

*С.И. Головки, д.т.н., проф., Н.Е. Шехоркина, аспирант
К.О. Михалева, студ.*

ГВУЗ «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры»

АНАЛИЗ СОСТАВОВ ИНЪЕКЦИОННЫХ РАСТВОРОВ ДЛЯ ЗАКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ МЕТОДОМ ЦЕМЕНТАЦИИ

Приведены результаты теоретических исследований составов и свойств растворов для закрепления грунтов методом цементации, обоснована эффективность применения пластифицирующих добавок.

Ключевые слова: *водоцементное отношение, стабильный раствор, седиментация, водоотделение, подвижность, пластификаторы.*

*С.І. Головки, д.т.н., проф., Н.Є. Шехоркіна, аспірант
К.О. Михальова, студ.*

ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»

АНАЛІЗ СКЛАДУ ІН'ЄКЦІЙНИХ РОЗЧИНІВ ДЛЯ ЗАКРІПЛЕННЯ ГРУНТІВ МЕТОДОМ ЦЕМЕНТАЦІЇ

Наведено результати теоретичних досліджень складу та властивостей розчинів для закріплення ґрунтів методом цементації, обґрунтовано ефективність застосування пластифікуючих домішок.

Ключові слова: *водоцементне відношення, стабільний розчин, седиментація, водовідділення, рухливість, пластифікатори.*

*S.I. Golovko, Ph.D.N.E. Shekhorkina, post-graduate
K.O. Mihaleva, student*

SHEE "Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture"

ANALYSIS OF INJECTION COMPOSITIONS FOR THE SOILS STRENGTHENING BY CEMENTATION

The theoretical investigation results of injection composition for the soils strengthening by cementation are shown. Effectiveness of plasticizing agents' application is substantiated.

Keywords: *water-cement ratio, stable grout, sedimentation, dehydration, mobility, plasticizers.*

Введение. В настоящее время постоянно увеличиваются объемы реконструкции и восстановления зданий, уплотняется существующая застройка городских территорий. Надстройка дополнительных этажей, устройство пристроек, замена несущих строительных конструкций здания, техническое перевооружение предприятий сопровождается ростом нагрузок на фундаменты. Также за период длительной эксплуатации зданий возможно ухудшение строительных свойств грунтов оснований, разрушение конструкций фундаментов, нарушение условий их устойчивости. В результате здания претерпевают осадки, в основном неравномерные, и возникает опасность разрушения надземных строительных конструкций. При решении этих вопросов часто требуется проведение дорогостоящих работ по упрочнению грунтов оснований и усилению фундаментов зданий.

Обзор последних источников исследований и публикаций. При укреплении грунтов цементом применяют различные добавки с целью

создания оптимальных условий твердения цемента и улучшения технологических свойств цементогрунтовых смесей, повышения деформационных свойств цементогрунта и, как следствие, повышения прочности и долговечности изделий из этого материала, увеличения количества видов грунтов, пригодных для укрепления, а также в целях экономии цемента [1, 4, 5, 7, 9, 10].

Выделение не решенных ранее частей общей проблемы. На сегодняшний день исследования в области определения влияния пластифицирующих добавок на качество инъекционных работ и величину радиуса распространения раствора практически отсутствуют.

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, увеличения радиуса распространения раствора и уплотнения грунта.

Основной материал и результаты. Известно, что качество и свойства цементационных материалов имеют первостепенное значение для результатов цементации. В связи с этим к инъекционным растворам предъявляется ряд требований (табл. 1) [2].

Для соблюдения вышеуказанных требований при укреплении грунтов методом цементации применяют различные добавки.

Для повышения качества цементации грунта используют цементно-песчаные растворы, однако их применение эффективно лишь для пород с удельным водопоглощением не менее 3 л/мин [4]. 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 водоцементного отношения (В/Ц) больше 1 [5].

Таблица 1. Требования к инъекционным растворам

Технические	Технологические	Экономические
1	2	3
<ul style="list-style-type: none"> - хорошая текучесть; - способность проникать в любые поры и микротрещины; - отсутствие седиментации; - восприимчивость к обработке с целью регулирования свойств; - устойчивость к размывающему действию подземных вод; - стабильность при повышенном давлении; - отсутствие усадки с образованием трещин при твердении 	<ul style="list-style-type: none"> - хорошая прокачиваемость буровыми насосами; - малая чувствительность к перемешиванию; - возможность комбинирования с другим раствором; - хорошая смываемость с технологического оборудования; - легкая разбуриваемость камня 	<ul style="list-style-type: none"> - сырье должно быть недефицитным и недорогим; - отсутствие отрицательного влияния на окружающую среду

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-ые сутки твердения составляет 18,6 МПа, что отвечает предъявляемым требованиям и значительно превосходит прочность грунтовой матрицы. Такие растворы характеризуются небольшим расходом вяжущего, высокой седиментационной устойчивостью, подвижностью, большой проникающей способностью, устойчивостью к размыванию водой в период твердения [7].

Для повышения стабильности к цементным растворам добавляют глину. Такие растворы не расслаиваются, не разжижаются подземными водами, хорошо прокачиваются насосами, дают 100-процентный выход цементного камня, обеспечивают хороший контакт с породой. Прочность цементного камня варьируется от 0,5 до 10 МПа в зависимости от соотношения компонентов раствора и является вполне достаточной для целей уплотнения и армирования грунтового основания [1].

