

Технические и технологические особенности закрепления грунтовых оснований объектов культурного наследия Ростовской области

А.Ю. Прокопов, Е.Ю. Евлахова, А.А. Михайлов, А.В. Иванова, М.С. Матвеев

Донской государственный технический университет, Ростов-на-Дону

Аннотация: Рассмотрены способы инъекционного закрепления грунтов основания под фундаментами объектов культурного наследия. На конкретных примерах показаны особенности закрепления грунтов методами цементации и силикатизации. Приведены технологические особенности закрепления грунта, учитывающие материал фундаментов и техническое состояние объектов культурного наследия.

Ключевые слова: цементация, силикатизация, инъектор, грунт, закрепление, фундамент, объект культурного наследия, осадка, просадка, деформация.

Объекты культурного наследия Ростовской области, преимущественно сосредоточенные в гг. Ростов-на-Дону, Новочеркасск, Таганрог, Аксайском, Верхнедонском районах и др., были построены преимущественно во второй половине XIX – начале XX в. [1], т.е. находятся в эксплуатации 100-120 лет и более.

На территории Ростовской области широко распространены делювиальными просадочные суглинки [2], которые в состоянии переувлажнения могут деформироваться и ухудшать свои прочностные характеристики. В конце XIX - начале XX века многие здания и сооружения, в том числе признанные впоследствии объектами культурного наследия, проектировались и строились на площадках, сложенных слабыми, структурно неустойчивыми грунтами без учета просадочных свойств грунта. Вследствие реализации просадочных свойств грунтов оснований здания стали испытывать сверхнормативные деформации, что сделало дальнейшую эксплуатацию зданий на естественном основании практически невозможной [1 – 3].

В этих случаях прибегают либо к специальным конструктивным мероприятиям, либо к различным методам улучшения грунтов основания,

наибольшее распространение из которых в инженерно-геологических условиях Ростовской области получили цементация и силикатизация [4 – 6].

Целью настоящей статьи является анализ технических, технологических особенностей и обобщение опыта закрепления оснований объектов культурного наследия Ростовской области на основе конкретных примеров.

Пример 1. Цементация грунтового основания «Дома А.Я. Фельдмана», построенного в 1896 г. и расположенного по ул. Социалистическая, 126 (бывшая Никольская улица), в исторической части г. Ростова-на-Дону. В настоящее время в здании размещается Ростовский техникум рекламы, сервиса и туризма «Сократ».

Здание 2-хэтажное с мансардой, кирпичное, в плане сложной конфигурации с общими размерами в осях 18,99×30,56 м. Площадь застройки – 762,0 м². Высота здания в коньке – 15,60 м. Строительный объем – 8873,0 м³. Фундамент дома ленточный и выполнен, как продолжение кирпичной кладки стены, поэтому техническое состояние фундаментов и фундаментных стен рассматривается, как единое целое.

В результате значительных неравномерных осадок грунтов основания фундаментов произошло деформирование фундаментных стен, приведшее к образованию в них трещин и разрушению кирпичной кладки на ряде участков опирания металлических балок перекрытия над подвалом.

Состояние фундаментных стен в подвальной части зданий оценивается как ограниченно-работоспособное, а на некоторых участках, как аварийное.

Площадка отнесена к I типу грунтовых условий по просадочности. Закрепление выполнялось методом цементации по инъекционной технологии нагнетания раствора через забивные инъекторы переменного сечения на глубину до 2,7–3,5 м ниже подошвы фундаментов. Для обеспечения качественного и равномерного закрепления грунтов непосредственно под

подошвой фундаментов, предусмотрено инъецирование цементно-песчаного раствора на сульфатостойком портландцементе ССПЦ 500 через скважины с различными углами к вертикали, определяемыми с учетом глубины заложения и ширины фундамента.

