

УДК 124.131.1.

**Н. Л. Шешеня**, доктор геол.-мин. наук

ОАО «Производственный и научно-исследовательский институт инженерных изысканий в строительстве» (ОАО «ПНИИИС»)  
Окружной проезд, д. 18, Москва, 105187, Россия

## СОВРЕМЕННЫЕ МЕТОДЫ ИЗМЕНЕНИЯ СВОЙСТВ СЛАБЫХ ДИСПЕРСНЫХ ГРУНТОВ ОСНОВАНИЙ ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ

Рассмотрены несколько альтернативных методов повышения несущих и фильтрационных свойств песчано-супесчаных суффозионно-неустойчивых, глинистых грунтов оснований зданий и зон смещения оползней на склонах. Даны примеры применения в практике строительства этих методов.

**Ключевые слова:** противо-суффозионный раствор, оползневые смещения, метод «Геокомпозит», тиксотропные грунты.

### ВВЕДЕНИЕ

Многие здания и, особенно, памятники архитектуры и истории в пределах городских агломераций в большинстве случаев испытывают аварийные деформации потому, что их фундаменты расположены на дисперсных грунтах, способных под воздействием дополнительных техногенных нагрузок существенно изменять свои несущие свойства с проявлениями в их массивах опасных инженерно-геологических процессов. В дисперсных грунтах наиболее распространены являются такие процессы: набухание-незатухающая ползучесть глинистых грунтов; суффозионное разуплотнение песчано-супесчаных и суглинистых грунтов, суффозионно-диффузионное разуплотнение лессов, их просадки; тиксотропное разжижение; оползневые, эрозионные, подтопление – заболачивание и др. Ниже рассмотрены наиболее часто применяемые методы изменения свойств данных грунтов.

**Цель работы** состоит в рассмотрении альтернативных методов повышения несущих и фильтрационных свойств слабых грунтов оснований зданий и зон смещения оползней на склонах.

### Суффозионно-неустойчивые грунты – основные, альтернативные, методы их закрепления:

1) с помощью противо-суффозионного раствора. Для этих целей используется закрепляющий состав на этилово-битумной основе, который позволяет исключить условия суффозионного выноса мелких и пылеватых фракций из песчано-суглинистых грунтов. Этот состав предназначен для создания водостойких оболочек на частичках грунтов и предотвращения их от растворения и суффозии. Оптимальным является такой состав раствора: лак «этиноль» – 88-90%, ксилол – 7-8%, битум марки БН-1V -3-4%, адгезив (5%-ый раствор едкого Na в этиловом спирту) – 0,02-0,1%;

2) инъекции тонкодисперсного вяжущего материала (метод «Nikrodur»). Он производится в Германии путем различного измельчения портландцементов и введения специальных добавок. Это на 100% минеральное вяжущее вещество имеет

плавно изменяющийся гранулометрический состав (весовой процент  $d_{95} < 6-24$ ) и огромную удельную поверхность (8000–24000  $\text{см}^2/\text{г}$ ). По своим свойствам он сульфатостойкий с замедленным схватыванием суспензии (1-2% в течение часа) и небольшим ростом размеров частиц на начальном этапе, незначительной усадкой (<0,5%). Удобный режим схватывания и особенности роста частиц грунтов при низких давлениях – до 3-5 атм., больший, чем в других бездисперсных составах радиус распространения, позволяет нам рекомендовать его для применения. Он экономичнее других материалов.

***Слабые грунты оснований существующих и проектируемых зданий и грунтов зон оползневых смещений (альтернативные методы укрепления свойств грунтов):***

1) армирование слабых грунтов оснований, представляющее собой их комбинирование с армирующими элементами посредством устройства в грунтовой среде вертикальных стержневых элементов. Армирующие элементы изменяют условия деформирования грунтов основания зданий и зон оползневых смещений, взаимодействуя с грунтом по боковой поверхности и по торцам. Для этих целей успешно используется метод «Геокомпозит», который позволяет улучшить физико-механические свойства грунтов и предотвратить развитие опасных оползневых процессов в них.

2) армирование слабых грунтов с помощью стенки в грунте на примере устройства подземного паркинга в слабых грунтах (Мангушев Р. А.).

Проблемы строительства – тиксотропные грунты в верхней части разреза, наличие крупных валунов, высокий уровень грунтовых вод. Технические решения: устройство пионерной траншеи методом «стена в грунте» глубиной 24м и шириной 0,8м с заполнением ее тяжелым цементным раствором (метод «Геокомпозит»). Разработка грунта производилась захватками длиной по 3,3м.

