

**УПРОЧНЕНИЕ ГРУНТОВОГО ОСНОВАНИЯ
ДЛЯ СООРУЖЕНИЙ
НЕТКАНЫМ ГЕОТЕКСТИЛЬНЫМ МАТЕРИАЛОМ
И ПЕНОСТЕКОЛЬНЫМ ЩЕБНЕМ**

**HARDENING OF THE SOIL BASIS
FOR CONSTRUCTIONS
BY NONWOVEN GEOTEXTILE FABRIC
AND FOAM GLASS GRAVEL**

А.Б. ПЕТРУХИН, Л.В. ЗАКРЕВСКАЯ, А.И. ГАНДЕЛЬСМАН
A.B. PETRUKHIN, L.V. ZAKREVSKAYA, A.I. GANDELSMAN

(Ивановский государственный политехнический университет,
Владимирский государственный университет
имени Александра Григорьевича и Николая Григорьевича Столетовых)
(Ivanovo State Polytechnical University,
Vladimir State University named after Alexander and Nikolay Stoletovs)
E-mail: lvzak@mail.ru; artem33.96@mail.ru

В статье рассмотрены технологические и конструктивные вопросы упрочнения грунтового основания с помощью нетканого геотекстильного материала и щебня пеностекла.

The article discusses the technological and constructive questions of strengthening of subgrade by using non-woven geotextile material and gravel foamed glass.

Ключевые слова: армированное основание, глинистые грунты, геотекстиль, пеностекло, тиксотропия.

Keywords: reinforced base, clay soils, geotextiles, foam glass, thixotropy.

Значительную часть грунтовых оснований Владимирской и Ивановской областей, применяемых для нужд строительной отрасли, составляют пылевато-глинистые грунты с высоким процентным содержанием частиц размером менее 0,005 мм, имеющие в основе оксидно-химический состав. Свойства глинистых грунтов формируются в процессе возникновения грунтов, начиная с осадконакопления и кончая превращением осадка в породу. Строительные свойства глинистых грунтов определяются их составом, состоянием и структурными особенностями. На прочность глинистых грунтов в значительной степени влияет толщина водных оболочек, покрывающих глинистые частицы: чем толще водные оболочки, тем менее прочен глинистый грунт, и наоборот. При внешней нагрузке скелет будет разрушаться там, где связи окажутся наиболее слабыми. При увеличении

нагрузки разрушение может достигнуть участков с более прочными связями. Характерной особенностью глинистых грунтов является способность разупрочняться и приобретать свойства вязкой жидкости в результате приложения любого механического воздействия, например вибрации. По прекращении этого воздействия глинистые грунты со временем вновь упрочняются, иногда до первоначальной прочности.

Одним из способов улучшения прочностных и деформационных свойств оснований является применение армированного грунта, представляющего собой комбинацию грунта и геотекстиля. Введение армирующих элементов позволяет значительно улучшить прочностные и деформационные характеристики грунтов. Применение геотекстиля возможно в различных направлениях строительного производства: при строительстве автомобильных дорог, при

обустройстве временных дорог и подъездных путей на слабых неустойчивых грунтах (болотах, переувлажненных грунтах), при решении вопросов устойчивости склонов.

Из всего многообразия геотекстильных материалов было выбрано полотно на основе утилизации ПЭТФ, так как в настоящее время имеется большое количество бытовых отходов, причем значимость процесса их утилизации ежегодно возрастает. В работе были использованы не только геотекстильные материалы, но и отходы пеностеклового производства в виде щебня, фракции 50...70 мм. В табл. 1 представлены отдельные показатели компонентов укрепления грунта. В комплексном решении проблемы укрепления грунта и утилизации различного вида отходов были проведены

эксперименты по использованию отходов горнодобычи, в частности, доломита Мелеховского месторождения.

Т а б л и ц а 1

Наименование показателя, единицы измерения	Значение
Насыпная плотность, кг/м ³	100...140
Предел прочности при сжатии, МПа	0,6...0,9
Прочность на изгиб, МПа	9,28...0,43
Морозостойкость, циклов	50...70
Водопоглощение, % от массы	1...3
Теплопроводность, Вт/м·К	0,07
Угол внутреннего трения, град	45...48

В табл. 2 представлены отдельные свойства геотекстиля.

Т а б л и ц а 2

Отдельные свойства геотекстильного материала на основе переработки ПЭТФ, единицы измерения	Значение
Плотность, кг/м ³	400...800
Предел прочности при сжатии, МПа	40...65
Водопоглощение, % от массы	0,5...0,6
Морозостойкость, циклы	35...55
Коэффициент теплопроводности, Вт/м·К	0,04...0,06

В составе доломитовых отходов, при тщательном изучении их микроструктуры, были обнаружены наноразмерные частицы (рис. 1), которые могут играть роль упрочняющих структурных добавок, влияющих на плотность упаковки. Глинистые грунты – это коллоидные системы, и наноразмерные частицы, вероятнее всего, должны приводить к развитию процесса перехода "золь-гель" и изменять пластичность укрепляемого грунта. Подбор оптимальной концентрации доломитовых отходов зависит

от состава глинистого грунта и ограничивается так называемым усвоением ими наноразмерных структур. Как показывают опытные данные (рис. 2), существует определенный концентрационный порог, когда увеличение концентрации не приводит к увеличению прочности. В случае доломитовых отходов он составляет 10...12%. Экспериментальные данные показывают, что максимальное увеличение прочности составляет 30%.

