнены в инженерной практике Санкт-Петербурга. В процессе производства работ проводился геотехнический мониторинг за состоянием соседних зданий. Следует отметить, что в конкретных геологических условиях для состояния окружающей застройки очень важным является выбор оптимальной технологии производства работ. Данный подход позволяет выполнять глубокие котлованы в сложных инженерно-геологических условиях Санкт-Петербурга при плотной городской застройке даже при высоком уровне подземных вод без

открытого водоотлива. Такая технология может быть широко использована для решения многих геотехнических задач, характерных для большого города построенного на толще слабых грунтов (устройство подземных сооружений в виде гаражей, хранилищ, пешеходных переходов, транспортных развязок, ремонт инженерных сетей, микротоннелирование на небольших глубинах).