

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕЗИНОВОЙ КРОШКИ ИЗ ОТХОДОВ ШИН ПРИ СТРОИТЕЛЬСТВЕ КАРЬЕРНЫХ ДОРОГ<sup>1</sup>

А.А. Христофорова<sup>1</sup>, М.Д. Соколова<sup>1,2</sup>, И.Н. Гоголев<sup>2</sup>, С.Э. Филиппов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Институт проблем нефти и газа СО РАН, г. Якутск

<sup>2</sup>Северо-Восточный федеральный университет им. М.К. Аммосова, г. Якутск,

**Реферат.** Представлены результаты разработки состава дорожной одежды технологических дорог крутонаклонных выработок на нижних горизонтах с применением в покрытии резиновой крошки из отходов шин. Для усиления взаимодействия резиновой крошки с дорожным битумом предложено применение механоактивации с нанонаполнителем – природным цеолитом. Установлено, что применение ПГС в качестве минеральной основы для асфальтобетонных смесей является вполне возможным, в случае применения битума, модифицированного резиновой крошкой активированной совместно с цеолитом.

Постепенное истощение минерально-сырьевой базы полезных ископаемых при сохранении открытого способа разработки как генерального направления развития горнодобывающих отраслей промышленности России влечет за собой рост глубины горных работ, переход некоторых карьеров в разряд сверхглубоких. Опыт открытой разработки алмазных месторождений показывает, что глубина практически всех отрабатываемых карьеров неоднократно пересматривалась в сторону ее увеличения [1, 2, 3]. При этом непременно встает вопрос транспортирования руды и пород вскрыши с нижних горизонтов на поверхность по наклонным и крутонаклонным съездам. Как правило, дороги зоны интенсивной углубки по технологическим параметрам карьера должны конструироваться со значительно большим уклоном, до 30-37 град. При генеральном угле откоса карьера более 50 град. (рис. 1).

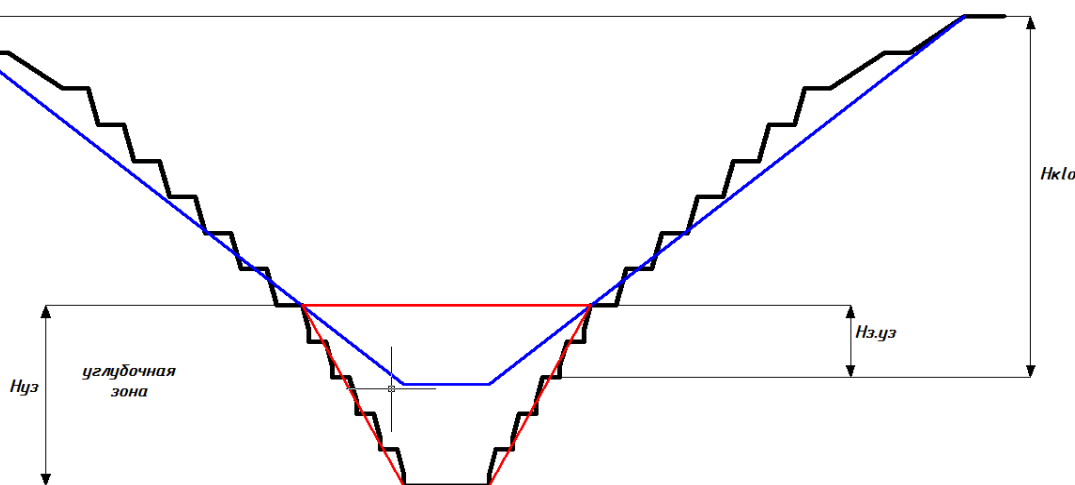


Рис. 1. Конструкция борта карьера с применением углубочной зоны с крутонаклонными съездами.

В этих условиях на первый план встает проблема эффективности и безопасности работы транспорта, которая может быть решена путем создания дорожного полотна, обеспечивающего повышенное сцепление колес транспорта с дорогой и снижающего пылеобразование.

<sup>1</sup> \*Работа выполнена при финансовой поддержке Министерства образования и науки РФ в рамках комплексного проекта № 2010-21801-001 по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения.

Предлагается применять в качестве покрытия технологических дорог углубочной зоны карьеров, асфальтобетон на основе двух видов многотоннажного сырья: песчано-гравийной смеси, вырабатываемой на местных карьерах и дроблёной резины из отработанных автопокрышек.

Основные эффекты использования резиновой крошки в дорожно-строительных материалах [4, 5]: уменьшение образование низкотемпературных трещин, защита дорожных покрытий от проникновения воды, высокий коэффициент сцепления с колесами автомобилей, повышение приживаемости каменного материала, понижение пылеобразования. Учет перечисленных факторов позволяет обосновать эффективность применения резиновой крошки в составах дорожного покрытия технологических дорог нижних горизонтов карьеров.

Наиболее перспективным направлением при использовании резиновой крошки в асфальтобетоне является модификация вяжущего. Простейшим способом является прямое введение в битум резиновой крошки, однако материалы, полученные таким образом, зарекомендовали себя с негативной стороны. Асфальтобетон, полученный с применением этих вяжущих подвержен быстрому старению и разрушению из-за выслаивания резиновой крошки, несвязанной с битумом прочными связями.

