

# Основания, улучшенные щебеночными сваями – альтернатива свайным фундаментам

**Богданов Иван Сергеевич**  
Главный конструктор

Тел.: +7 911 919 30 77  
E-mail: [ibogdanov@geoizol.ru](mailto:ibogdanov@geoizol.ru)  
[geoizol.ru](http://geoizol.ru)    [geoizolproject.ru](http://geoizolproject.ru)

Москва  
2020



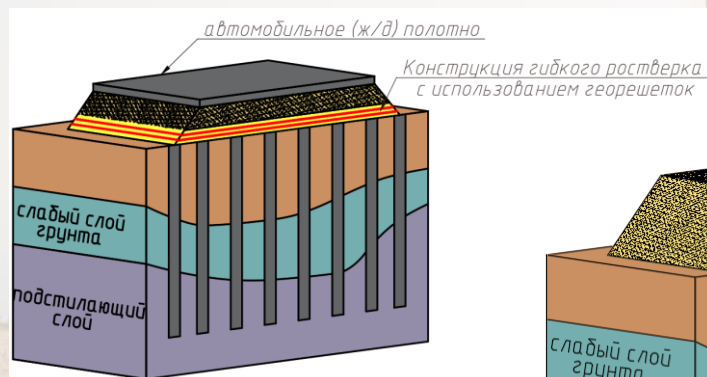
## Усиление грунтов

Уникальная для российского рынка технология виброуплотнения с устройством столбов из инертных материалов позволяет на порядок ускорить работы по стабилизации слабых грунтов и улучшить их физико-механические характеристики.

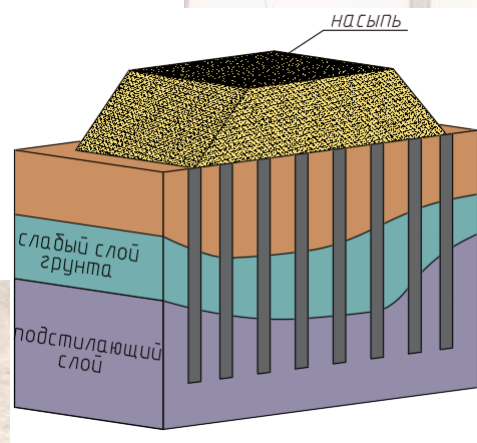
Щебеночные сваи успешно применяются для увеличения несущей способности грунтов основания, уменьшения деформаций и времени стабилизации (ускорения процесса консолидации), устранения просадочных свойств, для предотвращения возможности разжижения и потери прочностных характеристик грунта при сейсмическом воздействии.

Технология идеально подходит для работ со слабыми грунтами.

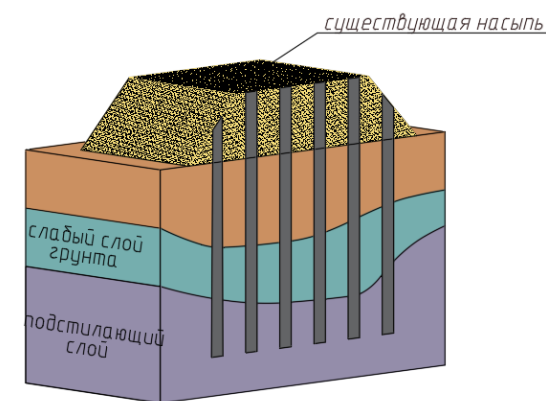
## Область применения



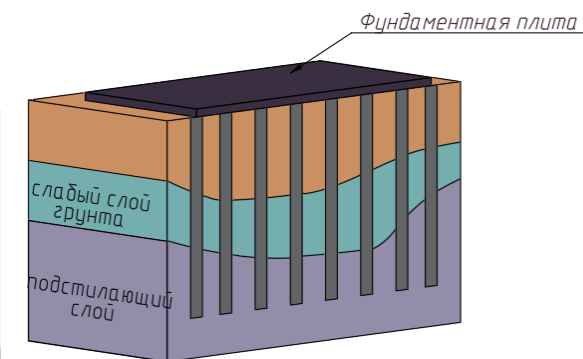
Усиление оснований при строительстве железных и автомобильных дорог



Усиление оснований при устройстве насыпей



Усиление существующих насыпей



Усиление основания под устройство фундаментных плит зданий и сооружений

В зависимости от инженерно-геологических условий диаметр свай может изменяться от 600 до 1500 мм.

Применение данной технологии возможно в условиях грунтов с крайне низкими характеристиками, со значительной толщей торфяных грунтов.

