

Я. Н. КОВАЛЁВ, С. Е. КРАВЧЕНКО, Ю. И. ГОРЬКИЙ,  
В. С. ЗЕНЬКОВ

## ОПТИМИЗАЦИЯ СВОЙСТВ МИНЕРАЛЬНОЙ ЧАСТИ ГОРЮЧИХ СЛАНЦЕВ В ЦЕЛЯХ ЕЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ В АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ ПОКРЫТИЯХ

Утилизация зольных отходов, которые в больших объемах образуются при переработке горючих сланцев, — один из основных факторов, сдерживающих решение вопроса о расширении масштабов промышленного освоения их ресурсов. Несколько легче эта задача решается в случае, когда в минеральной части горючих сланцев (МЧГС) доминируют карбонаты. Это позволяет утилизировать ее в производстве вяжущих строительных материалов, в дорожном строительстве — при возведении земляного полотна и укреплении основания, а также в сельском хозяйстве — для раскисления кислых почв.

Горючие сланцы Припятского бассейна, и в частности его наиболее крупного месторождения — Туровского, характеризуются сравнительно невысокой карбонатностью минеральной составляющей. Это затрудняет непосредственное использование их зольных отходов в тех направлениях, где хорошо себя зарекомендовали золы и шлаки, образующиеся при переработке горючих сланцев Прибалтийского бассейна, которые относятся к разряду известковых [1]. Тем не менее, путем соответствующей обработки зольных отходов можно улучшить их свойства и тем самым расширить области утилизации.

Настоящая работа посвящена разработке способа модификации поверхности МЧГС для использования ее в составе асфальтобетона в качестве минерального порошка. При выборе способа модификации учитывали, что на поверхности любого твердого тела находятся слабые электрические заряды, распределенные равномерно или мозаично. У кислых минеральных материалов на поверхности имеется отрицательный поверхностный заряд [2]. В составе МЧГС Туровского месторождения превалирует  $\text{SiO}_2$  (40—70%), поэтому и она в большинстве случаев относится к кислым минеральным материалам.

Как установлено рядом исследований [3, 4], кислые минеральные материалы обладают малой адгезионной активностью по отношению к битумам, что объясняется их низким электрическим потенциалом. Повышение электрической активности поверхности кислых материалов путем сообщения ей добавочного электрического потенциала значительно усиливает реакционную способность последней. Это открывает новые пути для широкого использования МЧГС в производстве дорожного асфальтобетона. Изменяя величину электрического заряда и его знак, можно направленно формировать адгезионную связь между минеральным материалом и битумом.

Как показали исследования, наиболее эффективным оказался способ изменения величины электрического заряда и его знака на поверхности

МЧГС при пневмотранспортировании ее частиц со скоростью 25—30 м/с по трубам с активирующей вставкой из различных материалов. При этом создаются условия для проявления трибоэлектрического эффекта — разделения электрических зарядов в процессе взаимного трения частиц друг о друга и о стенку трубопровода. При трении частиц МЧГС о внутреннюю поверхность металлической трубы в месте их контакта возникает двойной электрический слой. При быстром разъединении контактирующих материалов электрические заряды разделяются с образованием на поверхности МЧГС зарядов отрицательного знака. Причина: работа выхода электронов МЧГС больше работы выхода электронов металла, и поэтому электроны атомов металла переходят на внешние электронные орбитали атомов МЧГС.