Указанные недостатки можно устранить путем модификации резиновой крошки перед введением в битум для образования развитого межфазного слоя на границе раздела фаз «резиновая крошка - битум» и повышения адгезии вяжущего к минеральным составляющим асфальтобетона.

В качестве минерального модификатора выбран природный цеолит (преимущественно натриевого состава). В Республике Саха (Якутия) имеются богатые месторождения цеолитов, причем они располагаются в тех же районах, что и алмазные. Относительно малое содержание примесей, высокая термическая стойкость якутских цеолитоносных горных пород (наиболее освоенный пласт Хонгурин - III имеет преимущественно натриевый состав, а цеолиты с одновалентными катионами более термостойки, чем с двухвалентными) в сочетании с невысокой стоимостью делают природные цеолиты перспективным модификатором разнообразных полимерных материалов [6, 7]. Показано [8], что применение цеолита в композиционных материалах на основе резины, способствует образованию развитого переходного слоя между компонентами. При их введении в матрицу происходит увеличение модуля упругости, прочности, повышение термической стабильности и устойчивости к горению, улучшение электростатических свойств.

Для лучшего смешения и активации модификаторов битума проведена предварительная механоактивация резиновой крошки совместно с цеолитом на планетарной мельнице АГО-2. Мельницы-активаторы такого типа, обеспечивают очень высокий уровень энергетического воздействия на материал (до 60g), что обеспечивает интенсивную поверхностную активацию при сохранении ценных эластических свойств в объеме резины. Режим выбран на основании ранее проведенных работ [8].

Процесс механоактивации резин не сводится только к измельчению материала, при этом протекают и химические процессы (окисление, деструкция, вторичное структурирование). В работе [9] показано, что при механоактивации происходит миграция низкомолекулярных веществ, входящих в состав резиновой смеси (в частности серы), к поверхности резиновой крошки. При этом удельная поверхность увеличивается практически в 2 раза. Применение механоактивации позволяет уменьшить размеры резиновой крошки (рис. 2), кроме того происходит снижение доли зеркальных и увеличение неровных участков на поверхности, образуются следы механического воздействия в виде расслоения частиц. Проведенные исследования показали, что механоактивация усиливает модифицирующее действие резиновой крошки в матрицах, в которые она вводится.

Для асфальтобетонов на основе битумов, наряду с влиянием свойств вяжущего материала, важное значение имеют особенности взаимодействия вяжущего с поверхностью минеральных зерен. Поэтому при проектировании дорожного полотна следует учитывать разнообразие генезиса каменных материалов.



Рис. 2 - Поверхность резиновой крошки (оптический микроскоп МБС-10, х 8):  
а – неактивированной, б – механоактивированной

Верхние слои дорожных одежд, как правило, проектируют с применением щебня – минерального материала, получаемого путем дробления скальной или горной породы. Он характеризуется прочностью, морозостойкостью, имеет различный зерновой состав (по ГОСТ 8267-93). Для проектирования и строительства собственных технологических и других дорог весьма актуальным для горнодобывающих предприятий, удаленных от промышленных центров регионов, является замещение щебня на каменные материалы местного производства.

Основываясь на «Методических рекомендациях по строительству дорожных одежд с основаниями из битумоминеральных смесей и местных каменных материалов, укрепленных малоактивными вяжущими или малыми дозами цемента», предложено разработать асфальтобетонную смесь с применением местных каменных материалов (песчано-гравийной смеси ПГС) и песчано-гравийную смесь, вырабатываемую на алмазодобывающем карьере Накынского рудного поля РС (Я) (Нюрбинский карьер).

Для исследований возможности применения ПГС в составе асфальтобетона, были исследованы основные характеристики асфальтобетонных образцов проведена сравнительная характеристика полученных результатов с результатами исследований асфальтобетона на основе щебня (табл. 1).

Таблица 1

**Физико-механические характеристики асфальтобетона на основе стандартного сырья и песчано-гравийной смеси выработки рудника**

Состав асфальтобетона	$\rho_m$ , г/см <sup>3</sup>	$\rho_m^M$ , г/см <sup>3</sup>	$V_{\text{пор}}^M$ , %	$V_{\text{пор}}^0$ , %	W, %	$R_{\text{сж}}$ , МПа	$R_p$ , МПа
Асфальтобетон на основе щебня	2,195	2,052	13,28	7,21	1,62	3,70	3,84
Асфальтобетон на основе ПГС	2,209	2,064	21,79	16,32	1,39	5,25	1,79
Асфальтобетон на основе ПГС и битума, модифицированного резиновой крошкой с цеолитом	2,186	2,043	22,61	17,19	1,80	5,09	0,95
Асфальтобетон на основе ПГС и битума, модифицированного активированной резиновой крошкой с цеолитом	2,228	2,082	21,11	15,58	1,52	6,02	1,02

где,  $\rho_m$ ,- средняя плотность уплотненного материала,  $\rho_m^M$  – средняя плотность минеральной ча-

сти,  $V^M$  – пористость минеральной части,  $V^0$  – остаточная пористость,  $W$  – водонасыщение,  $R_{сж}$  – предел прочности при сжатии,  $R_p$  – предел прочности на растяжение при расколе.