### **ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О МЕТОДЕ «ГЕОКОМПОЗИТ».**

Метод заключается в инъекционном уплотнении массива грунта посредством нагнетания вязкого цементно-глинистого раствора под давлением, при котором образуются трещины гидроразрыва. При расширении трещины гидроразрыва уплотняют окружающий массив грунта, а застывший цементный раствор армирует его. Метод «Геокомпозит» позволяет осуществлять компенсационное нагнетание при дополнительных осадках грунтовой толщи на участках зон разуплотнения массива грунтов при суффозионном выносе из него мелких и пылеватых фракций и защищать здания и сооружения от неравномерных осадок. Закрепление осуществляется посредством погружения в слабые грунты оснований зданий и сооружений или грунты зон оползневых смещений инъекторов.

Для оползней, развитых на участке расположения существующего или проектируемого здания, инъекторы рекомендуется устанавливать с шагом 1,0-2,5м по профилям (через 1,0-2,5м друг от друга), расположенных перпендикулярно направлению движения оползней. Погружение инъектора осуществляется на 0,5-1,5м ниже поверхности смещения оползня. После инъектирования затвердевающего раствора головки инъекторов срезаются и тампонируются. Инъектируемый раствор проникает в грунты и после застывания образует армирующий каркас, напоминающий корни деревьев, стволом которых являются стальные инъекторы. Метод эффективен (и дешевый) для оползней вязкопластического течения.

## РАЗРЯДНО-ИМПУЛЬСНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ – РИТ-ТЕХНОЛОГИИ

Они чаще всего применяют для глубинного уплотнения грунтов, изготовления буронабивных свай и грунтовых анкеров, цементации ослабленных зон (оползней) и грунтов в зоне контакта «фундамент-грунт». В качестве конденсированной среды используют цементный раствор, бетонную смесь, буровые растворы или даже обычную воду. При воздействии на бетонную смесь серии разрядов импульсного тока повышается прочность бетона, плотность, водонепроницаемость, сульфатостойкость и стойкость бетона к воздействиям агрессивных сред.

Использование РИТ позволяет укреплять грунты и фундаменты под ветхими зданиями. Основное оборудование – генератор импульсов тока; электродная система, погружаемая в цементный раствор, бетонную смесь, воду и другие жидкие среды, в которых осуществляется разряд; электролиния (коаксиальный кабель), соединяющий ГИТ с электродной системой.

Метод втрамбовывания щебеночно-цементной смеси (микро-свай) под существующие фундаменты

Метод используется, когда в основаниях ленточных фундаментов залегают легкие суглинки, пылеватые, мягкопластичные. Технология устройства щебеночно-цементных микросвай: выштампованные микросваи выполняются с двух сторон подошвы существующих ленточных фундаментов. Шаг свай под наружные стены составляет 0,9м, под внутренние – 0,8м, угол наклона свай – 20°, 30° и 45° к вертикали. Данные сваи изготавливаются в таком порядке: пневмопробойником, в водонасыщенном глинистом основании, под подошвой существующих фундаментов, пробивается скважина глубиной до 2,0м диаметром 135-200мм; после извлечения пневмопробойника скважина засыпается смесью щебня с цементом в соотношении 4:1 и сквозь эту засыпку скважина пробивается заново. Эта операция повторяется до 10 раз – в зависимости от степени уплотнения глинистого грунта. Указанная методика позволяет повысить расчетное сопротивление грунтов основания более чем в два раза.

Метод выполнения свай, в том числе свайных стен, для условий плотной городской застройки, по технологии CSP для закрепления слабых грунтов

Система CSP – секущие сваи с обсадной трубой. Они сочетают две технологии сооружения буронабивных свай – применение непрерывного шнека и использование обсадных труб, что позволяет обходиться без бентонитового раствора в любых грунтах, включая обводненные. Для технологии CSP разработаны специальные буровые установки с двумя вращателями для погружения обсадной трубы и внутри нее непрерывного шнека (рис. 5). Бурение начинают с погружения обсадной трубы на небольшую глубину, затем при вращении непрерывного шнека и обсадной трубы в разные стороны доходят до заданной глубины, причем опережение обсадной трубы исключает разупрочнение окружающего грунта под напором грунтовых вод. На проектной глубине закачивают бетон через полость шнека с одновременным его подъемом вместе с трубой. Разрыхляемый шнеком грунт выходит вдоль его лопастей вверх по обсадной трубе и удаляется при помощи очистителя. После заполнения бетоном обсадка извлекается и в него вибратором погружается арматурный каркас.