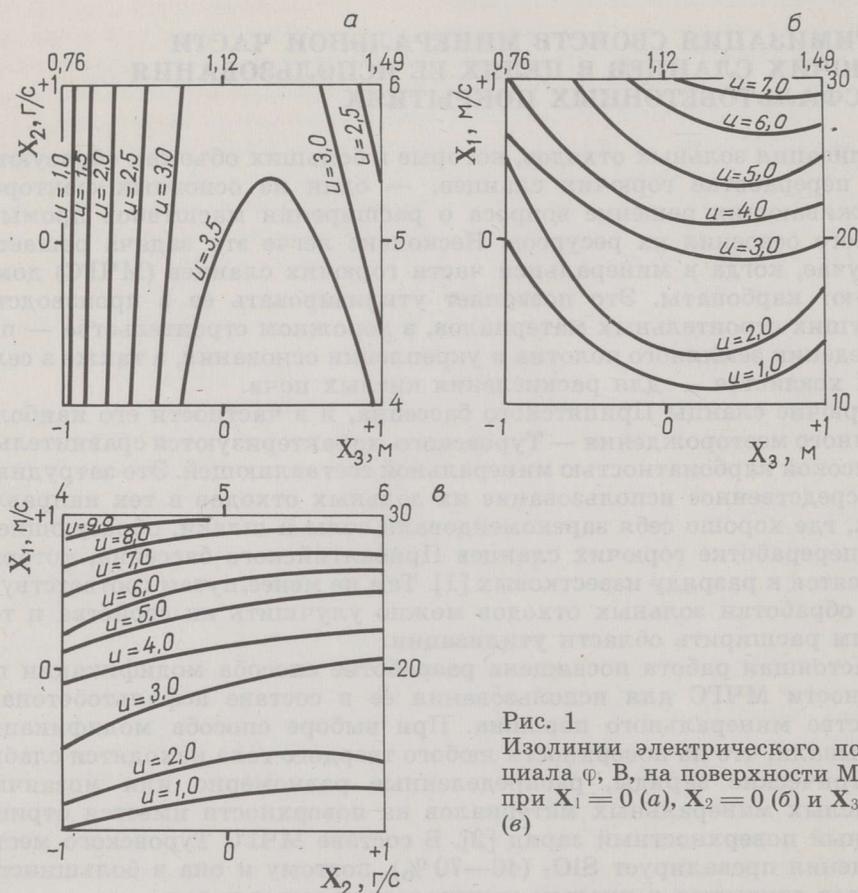


Рис. 1  
Изолинии электрического потенциала  $\varphi$ , В, на поверхности МЧГС при  $X_1 = 0$  (а),  $X_2 = 0$  (б) и  $X_3 = 0$  (в)

Величина электрических зарядов, образующихся на поверхности МЧГС, зависит от таких параметров, как скорость движения материала в трубе, его расход, длина активирующего элемента, влажность и температура поверхности частиц, продуваемых в трубе.

Для определения влияния каждого из этих факторов на величину поверхностных зарядов, оцениваемую эффективным электрическим потенциалом ( $\varphi = 6—8$  В), были проведены экспериментальные исследования на лабораторной установке, устройство которой описано в [5].

Эффективный потенциал  $\varphi$  измеряли с помощью электрометрического усилителя У1-7, который позволял определять на активирующем (изолированном) элементе знак и величину заряда.

Влияние скорости движения минеральных частиц  $X_1$ , их расхода  $X_2$  и длины активирующего элемента  $X_3$  на величину  $\varphi$  оценивали по регрессионному уравнению ( $X_i$  выражено в относительных единицах), полученному на основе обработки данных после реализации программы математического планирования эксперимента и последующего анализа графических зависимостей:

$$\varphi = 3,4 + 3,0X_1 + 0,43X_2 + 0,76X_3 + 1,17X_1^2 - 0,25X_2^2 - 1,33X_3^2 + 0,56X_1X_2 + 0,7X_1X_3 - 0,9X_2X_3. \quad (1)$$

Анализ уравнения (1) показал, что на величину поверхности заряда кремнеземсодержащих частиц  $\varphi$  наибольшее влияние оказывает скорость движения частиц  $X_1$  и значительно меньшее — расход этого материала  $X_2$  и длина активирующего элемента  $X_3$ .

Более детально влияние переменных факторов  $X_1$ ,  $X_2$ ,  $X_3$  на величину потенциала  $\varphi$  анализировали используя графические зависимости, отражающие степень влияния двух переменных факторов на значение потенциала при постоянном значении третьего фактора (рис. 1). При фиксированном значении скорости движения частиц минерального материала ( $X_1 = -1,0; +1$ ) величина потенциала  $\varphi$  почти не зависит от расхода материала  $X_2$ , зато зависимость  $\varphi$  от длины активирующего элемента  $X_3$  достаточно велика. При этом выявляются оптимальные значения расхода материала и длины активирующего элемента.

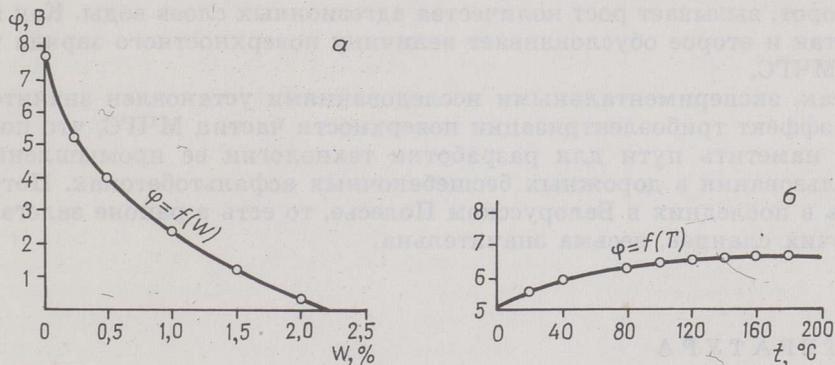


Рис. 2

Зависимость степени трибоэлектризации поверхности МЧГС от ее влажности (а) и температуры (б)

При фиксированном значении расхода материала ( $X_2 = -1,0; +1$ ) величина потенциала  $\varphi$  в значительной степени зависит от скорости движения частиц  $X_1$  и слабо — от длины активирующего элемента  $X_3$ . Это справедливо при скорости  $X_1 < 15$  м/с (при большем значении скорости эта зависимость усиливается). На основе экспериментальных данных была определена оптимальная длина активирующего элемента.

