

ОПЫТ СОЗДАНИЯ СИСТЕМЫ БУРОНАБИВНЫХ ГРУНТОВЫХ СВАЙ КАК ЭФФЕКТИВНЫЙ МЕТОД ГЛУБИННОГО УКРЕПЛЕНИЯ МАССИВА ПРОСАДОЧНЫХ ЛЕССОВЫХ ГРУНТОВ

THE EXPERIENCE OF BORED GROUND PILES SYSTEM CREATION AS AN EFFECTIVE METHOD OF DEEP STRENGTHENING OF SUBSIDENCE LOESS SOILS MASSIF



ТРОФИМОВ В.Т.

Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия, trofimov@rector.msu.ru
Адрес: Ленинские горы, д. 1, г. Москва, 119991, Россия

VICTOR T. TROFIMOV

Lomonosov Moscow State University, Moscow, Russia, trofimov@rector.msu.ru
Address: Bld. 1, Leninskie Gory, 119991, Moscow, Russia

Успешный опыт создания системы таких свай был использован при восстановлении аварийных зданий, возведенных на массиве просадочных лессовых грунтов в г. Будённовске Ставропольского края. Он описан в небольшой по объему, но оригинальной по содержанию монографии профессора, доктора геолого-минералогических наук Б.Ф. Галай¹ с соавторами, опубликованной в 2018 году². Буронабивные грунтовые сваи создавались в

пробуренных с использованием шнека скважинах в ходе обратного вращения бурового инструмента (патент РФ № 2135691 с приоритетом от 10.11.1998 г., автор Б.Ф. Галай).

В названной монографии обособлены краткие введение и заключение и четыре раздела: хроника национальной трагедии³; природные условия города Будённовска; инженерно-геологические условия территории больни-

¹ Выпускник кафедры грунтоведения и инженерной геологии МГУ им. М.В. Ломоносова; там же защищал кандидатскую и докторскую диссертации.

² Галай Б.Ф., Галай Б.Б., Галай О.Б., 2018. Восстановление аварийных зданий Буденновской больницы после террористического акта 1995 года. Северо-Кавказский федеральный университет, Ставропольсервисшкола, Ставрополь.

³ Хроника захвата 14 июня 1995 года Центральной районной больницы (ЦРБ) г. Будённовска чеченскими террористами с почти 2 000 заложниками и работы 14–19 июня по их освобождению.

цы; характеристика деформаций корпусов центральной районной больницы (ЦРБ) и обоснование выполненных противодеформационных мероприятий. Именно два последних раздела содержат оригинальный инженерно-геологический материал.

Авторы в разделе 2.2 (с. 39–41) отметили, что «Районная больница находится на юго-западной окраине г. Будённовска, имеет абсолютные отметки поверхности земли от 101,50 до 104,50 м. На территории больницы высокая терраса подходит к руслу р. Кумы и обрывистым, ступенчатым склоном переходит к руслу реки. На всю высоту берегового обрыва здесь обнажаются лессовые просадочные грунты».

Выполненные ранее и контрольные инженерно-геологические изыскания в целом показали однотипное строение геологического разреза на всех исследованных площадках. Основная цель изысканий — оценить состояние просадочных грунтов в основаниях зданий, дать характеристику фундаментов и главное — обосновать технологию укрепления просадочных грунтов одновременно с восстановлением несущих конструкций зданий. Мощность просадочных грунтов изменялась от 11–12 до 14 м. Северо-Кавказский филиал (СКФ) «ПНИИИС» вблизи роддома больницы выполнил бурение контрольной скважины и вскрыл просадочную толщу (ИГЭ-2) мощностью 14,0 м (что на 4,0 м больше данных, полученных ранее институтом «Фундаментпроект»). В нижней части разреза обнаружен песок (ИГЭ-4) мелкозернистый, пылеватый, водонасыщенный (аналогичный опесчаненной супеси ИГЭ-3 в разрезе института «Фундаментпроект»).

В целом, в «геологическом строении на исследуемую глубину до 21 м участвуют следующие грунты:

- *суглинок* лессовидный, макропористый, твердый, *просадочный*, мощностью 1,9–2,3 м;
- *супесь* лессовая, макропористая, с прослойками песка, включениями гипса, *просадочная*, мощностью 9,7–10,5 м;
- *супесь* лессовая, пластичная, *непросадочная*, с прослойками и линзами песка, с включениями карбонатов, мощностью 2,2–3,8 м;
- *песок мелкий и пылеватый, водонасыщенный*, мощностью 2,4–4,0 м;
- *глина аллювиальная, известковистая*, с гнездами карбонатных включений, тугопластичная, вскрытая мощность составляет 0,5–3,0 м.