Для повышения вязкости раствора и уменьшения водоотделения рекомендуется вводить в раствор до 25% молотого или мелкого (с крупностью зерен до 1 мм) кварцевого песка [8].

В качестве тонкодисперсного минерального компонента может быть использован карбонатный шлам 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 В/Ц=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 отвердения [6].

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 периода времени (24 – 30 ч.) и сложного технологического оборудования, что усложняет и удорожает закрепление грунта [9].

Для случая армирования и упрочнения грунтов высоким давлением применение добавок в цементные растворы практически не исследовано, как в части увеличения радиуса распространения, так и прочности получаемого искусственного массива.

На практике для закрепления грунтов методом цементации применяют чисто цементные растворы, важными преимуществами которых являются отсутствие загрязнения окружающей среды, высокая подвижность и сравнительно короткий промежуток времени схватывания. Однако цементно-водные суспензии, относящиеся к нестабильным растворам, обладают низкой седиментационной устойчивостью. Применение таких растворов приводит к многократной закачке раствора в породы для полного заполнения трещин, что становится причиной снижения качества инъекционных работ. Кроме того, прочность на сжатие цементно-грунтового камня, образующегося при инъекции закрепляющего раствора, является недостаточно высокой – до 1 – 2 МПа [7]. 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 (от 0,5 до 20 в зависимости от вида и структуры закрепляемого грунта), обладает значительной пористостью, подвержена усадочным деформациям и, следовательно, имеет склонность к трещинообразованию [4]. 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.

Исходя из вышеизложенного, для закрепления грунтов наиболее целесообразно использовать стабильные цементные растворы, в которых процесс седиментации происходит медленнее, чем в нестабильных растворах, что позволяет выполнить инъекцию до начала осаждения наполнителя. На основании выполненных теоретических исследований [10] установлено, что стабильный цементный раствор должен иметь:

- водоцементное отношение от 0,37 до 0,45;
- подвижность от 17 до 22 см (по конусу АзНИИ);
- водоотделение в течение двух часов не более 2%.

При таких параметрах обеспечивается хорошая прокачиваемость цементационного раствора и качественное заполнение порового пространства грунта.

Стабильность раствора достигается введением в него различных пластифицирующих добавок [3]. Применение пластификаторов вызывает сильную диспергацию цемента в растворе: мелкие комочки цемента, которые трудно разбить механическим перемешиванием, распадаются на

мельчайшие частицы под действием пластификатора, в результате чего увеличивается поверхность вяжущего, удобоукладываемость, водоудерживающая способность и подвижность растворной смеси.

Выводы. Выполненным анализом теоретических исследований составов и свойств инъекционных растворов установлено, что введение различных тонкодисперсных минеральных компонентов не обеспечивает достаточной прочности цементного камня при требуемом значении В/Ц. Применение пластифицирующих добавок в составе цементационного раствора для закрепления грунтов является наиболее эффективным для достижения требуемых технологических свойств раствора. Поэтому проведение исследований в области определения влияния пластифицирующих добавок на качество инъекционных работ и величину радиуса распространения раствора является актуальным.

Литература

1. Банник, Г.И. *Техническая мелиорация грунтов* / Банник Г.И. – К.: Вища школа, 1976. – 304 с.
2. Булатов, А.И. *Тампонажные материалы* / А.И. Булатов, В.С. Данюшевский. – М.: Недра, 1987. – 304 с.
3. ВСН 03-74. *Указания по проектированию цементации в гидротехнических туннелях [Текст]*. – М. СССР: Энергия, 1975. – 31 с.
4. Гончарова, Л.В. *Основы искусственного улучшения грунтов* / Л.В. Гончарова. – М.: МГУ, 1973. – 375 с.
5. Джантимиров, Х.А. *Совершенствование геотехнических цементационных материалов на основе гидравлических вяжущих* / Х.А. Джантимиров, Б.Э. Юдович и др. // *Научные труды междунауч. конф. по бетону и железобетону*. – М.: Дипак, 2005. Т. 3. С. 497–504.
6. *Инъекционное упрочнение горных пород* / Ю.З. Заславский, Е.А. Лопухин, Е.Б. Дружко, И.В. Качан. – М.: Недра, 1984. – 176 с.
7. Камбефор, А. *Инъекция грунтов. Принципы и методы* / А. Камбефор; [пер. с фр. Р.В. Казаковой, В.Б. Хейфица]. – М.: Энергия, 1971. – 333 с.
8. *Основания, фундаменты и подземные сооружения: справочник проектировщика* / [М.И. Горбунов-Посадов, В.А. Ильичев, В.И. Крутов и др.]. – М.: Стройиздат, 1985. – 480 с.
9. Пат. 2372445 *Российская Федерация, МПК^с E 02 D 003/12, C 09 K 017/10. Способ цементации слабых грунтов [Текст]* / Н.В. Мальцев, Ю.И. Гольцов, В.Т. Мальцев, А.В. Недодаев, Н.Н. Харабаев; заявитель и патентообладатель Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Ростовский государственный строительный университет». – № 2007136530/03; заявл. 02.10.2007; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 23 (II ч.). – 6 с.
10. 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.

Надійшла до редакції 20.09.2013

© С.І. Головка, Н.Є. Шехоркіна, К.О. Михальова