

УДК 630.383

ИССЛЕДОВАНИЕ СОСТАВОВ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ГРУНТОВ ПРИ
СТРОИТЕЛЬСТВЕ ЛЕСОВОЗНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

В. Г. Козлов¹, В. Ю. Губарев², Е. В. Кондрашова², В. В. Бобров²

¹Воронежский государственный аграрный

университет имени императора Петра I, г. Воронеж

²Воронежский государственный лесотехнический университет

имени Г. Ф. Морозова, г. Воронеж

E-mail: rivelenasoul@mail.ru

Введение. В настоящее время разработано свыше 100 методов укрепления грунтов с использованием местных материалов, позволяющих широко применять в качестве основного или вспомогательного вяжущего ранее не использовавшиеся отходы промышленности. К числу таких отходов следует отнести и асбестовую пыль.

Исследованиями асбестосодержащих добавок-отходов, получаемых при производстве асбестоцементных изделий, занимались многие ученые [1, 2]. Была выявлена возможность применения асбестосодержащих отходов в качестве активного компонента для получения малоактивных вяжущих по типу пуццолановых добавок. Химический анализ показал, что содержание активных окислов CaO + MgO в асбестовом отходе достигает 45 %. Образцы смесей извести с указанным отходом характеризуются сроками схватывания 3-7 суток и обладают водостойкостью [2].

Теоретический анализ. Асбестовые материалы являются ценным сырьем и не только для производства строительных материалов. Известно более 3000 способов практического применения асбеста, и вряд ли его можно заменить каким-либо другим природным или синтетическим волокном. В масштабах страны насчитывается не один миллион месторождений этого сырья, а в последние годы открыто еще несколько перспективных месторождений асбеста. В данном исследовании использован хризотилковый асбест, имеющий следующий химический состав, % масс:

SiO₂ – 42,1; MgO – 41,99; Al₂O₃ – 0,53; Fe₂O₃ – 1,30;

FeO – 0,24; CaO – следы; R₂O₃ – следы;

Химически связанная вода – 12,99.

Часть закисного железа может непосредственно входить в кристаллическую решетку хризотил-асбеста, изоморфно замещая магний. Остальное его количество входит в состав железистых минералов, содержащихся в виде механических примесей.

Цвет хризотил-асбеста обычно зеленый с различными оттенками, реже медово-желтый, иногда черный. В распущенном состоянии имеет белый с шелковистым блеском цвет. Удельный вес хризотил-асбеста 2,5-2,6. Температура плавления 1550 °С.

Кислотоупорность у хризотил-асбеста невысокая, даже слабые кислоты действуют на него, однако он отличается высокой щелочестойкостью. В зависимости от длины волокна, достигающей 8 мм и более, количества пыли асбеста делятся на 8 сортов (с 0 до 7) и 39 марок.

Структура хризотил-асбеста до настоящего времени изучена недостаточно, а имеющиеся данные не позволяют сделать вполне обоснованных выводов относительно рода свойств хризотил-асбеста.

Трудности изучения кристаллической структуры связаны с тонковолокнистой структурой хризотил-асбеста.

Методика. Активация вяжущих свойств асбестовых материалов выполнена путем обработки последних химическими реагентами – кислотами (H_2PO_4 , H_2SiF_6) и жидким стеклом. Наиболее высокую реактивную способность проявила кремнефтористоводородная кислота.

В опытах использованы как волокнистый (нормальный и ломкий) асбесты, так и асбестовая пыль. Асбестосодержащие добавки вводили в грунт, насухо перемешивали, после чего смесь увлажняли водным раствором кремнефтористоводородной кислоты (45 %-й концентрации) до оптимального содержания жидкой фазы. Образцы формовали под нагрузкой 20 МПа.

Механизм взаимодействия в системе асбест-кремнефтористоводородная кислота исследован методами ИК-спектроскопии и рентгеновскими. ИК-спектры снимали на спектрометре UR-20 в области частот 400-4000 cm^{-1} . Для исследования готовили ориентированные на подложках из бромистого калия препараты минералов до и после их обработки кремнефтористоводородной кислотой. Рентгенограммы снимали на дифрактометре Дрон-1.

Изучение реакционной способности асбестов. Высокие показатели прочностных и деформационных свойств дорожно-строительных материалов на ос-

нове и с применением асбестовых добавок вызывают закономерный интерес к химической природе процессов.

Как известно, хризотил-асбест состоит из наложенных тетраэдров двуокиси кремния и октаэдров двуокиси магния, или брусита. Из-за несовместимости структурных параметров последовательные слои становятся изогнутыми и хризотилевые микроволокна приобретают изогнутую форму. Причем $Mg(OH)_2$ всегда образует внешний слой. Обработка слабым 1 %-м раствором H_2SiF_6 вызывает разрыхление микроволокон и увеличение удельной поверхности асбеста. Минерал дает дифракционную картину с менее выраженными линиями хризотила – «разрушающийся хризотил». После более длительной (двухчасовой) обработки бруситовый слой растворяется, образуются фториды и фторсиликаты магния, которым в ИК-спектрах обработанных кислотой образцов соответствуют интенсивные полосы 675, 750 и 1030-1100 cm^{-1} [1]. Растворимость повышается с уменьшением сортности асбеста, при переходе от ломкой к нормальной и выветренной разностям.