Отличительной конструктивной особенностью рассматриваемого здания, как и ряда других подобных зданий, построенных в конце XIX – начале XX вв., является наличие в осях 1-2 проема, обеспечивающего проезд с улицы на внутриворовую территорию (рис. 1, а). В результате такого решения ленточный фундамент по оси 1 оказывается «оторванным» от фундаментов остального дома, поэтому локальные замокания грунтов в этом месте приводит, как правило, к существенным деформациям несущих стен из-за недостатка жесткости конструкций. Кроме того, глубина заложения ленточного фундамента по оси 1 на 0,7-0,9 м выше заглубления фундаментов в остальной части. В этой связи к усилению грунтов основания на таких участках нужно подходить более внимательно, предусматривая скважины с различными углами наклона к вертикали (в рассматриваемом примере – 7, 20 и 45°, рис. 1, б), обеспечивающие равномерное заполнение пор и пустот непосредственно под подошвой фундамента, при этом закрепление основания фундамента по оси 1 производится непосредственно с уровня поверхности земли (отм. 0,000), а по остальным осям – с уровня пола подвала здания (отм. -3,000 м).

После усиления сжимаемой зоны, мы получим грунты с равной сжимаемостью, не зависящей от колебания уровня подземных вод, что позволит избежать развития деформаций грунтов под фундаментом здания.

Принятая технология активно используется в строительстве и реконструкции зданий и сооружений [7, 8] и является экологически чистой и безопасной.