По просадочности грунтовые условия площадки относятся ко II типу.

Подземные воды на площадке отмечены на глубине 16,0–16,5 м⁴. Возможен сезонный подъем уровня воды на 1,5–1,6 м. По химическому составу вода сульфатно-хлоридно-магниевого типа и является сильно агрессивной средой по отношению к бетону марки W4 на портландцементе» (стр. 127–128).

Инженерно-геологические изыскания на участках существующих Главного и Травматологического корпусов, Роддома и Котельной ЦРБ в г. Будённовске выполнялись в связи с их аварийным состоянием после известных событий в июне 1995 года, а также деформа-

ций несущих конструкций зданий, связанных с неравномерными осадками оснований, сложенными просадочными грунтами⁵.

Здание Главного корпуса трехэтажное, Травматологии — двухэтажное, здание Роддома состоит из двух блоков — одно- и трехэтажного, Котельной — одноэтажное. Все здания кирпичные с подвалами. Фундаменты Главного и Травматологического корпусов — ленточные, Котельной — столбчатые на естественном основании, роддома (обоих блоков) — свайные, из забивных железобетонных свай. Острие свай опирается на плотные глины на глубине 20 м.

Первыми были проведены изыскательские укрепительные работы *Главного корпуса больницы*. Он был построен в 1969–1971 годах на ленточных фундаментах из бетонных блоков шириной 0,5 м, установленных на бетонную подготовку непосредственно на просадочные грунты. При строительстве здания не были предусмотрены и не были выполнены в необходимом объеме противоопасочные мероприятия.

В августе 1995 года СКФ «ПНИИИС» за 21 день (планировалось 27 дней) было проведено укрепление просадочных грунтов основания этого здания. Цитирую: «Уплотнение грунтовыми сваями выполнили при помощи тяжелых буровых установок типа УРБ-2А-2, смонтированных на базе ЗИЛ-131. Набивка свай производилась местным грунтом при оптимальной влажности с давлением на грунт до 7–8 тс.

В соответствии с проектом набивку свай производили на глубину 12,0 м под углом 8 градусов к вертикали с шагом 1,0 м по контуру наружных фундаментов. Удаление от стены (цоколя здания) составляло 1,0–1,2 м.

Выполненные работы в объеме 470 буронабивных грунтовых свай вокруг Главного здания ЦРБ позволили решить три задачи:

1. Создать вокруг здания вертикальную противодиффузионную завесу, препятствующую замачиванию просадочных грунтов со стороны внешних источников.
2. Укрепить просадочный грунт под наружным обременением фундаментов в зоне развития наиболее опасных касательных напряжений.
3. Уплотнить рыхлый насыпной грунт обратной засыпки (пазух) котлованов, через который свободно поступали внешние (ливневые) воды под нагруженные фундаменты. Контрольным бурением уплотненных грунтов было установлено, что во всех случаях была получена проектная плотность грунта $\rho_d = 1,65 \text{ т/м}^3$, а в теле буронабивной грунтовой сваи плотность сухого грунта (скелета) составляет $\rho_d = 1,75\text{--}1,85 \text{ т/м}^3$.

При такой плотности грунт считается практически водонепроницаемым и выполняет роль *противодиффузионной завесы* (см. «Пособие по производству работ (к СНиП 3.02.01-83)», 1986, стр. 19, п. 3.19).

Таким образом, выполненное уплотнение просадочного основания наклонными буронабивными сваями не только устранило просадочные свойства, но и обеспечило защиту от проникновения воды с внешней стороны здания» (стр. 86–87).

⁴ На стр. 54 даются большие глубины залегания грунтовых вод под зданием родильного дома — 18,5–18,8 м.

⁵ Авторы монографии на стр. 4 подчеркнули, что «в процессе боевых действий были разрушены водонесущие коммуникации, произошли деформации всех зданий, построенных на просадочных грунтах».

Интересны сведения об инженерно-геологических изысканиях, проектировании, строительстве, эксплуатации и реконструкции *Родильного дома* больницы. В ходе проработки проекта вносились предложения о предпостроечной ликвидации просадочных свойств лессовых грунтов на площадке его строительства гидровзрывным уплотнением, предпостроечным замачиванием и устройством грунтовой подушки мощностью 4 м, которые не были приняты. В итоге разновысотные части здания (один и три этажа) были возведены на составных железобетонных сваях длиной до 20 м при шаге 2,2 м с опиранием на плотные глины.

