

**ПРИМЕНЕНИЕ АКТИВИРОВАННЫХ МИНЕРАЛЬНЫХ
ПОРОШКОВ ИЗ МЕСТНОГО СЫРЬЯ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ
АСФАЛЬТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ**

Инженер **В.Н. Гарманов**
(ФАУ «РОСДОРНИИ»)

Конт. информация: labndo@rosdornii.ru

В статье представлен обзор применения активированных минеральных порошков, полученных разными способами из местного сырья (некарбонатных горных пород), для приготовления асфальтобетонных смесей.

Ключевые слова: активированный минеральный порошок, асфальтобетон, асфальтовое вяжущее, длительная водостойкость.

Согласно паспорту национального проекта «Безопасные и качественные автомобильные дороги», доля автомобильных дорог регионального значения, соответствующих нормативным требованиям, составляет 43,1 %, до 2024 г. данный показатель нужно увеличить до 50,9 % (общая протяженность автомобильных дорог общего пользования регионального или межмуниципального значения составляет 511 тыс. км). Также согласно проекту увеличится доля дорожной сети городских агломераций, находящихся в нормативном состоянии, с 42 % до 85 % к 2024 г.

Наиболее распространенным материалом для устройства дорожных покрытий является асфальтобетон. Как известно, асфальтобетон состоит из рационально подобранной смеси минеральных материалов (щебня, песка и минерального порошка) с битумом. Минеральный порошок в асфальтобетоне является важнейшим структурообразующим компонентом. Основное назначение минерального порошка – перевод объемного битума в пленочное состояние. Минеральный порошок взаимодействует с битумом и образует асфальтовое вяжущее вещество, от которого во многом зависит плотность, прочность, теплоустойчивость и долговечность асфальтобетона. Помимо этого минеральный порошок заполняет мелкие поры между крупными частицами [1].

В соответствии с ГОСТ Р 52129-2003 и ГОСТ 32761-2014, минеральные порошки могут быть неактивированными из карбонатных (например, известняк) и некарбонатных горных пород, твердых и порошковых отходов промышленного производства, а активированными только из карбонатных горных пород.

Ввиду отсутствия во многих регионах карбонатных горных пород для производства минерального порошка, особенно актуально применение минеральных порошков из местного сырья (некарбонатных горных пород). Как правило, местные материалы являются кислыми и имеют плохую адгезию с органическим вяжущим. Для повышения качества их подвергают активации.

Активация является одним из эффективных приемов повышения адгезионной активности кислых минеральных материалов, в частности минерального порошка, по отношению к органическим вяжущим [2].

Активированный минеральный порошок обладает свойствами гидрофобного материала и практически не смачивается водой. Это облегчает его транспортирование, хранение и применение [1].

Усиление структурирующей роли минерального порошка кислого состава в асфальтобетоне, а, следовательно, и улучшение структурно-механических свойств всего асфальтобетонного композита, достигается в результате механоактивации минерального порошка. При этом наибольший эффект происходит при совмещении процесса механоактивации с физико-химической обработкой. Такое условие создается при добавлении различного типа активаторов в процессе активации минерального материала, т.е. совместный помол минерального материала и активатора.

Асфальтобетоны, содержащие активированный минеральный порошок, отличаются повышенной прочностью (особенно при высоких эксплуатационных температурах), плотностью и теплоустойчивостью, а также пониженной битумоемкостью. Такие асфальтобетоны менее водопроницаемы или водонепроницаемы. Применение активированных минеральных порошков в холодном асфальтобетоне сокращает сроки формирования его структуры [3]. Кроме того, в [3] отмечено, что введение поверхностно-активных и структурирующих добавок непосредственно в битум менее эффективно, чем применение минеральных порошков, активированных этими же добавками.

Применение активированного порошка способствует существенному улучшению показателей технологического процесса приготовления асфальтобетонных смесей: снижение температуры выпускаемой смеси, улучшение качества и сокращение продолжительности перемешивания, повышение удобообрабатываемости смеси при укладке и уплотнении [1].

Существуют различные варианты получения активированных минеральных порошков.

