

УДК 624.131.: 624.15

**ОБОСНОВАНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ
ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ
ВЫСОКОНАПОРНОЙ ЦЕМЕНТАЦИЕЙ***д.т.н., проф., Головки С.И., асп. Шехоркина Н.Е.,
студ. Михалева К.О.**ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и
архитектуры»*

Актуальность проблематики и постановка задачи. В настоящее время во всех странах мира имеется стойкая тенденция к росту городов. В связи с неуклонным ростом населения, современные города развиваются, расширяются застраиваемые территории, увеличивается плотность застройки, растут объемы коммуникаций и транспортных путей. Благоприятные для застройки территории практически уже использованы, поэтому процесс современного городского строительства все чаще протекает в неблагоприятных инженерно-геологических условиях. Также актуальной проблемой всех крупных городов Украины является реконструкция и восстановление старых зданий. В большинстве случаев в состав строительных работ, связанных с реконструкцией, включаются работы по усилению оснований и фундаментов. Строительство и реконструкция фундаментов представляет собой сложный комплекс строительных работ, который часто осложняется наличием неблагоприятных геоморфологических, инженерно-геологических и гидрогеологических условий. В процессе эксплуатации зданий и сооружений свойства грунтовых оснований и гидрогеологического режима территории часто ухудшаются, что обуславливает необходимость их упрочнения.

Анализ последних исследований и публикаций. Известно, что качество и свойства цементационных материалов имеют первостепенное значение для результатов цементации. На основании экспериментальных исследований установлено, что единственным резервом повышения прочности цементного камня является поддержание водоцементного отношения (В/Ц) в пределах 0,37 – 0,45 [9]. Снижение В/Ц ниже указанных пределов приводит к неполной гидратации клинкерных минералов, а превышение – к перенасыщению раствора избыточной водой, что в обоих случаях снижает прочностные показатели цементного камня. В практике ведения работ по укреплению слабых грунтов для обеспечения хорошей прокачиваемости цементационного раствора и качественного заполнения порового пространства грунта используется В/Ц от стандартного 0,5 до 1,0 и более, что естественно не укладывается в интервал получения наибольших прочностных показателей.

Цель настоящих исследований – анализ составов инъекционных растворов, используемых в практике фундаментостроения, для закрепления грунтов методом цементации, обоснование целесообразности использования

различных пластифицирующих добавок для повышения качества цементационных работ и повышения радиуса распространения раствора.

Изложение основного материала исследования. Цементацию применяют не только для улучшения прочностных, деформационных и противодиффузионных характеристик грунтового массива, но и для заполнения крупных пустот под подошвой фундаментов и искусственных подземных выработок. Путем инъекции цементосодержащих растворов производят закрепление песков средней крупности и крупных, галечниковых и гравийных отложений, а также трещиноватых скальных пород с коэффициентом фильтрации до 200 м/сут. В зависимости от вида и структуры закрепляемого грунта водоцементное В/Ц указанных растворов может изменяться от 0,4 до 20 [6]. Для случая армирования и упрочнения грунтов высоким давлением применение добавок в цементные растворы практически не исследовано.

Важными преимуществами цементных растворов являются отсутствие загрязнения окружающей среды, высокая подвижность и сравнительно короткое время схватывания. Однако цементно-водные суспензии, относящиеся к нестабильным растворам, обладают низкой седиментационной устойчивостью. Кроме того, прочность на сжатие цементно-грунтового камня, образующегося при инъекции закрепляющего раствора, является недостаточно высокой – до 1 – 2 МПа [5]. Одна из причин относительно низкой прочности закрепленного грунтового массива заключается в том, что затвердевшая цементная матрица при тех значениях В/Ц, которые обычно применяются в цементно-водных суспензиях, обладает значительной пористостью и подвержена усадочным деформациям и, следовательно, имеет склонность к трещинообразованию [3]. Начиная с определенных соотношений ($V/C > 0,22 - 0,28$), цемента уже не хватает на полное химическое связывание воды – она остается в толще цементного камня и формирует его микропористость. При дальнейшем увеличении $V/C > 0,65$ оставшиеся микропоры и капилляры уже настолько разветвлены, что становятся сообщающимися между собой. В результате цементный камень характеризуется низкой прочностью, высокой водопроницаемостью и плохой морозостойкостью. Также водные растворы цемента не дают 100% выхода цементного камня, что влечет за собой остаточную фильтрацию [6].