При фиксированном значении длины активирующего элемента ( $X_3 = -1,0; +1$ ) величина потенциала  $\varphi$  зависит от скорости движения частиц  $X_1$  и значительно — от расхода материала  $X_2$ , причем эта зависимость возрастает при увеличении длины активирующего элемента от минимального до максимального значения. Так, при значении длины активирующего элемента  $X_3$ , меньших его среднего значения, трибоэлектрический эффект проявляется лишь при скоростях  $> 17$  м/с.

При выборе оптимальных значений параметров трибоэлектрической активации необходимо учитывать как экономические, так и технологические факторы. Скорость движения частиц минерального материала оказывает решающее влияние на величину поверхностного заряда: последняя растет с ростом скорости. Однако увеличение ско-

рости движения частиц требует значительных энергетических затрат. Поэтому при выборе оптимального значения скорости движения частиц минерального материала следует учитывать значение потенциала  $\phi$ , обеспечивающее энергетическую активность поверхности минерального материала, при которой происходит прочное адгезионное сцепление ее с органическим вяжущим, то есть оптимизировать значение  $\phi$  по экономическому критерию. Выбранному значению скорости частиц минерального материала соответствуют и определенные значения расхода материала и длина активирующего элемента.

Зависимость величины потенциала  $\phi$  от влажности и температуры поверхности минерального материала приведена на рис. 2. Анализ графической зависимости  $\phi = f(T)$  позволяет сделать вывод о незначительном влиянии температуры нагрева сухого материала (в интервале 20—180 °С) на величину поверхностного заряда. Влажность материала, наоборот, существенно его изменяет — вплоть до полного исчезновения разделения зарядов. Это явление можно объяснить наличием адсорбционных слоев воды на поверхности частиц трибоэлектризуемого материала. Наличие двух-трех мономолекулярных слоев  $H_2O$  на поверхности частиц МЧГС уменьшает величину поверхностного заряда на порядок. При температуре 100 °С адгезия  $H_2O$  к поверхности частиц представляет собой один мономолекулярный слой. Увеличение температуры приводит к разрушению этого адсорбционного слоя, а уменьшение — наоборот, вызывает рост количества адгезионных слоев воды. Как первое, так и второе обуславливает величину поверхностного заряда частиц МЧГС.

Итак, экспериментальными исследованиями установлен значительный эффект трибоэлектризации поверхности частиц МЧГС, что позволяет наметить пути для разработки технологии ее промышленного использования в дорожных бесщебеночных асфальтобетонах. Потребность в последних в Белорусском Полесье, то есть в районе залегания горючих сланцев, весьма значительна.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Горький Ю. И., Лукьянова З. К., Стельмах Г. П., Яременко И. А. Проблемы комплексного использования горючих сланцев Белорусской ССР. — Минск, 1983.
2. Лысихина А. И. Поверхностно-активные добавки для повышения водостойчивости дорожных покрытий с применением битумов и дегтей. — М., 1959.
3. Колбановская А. С. О подборе поверхностно-активных добавок, улучшающих сцепление битума с минеральными материалами // Автомобильные дороги. 1958. № 7. С. 14—15.
4. Шемонаева Д. С. Улучшение сцепления битума с минеральным материалом // Автомобильные дороги. 1978. № 3. С. 19—20.
5. Положительное решение от 19.02.1985 по заявке № 3759464/29-33. Способ приготовления наполнителя для асфальтобетонной смеси / Ковалев Я. Н., Кравченко С. Е., Шевчук В. В., Можейко Ф. Ф., Шаркевич И. И.

Белорусский политехнический институт  
г. Минск

Институт горфа  
Академии наук Белорусской ССР  
г. Минск

Представил К. Э. Уров

Поступила в редакцию  
15.12.1986

Повторно 19.06.1987

## OPTIMIZATION OF THE PROPERTIES OF OIL SHALE MINERAL MATTER AIMED AT ITS USE IN ASPHALT CONCRETE PAVEMENT

The mineral part of oil shales from the Turov deposit in Byelorussia was investigated. Due to a high silicon oxide content (40—70 %) it belongs to acidic substances.

The use of the triboelectrification effect of the mineral particles surface made it possible to change the electric charge value and polarity that resulted in the strengthening of adhesion bonds between the mineral component particles and bitumen. This permits wider utilization of oil shales processing wastes.

*Byelorussian Polytechnical Institute*

*Minsk*

*Academy of Sciences of the Byelorussian SSR,*

*Institute of Peat*

*Minsk*