Способ № 1. Активированный кремнеземсодержащий минеральный порошок, получаемый путем совместного помола кварцита с известью в вибрационном измельчителе. Применение данного минерального

порошка обеспечивает достаточно высокие показатели его физико-механических свойств и гарантирует необходимую устойчивость к воздействию транспортных нагрузок и погоднo-климатических факторов [4].

На АБЗ ФГУП «Бурятавтодор» была выпущена опытная партия горячей плотной мелкозернистой асфальтобетонной смеси типа Б марки П. Результаты испытаний образцов асфальтобетонной смеси, взятой из кузова самосвалов после выгрузки из смесителя, и из вырубков с опытного участка асфальтобетонного покрытия, полностью удовлетворяют требованиям ГОСТ 9128.

Применение данного минерального порошка также позволило получить экономический эффект путем снижения стоимости асфальтобетонной смеси.

Способ № 2. Механоактивированный минеральный порошок из отходов мокрой магнитной сепарации (ММС) железистых кварцитов получают методом механической активации [5, 6]. В диссертационной работе [5] рассмотрено влияние разных факторов на активацию минерального порошка: тип мельницы, время помола и генезис материала, при этом следует отметить, что наибольшее влияние оказывает генезис материала и тип помольного оборудования. В рамках эксперимента на предприятии ООО «Белдорстрой» была изготовлена опытная партия асфальтобетонной смеси на свежеразмолотом минеральном порошке из отходов ММС.

В патенте [6] предложен способ приготовления минерального порошка для асфальтобетона. Способ заключается в сортировке песка и щебня по фракциям, отборе фракции 0,5-5 мм в необходимом количестве, помоле ее на минеральный порошок и отличается тем, что свежеразмолотый минеральный порошок не позднее чем через 10 мин после помола предварительно смешивают с 1 % – 2 % битума, а затем направляют в силос для хранения битумо-минеральной смеси с целью дальнейшего перемешивания с компонентами асфальтобетона.

Способ № 3. Механоактивация в планетарной мельнице АГО-2 природного цеолита и бурого угля [7].

В статье [7] указано, что с увеличением показателя дисперсности происходит и увеличение удельной поверхности минеральных порошков. Принимая во внимание, что структурообразование асфальтовяжущего вещества происходит именно при контакте зерен минерального порошка с битумом, то увеличение контактной поверхности приведет к повышению структурирующей способности минерального порошка.

По данным, полученным в ходе испытаний образцов асфальтобетона на длительное водонасыщение, можно отметить, что механоактивация положительно влияет на улучшение структурирующей способно-

сти минеральных порошков. Минеральные порошки, подвергнутые механоактивации, характеризуются более высокими показателями водостойкости, что свидетельствует о более сильных силах адгезии на границе раздела фаз «*вяжущее – минеральный наполнитель*».

Асфальтобетонные образцы с предлагаемыми минеральными порошками из местного сырья обладают улучшенными характеристиками морозостойкости по сравнению с контрольным составом асфальтобетона [7].

Способ № 4. Приготовление активированного минерального порошка для асфальтобетонной смеси путем обработки кислого минерального сырья в процессе помола поверхностно-активным веществом. С целью повышения водостойкости минерального порошка, кислое минеральное сырье нагревают до 180 °С – 200 °С, а обработку осуществляют поверхностно-активным веществом – например, альтином в количестве 0,2 % – 1 % от массы сырья. Активированный минеральный порошок, полученный по данному способу, обладает повышенной гидрофобностью и водостойкостью [8].

Способ № 5. Активированный кварцевый минеральный порошок получают путем совместного помола кварцевого песка и битума. В 2016 г. была разработана оригинальная технология производства активированного минерального порошка из повсеместно доступного сырья – обычного песка [3].

В процессе помола частицы минерального порошка покрываются слоем битума, толщина которого составляет лишь десятые, а иногда и сотые доли микрона. Равномерному распределению столь малых количеств битума способствуют также высокая активность новых поверхностей и большие механические усилия, действующие на измельчаемый материал.

В лаборатории ФАУ «РОСДОРНИИ» были проведены испытания активированного кварцевого минерального порошка и асфальтобетонов с его применением [9, 10].