При анализе здания роддома основное внимание было сосредоточено на возможности надстройки двух этажей на одноэтажную часть здания. Для сохранения несущей способности свай главным и решающим условием было недопущение замачивания просадочных грунтов II типа, чтобы исключить пригружающее трение просадочных грунтов на сваи. С целью реализации этого тезиса было осуществлено в течение восьми дней в начале 1996 года по описанной ранее методике уплотнение просадочных грунтов до глубины 12 м и слабых грунтов в интервале 12–17 м вблизи забитых свай. Согласно проекту СКФ «ПНИИИС», выполнен сплошной ряд из 71 буронабивной грунтовой сваи на глубину до 17,0 м до прочного несущего слоя. При этом во всех случаях была получена проектная плотность грунта $p_d > 1,65 \text{ т/м}^3$, а в теле грунтовых свай плотность скелета грунта составляет $p_d = 1,70\text{--}1,80 \text{ т/м}^3$. Это позволило защитить от замачивания толщу просадочных грунтов вокруг свайного фундамента и надстроить над одноэтажным блоком два этажа.

Буронабивные грунтовые сваи на глубину 12 м, созданные по методике профессора Б.Ф. Галая, позволили в процессе ремонтно-восстановительных работ в 1995 году укрепить просадочные грунты основания фундаментов под старой частью *Травматологического корпуса*, построенного в 1888–1890 годах⁶, а также обеспечить создание надежных условий для возведения новой двухэтажной пристройки рядом с существующим старым зданием названного корпуса. Последнее было обеспечено уплотнением просадочных грунтов под зданием пристройки 216 буронабивными сваями.

Грунтовые буронабивные сваи были созданы для упрочнения основания фундаментов нарушенных стен по всему контуру котельной и бойлерных залов. Подобными сваями на глубину три метра были укреплены просадочные грунты в основании фундаментов стоянки служебного транспорта.

В заключениях по выполненным работам укрепления оснований фундаментов на просадочных грунтах их производители неоднократно подчеркивали необходимость постановки режимных наблюдений за уровнем грунтовых вод, поскольку их подъем может вызвать деформации внутренних фундаментов из-за просадки замоченных лессовых пород. Необходимость таких работ и наблюдение за состоянием зданий обусловлена в первую очередь тем, что система отвода атмосферных вод, несмотря на длительное обсуждение, не создана.

Отмечу, что в рецензируемой монографии описан не только опыт применения грунтовых буронабивных свай для упрочнения массивов просадочных лессовых пород. Профессор Б.Ф. Галай в разных частях работы критически рассмотрел опыт применения забивных свай, силикатизации, термического закрепления, предварительного замачивания и гидровзрывного методов в разных районах СССР, включая Ставрополь. Интересны данные о применении с 1976 года гидровзрывного метода на территории г. Будённовска, где мощность просадочной толщи лессовых пород достигает 50–60 м, а установленная величина просадки под возведенными объектами 200–220 см. После гидровзрывного уплотнения на площадке очистных сооружений просадка котлованов составила 220–260 см. Этим методом подготовлены основания для многих объектов жилищного и промышленного строительства, включая уплотнение просадочных лессов мощностью 50 м на очистных сооружениях г. Будённовска и АО «Ставропольполимер».

Завершая рецензию, еще раз подчеркну оригинальность содержания монографии. В ней содержатся не только сведения об инженерно-геологических условиях, конструктивных особенностях зданий и их современном состоянии, методах и результатах укрепления просадочных грунтов оснований фундаментов наружных стен зданий, но и варианты технических заданий на производство работ, протоколы совещаний по обсуждаемым вопросам, акты обследования зданий и их элементов, заключения с рекомендациями, выводы по выполненным работам, заключение Главгосэкспертизы России и другие документы. В силу этого монография представляет интерес не только для специалистов в области инженерной геологии, оснований и фундаментов, но и для экспертов, проектировщиков, производителей работ, работников жилищно-коммунальных служб, комиссий по предупреждению и ликвидации аварийных ситуаций. Книга может использоваться как учебное пособие при обучении студентов геологических, строительных и других специальностей. 🌐

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРЕ

ТРОФИМОВ ВИКТОР ТИТОВИЧ

Заведующий кафедрой инженерной и экологической геологии геологического факультета Московского государственного университета им. М.В. Ломоносова, д.г.-м.н., профессор, г. Москва, Россия

INFORMATION ABOUT THE AUTHOR

VICTOR T. TROFIMOV

Head of the Department of Engineering and Ecological Geology, Faculty of Geology, Lomonosov Moscow State University, DSc (Doctor of Science in Geology and Mineralogy), professor, Moscow, Russia

⁶ Под второй частью, возведенной позже, были созданы бетонные буронабивные сваи.