



ООО «Научно-исследовательский центр  
«ГИПРОДОРНИ»

Исследование возможности  
использования золы уноса  
Рефтинской ГРЭС  
в дорожном хозяйстве

г. Екатеринбург  
2014

# Классификация золы уноса Рефтинской ГРЭС

**Класс:** техногенные, дисперсные

**Группа:** несвязные

**Подгруппа:** антропогенные намывные образования

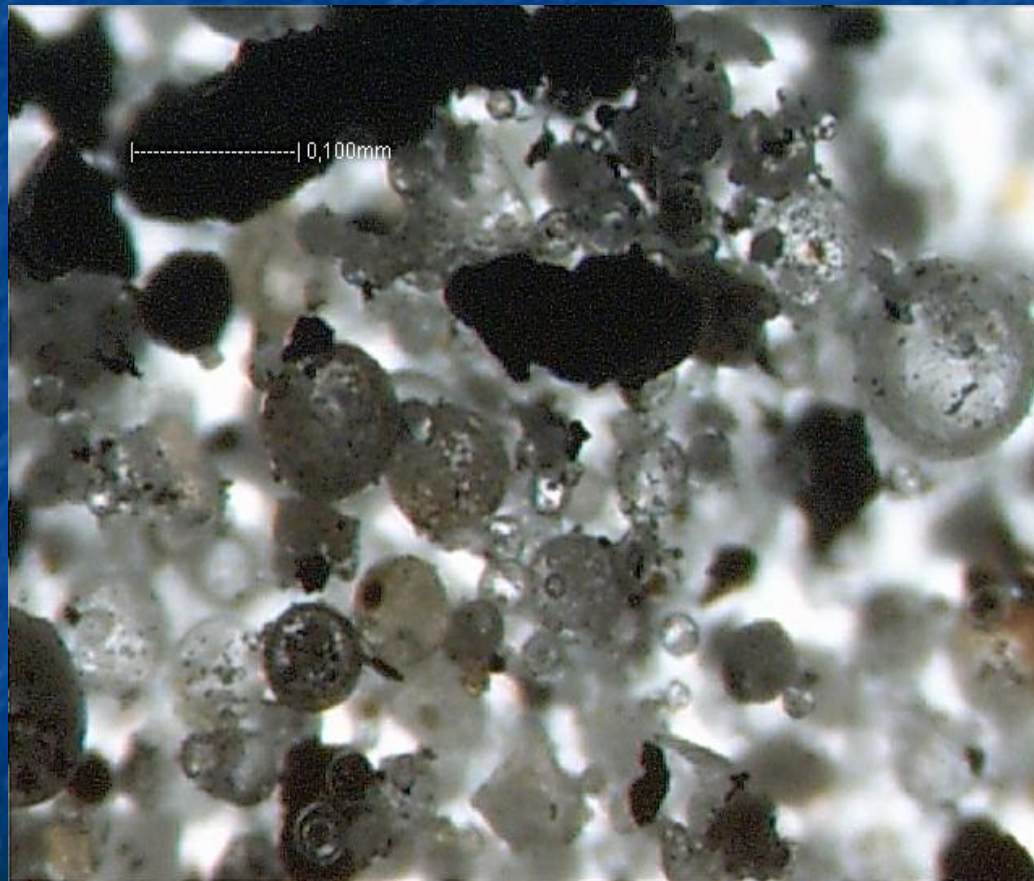
**Тип:** отходы производственной и хозяйственной деятельности

**Вид:** промышленные отходы – золы





# Внешний вид и микрофото зола уноса



## Химический состав золы уноса

Показатели		Возможные изменения содержания оксидов	Средневзвешанные значения
Химический состав, в % по массе	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	23,0-40,2	31,56
	SiO <sub>2</sub>	53,0-61,0	56,92
	CaO	1,1-1,7	1,40
	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	3,2-4,5	3,84
	MgO	0,62-1,00	0,81
	K <sub>2</sub> O	≤0,60	0,60
	Na <sub>2</sub> O	≤0,25	0,25
	SO <sub>3</sub>	0,64-0,70	0,67
	TiO <sub>2</sub>	≤1,38	1,38
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,28-0,63	0,45
	П.п.п.	1,00-3,25	2,12



# Оценка химических свойств

Наименование показателя качества химических свойств		Рассчитанное значение для золы уноса Рефтинской ГРЭС	Нормируемое значение для инертной золы
Модуль основности (Mo)		0,035	< 0,1
Силикатный модуль (Ms)		1,608	1,3 – 3,2
Коэффициент качества (K)		0,579	0,4 – 0,9
Содержание оксида кальция в разных формах, % по массе	СаО общий	1,4	< 5
	СаО свободный	0	0 – 1
	СаО сульфатный	0	0,1 – 1,6
	СаО карбонатный	0	0 – 5

**ВЫВОД:** зола уноса Рефтинской ГРЭС инертна, относится к кислым золам, имеет очень низкую потенциальную способность к проявлению гидравлических свойств, самостоятельной вяжущей способностью не обладает.