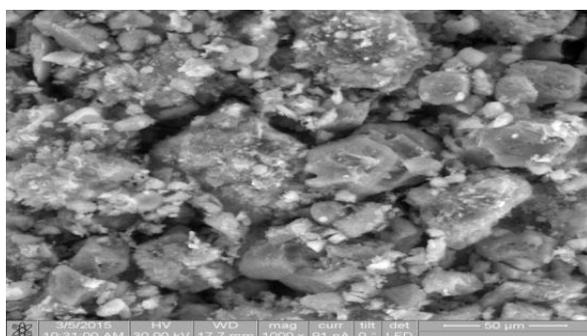


Рис. 1

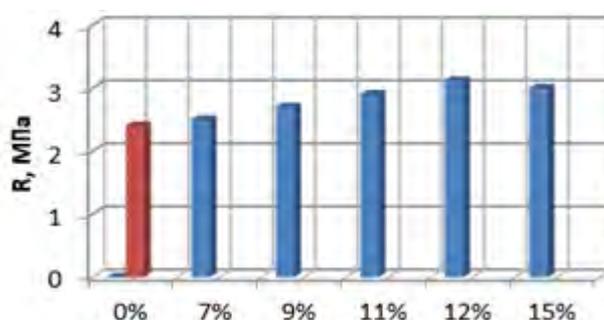


Рис. 2

Коэффициент температурного расширения щебня пеностекла близок к бетону, стали, керамике. Не дает усадки во время эксплуатации и, как следствие, отсутствие "мостиков холода" исключает морозное пучение.

Нетканый геотекстиль на основе вторичного ПЭТФ отличается высокими показателями прочности на растяжение и разрыв, стойкостью к динамическим нагрузкам и статическому напряжению. Нами была предпринята попытка разработки технологии получения геотекстиля из бытовых отходов полиэтилентерефталата (ПЭТФ) – "пластиковой тары". Но так как количество вторичного ПЭТФ увеличивается с каждым годом, то вопрос его переработки является острой проблемой, которая успешно решается при производстве текстильных изделий и, в частности, геоматериалов. ПЭТФ-волокно из вторичного сырья позволяет получить нетканый водонепроницаемый текстильный материал с требуемыми для этих целей свойствами.

Также была разработана технология получения геотекстиля (ПЭТФ) с улучшенными механическими показателями за счет

введения углеродных наноразмерных трубок (УНТ). Технология введения УНТ разработана в лаборатории ВлГУ и заключается в предварительном получении "концентрата" наночастиц во вторичном ПЭТФ с целью облегчения равномерного распределения в большей массе сырья. Расплаву подвергали десятую часть полимера с подачей в него водного раствора УНТ, обработанных ультразвуком, и затем затвердевшие гранулы полимера перемешивали с оставшейся частью исходного вещества методом кавитационного диспергирования.

Принцип работы установки основывается на разделении агломерированных УНТ за счет кавитационных эффектов, возникающих при прохождении потока жидкости через специально спрофилированный канал кавитатора.

При этом происходит образование газовых или парогазовых пузырьков, схлопывание которых сопровождается интенсивными ударно-волновыми процессами с возникновением локальных зон сверхвысоких давлений и температур, что приводит к равномерному распределению УНТ в объеме матрицы.