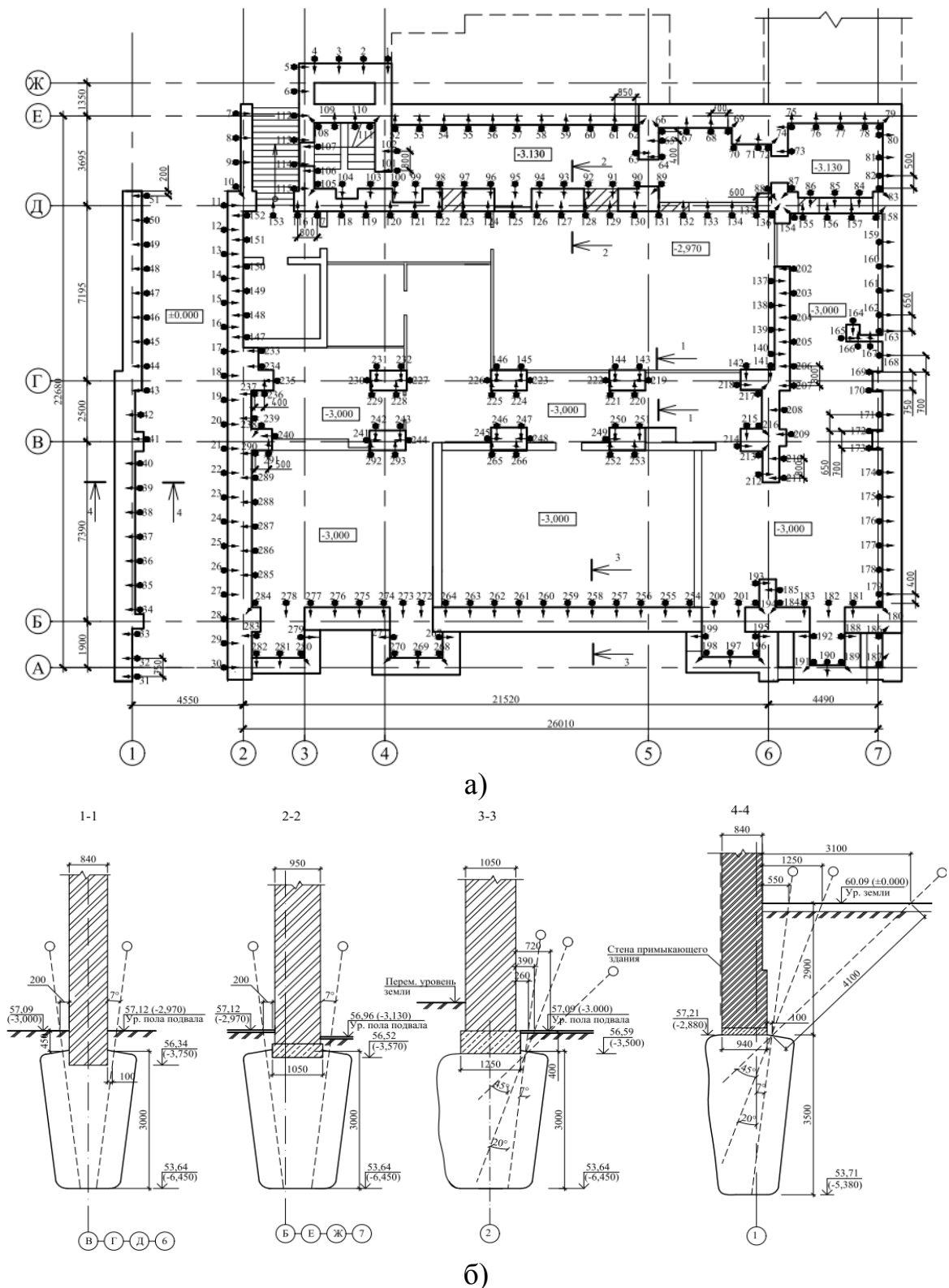


Рис. 1. – Схема расположения инъекционных скважин при цементации основания: а – план; б – разрезы; 1-1, 2-2, 3-3 – бурение из подвала; 4-4 – бурение и инъектирование с уровня поверхности (из проезда)

Пример 2. Закрепление грунтов основания «Дома Шаронова, 1912 г.» (рис. 2), расположенного в г. Таганроге Ростовской области, методом однорастворной инъекционной силикатизации.



Рис. 2. – Фасад Дома Шаронова в г. Таганроге

Здание одноэтажное, Г-образное в плане, с цокольным этажом, стены кирпичные. Конструктивная схема здания – смешанная, с продольными и поперечными несущими стенами. Фундаменты ленточные, бутовые: кладка известняка на сложном известковом растворе. Стены цокольного и первого этажей здания выполнены из красного керамического полнотелого кирпича на сложном известковом растворе. Толщина стен от 450 до 880 мм.

В основании залегают просадочные суглинки общей мощностью до 11 м. Площадка отнесена ко II типу грунтовых условий по просадочности. Для ленточного фундамента под наружную несущую стену просадка равна 10,4 см, что, согласно п.2 табл. Е.1 СП 22.13330.2016, выше допустимой.

Для устранения просадочных свойств грунтов применен способ однорастворной инъекционной силикатизации [9, 10]. Закрепление грунтов производится по конструктивной схеме в виде массивов из закрепленного грунта под ленточными фундаментами до глубины 11 м ниже уровня подошвы фундаментов (рис. 3).