Из представленных данных видно, что применение ПГС в качестве минеральной основы для асфальтобетонных смесей является вполне возможным, в случае применения битума, модифицированного резиновой крошкой активированной с цеолитом. По некоторым характеристикам (водонасыщение, предел прочности при сжатии) смеси на основе ПГС превосходят аналоги на 30%. Это может компенсировать недостатки других показателей (пористость, предел прочности на растяжение при расколе). Асфальтобетон на основе ПГС и битума, модифицированного активированной резиновой крошкой с цеолитом, обладает

Для разработанного состава асфальтобетона определялся коэффициент сцепления дорожного покрытия с колесами. Покрытие изготовлено по 2 рецептурам:

1. асфальтобетон на основе битума без резиновой крошки
2. асфальтобетон на основе битума модифицированного активированной резиновой крошкой с цеолитом

В таблице 2 приведены результаты испытаний по определению коэффициента сцепления дороги, которую определяли с помощью ИКСП-М [10], предназначенным для измерения показателя при строительстве и ремонте автомобильных дорог, периодическом и текущем контроле состояния дорожных покрытий.

Таблица 2

**Коэффициент сцепления дороги в зависимости от состава дорожного покрытия**

Показатель	Асфальтобетон на основе битума без модификатора	Асфальтобетон на основе битума, модифицированного активированной резиновой крошкой с цеолитом
Коэффициент сцепления дороги на:		
сухом покрытии	0,30	0,42
влажном покрытии	0,28	0,33

В работе использовались нестандартные методики, что позволяет провести только сравнительный анализ.

Видно, что коэффициент сцепления с дорогой на сухом и влажном асфальтобетоне, модифицированном резиновой крошкой, соответственно выше на 40% и 18% по сравнению с базовым асфальтобетоном.

Таким образом, суммарный эффект от замещения щебня на ПГС для строительства технологических дорог будет во много раз превышать затраты:

- разработанный состав можно применить на участках углубочной зоны карьера с повышенным углом наклона технологических дорог;
- применение сырья собственного производства позволит значительно снизить транспортные расходы;
- применение в качестве основного сырья техногенных отходов (изношенные шины в виде резиновой крошки) и отходов производства ПГС будет способствовать снижению техногенного воздействия на окружающую среду;
- производство асфальтобетона может быть организовано без усложнения технологической схемы, на стандартном оборудовании;
- разработка состава асфальтобетонной смеси, модифицированного природными цеолитами, производимыми в Республике Саха (Якутия), внедрение в массовое производство и информирование широкого круга целевых потребителей за пределами Республики, может способствовать продвижению реализации как готовых изделий с улучшенными свойствами, так и добавок на основе якутского цеолита.

#### Список литературы

1. Тарасов П.И., Глебов А.В., Фурин В.О., Ворошилов А.Г. Необходимость создания новых углубочных комплексов для кимберлитовых карьеров Якутии // Горный информационно-аналитический бюллетень. -2006. -№3. -С.277-282.
2. Сытенков В.Н., Абдуллаев У.М. Разработка сценария развития карьера «Мурунтау» на длительную перспективу// Горный журнал.-2002. Специальный выпуск.- С.45-50.
3. Заровняев Б.Н., Шубин Г.В., Гоголев И.Н., Андросов А.Д., Акишев А.Н., Журавлев А.Г. Новые способы и методы ведения горных работ на глубоких алмазодобывающих карьерах//Горный информационно-аналитический бюллетень, Издат. «Горная книга», 2011.- №12.- С. 80-84.
4. Лаврухин В.П., Калгин Ю.И. Свойства асфальтобетонов на модифицированных битумах // Наука и техника в дорожной отрасли. -2002. -№1. - С. 14-17.
5. Хафизов Э.Р., Хабибуллина Э.Н., Брехман А.И. О некоторых свойствах асфальтобетона на битумполимерном вяжущем. // Материалы II Международной научно-практической конференции «Автомобиль и техносфера». Казань: КГТУ им. А.Н Туполева. -2001. - С 121.
6. Герасимова В.Н. Природные цеолиты как адсорбенты нефтепродуктов // Химия в интересах устойчивого развития. – 2003. – №3. – С. 481-488.
7. Горяинов С.В., Белицкий И.А. Природные цеолиты России // Тез. докл. Респ. совещания 25-27 ноября 1991г. Новосибирск. – 1992. - том 1. - С.62.
8. Соколова М.Д., Давыдова М.Л., Шадрин Н.В. Технологические приемы, обеспечивающие повышенную структурную активность цеолита в полимерэластомерных композициях // Каучук и резина. - 2010. - N 6. - С. 16-20
9. Христофорова А.А., Соколова М.Д. Механоактивационный способ обработки измельченных вулканизатов// Химия в интересах устойчивого развития – 2009. - № 4, С 435-438.
10. <http://www.rdt.ru/node/106>.