Технология CSP позволяет создавать буросекущие сваи с отклонением от вертикали менее 1,0–1,5%. Имеющимся оборудованием ОАО «Буровая компания «Дельта»» выполняет сваи Ø 660, 820 и 1020мм на глубину до 21,5м. Большая несущая

способность оснований у таких свай способствует сокращению их необходимого количества и сроков выполнения работ.

#### Геосинтетические материалы

Использование геосинтетических материалов (георешеток, геотекстильных полотен или геокомпозиционных материалов) позволяет значительно повысить механические свойства слабых грунтов. Георешетки используются для укрепления песков, гравия; тканые геотекстильные или армирующие гео-композиционные материалы применяются для супесчано-глинистых грунтов. Преимущества их использования заключаются в улучшение механических свойств грунтов; альтернатива дорогостоящим другим проектным решениям; минимизация перемещения грунтов с различными свойствами; легкость в достижении улучшения несущей способности слабых грунтов оснований зданий; сокращение времени производства строительных работ (возможность работать зимой). Отечественными производителями полимерных армирующих материалов и их композитов являются компании «СТЕКЛОНИТ» и ОАО «494 УНР», которые поставляют:

– *геосетки НЕФТЕГАЗ-ГРУНТСЕТ* – армирование грунтовых сооружений: повышение несущей способности слабого основания; обеспечение равномерной осадки и сроков консолидации грунтов основания; повышение устойчивости грунтовых конструкций на сдвиг; укрепление и повышение устойчивости крутых откосов;

– *пластиковые геоячейки «ПРУДОН-494»*, которые ограничивают подвижные деформации и укрепляют грунты, создавая единую структурную массу, которая выдерживает высокое давление;

– *тканые и вязаные геотекстильные полотна*. Тканые и вязаные геотекстильные полотна успешно используются в грунтах с различными характеристиками (в несвязных и с хорошей когезией) и быстро создают натуральный естественный грунтовый фильтр. Эти полотна способствуют равномерному распределению нагрузки и, благодаря своим прочностным характеристикам и низкому показателю относительного удлинения, улучшают механические свойства грунта, армируя его структуру. Тканые геотекстильные полотна (в форме трубы) рекомендуется применять в качестве оболочки свай, заполненных песчано-гравийной смесью. Для этих целей используется тканый геотекстиль из высокопрочного полиэфира Kortex Tube. Он применяется, когда касательное напряжение грунта менее 15кПа (торф, глина). При этом достигаются такие его преимущества: достижение равномерной осадки грунтов основания и ее стабилизация; повышение удерживающих напряжений при сдвиге (повышение устойчивости свай) и предотвращение их сдвига. При этом нет необходимости в плотной установке свай, как в случае с бетонными сваями; сваи могут устанавливаться зимой при температуре -10 °С. Эти полотна дешевле, благоприятные и экологически безопасны для окружающей среды;

– *георешетки* – синтетические материалы, выполняющие функцию армирования грунтовых конструкций. Они обладают плоской полимерной структурой в форме перпендикулярно пересекающихся продольных и поперечных элементов, скрепленных между собой сварным способом, методом склеивания или связывания в местах пересечения, тем самым, формируя ячейки с размерами сторон от 1 до 10 см. Частицы грунта, щебня или других инертных материалов проникают в отверстия ячеек и создают эффект внутреннего сцепления. Если размер ячеек георешетки примерно в половину меньше размера проникающих сквозь них частиц из вышележащего слоя в слой основания, достигается оптимальный эффект внутреннего сцепления. Георешетки работают в равной степени в несвязных грунтах

и грунтах с хорошей когезией (глины, лессы), а также используются в конструктивах из грунтозернистых строительных материалов. Георешетки классифицируются как одноосные и двухосные. Одноосные – обладают высокой прочностью на разрыв только в продольном направлении; а двухосные – высокой прочностью на разрыв, как в продольном, так и в поперечном направлениях;

*геокомпозиционные материалы* – продукты из двух или более видов геосинтетических материалов. Например, георешетки из нетканого геотекстильного полотна. Они в равной степени подходят как для грунта (выполняя функции разделения и армирования), так и для асфальто-бетонных покрытий (в качестве армирующего материала, особенно на стадии ремонта). Армирующие геокомпозиционные материалы совмещают в себе преимущества нетканых геотекстильных полотен и силовых тканых или вязанных геотекстилей и георешеток, и создаются путем их сшивания или термоскреплением.