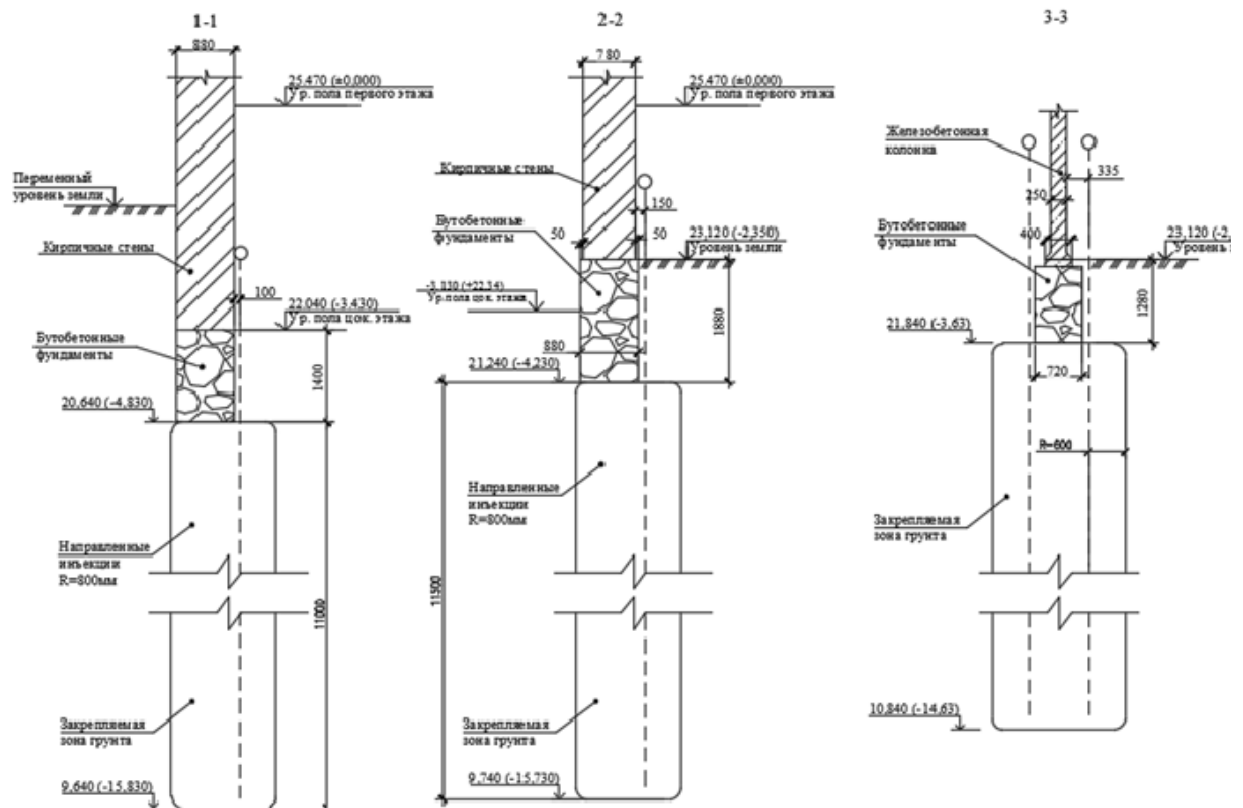


Рис. 3. – Схема закрепления основания методом односторонней силикатизации через вертикальные скважины и направленные инъекции

Радиус закрепления (0,8 м) и расстояние между инъекциями подобраны таким образом, чтобы обеспечить оптимальное закрепление грунтов основания при минимально возможном расходе жидкого стекла. Инъекции выполняются вертикальные, направленные под подошву бутобетонных фундаментов.

Используемая технология силикатизации является щадящей, с практически мгновенным закреплением грунта, поэтому данный метод не провоцирует дополнительных деформаций при производстве инъекционных работ. Она выполняется без отрывки и нарушения сплошности фундаментов. Одновременно с грунтом жидкое стекло усиливает фундамент путем упрочнения известкового раствора. При реакции жидкого стекла с известковой кладкой образуются нерастворимые цементирующие

новообразования гидратов окиси кальция повышенной прочности. При этом происходит восстановление разрушенной и ослабленной со временем известковой кладки.

Пример 3. Цементация основания короткими заходками при капитальном ремонте многоквартирного дома по ул. Чехова, 23 в Ростове-на-Дону (Доходный дом Б.В. Житомирского, начало XX в.) (рис. 4).



Рис. 4 – Фасад жилого дома по ул. Чехова, 23 в г. Ростове-на-Дону

Инженерно-геологические условия характеризуются наличием в основании просадочной толщи до глубин 3,0 – 3,5 м ниже подошвы фундаментов, и глубже расположенного слоя текучепластичных суглинков.

Проектом закрепления грунтов предусмотрена цементация основания на глубину 4,5 м ниже подошвы фундамента в 3 этапа работ по бурению и нагнетанию короткими заходками (по 1,5 м). Меньший интервал нагнетания обеспечит более тщательный, эффективный и безопасный для здания процесс закрепления и позволит оградить конструкции от влияния производства работ. Кроме того, усиление конструкций фундаментов и закрепление грунтов является первоначальным этапом полной реконструкции здания,

предусматривающей замену перекрытий и др., поэтому необходимо, чтобы цементация обеспечила максимальную эффективность.

Третий этап закрепления, предусматривающий инъецирование раствора на глубинах 3,0 – 4,5 м обеспечивает закрепление непросадочных суглинков ИГЭ- 2, которые не могут служить надежным основанием для вышележащих закрепленных грунтов. Этот этап позволит снизить дополнительные напряжения в грунтах от здания и не допустит проявления дополнительных осадок после закрепления.

Рассмотренные примеры наглядно показывают особенности закрепления грунтов оснований объектов культурного наследия. Только системный и всесторонний подход к разработке проекта усиления фундаментов и закрепления грунтовых оснований, как составной части проекта реконструкции здания, позволит сохранить объекты культурного наследия для следующих поколений.