# Оценка физико-механических и водных свойств

## Зависимость требуемой плотности от допустимого коэффициента увлажнения

Величина допустимого коэффициента увлажнения  $K_w$  при требуемом коэффициенте уплотнения  $K_y$

0,98	0,95	0,90
0,70-1,40	0,60-1,50	Не ограничен

**П р и м е ч а н и е :** коэффициент увлажнения золы уноса  $K_w$  определяется как отношение фактической влажности материала  $W_{\phi}$  к его оптимальной влажности  $W_{opt}$

# Оценка физико-механических и водных свойств

## Зависимость относительного морозного пучения от влажности

Влажность, %		Относительное морозное пучение образца $s_{fh}$ , %	Степень пучинистости
$W_{opt}$	30	< 1	Непучинистый
$W_{k1}$	60	1-4	Слабопучинистый
$W_{k2}$	145	>4	Пучинистый
$W_{max}$	180		Сильнопучинистый Чрезмернопучинистый

**П р и м е ч а н и е :** Относительное морозное пучение представляет собой отношение вертикальной деформации пучения при промораживании образца к его первоначальной высоте, выраженной в процентах.

# **Применение золы для устройства земляного полотна**

**Положительная сторона – организация утилизации техногенных отходов.**

**Отрицательная сторона – удорожание строительно-монтажных работ в размере от 23 млн.руб./км в связи с возникновением расходов на приобретение геосинтетических материалов для армирования и гидроизоляции насыпи.**