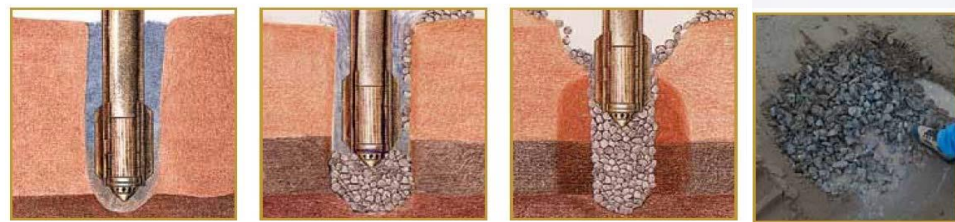
### Экологичность

Щебеночные сваи - самый экологичный вариант из всех существующих методов улучшения свойств грунта. В технологии применяются только натуральные материалы: щебень, песок.



## Технология выполнения работ

### Щебеночные сваи с верхней подачей



#### Забуривание:

Виброуплотнитель проникает и промывает скважину, готовя ее для подачи щебня.

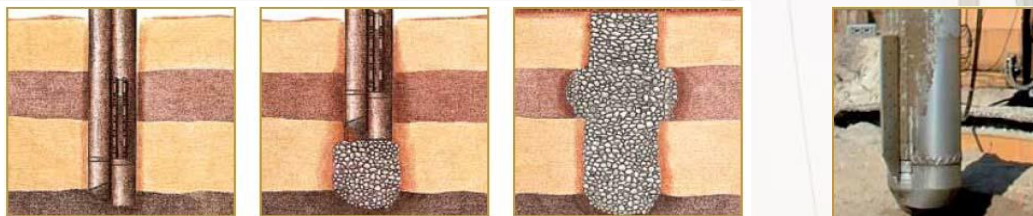
#### Установка:

Для облегчения подачи щебня используется воздух или вода и воздух в комплексе.

#### Завершение:

Виброуплотнитель быстро движется вверх и вниз, формируя и уплотняя сваю. При этом окружающий грунт горизонтально сжимается и укрепляется. Свая способна выдерживать высокие вертикальные нагрузки.

### Щебеночные сваи с нижней подачей



#### Забуривание:

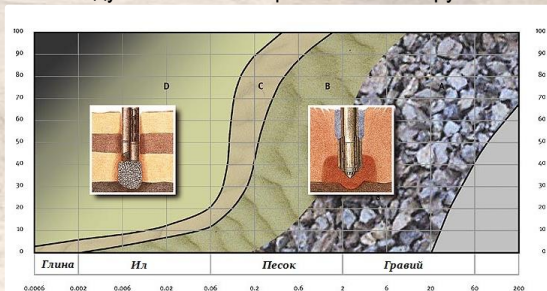
Виброуплотнитель проникает в скважину с помощью вибрации и воздуха (иногда необходимо небольшое количество воды для снижения трения грунта).

#### Установка:

Щебень подается через бетонную трубу на дно вдоль виброуплотнителя со сжатым воздухом.

#### Завершение:

Виброуплотнитель быстро движется вверх и вниз, формируя и уплотняя сваю. При этом окружающий грунт горизонтально сжимается и укрепляется. Свая способна выдерживать высокие вертикальные нагрузки.



## Используемые материалы

### Щебень



### Щебень из бетона (рецикл бетона)



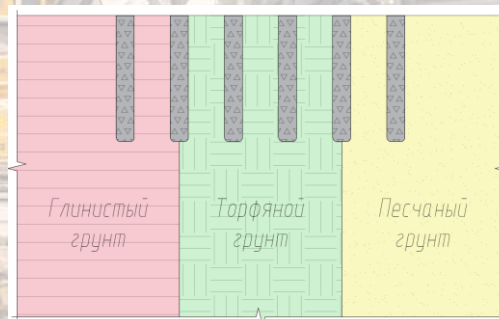
### Песчано-гравийная смесь



### Строительный песок



## Применение в различных грунтах



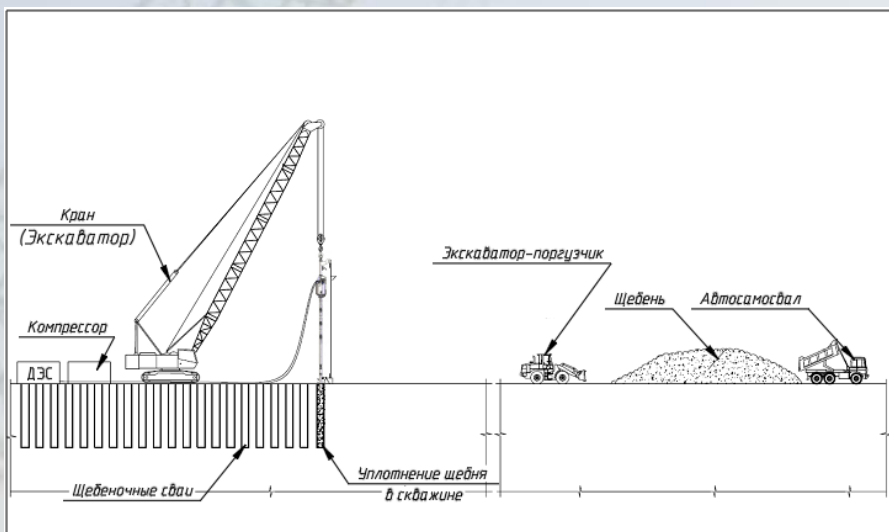
Щебеночные сваи возможно устраивать во всех типах грунта: глинистые, заторфованные, песчаные грунты.