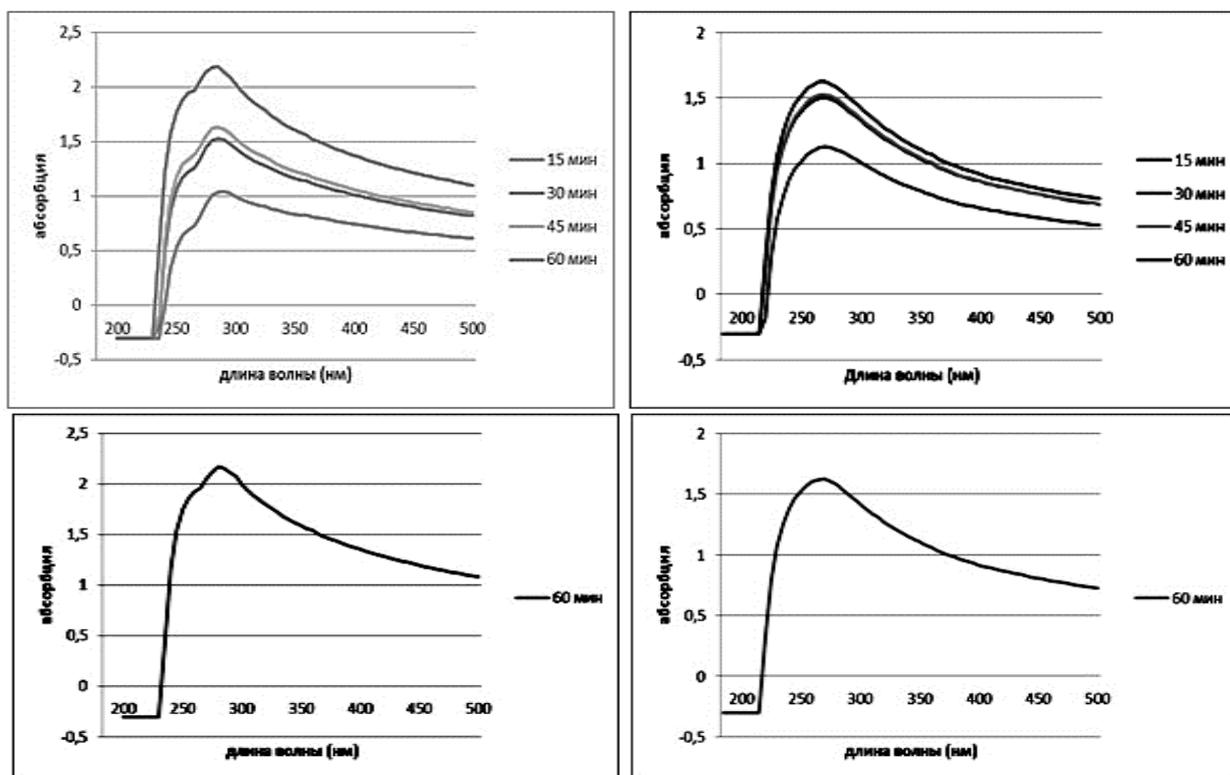


Рис. 3

Для изучения стабильности и долговечности полученных суспензий использовали метод ультрафиолетовой микроскопии, исследования проводились после 30 суток. Установлено, что степень поглощения УФ-излучения функциональными добавками с углеродными частицами и поликарбонатным эфиром не изменилась по сравнению с образцами, исследованными сразу после их получения (рис. 3).

Укладку геотекстиля рекомендуется выполнять строго перед засыпкой материала-наполнителя (щебня, гравия, песка, грунта). Таким образом, геотекстиль позволяет эффективно армировать поверхность склонов, предотвращать эрозию грунта и отводить грунтовые и дождевые воды со склона. Толщина отсыпаемого слоя в плотном теле должна быть не менее 20 см. При применении геотекстиля осуществляется разделение слоев разнофракционных материалов, происходит препятствование перемешиванию слоев на границе контакта, фильтрация поверхностных вод без задержки в основании, предотвращение заиливания при переменном уровне грунтовых вод, повышение сдвигоустойчивости нижележащих слоев за счет внедрения в конструкцию геотекстильного материала.

ВЫВОДЫ

Использование предложенного авторами способа укрепления глинистого или любого слабого грунта дает возможность возводить сооружения на любом грунте – исключить деформации морозного пучения при работе основания.

1. Нехорошев А.В., Гусев Б.В., Баранов А.Т., Холпанов Л.П. Явления, механизм и энергетические уровни образования структурированных дисперсных систем // Доклады АН СССР. – 1981. Т. 258, №1. С. 149...153.

2. Гусев Б.В., Холпанов Л.П. К вопросу о блочной коллоидно-химической кристаллизации. – М.: Научный мир, 2008.

3. ГОСТ Р 53225–2008. Материалы геотекстильные.

4. Нарбут Р.М. Возведение зданий и сооружений на слабых глинистых грунтах. – Л.: 1975.

5. Семендяев Л.И. Проблема комплексной оценки устойчивости земляного полотна автомобильных дорог при индивидуальном проектировании в сложных условиях пересеченной местности. – М., 1995. (Автомоб. дороги: Обзорн. информ / Информавтор; Вып. 5).

REFERENCES

1. Nehoroshev A.V., Gusev B.V., Baranov A.T., Holpanov L.P. Javlenija, mehanizm i jenergeticheskie urovni obrazovanija strukturirovannyh dispersnyh sistem // Doklady AN SSSR. – 1981. T. 258, №1. S.149...153.

2. Gusev B.V., Holpanov L.P. K voprosu o bločnoj kolloidno-himicheskoj kristallizacii. – M.: Nauchnyj mir, 2008.

3. GOST R 53225–2008. Materialy geotekstil'nye.

4. Narbut R.M. Vozvedenie zdaniy i sooruzhenij na slabych glinistyh gruntah. – L.: 1975.

5. Semendjaev L.I. Problema kompleksnoj ocenki ustojchivosti zemljanogo polotna avtomobil'nyh dorog pri individual'nom proektirovanii v slozhnyh uslovijah peresechennoj mestnosti. – M., 1995. (Avtomob. dorogi: Obzorn. inform / Informavtodor; Vyp. 5).

Рекомендована кафедрой организации производства и городского хозяйства ИВГПУ. Поступила 29.11.16.