



## **Использование прогрессивных материалов и технологий в машиностроении и строительстве: опыт и перспективы**

УДК 504.05

**В.П. Дубодел<sup>1</sup>, Т.В. Атвиновская<sup>2</sup>, И.И. Злотников<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup>Мозырский государственный педагогический университет имени И.П. Шамякина*

*<sup>2</sup>Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого*

### **ПОЛИМЕРСИЛИКАТНЫЙ СОСТАВ ДЛЯ ПЫЛЕПОДАВЛЕНИЯ СЫПУЧИХ ПОРОД И УКРЕПЛЕНИЯ РЫХЛЫХ ГРУНТОВ**

Рассмотрены перспективы использования раствора на основе продуктов щелочного гидролиза отходов полиакрилонитрильного волокна и жидкого стекла для формирования пылеподавляющих слоев на сыпучих поверхностях и для укрепления рыхлых грунтов. Определены оптимальные концентрации рабочего раствора и его основные эксплуатационные свойства. Разработанный состав прост в изготовлении, не требует сложного оборудования, имеет длительный срок хранения. Состав наносят на пылящую поверхность методом пневмораспыления или закачивают инъекционным способом в рыхлый грунт.

**Ключевые слова:** защита окружающей среды, пылевые загрязнения, пылеподавление, укрепление грунта, полимерсиликатные композиции, водостойкость.

**Ведение.** Загрязнение окружающей среды выбросами пыли с поверхности отработанных техногенных источников является актуальной экологической проблемой современности. Наибольший вклад в загрязнение атмосферного воздуха и окружающей среды в целом выбросами пыли наносят шламохранилища, золоотвалы, хвостохранилища и другие свалки отходов горно-обогатительной отрасли. Так, за время работы Гомельского химического завода (по данным на 2019 г.) в отвалах скопилось более 14 млн тонн отходов, в основном фосфогипса, и их количество непрерывно увеличиваться. Хотя частицы фосфогипса при природной влажности грунта обладают склонностью к образованию плотных комков, но при испарении влаги в жаркий и сухой период, сцепление между частицами резко снижается, и уже при скорости ветра 2–3 м/с наблюдается пыление свежих горизонтов отвалов [1; 2]. Аналогичная ситуация складывается на ОАО «ПО «Беларуськалий», где количество отходов, накопленных на земной поверхности Солигорского района в солеотвалах и шламохранилищах, в настоящее время превышает 700 млн тонн и занимает площадь около 1,5 тыс. га [2; 3]. Вследствие разрушения поверхности солеотвалов посредством ветровой эрозии происходит снос пыли с открытых участков в окружающую среду.

В настоящее время существует целый ряд способов закрепления пылящих поверхностей для снижения их негативного воздействия. Наиболее распространенным методом является обработка пылящей поверхности различными реагентами, растворами и составами, которые создают на ней после высыхания прочный и водонепроницаемый защитный слой (корку). Для этих целей применяют цемент, известь, жидкое стекло, битумы, смолы, растворы различных полимеров (в первую очередь акриловых) и другие вещества [4]. Однако применение многих реагентов (соли, битумы, смолы и т. д.) может приводить к загрязнению грунтовых вод вредными компонентами. В этой связи разработка новых и усовершенствование существующих способов снижения пыления является актуальной задачей.

Цель работы – разработка состава для получения на сыпучих породах прочного и водостойкого покрытия и определение его основных эксплуатационных свойств, также рассмотрение областей его применения.

**Материалы и методы исследования.** В качестве исходных продуктов использовали отходы синтетического полиакрилонитрильного волокна «Нитрон Д» (производитель ОАО «Полимир», г. Полоцк), которые образуются при производстве искусственного меха на ОАО «Белфа» (г. Жлобин). Основываясь на ранее проведенных исследованиях [5] для получения водорастворимого акрилового полимера волокна

гидролизировали 5%-ным водным раствором гидроксида натрия из расчета 100 г NaOH на 126 г волокна в закрытой емкости при температуре 80–90 °С в течение 4 ч. Получали вязкий раствор продуктов гидролиза с водородным показателем pH=11,5–12,0, который отстаивали в течение 24 ч и фильтровали для удаления остатков неразложившихся волокон и случайных примесей. Содержание сухого вещества в очищенном растворе составляло 10–12 мас.%. Вторым компонентом разрабатываемого состава было натриевое жидкое стекло по ГОСТ 13078-81 с силикатным модулем (молярное отношение SiO<sub>2</sub> к Na<sub>2</sub>O) в пределах 2,6–3,0.