Сваи, заполняемые песком, используются при уплотнении песчаных грунтов.



## Комплекс оборудования



## Экономика

В отличие от других методов уплотнения грунтов метод уплотнения щебеночными сваями является наиболее экономичным, т.к. требует минимального набора оборудования для выполнения работ. и позволяет использовать местные материалы, такие как песок, щебень, ПГС, рецикл бетона.

По материальным затратам данный способ также имеет большие преимущества. При применении щебеночных свай практически нет побочных эффектов, таких как излив цементных растворов, применяются экологичные и более доступные материалы, такие как песок, щебень, ПГС, рецикл бетона.

Данный метод позволяет значительно сокращать смету за счет минимального объема земляных работ.

## Производительность

Технология устройства щебеночных свай имеет высокую скорость производительности - 150 погонных метров в смену одной установкой.

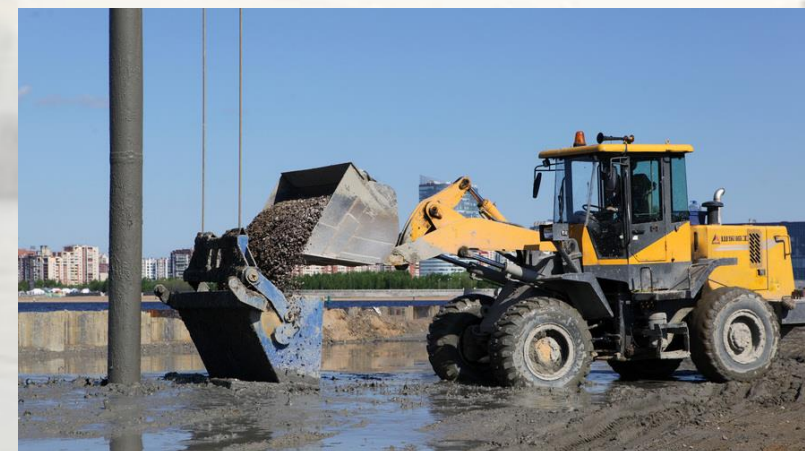
### Конфигурация оборудования



На базе экскаватора

На базе крана

На базе буровой установки

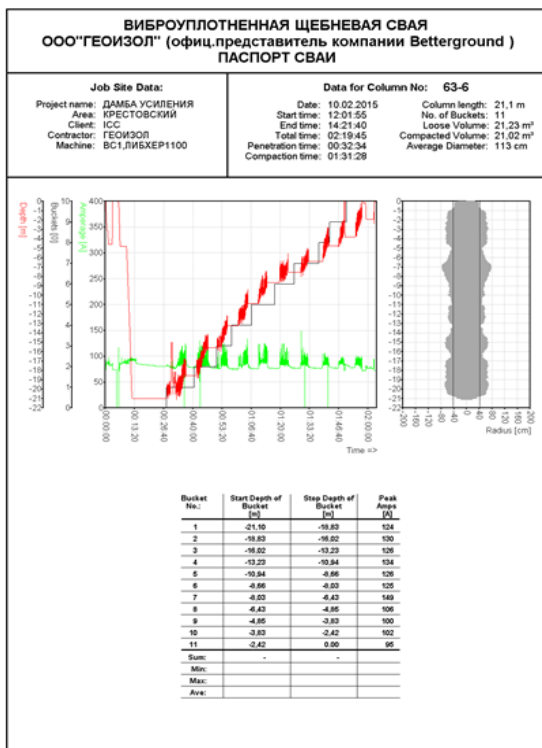


# Методы контроля качества

## Аппаратный метод

При выполнении работ, при устройстве каждой сваи, осуществляется операционный контроль с измерением всех параметров, которые могут отразиться на качестве изготовления сваи.

Контролируемые параметры выводятся на специальную панель, расположенную в кабине, для возможности оперативного контроля и внесения изменений при выполнении работ. Впоследствии, по результатам изменений, формируются паспорта свай, которые позволяют оценить качество выполненных работ.



## Нормативные методы контроля качества

Штамповые испытания и статическое зондирование выполняются в соответствии с ГОСТ 20276-2012 «Методы полевого определения характеристик прочности и деформируемости».

Необходимо провести не менее двух штамповых испытаний щебеночных свай и межсвайного пространства для получения среднего модуля деформации усиленного массива и не менее трех испытаний статического зондирования.

Испытания грунтов должны проводиться после «отдыха» (перерыва между окончанием работ по усилению грунтов и началом работ по испытанию статистическим зондированием) продолжительностью 14 суток.