При укреплении грунтов методом цементации применяют различные добавки с целью создания оптимальных условий твердения цемента и улучшения технологических свойств цементогрунтовых смесей, повышения деформативных свойств цементогрунта и как следствие повышения прочности и долговечности изделий из этого материала, расширения количества видов грунтов, пригодных для укрепления, а также в целях экономии цемента.

Для повышения качества цементации грунта используют цементно-песчаные растворы, однако их применение эффективно лишь для пород с удельным водопоглощением не менее 3 л/мин [2]. При меньших значениях водопоглощения почти весь песок остается на границе закрепляемого массива, и поэтому вглубь массива по-прежнему проникает лишь цементно-водная суспензия с величиной $V/C > 1$ [3].

Как следует из вышеизложенного, в способе цементации слабых грунтов, включающем введение в грунт цементирующего раствора, указанный раствор должен обладать при наименьшем из возможных значений величины V/C достаточно большой проникающей способностью, зависящей от дисперсности частиц твердой фазы раствора и его седиментационной устойчивости. Для реализации этих требований в состав цементно-водной суспензии вводят различные добавки.

Например, путем введения в раствор отходов местных производств, доломитовой пыли электрофильтров и батарейных циклонов, можно добиться экономии дорогостоящего цемента до 50%. Прочность полученного материала на 28 сутки твердения составляет 18,6 МПа, что отвечает предъявляемым требованиям. Такие растворы характеризуются небольшим расходом вяжущего, высокой седиментационной устойчивостью, подвижностью, большой проникающей способностью, устойчивостью к размыванию водой в период твердения [5].

Для повышения стабильности к цементным растворам добавляют глину. Такие растворы не расслаиваются, не разжижаются подземными водами, хорошо прокачиваются насосами, дают 100% выход цементного камня, обеспечивают хороший контакт с породой. Прочность цементного камня варьируется от 0,5 до 10 МПа в зависимости от соотношения компонентов раствора [1].

Для экономии цемента используются песок и каменная мука, что особенно эффективно, когда для закрепления грунта требуется большое количество цементирующего раствора [7].

Для повышения вязкости раствора и уменьшения водоотделения рекомендуется вводить в раствор до 25% молотого или мелкого (с крупностью зерен до 1 мм) кварцевого песка [7].

В качестве тонкодисперсного минерального компонента может быть использован карбонатный шлак химводоподготовки, который является отходом производства на ТЭЦ и ТЭС. Пределы содержания карбонатного шлама колеблются от 5 до 35% в составе твердой фазы цементационного раствора при минимально возможном $V/C=0,4$.

Механическая прочность закрепленных грунтов, полученных путем введения модифицированных цементно-водных суспензий, остается недостаточно высокой (4 – 5 МПа). Одна из причин этого – недостаточная прочность цементационного раствора. Как показывают лабораторные исследования прочностных свойств дробленых изверженных пород, заинъектированных цементными растворами, предел прочности при

одноосном сжатии образцов породы убывает с ростом водоцементного отношения инъекционного раствора точно так же, как и предел прочности самого раствора после отверждения [4].