Раствор продуктов гидролиза полиакрилонитрильного волокна хорошо разбавляется водой и совмещается с натриевым жидким стеклом в любых пропорциях с образованием устойчивого двухкомпонентного полимерсиликатного раствора. Рабочий состав изготавливали путем последовательного растворения компонентов (продуктов гидролиза и жидкого стекла) в воде.

Оценку свойств разработанного состава проводили на лабораторной модели по следующей методике. Фосфогипс Гомельского химического завода сушили, насыпали в стальной поддон размером 40x20x10 см, разравнивали и подвергали уплотнению на вибростоле. Разработанный состав с помощью ручного пульверизатора равномерно наносили на поверхность фосфогипса в количестве 2 л/м<sup>2</sup>. Обработанную модель выдерживали в течение 24 ч при температуре 20±5 °С и подвергали испытанию. Определяли усилие продавливания, полученного на поверхности фосфогипса твердого покрытия. Усилие продавливания определяли грунтовым пенетрометром ПБ-1Ф с конусным индентором с углом 30°. Величину усилия продавливания рассчитывали, как отношение нагрузки к площади образующегося в покрытии следа от конуса. Для определения водостойкости покрытие обрабатывали водой с помощью пульверизатора из расчета 1 л/м<sup>2</sup>. Затем модели выдерживали 1 ч при температуре 20±5 °С для пропитки покрытия водой и определяли усилие продавливания.

Для оценки возможности применения разработанного состава для укрепления рыхлых грунтов определяли показатель прочности на сжатие укрепленных лабораторных образцов пористых пород (кернов). Для этого карьерный кварцевый песок (производитель – филиал «Гомельский горно-обогатительный комбинат» ОАО «Гомельстекло») просеивали через сита и отбирали фракцию 0,315-0,63 мм. Песок набивали в кернодержатели (трубки из ПВХ высотой 90 мм и внутренним диаметром 30 мм). Готовые образцы пропитывали разработанным составом, сушили сначала при температуре производственного помещения в течение 24 часов, а затем в сушильном шкафу при температуре 50±5°С в течение 6 часов. Отвержденные образцы грунта извлекали из кернодержателей и определяли предел прочности на сжатие.

**Результаты и их обсуждение.** В таблице 1 приведены примеры полимерсиликатного раствора для закрепления пылящих поверхностей и укрепления грунтов конкретного выполнения.

Таблица 1 – Составы полимерсиликатного раствора, мас.%

Компонент	Номера составов		
	1	2	3
Жидкое стекло	2,0	5,0	8
Раствор продуктов гидролиза (по сухому остатку)	0,5	1,5	2,5
Вода	97,5	93,5	89,5

В таблице 2 представлены результаты сравнительных испытаний покрытий, полученных на поверхности фосфогипса разработанными составами в сравнении с известным составом-пылеподавителем FLOSET S 44 (Франция), который представляет собой водную дисперсию акрилового сополимера (состав номер 4).

Таблица 2 – Сравнительные свойства

Показатель	Номера составов			
	1	2	3	4
Усилие продавливания, МПа	6,8	9,4	9,8	5,7
Усилие продавливания, МПа, после обработки водой (водостойкость)	2,8	3,5	3,6	1,5

Как следует из сравнения полученных данных, покрытия, сформированные из разработанного состава, обладают более высокой механической прочностью и хорошей устойчивостью к воздействию влаги (дождя) по сравнению с известным составом.

В таблице 3 представлены результаты испытаний на механическую прочность образцов грунта, укрепленного разработанным составом.