## Масштабные испытания

Метод контроля, устройством опытного участка нагружения. Позволяет провести испытание участка свай на требуемую проектную нагрузку.





## Методика расчета

Щебеночные сваи в нормативной литературе:

- СП 22.13330.2016 «Основания зданий и сооружений»;
- СП 45.13330.2017 «Земляные сооружения, основания и фундаменты».

Определение прочностных характеристик массива грунта, усиленного армированием щебеночными сваями.

Определение коэффициента внутреннего трения и удельного веса массива грунта, усиленного устройством столбов, выполняется по формулам, представленным ниже:

$$\tan \bar{\varphi} = m' \cdot \tan \varphi_c + (1 - m') \tan \varphi_s$$

$$\bar{\gamma} = m' \cdot \gamma_c + (1 - m') \gamma_s$$

где  $\varphi_c$  - угол внутреннего трения песка;

$\varphi_s$  - угол внутреннего трения грунта;

$\gamma_c$  - удельный вес песка;

$\gamma_s$  - удельный вес грунта;

$m'$  - пропорциональный параметр, определяемый по формуле:

$$m' = (n - 1) / n$$

где  $n$  – коэффициент усиления, который рассчитывается в зависимости от отношения площадей столбов и усиленного массива и определяемый по формуле:

$$n = 1 + \frac{A_c}{A} \cdot \left[ \frac{5 - A_c / A}{4 K_{ac} \cdot (1 - A_c / A)} - 1 \right]$$

где  $A_c$  - площадь поперечного сечения столбов;

$A_s$  - площадь влияния столбов;

$K_{ac}$  - коэффициент активного давления материала щебеночных свай, определяемый по формуле:

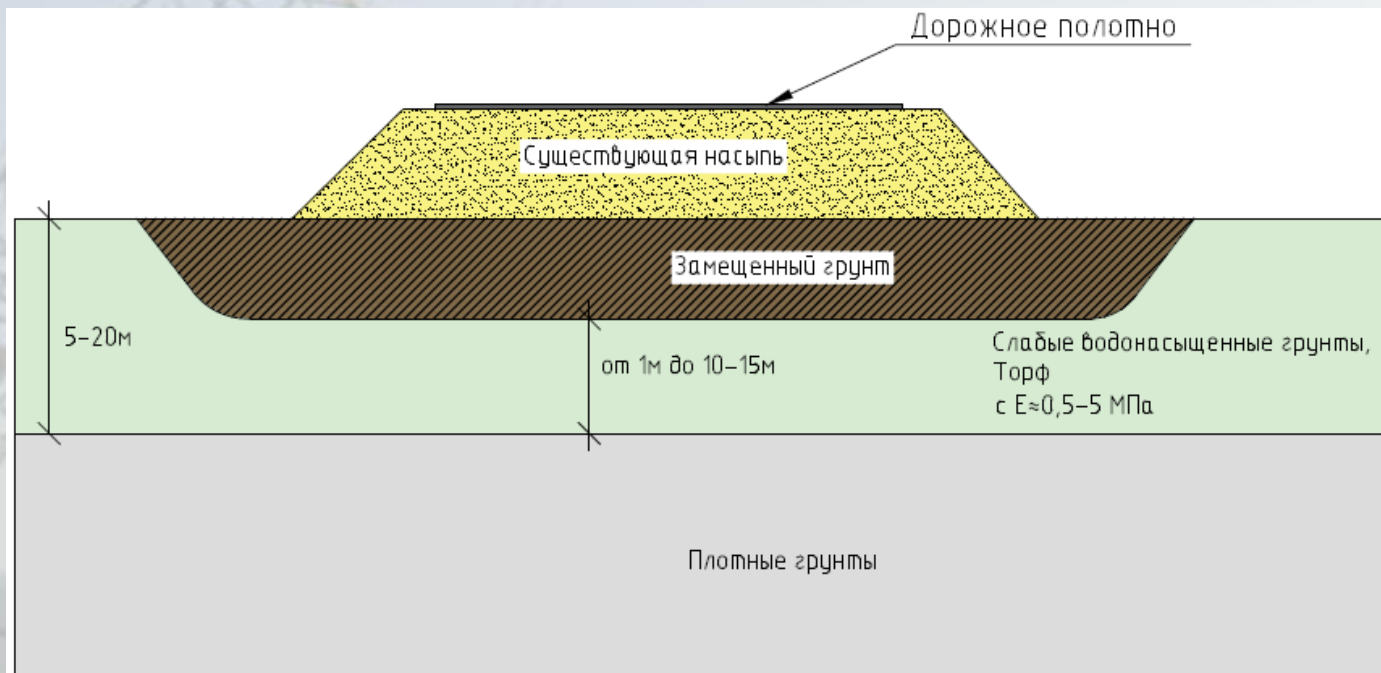
$$K_{ac} = \tan^2(45^\circ - \varphi_c / 2)$$