Литература

1. Прокопов А.Ю., Михайлов А.А. Анализ причин деформаций и способов закрепления оснований зданий – объектов культурного наследия Ростовской области// 13-я Международная конференция «Социально-экономические и экологические проблемы горной промышленности, строительства и энергетики». Тула: ТулГУ, 2017. Том 2. С. 139 – 147.

2. Прокопов А.Ю., Михайлов А.А. Анализ грунтовых условий зданий г. Ростова-на-Дону, входящих в перечень объектов культурного наследия федерального значения// 16-я Международная конференция «World science: problems and innovations». Тула: ТулГУ, 2017. Ч.3. С. 122-125.

3. Прокопов А.Ю., Прокопова М.В., Медведев А.А. Применение BIM технологий в эксплуатации объектов культурного наследия// Научные труды КубГТУ. 2018. №2. С. 182 – 189.

4. Дежина И.Ю. Выбор метода преобразования лессовых грунтов Ростовской области с учетом различных факторов// Инженерный вестник Дона, 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945.

5. Новоженин В.П., Карлина И.Н. Влияние температуры грунта на степень его химического закрепления// Инженерный вестник Дона, 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2068.

6. Черный А.Т. Исследование и разработка эффективных методов контроля качества силикатизации лессовых грунтов: дис. канд. техн. наук: 05.23.02. Ростов-на-Дону, 1981. 198 с.

7. Prokopov A., Prokopova M., Rubtsova Ya. The experience of strengthening subsidence of the soil under the existing building in the city of Rostov-on-Don // MATEC Web of Conferences. Vol. 106. 2017. URL: doi.org/10.1051/mateconf/201710602001

8. Dolzhikov P., Prokopov A., Akopyan V. Foundation Deformations Modeling in Underworking and Hydroactivated Rocks// Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol 692. 2018. URL: doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_69

9. Прокопов А.Ю., Михайлов А.А. Анализ конструкций фундаментов зданий – объектов культурного наследия Ростовской области// Инженерный вестник Дона, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4937

10. Голованов А.М. Исследование одностороннего способа силикатизации лессовых грунтов и возможностей повышения его эффективности: дис. канд. техн. наук: 05.23.02. Ростов-на-Дону, 1970. 234 с.

References

1. Prokopov A.Yu, Mihajlov A.A. 13 Mezhdunarodnaya konferenciya «Social'no-ehkonomicheskie i ehkologicheskie problemy gornoj promyshlennosti, stroitel'stva i ehnergetiki». Tula, 2017. Vol. 2. pp. 139 – 147.



2. Prokopov A.Yu., Mihajlov A.A. 16 Mezhdunarodnaya konferenciya «World science: problems and innovations». Tula, 2017. Vol. 3. pp. 122 – 125.
3. Prokopov A. Yu., Prokopova M.V., Medvedev A.A. Nauchnye trudy KubGTU. 2018. №2. pp. 182 – 189.
4. Dezhina I.Yu. Inzhenernyj vestnik Dona (Rus), 2013, №3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2013/1945
5. Novozhenin V.P., Karlina I.N., 2013, №4. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2068
6. Chernyj A.T. Issledovanie i razrabotka ehffektivnyh metodov kontrolya kachestva silikatizacii lessovyh gruntov [Research and development of effective quality control methods for the silicatization of loess soils]. Rostov-on-Don, 1981. 198 p.
7. Prokopov A., Prokopova M., Rubtsova Ya. MATEC Web of Conferences. Vol. 106. 2017, URL: doi.org/10.1051/matecconf/201710602001
8. Dolzhikov P., Prokopov A., Akopyan V. Advances in Intelligent Systems and Computing. Vol 692. 2018. URL: doi.org/10.1007/978-3-319-70987-1_69
9. Prokopov A.JU., Mihajlov A.A. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, №2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/N2y2018/4937
10. Golovanov A.M. Issledovanie odnorastvornogo sposoba silikatizacii lessovyh gruntov i vozmozhnostej povysheniya ego ehffektivnosti [Study of one-solution method of silicatization of loess soils and possibilities for increasing its effectiveness]. Rostov-on-Don, 1970. 234 p.