# Применение золы для устройства земляного полотна

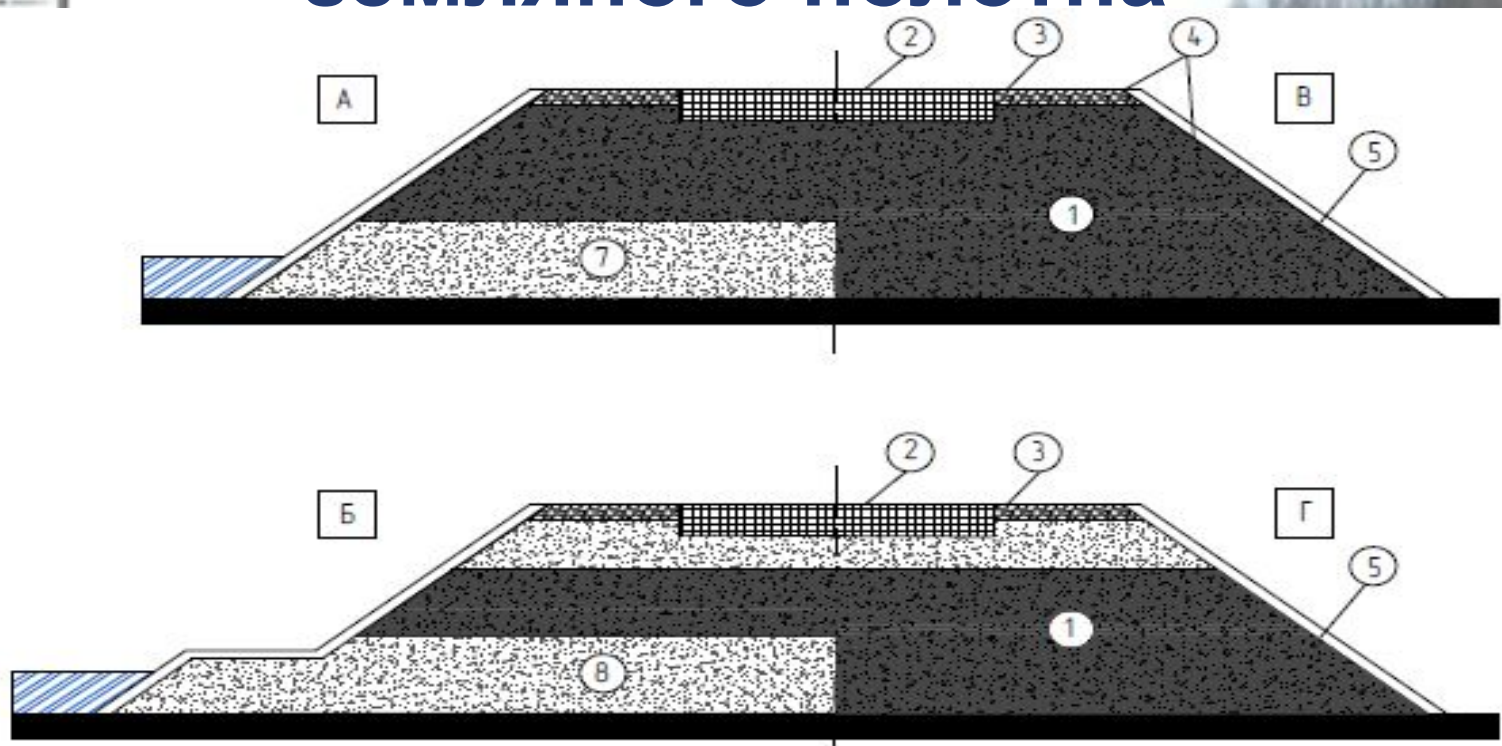


Рисунок – Поперечные профили земляного полотна с применением золы уноса: А, Б - при II, III типах местности по условиям увлажнения; В, Г - на сухих участках; 1 – зола уноса; 2 - дорожная одежда (с краевой полосой); 3 - укрепленная обочина; 4 - нетканый геотекстильный материал; 5 - укрепленный откос; 6 - песок средний, песчано-гравийная смесь, непучинистый или слабопучинистый грунт; 7 - дренирующий или связный грунт; 8 – берма.

# Применение золы для устройства земляного полотна

## Расчетные характеристики золы уноса в земляном полотне

Расчетная величина относительной влажности $W/W_m$	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75	0,80	0,85	0,90	0,95
Модуль упругости $E_y$ , МПа	50	47	45	42	40	35	30	25	20	15

Прочностные параметры	Расчётное суммарное число приложений нагрузки				
	1	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
Расчётное значение угла внутреннего трения, град.	31	27	26	25	23
Расчетное значение сцепления, МПа	0,003	0,003	0,002	0,001	0,001

**Примечания:** 1. Значения характеристик даны для условий полного заполнения пор водой.  
2. При  $\Sigma N_p > A \cdot 10^6$  расчетные значения  $\varphi$  и  $c$  следует принимать по столбцу « $10^6$ ».

# **Применение золы для устройства дополнительных слоев оснований дорожных одежд**

**Положительная сторона – организация утилизации техногенных отходов.**

**Отрицательные стороны:**

- удорожание стоимости строительно-монтажных работ в размере от 7 млн.руб./км в связи с возникновением расходов на приобретение геосинтетических материалов для армирования и гидроизоляции насыпи;**
- невозможность устройства дополнительного дренирующего слоя дорожной одежды.**



# Бентонитовые маты для гидроизоляции дорожных одежд с золой уноса



«БентИзол»



