

ВЛИЯНИЕ СТАБИЛИЗАТОРОВ НА УЛУЧШЕНИЕ СВОЙСТВ ГЛИНИСТЫХ ГРУНТОВ

Дмитреченко Д.А. Ковель А.С.

Научный руководитель канд.техн.наук О.М. Преснов

Сибирский Федеральный Университет

В настоящее время отмечается бурный рост объемов строительства различных объектов транспортной инфраструктуры.

На территории России наиболее распространены глинистые грунты, при увлажнении которых происходит ухудшение их физико-механических свойств - чрезмерное водопоглощение, набухание, липкость, пластичность и снижение прочностных показателей.

Многолетние исследования в различных странах мира показали, что использование поверхностно-активных веществ (ПАВ) повышает водоустойчивость глинистых грунтов.

Введением активных реагентов можно значительно улучшить физико-механические характеристики глинистых грунтов и сделать их пригодными для использования в строительных работах.

Стабилизаторы – это широкий класс веществ, которые в малых дозах положительно влияют на формирование свойств дорожно-строительных материалов, как за счет активизации физико-химических процессов, так и за счет оптимизации технологических процессов. Они могут быть различны по составу и происхождению, отличаются по свойствам, но их всех объединяет то, что они увеличивают плотность, влагостойкость и морозостойкость грунтов, снижая их пучинистость.

По внешнему виду ПАВ представляют собой пасты, жидкости или твёрдые мылообразные продукты.

Стабилизаторы уже много лет успешно применяют в США, Германии, ЮАР, Канаде и многих других странах, а в последнее время и в России для строительства покрытий и оснований автомобильных дорог, аэродромов, автомобильных парковок др. Среди стабилизаторов зарубежного и отечественного производства можно выделить следующие: Roadbond, «Статус», «Дортех», ANT, ECRoads, «Маг-ГФ», RRP-235-Special, Perma-Zume, «Дорзин», «Топ-сил», LBS, M10+50, LDC+12, Nanostab. Они могут быть кислыми, основными или нейтральными. Химический состав современных стабилизаторов либо запатентован, либо, являясь собственностью авторов или фирм, полностью не раскрывается.

Современные стабилизаторы подразделяют на три типа в зависимости от состава:

- 1 тип: кислые органические продукты, суперпластификаторы и другие вещества;
- 2 тип: жидкие силикатно-, акрилово-, винил-ацетатные, стирол-бутадиеновые полимерные эмульсии;
- 3 тип: низкомолекулярные органические комплексы

Стабилизаторы могут быть катионо-, анионоактивные и неионогенные. В связи с этим их взаимодействие разных ПАВ на поверхности одного и того же минерала протекает по-разному.

По сорбит ионной активности их можно поставить в следующий ряд:

КПАВ → НПАВ → АПАВ.

Следовательно, и прочностные характеристики стабилизированных глинистых грунтов будут уменьшаться в той же последовательности.

Стабилизаторы первого типа имеют сложный состав, включающий кислые органические продукты, суперпластификаторы и другие добавки. Вода при введении таких стабилизаторов активизируется за счет ионизации (H^+ , OH^- и H_3O^+). Частицы грунта, обмениваясь зарядами с ионизированной водой, разрушают природные связи с капиллярной и пленочной водой и создают условия высокой уплотняемости смеси. Таким образом, стабилизатор играет роль пластифицирующей добавки, позволяющей при меньшей оптимальной влажности грунта достигать более высоких показателей его плотности.

Для кислых грунтов применяют катионоактивные ПАВ. Для карбонатных грунтов целесообразно применять анионоактивные ПАВ. По мнению авторов, разработчиков материала АПАВ «Статус-3», микроучастки поверхности глинистого грунта, взаимодействуют противоположно заряженными ионами ПАВ и, под действием электростатических сил, образуют вместе с ними на поверхности грунта двойной электрический слой (ДЭС). Отрицательный заряд образует внутреннюю обкладку, а частицы грунта (анионы, катионы), находящиеся на границе раздела фаз, образуют внешнюю обкладку противоположного знака, а в целом система электронейтральна.