Определение сцепления массива грунта выполняется по формуле представленной ниже:

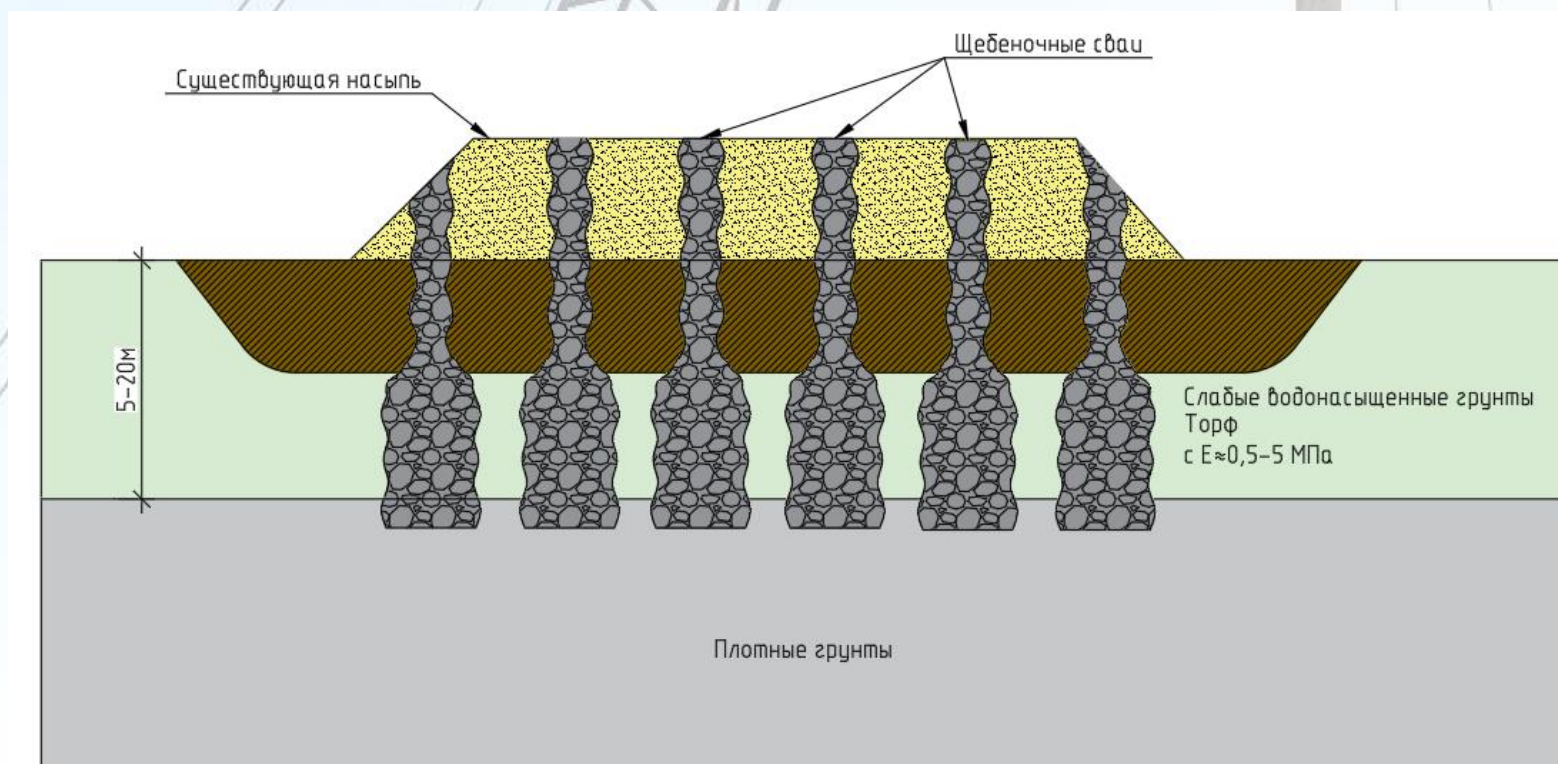
$$\bar{c} = (1 - m') \cdot c_s$$

где  $c_s$  - удельный вес грунта.