В **табл. 1** представлены результаты испытания по ГОСТ 32761-2014 неактивированного минерального порошка, выбранного для сравнения.

В **табл. 2** представлены результаты испытания активированного кварцевого минерального порошка с разным содержанием битума, используемого при активации кварцевого минерального порошка (0,7 %, 1,0 % и 1,2 %), по ГОСТ 32761-2014. По стандартным показателям он отвечает требованиям, которые предъявляются для активированного минерального порошка по ГОСТ Р 52129-2003 и ГОСТ 32761-2014.

Таблица 1

*Результаты испытания неактивированного
минерального порошка*

<i>Наименование показателя</i>	<i>Значение показателя</i>	<i>Требования по ГОСТ 32761-2014 для марки МП-2</i>
<i>Средняя плотность, г/см³</i>	1,93	Не нормируется
<i>Истинная плотность, г/см³</i>	2,69	Не нормируется
<i>Зерновой состав, % по массе:</i> – <i>мельче 2 мм;</i> – <i>мельче 0,125 мм;</i> – <i>мельче 0,063 мм</i>	100 82 72	Не менее 100 Не менее 85 Не менее 70
<i>Пористость, %</i>	28	Не более 35
<i>Битумоемкость, г</i>	42	Не более 65
<i>Влажность, % по массе</i>	0,4	Не более 1,0
<i>Водостойкость образцов из смеси минерального порошка с битумом, %</i>	0,99	Не нормируется
<i>Набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом, %</i>	1,1	Не более 2,5

Таблица 2

Результаты испытания активированного кварцевого минерального порошка с разным количеством битума

<i>Наименование показателя, единица измерения</i>	<i>Активированный кварцевый минеральный порошок с разным количеством битума, используемым при активации</i>			<i>Требования для марки МП-1 по ГОСТ 32761</i>	<i>Метод испытания</i>
	<i>0,7 % битума</i>	<i>1,0 % битума</i>	<i>1,2 % битума</i>		
<i>Средняя плотность, г/см³</i>	1,86	1,87	1,87	Не нормируется	ГОСТ 32764
<i>Истинная плотность, г/см³</i>	2,56	2,60	2,53	Не нормируется	ГОСТ 32763
<i>Зерновой состав, % по массе:</i>					
– <i>мельче 2 мм;</i>	100	100	100	Не менее 100	ГОСТ 32719
– <i>мельче 0,125 мм;</i>	98,9	98,4	97,8	Не менее 85	
– <i>мельче 0,063 мм</i>	87,9	86,6	76,3	Не менее 70	
<i>Пористость, %</i>	27,5	29,0	26,0	Не более 30	ГОСТ 32764
<i>Битумоемкость, г</i>	47,8	26,0	40,8	Не более 50	ГОСТ 32766
<i>Влажность, % по массе</i>	0,19	0,20	0,21	Не более 0,5	ГОСТ 32762
<i>Водостойкость образцов из смеси минерального порошка с битумом, %</i>	0,95	0,92	1,0	Не менее 0,7 (для марки МП-3)	ГОСТ 32765
<i>Набухание образцов из смеси минерального порошка с битумом, %</i>	0,4	0,5	0,4	Не более 1,8	ГОСТ 32707

Для анализа влияния количества битума, используемого при активации, на свойства активированного минерального порошка подбирали степень помола так, чтобы показатель битумоемкости соответствовал требованиям ГОСТ 32761 – 2014 и ГОСТ Р 52129 – 2003 (не более 50 %). Анализ **табл. 2** показывает, что при соблюдении этого условия более крупный помол требует большего количества битума для активации, при этом сохраняется повышенная водостойкость у смеси минерального порошка с битумом даже при испытании образцов в возрасте 90 суток (**табл. 3**).

Кроме того, активированный кварцевый минеральный порошок (с 0,7 % и 1,2 % битума) испытывался в более жестких условиях (длительная водостойкость смеси активированного кварцевого минерального порошка с битумом через 30, 60 и 90 суток), чем по ГОСТ Р 52129 – 2003 или ГОСТ 32761 – 2014, результаты представлены в **табл. 3**.