Наиболее легко и активно из хризотил-асбеста извлекается окись магния, удаление кремнекислоты по сравнению с магнием идет значительно медленнее.

Наряду с выносом окислов происходит заметная перегруппировка воды. В минерале возрастает процент содержания низко- и снижается содержание высоко-температурной воды. ИК-спектры обработанных кислотой образцов показывают, что часть конституционной воды, представленной OH, переходит в низкотемпературную H_2O^- , легко идентифицируемую по широкой полосе валентных колебаний при 3400 cm^{-1} и наличию интенсивного максимума деформационных колебаний при 1650 cm^{-1} , причем в нормальном асбесте воды больше, чем в ломком.

Подбор составов смесей. Анализ показал, что вид асбестовых добавок (волокнистые, пылеватые) не оказывает существенного влияния на прочностные характеристики, если содержание асбеста в смесях не превышает 20 %. Увеличение количества волокнистого асбеста (более 20 %) сопровождается пропорциональным возрастанием прочности материала. Что касается добавок асбестовой пыли, то введение их свыше 50 % нецелесообразно. Обработка асбестовых материалов (без примеси грунта) обеспечивает наибольшую прочность материала (46 МПа – водонасыщенные образцы из волокнистого асбеста, 19 МПа – из асбестовой пыли). Вместе с тем прослеживается и отрицательная сторона значительного содержания асбестового компонента в смеси – высокий

показатель водонасыщения, достигающий 15-20 % (табл. 1).

Таблица 1 – Результаты испытаний свойств дорожно-строительных материалов

Грунт	Добавка асбеста, % масс.		Физико-механические свойства материалов	
	волокнистый	асбестовая пыль	прочность, МПа при сжатии	водонасыщение, %
80	20	–	9,5	2,8
50	50	–	23,0	11,5
–	100	–	46,0	20,0
80	–	20	7,2	2,1
50	–	50	14,5	8,0
–	–	100	19,0	15,4

Изменения физико-механических свойств грунтов, армированных добавками асбестовых отходов (до 20 % от массы грунта) и обработанных кремнефтористоводородной кислотой (2,5-7,5 % от массы сухой смеси), приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Результаты испытаний физико-механических свойств асбесто-грунтовых смесей

Составы смесей, масс. части			Физико-механические свойства укрепления грунтов		
Грунт	Асбестовая пыль	H_2SiF_6	$R_{изг}$, МПа	$R_{изг}$, МПа	W, %
100	5	2,5	0,50	0,10	2,00
		5,0	1,30	0,35	1,10
		7,5	2,20	0,70	0,50
	10	2,5	0,80	0,20	1,30
		5,0	1,70	0,50	0,50
		7,5	3,50	1,10	0,70
	15	2,5	1,25	0,25	0,80
		5,0	2,50	0,95	0,75
		7,5	5,00	1,65	1,30
20	2,5	1,95	0,49	1,05	
	5,0	4,00	1,25	1,50	
	7,5	6,50	2,00	2,10	

Примечание. Испытания проводились на поисковых образцах размером $h = d = 2,5$ см. Содержание воды в смесях соответствовало оптимальной влажности.

Прочности при сжатии ($R_{сж}$) и растяжении при изгибе ($R_{изг}$) возрастают с увеличением расхода асбеста и кислоты. Для водонасыщения (W) получе-

ны оптимальные соотношения компонентов смеси, минимизирующие показатель водонасыщения (10-12 % асбестового отхода, 4-6 % H_2SiF_6). Увеличение водонасыщения при возрастающей прочности материала закономерно связано с увеличением содержания асбестовой добавки в составе смеси.

Вывод. Разработанный материал не отличается жесткостью, имеет хорошие деформационные качества. Чем больше волокнистой фракции в составе асбестосодержащей добавки, тем выше прочность на растяжение при изгибе и меньше жесткость. Соотношение $R_{\text{сж}} / R_{\text{изг}}$, например, для смесей с 20 %-й добавкой асбеста, равно 3. Для грунтоцемента эта величина в среднем равна 5-6.

Таким образом, использование асбестовых материалов для укрепления (армирования) связанных грунтов при строительстве лесовозных автомобильных дорог и площадок может обеспечить значительный экономический эффект. При сопоставлении стоимости 1 км равнопрочных конструкций дорожных одежд из цемента и грунта, укрепленного асбестовыми отходами с добавками H_2SiF_6 , экономический эффект составляет 400 тыс. р. Вместе с тем утилизация многотоннажных отходов асбестовых производств способствует решению экологических проблем: освобождаются значительные площади, ранее занимаемые отходами, а использование укрепленных грунтов в качестве основания дорожных одежд позволяет избежать попадания асбестовой пыли в атмосферу.

Библиографический список

1 Информационные технологии для решения задач управления в условиях рационального лесопользования [Текст] : моногр. / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова, А. И. Вакулин, В. Н. Логачев. – Воронеж, 2011. – 127 с. – Деп. в ВИНТИ 26.09.2011, №420-2011.

2 Скрыпников, А. В. Метод оптимизации планов ремонта участков лесных автомобильных дорог [Текст] / А. В. Скрыпников, Е. В. Кондрашова, Т. В. Скворцова // Современные проблемы науки и образования. – 2011. – № 6; URL : www.science-education.ru/100-5155.