

# ИССЛЕДОВАНИЕ ЭКОЛОГО–ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ПРИМЕНЕНИЯ ГЛИНО–СОЛЕВЫХ ОТХОДОВ В ДОРОЖНОМ БЕТОНЕ

*Бусел А.В., Ковалев Я.Н.*

БГПА, г.Минск

Значительным резервом снижения расхода цемента в дорожном бетоне может служить применение глино-солевых отходов (ГСО) ПО "Беларуськалий", которые представляют собой либо суспензию 35÷55 % концентрации (глино-солевой шлам), получаемую при флотационном обогащении хлорида калия с использованием для коагуляции полиакриламида, либо сухие порошки, выделяемые в процессе избирательного измельчения сильвинитовых руд в вентилируемых размольных контурах.

ГСО включает в своем составе, мас. %: хлорид натрия 19÷35, хлорид калия 15\_17, сульфат кальция 0.1÷2.0, сульфат магния 0.1÷2.0, нерастворимый в воде остаток 40÷70. По минералогическому составу нерастворимый осадок представлен смесью 60÷85 % алюмосиликатных минералов (гидрослюды с примесью монтмориллонита и гидрохлорида) и 15÷40 % карбонатсодержащих пород (доломит, кальцит).

Наличие в составе ГСО хлоридов натрия и калия должно способствовать ускорению процесса набора прочности бетонов, что особенно важно для дорожного строительства, когда необходимо быстро открывать движение транспорта по бетонному покрытию. По данным [1] хлориды не нарушают кристаллическую структуру цементного камня и в то же время снижают температуру замерзания воды в порах бетона, что приводит к повышению его морозостойкости.

Наличие в составе ГСО алюмосиликатных минералов предполагает их хорошее взаимодействие с цементным камнем при условии достаточно высокой площади их взаимного контакта, что может обеспечиваться высокой степенью диспергирования ГСО. Глинистые материалы обладают высокой водоудерживающей способностью, что создает хорошие условия для гидратации цемента. Отдавая воду, мелкие глинистые частицы уменьшаются в объеме, создавая замкнутую поровую структуру цементного камня. Кроме того, введение ГСО увеличивает тиксотропию цементобетонной смеси, в результате чего улучшается ее подвижность и удобоукладываемость.

Их вышесказанного следует, что при выборе определенных технологических режимов введения глино-солевых отходов в состав бетона можно достигнуть вполне определенных положительных результатов.

В настоящее время в ПО "Беларуськалий" накоплено около 40 млн. тонн глино-солевых шламов, которые представляют реальную экологическую опасность для региона, вызывая засоление почв и подземных вод.

Водорастворимая часть ГСО содержит ионы тяжелых металлов (см. табл. 1), которые обладают высокой токсичностью по отношению к объектам окружающей среды.

Содержание ионов тяжелых металлов в водорастворимой части ГСО, мас. %

Cu <sup>2+</sup>	Cd <sup>2+</sup>	Zn <sup>2+</sup>	Fe <sup>2+</sup>	Mn <sup>2+</sup>	Cr <sup>3+</sup>	Ni <sup>2+</sup>	Sr <sup>2+</sup>
$2.8 \times 10^{-5}$	$0.9 \times 10^{-5}$	$1.9 \times 10^{-5}$	$2.6 \times 10^{-4}$	$2.8 \times 10^{-4}$	$1.9 \times 10^{-4}$	$1.0 \times 10^{-4}$	$1.3 \times 10^{-3}$

Таким образом, утилизация ГСО в дорожном бетоне, при условии их надежного блокирования в его структуре, будет решать как задачу экономии вяжущих материалов для дорожного строительства, так и вопросы улучшения экологической обстановки.

Для введения в состав бетона глино-солевого шлама предлагается последний предварительно диспергировать в воде затворения путем его кавитационной обработки в специальном центробежном насосе, обеспечивающем разделение конгломератов ГСО до образования свободной удельной поверхности  $4 \div 5 \text{ м}^2/\text{кг}$ . достаточной для хорошего контакта с цементом. С целью проверки данного предложения на первом этапе были проведены лабораторные исследования, включающие приготовление и испытания дорожного бетона с применением ГСО. Для приготовления бетона применялись следующие материалы: щебень гранитный карьера Микашевичи крупностью  $5 \div 20 \text{ мм}$  и  $20 \div 40 \text{ мм}$ , песок кварцевый карьера "Усборье" крупностью  $M_k = 2.2$ , цемент Старооскольского завода М-400, смола нейтрализованная воздухововлекающая (СНВ), сульфитно-дрожжевая бражка (СДБ). Глино-солевой шлам предварительно пропускали через центробежный насос, измеряли его плотность с целью определения концентрации по сухому веществу и вводили вместе с остальными компонентами в лабораторную мешалку емкостью 30 литров, где осуществляли перемешивание до получения однородной смеси. Было приготовлено два состава смесей (табл. 2).