Таблица 3

Результаты испытания смеси активированных кварцевых минеральных порошков с битумом на длительную водостойкость

<i>Время испытания</i>	<i>Фактическое значение</i>	
	<i>0,7 % битума</i>	<i>1,2 % битума</i>
<i>На первые сутки</i>	0,95	1,00
<i>Через 30 суток</i>	0,93	1,00
<i>Через 60 суток</i>	0,75	0,90
<i>Через 90 суток</i>	0,61	0,88

Показатель «длительная водостойкость» не нормируется для активированных минеральных порошков по ГОСТ 32761-2014, но это один из самых важных показателей, особенно при применении местных материалов в качестве минерального порошка.

Горячая мелкозернистая асфальтобетонная смесь, приготовленная с использованием активированного кварцевого минерального порошка (с 1,0 % битума), соответствует требованиям ГОСТ 9128-2009 (**таб. 4**) [8]. Горячий мелкозернистый асфальтобетон типа Б-I с активированным кварцевым минеральным порошком более пластичный при температуре 20 °С (особенно у водонасыщенных образцов) по сравнению с асфальтобетоном с неактивированным минеральным порошком, однако при повышенных температурах сдвигоустойчивость сохраняется.

Таблица 4

Результаты испытания асфальтобетона типа Б-1 с разными минеральными порошками

Тип асфальтобетона	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение по объему образцов, отформованных из смеси, %	Предел прочности при сжатии, при температуре, МПа					Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость, МПа	Водостойкость	Водостойкость при длительном водонасыщении
			50 °С	20 °С	20 °С, водонасыщение	20 °С, длительное водонасыщение	0 °С	коэф. внутр. трения	сцепление при сдвиге			
Тип Б-1 с активированным кварцевым минеральным порошком (1,0 % битума)	2,51	1,81	1,98	3,92	3,88	3,68	8,94	0,88	0,43	4,2	0,99	0,94

Тип асфальтобетона	Средняя плотность, г/см ³	Водонасыщение по объему образцов, отформованных из смеси, %	Предел прочности при сжатии, при температуре, МПа					Сдвигоустойчивость		Трещиностойкость, МПа	Водостойкость	Водостойкость при длительном водонасыщении
			50 °С	20 °С	20 °С, водонасыщение	20 °С, длительное водонасыщение	0 °С	коэф. внутр. трения	сцепление при сдвиге			
Тип Б-1 с неактивированным карбонатным минеральным порошком	2,52	2,39	1,98	5,06	4,99	-	8,96	0,87	0,64	3,93	0,99	-
Требования ГОСТ 9128-2009	-	От 1,5 до 4,0	Не менее 1,2	Не менее 2,5	-	-	Не более 11,0	Не менее 0,81	Не менее 0,37	От 3,5 до 6,0	Не менее 0,90	Не менее 0,85

Примечание: Состав горячего мелкозернистого асфальтобетона типа Б-1 был одинаковым: щебень фр. 5-20 мм – 40 %; отсев – 27 %; песок – 25 %; минеральный порошок – 8 %; битум БНД 60/90 – 4,5 % (сверх 100 %); изменяли только минеральный порошок (активированный кварцевый минеральный порошок / неактивированный минеральный порошок).

ВЫВОДЫ

Для районов, где наблюдается дефицит минерального порошка из карбонатных горных пород, отвечающего требованиям ГОСТ 32761 – 2014 (ГОСТ Р 52129 – 2003), и куда экономически нецелесообразно доставлять его, применение активированных минеральных порошков из местного сырья представляет большой интерес.

Активация минеральных порошков из местного сырья позволяет расширить номенклатуру минеральных порошков, повышая адгезию минерального порошка к органическому вяжущему, а также снизить затраты на производство асфальтобетонных смесей.