## ВЫВОДЫ

Рассмотренные выше методы суффозионного укрепления грунтов основания зданий, методы повышения их несущих свойств и защиты от подтопления успешно рекомендованы и апробированы для проектируемой церкви Михаила Архангела в Путилково Красногорского района. Они также могут быть использованы для укрепления грунтов основания «Храма всех святых на Кулешах» в Москве, где в настоящее время ведутся работы по его сохранению. Дополнительно, здесь надлежит вокруг здания выполнить кольцевой дренаж. Эти мероприятия, в противовес намечаемому подъему храма примерно на 4м, будут более дешевыми, а главное, они позволят сохранить исходные фундаменты церкви.

В последние 10-15 лет весьма успешно осуществляют закрепления слабых грунтов оснований исторических памятников. Основным способом закрепления грунтов основания и фундаментов зданий и сооружений является горизонтальное инъецирование водоцементного раствора с помощью скважин, пройденных под подошвой фундаментов из шурфов, расположенных вдоль периметра здания и поперечных стен ниже подошвы фундамента. Горизонтальные скважины дополняются вертикальными, которые бурятся по периметру внутренних и внешних стен зданий через 2,0-2,5м. Это позволяет обжать фундамент с двух сторон и усилить его площадь. Слабые грунты основания уплотняются, несущая способность их возрастает в 1,5-2,0 раза.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Шешеня Н. Л.* Мероприятия инженерной защиты для безопасной эксплуатации храма и дома причта Михаило-Архангельской церкви (д. Путилково Красногорского района) / Н. Л. Шешеня // Сб. тезисов 4-го Международного научно-практического Симпозиума 8-10 октября. 2009г. Сергиев Посад, 2009, с. 34-36.
2. *Осипов В. И.* и др. Применение метода «Геокомпозит» при строительстве в условиях существования экзогенных природных и техноприродных опасностей / В. И. Осипов и др. // Сб. «Сергеевские чтения», вып. 9, 2008г., с. 25-30.
3. *Геосинтетические материалы Славрос.* Группа компаний «Славрос». Буклет, 2008.
4. *Николаев Н. И.* и др. Совершенствование технологии закрепления обводненных пород с использованием новых отечественных акриловых полимеров. / Н. И. Николаев и др. // Ж. «Геотехника. Научные и прикладные аспекты строительства», вып.5, 2008.

Статья поступила в редакцию 07.05.2013

**М. Л. Шешеня**, доктор геол.-мін. наук  
ВАТ «Виробничий і науково-дослідний інститут  
інженерних вишукувань у будівництві»  
Окружний проїзд, 18, Москва, 105187, Росія

## СУЧАСНІ МЕТОДИ ЗМІНИ ВЛАСТИВОСТЕЙ СЛАБКИХ ДИСПЕРСНИХ ҐРУНТІВ ОСНОВ БУДИНКІВ І СПОРУД

### Резюме

У статті наведені деякі альтернативні методи підвищення несучих і фільтраційних властивостей песчано-супіщаних суффузійно-нестійких, глинистих ґрунтів основ будинків і зон зміщення зсувів на схилах. Наведені приклади застосування у практиці будівництва цих методів.

**Ключові слова:** протисуффузійний розчин, зсувні зміщення, метод «Геокомпозит», тиксотропні ґрунти.

**N. L. Sheshenya**, doctor of geology  
OJSC «Industrial and research institute of engineering survey in construction»  
(OJSC «PNIIS»)

## MODERN METHODS OF CHANGE OF WEAK DISPERSE SOIL PROPERTIES AT THE BOTTOM OF BUILDINGS AND CONSTRUCTIONS

### Summary

Suffozionnogo methods outlined above strengthen the soil Foundation of buildings to improve their methods of bearing properties and protection against flooding, and tested successfully recommended to design the Church of Michael the Archangel in the Krasnogorsk district of Putilkovo. They can also be used to enhance the soil Foundation of the Church of all Saints at Kule ah in Moscow, where he currently works on its preservation. Additionally, it must perform a ring around the building drainage. These activities, in contrast to the proposed lifting of the temple by about 4 m, will be cheaper, and most importantly, they will keep the original foundations of the Church.

In the past 10-15 years very successfully implementing consolidation of weak soil Foundation of historical monuments. The main way consolidate soils and foundations of buildings and constructions is the horizontal in ekcirovanie water cement slurry by boreholes, passed under the sole foundations of pits along the perimeter of the building, and footings below the transverse walls. Horizontal wells are vertical, which are drilled around the perimeter of the internal and external walls of buildings through -2 2.0 m. This allows you to compress the base with the two sides and increase its size. Weak soils compacted Foundation bearing capacity increases in 1.5 times -2.0 arches.

**Keywords:** anti-suffosion solution, landslide displacements, “Geocomposite” method, thixotropic soils.