## Стандартные проблемы



## Усиление основания дорожного полотна щебеночными сваями





# Реализованные объекты





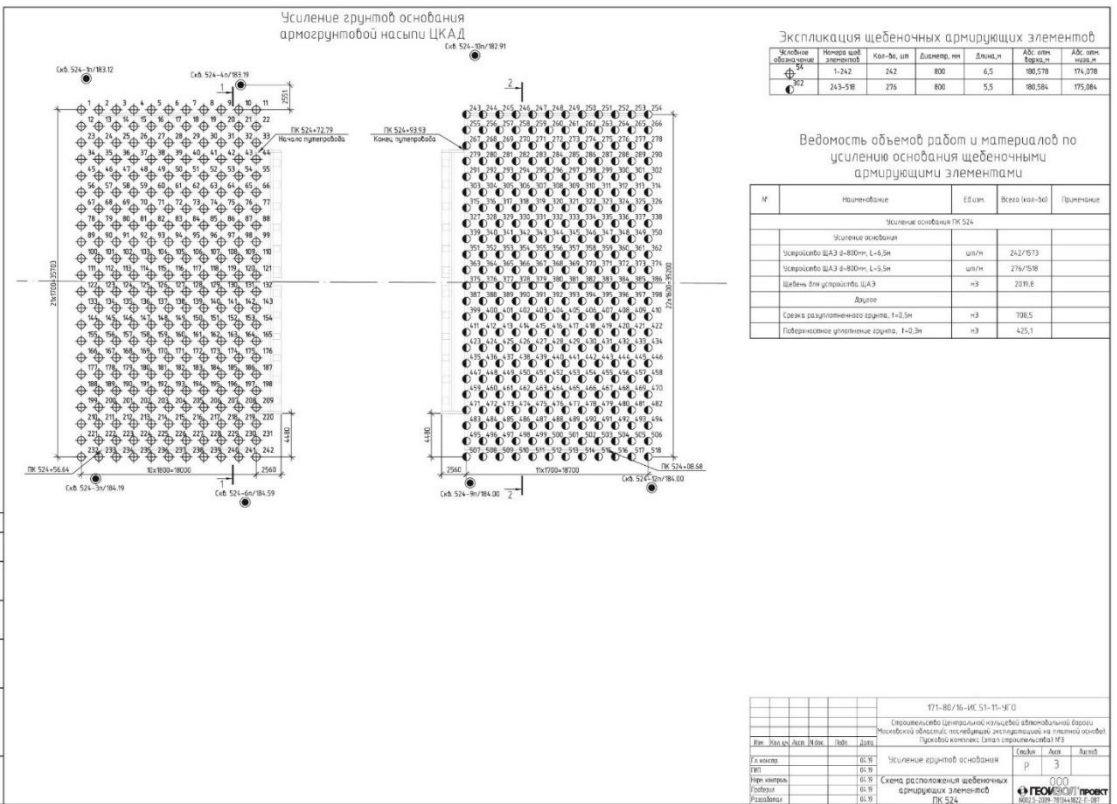
# ЦЕНТРАЛЬНАЯ КОЛЬЦЕВАЯ АВТОМОБИЛЬНАЯ ДОРОГА

## Московская область

### Усиление грунтов основания армогрунтовых стен

Устройство щебеночных свай Ø 0,8 м, длиной от 5,5 до 6,5 м в слабых суглинистых и песчаных грунтах.

**Цель:** предотвращение возможной потери устойчивости армогрунтовой насыпи и больших деформаций, увеличение прочностных и деформационных свойств с целью достижения требуемого значения устойчивости. Сокращение времени стабилизации осадок.





# ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС «ЛЮБЕРЦЫ ПАРК»

## г. Люберцы, ул. 8 марта, корпуса 6 и 7.

### Улучшение характеристик грунтов

Многоквартирный жилой дом:

- высота - 26 этажей;
- площадь застройки – 23 446 кв. м;
- строительный объем – 244 138 куб. м ;
- количество машиномест – 435.

**Цель:** укрепление грунтов основания, улучшение прочностных и деформационных характеристик грунтов.

Устройство щебеночных свай Ø 0,8 м, длиной 2,0 и 5,5 м.