Применяемый активированный минеральный порошок из местного сырья должен отвечать требованиям ГОСТ 32761-2014 (ГОСТ Р 52129-2003), которые предъявляются для активированного минерального порошка из карбонатных горных пород, а также подвергаться более жестким испытаниям, таким как водостойкость после 30, 60 и 90 суток. Особенно важно правильно оценить его влияние на долговечность асфальтобетона, на технологические свойства асфальтобетонной массы и расход битума. Показатели асфальтобетона с активированным минеральным порошком из местного сырья должны отвечать нормативным требованиям.

Проведенные по данным условиям испытания активированного кварцевого минерального порошка, полученного путем совместного помола кварцевого песка и битума (способ № 5), показали, что он соответствует требованиям ГОСТ 32761-2014 (ГОСТ Р 52129-2003), выдержал испытания на длительную водостойкость при водонасыщении в течение 90 суток, при этом асфальтобетон на его основе соответствовал требованиям ГОСТ 9128-2009.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гезенцевей Л.Б. Дорожный асфальтобетон / Л.Б. Гезенцевей, Н.В. Горельшев, А.М. Богуславский, И.В. Королев. – М.: Транспорт, 1985. – 350 с.
2. Ковалев Я.Н. Активационно-технологическая механика дорожного асфальтобетона / Я.Н. Ковалев. – Минск: Высшая школа, 1990. – 180 с.

3. Козлова Е.Н. К вопросу о применении активированных минеральных порошков в холодном асфальтобетоне / Е.Н. Козлова, М.Б. Сокальская // Труды СОЮЗДОРНИИ. – 1971. – Вып. 44. – С. 123-136.
4. Босхолов К.А. Асфальтобетон с применением активированных кремнеземсодержащих минеральных порошков: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Босхолов Кузьма Артемович; Восточно-Сибирский государственный технологический университет. – Улан-Удэ, 2007. – 114 с.
5. Траутвайн А.И. Асфальтобетон с использованием механоактивированных минеральных порошков на основе кремнеземсодержащего сырья: дисс. ... канд. техн. наук: 05.23.05 / Траутвайн Анна Ивановна; Белгор. гос. технол. ун-т им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2012. – 230 с.
6. Пат. 2 450 991 С2 Российская Федерация, МПК С04В 26/26 (2006.01). Способ получения минерального порошка для асфальтобетонной смеси / Ядыкина В.В., Гриндин А.М., Траутвайн А.И.; патентообладатель Белгород. «БГТУ им. В.Г. Шухова». – № 2010132428/134; заявл. 02.08.2010; опубл. 10.02.12. – Бюл. №4. – 6 с.
7. Копылов В.Е. Активация минеральных порошков, как способ улучшения физико-механических характеристик асфальтовых бетонов / Копылов В.Е., Буренина О.Н., Павлова Е.А. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». 2017. – Т. 9 (№5). – Электрон. данные. – URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/48TVN517/pdf> (дата обращения 26.04.2019).
8. А.с. SU 1011598 СССР, МПК С04В 31/40; С08L 95/00. Способ приготовления активированного минерального порошка для асфальтобетонной смеси /А. Ковалев Я.Н., Поконова Ю.В., Бусел А.В., Мелешко В.Н. – № 3287350/29-33; заявл. 05.05.81; опубл. 15.04.83. – Бюл. №14.
9. Гарманов В.Н. Асфальтобетон с применением активированного кварцевого минерального порошка / В.Н. Гарманов, А.А. Нурисламов, Л.А. Горельшиева // Ассоциация исследователей асфальтобетона: сборник статей и докладов Ежегодной научной сессии / МАДИ. – М., 2017. – С. 124-130.
10. Гарманов В.Н. Результаты исследования влияния минерального порошка на свойства асфальтового вяжущего с использованием сдвигового реометра / В.Н. Гарманов, Л.А. Горельшиева // ДОРОГИ И МОСТЫ. – 2018. – Вып. 40/2. – С. 293-303.