Исследования, проведенные в Московском Автомобильно-Дорожном Институте (МАДИ), показали, что после взаимовоздействия грунта со «Статус» изменяется его структура. На поверхности минеральных зерен образуется гидрофобная пленка. В грунтах происходит значительное сокращение пор.

Результатом стало снижение оптимальной влажности глинистых грунтов, повышения их водостойкости, а также снижение размокаемости, водопоглощения, набухаемости. Скорость размокания необработанного грунта в 1,5-2 раза выше, чем грунта, обработанного стабилизатором. При этом стабилизированный грунт не приобретает водостойкость.

Второй тип стабилизаторов применяют для сохранения прочности после водонасыщения, можно использовать полимерные эмульсии с широким диапазоном свойств. Типичная полимерная эмульсия содержит приблизительно 40-60 % полимера, 1-2 % эмульгатора, а оставшейся частью является природная вода.

Исследования, проведенные в США, показали, что полимерные эмульсии значительно увеличивают прочность в условиях влажности. Процесс отверждения эмульсии состоит из «расслоения» и последующего освобождения от воды путем испарения. Расслоение эмульсии происходит тогда, когда отдельные ее капельки, находящиеся во взвешенном состоянии в водной фазе, соединяются друг с другом. На поверхности частицы грунта, смоченной эмульсией, происходит осаждение полимера.

Одним из таких полимерных материалов является LBS – жидкий силикатно-полимерный стабилизатор грунта – КПАВ. При внесении водного раствора LBS в грунт обеспечивается необратимое изменение физико-механических свойств грунта. Это происходит за счет ионного замещения пленочной воды (на поверхности пылеватых частиц) молекулами стабилизатора, которые обладают водоотталкивающим действием. Пленочная вода в результате уплотнения обработанного глинистого грунта легко выводится из него. Улучшенный таким образом грунт становится более прочным и практически водонепроницаемым, что делает его устойчивым к воздействию любых климатических условий и способным воспринимать нагрузку даже в условиях длительных обильных осадков.

Эффективность использования полимерного стабилизатора LBS наиболее заметно проявляется при взаимодействии с высокопластичными пучинистыми глинистыми грунтами.

Инновационными разработками для стабилизации грунтов и строительства дорог являются такие материалы, как LDC+12 (жидкий акриловый полимерный продукт) и

Enviro Solution JS (жидкое винилацетатное соединение), а также M10+50 – жидкая полимерная эмульсия на акриловой основе, являющаяся вяжущим материалом. Последний был разработан специально для значительного улучшения таких характеристик грунта, как: прилипание, сопротивление истиранию, воздействию изгибающей силы, а также для увеличения долговечности слоя дорожной одежды. Грунты, обработанные материалом M10+50, применяются при строительстве и ремонте объектов транспортной инфраструктуры.

- M10+50 используется в грунтах с числом пластичности до 12.
- Эмульсия хорошо растворяется в пресной и соленой воде.
- Стабилизированный грунт приобретает водоустойчивость.
- Грунтовый слой, обработанный эмульсией M10+50, может использоваться для проезда техники уже через 2 часа после проведения работ.
 - Такой слой не требует специального ухода в отличие от слоя, укрепленного цементом или известью.
 - Грунт, обработанный составом M10+50, обладает наибольшей способностью к сопротивлению разрушению от атмосферных воздействий и ультрафиолетового излучения.

Глинистые грунты можно преобразовывать, используя и другие ионоактивные современные материалы - стабилизаторы третьего типа, основанные на ферментах (Perma-Zume, «Дорзин»). Perma-Zume 11X снижает поверхностное натяжение воды, что способствует быстрому и равномерному проникновению и впитыванию влаги в глинистый грунт. Насыщенные влагой частицы глины вдавливаются в пустоты грунта и полностью заполняют их, формируя плотный, твердый и долговременный пласт.

Глинистые грунты в результате их взаимодействия с препаратами на ферментной основе приобретают следующие характеристики: высокие физико-механические показатели, температуростойкость, водостойкость, коррозионную стойкость.