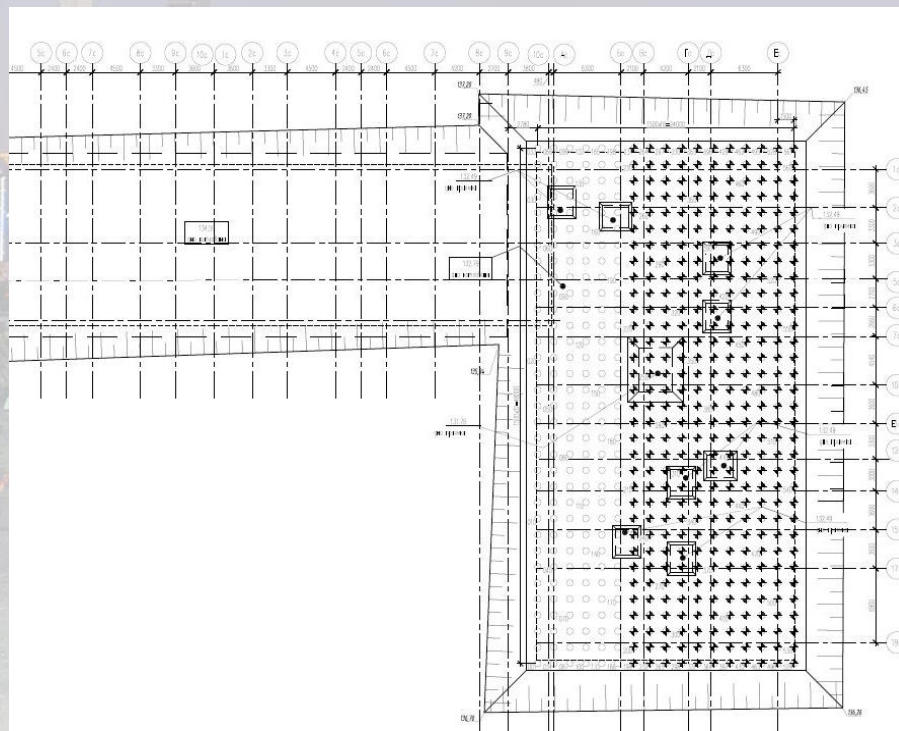


# ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС «ЛЮБЕРЦЫ ПАРК» г. Люберцы, ул. 8 марта, корпуса 6 и 7. Улучшение характеристик грунтов

Характеристики:

- диаметр – 600 мм;
- объем – 561 шт.;
- длина – 2,0...5,5 м

План щебеночных армирующих элементов





# ЗАВОД ESTEL

Санкт-Петербург, г. Колпино

Усиление грунтов основания щебеночными сваями  
для строительства большепролетного здания

**Цель:** усиление грунтов, для  
возможности выполнения  
фундаментной плиты без замены  
грунтового основания.

Устройство щебеночных свай Ø 0,8 м,  
длиной 3,0 м в насыпных грунтах  
вблизи действующего производства.





# ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС «БЕЛЫЙ ОСТРОВ»

## Улучшение характеристик грунтов



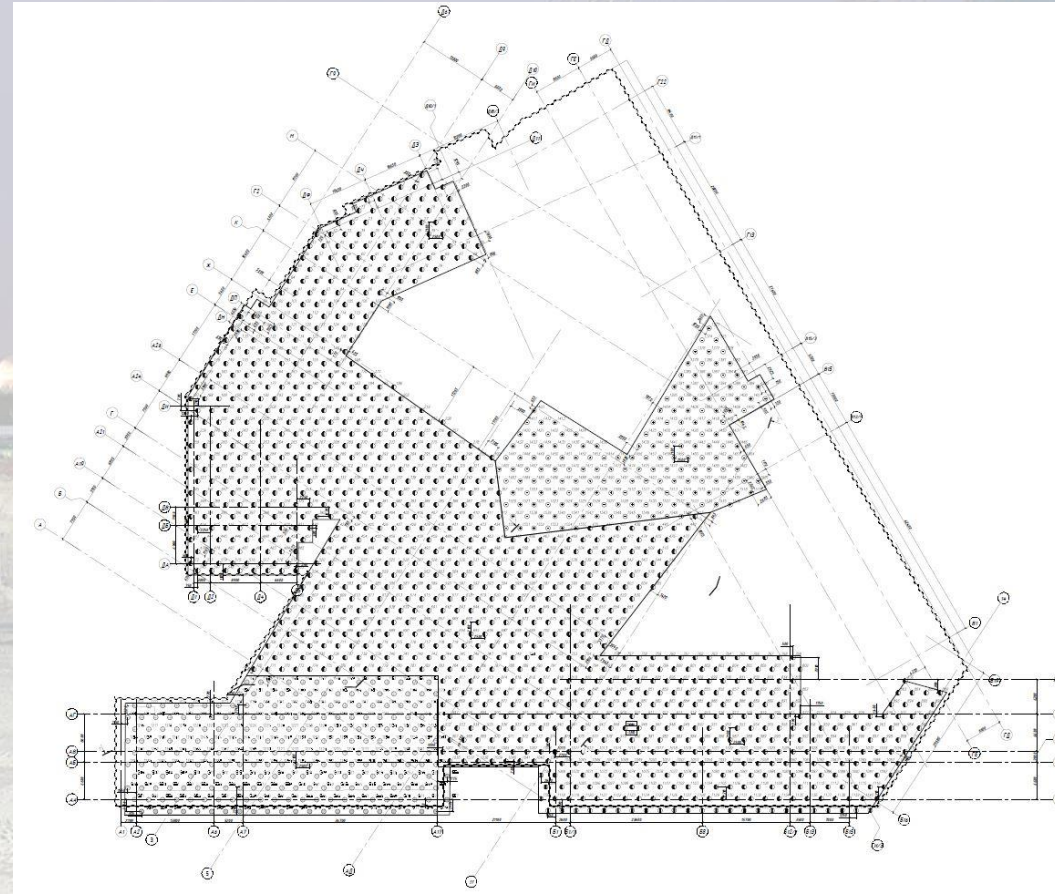
Многоквартирный жилой дом  
с двухуровневым паркингом:

- высота - 10-12 этажей;
- 12 секций;
- площадь застройки – 79 377 м. кв.;
- строительный объем – 244 138 м. куб.;
- количество машиномест – 435.