LITERATURA

1. Gezencvei L.B. *Dorojnii asfaltobeton* / L.B. Gezencvei, N.V. Gorelishev, A.M. Boguslavskii, I.V. Korolev. – M.: Transport, 1985. – 350 s.
2. Kovalev Ya.N. *Aktivacionno tehnologicheskaya mehanika dorojnogo asfaltobetona* / Ya.N. Kovalev. – Minsk: Vish. Shk, 1990. – 180 s.
3. Kozlova E.N. *K voprosu o primeneni aktivirovannykh mineral'nykh poroshkov v holodnom asfal'tobetone* / E.N. Kozlova, M.B.Sokal'skaya // *Trudy SOYUZDORNII*. – 1971. – Vyp. 44. – S. 123-136.
4. Boskholov K.A. *Asfal'tobeton s primeneniem aktivirovannykh kremnezemsoderzhashchih mineral'nykh poroshkov: diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.05* / Boskholov Kuz'ma Artemovich; *Vostochno-Sibirskij gosudarstvennyj tehnologicheskij universitet*. – Ulan-Ude, 2007. – 114 s.
5. Trautvain A.I. *Asfal'tobeton s ispol'zovaniem mekhanoakti-virovannykh mineral'nykh poroshkov na osnove kremnezemsoder-zhashchego syr'ya: diss. ... kand. tekhn. nauk: 05.23.05* / Trautvain Anna Ivanovna; *Belgor. gos. tekhnol. un-t im. V.G. Shuhova*. – Belgorod, 2012. – 230 s.
6. *Pat. 2 450 991 C2 Rossijskaya Federaciya, MPK C04B 26/26 (2006.01). Sposob polucheniya mineral'nogo poroshka dlya asfal'tobetonnoj smesi* / Yadykina V.V., Grindin A.M., Trautvain A.I.; *patentoobladatel' Belgorod. «BGTU im. V.G. Shuhova»*. – № 2010132428/134 *zayavl. 02.08.2010; opubl. 10.02. 12.* – *Byul. №4*. – 6 s.
7. Kopylov V.E. *Aktivaciya mineral'nykh poroshkov, kak sposob uluchsheniya fiziko-mekhanicheskikh harakteristik asfal'tovykh betonov* / Kopylov V.E., Burenina O.N., Pavlova E.A. // *Internet-zhurnal «NAUKOVEDENIE»*. 2017. – T. 9 (№5). – *Elektron. dannye*. – URL: <https://naukovedenie.ru/PDF/48TVN517/pdf> (data obrashcheniya 26.04.2019).
8. *A.s. SU 1011598 SSSR, MPK S04V 31/40; S08L 95/00. Sposob prigotovleniya aktivirovannogo mineral'nogo poroshka dlya asfal'tobetonnoj seti* /A. Kovalev Ya.N., Pokonova Yu.V., Busel A.V., Meleshko V.N. – № 3287350/29-33; *zayavl. 05.05.81; opubl. 15.04.83.* – *Byul. №14*.
9. Garmanov V.N. *Asfal'tobeton s primeneniem aktivirovannogo kvarcevogo mineral'nogo poroshka* / V.N. Garmanov, A.A. Nurislamov, L.A. Gorelysheva // *Associaciya issledovatelej asfal'tobetona: sbornik statej i dokladov Ezhegodnoj nauchnoj sessii / MADI*. – M., 2017. – S. 124-130.

10. Garmanov V.N. Rezul'taty issledovaniya vliyaniya mineral'nogo poroshka na svoystva asfal'tovogo vyazhushchego s ispol'zovaniem sdvigovogo reometra / V.N. Garmanov, L.A. Gorelysheva // DOROGI I MOSTY. – 2018. – Vyp. 40/2. – S. 293-303.

**THE USE OF ACTIVATED MINERAL POWDERS FROM
LOCAL RAW MATERIALS FOR THE PREPARATION OF
ASPHALT CONCRETE MIXTURES**

*Engineer V.N. Garmanov
(FAI «ROSDORNII»)*

Contact information: labndo@rosdornii.ru

The article presents an overview of the use of activated mineral powders from local raw materials (non-carbonate rocks), obtained by different methods, for the preparation of asphalt concrete mixtures.

Key words: *activated mineral powder, asphalt concrete, asphalt binder, long water resistance.*

Рецензент: д-р техн. наук А.В. Руденский (ФАУ «РОСДОРНИИ»).

Статья поступила в редакцию: 29.03.2019 г.