Таблица 3 – Свойства укрепленных грунтов

Показатель	Номера составов			
	1	2	3	4
Разрушающее напряжение при сжатии, МПа	14,6	15,2	15,8	12,1

Представленные в таблице 3 данные показывают, что применение разработанного состава позволяет добиться высокой механической прочности укрепляемых грунтов, в исходном состоянии представляющих собой сыпучую породу.

**Заключение.** Таким образом, разработанный состав на основе продуктов гидролиза отходов полиакрилонитрильного волокна и жидкого стекла может быть успешно использован для закрепления пылящих поверхностей путем формирования на них прочных и водостойких защитных слоев. Также состав можно применять для укрепления рыхлых грунтов при инженерно-строительных работах и в горнодобывающей промышленности для упрочнения призабойной зоны пласта у скважины, предназначенной для добычи углеводородов. Состав не содержит дорогих или дефицитных компонентов, прост в изготовлении, не требует сложного оборудования и имеет длительный срок хранения. Состав можно применять как для обработки больших площадей породных отвалов, так и для небольших участков пылящих поверхностей, например, сыпучих продуктов, хранящиеся на открытых площадках, а также подъездных дорог и др. Рекомендуемый расход готового состава для успешного закрепления пылящих поверхностей – 1,5–2,5 л/м<sup>2</sup> в зависимости от гранулометрического состава обрабатываемой породы, ее влажности и выбранной концентрации применяемого состава. Укрепление рыхлых грунтов может производиться нагнетанием раствора в грунт инъекционным способом. Применение разработанного состава позволит успешно решать экологические проблемы, связанные с пылью, а кроме того является хорошим способом утилизации отходов синтетического полиакрилонитрильного волокна.

#### Список использованных источников

1. Губская, А.Г. Утилизация отходов Гомельского химического завода с получением товарной продукции / А.Г. Губская, Т.В. Воловик, А.П. Гапотченко, И.Н. Горбач // Проблемы современного бетона и железобетона : сб. науч. тр. / Ин-т БелНИИС ; редкол.: О.Н. Лешкевич [и др.]. – Минск, 2019. – Вып. 11. – С. 89–107.
2. Шершневу, О.В. Оценка воздействия отходов фосфогипса на компоненты окружающей среды / О.В. Шершневу // Экологический вестник. – 2016. – № 2. – С. 97–103.
3. Семашко, А.В. Экологические проблемы Солигорского горнопромышленного района / А.В. Семашко, С.А. Федотова // Сборник материалов 72-й студенческой научно-технической конференции, 20–28 апреля 2016 г. / Белорусский национальный технический университет. – Минск, 2016. – С. 264–267.
4. Немировский, А.В. Применение различных способов пылеподавления на поверхности хвостохранилища / А.В. Немировский, Е.Н. Сторожев // Горный журнал. – 2021. – № 6. – С. 103–105.
5. Злотников, И.И. СОЖ для механической обработки стекла на основе растворов полимеров / И.И. Злотников, П.А. Хило, М.И. Зубрицкий // Трение и износ. – 2007. – Т. 28, № 3. – С. 301–304.

УДК 691.16

**В.П. Дубодел<sup>1</sup>, В.М. Шаповалов<sup>2</sup>, И.И. Злотников<sup>3</sup>**

<sup>1</sup>Мозырский государственный педагогический университет имени И.П. Шамякина

<sup>2</sup>Институт механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси

<sup>3</sup>Гомельский государственный технический университет имени П.О. Сухого

### ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ БИТУМНО-МИНЕРАЛЬНЫХ СМЕСЕЙ

Изучено влияние предварительной обработки минеральных наполнителей поверхностно-активными веществами, полученными путем полного омыления гудрона растительных масел, на механические характеристики битумно-минеральных смесей. Установлено, что такая обработка приводит к повышению механической прочности на 40–60 %. Разработанные битумно-минеральные композиции могут успешно применяться для получения покрытий при проведении дорожных и кровельных работ.

**Ключевые слова:** нефтяной битум, минеральные наполнители, межфазное взаимодействие, поверхностно-активные вещества.