### План щебеночных армирующих элементов

Характеристики:

- диаметр – 800 мм;
- объем – 1606 шт.;
- длина – 4,5...8,0 м





# ЖИЛОЙ КОМПЛЕКС «БЕЛЫЙ ОСТРОВ»

## Улучшение характеристик грунтов



Процесс виброфлотации

| № п/п | Наименование                        | Параметры щебеночных свай |                              |                                 | Характеристики улучшаемого грунта      |                         |                               | Расчетные значения характеристик улучшенного грунта* |                               |                           |
|-------|-------------------------------------|---------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------|-------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------|-------------------------------|---------------------------|
|       |                                     | Диаметр, м                | Площадь сваи, м <sup>2</sup> | Площадь влияния, м <sup>2</sup> | Удельный вес грунта, кН/м <sup>3</sup> | Удельное сцепление, кПа | Угол внутреннего трения, град | Удельное сцепление, кПа                              | Угол внутреннего трения, град | Модуль деформации, Е, МПа |
| 2     | Пески пылеватые, средней плотности  | 0,8                       | 0,636                        | 5,25                            | 18,9                                   | 3                       | 28                            | 2                                                    | 32,4                          | 26                        |
| 3     | Супеси пластичные                   | 0,8                       | 0,636                        | 5,25                            | 20,2                                   | 18                      | 23                            | 12                                                   | 29,4                          | 22,7                      |
| 4     | Суглинки текучие, ленточные         | 0,8                       | 0,636                        | 5,25                            | 18                                     | 10                      | 9                             | 6,7                                                  | 21,1                          | 20,7                      |
| 5     | Суглинки текучепластичные, слоистые | 0,8                       | 0,636                        | 5,25                            | 19                                     | 13                      | 11                            | 8,7                                                  | 22,3                          | 21,4                      |
| 6     | Пески пылеватые плотные             | 0,8                       | 0,636                        | 5,25                            | 21,4                                   | 8                       | 36                            | 5,3                                                  | 37,4                          | 42,7                      |

\* Расчетные характеристики грунтов предварительные, для уточнения характеристик необходимо выполнить полевые испытания после усиления грунтов.

Характеристики грунта



Погрузка щебня фронтальным погрузчиком



## Технология щебеночных свай:

- способствует снижению деформаций основания, передает нагрузки на более прочные слои грунта и уменьшает осадку в 2-6 раз;
- увеличивает несущую способность основания, предотвращая возможную потерю их устойчивости;
- сваи улучшают дренируемость грунтового массива, что ускоряет консолидацию и упрочнение грунтового основания;
- предотвращает резкое снижение физико-механических характеристик грунта во время землетрясений и исключают общую потерю устойчивости основания при сейсмических воздействиях;
- позволяет устраивать высокие насыпи не дожидаясь существенных осадок консолидации;
- сокращает сроки строительства за счёт высокой скорости производства работ;
- благодаря минимальному набору технологического оборудования облегчает работы на удалённых территориях;
- возможность операционного контроля параметров изготовления с созданием паспорта каждой сваи, с последующим включением данного паспорта в исполнительную документацию;
- позволяет выполнять фундаменты зданий и сооружений без земляных работ по замене слабого основания.



ООО «ГЕОИЗОЛ Проект»  
197046, Санкт-Петербург, Большая Посадская ул., 12  
БЦ «Крюммельхаус», оф. 312  
Телефон: +7 (812) 416 30 28  
E-mail: [geoizolproject@geoizol.ru](mailto:geoizolproject@geoizol.ru)  
[geoizolproject.ru](http://geoizolproject.ru)



ООО «ГЕОИЗОЛ»  
197046, Санкт-Петербург, Большая Посадская ул., 12  
БЦ «Крюммельхаус»  
Телефон: +7 (812) 337 53 13  
Факс: +7 (812) 337 53 10  
E-mail: [info@geoizol.ru](mailto:info@geoizol.ru)  
[www.geoizol.ru](http://www.geoizol.ru)



ООО «УМ ГЕОИЗОЛ»  
196600, Санкт-Петербург,  
Пушкин, Новодеревенская ул., 17  
Телефон: +7 (812) 640 79 93  
E-mail: [um@geoizol.ru](mailto:um@geoizol.ru)  
[www.geoizol.ru](http://www.geoizol.ru)



ООО «Пушкинский машиностроительный завод»  
196600, Санкт-Петербург,  
Пушкин, Новодеревенская ул., 17  
Телефон: +7 (812) 640 79 95  
Факс: +7 (812) 470 19 51  
E-mail: [pmz@geoizol.ru](mailto:pmz@geoizol.ru)  
[www.pmzspb.ru](http://www.pmzspb.ru)