Прочность бетона на сжатие оценивали по результатам испытания образцов-кубов с размером ребра 100 мм, прочность на растяжение при изгибе – призм квадратного сечения размером  $100 \times 100 \times 400 \text{ мм}$ , прочность на растяжение при раскалывании – образцов-кубов с ребром 100 мм. Результаты определения механических характеристик бетонов на 28-е сутки твердения представлены в табл. 3.

Таблица 2

Соотношение компонент цементобетонной смеси

Наименование материала	Расход материалов, мас. %	
	Состав № 1	Состав № 2
Щебень $5 \div 20 \text{ мм}$	18.37	18.48
Щебень $20 \div 40 \text{ мм}$	27.40	27.53
Песок	31.55	31.78
Цемент	14.53	13.08
Вода	6.15	5.67
Глино-солевой шлам	–	1.46
СНВ	0.18	0.18
СДБ	1.82	1.82

## Прочностные показатели бетона

№ состава	Прочность на сжатие, МПа	Прочность при изгибе, МПа	Прочность на растяжение при раскалывании, МПа
1	23.88	4.1	1.2
2	39.12	5.7	2.3

Из приведенных данных следует, что при замене 10 мас. % цемента на ГСО механические характеристики бетона возрастают, водо-цементное отношение уменьшается с 0.42 до 0.38. Эти положительные результаты послужили основанием для выполнения более детальных исследований по оптимизации состава цементобетона и изучению его свойств с целью практического применения для строительства дорог. Были исследованы составы цементобетонных смесей с различным количеством глино-солевого шлама и выполнено сравнение их свойств с контрольным составом, применяемым в практике дорожного строительства. Доказано, что введение ГСО в количестве до 12 % от массы вяжущего способствует увеличению скорости твердения бетона (30 14 суток бетон набирает стандартную прочность), обеспечивает повышение морозостойкости (потери прочности и массы ниже контрольного уровня), приводит к улучшению удобоукладываемости цементобетонной смеси (требуемая осадка конуса, равная 2 см, наблюдается при содержании воды на 6÷9 % меньше, чем в контрольном составе).

Полученные положительные результаты позволили зарегистрировать добавку ГСО в цемент в качестве изобретения [2] и рекомендовать для внедрения в производство. В дорожно-строительном управлении № 38 (г. Могилев) была создана технологическая линия по введению ГСО в состав цементобетонной смеси, обеспечивающая диспергирование этого отхода в кавитационном агрегате и дозированную подачу в смеситель непрерывного действия. В результате было выпущено 25.5 тыс. м<sup>3</sup> бетона с добавкой ГСО и построено 21.3 км дорог. Было утилизировано 765 т (по сухому веществу) глино-солевых шламов.

Всвязи со значительной дальностью доставки обводненного глино-солевого шлама (более 20 км) и увеличением транспортных расходов по экономическим соображениям внедрение разработки в таком варианте было приостановлено. Авторами разработана технология введения сухого ГСО, получаемого в вентилируемых контурах в состав цементобетона. На стендовой вентилируемой установке сухого измельчения были приведены экспериментальные исследования по изучению размолоспособности ГСО и определению его оптимального гранулометрического состава для эффективного использования добавки в дорожном бетоне. В результате было установлено, что в случае измельчения ГСО до тонкости помола, обеспечивающей прохождение 90 % материала через сито с отверстием 0.25 мм, его можно вводить в состав цементобетонной смеси в

сухом виде и получать результаты, аналогичные введению диспергированного глино-солевого шлама.

Полученный на стендовой установке в вышеуказанных оптимальных условиях измельченный ГСО использовали для приготовления опытной партии бетона на передвижном цементобетонном заводе ДСУ-40 Дорожно-строительного треста № 7, расположенном в г.Толочине. Было выпущено 60 м<sup>3</sup> дорожного бетона с использованием 1980 кг измельченного ГСО и уложен опытный участок дорожного покрытия длиной 55 м и шириной 6 м на автостраде Толочин-Сенно через Волосово. Устройство дорожного покрытия осуществлялось бетоноукладочным комплексом "Gomaco GP-2000".

По заключению специалистов пластичность и удобоукладываемость бетона с добавкой ГСО возросла по отношению к аналогичным параметрам бетона без добавки, что подтвердило результаты проведенных лабораторных исследований.

Испытания опытного состава бетона на 28 суток показали, что его прочностные свойства не уступают бетону без добавки ГСО. Положительные результаты, полученные в ходе опытно-технологических работ, позволили приступить к проектированию промышленной вентилируемой установки для получения молотого ГСО на ПО "Беларуськалий".

Предварительные экономические расчеты свидетельствуют о том, что молотый ГСО будет в 1.5÷2.0 раза дешевле цемента.

### Литература

1. Карабан Г.Л. Комплексная технология снегоочистки городских дорог. – М.: Стройиздат, 1990 – с. 125.
2. Авт. свид. № 1709700 (СССР) Добавка для бетонной смеси/ Ф.Ф.Можейко, Я.Н.Ковалев, А.В.Бусел и др.