# Применение золы для устройства дополнительных слоев оснований дорожных одежд

## Прочностные параметры

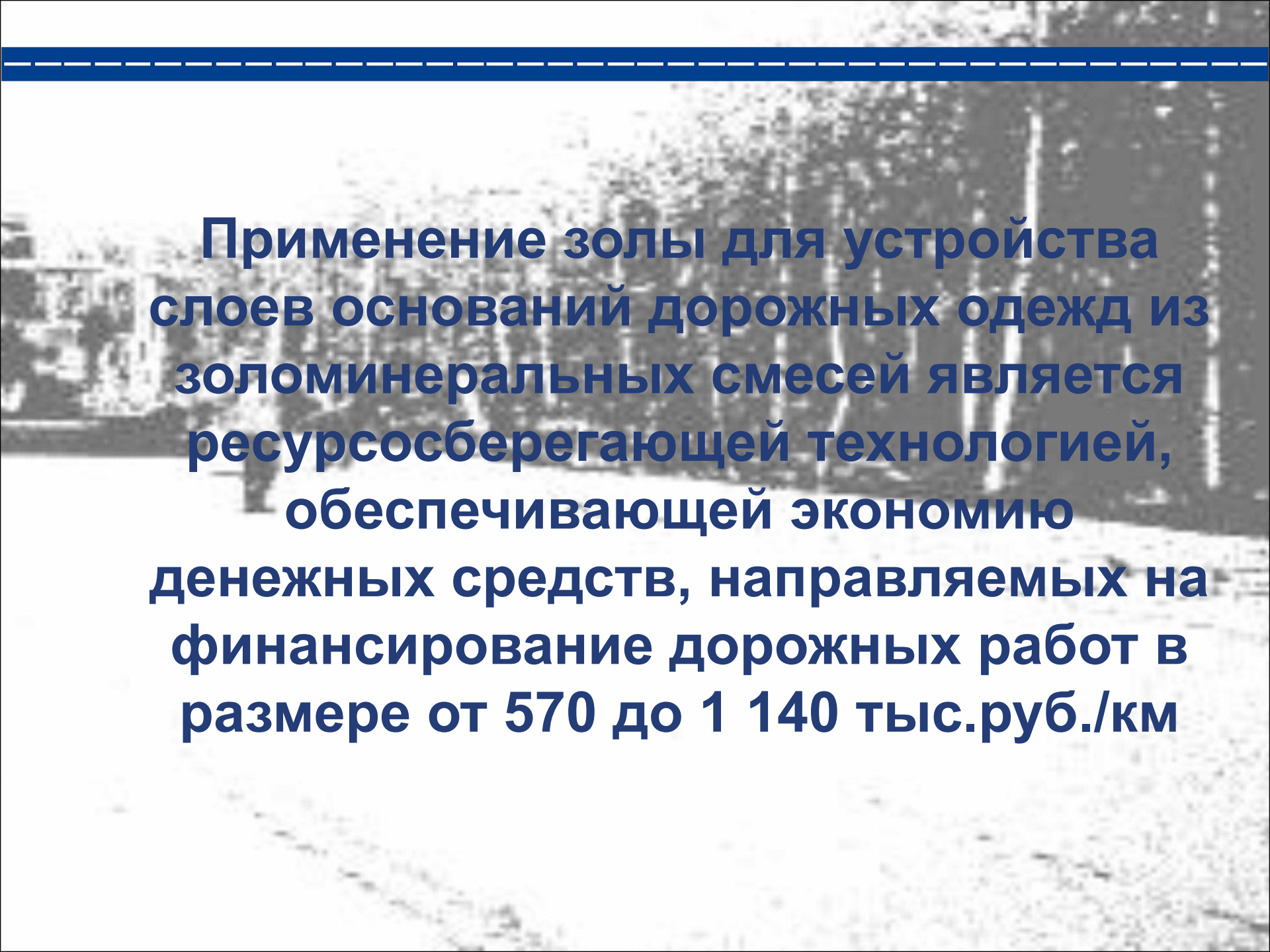
Название параметров	Расчётное суммарное число приложений нагрузки				
	1	$10^3$	$10^4$	$10^5$	$10^6$
Расчётное значение угла внутреннего трения, град.	33	30	29	28	27
Расчетное значение сцепления, МПа	0,004	0,004	0,003	0,003	0,002
Расчетное значение модуля упругости, МПа	100				
П р и м е ч а н и я : 1. Значения характеристик даны для условий полного заполнения пор водой. 2. При $\Sigma N_p > A \cdot 10^6$ расчетные значения $\varphi$ и $c$ следует принимать по столбцу « $10^6$ ».					



# Перспективны технологии укрепления грунта с применением золы уноса Рефтинской ГРЭС







**Применение золы для устройства слоев оснований дорожных одежд из золоминеральных смесей является ресурсосберегающей технологией, обеспечивающей экономию денежных средств, направляемых на финансирование дорожных работ в размере от 570 до 1 140 тыс.руб./км**

# Применение золы для устройства слоев оснований дорожных одежд из золоминеральных смесей

## Ориентировочные составы золоминерального вяжущего материала

Материал	Ориентировочный расход компонентов вяжущего, в % по массе смеси			
	Зола уноса	Известь	Цемент	
<b>Золоминеральный материал на основе песка (высевок):</b> - соответствующий марке:	20	10,5-13,5	4,2-5,4	-
		11-16	-	4,8-6
	40	13,5-16,5	5,4-6,6	-
		15-19	-	6-7,2
	60	16,5-19,5	6,6-7,8	-
		19-23	-	7,2-8,4
	75	18-21	7,2-8,4	-
		23-24	-	8,4-9,6
	100	20,5-23,5	9-10,2	-
		23-24	-	9,6-10,8



## Результаты:

1. Изучена возможность использования золы уноса Рефтинской ГРЭС в качестве самостоятельного вяжущего вещества и материала для устройства дренирующих слоев дорожной одежды.
2. Показана возможность использования золы уноса для отсыпки земляного полотна и дополнительных морозозащитных и теплоизолирующих слоев дорожной одежды при условии организации армирования и гидроизоляции конструктивных элементов автомобильной дороги, устраиваемых из золы.
3. Показана техническая возможность и экономическая целесообразность использования золы уноса Рефтинской ГРЭС в составе золоминеральных смесей для устройства слоев основания дорожной одежды.
4. Подготовлена необходимая исследовательская база для разработки нормативно-технической, а также типовой проектной и технологической документации, регламентирующей применение золы уноса Рефтинской ГРЭС в дорожном хозяйстве.
5. Предложены перспективные конструкции дорожных одежд с золой уноса для технологической отработки и мониторинга в натуральных условиях на автодороге на золоотвал Рефтинской ГРЭС.





**СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!**

Научно-исследовательский центр «ГИПРОДОРНИИ»