Известен способ цементации слабого грунта, включающий инъекцию в грунт закрепляющего раствора – водной суспензии цемента с высокодисперсным минеральным наполнителем. В качестве наполнителя используют микробиологически активированный пресноводный озерный ил при следующем соотношении компонентов: водная суспензия цемента – 88 – 92%, водная суспензия активированного озерного ила – 8 – 12%. Однако механическая прочность цементно-илистого камня, образовавшегося в грунте в результате инъекции закрепляющего раствора, остается недостаточно высокой. Кроме того, получение микробиологически активированного ила требует большого времени (24 – 30 час) и сложного технологического оборудования, что усложняет и удорожает закрепление грунта [8].

На основании выполненных теоретических исследований установлено, что В/Ц цементационного раствора должно изменяться от 0,37 до 0,45, при этом подвижность раствора составляет более 17 см (по конусу АзНИИ). При таких параметрах обеспечивается хорошая прокачиваемость цементационного раствора и качественное заполнение порового пространства грунта. Однако на практике используются растворы с В/Ц от стандартного 0,5 до 1,0 и более, что не соответствует требованиям.

Исходя из вышеизложенного для того, чтобы обеспечить возможность снижения В/Ц < 0,5 при соблюдении необходимых параметров подвижности смеси (не менее 17 – 18 см) наиболее целесообразно в состав цементного раствора вводить различные реагенты-пластификаторы. Так, добиться необходимой подвижности раствора при значениях В/Ц = 0,4 – 0,45 для успешного прокачивания цементной смеси можно с помощью высокомолекулярного поливинилпирролидона при его концентрации в растворе 0,8 – 1,0% от веса вяжущего [9].

Выводы.

Выполненными теоретическими исследованиями составов и свойств инъекционных растворов установлено, что введение различных тонкодисперсных минеральных компонентов не обеспечивает достаточной прочности цементного камня при требуемом значении В/Ц. Поэтому применение пластифицирующих добавок в составе цементационного раствора для закрепления грунтов является наиболее эффективным для достижения требуемых технологических свойств раствора, что требует проведения экспериментальных исследований для различных типов грунтов

ИСПОЛЬЗОВАННЫЕ ИСТОЧНИКИ

1. Банник Г.И. Техническая мелиорация грунтов/ Банник Г.И. – К.: Вища школа, 1976. – 304 с.
2. Гончарова Л.В. Основы искусственного улучшения грунтов. – М.: МГУ, 1973. – 375с.
3. Джантимиров Х.А., Юдович Б.Э. и др. Совершенствование геотехнических цементационных материалов на основе гидравлических вяжущих. / Научные труды Межд. Науч. Конф. По бетону и железобетону. – М.: Дипак, 2005. Т. 3, с. 497 – 504.
4. Заславский Ю.З. Инъекционное упрочнение горных пород / Ю.З. Заславский, Е.А. Лопухин, Е.Б. Дружко, И.В. Качан // – М.: Недра, 1984. – 176 с.
5. Камбефор А. Инъекция грунтов. Принципы и методы / А. Камбефор; [пер. с фр. Р.В.Казаковой, В.Б.Хейфица]. – М.: «Энергия», 1971. – 333 с.
6. Конюхов Д.С. Строительство городских подземных сооружений мелкого заложения. – М.:Архитектура-С, 2005. – 305 с.
7. Основания, фундаменты, и подземные сооружения: справочник проектировщика/ [М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др.]. – М.: Стройиздат, 1985- 480 с.
8. Пат. 2372445 Российская Федерация, МПК⁶ Е 02 D 003/12, С 09 К 017/10. Способ цементации слабых грунтов [Текст] / Мальцев Н.В., Гольцов Ю. И., Мальцев В. Т., Недодаев А. В., Харабаев Н. Н.; заявители и патентообладатели Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Ростовский государственный строительный университет". – № 2007136530/03; заявл. 02.10.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 23 (II ч.). – 6 с.
9. Тойб Р.Р. Разработка тампонажных составов с низким содержанием дисперсионной среды для цементирования скважин в условиях низких температур: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: спец. 25.00.15 «Технология бурения и освоения скважин»/ Р.Р. Тойб. – Санкт-Петербург, 2005. – 20 с.