Воздействие КПАВ на глинистые грунты приводит к полному обмену катионами. Снижение способности стабилизированного грунта адсорбировать воду и связанные с этим структурные преобразования обуславливают изменение физических свойств грунтов. Для АПАВ лучше использовать карбонатные грунты, в которых может заметнее проявиться взаимодействие отрицательно заряженных органических анионов стабилизатора с катионами минеральной поверхности грунта (Ca^{2+} , Al^{3+} , Si^{4+} и др.).

Для усиления процессов взаимодействия глинистых грунтов со стабилизатором в систему можно дополнительно вводить в небольшом количестве вяжущие (цемент, известь, органические вяжущие). В результате этого можно ожидать улучшения всех характеристик искусственно преобразованных грунтов.

Экспериментальным путем было выявлено, что с введением цемента происходит развитие не только связей кристаллизационного типа, но и упрочнение связей, имеющих водно-коллоидную природу. При содержании цемента до 2 % – для тяжелых суглинков, 4 % – для супесей можно отметить, что добавки в грунт вяжущих (портландцемента и/или извести) в сравнительно небольших дозировках способствуют улучшению некоторых его физико-механических свойств. Количество вносимого в данном случае цемента и/или извести достаточно для того, чтобы в результате их взаимодействия с пылеватыми и глинистыми фракциями грунта обеспечивалась потеря их гидрофильных свойств, но недостаточно для того, чтобы удерживать всю массу грунтовых частиц в связанной системе. В результате получается улучшенный грунт за счет усиления коагуляционных связей.

В зависимости от использования стабилизаторов применяют два варианта технологий: стабилизация грунтов и комплексная стабилизация грунтов.

Первый случай применяют для грунтов, укладываемых в верхней части земляного полотна дорожной одежды. Так как именно в верхнем слое происходит перенос влаги и изменение теплового режима. При этом стабилизация грунтов рабочего слоя не только благоприятно влияет на эти процессы, но и дает возможность использовать глинистые грунты, ранее не пригодные для строительства. Это становится возможным за счет уменьшения водопроницаемости, пучинистости, набухаемости и размокаемости. Основная функция этой технологии-гидрофобизация грунтов в рабочем слое.

Комплексная стабилизация грунтов отличается от технологии стабилизации грунтов тем, что глинистые грунты обрабатываются стабилизаторами и неорганическими вяжущими материалами в количестве, не превышающем 2% от массы грунта. При этом происходит упрочение связей, имеющих водно-коллоидную природу. Увеличение прочности и деформационных характеристик грунтов дает возможность использовать их для устройства не только рабочего слоя, но и для обочин, а также грунтовых оснований дорог и покрытия местных(сельских) дорог. Основная функция этой технологии -структуризация и гидрофобизация грунтов в основаниях дорожных одежд.

Выводы:

Стабилизаторы разрабатывались специально для укрепления и стабилизации грунтов оснований и рабочих слоёв дорожных одежд и могут быть использованы как в повседневном строительстве, так и в случаях, когда работы необходимо проводить в короткие сроки, в тяжелых инженерно-геологических условиях при недостатке традиционных строительных материалов. Применение этих инновационных материалов при производстве дорожно-строительных работ позволяет получить высокий экономический эффект за счет использования местных глинистых грунтов при устройстве основания дорожной одежды. так же повышается прочность и срок службы эксплуатации разработанного участка

По своему воздействию на глинистые грунты, ПАВ можно разделить на «стабилизаторы-гидрофобизаторы» и «стабилизаторы - упрочнители» (комбинированный метод " грунт + ПАВ+ цемент")

Введение «стабилизаторов-гидрофобизаторов» в глинистые грунты улучшает их водно-физические показатели. Достоинство их в основном снижение процессов пучения при промерзании грунтов.

Преобразование глинистых грунтов с помощью «стабилизаторов- упрочнители» способствует увеличению предела прочности, при сжатии который может достигать значения 4,3 МПа, при изгибе – 1,4 МПа. Стабилизированные грунты водо- и морозо-устойчивы.

В настоящее время проводятся лабораторные исследования ПАВ с целью их применения не только в области дорожного строительства, но и для закрепления оснований и фундаментов